

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“COMPORTAMIENTO SÍSMICO EN
EDIFICACIONES CON AISLADORES EN EL
DISTRITO DE CONCEPCION, 2016”**

PRESENTADO POR:

Bach. CRISTHIAN JOSÉ NOLASCO MORALES

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERU

2016

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

PRESIDENTE

JURADO

JURADO

JURADO

SECRETARIO DOCENTE

**ASESORES: DR. MAGNO TEÓFILO BALDEON TOVAR
ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**

DEDICATORIA

A mis padres Gladys Daria y Jorge Fernando,
por su apoyo incondicional en mi formación
profesional.

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

1.	CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y METODOLOGICO	
1.1.	Descripción del Problema	
1.1.1.	Definición de la Problemática	01
1.2.	Formulación del Problema	02
1.2.1.	Problema General	02
1.2.2.	Problemas Específicos	03
1.3.	Objetivos de la Investigación	03
1.3.1.	Objetivo General	03
1.3.2.	Objetivos Específicos	03
1.4.	Justificación de la investigación	03
1.4.1.	Metodológica	03
1.4.2.	Social	04
1.5.	Alcances y Limitaciones	04
1.5.1.	Alcances de la Investigación	04
1.5.2.	Limitaciones	04
1.6.	Marco Metodológico	05
1.6.1.	Tipo y Nivel de la Investigación	05
1.6.2.	Diseño de investigación	05
1.6.3.	Lugar y periodo de la investigación	05
1.6.4.	Técnicas de Recolección y Procesamiento de datos	06
1.7.	Hipótesis de la Investigación	06
1.7.1.	Hipótesis General	06
1.7.2.	Hipótesis Específicas	06
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	07
2.1.	Antecedentes del estudio a nivel nacional	13
2.2.	Antecedentes del estudio a nivel internacional	14
2.3.	Marco Conceptual.	16

2.3.1. Fundamento del aislamiento sísmico	16
2.3.2. Sistemas de protección sísmica	16
2.3.3. Sistemas de control estructural	17
2.3.4. Aislamiento de base	18
2.4. Normas Técnicas para el uso de Dispositivos Aisladores	19
2.4.1. Norma Técnica ASCI	20
2.4.2. Norma Técnica UBC 97	25
2.5. SISTEMAS DE AISLAMIENTO DE BASE	30
2.5.1. Tipología de dispositivos de aislamiento de base	32
2.5.2. Aisladores de alto amortiguamiento HDR sin núcleo	33
2.5.3. Sistemas de amortiguadores de alto rendimiento LRB	35
2.5.4. Sistema de aisladores friccionales FPS	37
3. CAPITULO III: CONFIGURACION ESTRUCTURAL DEL IREN	40
3.1. Programa Médico Funcional del Bloque	41
3.2. Distribución Arquitectónica de UPPSS por niveles	44
3.3. Parámetros de zona y perfil del suelo	50
3.4. Pre dimensionamiento de los elementos estructurales	51
3.4.1. Losa maciza en el nivel cero	52
3.4.2. Columnas	53
3.5. Metrado de cargas propias	55
3.6. Metrado de cargas vivas	59
3.7. Combinación de cargas y Factor de Amplificación	60
4. CAPITULO IV: PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS	62
4.1. Rigidez compuesta del sistema	64
4.2. Desplazamiento de Diseño del Sistema	65
4.3. Desplazamiento Máximo	66
4.4. Selección y Diseño del Dispositivo	67
4.5. Rigidez y resistencia a compresión del dispositivo	69

4.6. Rigidez compuesta del sistema de aislamiento	70
4.7. Frecuencia y periodo natural del sistema	70
4.8. Desplazamientos de diseño para coeficiente de amortiguamiento alto	71
4.9. Desplazamiento por torsión	72
4.10. Mínima fuerza cortante y coeficiente de corte	74
4.11. Rigidez y frecuencia vertical	76
4.12. Altura de las capas del elastómero	78
4.13. Dispositivos de aisladores HDBR en el mercado	79

5. CAPITULO V: ANALISIS ESTATICO Y DINAMICO DE LA ESTRUCTURA

5.1. Consideraciones previas	81
5.2. Criterios de diseño estructural	83
5.3. Parámetros establecidos	84
5.4. Funciones para el análisis tiempo historia	90
5.5. Modelamiento y análisis de la estructura convencional	92
5.6. Resultado de análisis de la estructura convencional	97
5.7. Modelamiento y análisis de la estructura aislada	106
5.8. Resultado de análisis de la estructura aislada	110
5.9. Análisis contraste de hipótesis	123

6. CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN 126

CONCLUSIONES.

RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS.

PLANOS

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1 Aisladores Sísmicos en la Escuela Primaria Pestalozzi	8
Figura N°2 Edificio con Sistema convencional y con Sistema Aislado	9
Figura N°3 Modelo teórico de un sistema aislado	10
Figura N°4 Modelo teórico del sistema de aislación	11
Figura N°5 Modelo histerético de disipación de energía sísmica	13
Figura N°6 Sistema Activo de Protección Sísmica	17
Figura N°7 Incremento del uso de sistemas de aislamiento	31
Figura N°8 Aislador HDRB - High Damping Rubber Bearing	33
Figura N°9 Aislador HDRB en prueba de laboratorio	34
Figura N°10 Diagrama de Histéresis del HDRB	35
Figura N°11 Aislador LRB - Lead Rubber Bearing	36
Figura N°12 Dispositivo con Núcleo de Plomo(LRB)	36
Figura N°13 Diagrama de Histéresis del LRB	37
Figura N°14 Aislador friccional plano de segunda generación	38
Figura N°15 Aislador friccional de tercera generación	39
Figura N°16 Ubicación del IREN - Concepción	41
Figura N°17 Bloques Estructurales del IREN	43
Figura N°18 Sótano – IREN	46
Figura N°19 Nivel 01 – IREN	47
Figura N°20 Nivel 02 – IREN	48
Figura N°21 Nivel 03 – IREN	49
Figura N°22 Mapa Sísmico del Perú y sus valores	50
Figura N°23 Bloque Estructural B3	52
Figura N°24 BLOQUE B3 con el sistema de aisladores a nivel de Sótano	63
Figura N°25 Medidas del BLOQUE B3	72
Figura N°26 Diseño final del aislador	78
Figura N°27 Función espectral para el Hosp. Neoplásicas (Convencional)	87
Figura N°28 Función espectral para el Hospital Neoplásicas (Estructura Aislada)	89
Figura N°29 Acelerograma del sismo de Maule Concepción	90

Figura N°30 Acelerograma del sismo de Arequipa - 2001	91
Figura N°31 Acelerograma del sismo de Pisco - 2007	92
Figura N°32 Asignación de Materiales y propiedades del concreto	93
Figura N°33 Secciones de los elementos estructurales	94
Figura N°34 Diseño con elementos empotrados en la base	95
Figura N°35 Modelo Tridimensional de la estructura	95
Figura N°36 Casos de Carga para el análisis	96
Figura N°37 Diafragmas rígidos y centro de rigidez	97
Figura N°38 Determinación del Peso según norma	99
Figura N°39 Modelo tridimensional de la estructura aislada	107
Figura N°40 Ingreso de Propiedades del aislador HDRB	109
Figura N°41 Carga de la Función del Sismo de Pisco 2007	110
Figura N°42 Modelo Tridimensional con aisladores sísmicos en	
Análisis con ETABS	111

INDICE DE GRAFICOS

Grafico N°01: Sistemas de control Estructural

18

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°01. Coeficiente de Amortiguamiento B_i	21
Cuadro N°02. Terremotos más destructivos desde 1990	31
Cuadro N°03. Unidades Prestadoras de Salud en IREN - Concepción	42
Cuadro N°04. UPSS por Bloques - IREN	43
Cuadro N°05. Cargas Axiales en las columnas $P_{(Servicio)}$	54
Cuadro N°06. Cargas Axiales en las columnas $P(Servicio)$	54
Cuadro N°07. Cargas de Losa Maciza y Losas Aligeradas	56
Cuadro N°08 Vigas en losa Maciza y Losas Aligeradas	57
Cuadro N°09 Cargas de las Columnas	58
Cuadro N°10 Cargas de las Placas	58
Cuadro N°11 Cargas de la Tabiquería	58
Cuadro N°12 Cuadro Resumen de Cargas Muertas	59
Cuadro N°13 Cargas Vivas en Losas y Techo en el BLOQUE 3	60
Cuadro N°14 Coeficiente sísmico C_v - Cuadro 16-R - UBC 97	65
Cuadro N°15 Coef. de Amort. B_D y B_M- Cuadro A-16-C - UBC 97	66
Cuadro N°16 Coeficiente sísmico C_{VM} - Cuadro A-16-G - UBC 97	67
Cuadro N°17 Structural System Above the Isolation Interface	75
Cuadro N°18 Código de aisladores HDRB (Thickness= 160 mm)	79
Cuadro N°19 Características físicas X6R (Thickness= 160 mm)	79
Cuadro N°20 Compres. y Cortan. del dispositivo X6R (Thickness=160 mm)	80
Cuadro N°21 Valores para el espectro de diseño (Estruct. convencional)	84
Cuadro N°22 Espectro de Seudo Aceleraciones (Estructura Convencional)	85
Cuadro N°23 Valores para el espectro de diseño (Estructura convencional)	87
Cuadro N°24 Espectro de Seudo Aceleraciones (Estructura Aislada)	88
Cuadro N°25 Periodos obtenidos del análisis en ETABS	98
Cuadro N°26 Peso de la estructura y centros de masa	99
Cuadro N°27 Fuerzas Cortantes Estáticas en X	100
Cuadro N°28 Fuerzas Cortantes Estáticas en Y	100
Cuadro N°29 Fuerzas Cortantes Dinámicas en X	101
Cuadro N°30 Fuerzas Cortantes Dinámicas en Y	101

Cuadro N°31 Comparativo de Fuerzas Estáticas y Dinámicas en X	102
Cuadro N°32 Comparativo de Fuerzas Estáticas y Dinámicas en Y	102
Cuadro N°33 Desplazamientos relativos laterales admisibles	106
Cuadro N°34 Desplazamientos laterales Estáticos en X	104
Cuadro N°35 Desplazamientos laterales Estáticos en Y	104
Cuadro N°36 Desplazamientos laterales Dinámicos en X	105
Cuadro N°37 Desplazamientos laterales Dinámicos en Y	105
Cuadro N°39 Propiedades de Rigidez X6R (Thickness= 160 mm)	108
Cuadro N°40 Periodos obtenidos del análisis de la estructura aislada	112
Cuadro N°41 Peso de la estructura aislada y centros de masa	113
Cuadro N°42 Fuerzas cortantes por Espectro y por Tiempo-Historia	114
Cuadro N°43 Desplazamientos relativos por Espectro y control de Derivas	115
Cuadro N°44 Desplazamientos relativos por Espectro y control de deriva	117
Cuadro N°45 Desplazamientos relativos para el Sismo de Pisco y control de Deriva	119
Cuadro N°46 Desplazamientos relativos para el Sismo de Maule - Chile y control de deriva	121
Cuadro N°47 Porcentaje de Incremento del Periodo	123
Cuadro N°48 Porcentaje de disminución de las aceleraciones	124
Cuadro N°49 Porcentaje de reducción de derivas	125
Cuadro N°50 Porcentaje de reducción de derivas	128

INTRODUCCIÓN

Esta investigación pretende analizar el comportamiento de una edificación clasificada como esencial en la normativa, implementado con dispositivos pasivos de disipación de energía, los aisladores sísmicos son elementos de carácter reactivo, el resultado de su comportamiento no es controlable y depende de las condiciones de trabajo al cual es sometido. Su intervención altera las propiedades dinámicas de la estructura, reduciendo los daños en la estructura que se pueden estimar como ventajas económicas.

Los movimientos sísmicos son un peligro para las estructuras, son causantes de daños permanentes en la cimentación como en la estructura y en algunos casos propician el colapso, por lo que se requiere especial atención para su diseño, con el propósito de reducir los efectos negativos que se puedan presentar ante estos eventos inesperados.

Los sismos generan movimiento en la base de las edificaciones los cuales producen desplazamientos no deseados en las estructuras, tales desplazamientos dependiendo de su magnitud pueden llegar a producir fallas, afectando a las personas que habiten o usen determinados tipos de estructuras.

Con el objetivo de dar una solución a este problema los ingenieros han estado

trabajando en la mejora de elementos de diseño para asumir la mayor parte de los desplazamientos generados por los sismos, lo que representa una reducción en las posibilidades de tener impactos negativos sobre las construcciones.

Como solución a esta situación, se crearon los sistemas de control estructural, como los aisladores sísmicos, los que han sido desarrollados en esta tesis para mayor conocimiento acerca de ellos.

El presente trabajo de investigación consta de seis capítulos distribuidos de la siguiente manera:

El capítulo I, consta del Planteamiento del Estudio y metodología, el cual comprende el planteamiento del problema, la formulación del problema, el objetivo general y específicos, la justificación, las limitaciones, objetivos e hipótesis.

El capítulo II, consta del Marco Teórico, el cual comprende de los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y la normativa vigente.

El capítulo III, se establece el procedimiento para proceder a diseñar los aisladores considerando los criterios de zona, suelos y demás características establecidas en las normativas vigentes.

En el capítulo IV, se hace un análisis de la estructura, su redimensionamiento y metrado de cargas, aspectos necesarios para diseñar un prototipo de dispositivo aislador.

En el Capítulo V, con los datos obtenidos en el capítulo IV se establece las dimensiones de los dispositivos a usar.

El capítulo VI, se realiza los análisis estáticos y dinamos de la estructura analizada, para posteriormente realizar un análisis sobre los resultados obtenidos y culminando el contenido de la investigación se tiene las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

Bach. CRISTHIAN JOSÉ NOLASCO MORALES

RESUMEN

En el presente proyecto se establece una propuesta de diseño estructural haciendo uso de dispositivos de aislamiento sísmico para cumplir con el objetivo de verificar el comportamiento estructural de una edificación. La estructura escogida está destinada a los servicios médicos con una propuesta de aislamiento sísmico mediante un sistema pasivo de protección de tipo elastoméricos, que frente a fuerzas sísmicas tienen como función principal reducir el impacto las fuerzas sísmicas.

Por lo que haciendo uso de las normativas internacionales que determinan coeficientes y valores que establecen parámetros a cumplir, la edificación fue diseñada y posteriormente analizada y testeada mediante el software ETABS, verificando el cumplimiento del objetivo deseado.

El proyecto se fundamenta en la naturaleza altamente sísmica de nuestro país, donde el riesgo sísmico es mucho mayor. La norma E030 y la última modificación establece que la sierra del Perú es una zona sísmica y zonifica al departamento de Junín en Zona 3 y 4, con un factor Z mucho mayor que en otros departamentos, razón por la cual se infiere que todo tipo de infraestructuras están en un alto riesgo de ser afectadas por las fuerzas sísmicas, y existe una necesidad de construir edificaciones más seguras, aún más cuando estas edificaciones son esenciales y deben de seguir funcionando tras un evento sísmico.

Por lo tanto, el objetivo de la investigación es analizar el comportamiento de una edificación hospitalaria en este caso el Hospital de Neoplásicas del distrito de Concepción diseñado e implementado con Aisladores del tipo elastoméricos. En el proyecto se establece previamente que el uso de estos dispositivos mejora notablemente la respuesta sísmica del edificio y disminuye el riesgo sísmico.

Bach. CRISTHIAN JOSÉ NOLASCO MORALES.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y METODOLOGIA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La filosofía de diseño sismo-resistente actual o común, se ha basado en un principio inicialmente aceptable: el principio de otorgar a la estructura la resistencia necesaria para soportar las fuerzas laterales provocadas por los sismos, con el objetivo de cuidar la vida de los ocupantes.

La idea se mantiene en la actualidad; sin embargo, las experiencias vividas en los terremotos de las últimas décadas, en países como EEUU, México, Japón, etc. han demostrado que las estructuras siguen colapsando, aunque han tenido en cuenta las normativas establecidas en una filosofía de diseño sismo-resistente. Por tanto, muchas de las edificaciones son vulnerables a los sismos convirtiéndose en edificaciones de riesgo, y aún más si las edificaciones son esenciales o necesarias después del terremoto, como son los hospitales. Respecto a este punto Oviedo y Duque (2006) destacan que el daño parcial o colapso de las construcciones durante y después de un sismo, son los mayores causantes de pérdida de vidas. Por lo que recomiendan que lo ideal sería, diseñar y construir edificaciones que resistan los eventos sísmicos sin daños notables en la estructura y daños mínimos o nulos en los elementos no estructurales.

Considerando que, tras un sismo, muchos de los afectados fallecen por la falta de atención médica, por afecciones a falta de servicios básicos, alimentación y otros. Es necesario pensar que las estructuras de tipo esenciales como

hospitales, reservorios de agua, fábricas de alimentos, aeropuertos y otras edificaciones; deben seguir funcionando para evitar mayores desastres tras un sismo. Razón por lo cual, se han incorporado nuevos conceptos como el aislamiento sísmico en la base, la disipación de energía y el amortiguamiento inducido para tratar de disminuir los efectos del sismo.

Esta nueva propuesta, parten de la premisa o condición inicial de que no toda la fuerza sísmica debe resistirse elásticamente en la estructura, sino que puede establecerse mecanismos para disipar la energía sísmica, buscando que la energía no disipada que ingresa a la estructura no cause mayores daños. Cabe señalar que estas propuestas, se adaptan muy bien a las condiciones geográficas de países ubicados frente a la placa de Nazca, países como Chile, Perú, Ecuador y Colombia que han sufrido los estragos de los terremotos más destructores del planeta.

Además de estas condiciones, en el presente año se ha establecido en la Norma E030 y su modificatoria el uso de aislamiento sísmico en edificaciones dedicadas a la atención hospitalaria en una Categoría o Nivel II, por tanto, es necesario realizar estudios en estas estructuras vitales. En el caso del hospital Neoplásicas que se construye en el distrito de Concepción por su Categoría, según la normativa debería hacerse uso de un sistema de aislamiento basal, sin embargo, se está usando un sistema mixto. Por lo que se desconoce, cómo se comportaría esta estructura si es que se adapta un sistema de aislamiento sísmico, con las condiciones de Zona y perfil de Suelo respectivo. Es así que, en el presente proyecto de investigación se desarrollará el análisis del comportamiento sísmico en la edificación de tipo hospitalaria con aisladores elastoméricos, en el distrito de Concepción.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo es el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cómo es el análisis del estudio de suelo en el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016?

¿Cuál es el tipo de configuración estructural en el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el distrito de Concepción, 2016?

¿Cómo es el pre dimensionamiento del dispositivo en el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el distrito de Concepción, 2016?

¿Cómo son los resultados del comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el distrito de Concepción, 2016?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el análisis del estudio de suelo en el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016.
- Reconocer el tipo de configuración estructural en el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el distrito de Concepción, 2016.
- Determinar el pre dimensionamiento del dispositivo en el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el distrito de Concepción, 2016.
- Comparar los resultados del comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el Distrito de Concepción, 2016.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. METODOLÓGICA

Para esta investigación se diseñará un instrumento de evaluación de estructuras con aisladores de base, que nos permitirá mediante métodos matemáticos hallar el índice valores en periodo, frecuencia, masa, fuerzas cortantes, desplazamientos y derivas; este instrumento será un aporte importante para el diseño de estructuras antisísmicas a los otros instrumentos comúnmente usados en las investigaciones.

1.4.2. SOCIAL

Los sistemas de aislamiento basal con el uso de aisladores es una alternativa que algunas entidades regionales están aplicando, en el año 2016 se aprobó el uso de aisladores sísmicos contemplados dentro de la normativa E 030, algunos contratistas y presupuestos particulares han optado por el uso de estos dispositivos para otorgar perpetuidad a sus obras y minimizar los daños estructurales, es necesario el uso de aisladores en edificaciones de vital importancia para su funcionamiento continuo y satisfacer las necesidades de los usuarios cuando suceda de un sismo.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

Se pretende llegar a demostrar que el comportamiento sísmico del hospital Neoplásicas de Concepción, mejora cuando se implementa con un sistema de aislamiento sísmico en la base, disminuyendo considerablemente las aceleraciones entre piso y por ende las derivas.

Considerando que el Hospital de Neoplásicas de Concepción está conformado por varios bloques se busca llevar a cabo la experimentación en un bloque representativo, el mismo que será sujeto a evaluación considerando un análisis estático y dinámico para lo cual se tendrá presente las siguientes normativas: la norma ASCE/SEI 7 y la norma Uniform Building Code (UBC 97).

1.5.2. LIMITACIONES

Se considera como limitaciones para el presente proyecto, el marco normativo peruano respecto al tema de aislamiento sísmico en edificaciones hospitalarias esenciales de Categoría 1 y Categoría 2. Por tanto se tomará la recomendación de la norma E.030, que indica el uso de la norma norteamericana ASCE 7.

Otra limitación para la presente investigación que se tendrá en cuenta para los análisis, es que la información de registros sísmicos en el distrito de Concepción

es nula. Por lo tanto se tomará los registros históricos sísmicos de otras localidades del Perú, para las pruebas correspondientes en el software de análisis.

1.6. MARCO METODOLÓGICO

1.6.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo APLICATIVO, ya que en su desarrollo se hará uso de los conocimientos científicos y tecnológicos existentes para resolver el problema de investigación planteado la cual busca investigar El comportamiento sísmico de las edificaciones con el uso de aisladores; además está fundamentado en la metodología propuesta por Carrasco Díaz (2006:33).

1.6.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para llevar a cabo el siguiente proyecto, se tuvo en cuenta la siguiente secuencia lógica, establecida para lograr los objetivos propuestos:

- Recopilación Bibliográfica
- Análisis estructural de la edificación
- Diseño de dispositivos
- Modelamiento de la estructura en ETABS, con la masa, rigidez y amortiguamiento obtenidos.
- Análisis y discusión de resultados

1.6.3. LUGAR Y PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó en el Distrito y Provincia de Concepción, Región Junín. Por tanto, los valores para el espectro de diseño refieren al área geográfica correspondiente.

El proyecto inicio con la recopilación de información en el periodo 2016 y se culminó con el proyecto en los primeros meses del 2017.

1.6.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Considerando que la recolección de datos y procesamiento de los mismos, comprenden actividades y procedimientos que permite obtener información para dar respuesta al problema, según Hurtado (2000), se tuvo en cuenta las siguientes técnicas:

- Análisis de contenido de fuentes primarias y secundarias.
- Análisis normativo nacional e internacional
- Procedimientos de diseño de los dispositivos
- Análisis de los resultados del software

1.7. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. HIPÓTESIS GENERAL

El comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016, es eficaz.

1.7.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El análisis del estudio de suelo en el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016 es adecuado.
- El tipo de configuración estructural en el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016 es eficaz.
- El pre dimensionamiento del dispositivo en el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016 es eficaz.
- Los resultados obtenidos del comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016 son óptimos.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

Los sistemas de aislación sísmica, se empezaron a estudiar a finales del siglo XIX. En 1885 se realizó un experimento en la Universidad de Tokio, utilizando una estructura aislada mediante bolas de hierro fundido, sobre fuentes cóncavas sometiénola a fuerzas de viento y movimientos horizontales. Los experimentos se realizaron con varios prototipos y versiones de los aisladores, hasta lograr que el edificio logre estabilidad frente a cargas de sismo y cargas de viento, registrándose los resultados en los reportes del British Association for the Advancement of Science.

Sin embargo, es hasta la década de 1920, cuando el concepto de aislamiento sísmico empieza a reconocerse, cuando se empiezan a estudiar y desarrollar los dispositivos de caucho para amortiguar la energía sísmica en los edificios. Básicamente lo que se buscaba era, evitar los daños en las estructuras que pudieran contener equipos sensibles, pero se tenía presente el dilema de como disminuir las aceleraciones en la planta del edificio y las derivas de entrepiso al mismo tiempo.

Los resultados de estos estudios fueron positivos, por lo que posteriormente las investigaciones continuaron. Y en 1969 se usó en una edificación real un sistema compuesto por amortiguadores de caucho en la Escuela Primaria Pestalozzi de la ciudad de Skopje – Ex Yugoslavia (actualmente Macedonia), un edificio de tres niveles, en concreto y diseñado por ingenieros suizos, el sistema se denominó Swiss Full Base Isolation-3D.

Figura N° 1

Aisladores Sísmicos en la Escuela Primaria Pestalozzi - Skopje



Fuente: Mihail A Garevski, James M Kelly y Nikola V Zisi¹

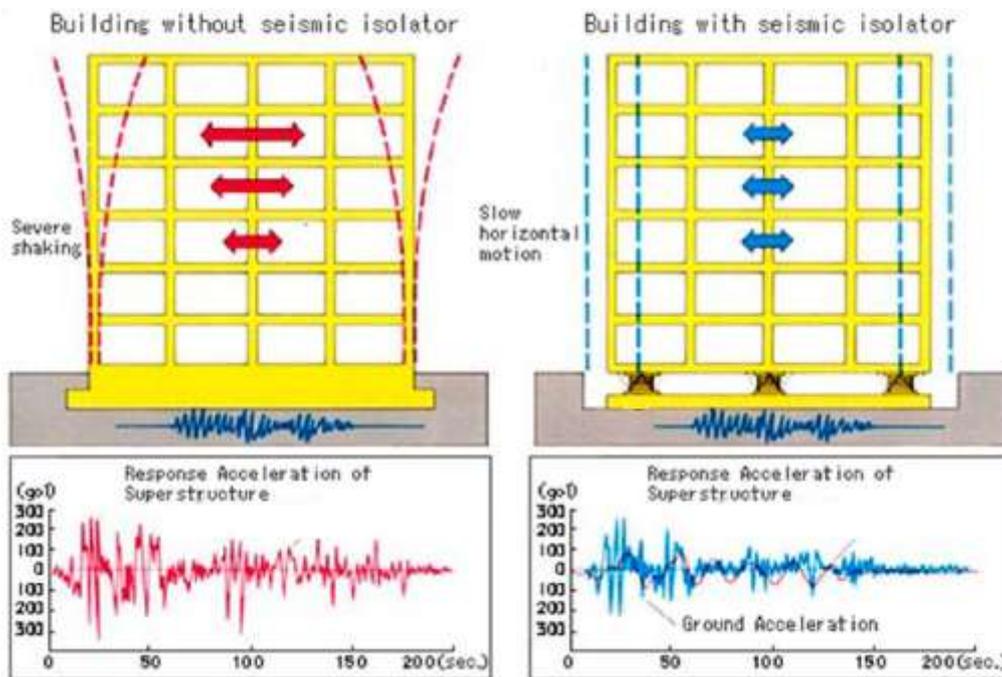
Un sistema aislado, se conforma de tres elementos: la estructura en el suelo o cimentación, los dispositivos de aislamiento, y la estructura aislada.

La estructura incrustada en el suelo, se mueve conjuntamente con la fuerza del sismo, los dispositivos de aislamiento amortiguan la fuerza sísmica. Mientras que la estructura aislada trata de permanecer estática por la inercia frente al movimiento sísmico, como se puede observar en la **Figura N° 2**.

Figura N° 2

¹ Figura del Artículo de Investigación “Analysis of 3-D vibrations of the base isolated school Building Pestalozzi, by analytical and experimental approach” Pág. 2

Edificio con Sistema convencional y con Sistema Aislado



Fuente: Mario D' Aniello "Design for seismic and climate change" Pág. 59

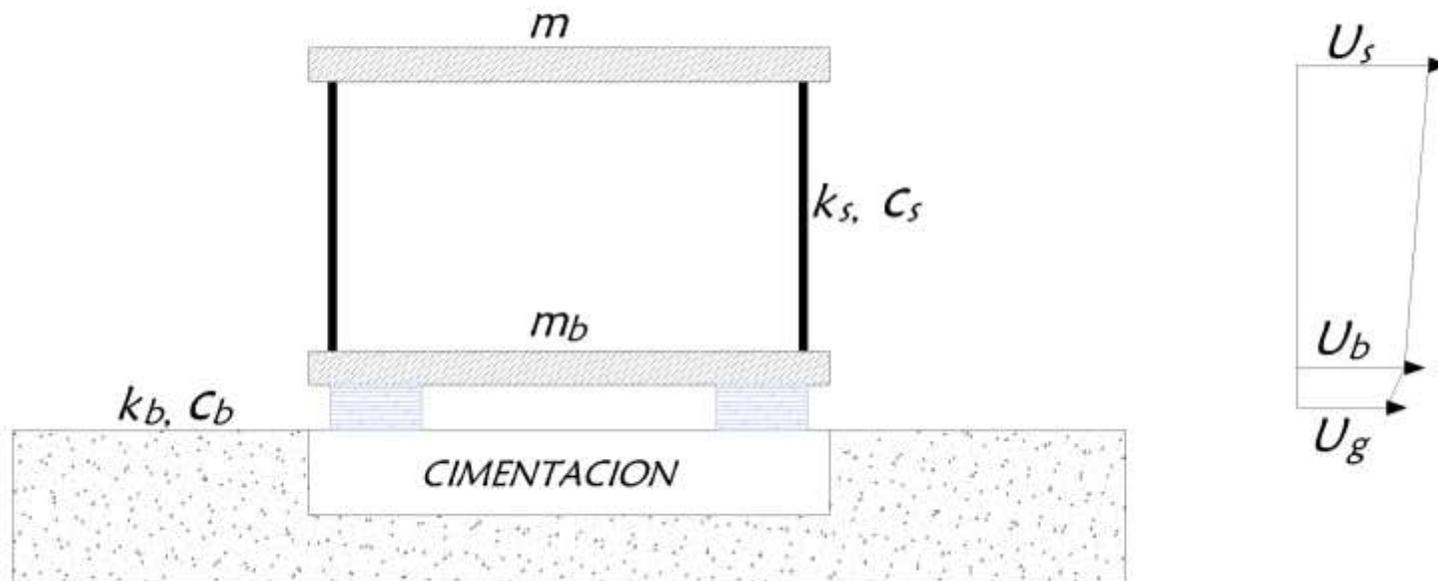
En el edificio del lado izquierdo la aceleración se incrementa en cada nivel generando desplazamientos mayores a mayor altura, en el edificio de la derecha la aceleración de entrepiso se ve disminuida por el amortiguamiento de los dispositivos aisladores.

Llevando a una representación teórica para su análisis, la edificación aislada, se puede representar idealmente como un sistema compuesto por dos diafragmas rígidos unidos mediante columnas también rígidas, separados de la base de cimentación por los dispositivos de aislamiento. En la **Figura N° 3** se puede observar el esquema ideal, y los siguientes elementos:

- Diafragmas rígidos: m , mb
- Factor de rigidez columna: ks , Factor de amortiguamiento de columna Cs
- Factor de rigidez del aislador: ks , Factor de amortiguamiento del aislador Cb

Figura N° 3

Modelo teórico de un sistema aislado con dos grados de libertad

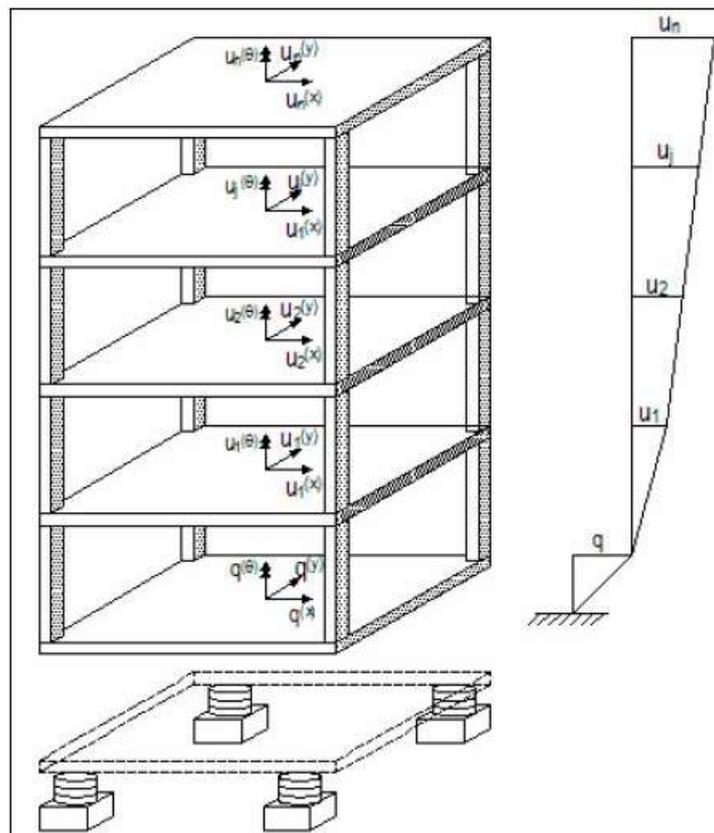


Fuente: Figura adaptado de Naeim F. y Kelly J.M. "Design of Seismic Isolated Structures" p 26.

En este sistema idealizado, los desplazamientos laterales U_s , U_b y U_g surgen cuando la estructura, es sometida a una fuerza horizontal. Para el análisis también se considera el Factor de rigidez del aislador: ks , y el Factor de amortiguamiento del aislador Cb . El análisis matemático de esta estructura básica se realiza considerando dos grados de libertad - 2 DOF, sin embargo mediante el uso de ordenadores se procede a modelar estructuras más complejas con “n” grados de libertad.

Específicamente para el análisis de edificaciones se ha incrementado la complejidad considerando U_i al vector que contiene los grados de libertad, como se puede observar en el siguiente gráfico.

Figura No 4
Modelo teórico del sistema de aislación con “n” grados de libertad



Fuente: Roberto Aguiar Falconí ²

² Roberto Aguiar Falconí "Análisis Sísmico de Edificios" Escuela Politécnica del ejército. Ecuador. 2008 - Pág. 252.

En este modelo se puede reconocer que los elementos fundamentales del modelo matemático son los dispositivos aisladores, así como las losas y los pórticos, considerándose para el análisis como un sistema a los dispositivos de aislamiento sísmico y otro sistema a la estructura que descansa en los dispositivos. También se reconoce en este modelo: la masa, la rigidez y el factor de amortiguamiento para el análisis y las ecuaciones de movimiento.

Cada uno de estos elementos será representado por las matrices de masa (M), amortiguamiento (C) y la rigidez mediante la matriz (K). Mientras que los vectores de desplazamiento, velocidad y aceleración están representados por \ddot{u} , \dot{u} , u respectivamente. Por tanto, se tiene que el desplazamiento relativo U de cada grado de libertad de la estructura con respecto al nivel cero (Losa base) se puede representar mediante:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = -Mr\ddot{u}_g$$

En este sistema de ecuaciones de equilibrio dinámico, se puede reconocer al vector r , como el vector de colocación de \ddot{u}_g (Aceleración del suelo) (Aguilar, 2008 p. 253).

Además, teniendo en cuenta que el sistema de aislamiento, tiene una masa m_b , una rigidez K_b y un factor de amortiguamiento de los dispositivos representado por C_b , la ecuación anterior llega a ser:

$$M\ddot{v} + C\dot{v} + Kv = -Mr(\ddot{u}_g + \ddot{u}_b)$$

Donde v es el desplazamiento relativo a la Losa Base, y \ddot{u}_b es el desplazamiento relativo de la Losa Base al suelo. (Farzad Naeim & James Kelly 1999, p. 32)

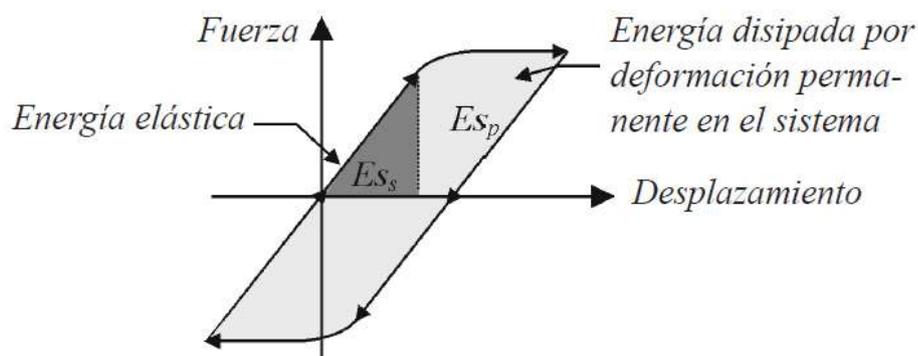
Es preciso indicar que los factores de rigidez establecidos en las ecuaciones vectoriales de desplazamiento, son obtenidos en pruebas experimentales y dependen en gran medida de las características del material, del reforzamiento y de las condiciones de diseño.

En este aspecto, los factores de rigidez son variables y deben estar preestablecidos según el dispositivo propuesto y a usar, en este caso la mayoría

de los dispositivos, son producidos con caucho sintético, algunos mejorados y otros reforzados con láminas o placas de acero, que se unen en un proceso de vulcanización mediante un epóxido utilizado como pegamento.

En el caso de requerir de mayor rigidez, los dispositivos son diseñados con un núcleo de plomo que incrementa el factor de rigidez en el sistema. Cumpliendo con el objetivo de absorber las fuerzas sísmicas que afectan a la edificación, en una función histerética de fuerza y desplazamiento, que permite la disipación de energía (Ver Figura) por la deformación sufrida en los dispositivos.

Figura No 5
Modelo histerético de disipación de energía sísmica



Fuente: Andrés Oviedo y Pilar Duque³

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO A NIVEL NACIONAL

Los Bach. Carmona Ramírez P., Roas Fetta y Angello Jesús (2015) en la Tesis: **“Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico Dinámico del diseño normativo sismo-resistente de un sistema dual frente al modelo con aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR) de un sistema aporticado, del Edificio de Oficinas Schell de seis pisos ubicado en la Provincia de Lima – Perú”**. Sustentada en la facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas realizan un estudio comparativo en la cual llegan a las siguientes conclusiones: “En el sistema aislado ocurren menores

³ Oviedo, A.O. & Duque M.P. (2006). Sistemas de Control de respuesta Sísmica en Edificaciones. Medellín, Colombia. Artículo en Revista EIA Nro 6. Pág. 108. Recuperado de <http://revistabme.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/163/162>

desplazamientos horizontales relativos de entrepiso, lo cual ayudará a un mejor comportamiento de la estructura”.

Los bachilleres Korswagen Eguren, Paul; Arias Ricse, Julio y Huaranga Huamaní, Pamela (2014) en la Tesis: **“Análisis y Diseño de Estructuras con Aisladores Sísmicos en el Perú”**. de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en la Carrera profesional de Ingeniera Civil llegaron a la siguiente conclusión:

La aislación sísmica de edificaciones en el Perú resulta beneficiosa en la mayoría de los casos, debido a que las frecuencias predominantes de los sismos son altas, lo que implica que estructuras con periodos altos, como es el caso de las estructuras con aislación, no amplifican las aceleraciones. No obstante, la frecuencia de vibración de los suelos debe tenerse en cuenta, por lo que los suelos del tipo S3, por lo general con frecuencias bajas de amplificación, resultan indeseables.

El Bach. Soriano Cacho, José Luis (2014) en la Tesis: **“Comparación de la respuesta estructural del pabellón a de la Universidad Privada del Norte con Aisladores Sísmicos Elastoméricos y sin Aisladores Sísmicos”** De la Facultad de Ingeniería y Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte llega a la siguiente conclusión:

Para la estructura con aisladores sísmicos, la respuesta estructural tiene un mejor comportamiento que el edificio sin aisladores sísmicos, debido a que las derivas y fuerzas en la base son minimizadas, aunque los aisladores presentan un mayor desplazamiento a nivel de diafragmas y diferentes valores de desplazamientos absolutos para el análisis tiempo-historia.

2.2. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO A NIVEL INTERNACIONAL

La Bach. Bonilla Sosa, Marlene (2012) en la tesis: **“Teoría del Aislamiento Sísmico para Edificaciones”** de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México llega a las siguientes conclusiones:

Al utilizar los aisladores de base, se obtienen mayores periodos de la estructura, y por lo tanto, menores aceleraciones, provocando que las fuerzas sísmicas disminuyan. Esto trae como beneficio menores acciones sobre la estructura

y en consecuencia menores elementos mecánicos, lo que contribuye a menores demandas de diseño. Al tener menores demandas de diseño, se logran menores secciones de los elementos estructurales, lo que redundará en menor costo y peso total de la estructura. Se obtienen menores desplazamientos horizontales relativos de entrepiso, ayudando a un mejor comportamiento de la estructura (distorsiones). Con la inclusión de apoyos de aislamiento sísmico, se logra disipar mucho mejor la energía sísmica, ante este tipo de eventos naturales.

La Bach. Lema Toapanta Pamela (2013) en el trabajo de graduación previa a la obtención del título profesional: “Análisis y Diseño de un Edificio con Aisladores Sísmicos Modelamiento en el ETABS” de la Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática, Carrera Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Central del Ecuador llega a las siguientes conclusiones:

Para el diseño de los sistemas aislados se tomaron las consideraciones del apéndice del capítulo 16 de la norma UBC-97, que se refieren a las regulaciones sísmicas para edificios con aislación sísmica, específicamente el diseño se realizó por el método de los mínimos desplazamientos laterales, considerando un período objetivo de 2.0 segundos. La ventaja principal de aislar un edificio, es la reducción de daños esperados en elementos estructurales y no estructurales y contenido del mismo, que es la base de otras ventajas derivadas tales como: La operatividad post-sismo y el continuar con las actividades económicas, que deben considerarse en forma indirecta.

Dado que el objetivo de un diseño con aislación sísmica es mitigar los efectos de los terremotos controlando los daños que se pueden producir en la estructura. Para el caso del diseño del Bloque “E” del Hospital de Ambato, no representa un costo directo adicional, dado que la reducción de las fuerzas en la superestructura, recompensa el incremento de los costos de la cimentación y el sistema de aislación en sí.

El Bach. Quintana M., Patricio (2011) en la tesis de Maestría: “**Uso de aisladores sísmicos en edificios en Chile: un caso de estudio**”. De la Escola Tècnica Superior d’Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona. de la Universidad politècnica de Catalunya llegó a las siguientes conclusiones:

La dicotomía existente radica entonces en proporcionar a las estructuras la capacidad de resistir los esfuerzos sísmicos, sin interferir con las prestaciones del

edificio y manteniendo el coste dentro de parámetros aceptables. Muchas han sido las alternativas y tecnologías que se han planteado para dar solución a este problema con desigual éxito. Sin embargo, el uso de aisladores sísmicos ha demostrado ser una opción válida, capaz de dar solución a la disyuntiva planteada de buena forma.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

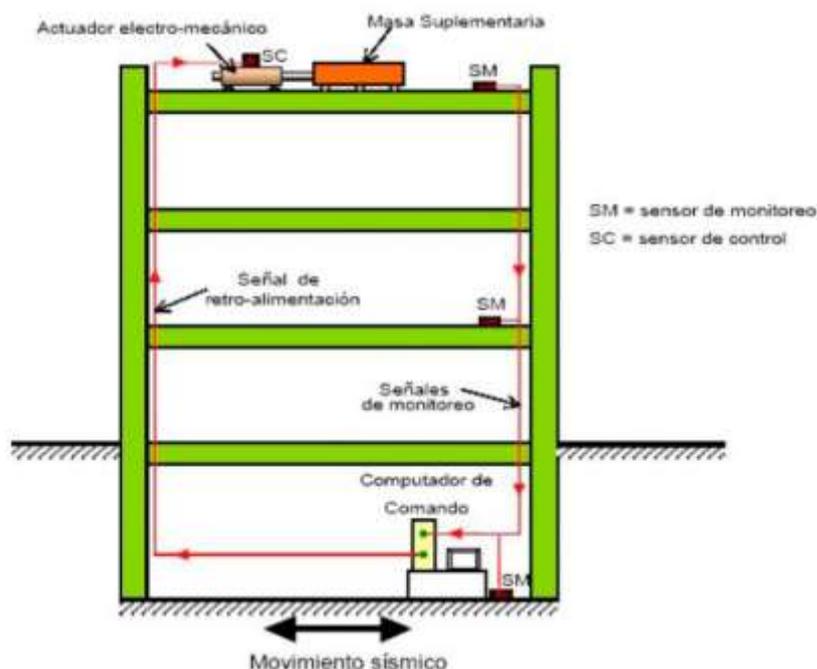
2.3.1. FUNDAMENTO DEL AISLAMIENTO SÍSMICO

El objetivo del aislamiento sísmico es lograr la flexibilización del sistema estructural y el amortiguamiento frente a las fuerzas solicitantes sísmicas, respecto a este fundamento el Dr. Aguiar Falconi (2008, Pág. 251) denota que la mejor respuesta sísmica de las edificaciones con aisladores se debe a que: al colocar a una estructura con periodo T los aisladores, la estructura llegará a tener un periodo mayor $T_a > T$. Mientras que el amortiguamiento reduce las deformaciones provocadas por el aceleramiento sísmico.

2.3.2. SISTEMAS DE PROTECCIÓN SÍSMICA

El sistema de protección sísmica viene dado por el conjunto de estrategias de control y dispositivos usados, para mejorar la respuesta o comportamiento sísmico de la edificación frente a las solicitaciones sísmicas. Por su clasificación los sistemas pueden ser activos, pasivos, híbridos, mixtos, etc.

Figura N° 6
Sistema Activo de Protección Sísmica



Fuente: Castillo Romero y Montes Flores (2011, Pág. 35) ⁴

Los sistemas de protección sísmica, tienen como objetivo el control de los desplazamientos de una estructura. Para lo cual logran disminuir o disipar el ingreso de energía sísmica a la estructura, convirtiéndolos en calor o desplazamientos.

2.3.3. SISTEMAS DE CONTROL ESTRUCTURAL

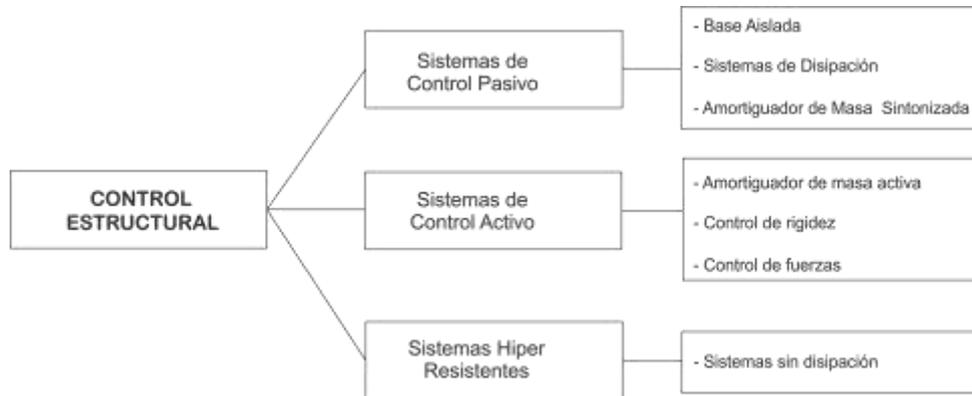
Un sistema de control estructural es una estrategia de diseño, basado en el control estructural; para lo cual se desarrolla sistemas que permitan absorber y disipar mediante diversas tecnologías la energía sísmica.

El objetivo principal del sistema de control estructural está orientada a disipar y mitigar los efectos de las ondas sísmicas en los edificios. Los sistemas de control estructural son diversos siendo los principales: los sistemas pasivos, activos, híper resistentes, mixtos e híbridos. En la siguiente Figura se muestra de Mario D`Aniello(2011) se muestra una clasificación de estos sistemas de control.

⁴ Tesis "Análisis estructural y Económico de edificios de 30 pisos en la ciudad de Cartagena, mediante Análisis Estático y empleando aisladores Sísmicos" Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Cartagena.

Gráfico N° 1

Sistemas de control Estructural



Fuente: Mario D`Aniello⁵

Dentro de los sistemas de control pasivo, el sistema de control de Base aislada es el que engloba a los aisladores sísmicos diseñados con elastómeros (Caucho Sintético) y reforzadas con placas de acero. Se consideran como una de las alternativas más fiables puesto que cumplen con los objetivos de flexibilizar y amortiguar la estructura, lo que significa que las deriva entrepisos son reducidas, evitando las pérdidas provocadas por los movimientos sísmicos

2.3.4. AISLAMIENTO DE BASE.

El aislamiento de base es una estrategia de protección sísmica, mediante dispositivos altamente flexibles. Estos se catalogan como sistemas de control pasivos, siendo las variedades diversas: aisladores friccionales, elastoméricos, viscoelásticos, etc. Siendo los de mayor importancia y reconocimiento los dispositivos de caucho o elastómeros, siendo los principales promotores de esta técnica altamente eficiente en los países en los que se ha implementado, los investigadores Naeim y Kelly(1999) con su principal aporte “Design of Seismic Isolated Structures”.

⁵ Mario D`Aniello “2C09 Design for Seismic and climate change” European Erasmus Mundus Master Course. 2011.

Los sistemas de aislación sísmica mediante elastómeros han sido estudiados y analizados estableciendo una estructura dividida en dos masas independientes, unidas mediante un amortiguador. La cimentación, se encuentra empotrada en el suelo; mientras que la superestructura está fijada al sistema de dispositivos aisladores.

El análisis parte del supuesto ideal, de considerar una estructura con un mínimo de dos diafragmas rígidos, el diafragma inferior fijada a los amortiguadores y el diafragma superior que vendría a ser la losa superior. Los diafragmas se encuentran unidos por pórticos que se consideran tienen una rigidez y amortiguamiento adicional.

Al recibir la estructura aislada, las fuerzas sísmicas se producen deslizamientos de los diafragmas rígidos, siendo el objetivo deseable: disminuir al mínimo los desplazamientos de entrepiso o de un diafragma a otro. Las masas de los diafragmas están dados por:

$$M = m + m_b$$

De donde se obtiene la proporción de masa (Naeim y Kelly, 1999, Pág. 26.):

$$\gamma = \frac{m}{m + m_b} = \frac{m}{M}$$

2.4. NORMAS TÉCNICAS PARA EL USO DE DISPOSITIVOS AISLADORES

Con la última modificación de la norma técnica E030 se establece el uso de aisladores sísmicos en edificaciones de categoría A1, estableciendo que las edificaciones comprendidas en esta categoría tendrán aislamiento sísmico en la base; cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3, siendo de responsabilidad del proyectista, si usa o no el aislamiento sísmico en zonas 1 y 2.

En lo que respecta a las recomendaciones para el diseño de los sistemas de aislamiento sísmico para estructuras de tipo esenciales, se tiene establecido las normas técnicas UBC 97 (Uniform Building Code 97), ASCE/SEI (American Society of Civil Engineers / Structural Engineering Institute), FEMA (Federal Emergency Management Agency), y su adaptación de estas normas en diversos países como la norma técnica chilena NCh2745 del año 2003.

2.4.1 NORMA TÉCNICA ASCE

En la Sección 9.13 de la norma ASCE que lleva como título “PROVISIONS FOR SEISMICALLY ISOLATED STRUCTURES” se establece las directivas para construir cualquier edificación siguiendo los parámetros establecidos en esta sección.

La primera directiva establece que se debe tener en cuenta los criterios para el diseño estructuras aisladas, considerando la zona, características del sitio, aceleración vertical, factor de uso, sistema estructural, altura, etc.

La estabilidad del sistema, debe ser verificado considerando para los desplazamientos laterales, el máximo desplazamiento previsto en la normativa.

Para los análisis se debe considerar; el análisis por espectro de respuesta, análisis de tiempo historia, espectro de diseño específico cuando la estructura se ubica en zonas con aceleración del suelo mayor a 0.60 g.

La norma establece que, para determinar el mínimo diseño de desplazamiento para fuerzas sísmicas, se debe considerar las características de deformación del sistema de aislamiento.

a) MÍNIMO DESPLAZAMIENTO LATERAL

El sistema de aislamiento debe ser diseñado, para soportar mínimos desplazamientos laterales D_D debido a la presencia de fuerzas sísmicas, y está determinado por:

$$D_D = \frac{gS_{D1}T_D}{4\pi^2B_D}$$

Donde se tiene:

g = Aceleración de la gravedad. Las unidades de g están en s^2 , cuando las unidades de D_D están en mm .

S_{D1} = Aceleración espectral, considerando 5% de amortiguamiento en un periodo de un segundo. Las unidades están en (g-s).

T_D = Periodo efectivo del sistema aislado en segundos.

B_D = Coeficiente numérico que indica el amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento, que se pueden extraer de la siguiente Cuadro

Cuadro N° 1
Coeficiente de Amortiguamiento B_i

Amortiguamiento Efectivo, β_D o β_M (Porcentaje Crítico)	B_D o B_M Factor
$\leq 2\%$	0.8
5%	1.0
10%	1.2
20%	1.5
30%	1.7
40%	1.9
≥ 50	2.0

Fuente: ASCE/SEI (Cuadro 9.13.3.3.1)

b) PERIODO EFECTIVO PARA EL DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO

Se ha establecido que, para el cálculo del periodo efectivo de la estructura aislada, para el desplazamiento de diseño T_D , se debe determinar su valor usando las características de deformación del sistema de aislamiento, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Dmin} g}}$$

Donde se tiene:

W = Peso total de la estructura, sobre el sistema de aislamiento.

K_{Dmin} = Rigidez efectiva mínima del sistema de aislamiento para el desplazamiento de diseño. Su unidades están en kN/mm

g = Aceleración debido a la gravedad.

c) MÁXIMO DESPLAZAMIENTO LATERAL

El máximo desplazamiento del sistema aislado D_M está dado por:

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4\pi^2 B_M}$$

Este valor se debe hallar considerando la dirección más crítica de la estructura.

Los valores para hallar D_M son:

g = Aceleración de la gravedad.

S_{M1} = Aceleración espectral máximo, considerando 5% de amortiguamiento en el periodo de un segundo. Unidades están en (g-s).

T_M = Periodo Efectivo en segundos (s) para el sistema asilado considerando el máximo desplazamiento.

B_M = Coeficiente numérico relacionado al amortiguamiento efectivo del sistema aislado, en un desplazamiento máximo. Ver los coeficientes establecidos en la Cuadro de "Coeficiente de Amortiguamiento B_i "

d) PERIODO EFECTIVO PARA MÁXIMO DESPLAZAMIENTO

El periodo efectivo de la estructura aislada, en desplazamiento máximo T_M se puede determinar mediante:

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Mmin} g}}$$

Donde:

W = Peso total de la estructura, sobre el sistema de aislamiento.

K_{Mmin} = Rigidez efectiva mínima del sistema de aislamiento para el desplazamiento máximo. Unidades en kN/mm

g = Aceleración de la gravedad.

e) DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL TOTAL

Se tiene establecido que el desplazamiento total de diseño D_{TD} y el Máximo desplazamiento D_{TM} en un sistema aislado, con una distribución uniforme espacial y de rigidez no deberá tomar valores menores que los obtenidos en las siguientes ecuaciones:

$$D_{TD} = D_D \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$$

$$D_{TM} = D_M \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$$

Donde:

D_D = Desplazamiento de diseño en el centro de rigidez del sistema aislado.

D_M = Máximo desplazamiento (Unidades en mm) en el centro de rigidez del sistema aislado.

y = Distancia (Unidades en mm) del centro de rigidez del sistema de aislamiento, hacia el dispositivo de aislamiento más alejado del centro de rigidez.

e = Medida de la excentricidad (Unidades en mm) real entre el centro de masa de la estructura aislada, y el centro de rigidez del sistema de aislamiento, tomado como 5% de la sección más larga de la estructura, en la dirección las fuerzas consideradas para el análisis.

b = Medida más corta de la estructura, debe ser paralela a d .

d = Medida más larga de la estructura.

f) MÍNIMAS FUERZAS LATERALES PARA EL SOPORTE DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO

Todo elemento estructural bajo el sistema aislado, como el sistema de aislamiento, la base, etc. deberán ser diseñados y construidos para resistir una mínima fuerza lateral establecida como V_b , para lo cual se deberá usar los cálculos apropiados para una estructura no aislada y se puede calcular mediante:

$$V_b = k_{Dmax} D_D$$

Donde se tiene:

V_b = La fuerza mínima lateral de diseño sísmico, o cortante en elementos de la estructura aislada y de los elementos por debajo del sistema de aislamiento.

K_{Dmax} = Rigidez máxima efectiva del sistema de aislación sísmica (Unidades en $kN/mm.$) en el desplazamiento de diseño en la dirección horizontal tomada para el análisis.

D_D = El desplazamiento de Diseño (Unidades en mm) del centro de rigidez del sistema de aislamiento en la dirección considerada para el análisis.

En la ecuación se considera que el valor de V_b , no debe tomar nunca un valor menor que la máxima fuerza sísmica en el sistema de aislamiento en cualquier dirección del desplazamiento (para el análisis se debe considerar la dirección más crítica).

g) ELEMENTOS ESTRUCTURALES SOBRE EL SISTEMA DE AISLAMIENTO

La estructura sobre el sistema de aislamiento deberá ser diseñada para soportar las fuerzas mínimas de corte, dados por V_s usando para ello los cálculos apropiados para una estructura no aislada. Esta fuerza mínima se puede determinar mediante:

$$V_s = \frac{k_{Dmax} D_D}{R_1}$$

Donde se tiene:

K_{Dmax} = Máxima rigidez efectiva del sistema de aislación sísmica (Unidades en $kN/mm.$) en la dirección horizontal considerada para el desplazamiento de diseño.

D_D = El desplazamiento de Diseño (Unidades en mm), en el centro de rigidez del sistema de aislamiento; en la dirección considerada para el análisis.

R_1 Coeficiente relacionado con el tipo de sistema estructural, su valor es de 3/8 del valor de R (coeficiente de respuesta estructural o resistencia a sismo, Ver en Cuadro 9.5.2.2 de ASCE), siendo su valor mínimo no menor a 1.0 y su valor máximo no mayor a 2.0.

El valor de V_s hallado, no deberá ser menor que:

- La fuerza lateral sísmica obtenida para la estructura con base fija.
- La fuerza sísmica lateral, requerida para activar el sistema de aislamiento, multiplicado por un factor de seguridad de 1.5.

h) LÍMITES DEL DESPLAZAMIENTO RELATIVO O DERIVA DE ENTREPISO

El máximo desplazamiento relativo, o desplazamiento de entrepiso. No deberá exceder el valor de $0.015h_{sx}$.

i) PROCEDIMIENTO PARA LA RESPUESTA LATERAL DINÁMICA

Toda estructura aislada, deberá ser construida para soportar desplazamientos sísmicos y fuerzas obtenidas mediante el cálculo simplificado para diseño sísmico de edificaciones, establecidas en el ítem 9.5.4 de la norma ASCE.

j) ELEMENTOS ESTRUCTURALES SOBRE EL SISTEMA DE AISLAMIENTO

La fuerza cortante en la base nunca deberá ser menor que el 90% de V_b (Fuerzas cortantes en la base de la estructura). La estructura soportada por el sistema de aisladores elastoméricos, debe soportar una fuerza cortante mayor o igual al 80% de V_s , siempre en cuando la estructura sea regular y nunca deberá ser menor de V_s si la estructura es irregular.

2.4.2. NORMA TÉCNICA UBC 97

Esta norma UBC (Uniform Building Code) establece los criterios de diseño para estructuras aisladas sísmicamente, las ecuaciones establecidos en la UBC, son equivalentes a las ecuaciones de la norma ASCE. Por tanto no se incidirá en la ecuación. La norma establece que se debe tener en cuenta los dos procedimientos para el análisis y diseño de estructuras con aisladores sísmicos (análisis estático y análisis dinámico).

Dentro de los criterios generales para el diseño de estructuras con aisladores sísmicos la norma recomienda que:

- La estructura aislada, debe mantener su estabilidad, por tanto, no se debe superar el desplazamiento máximo total obtenido.
- El factor de Importancia I para estructuras aisladas, siempre tendrá el valor de 1.0 para todas las categorías.

a) ANÁLISIS ESTÁTICO EN ESTRUCTURAS AISLADAS

Para realizar el análisis estático se debe considerar lo siguiente:

La estructura aislada debe mantener un margen de 10 Km. mínimo, de las fallas geológicas consideradas como activas.

El suelo para una estructura aislada debe ser firme o rígido. No se debe usar el sistema en suelos blandos o granulares.

La estructura sobre el sistema de aislamiento debe tener una altura menor a 19.8 m.

Para el análisis de estructuras aisladas, el periodo efectivo de la estructura aislada T_M , no debe ser mayor a 3.0 segundos.

Cualquier estructura sobre un sistema de aislamiento debe ser de configuración regular.

b) ANÁLISIS DINÁMICO EN ESTRUCTURAS AISLADAS

La estructura aislada debe ser verificada mediante un procedimiento de respuesta lateral sísmica. Por esto es necesario realizar los siguientes análisis:

- **Análisis del espectro de respuesta**, realizar considerando el perfil de suelo, zona sísmica, aceleración, etc.
- **Análisis Tiempo-Historia**, se tendrá en cuenta en cualquier estructura aislada sísmicamente, y se verificará para sismos registrados de gran intensidad.
- **Espectro de diseño específico de zona**, cuando la zona no se encuentre determinada en la norma, se opta por la microzonificación sísmica, su uso está limitado a estructuras ubicadas en suelos de tipo blandos o granulares y cuando exista una falla activa a menos de 10 Km.

c) PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA RESPUESTA LATERAL ESTÁTICA

Como se dijo, el sistema de ecuaciones es el mismo de la norma ASCE, por tanto, se tiene:

- Desplazamiento de Diseño.

$$D_D = \frac{\left(\frac{g}{4\pi^2}\right) C_{VD} T_D}{B_D}$$

Donde se tiene que:

g = Aceleración de la gravedad.

C_{VD} = Factor de amplificación sísmica

T_D = Periodo Efectivo de la estructura aislada.

B_D = Coeficiente numérico relacionado al amortiguamiento efectivo del sistema aislado para el desplazamiento de diseño. Ver **Cuadro A-16-C – UBC**.

- Periodo efectivo

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Dmin} g}}$$

Donde se tiene que:

W = Peso de la estructura

K_{Dmin} = Mínima Rigidez efectiva del sistema de aislamiento para el desplazamiento mínimo D_D en la dirección analizada.

g = Aceleración de la gravedad.

- Desplazamiento Total de Diseño y Máximo

Están dados por las siguientes ecuaciones:

$$D_{TD} = D_D \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$$

$$D_{TM} = D_M \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$$

Donde se tiene que:

D_D = Desplazamiento total de diseño.

D_M = Desplazamiento Máximo total.

y = Distancia del centro de rigidez de la estructura hasta el punto más alejado.

e = Excentricidad real entre el centro de masa y el centro de rigidez del sistema de aislamiento, se considera un adicional de 5% por excentricidad accidental, en la sección más larga de la estructura perpendicular a las fuerzas cortantes.

b = Lado corto de la estructura

d = Lado más largo de la estructura.

Con estas ecuaciones se obtienen los desplazamientos incluidos los efectos de torsión; que se suceden. Se considera que los valores obtenidos para D_{TD} , D_{TM} no deben ser menores a $1.1D_D$ y $1.1D_M$ respectivamente.

- **Fuerza lateral mínima para la subestructura**, al igual que el ASCE, para la subestructura del sistema aislado se considera:

$$V_b = k_{Dmax} D_D$$

Donde se tiene que:

K_{Dmax} = Rigidez máxima efectiva del sistema de aislación

D_D = El desplazamiento de Diseño

V_b = Fuerza sísmica lateral mínima que deberá soportar la estructura que se encuentra debajo del sistema.

- **Fuerza lateral mínima para la superestructura**

Para la estructura que se encuentra sobre el sistema de aislamiento, de las fuerzas sísmicas mínimas a resistir se obtiene mediante:

$$V_s = \frac{k_{Dmax} D_D}{R_I}$$

Donde se tiene que:

K_{Dmax} = Rigidez máxima efectiva del sistema de aislación

D_D = Desplazamiento de Diseño

R_I = Coeficiente numérico para el tipo de configuración estructural. Tomar valor establecido en la Cuadro A-16-E cuyo título es “Structural Systems Above the Isolation Interface” de la norma UBC. El valor inferior de este coeficiente es 1.4 y el valor máximo es de 2.0.

V_s = Es la fuerza sísmica lateral que afecta a la estructura, y se calcula como si la estructura tendría un diseño con base fija. El valor de V_s no debe ser menor que las fuerzas sísmicas laterales requeridas para activar el sistema de aislamiento factorado por el por el valor de 1.5 al igual que en la norma ASCE.

En la UBC el desplazamiento relativo de entrepiso, no deberá exceder $0.010R_I$.

- Respuesta Lateral Dinámica del sistema

Se debe tener en cuenta que el desplazamiento total de diseño del sistema de aisladores no deberá tomar un valor menor que 90% de D_{TD} . Asimismo, el desplazamiento máximo total del sistema no deberá tomar un valor menor a 80% del valor de D_{TM} .

Los límites porcentuales de D_{TD} y D_{TM} establecidos se usarán para evaluar el sistema de aislamiento. Con la excepción de que, $D_{D'}$ pueda ser usado en lugar de D_D , así como $D_{M'}$ pueda ser usado en lugar de D_M . Los valores de $D_{D'}$ y $D_{M'}$ son hallados mediante:

$$D_{D'} = \frac{D_D}{\sqrt{1 + \left(\frac{T}{T_D}\right)^2}}$$

$$D_{M'} = \frac{D_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{T}{T_M}\right)^2}}$$

Donde se tiene:

$$T_D = C_t(h_n)^{3/4}$$

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Dmin} g}}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Mmin} g}}$$

En estas ecuaciones el valor de T es el periodo elástico de la estructura sobre el sistema de aisladores, calculado sin embargo como si fuera el periodo de una estructura con base fija.

El valor de C_t está dado por:

0.0853 para estructuras de acero

0.0731 para concreto reforzado

0.0488 para otras estructuras

Además:

$K_{Dmin} g$ = Mínima rigidez efectiva para desplazamiento de diseño para el sistema aislado, bajo la dirección considerada.

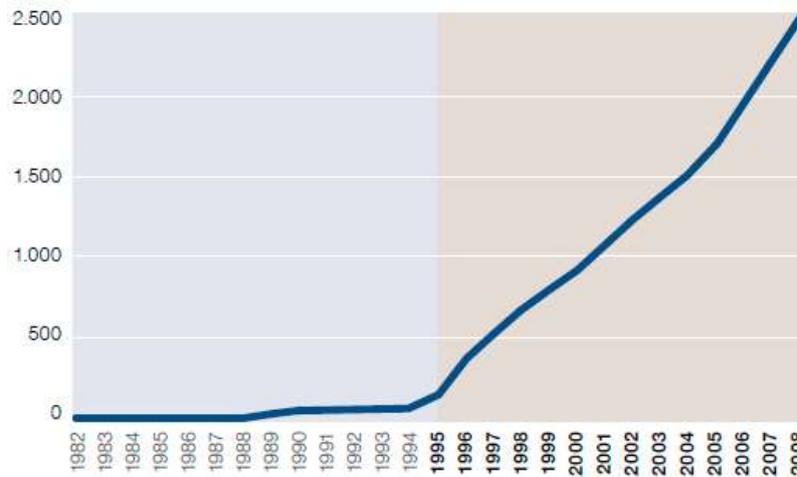
$K_{Mmin} g$ = Mínima rigidez efectiva para desplazamiento máximo para el sistema aislado, bajo la dirección considerada.

2.5. SISTEMAS DE AISLAMIENTO DE BASE

Dentro de la clasificación establecida en los sistemas de control estructural, los sistemas de aislamiento de base son los que han demostrado mayores ventajas a nivel mundial, desde las facilidades de diseño, construcción y económicas. Razón por la cual su uso se ha ido incrementando en los últimos años a nivel mundial. Principalmente en países que han sufrido sismos de gran intensidad, como Chile, Japón, EEUU, Turquía. Tras cada evento trágico, el uso de estos sistemas se ha incrementado como se puede observar en el siguiente gráfico de Kobe-Japón, en la que verifica una masificación del uso de aislamiento sísmico.

Figura N° 7

Incremento del uso de sistemas de aislamiento en edificaciones (Japón)



Fuente: Protección Sísmica de Estructuras “Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía” Documentos Técnicos Nro. 29. 2011

Otro de los países afectados gravemente por los sismos, es Chile. País que, por su ubicación en la falla del Cinturón del Fuego del Pacífico, ha sufrido uno de los terremotos más fuertes desde 1990 hasta la actualidad.

Cuadro N° 2

Terremotos más destructivos desde 1990

	UBICACIÓN	FECHA	MAGNITUD (RICHTER)
1	Valdivia, Chile	1960/05/22	9.5
2	Prince William Sound, Alaska	1964/03/28	9.2
3	Costa Oeste de Sumatra Norte	2004/12/26	9.1
4	Costa Este de Honshu, Japón	2011/03/11	9.0
5	Kamchatka, Rusia	1952/11/04	9.0
6	Maule, Chile	2010/02/27	8.8
7	Costa de Ecuador	1906/01/31	8.8
8	Islas Rata, Alaska	1965/02/04	8.7
9	Sumatra Norte, Indonesia	2005/03/28	8.6
10	Assam, Tibet	1950/08/15	8.6
11	Islas Andreanof, Alaska	1957/03/09	8.6
12	Sumatra Sur, Indonesia	2007/09/12	8.5
13	Mar de Banda, Indonesia	1938/02/01	8.5
14	Kamchatka, Rusia	1923/02/03	8.5
15	Frontera Chile-Argentina	1922/11/11	8.5
16	Islas Kuril	1963/10/13	8.5

Fuente: Protección Sísmica de Estructuras “Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía” Documentos Técnicos Nro. 29. 2011

Por tanto, en estos países se ha ido fomentando una nueva cultura para el diseño antisísmico. Así como nuevos requerimientos antisísmicos, que se pueden lograr con el uso de estos dispositivos de aislamiento de base, con el objetivo de proteger los equipos, vidas humanas y la propia edificación.

Lo que propone el aislamiento en la base, es que la estructura debe permanecer intacta tras un sismo, de tal manera que pueda continuar operando pasado el evento.

2.5.1. TIPOLOGÍA DE DISPOSITIVOS DE AISLAMIENTO DE BASE

El sistema de aislamiento en la base, funciona por el desplazamiento lateral al recibir las fuerzas sísmicas. Las respuestas de cada sistema al movimiento sísmico, según su tipología puede ser deformando al dispositivo plásticamente, o disipando la energía mediante la fricción de los elementos deslizantes. En el caso de los disipadores metálicos, la disipación de energía es por medio de la fluencia de metales sometidos a esfuerzos de flexión. Igualmente se pueden usar combinaciones de disipadores plásticos, con disipadores por fricción y disipadores metálicos:

Entre los principales disipadores de base, se tiene a los siguientes:

- Aisladores metálicos (Resortes helicoidales, ADAS, etc.)
- Aisladores de bajo amortiguamiento LDRB (Resistencia a la compresión mejoradas con placas de acero)
- Aisladores elastómeros con núcleo de Plomo LRB (Con mayor rigidez)
- Aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento HDRB (Caucho mejorado con aditivos para incrementar el amortiguamiento).
- Aisladores friccionales de 1ra, 2da y 3ra generación

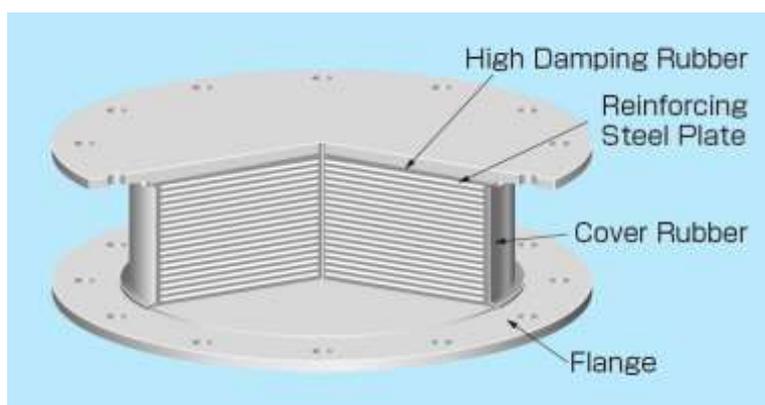
Dentro de esta amplia variedad, se tendrá en cuenta a los dispositivos que son los más eficientes en estructuras, siendo estos los aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento con núcleo de plomo y sin núcleo.

2.5.2. AISLADORES DE ALTO AMORTIGUAMIENTO HDRB SIN NÚCLEO

Se considera que estos aisladores son de alto amortiguamiento, por su mayor amortiguamiento que se obtiene por los aditivos que permiten el incremento de las propiedades del caucho sintético. Las siglas HDR vienen de “High Damping Rubber Bearing”. Y además del caucho sintético mejorado, se mejora la resistencia a compresión, es decir pueden soportar mayores cargas verticales; mejorando su rigidez vertical con las láminas de acero que se colocan para el proceso de vulcanizado. Su resistencia a compresión se puede comparar con la resistencia del concreto⁶, Ambos materiales acero y caucho sintético se unen mediante un agente químico conocido como epóxido o pegamento químico.

Figura N° 8

Aislador HDRB - High Damping Rubber Bearing



Fuente: Bridgestone

El dispositivo HDRB con las características señaladas, tiene una flexibilidad que permite el desplazamiento lateral con un amortiguamiento mayor al 5%.

⁶ Revista “Protección Sísmica de Estructuras, Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía” Pág. 24

Figura N° 9

Aislador HDRB en prueba de laboratorio



Fuente: Gustavo Gioacchini⁷

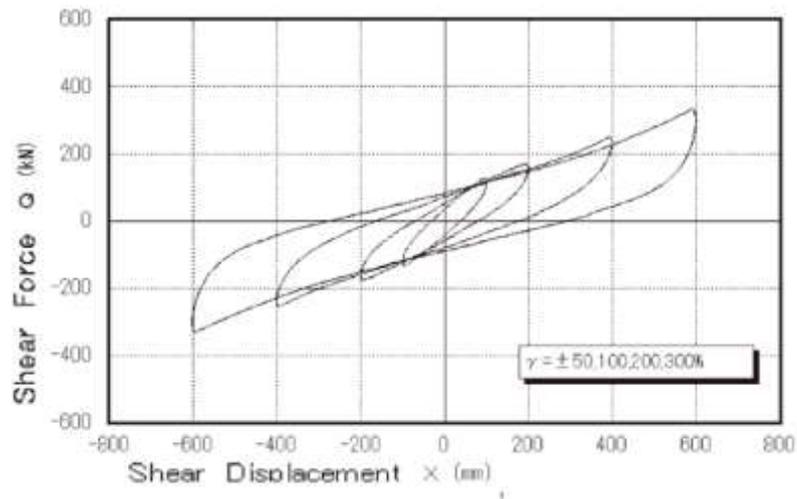
Dentro de las características físicas y propiedades mecánicas señaladas anteriormente los dispositivos deben estar protegidos para evitar el deterioro por las condiciones del medio ambiente como los cambios de temperatura, factores de humedad, tiempo de servicio y también de eventos circunstanciales como los incendios.

Sobre el mantenimiento de estos dispositivos y temperatura, se recomienda que estas se encuentren dentro del siguiente margen $-10 \leq T \leq 40^{\circ}\text{C}$, siendo la temperatura estándar o recomendable 20°C .

El diagrama fuerza-desplazamiento (modelo bilineal de histéresis del dispositivo) de este tipo de aisladores se muestra en la siguiente Figura, se puede notar que las curvas son uniformes y suaves en cada ciclo de desplazamiento

⁷ Presentación Web: "Desarrollo de un dispositivo de aislamiento sísmico con bajo nivel de carga axial" Recuperado de <<http://documentslide.com/documents/desarrollo-de-un-dispositivo-de-aislamiento-sismico.html>> Consultado 15/10/2016

Figura N° 10
Diagrama de Histéresis del HDRB



Fuente: Modelo de histéresis de HDRB, Bridgestone

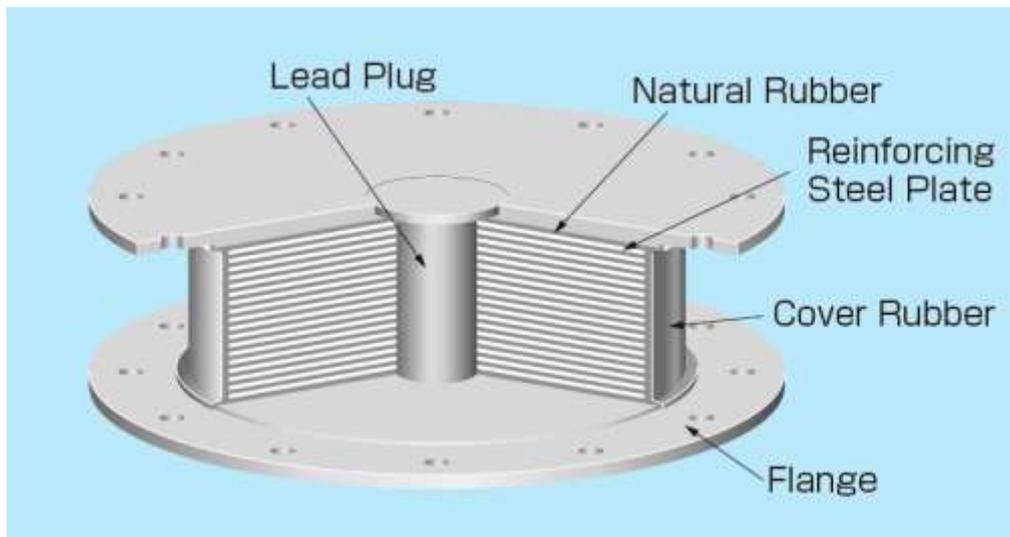
2.5.3. SISTEMA DE AISLADORES DE ALTO AMORTIGUAMIENTO LRB

Este tipo de aisladores son los que llevan un núcleo de plomo, que en el movimiento sísmico brinda una rigidez adicional al sistema de aislamiento. Los aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento Lead Rubber Bearing (LRB) brindan por tanto una adecuada resistencia a las cargas laterales; optimizando la rigidez lateral del sistema, con un núcleo de plomo.

Las propiedades mecánicas del núcleo de plomo, se caracterizan por su flexibilidad lo que convierte al plomo en un material maleable, que en el desplazamiento comienza a disipar la energía como calor y se vuelve a estado semilíquido, que cristaliza cuando finaliza el movimiento sísmico. Como resultado se incrementa el nivel de amortiguamiento hasta en un 25-30%.⁸

⁸ Fuente: Protección Sísmica de Estructuras “Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía” Documentos Técnicos Nro. 25. 2011

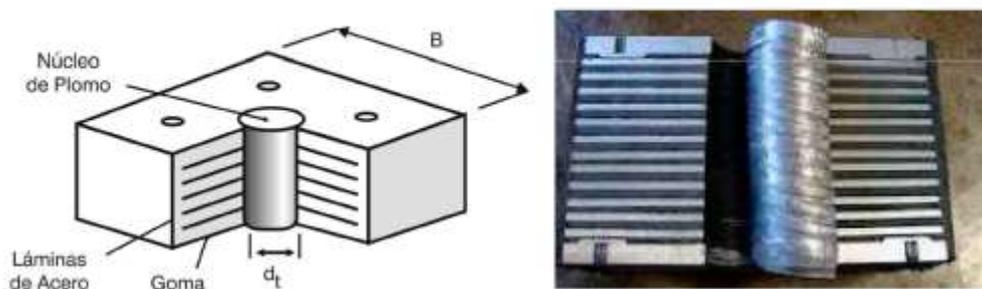
Figura N° 11
Aislador LRB - Lead Rubber Bearing



Fuente: Página Web Bridgestone

Según Korswagen, Arias y Huaranga (2012) el Lead, se coloca con el objetivo de producir numerosos ciclos histeréticos estables ya que este fluye (a una tensión de 10 MPa) y recristaliza a temperatura ambiente; esto hace que tenga una buena resistencia a la fatiga. Lo importante que se puede recalcar de este dispositivo es la rigidez inicial que presenta el sistema debida al plomo.

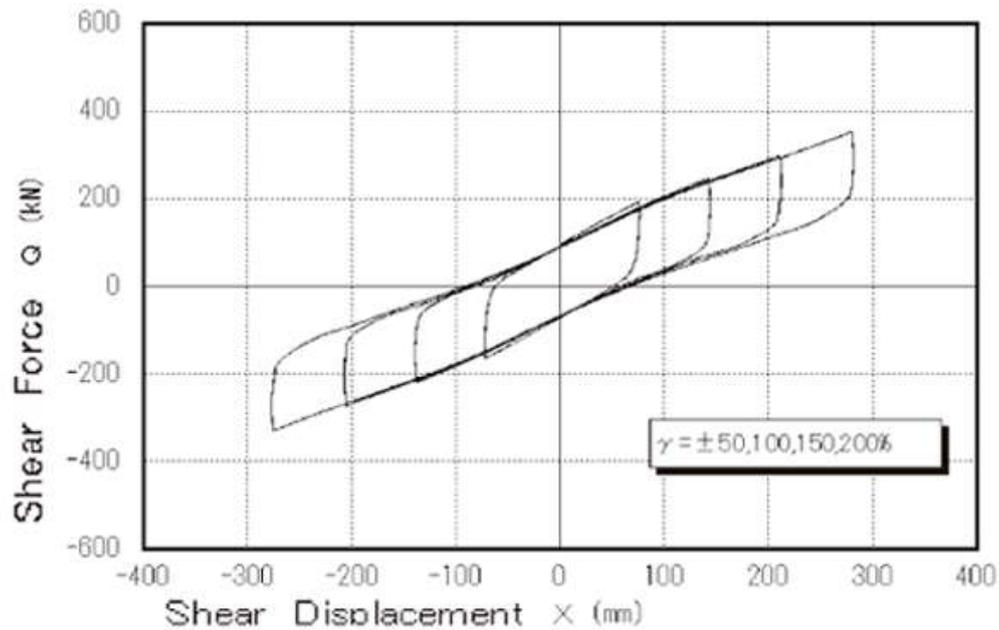
Figura N° 12
Dispositivo con Núcleo de Plomo(LRB)



Fuente: Gustavo Gioacchini

El modelo de histéresis, a diferencia del HDRB, presenta picos más pronunciados, debido a la rigidez inicial del plomo, que es superior al caucho sintético que forma el dispositivo.

Figura N° 13
Diagrama de Histéresis del LRB



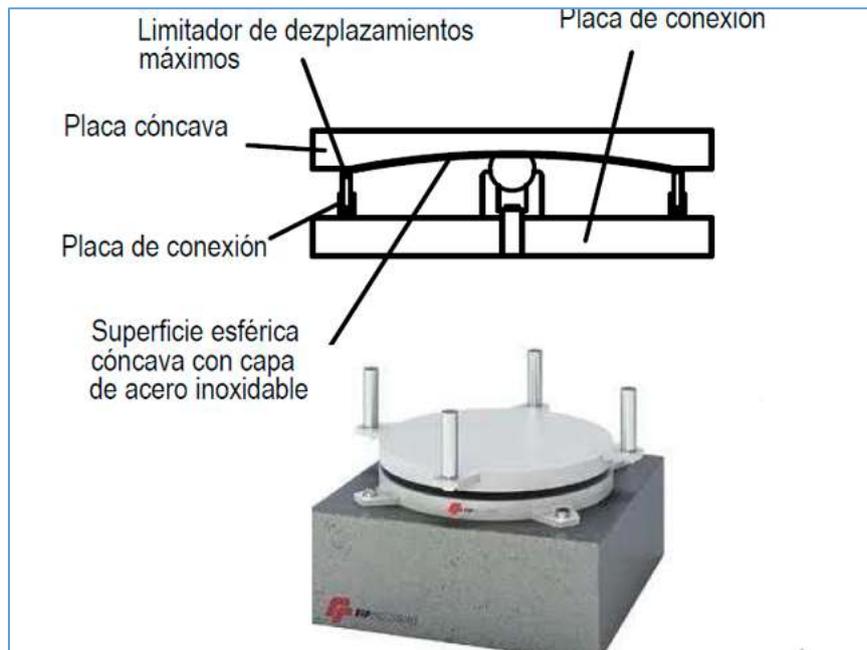
Fuente: Modelo de histéresis de LRB, Bridgestone

2.5.4. SISTEMA DE AISLADORES FRICCIONALES FPS

Los aisladores friccionales disipan la energía en el desplazamiento de los deslizadores que conforman el dispositivo. El amortiguamiento por fricción, aunado a las fuerzas de restitución, provocadas por las superficies cóncavas; se han convertido en la fuente de la disipación de la energía. Por tanto es un sistema versátil que está siendo investigado y los sistemas de tercera generación actualmente están siendo desarrollados y estudiados por su propulsor el Dr. Víctor Sayas.

Figura N° 14

Aislador friccional plano de segunda generación



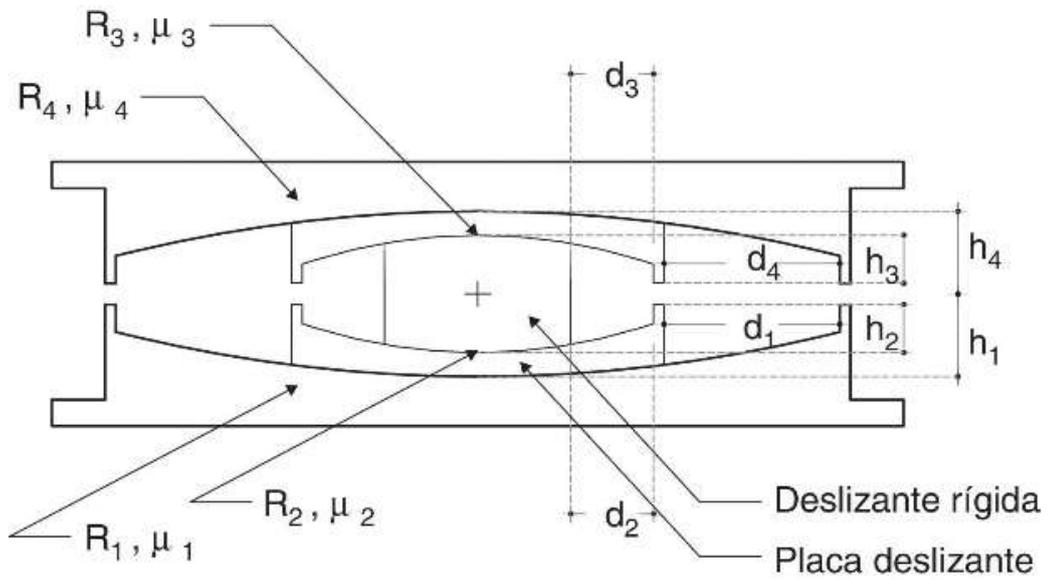
Fuente: Gustavo Gioacchini

Los péndulos friccionales de tercera generación cuentan con una superficie cóncava que soporta los apoyos deslizantes, logrando que además del amortiguamiento por fricción, se suma una fuerza de restitución que por acción de la gravedad exige a retornar a la estructura a la posición inicial.

Debido a esta fuerza de restitución por efectos de la gravedad, es que este sistema está caracterizado, como autocentrante, pues la fuerza vertical tiene un componente tangencial (péndulo invertido) que impulsa a los apoyos deslizantes a regresar y centrar el sistema.

Figura N° 15

Aislador friccional de tercera generación



Fuente: R. Aguiar, E. Morales, B. Guayguac y M. Rodríguez ⁹

⁹ Artículo Científico: "Método simplificado para el análisis sísmico de estructuras con aisladores FPS de tercera generación". Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Ecuador, 2016

CAPITULO III:

CONFIGURACION ESTRUCTURAL DEL IREN

El Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas, se encuentra catalogado como Establecimiento de Salud de Tipo III-E. Se encuentra ubicado el Distrito y Provincia de Concepción, Departamento de Junín. Se ha proyectado en un terreno rectangular de aproximadamente 20,000 m², por lo cual la estructura principal es también rectangular.

Las condiciones climáticas de la zona son favorables, con una temperatura promedio de 12.8 °C. Siendo las temperaturas mínimas registradas en el mes de junio con 4 °C. La humedad relativa oscila entre 52 a 71%.

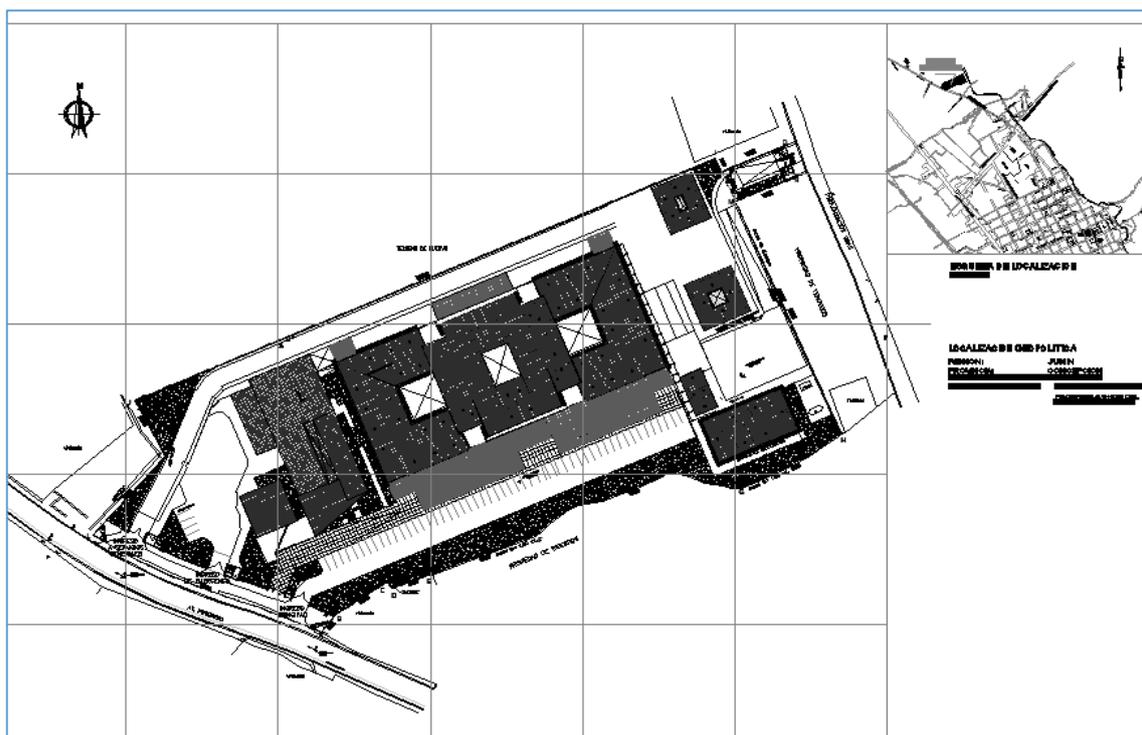
Debido a las condiciones del terreno, la solución arquitectónica para la estructura principal es de forma rectangular y longitudinal, con los servicios complementarios en bloques separados, cumpliendo con la normativa vigente en lo que respecta a la arquitectura hospitalaria.

Arquitectónicamente, la estructura cumple con los requisitos establecidos en la programación de necesidades (Programa Médico Funcional). Para lo cual todo el proyecto se divide en varias zonas, y cada zona tiene un bloque estructural propio que responde a las necesidades establecidas para dicho bloque.

Por tanto, para el análisis se tendrá en cuenta al bloque principal, denominado Bloque B (subdividido en varios bloques), es el edificio Principal del IREN y cuenta con cuatro niveles, incluido el sótano. En el nivel de sótano se tiene los servicios generales y en los tres siguientes niveles, las Unidades de mayor

importancia dentro del Centro, como las unidades asistenciales de atención al público, centros de cirugía, esterilización y cuidados intensivos y Hospitalización. Estas zonas frente a cualquier evento, deberían estar operativas; por tanto, se ha tomado como muestra para la implementación de los dispositivos aisladores.

Figura N° 16
Ubicación del IREN - Concepción



3.1. PROGRAMA MÉDICO FUNCIONAL DEL BLOQUE

Para considerarse como una estructura de categoría A1 de tipo hospitalario, es necesario que toda infraestructura construida para el MINSA cumpla con brindar los servicios en las diversas Unidades Prestadoras de Servicios de Salud.

Con el cumplimiento o prestación de estos servicios los hospitales se categorizan como hospital Tipo I, II-1, II-2, III-1, III-2.

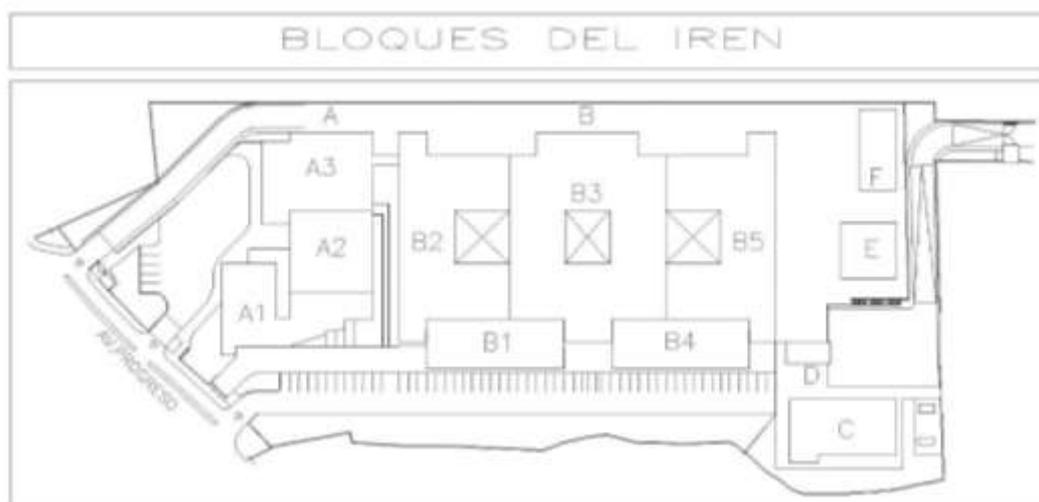
Por tanto, el IREN cumple con ofrecer los servicios UPSS, que se pueden apreciar en la siguiente Cuadro:

Cuadro No 3
Unidades Prestadoras de Salud en IREN – Concepción

UPSS Consulta Externa
UPSS Hospitalización
UPSS Emergencia
UPSS Centro Quirúrgico y Cirugía de día
UPSS Cuidados Intensivos
UPSS Farmacia
UPSS Patología Clínica
UPSS Nutrición y Dietética
UPSS Diagnóstico por Imágenes
UPSS Central de Esterilización
UPSS Centro de Hemoterapia y Banco de Sangre tipo I
UPSS Anatomía Patológica
UPS Administración
UPSS Radioterapia
Cuidados Paliativos e Hidratación
Quimioterapia Pediatría
Quimioterapia Adultos
UPS servicios generales y mantenimiento
Servicios Complementarios

Cada una de estas UPSS, se encuentran sectorizados en varios bloques estructurales. En la siguiente Figura, se puede observar todos los bloques estructurales.

Figura N° 17
Bloques Estructurales del IREN



Cuadro N° 4
UPSS por Bloques - IREN

UPSS POR BLOQUE	
A1	SERVICIOS COMPLEMENTARIOS
A2	PRIMER PISO: CUIDADOS PALIATIVOS SEGUNDO PISO: ADMINISTRACION TERCER PISO: RESIDENCIA MEDICA
A3	PRIMER PISO: EMERGENCIA SEGUNDO PISO: ADMINISTRACION
B1	PRIMER PISO: CONSULTA EXTERNA SEGUNDO PISO: QUIMIOTERAPIA ADULTOS
B2	SOTANO: ALMACEN PRIMER PISO: CONSULTA EXTERNA SEGUNDO PISO: CENTRO QUIRURGICO
B3	SOTANO: FARMACIA, UNIDAD DE RADIOTERAPIA, LAVANDERIA, NUTRICION Y DIETETICA. PRIMER PISO: DIAGNOSTICOS POR IMAGENES, FARMACIA SEGUNDO PISO: CENTRO QUIRURGICO, CENTRAL DE ESTERILIZACION, UCI TERCER PISO: HOSPITALIZACION
B4	PRIMER PISO: PATOLOGIA CLINICA SEGUNDO PISO: QUIMIOTERAPIA NIÑOS
B5	SOTANO: UNIDAD DE RADIOTERAPIA, ANATOMIA PATOLOGICA PRIMER PISO: PATOLOGIA CLINICA, BANCO DE SANGRE SEGUNDO PISO: UCI
C	PRIMER PISO: SERVICIOS GENERALES (CISTERNA,GRUPO ELECTROGENO)
D	PRIMER PISO: SERVICIOS GENERALES(CENTRAL DE GASES)
E	SOTANO: SERVICIOS GENERALES(TALLERES)
F	SOTANO: SERVICIOS GENERALES(RESIDUOS SOLIDOS)

3.2. DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA DE UPSS POR NIVELES

Nivel Sótano:

Se tiene en este nivel la Unidad Oncológica de Radioterapia, dentro de los servicios generales se tiene Almacenes. En la zona de Farmacia, se tiene recepción de suministros y preparación, Lavandería, Nutrición, Vestuarios del personal, Anatomía Patológica, Residuos Sólidos y Mantenimiento. Debido a los requerimientos técnicos para en la construcción de los bunkers para los aceleradores lineales (equipos radiactivos), necesitan de estructuras especiales, se ubicó convenientemente las estructuras pesadas de concreto armado a nivel de sótano. El ancho de los muros y los techos de concreto armado llegan hasta 2.00m de espesor. Equipos como el tomógrafo y braquiterapia también requieren protección en sus muros de concreto del orden de 0.60m de espesor.

Ver Figura 5.2.

Nivel 01:

En este nivel se tiene los servicios de Asistencia Inmediata (Emergencias), Cuidados Paliativos e Hidratación. Se tiene además las unidades de atención ambulatoria al público: Consulta Externa, Farmacia, Patología Clínica, Banco de Sangre, Diagnóstico por Imágenes.

Dentro de los Servicios Generales en este nivel, y en otro bloque estructural se tiene: Casa de Fuerza, Cisternas, Grupo Electrógeno, Calderos, Tanque de Petróleo, Gas GLP, Gases: Oxígeno, Vacío, Aire Comprimido que por sus características técnicas deben ubicarse en estructuras de un solo nivel.

Ver Figura 5.3

Nivel 02:

En el segundo nivel, se tiene a la zona administrativa, las áreas técnicas y las zonas privadas, como Centro Quirúrgico, Cirugía de Día, Central de Esterilización, Cuidados Intensivos, Cuidados Intermedios y Quimioterapia.

Además, se tiene una Unidad Asistencial de Quimioterapia, con acceso restringido al público. Ver Figura 5.4

Nivel 03:

En este nivel se tiene la Residencia Médica, y la zona de pacientes hospitalizados con todos los ambientes de apoyo necesarios para esta zona: como las estaciones de enfermeras, áreas de espera para los familiares, reposteros, sépticos, zona de ropa sucia, zona limpia, aseo, etc.

Ver Figura 5.5

Figura N° 18
Sótano – IREN

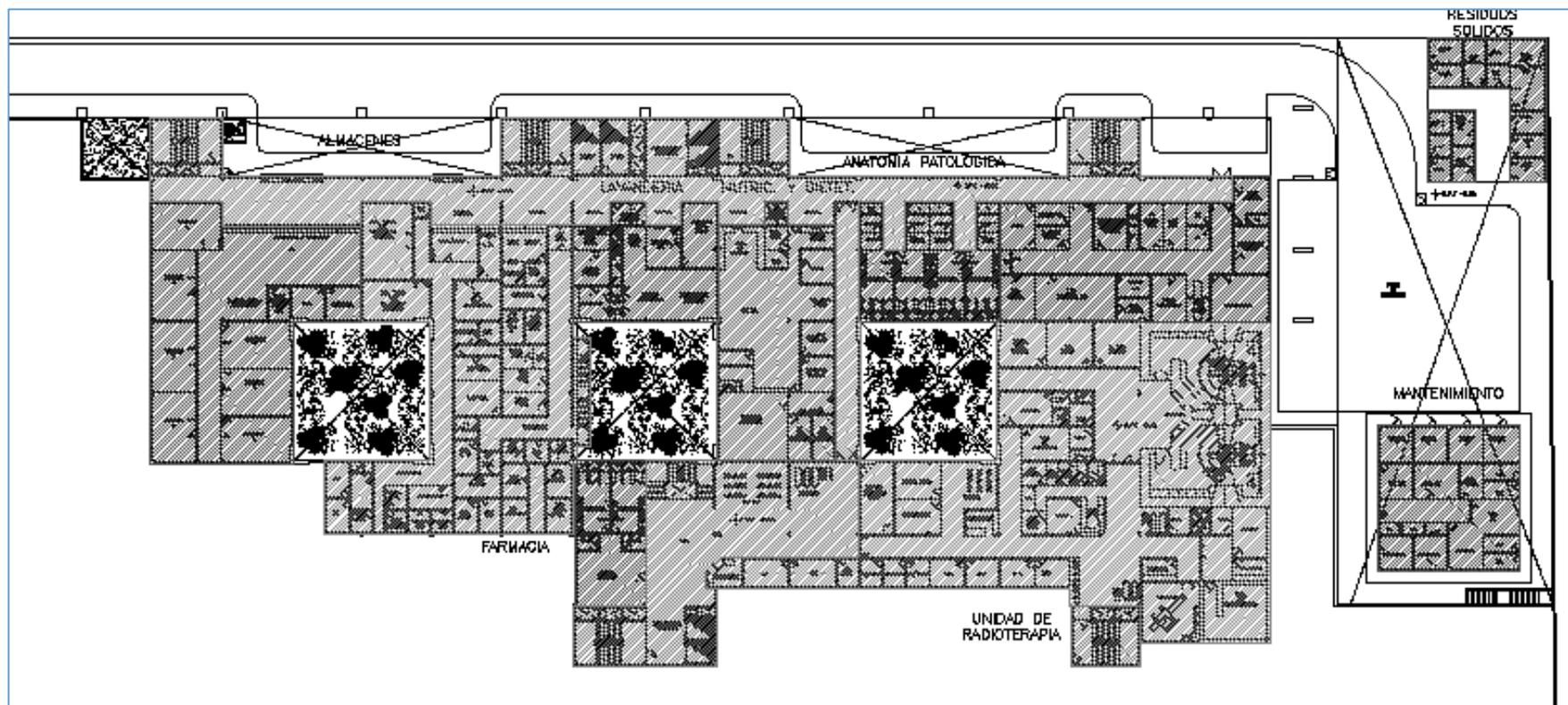


Figura N° 19
Nivel 01 – IREN

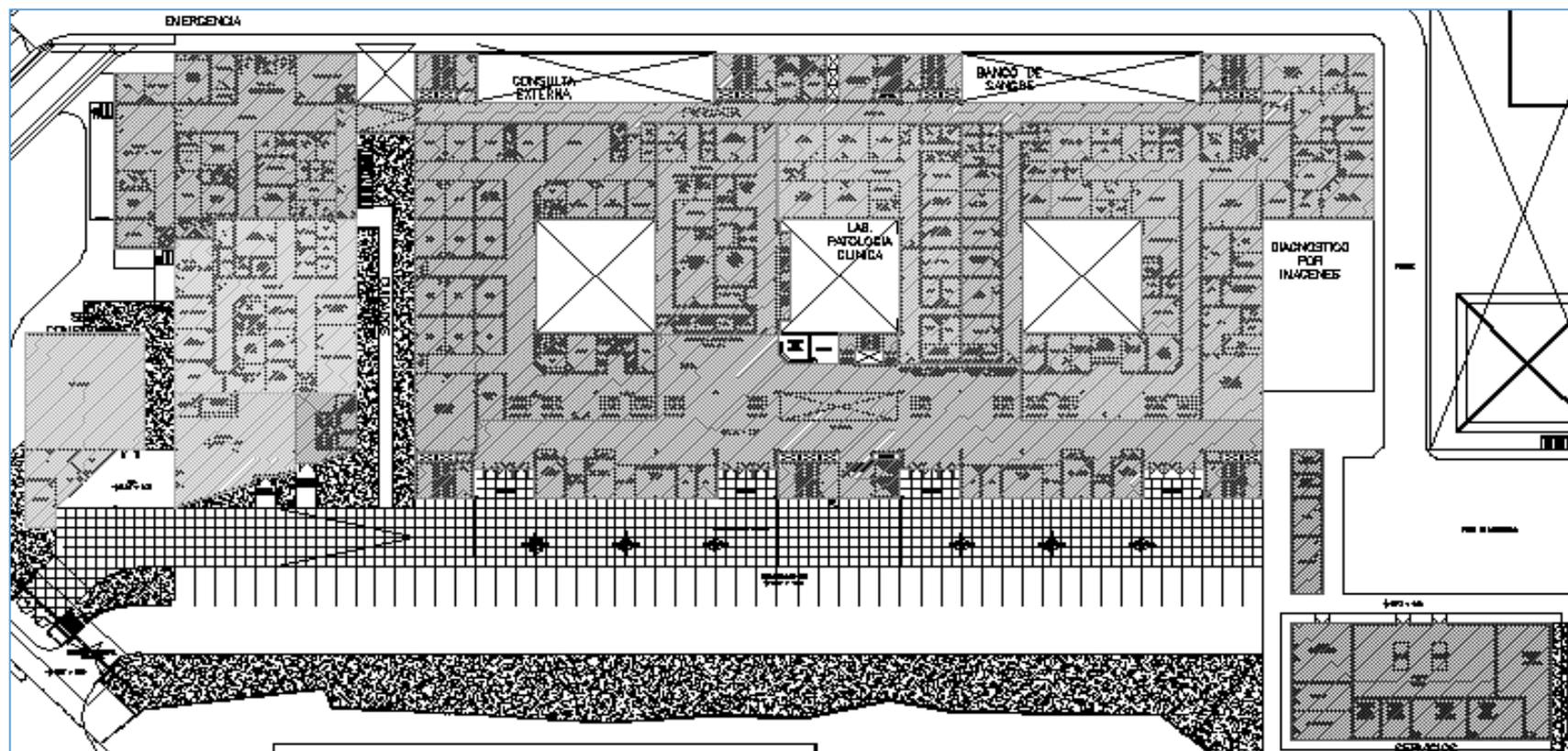


Figura N° 20
Nivel 02 – IREN

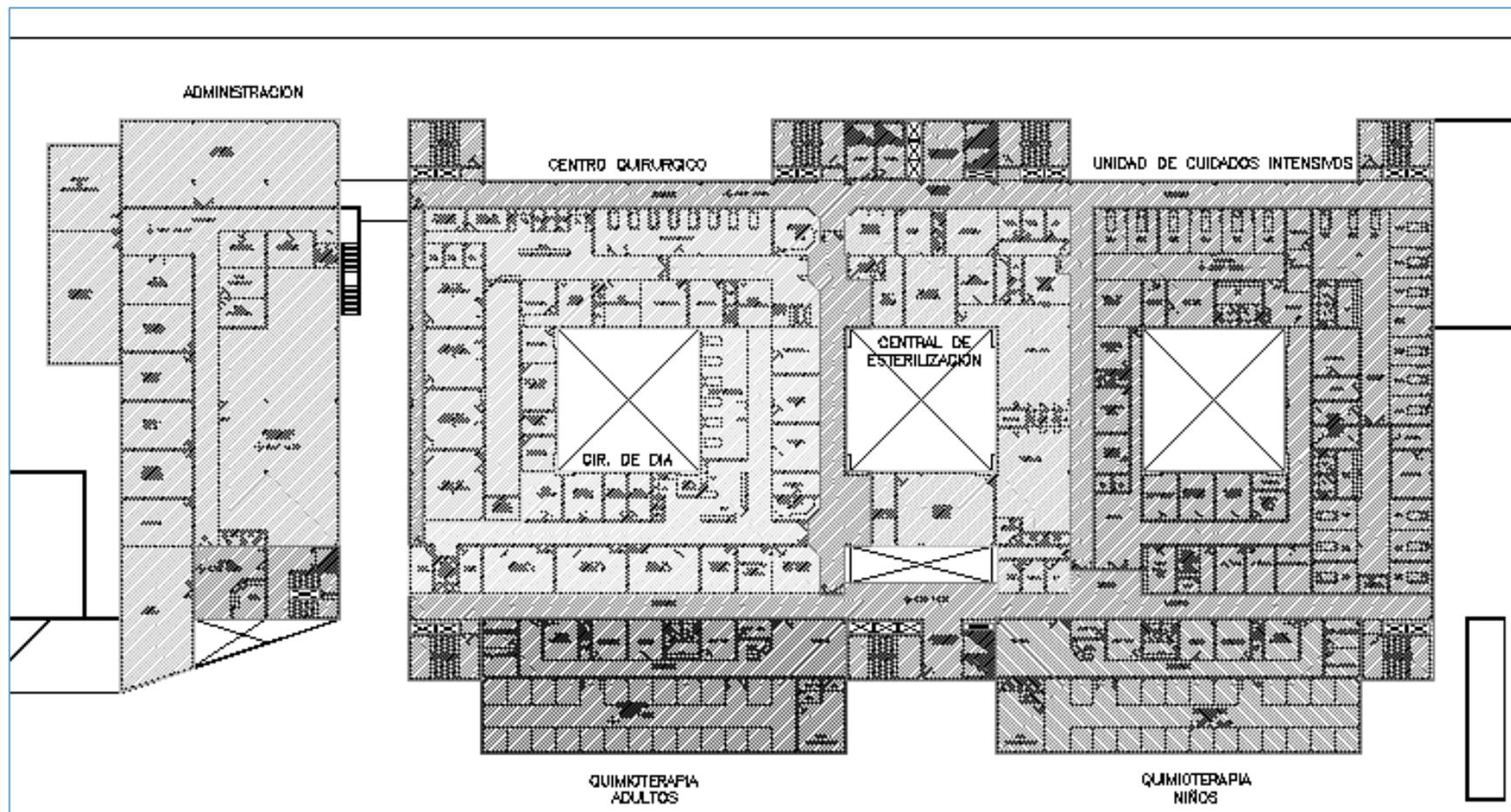
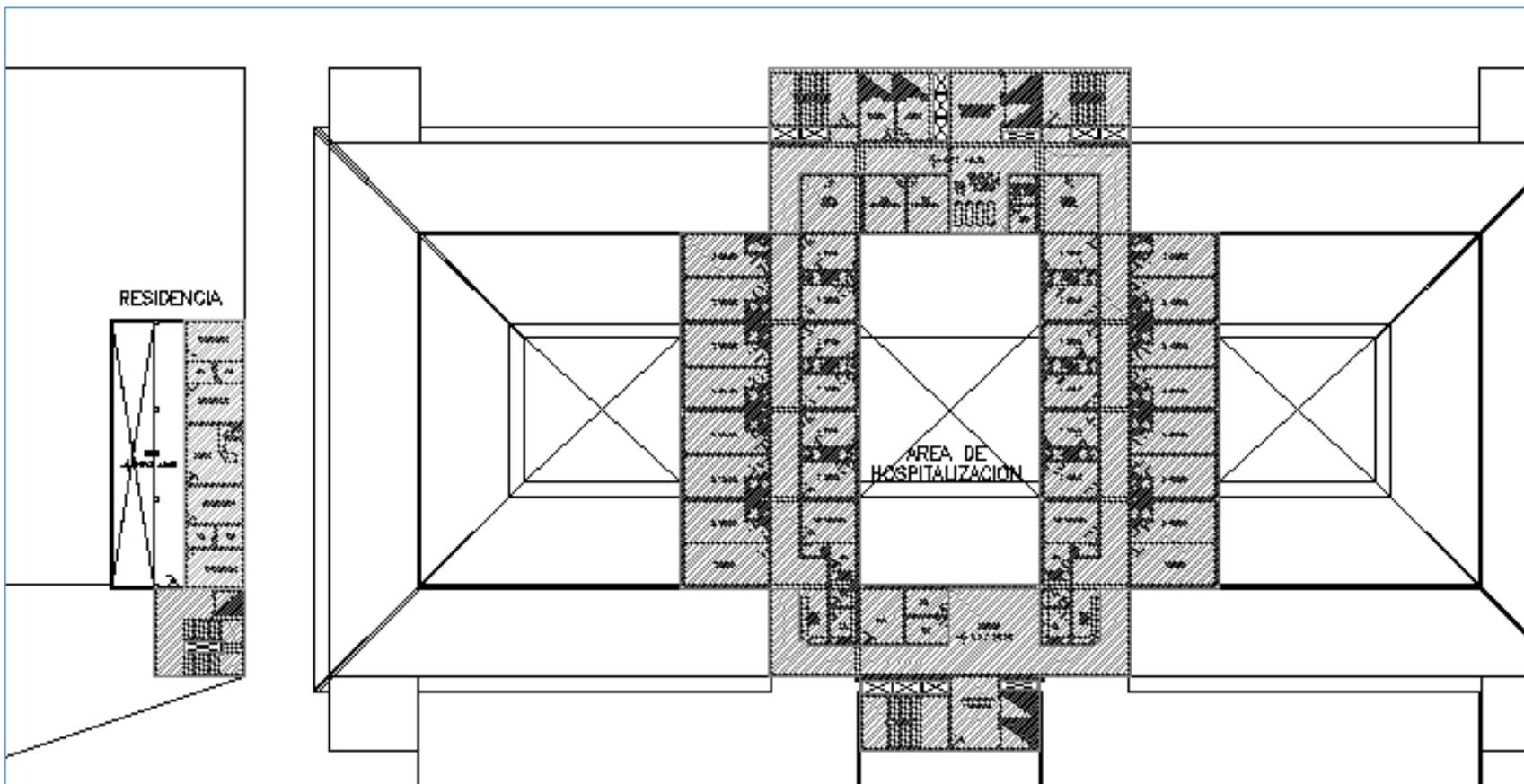


Figura N° 21
Nivel 03 – IREN



3.3. PARÁMETROS DE ZONA Y PERFIL DE SUELO

El distrito de Concepción y dentro de la Provincia de Concepción, se encuentra ubicado en la zona 3, de acuerdo al último mapa de zonificación sísmica del Perú de la Norma E030 con la modificatoria que entró en vigencia el 2016, que corresponde a una Sismicidad de media a alta.

Figura N° 22

Mapa Sísmico del Perú y sus valores



Las fuerzas sísmicas o cortantes se determinarán de acuerdo a la siguiente expresión del R.N.C.:

$$H = \frac{Z \times U \times S \times C \times P}{R_d}$$

Donde:

Z = Factor de zona.

U = Factor de uso de importancia.

S = Factor de suelo

C = Coeficiente sísmico

R_d = Factor de ductilidad

P = Peso de la edificación.

Para el presente caso el tipo de suelo de cimentación es II, con un factor de suelo S = 1.15 De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones vigente, se tiene además como antecedentes sísmicos registros en la zona que han ocurrido con magnitudes máxima de VII en la Escala de Mercalli modificada (M.M.) hasta la fecha.

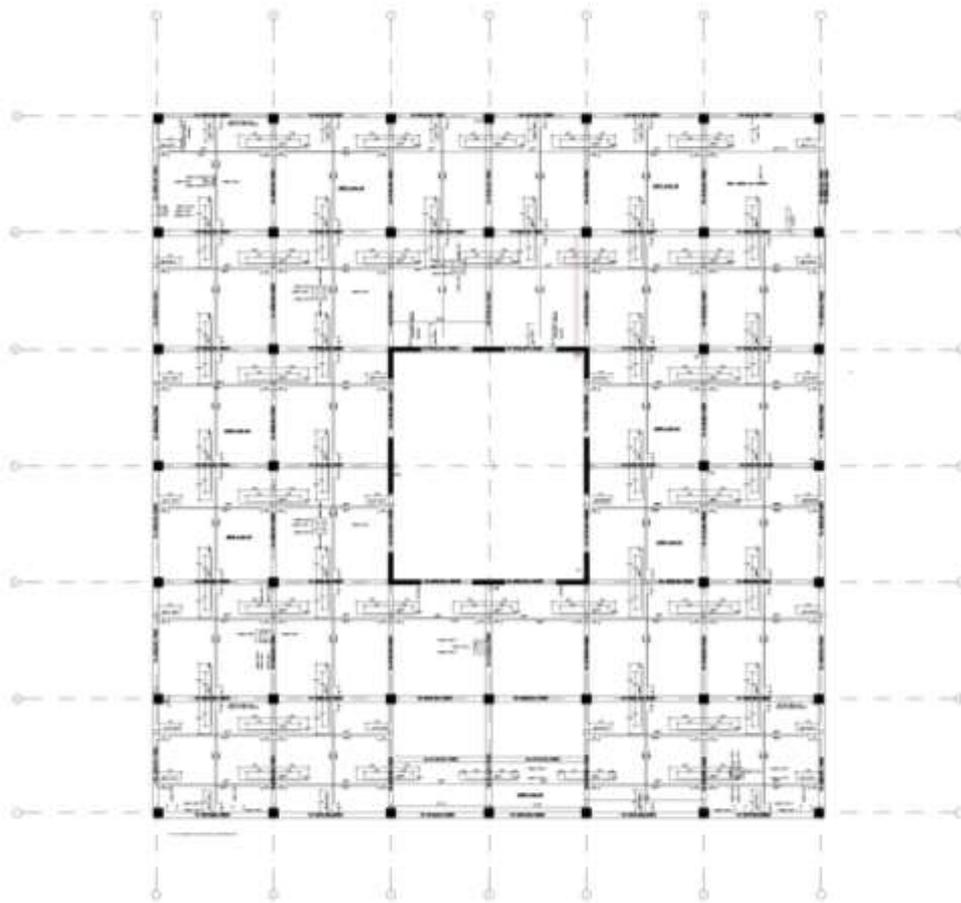
3.4. PRE DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Es recomendable que, para un buen diseño estructural, se tenga en cuenta un diseño uniforme en vigas, columnas y losas. Asimismo, la norma E030 vigente no permite en edificaciones esenciales, no permite o prohíbe las irregularidades en rigidez, discontinuidad de diafragma, pisos blandos, esquinas entrantes, etc. Por lo tanto, para el pre dimensionamiento de las secciones, se maneja un concepto de uniformidad estructural, es decir columnas y placas uniformes de las mismas secciones, así como losas continuas y vigas peraltadas de una sola sección.

Se debe señalar que, para un sistema de aislamiento, se considera que la edificación debe tener una losa de cimentación con vigas de amarre. Esto para lograr un empotramiento adecuado y evitar posibles asentamientos diferenciales, que podrían darse cuando se utiliza un sistema de cimentación a base de solamente zapatas. En el caso de un pequeño asentamiento de una zapata, puede variar los ángulos de desplazamientos de los dispositivos e incrementaría el riesgo.

Teniendo estas consideraciones, para la estructura del IREN se propone una losa de cimentación con vigas de amarre en el sótano de la edificación, así como las columnas de soporte para cada dispositivo. En la siguiente Figura se muestra el bloque a rediseñar y analizar su comportamiento con los dispositivos seleccionados.

Figura No 23
Bloque Estructural B3



Además, es necesario señalar que no se entró en el diseño detallado de la subestructura, puesto que para los análisis correspondientes con dispositivos aisladores en la base; sólo se tiene en cuenta a la estructura por encima del sistema de aisladores.

3.4.1. LOSA MACIZA EN EL NIVEL CERO

La estructura considera una base ficticia que soporta las cargas del primer nivel, distribuyendo uniformemente las cargas propias y vivas hacia los aisladores

sísmicos. Se debe considerar que la viga se integra con la base maciza y las placas de rigidez lateral con el objetivo de transmitir las fuerzas laterales en caso de sismo a los dispositivos elastoméricos.

Las vigas de amarre de las columnas en el primer nivel tendrán un peralte de:

$$p = \frac{l}{10} \quad \text{de donde} \quad p = \frac{7m}{10} = 0.7 \text{ m}$$

Para proporcionar rigidez lateral al sistema, la base de las vigas de amarre equivalen a:

$$b = \frac{2p}{3} = \frac{2(0.7m)}{3} = 0.50 \text{ m}$$

La losa maciza que es el primer nivel de la estructura superior tendrá un espesor mínimo de:

$$h = \frac{l}{40}, \quad \text{por tanto} \quad h = \frac{7.2 \text{ m}}{40} = 0.18 \text{ m}$$

Redondeando este valor h será:

$$h = 0.20 \text{ m}$$

3.4.2. COLUMNAS

Las columnas que soportan las cargas axiales, soportan cargas céntricas, excéntricas y esquinadas como se puede ver en el plano estructural. Los planos estructurales establecen que tanto ejes horizontales y laterales están modulados cada 7.2m de distancia, por tanto la mayor área tributaria corresponde a las columnas centrales con 52m², las excéntricas tiene un área tributaria de 26m² y las esquinadas tiene un área tributaria de 13m². Por tanto para determinar las áreas se recurre a las siguientes ecuaciones:

$$\text{Área Columna Central} = \frac{P(\text{Servicio})}{0.45 * f'c}$$

$$\text{Área Columna Exterior y Esquina} = \frac{P(\text{Servicio})}{0.35 * f'c}$$

Donde se debe considerar que la resistencia a compresión del concreto a usar, está establecido en el expediente en:

$$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

Para determinar el $P_{(\text{Servicio})}$ se tiene la siguiente ecuación:

$$P_{(\text{Servicio})} = \text{Peso} * \text{AreaTributaria} * N^{\circ}\text{Pisos}$$

Y para el peso aproximado se tomará el valor de 1.5 Ton/m², considerando que la edificación es de Categoría A.

Cuadro N° 5
Cargas Axiales en las columnas $P_{(\text{Servicio})}$

Columna	Peso Aprox. Tn/m	Área Tributaria m ²	Pisos	$P_{(\text{Servicio})}$
Céntrica	1.5	52	4	312
Excéntrica	1.5	26	4	156
Esquinada	1.5	13	3	58.5

Fuente: Elaboración Propia

Con estos valores se tiene las áreas de columna, tomándose la más desventajosa, es decir la columna céntrica, por tanto se propone una columna de $A = 60 \times 60 \text{ cm}^2$.

Cuadro N° 6
Cargas Axiales en las columnas $P_{(\text{Servicio})}$

Columna	$P_{(\text{Servicio})}$	$f'c$ =280 kg/cm ²	$f'c=210$ kg/cm ²	Factor	Área Columna $f'c = 280$	Área Columna $f'c=210$
Céntrica	312000	280	210	0.45	2476.19	3301.59
Excéntrica	156000	280	210	0.35	1591.84	2122.45
Esquinada	58500	280	210	0.35	596.94	795.92

Fuente: Elaboración Propia

Placas estructurales

Para optimizar la rigidez lateral de la estructura del BLOQUE B3, se considera el uso de placas estructurales, las placas se disponen en los ejes de columnas donde se presenta un vacío de losa como puede observarse en la Figura 5.9. Por tanto se propone un espesor de estas placas en ambos sentidos de:

$$e = 0.30 \text{ m.}$$

Vigas

Las vigas que soportan a las losas, tienen un peralte de:

$$p = \frac{l}{10} = \frac{6.45 \text{ m}}{10} = 0.65 \text{ m}$$

Mientras que la base tendrá un equivalente a

$$b = \frac{p}{2} = \frac{0.64 \text{ m}}{2} = 0.32 \text{ m}$$

Losas Aligeradas

Las losas aligeradas, tienen una luz entre las columnas predimensionados de $60 \times 60 \text{ cm}^2$, por tanto el espesor calculado es:

$$e = \frac{l}{25} = p = \frac{6.45 \text{ m}}{25} = 0.25 \text{ m}$$

Por lo tanto se considera:

$$e = 0.25 \text{ m.}$$

3.5. METRADO DE CARGAS PROPIAS

Para este ítem se tiene en cuenta los pesos unitarios establecidos en la norma E020 correspondiente al concreto armado para la losa maciza, vigas y columnas, cuyo peso específicos es 2400 kgf/m^3 . Mientras que para las losas aligeradas, se tienen un espesor $e=0.25\text{m}$. con un peso unitario establecido igual a 350kgf/m^2 . En las losas aligeradas se va a tomar un espesor adicional de $e=0.05\text{m}$, por acabados de piso. Los acabados para piso está contemplado en la norma E020 con un peso unitario equivalente a 2000 kgf/m^3 siendo el equivalente en cinco centímetros a 100kgf/m^2 .

Cuadro Nº 7
Cargas de Losa Maciza y Losas Aligeradas

Elemento Estructural- Losas	Nivel	Largo L (m)	Ancho L (m)	Vacio en L (m)	Vacio en A (m)	Espesor altura	Peso U. Tnf/m ³	Peso Tnf
Losa Maciza	0	41.1	45.3	11.7	14.1	0.2	2.4	814.49
Losa Aligerada e=025	1	41.1	45.3	11.7	14.1		0.35	593.90
Losa Aligerada e=025	2	41.1	45.3	11.7	14.1		0.35	593.90
Losa Aligerada e=025	3	41.1	45.3	11.7	14.1		0.35	593.90
Losa Aligerada e=025	4	41.1	45.3	11.7	14.1		0.35	593.90
Acabado por nivel (5 cm x 4)	4 Niveles	41.1	45.3	11.7	14.1	0.2	2	678.74
							Total	3868.84

Cuadro Nº 8
Vigas en losa Maciza y Losas Aligeradas

Elemento Estructural- Vigas	Ejes de columnas	Nivel	Σ Vigas en X (m)	Σ Vigas en Y (m)	Peralte (m)	Base (m)	#Veces	Nro de Pisos	Peso U. Tnf/m ³	Peso Tnf
Vigas en Losa Maciza	(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)	0	36.9		0.7	0.5	7	1	2.4	216.97
Vigas en Losa Maciza	(C)(D)(E)(F)(G)(H)(I)	0		39.3	0.7	0.5	7	1	2.4	231.08
Vigas en Losa Aligerada	(1)(2)(3)(5)(6)(7)	(1)(2)(3)(4)	36.9		0.7	0.3	6	4	2.4	446.34
Vigas en Losa Aligerada	(C)(D)(E)(G)(H)(I)	(1)(2)(3)(4)		39.3	0.7	0.3	6	4	2.4	475.37
Vigas en Losa Aligerada	SOLO (4) EN X	(1)(2)(3)(4)	26.1		0.7	0.3	1	4	2.4	52.62
Vigas en Losa Aligerada	SOLO (F) EN Y	(1)(2)(3)(4)		25.7	0.7	0.3	1	4	2.4	38.86
									Total	1461.25

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro Nº 9
Cargas de las Columnas

Elemento Estructural-Columnas	# Columnas	Largo L (m)	Ancho L (m)	Altura (m)	Peso U. Tnf/m ³	Peso en Tnf
Nivel 1	40	0.6	0.6	4.2	2.4	145.15
Nivel 2	40	0.6	0.6	4.2	2.4	145.15
Nivel 3	40	0.6	0.6	3.8	2.4	131.33
Nivel 4	36	0.6	0.6	3.8	2.4	118.20
Total						539.83

Cuadro Nº 10
Cargas de las Placas

Elemento Estructural-Placas	#Veces	Σ Suma Placas	Ancho L (m)	Altura	Peso U. Tnf/m ³	Peso en Tnf
Nivel (1)(2) EN X	2	6	0.3	4.2	2.4	36.29
Nivel (1)(2) EN Y	2	6.9	0.3	4.2	2.4	41.73
Nivel (3)(4) EN X	2	6	0.3	3.8	2.4	32.83
Nivel (3)(4) EN Y	2	6.9	0.3	3.8	2.4	37.76
Total						148.61

Cuadro Nº 11
Cargas de la Tabiquería

Elemento Tabiquería	Nivel	Largo L (m)	Ancho L (m)	Vacío en L (m)	Vacío en A (m)	Peso U. Tnf/m ³	Peso en Tnf
Tabiques	1	41.1	45.3	11.7	14.1	0.1	169.69
Tabiques	2	41.1	45.3	11.7	14.1	0.1	169.69
Tabiques	3	41.1	45.3	11.7	14.1	0.1	169.69
Tabiques	4	41.1	45.3	11.7	14.1	0.1	169.69
Total							678.74

Respecto a los tabiques se tiene un peso establecido un peso igual a 100kgf/m^2 . según la Norma E.020, la tabiquería se considera como elementos removibles, livianos y de altura a nivel de cielo raso.

Con estos metrados de carga, se va a establecer la siguiente Cuadro de resumen, con el objetivo de obtener el peso de la edificación.

Cuadro N° 12
Cuadro Resumen de Cargas Muertas

Elemento Estructural	Peso en Tnf
Losas Maciza y Aligeradas	3868.84
Vigas en losa Maciza y Losas Aligeradas	1461.25
Columnas - 4 niveles	539.83
Placas	148.61
Tabiquería	678.74
Total	6697.27

3.6. METRADO DE CARGAS VIVAS

Para el metrado de cargas vivas se tiene presente que de acuerdo al uso del espacio, estas son variables. Sin embargo considerando que la estructura debe someterse a un mayor esfuerzo, se ha establecido el tope de 400kgf/m^2 como la carga a soportar en los niveles principales (la carga es para corredores y escaleras), mientras que para los techos inclinados se ha tenido en cuenta el valor de carga en 100kgf/m^2 . Ambas cargas se encuentran normados en la norma E.020 donde se refiere a las cargas mínimas repartidas.

Cuadro N° 13
Cargas Vivas en Losas y Techo en el BLOQUE B3

Soporte	Nivel	Largo L (m)	Ancho L (m)	Vacío en L (m)	Vacío en A (m)	Peso U. Tnf/m ²	Peso en Tnf
Losa Maciza	1	41.1	45.3	11.7	14.1	0.4	678.74
Losa Aligerada	2	41.1	45.3	11.7	14.1	0.4	678.74
Losa Aligerada	3	41.1	45.3	11.7	14.1	0.4	678.74
Losa Aligerada	4	41.1	45.3	11.7	14.1	0.4	678.74
Techo		41.1	45.3	11.7	14.1	0.1	169.69
						Total	2714.98

3.7. COMBINACIÓN DE CARGAS Y FACTOR DE AMPLIFICACIÓN

Para el diseño de los dispositivos de aislamiento sísmico, se debe considerar que estos no solo soportan las cargas vivas y muertas, sino que también en el sismo soportaran cargas sísmicas. Por tanto para su diseño es necesario considerar estas tres cargas y aún más considerar un factor de seguridad, denominado como factor de amplificación.

La ampliación de cargas está contemplada en la Norma Peruana E.0.20, donde se indica que se pueden usar las siguientes combinaciones: de carga para Diseño en Concreto Armado:

$$U1 = 1.4D + 1.7L$$

$$U2 = 1.25 (D + L) \pm E$$

$$U3 = 0.9D \pm E$$

Donde se tiene que:

D = Cargas Estructurales

L = Cargas Vivas

E = Cargas sísmicas

En las normas internacionales, también se consideran estas combinaciones de cargas, siendo la más adaptable a la Norma peruana la

combinación de cargas para diseños a resistencia y esfuerzo admisible que se encuentra en la norma UBC denominada “Special Seismic Load Combinations” en la Sección 1612.4. Y está dado por la siguiente ecuación:

$$1.2 D + f_1 L + 1.0 E_m$$

Donde se tiene:

D = Cargas Muertas

L = Cargas Vivas

f_1 = Factor 1.0 para cargas superiores a 490 Kg/m²

f_1 = Factor 0.5 para cargas menores a 490 Kg/m²

E_m = Máxima carga sísmica que puede afectar a la estructura en un Sismo.

Y la Máxima carga está dado por:

$$E_m = \Omega_o E_h$$

Donde se tiene:

Ω_o = Factor de amplificación Sísmica

E_h = Carga sísmica debido a la fuerza cortante V

Además V se puede hallar mediante la ecuación simplificada de la norma UBC de la sección 1630.2.3 “Simplified design base shear” y está dado por:

$$V = \frac{3.0 C_a}{R} W$$

Donde se tiene:

C_a = Coeficiente Sísmico

R = Coeficiente de Configuración estructural

W = Peso de la Edificación

Hallando entonces los respectivos valores para cada ítem se tiene que:

$$V = \frac{3.0 C_a}{R} W$$

En la Cuadro 16-Q- Seismic Coefficient C_a se tiene establecido el valor para $Z = 0.3$ y S_c (Perfil de suelo intermedio).

Donde se tiene:

$$C_a = 0.33$$

$$R = 8.5 \text{ (Sistema dual: pórticos y placas) (Ver Cuadro 16-N - UBC)}$$

$$W = 6697.27 \text{ Tnf}$$

$$V = \frac{3.0(0.33)}{(8.5)} (6697.27 \text{ Tnf})$$

$$V = 780.03 \text{ Tnf}$$

Hallando

$$E_m = \Omega_o E_h$$

Donde se tiene:

$$\Omega_o = 2.8 \text{ (Ver Cuadro 16-N - UBC - Structural Systems)}$$

$$E_h = 780.03 \text{ Tnf}$$

$$E_m = 2.8 (780.03 \text{ Tnf})$$

$$E_m = 2184.09 \text{ Tnf}$$

Con lo cual se puede determinar el peso de la estructura, con la combinación de cargas según la UBC-97:

$$U = 1.2 D + f_1 L + 1.0 E_m$$

$$U = 1.2 (6697.27 \text{ Tnf}) + (0.5) (2714.98) \text{ Tnf} + 2184.09 \text{ Tnf}$$

$$U = 1.2 (6697.27 \text{ Tnf}) + (0.5) (2714.98) \text{ Tnf} + 2184.09 \text{ Tnf}$$

$$U = 8036.72 \text{ Tnf} + 1357.49 \text{ Tnf} + 2184.09 \text{ Tnf}$$

$$U = 11578,30 \text{ Tnf}$$

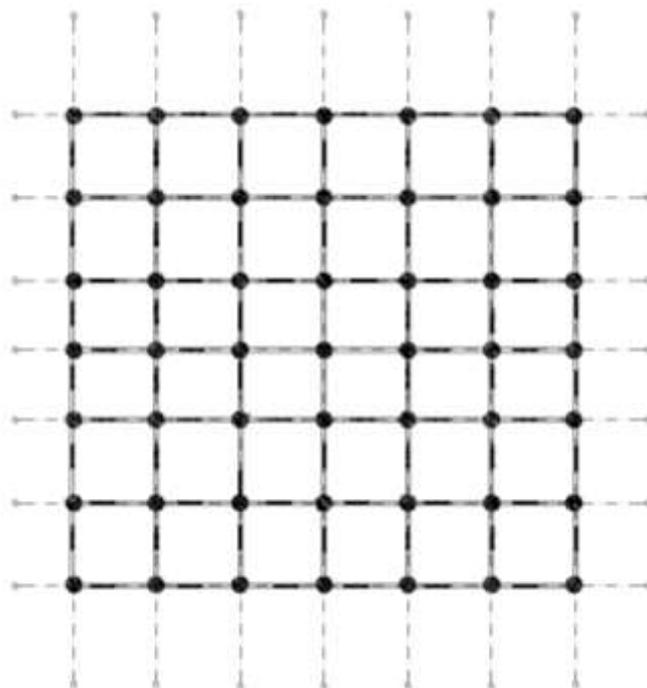
CAPITULO IV

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS

El diseño de los dispositivos aisladores, requiere inicialmente el valor de las cargas axiales obtenidas; teniendo en cuenta que estas cargas son las cargas muertas, cargas vivas y la fuerza cortante por Sismo. Todas estas cargas se distribuyen uniformemente en la losa maciza, por lo cual se busca establecer inicialmente la rigidez total del sistema de aisladores.

Figura N° 24

BLOQUE B3 con el sistema de aisladores a nivel de Sótano



Se aprecia en la **Figura N° 24**, que los aisladores se encuentran bajo las columnas, soportando las cargas axiales estimadas anteriormente, siendo los aisladores bajo las columnas céntricas quienes soportan mayor carga, por tanto el diseño del dispositivo se realiza en función al dispositivo en situación desventajosa. Se aprecia además que, la estructura es regular con siete ejes en ambas direcciones, por tanto se tiene 49 aisladores, en una estructura geoméricamente regular. Las distancias entre ejes es de $D_{ejes}=7.20m$, mientras que la longitud en la dirección X es de $D_x=41.10m$ y la distancia en Y es de $D_y=43.50m$. Por lo que la planta tiene un área de $AreaB3=1787.85 m^2$.

Recordando los valores $Z = 0.3$ y S_C (Perfil de suelo intermedio). Con estos valores se procede a determinar la rigidez compuesta del sistema.

4.1. RIGIDEZ COMPUESTA DEL SISTEMA

La rigidez horizontal total del sistema de aislación de la Estructura, se halla mediante la siguiente ecuación:

$$K_{H\ TOTAL} = \frac{4\pi^2 W}{T_d^2 g}$$

Donde:

$K_{H\ TOTAL}$ = Rigidez total del sistema.

W = Peso total de la estructura

T_d = Periodo objetivo. (2.5)

g = $9,81m/s^2$ Aceleración de la gravedad.

Se debe señalar que el periodo objetivo T_d es aquel que se busca o es el periodo deseado. Con esto se quiere decir, que el sistema la rigidez compuesta está determinada para un periodo mayor al periodo de la edificación.

Reemplazando los valores del BLOQUE B3

$W = 11578,30 \text{ Tnf}$

$T_d = 2.5 \text{ segundos}$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

$$K_{H\ TOTAL} = \frac{4\pi^2 W}{T_d^2 g} = \frac{4\pi^2(11578.30)tnf}{(2.5s)^2 \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)}$$

$$K_{H\,TOTAL} = 7455.13 \text{ tnf/m}$$

$$K_{H\,TOTAL} = 73.11 \frac{MN}{m}$$

La rigidez total afecta del sistema es para todos los dispositivos, por tanto determinando la rigidez individual se tiene:

$$K_H = \frac{7445.13}{49} \text{ tnf/m} = 151.94 \text{ tnf/m}$$

$$K_H = 1.49 \frac{MN}{m}$$

4.2. DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO DEL SISTEMA

Para determinar el mínimo desplazamiento de diseño del sistema de aislamiento se tiene la siguiente ecuación:

$$D_D = \frac{gC_vT_d}{4\pi^2B_D}$$

Donde se tiene que:

C_v = Coeficiente sísmico establecido (**Cuadro 16-R - UBC 97**)

g = $9,81m/s^2$ Aceleración de la gravedad.

T_d = Periodo objetivo.

B_D = Amortiguamiento compuesto de 10% (**Cuadro A-16-C - UBC 97**)

Cuadro N° 14

Coeficiente sísmico C_v - Cuadro 16-R - UBC 97

Perfil Suelo	Coeficiente Sismico Cv
	Z = 0.3
S_A	0.24
S_B	0.30
S_C	0.45
S_D	0.54
S_E	0.84
S_F	Determinar mediante estudio Geotécnico

Cuadro N° 15

Coeficiente de Amortiguamiento B_D y B_M - Cuadro A-16-C - UBC 97

Amortiguamiento Efectivo (Porcentaje crítico)	Factor B_D y B_M
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
≥ 50	2.0

Tomando los valores:

$$g = 9,81m/s^2$$

$$C_v = 0.45 \text{ para un perfil de Suelo } S_C \text{ (Intermedio)}$$

$$T_d = 2.5 \text{ segundos (Periodo deseado)}$$

$$B_D = 1.2$$

De donde se obtiene, el desplazamiento de diseño:

$$D_D = \frac{gC_vT_d}{4\pi^2B_D} = \frac{(9.81)(0.54)(2.5)}{4\pi^2(1.2)} = 0.2329 \text{ m}$$

4.3. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO

Este desplazamiento Máximo se calcula considerando la mayor intensidad posible de un terremoto para la zona y perfil de suelo establecido. Se asume que el coeficiente de amortiguamiento efectivo B_D es equivalente a un 10% (lo máximo que podría alcanzar en un evento sísmico, en las pruebas de laboratorio este valor toma hasta un 30%), y un coeficiente sísmico C_{VM} establecido en la UBC 97. Por tanto para el desplazamiento máximo se tiene:

$$D_M = \frac{gC_{VM}T_M}{4\pi^2B_M}$$

Donde:

C_{VM} = Coeficiente sísmico establecido en la **Cuadro A-16-G - UBC 97**

g = Aceleración de la gravedad.

T_d = Periodo efectivo en el máximo desplazamiento. Máximo 3 s

B_D = Amortiguamiento compuesto de 10% **Cuadro A-16- UBC 97**

Cuadro No 16

Coefficiente sísmico C_{VM} - Cuadro A-16-G - UBC 97

Perfil Suelo	Coeficiente Sismico Cv
	$M_M Z N_V Z = 0.3$
S_A	0.24
S_B	0.30
S_C	0.45
S_D	0.54
S_E	0.84
S_F	Determinar mediante estudio Geotécnico

Reemplazando valores:

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2.$$

$$C_{VM} = 0.45 \text{ para un perfil de Suelo } S_C$$

$$T_d = 3 \text{ segundos}$$

$$B_M = 1.2$$

Se obtiene:

$$D_M = \frac{g C_{VM} T_M}{4\pi^2 B_M} = \frac{(9.81)(0.45)(3)}{4\pi^2(1.2)} = 0.2795 \text{ m}$$

4.4. SELECCIÓN Y DISEÑO DEL DISPOSITIVO

En vista que la estructura es de pocos niveles y las cargas estructurales no son exageradas, además en vista que la rigidez para cada dispositivo es de $1.49 \frac{MN}{m}$ se opta por un dispositivo de alto amortiguamiento HDRB (High Damping Rubber Bearing), pues cumple ampliamente con proporcionar la rigidez requerida.

Primero se va a determinar la altura aproximada del dispositivo, para lo cual se sabe que el desplazamiento horizontal D mantiene una relación con la

deformación de corte directa Υ del aislador (el material es el caucho sintético), y esta relación se puede expresar mediante:

$$\Upsilon = \frac{D}{t_r}$$

Donde:

D = Desplazamiento de diseño

Υ = Deformación de corte (1.5 incrementado en un 150%)

t_r = Altura del componente sintético

De donde se obtiene

$$t_r = \frac{D}{\Upsilon} = \frac{0.2329 \text{ m}}{1.5} = 0.155 \text{ m}$$

Teniendo la altura del caucho sintético y la rigidez necesaria o mínima para el sistema de aislamiento, se va a proceder a hallar el Área del dispositivo, para lo cual se tiene la propiedad que relaciona la capacidad de amortiguamiento del dispositivo con su altura y área. Por tanto:

$$K_H = \frac{G \cdot A}{t_r}$$

Despejando $A = \frac{K_H t_r}{G}$

Donde los valores son:

K_H = Rigidez Horizontal del dispositivo elastomérico

$G = 0.620 \text{ N/mm}^2$ (X 0.6R) para HDR (Establecido en Laboratorio)

A = Área de la sección del dispositivo (del caucho)

t_r = Altura del Dispositivo (Sólo caucho)

Reemplazando:

$$A = \frac{K_H t_r}{G} = \frac{(151,94 \text{ tnf/m}) 0.155 \text{ m}}{0.620 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$A = \frac{(0.15194 \text{ kgf} \times 10^6) 0.155}{0.620 \frac{\text{N}}{\text{m}^2 10^{-6}}}$$

$$A = \frac{(0.15194) (9.8 \text{ N}) 0.155 \text{ m}^2}{0.620 \text{ N}}$$

$$A = 0,372 \text{ m}^2$$

Con esta área del elastómero, es necesario determinar el diámetro del dispositivo. Por tanto, se tiene que:

$$D_{dispositivo} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(0.372 \text{ m}^2)}{\pi}}$$

$$D_{dispositivo} = 0.68 \text{ m}$$

Este diámetro obtenido para fines comerciales y considerando que se deben tener en cuenta factores de seguridad, debe de ser el mínimo pudiendo ser mayores al establecido.

4.5. RIGIDEZ Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL DISPOSITIVO

Con la altura y el diámetro estimado del dispositivo, se tiene en cuenta que se puede calcular la rigidez que aporta cada dispositivo, cuando está soportando la máxima carga axial. Es decir la rigidez, en las zonas céntricas donde la columna transmite al dispositivo las cargas que recibe de las áreas tributarias. Asimismo, es necesario determinar la presión en cada dispositivo como producto de las cargas axiales.

Por lo que primero se debe determinar, la carga máxima total que soporta cada dispositivo:

$$Carga \text{ Axial } Máxima = \frac{W \times A_{tributaria}}{A_{total}}$$

$$Carga \text{ Axial } Máxima = \frac{11578.30 \text{ Tnf} \times 52 \text{ m}^2}{1787.85 \text{ m}^2}$$

$$Carga \text{ Axial } Máxima = 336.76 \text{ Tnf}$$

Considerando que el dispositivo, cuenta con una altura ($t_r = 0.155\text{m}$), área del dispositivo ($0,372 \text{ m}^2$) y módulo de corte definido para el HDRB (0.620 N/mm^2). Se tiene que:

$$K_H = \frac{G \cdot A}{t_r} = \frac{0.620 \frac{MN}{m} \times 0.372 \text{ m}^2}{0.155 \text{ m}} = 1.488 \frac{MN}{m}$$

Por tanto, se puede verificar que la rigidez obtenida, con el pre dimensionamiento del dispositivo es adecuada y similar al obtenido en el Item 5.1 del presente capítulo.

En lo que respecta a la resistencia a compresión, se tiene que el dispositivo tiene que soportar

$$p^c = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{336.76 \text{ tnf}(9,81\text{m/s}^2)(0.00102)}{0.372 \text{ m}^2}$$

$$p^c = 9.06 \text{ Mpa}$$

Donde 0.00102 es el factor de conversión a Mega Pascales

4.6. RIGIDEZ COMPUESTA DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO

La rigidez compuesta del sistema de aislación, está dado por la suma de todas las rigideces por tanto se tiene que:

$$K_{H \text{ TOTAL}} = (n) K_H$$

$$K_{H \text{ TOTAL}} = (49) 1.488 \frac{MN}{m}$$

$$K_{H \text{ TOTAL}} = 72.9 \frac{MN}{m}$$

4.7. FRECUENCIA Y PERIODO NATURAL DEL SISTEMA

La rigidez efectiva del sistema de aislación y el peso de la edificación determinan la frecuencia natural del sistema de protección sísmica, y esta frecuencia se puede hallar mediante la siguiente ecuación:

$$\omega = \sqrt{\frac{K_{eff}(g)}{W}}$$

Donde:

ω = Frecuencia natural del sistema

K_{eff} = Rigidez efectiva

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Tomando los valores para la sección A:

$$K_{eff} = 72.9 \frac{MN}{m}$$

$$W = 11578.30 \text{ tnf}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{72.9 \frac{MN}{m} (9.8 \frac{m}{s^2})}{11578.30 \text{ tnf}}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{72.9 \frac{(102 \text{ tnf})}{m} (9.8 \frac{m}{s^2})}{11578.30 \text{ tnf}}}$$

$$\omega = \sqrt{6,3} \frac{rad}{s} = 2.51 \frac{rad}{s}$$

Por tanto, se procede a determinar el nuevo periodo con estos datos:

$$T_d = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$T_d = 2,5 \text{ s}$$

Se ha comprobado por tanto que el nuevo periodo obtenido T_d , no sobrepasa el valor de 3.

4.8. DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO PARA COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO ALTO

Para hallar este valor, es necesario incrementar el valor del amortiguamiento tomado inicialmente como el coeficiente $B_D = 10\%$. El amortiguamiento efectivo se incrementa para acercarse a un valor real, o acercarse a un valor promedio obtenido en el laboratorio.

En la Cuadro **Cuadro A-16-C - UBC 97**, se obtiene promediando los valores de 1,5 y 1.7 obteniendo un coeficiente de amortiguamiento efectivo para $B_D = 1,35$. DE donde el nuevo desplazamiento de diseño, con el nuevo periodo y el nuevo coeficiente de amortiguamiento, está dado por:

$$D_D = \frac{g C_v T_d}{4\pi^2 B_D}$$

Donde:

C_v = Coeficiente sísmico **Cuadro 16-R - UBC 97**

g = Aceleración de la gravedad.

T_d = Nuevo Periodo obtenido.

B_D = Coeficiente de Amortiguamiento a 15%. **Cuadro A-16-C-UBC 97**

Tomando valores:

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2.$$

$$C_v = 0.45 \text{ para un perfil de Suelo } S_c$$

$$T_d = 2.5 \text{ segundos}$$

$$B_D = 1.35 \text{ (Promedio de 1.5 y 1.2)}$$

Se obtiene el nuevo desplazamiento de diseño:

$$D_D = \frac{g C_v T_d}{4\pi^2 B_D} = \frac{(9.8)(0.45)(2.5)}{4\pi^2(1.35)} = 0.21 \text{ m}$$

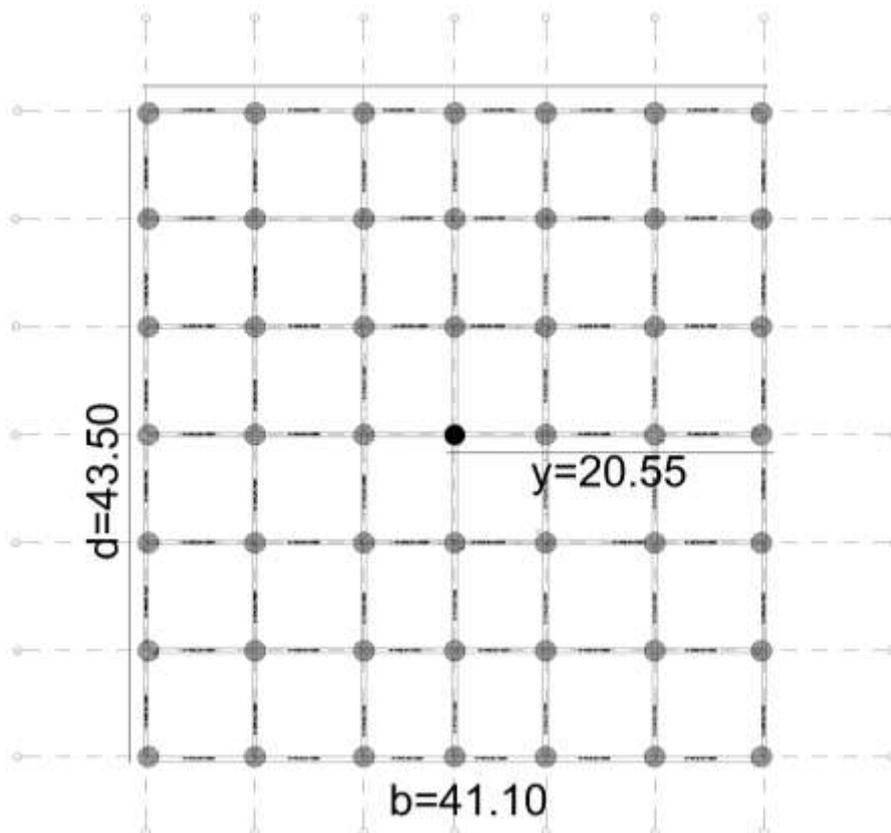
4.9. Desplazamiento por torsión

Es necesario determinar además del desplazamiento de diseño, el desplazamiento de diseño incluido el efecto de torsión en los dispositivos de asilamiento sísmico. El desplazamiento de diseño incluido el efecto torsional obtenido, se obtiene mediante:

$$D_T = D_D \left(1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right)$$

Figura N° 25

Medidas del BLOQUE B3



Del gráfico se puede observar que:

D_D = Desplazamiento de diseño con amortiguamiento efectivo

y = Centro de masa en X ,

b = Largo de la edificación

d = Ancho de la edificación

e = Excentricidad equivalente a 0.05 del lado más largo.

$e = 0.05 (43.5) = 2.175$

Tomando los valores de la **Figura N° 5.1**, se obtiene:

$$D_T = 0.21 \left(1 + 21.75 \frac{12(2.175)}{41.10^2 + 43.50^2} \right)$$

$$D_T = 0.21 \left(1 + \frac{536.355}{3581.46} \right)$$

$$D_T = 0.21 (1.15) = 0.24 \text{ m}$$

El valor obtenido de 1.15, cumple con la norma UBC 97, que dice que D_T no puede ser menor a 1.1 D_D .

El valor de D_T obtenido debe de ser ajustado mediante el cálculo de centro de rigidez torsional, por tanto se debe utilizar los valores individuales de rigidez de cada dispositivo (en este caso es $1.488 \frac{MN}{m}$) mediante:

$$K_\theta = \sum_{i=1}^n k_i^H (x_i^2 + y_i^2)$$

Hallando K_θ para la edificación:

$$\begin{aligned} K_\theta = & 1.488[2(20.4^2) + 4(20.40^2 + 7.2^2) + 4(20.40^2 + 14.40^2) \\ & + 4(20.40^2 + 21.6^2) + 2(13.20^2) + 4(13.20^2 + 7.2^2) \\ & + 4(13.20^2 + 14.40^2) + 4(13.20^2 + 21.60^2) + 2(6^2) \\ & + 4(6^2 + 7.20^2) + 4(6^2 + 14.40^2) + 4(6^2 + 21.60^2) + 2(7.2^2) \\ & + 2(14.40^2) + 2(21.60^2)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_\theta = & 1.488[832.32 + 1872 + 2494.08 + 3530.88 + 348.48 + 904.32 + \\ & 1526.40 + 2563.20 + 72 + 351.36 + 973.44 + 2010.24 + 103.68 + \\ & 414.72 + 933.12] \end{aligned}$$

$$K_\theta = 1.488[18930.22]$$

$$K_{\theta} = 28168.10 \text{ MN m}$$

Está establecido que el momento de torsión está dado por:

$$M = (K_H D_D) e$$

De donde, se tiene que el desplazamiento adicional por el efecto de torsión se calcula por la ecuación:

$$\theta = \frac{K_H D_D e}{K_{\theta}} y$$

Donde los valores correspondientes son:

K_H = Rigidez efectiva del sistema

D_D = Desplazamiento de diseño

K_{θ} = Rigidez torsional

y = Distancia del Centro de masa en el lado más largo,

e = Coeficiente de Excentricidad (0.05) del lado más largo.

Reemplazando:

$$\theta = \frac{(73.11)(0.21)(2.175)(21.75)}{28168.10} = 0.026 \text{ m}$$

Por tanto el valor de D_T incluido la torsión es:

$$D_T = 0.21\text{m} + 0.026\text{m} = 0.24 \text{ m}$$

Comparando los valores obtenidos el desplazamiento de diseño más el efecto de torsión es equivalente al desplazamiento total D_T obtenida anteriormente.

4.10. MÍNIMA FUERZA CORTANTE Y COEFICIENTE DE CORTE

Todo sistema aislado debe ser diseñada y construida para soportar una carga de fuerza sísmica cortante V_S , y esta fuerza se halla mediante:

$$V_S = \frac{K_H D}{R_{WI}}$$

Donde el factor de reducción está dado por:

R_{WI} = Factor de reducción para sistemas aislados

Cuadro A-16-E -UBC

Cuadro N° 17
Structural System Above the Isolation Interface

Basic Structural Systems	Factor
	R_{WI}
1.- Bearin Wall Systems	1.6 – 2.0
2.- Buliding Frame Systems	1.6 – 2.0
3.- Moment-resisting frame Systems	2.0
4.- Dual System	2.0
5.-Cantilereved Column building Systems	1.4
6.-Shear Wall-frame interaction systems	2.0
7.- Undefinid systems	Ver Secciones 1629.6.7 and 1629.9.2

Fuente: Norma Internacional UBC

De donde se obtiene:

$$V_S = \frac{73.11(0.24)}{2} MN$$

$$V_S = 8.8 MN$$

De donde el coeficiente de corte C_S está determinado por:

$$C_S = \frac{V_S}{W}$$

$$C_S = \frac{8.8 MN}{11578.30 tnf} = \frac{8.8 (102)tnf}{11578.30 tnf}$$

$$C_S = 0.077 = 7.75 \%$$

Usando factor de conversión, se obtiene que el coeficiente de corte es de un 7.75%.

4.11. RIGIDEZ Y FRECUENCIA VERTICAL

Es necesario determinar en los dispositivos aisladores, la rigidez y frecuencia vertical de los mismos, y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$K_V = \frac{E_c A}{t_r}$$

Donde:

A = Área de la lámina de caucho

E_c = Módulo de compresión del material caucho-acero

t_r = Altura del caucho

El valor de E_c está relacionado por el factor de forma S , que es variable para dispositivos cuadrados o circulares. Este factor de forma S del dispositivo aislador, es un valor adimensional. Y dado que el dispositivo a usar es circular, se tiene que el factor S es:

$$S = \frac{\phi}{4t}$$

Donde :

ϕ = Diámetro del dispositivo

Y además se tiene determinado que el valor de E_c (módulo de la unión de caucho-acero), para un dispositivo circular está dado por:

$$E_c = 6GS^2$$

E_c se determina estableciendo la capacidad de compresibilidad $K = 2000 \text{ Mp}$ del material, en laboratorio se usan valores entre los 1000-2500 Mpa. También se puede observar la relación de Módulo de compresión E_c . y el valor de rigidez del dispositivo G . De donde despejando la rigidez vertical K_V , se puede llegar a la siguiente relación:

$$6S^2 = \frac{f_v^2}{f_H^2}$$

Por lo tanto, se tendría determinado el valor de la frecuencia horizontal, ya que se con el periodo $T_d = 2,5 \text{ s}$. Por tanto el factor de forma S es equivalente a:

$$S = \frac{f_v}{\sqrt{6}f_H}$$

Donde considerando una frecuencia vertical experimental (obtenida en laboratorio) equivalente a $f_v = 10 \text{ Hz}$. Se tiene que:

$$S = \frac{10}{\sqrt{6} \frac{1}{2.5}} = 10.21$$

Y para calcular la frecuencia vertical y las cargas de compresión, es necesario también considerar un porcentaje del módulo de cortante a compresión G que puede ir en un 20% de la resistencia a compresión del dispositivo (p^c), de donde:

$$p^c = 9,06 \text{ Mpa} \rightarrow 20\% (9,06) \approx 1.8 \text{ Mpa}$$

Además $K = 2000 \text{ Mpa}^{10}$, en la siguiente ecuación (análisis de la deformación angular del caucho entre dos láminas de acero) se establece que:

$$\frac{1}{E_c} = \frac{1}{E'_c} + \frac{1}{K}$$

Donde el valor de E'_c , está dado por:

$$E'_c = 6GS^2$$

Por tanto, se obtiene:

$$E_c = \frac{6GS^2K}{6GS^2 + K}$$

$$E_c = \frac{6(1.8)(10.21)^2(2000)}{6(1.8)(10.21)^2 + 2000}$$

$$E_c = 720.34 \text{ MN/m}^2$$

Determinando las cargas verticales:

$$K_V = \frac{E_c A}{t_r}$$

$$K_V = \frac{[49(720.34)]0.372}{0.155}$$

$$K_V = 84712.27 \text{ MN/m}$$

De donde hallando la frecuencia vertical:

$$\omega_V = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K_V}{W}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{84712.47}{11578.8}}$$

¹⁰ Naeim & Kelly

De donde hallando la frecuencia vertical:

$$f_v = 13.5 \text{ Hz}$$

4.12. ALTURA DE LAS CAPAS DEL ELASTÓMERO

Se tiene determinado que el factor de forma S está dado por:

$$S = \frac{\phi}{4t}$$

Por tanto la altura de la capa de caucho será:

$$t = \frac{\phi}{4S} = \frac{680\text{mm}}{4(10.21)} = 16,7 \text{ mm}$$

De donde redondeando $t = 17$ se establece que el número de capas es:

$$n = \frac{155 \text{ mm}}{17 \text{ mm}} = 9,1 \text{ capas}$$

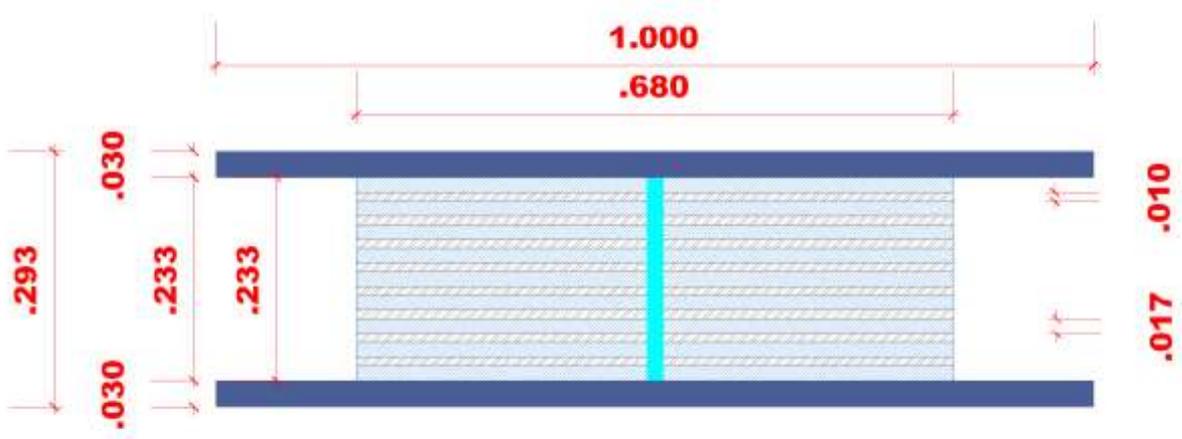
Por tanto la altura en milímetros final será considerando láminas de acero de 10mm, y las dos placas de cubierta que unen al concreto de 30mm:

$$H = 8(10\text{mm}) + 9(17\text{mm}) + 2(30\text{mm})$$

$$H = (80\text{mm}) + (153\text{mm}) + (60\text{mm})$$

$$H = 293 \text{ mm}$$

Figura No 26
Diseño final del aislador



Fuente: Elaboración propia

4.13 DISPOSITIVOS AISLADORES HDRB EN EL MERCADO

Con el diseño final del dispositivo, se hace la comparativa con los dispositivos encontrados en el mercado, con las mismas características de diseño obtenidas mediante los cálculos precedentes. Por lo que los factores a considerar son: Área del dispositivo, diámetro, módulo de corte, altura total del elastómero (thickness, solo caucho), capacidad de compresión. Dentro los fabricantes se tienen a Bridgestone, The Heim Vulcan Metal Products, FIP; quienes ofrecen diversos dispositivos, siendo el de Bridgestone quien ofrece las siguientes características, para dispositivos similares:

Cuadro N° 18

Código de aisladores HDRB (Thickness= 160 mm)

Designation	Compound	Shear Modulus (N/mm ²) = 0620	Equivalent Damping Ratio
X6R	X0.6R	0.620	0.240

Fuente: Catálogo Bridgestone Seismic isolation Product Line-Up

Para la selección se toma en cuenta los dispositivos con una altura aproximada y un diámetro igual o mayor, al obtenido en el cálculo:

Cuadro No 19

Características físicas X6R (Thickness= 160 mm)

Características		HL070X 6R	HL075X6 R
Características Físicas	Outer Diameter(mm)	700	750
	Inner Diameter (mm)	15	15
	Effective Plane Area (×102mm ²)	3847	4416
	Thickness of One Rubber Layer (mm)	4.9	4.85
	Number of Rubber Layers (—)	34	34
	Total Rubber Thickness (mm)	167	165

	Diameter of Flange (mm)	1000	1100
	Thickness of One Reinforcing Steel Plate (mm)	3.1	3.1
	Height (mm)	324.9	323.2
	Total Weight (KN)	6.9	8.1

Fuente: Catálogo Bridgestone Seismic isolation Product Line-Up

Las características físicas, son similares a las obtenidas, tanto para la altura del caucho, como para la altura total del dispositivo.

Cuadro N° 20

Compresión y Cortante del dispositivo X6R (Thickness= 160 mm)

Características		HL070X6R	HL075X6R
Propiedades de Compresión	Critical Stress (N/mm ²) $\gamma=0$ σ_{cr}	86	102
	Compressive Stiffness ($\times 10^3$ kN/m)	3200	3760
	Nominal Long Term Column Load (kN)	5040	6620
Propiedades de cortante ($\gamma=100\%$)	Initial Stiffness ($\times 10^3$ kN/m)	8.47	9.83
	Post Yield Stiffness ($\gamma=100\%$) ($\times 10^3$ kN/m)	0.847	0.983
	Characteristic Strength (kN)	97.3	112
	Equivalent Shear Stiffness $\times 10^3$ kN/m)	1.43	1.66
	Equivalent Damping Ratio (—)	0.240	0.240

Fuente: Catálogo Bridgestone Seismic isolation Product Line-Up

CAPITULO V

ANALISIS ESTATICO Y DINAMICO DE LA ESTRUCTURA

Para el diseño de estructuras con aislamiento en la base, las normas internacionales establecen que es necesario evaluar el desempeño de la estructura de dos formas, primero evaluar la estructura mediante un análisis estático y dinámico, como si la estructura fuese diseñada en un sistema convencional (empotrada en el suelo) con los espectros de diseño correspondientes. Y la segunda forma es evaluar la estructura implementada con los dispositivos, mediante combinación espectral y un análisis Tiempo-Historia para mínimo tres pares de registros.

Por estas exigencias en este capítulo, se evaluó el comportamiento de la estructura, mediante las dos formas. Y teniendo en cuenta para los análisis, principalmente los desplazamientos relativos, que son los factores que más interesan en una estructura aislada, puesto que, si estos desplazamientos relativos fueran amplios con el sistema ya implementado, el riesgo sería mayor que con un sistema estructural convencional.

5.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

La estructura está diseñada en un sistema convencional de pórticos y muros estructurales, que aportan la rigidez lateral necesaria a la edificación. Para la edificación se ha establecido como material, el concreto reforzado para la estructura principal, teniendo en cuenta que el concreto y el acero corrugado de

refuerzo actúan como un solo material, siendo aprovechada estas ventajas para resistir los esfuerzos aplicados a los elementos estructurales.

Materiales

Las propiedades establecidas para el diseño de la estructura hospitalaria son las siguientes:

Concreto reforzado (Peso específico) 2400 kg/m³

Resistencia a la Compresión: $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Poisson: $\nu = 0.20$

Módulo de Elasticidad $E'_c = 252902.4516 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Corte $G_c = 105376.0215 \text{ kg/cm}^2$

Mientras que el Acero de Refuerzo usados, están establecidos como barras de acero corrugado y/o barras de acero liso del tipo grado 60.

Cargas de diseño

Se considera las cargas normadas, cargas propias o estructurales, cargas vivas y cargas por sismo. Por tanto, para el diseño de la estructura se considera estas cargas a soportar durante su vida útil. Para designar los pesos para las cargas consideradas, se ha tomado en cuenta los pesos unitarios establecidos en el Reglamento E020 (Anexo 01). De donde se tiene los pesos para:

a) Cargas Estructurales, que es el peso de los materiales como el concreto reforzado en las columnas, vigas y losas aligeradas y macizas. Estas cargas, son consideradas como cargas propias.

b) Cargas Impuestas, que es el peso de los materiales como tabiques, acabados y otros elementos soportados por la estructura de manera permanente, pero que no tienen función estructural. Para determinar estas cargas impuestas, se considerará el peso real de los materiales que deberá soportar la edificación, en el caso de las losas aligeradas, se añade la pandereta como carga impuesta en vista que el software ETABS, no lo reconoce para el análisis estructural. Por tanto teniendo según norma, que la pandereta tiene un peso unitario de 1600 Kg/m³, se establece un valor aproximado de 200 kg/m², por lo que se tiene los siguientes valores unitarios a considerar:

Pandereta del Aligerado (h=0.25 m) : 200 kg/m²

Piso terminado : 100 kg/m²

Tabiquería : 100 kg/m²

c) Cargas Vivas (L), consideradas como las cargas gravitacionales que actuarán sobre la estructura, de forma temporal. Se considera entre estos, el peso de los usuarios, los equipos, los muebles, las camillas, etc.

Sala de operación, laboratorios y zonas de servicio: 300 kg/m²

Cuartos: 200 kg/m²

Corredores y escaleras: 400 kg/m²

Azotea y techos: 100 kg/m²

Sin embargo, dada la magnitud y uso de la edificación se tuvo en cuenta, la carga más desfavorable, es decir la carga para corredores y escaleras para los niveles principales, mientras que en la azotea se considera la carga establecida para techos 100 kg/m².

d) Cargas de Sismo (Q), establecidas por aquellas fuerzas eventuales que generan aceleraciones en las masas de la estructura, que ante la reacción generan fuerzas de inercia.

5.2. CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño de la estructura, se realizó teniendo en cuenta que se debe proporcionar una adecuada resistencia y rigidez lateral, considerando que es una estructura esencial. Por tanto, se puede verificar que los criterios de diseño y estructuración utilizados en la estructura son los siguientes:

- Simplicidad y Simetría, es una estructura cuadrada simétrica
- Resistencia y Ductilidad, aportado por el concreto
- Hiperestaticidad y Monolitismo aportado por las placas.
- Uniformidad y Continuidad de la estructura, elementos estructurales modulados.
- Rigidez Lateral en ambas direcciones principales.
- Rigidez Torsional.
- Utilización de diafragmas rígidos.
- Distribución de cargas uniformes, que descartan pisos blandos en la estructura

En resumen, en el diseño del Bloque B3, se utilizó elementos estructurales continuos y ubicados de forma simétrica, modulados en luces similares, para que la estructura tenga una resistencia sísmica adecuada y pueda soportar las deformaciones ante un sismo, en ambas direcciones. También se consideró que para el análisis estático y luego un análisis dinámico es necesario considerar el modelo tridimensional de la estructura para su análisis, considerando el 5% de excentricidad accidental. En vista que la estructura está estructurado tanto en pórticos y placas de concreto, se considera como un sistema dual, asimismo por los criterios de diseño no presentan irregularidades en altura.

5.3. PARÁMETROS ESTABLECIDOS

El análisis sísmico de la estructura, se realizó considerando lo establecido en la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones; por tanto, se considera los siguientes factores y sus valores correspondientes:

Cuadro N° 21

Valores para el espectro de diseño (Estructura convencional)

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.35	RO	7	7
U	1.50	Ia	1.00	1.00
S	1.15	Ip	0.85	0.85
TP	0.60	R	5.95	5.95
TL	2.00	g	9.81	9.81

Fuente: Elaboración propia

Se debe señalar que el factor R, se establece mediante:

$$R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

Donde:

R = Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas.

R_o = Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas (Sistema estructural)

I_a = Factor de irregularidad en altura (No presenta)

I_p = Factor de irregularidad en planta (Se toma 0.85 por la discontinuidad de los diafragmas rígidos)

También se considera que para determinar la aceleración espectral inelástico de pseudo aceleraciones, dado por:

$$\frac{S_a}{g} = \frac{Z.U.C.S}{R}$$

Además, se tiene que:

$$T = \frac{h_n}{C_t} = \frac{17.8}{60} = 0.297$$

$$T = 0.297 \leq 0.60$$

Donde, según la norma E030: $C_t = 60$ para edificios de concreto armado y duales. Cumpliéndose que:

$$T \leq T_p ,$$

Por tanto el valor del coeficiente de amplificación sísmica es equivalente a $C = 2.5$. Obteniéndose con los valores de la **Cuadro 6.1** el siguiente espectro en ambas direcciones:

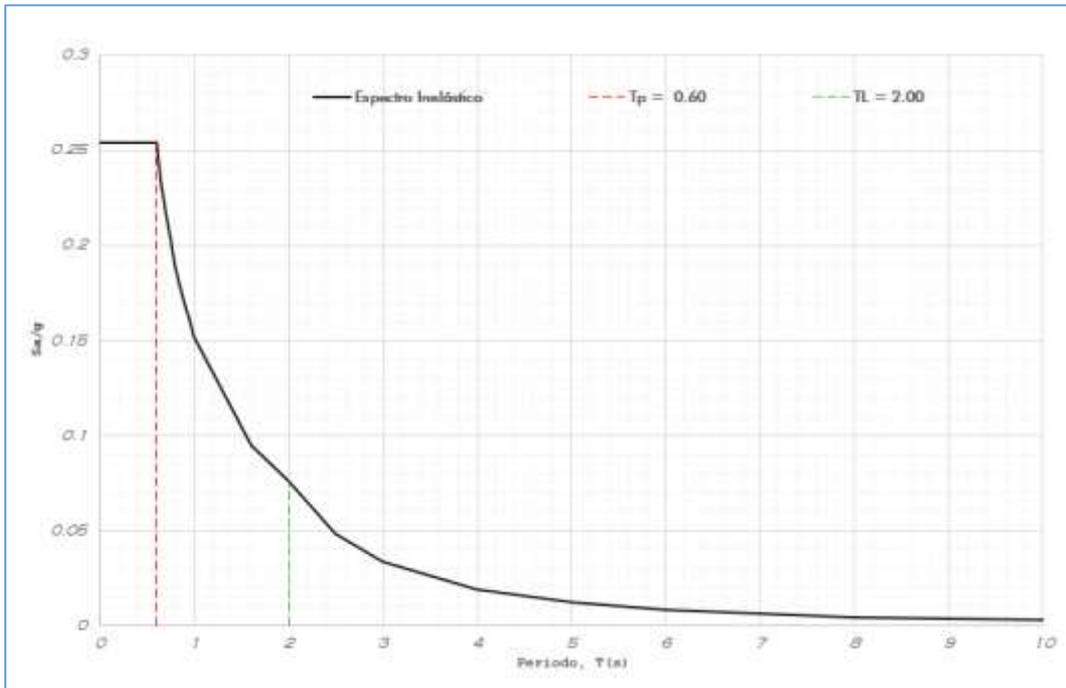
Cuadro N° 22
Espectro de Seudo Aceleraciones (Estructura Convencional)

<i>T</i>	<i>C</i>	<i>ZUCS/R</i>
0	2.5	0.25367647
0.02	2.5	0.25367647
0.04	2.5	0.25367647
0.06	2.5	0.25367647
0.08	2.5	0.25367647
0.1	2.5	0.25367647
0.12	2.5	0.25367647
0.14	2.5	0.25367647
0.16	2.5	0.25367647
0.18	2.5	0.25367647

0.2	2.5	0.25367647
0.25	2.5	0.25367647
0.3	2.5	0.25367647
0.35	2.5	0.25367647
0.4	2.5	0.25367647
0.45	2.5	0.25367647
0.5	2.5	0.25367647
0.55	2.5	0.25367647
0.6	2.5	0.25367647
0.65	2.307692	0.2341629
0.7	2.142857	0.21743697
0.75	2	0.20294118
0.8	1.875	0.19025735
0.85	1.764706	0.17906574
0.9	1.666667	0.16911765
0.95	1.578947	0.16021672
1	1.5	0.15220588
1.6	0.9375	0.09512868
2	0.75	0.07610294
2.5	0.48	0.04870588
3	0.333333	0.03382353
4	0.1875	0.01902574
5	0.12	0.01217647
6	0.083333	0.00845588
7	0.061224	0.00621248
8	0.046875	0.00475643
9	0.037037	0.00375817
10	0.03	0.00304412

Fuente: Elaboración propia

Figura 27
Función espectral para el Hospital Neoplásicas (Convencional)



Fuente: Elaboración propia

Se debe señalar que los datos obtenidos en este espectro, servirán para el análisis y modelado de la estructura con el diseño convencional, por tanto se considera el factor de uso equivalente a $U = 1.5$, mientras que para la estructura aislada el valor de $U = 1$. Respecto al valor de R para estructuras aisladas, el valor nunca supera el valor de $R = 2$ (Establecido en las normativa UBC).

Cuadro N° 23

Valores para el espectro de diseño (Estructura convencional)

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.35	RO	2	2
U	1.0	la	1.00	1.00
S	1.15	lp	1.00	1.00
TP	0.60	R	2	2
TL	2.00	g	9.81	9.81

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 24**Espectro de Seudo Aceleraciones (Estructura Aislada)**

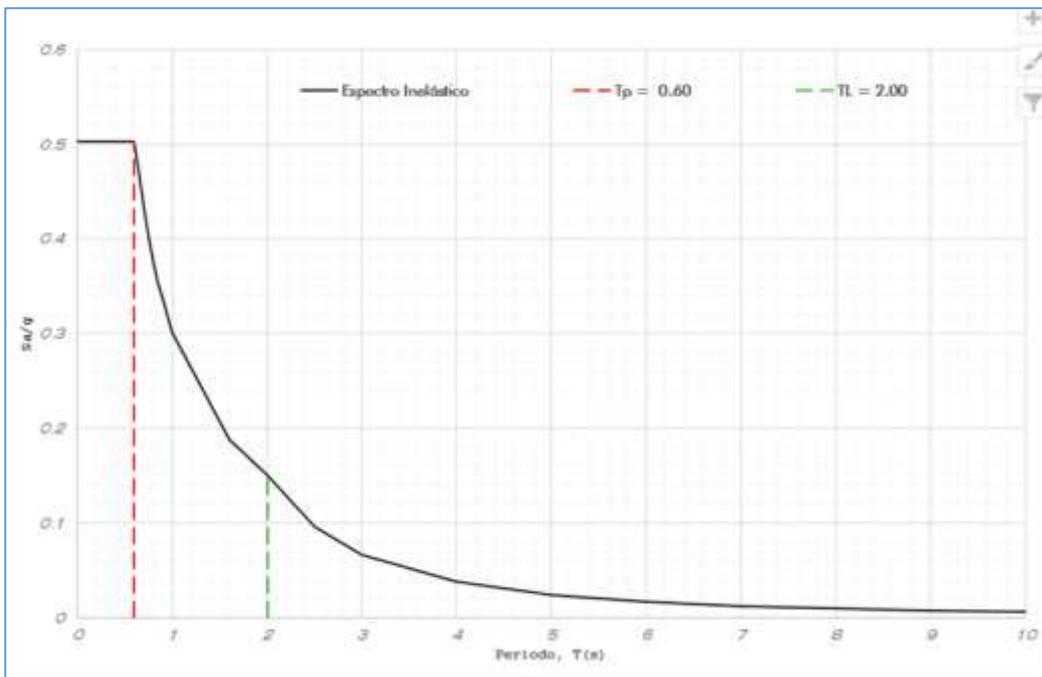
<i>T</i>	<i>C</i>	<i>ZUCS/R</i>
0	2.5	0.50193291
0.02	2.5	0.50193291
0.04	2.5	0.50193291
0.06	2.5	0.50193291
0.08	2.5	0.50193291
0.1	2.5	0.50193291
0.12	2.5	0.50193291
0.14	2.5	0.50193291
0.16	2.5	0.50193291
0.18	2.5	0.50193291
0.2	2.5	0.50193291
0.25	2.5	0.50193291
0.3	2.5	0.50193291
0.35	2.5	0.50193291
0.4	2.5	0.50193291
0.45	2.5	0.50193291
0.5	2.5	0.50193291
0.55	2.5	0.50193291
0.6	2.5	0.50193291
0.65	2.307692	0.46332269
0.7	2.142857	0.43022821
0.75	2	0.40154633
0.8	1.875	0.37644968
0.85	1.764706	0.35430558
0.9	1.666667	0.33462194
0.95	1.578947	0.31701026
1	1.5	0.30115975
1.6	0.9375	0.18822484
2	0.75	0.15057987

2.5	0.48	0.09637112
3	0.333333	0.06692439
4	0.1875	0.03764497
5	0.12	0.02409278
6	0.083333	0.0167311
7	0.061224	0.01229223
8	0.046875	0.00941124
9	0.037037	0.00743604
10	0.03	0.00602319

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 28

Función espectral para el Hospital Neoplásicas (Estructura Aislada)



Fuente: Elaboración propia

Los dos espectros obtenidos se usarán respectivamente para la estructura convencional como lo exige la norma E030 y para la estructura aislada con los parámetros de la normativa internacional, para el análisis dinámico correspondiente.

Cabe señalar que en la normativa internacional, el análisis por combinación espectral para estructuras aisladas se requiere solo para estructuras no esenciales y de baja altura, mientras que en otras normativas como la UBC no se mencionan. Sin embargo en todas las normativas para el análisis estructural se exige el uso de tres pares de registros sísmicos, para llevar a cabo un análisis modal Tiempo-Historia.

5.4. FUNCIONES PARA EL ANÁLISIS TIEMPO- HISTORIA

Según la normativa internacional UBC y FEMA, es necesario realizar un análisis tiempo historia con tres pares de registros de sismos reales. Estos registros en el presente proyecto son los sismos de Maule-Concepción (Chile-2010) y los sismos de Arequipa (2001) y Pisco (2007).

a) Sismo Maule-Concepción - Chile, ocurrido el 27 de febrero de 2010; es considerado uno de los sismos de mayor Magnitud ($M_w = 8.8$) a nivel mundial, habiendo causado más de 150 fallecidos duró aproximadamente cuatro minutos, con epicentro en el Océano Pacífico, sus coordenadas: Latitud: $-36^{\circ} 17' 23''$ y Longitud : $-73^{\circ} 14' 20''$. Se considera un sismo de tipo superficial con una profundidad de 30.1 km¹¹.

Figura 29
Acelerograma del sismo de Maule Concepción

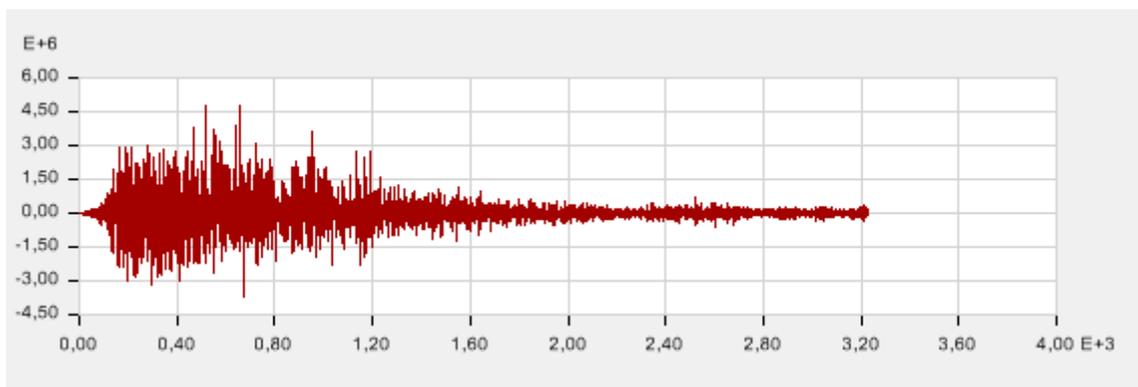


Figura: Obtenido con el Software ETABS

¹¹ Boroscheck, Soto y León "Registros de Terremoto de Maule $M_w = 8.8$ " Recuperado de: http://www.renadic.cl/red_archivos/RENAMAULE2010R2.pdf.

b) Sismo Arequipa, ocurrido el 23 de Junio 2001; se localizó a 82 Km de la localidad de Ocoña, habiendo afectado a las localidades de Camaná, Mollendo, Arequipa además de propagarse hasta Moquegua, Tacna, Arica, Iquique (Chile) y la Paz en Bolivia. La Magnitud registrada fue de 7.4 Mw. Al igual que el anterior fue de tipo superficial con una profundidad de 33 km.

El sismo sucedió por el proceso de subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana, produciendo 134 réplicas.¹²

Figura N° 30

Acelerograma del sismo de Arequipa - 2001

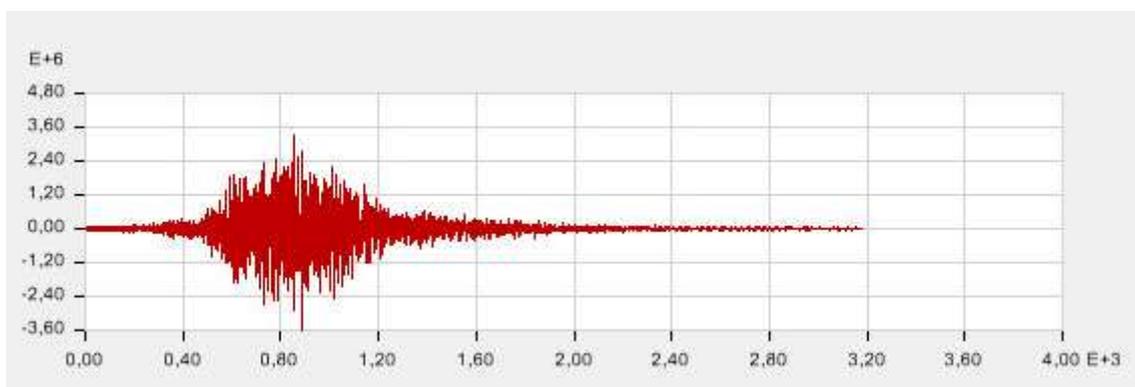


Figura: Obtenido con el Software ETABS

Sismo Pisco, ocurrido el 15 de Agosto de 2007; se localizó a 40 Km de la localidad de Chincha Alta, a 150 Km de Lima y a 60 Km de Pisco. Es uno de los sismos más perjudiciales en el país, habiendo afectado a las poblaciones de Pisco, Ica, Chincha, Cañete, Yauyos, Huaytará. La Magnitud registrada fue de 7.9 Mw (escala Momento) con una profundidad de 40 Km, dejando un saldo de 530 fallecidos y un 80% de las viviendas afectadas en la ciudad de Pisco.¹³

¹² Instituto Geofísico del Perú "El terremoto de Arequipa del 23 de Junio de 2001 – Informe Preliminar" Recuperado de:

http://portal.igp.gob.pe/sites/default/files/images/documents/sismos/ise-2001/arq1_2001.pdf

¹³ Instituto Geofísico del Perú "El Sismo de Pisco del 15 de Agosto, 2007 (7.9Mw) Departamento de Ica - Perú – Informe Preliminar" Recuperado de:

http://portal.igp.gob.pe/sites/default/files/images/documents/sismos/ise-2007/pisco1_2007.pdf

Figura N° 31
Acelerograma del sismo de Pisco - 2007

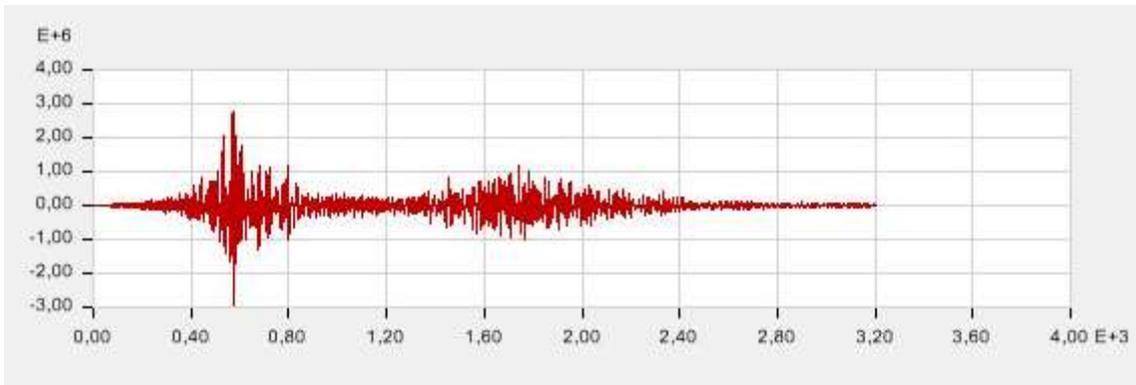


Figura: Obtenido con el Software ETABS

5.5. MODELAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA CONVENCIONAL

El modelamiento se inicia con la creación de las grillas, asignación de materiales y propiedades del concreto reforzado, peso unitario por metro cúbico, módulo de Elasticidad y módulo de Poisson, módulo de corte. Luego se procede a crear los elementos como vigas, columnas, muros y losas.

Figura N° 32

Asignación de Materiales y propiedades del concreto

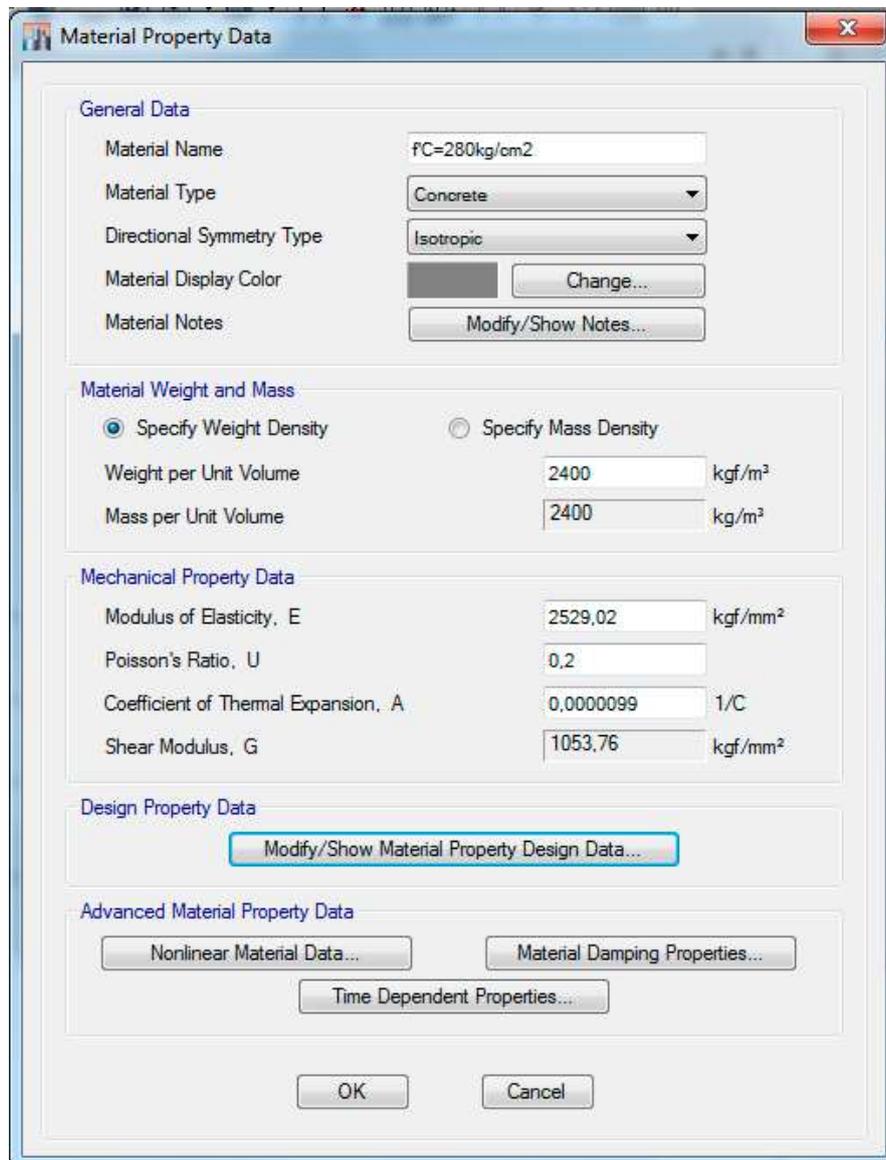


Figura: Obtenido del Software ETABS

Se debe señalar que la distancia entre ejes son de $d = 7,2 m$ y $d = 6 m$, mientras que las alturas establecidas para los dos primeros niveles de la estructura es de $h = 4,6 m$ y para el tercer y cuarto nivel $h = 4,1 m$. Además la resistencia del concreto está establecido en $f'c = 280kg/cm2$.

Con estas propiedades se definen los elementos estructurales como Columnas, Vigas, Losas aligeradas en dos direcciones y muros de concreto armado.

Figura N° 33
Secciones de los elementos estructurales

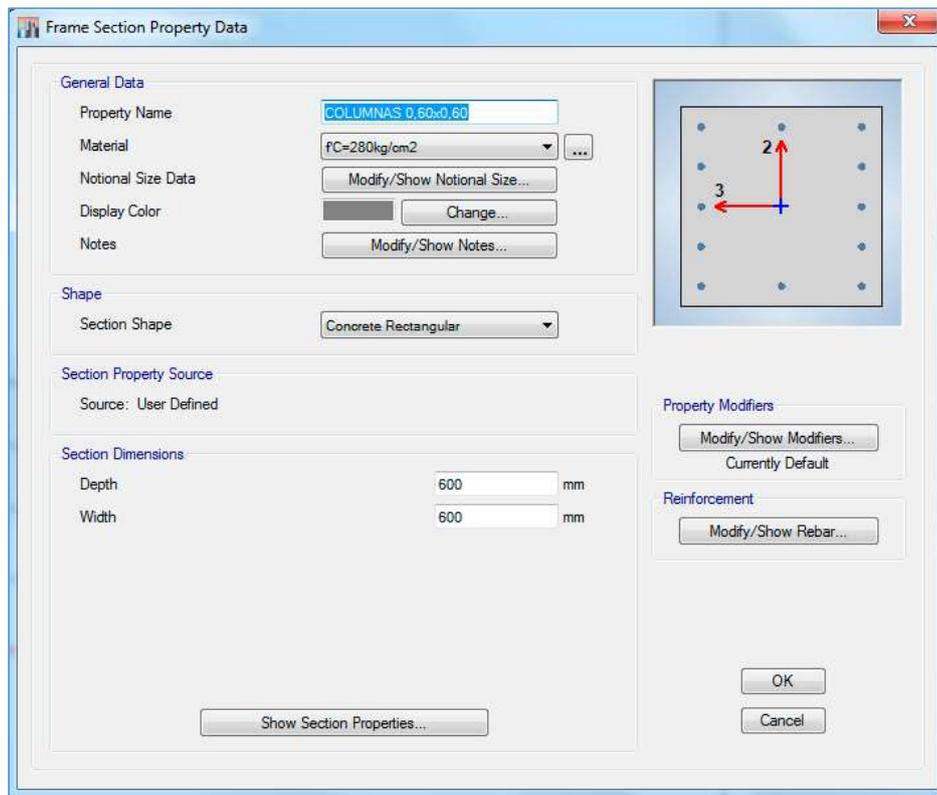


Figura: Obtenido del Software ETABS

En el ingreso de datos del aligerado (Slab), se debe considerar previamente la altura de la losa de concreto, así como las medidas del diseño de las nervaduras y tamaño de las panderetas. También es necesario indicar al software, la dirección del aligerado, en el caso correspondiente: la dirección se considera en ambos sentidos X y Y.

Con los materiales y elementos estructurales definidos, se procede a diseñar la estructura, empotrando las columnas y muros en la base aplicando las restricciones en todas las direcciones.

Figura N° 34

Diseño con elementos empotrados en la base

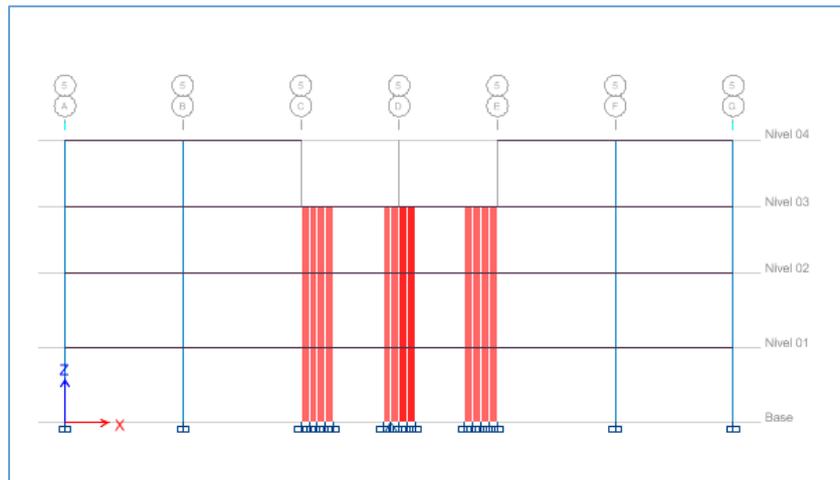


Figura: Obtenido del Software ETABS

Finalmente, en el modelo tridimensional, se puede observar la configuración estructural, así como los elementos estructurales.

Figura N° 35

Modelo Tridimensional de la estructura

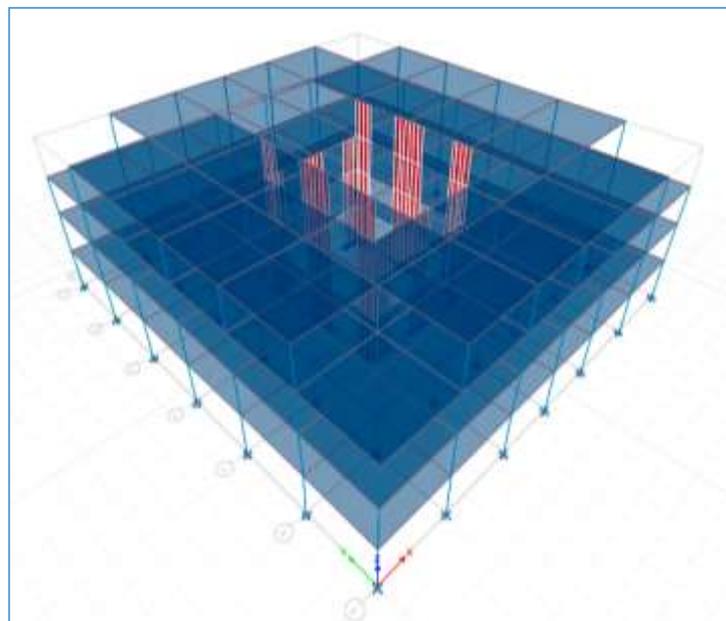


Figura: Obtenido del Software ETABS

Para el análisis es necesario asignar las cargas impuestas y vivas que se establecieron anteriormente. También se establece las combinaciones de cargas recomendadas y los casos para el análisis modal espectral.

Figura N° 36
Casos de Carga para el análisis

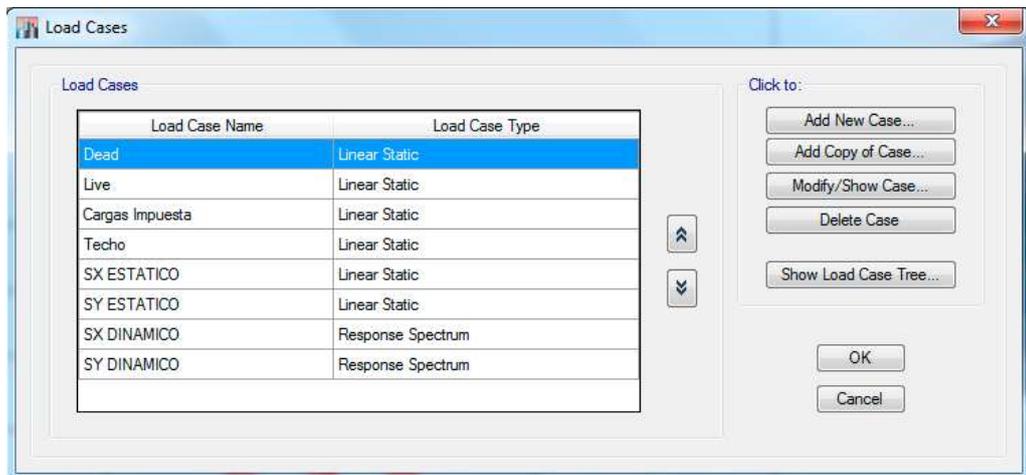


Figura: Obtenido del Software ETABS

En los casos dinámicos, se procede a seleccionar las cargas por aceleración. Por tanto se debe cargar el espectro de seudo aceleraciones del **Figura N° 28** para obtener la función espectral.

Dentro de los parámetros a considerar en el cuadro correspondiente, se tiene la opción modal definida usando la combinación de los valores máximos: la combinación cuadrática completa (método CQC). Como explica Salinas respecto al análisis modal y la importancia del uso del método CQC, que además de los promedios ponderados considera una correlación entre los valores modales máximos, obteniéndose de este modo los valores más probables de desplazamientos y fuerzas (Salinas).¹⁴

Otro parámetro a considerar es la asignación de los diafragmas rígidos, se considera a las losas aligeradas como elementos rígidos que no experimentan deformación.

¹⁴ Ing. Rafael Salinas Basualdo “Fundamentos del análisis Dinámico de Estructuras” Recuperado de: <http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/cismid/faed.pdf>

Figura N° 37
Diafragmas rígidos y centro de rigidez

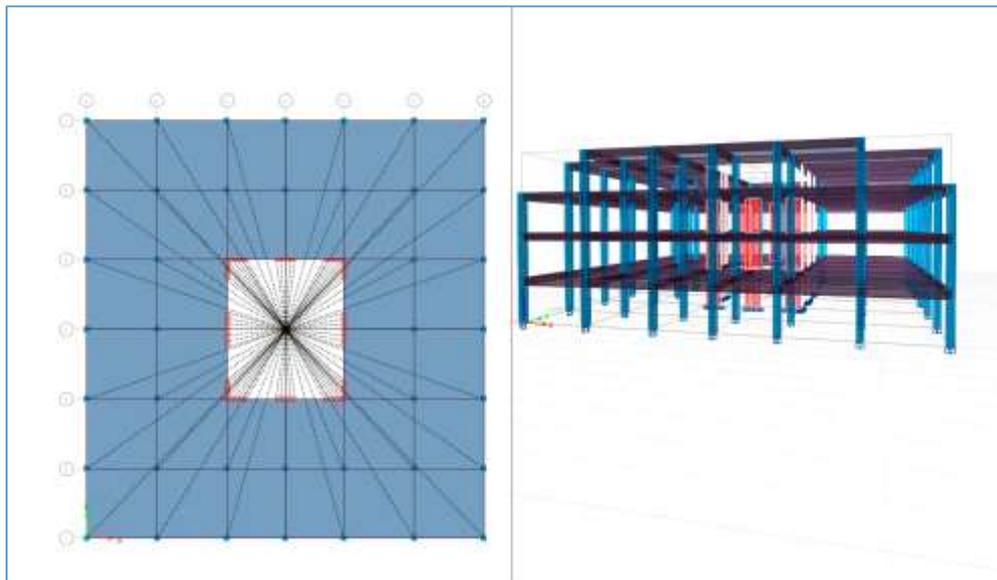


Figura: Obtenido del Software ETABS

Finalmente se asigna los brazos rígidos a todos los elementos estructurales mediante el comando “End Length Offsets”, y se realiza una verificación de errores o advertencias por parte del software, mediante el comando “Check Model”, procediendo luego al análisis.

5.6. Resultados del Análisis de la estructura convencional

a) Periodo y Frecuencia

El software solicita el valor del Coeficiente sísmico de cortante en la base, por lo que con un análisis inicial se obtuvo los valores del periodo de la estructura convencional como se puede observar en la **Cuadro N° 25**. Además en la norma E030 se tiene establecido los siguientes casos para el Factor de Amplificación Sísmica C .

- a) $T < T_p$; $C = 2.5$
- b) $T_p < T < T_L$ $C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right)$
- c) $T > T_L$ $C = 2.5 \left(\frac{T_p \times T_L}{T^2} \right)$

Del análisis inicial se obtuvo la siguiente Cuadro de Periodos y frecuencias, para la estructura aislada. Puede observarse que el periodo cumple con la primera condición $T < T_p$ por lo cual se tiene que $C = 2.5$.

Cuadro N° 25

Periodos obtenidos del análisis en ETABS

Case	Modo	Periodo	Frecuencia
		T seg	cyc/seg
Modal	1	0.575	1.738
Modal	2	0.516	1.939
Modal	3	0.479	2.089
Modal	4	0.169	5.92
Modal	5	0.164	6.091
Modal	6	0.13	7.674
Modal	7	0.102	9.851
Modal	8	0.1	9.951
Modal	9	0.07	14.225
Modal	10	0.067	14.866
Modal	11	0.054	18.577
Modal	12	0.044	22.499

Fuente: Valores obtenidos con el Software ETABS

Se verifica que el valor de C/R supere el valor establecido en la norma E030; $\frac{C}{R} \geq 0.125$. Por lo tanto:

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{5.95} = 0.42 \geq 0.125$$

Por tanto, hallando el valor del coeficiente de cortante en la base:

$$\frac{Z.U.C.S}{R} = (0.35)(1.5)(1.15)(0.42) = 0.253575$$

Este valor hallado deberá ser ingresado en el software para realizar el segundo análisis con el valor ajustado.

b) Peso y Centros de Masa

El peso de la estructura, obtenida considera el 50 por ciento de la carga viva, determinada en la norma E030 para edificaciones de Categoría A y que se estableció en el cuadro de dialogo del Software “Mass Source”.

Figura N° 38

Determinación del Peso según norma

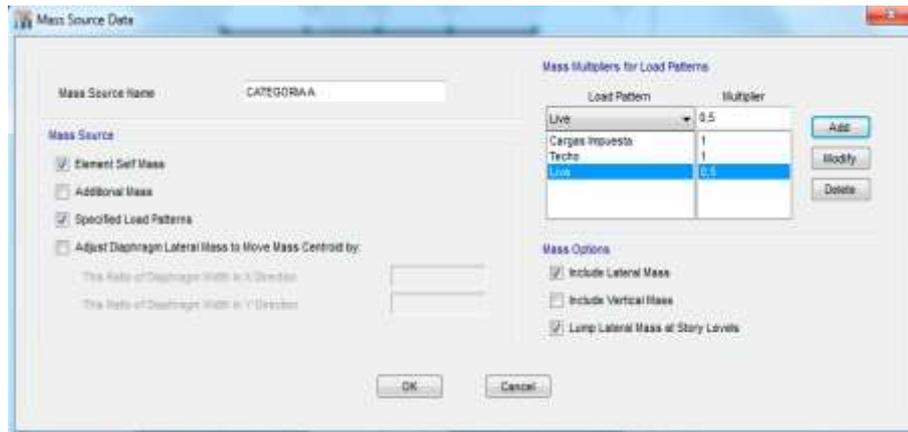


Figura: Obtenido del Software ETABS

En la Figura también se observa que se considera el total de las cargas del techo, así como el total de las cargas impuestas. Obteniéndose con esta configuración el siguiente cuadro con el Peso de la edificación.

Cuadro N° 26

Peso de la estructura y centros de masa

Nivel	Diafragma	Mass X	Mass Y	XCM	YCM
		kg	kg	m	m
Nivel 01	D1	2070556.8	2070556.8	20.4015	21.6211
Nivel 02	D2	2052676.8	2052676.8	20.4014	21.6201
Nivel 03	D3	1977159	1977159	20.4007	21.6099
Nivel 04	D4	826531.8	826531.8	20.4	21.6
Peso en Tnf		6926.9244	6926.9244		

Fuente: Valores obtenidos con el Software ETABS

c) Fuerzas cortantes estáticas y dinámicas

Cuadro N° 27

Fuerzas Cortantes Estáticas en X

Diafragma	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Nivel 04	SX ESTATICO	Bottom	0	-365.6445	0	8687.7127	0	-1499.1423
Nivel 03	SX ESTATICO	Bottom	0	-1034.2092	0	24579.3977	0	-5739.3999
Nivel 02	SX ESTATICO	Bottom	0	-1514.3389	0	35996.9502	0	-12705.3588
Nivel 01	SX ESTATICO	Bottom	0	-1756.4949	0	41755.689	0	-20785.2351

Cuadro N° 28

Fuerzas Cortantes Estáticas en Y

Diafragma	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Nivel 04	SY ESTATICO	Bottom	0	0	-365.6445	-8205.062	1499.1423	0
Nivel 03	SY ESTATICO	Bottom	0	0	-1034.2092	-23208.111	5739.3999	0
Nivel 02	SY ESTATICO	Bottom	0	0	-1514.3389	-33982.8937	12705.3588	0
Nivel 01	SY ESTATICO	Bottom	0	0	-1756.4949	-39417.2287	20785.2351	0

Fuente: Valores obtenidos con el Software ETABS

Cuadro N° 29
Fuerzas Cortantes Dinámicas en X

Diafragma	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Nivel 04	SX DINAMICO Max	Bottom	0	323.5983	0.4677	76948.0876	1.9177	1326.753
Nivel 03	SX DINAMICO Max	Bottom	0	878.1789	1.3738	208852.7323	7.5481	4833.9939
Nivel 02	SX DINAMICO Max	Bottom	0	1275.3104	1.9968	303299.7619	16.7314	10619.8753
Nivel 01	SX DINAMICO Max	Bottom	0	1439.9867	2.2218	342452.473	26.9492	17148.7359

Cuadro N° 30
Fuerzas Cortantes Dinámicas en Y

Diagfragma	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Nivel 04	SY DINAMICO Max	Bottom	0	0.4515	329.3755	7386.1689	1350.4394	1.8513
Nivel 03	SY DINAMICO Max	Bottom	0	1.3382	881.0889	19756.0071	4893.7946	7.3374
Nivel 02	SY DINAMICO Max	Bottom	0	1.9782	1269.6173	28466.2904	10615.362	16.4358
Nivel 01	SY DINAMICO Max	Bottom	0	2.2218	1435.5305	32186.4333	17083.4181	26.6549

Fuente: Valores obtenidos con el Software ETABS

Cuadro N° 31

Comparativo de Fuerzas Estáticas y Dinámicas en X

Diafragma	Load Case/Combo	Location	VX
			tonf
Nivel 01	SX ESTATICO	Bottom	1756.4949
Nivel 01	SX DINAMICO Max	Bottom	1439.9867
Porcentaje de la Fuerza Dinámica respecto a la Estática (>80%)			82%

Cuadro N° 32

Comparativo de Fuerzas Estáticas y Dinámicas en Y

Diafragma	Load Case/Combo	Location	VY
			tonf
Nivel 01	SY ESTATICO	Bottom	1756.4949
Nivel 01	SY DINAMICO Max	Bottom	1435.5305
Porcentaje de la Fuerza Dinámica respecto a la Estática (>80%)			82%

Fuente: Valores obtenidos con el Software ETABS

c) Desplazamiento por análisis estático y dinámico

Para el análisis estático y dinámico se tiene normado los límites de desplazamiento lateral de entrepiso en la norma E030 para el concreto armado y otros materiales, como se puede observar en la siguiente Figura:

Figura N° 33

Desplazamientos relativos laterales admisibles

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: Norma E030 -2016. Publicado en el Diario El Peruano

Cuadro N° 34

Desplazamientos laterales Estáticos en X

Nivel	Diafragma	Load Case/Combo	UX	UY	Δi	hi	Distorsión	NORMA E030	APRUEBA NORMA
			mm	mm	mm	mm			
Nivel 04	D4	SX ESTATICO	28.1	-0.008572	5	4100	0.00121951	0.007	SI
Nivel 03	D3	SX ESTATICO	23.1	-0.006395	7.3	4100	0.00178049	0.007	SI
Nivel 02	D2	SX ESTATICO	15.8	-0.003639	9.9	4600	0.00215217	0.007	SI
Nivel 01	D1	SX ESTATICO	5.9	-0.000930	5	4600	0.00128261	0.007	SI

Cuadro N° 35

Desplazamientos laterales Estáticos en Y

Nivel	Diafragma	Load Case/Combo	UX	UY	Δi	hi	Distorsión	NORMA E030	APRUEBA NORMA
			mm	mm	m	mm			
Nivel 04	D4	SY ESTATICO	0.007191	24.4	4.4	4100	0.001073	0.007	SI
Nivel 03	D3	SY ESTATICO	0.005912	20	6.6	4100	0.001610	0.007	SI
Nivel 02	D2	SY ESTATICO	0.006718	13.4	8.5	4600	0.001848	0.007	SI
Nivel 01	D1	SY ESTATICO	0.005667	4.9	4.9	4600	0.001065	0.007	SI

Fuente: Valores obtenidos con el Software ETABS

Cuadro N° 36

Desplazamientos laterales Dinámicos en X

Nivel	Diafragma	Load Case/Combo	UX	UY	Δi	h_i	Distorsión	NORMA E030	APRUEBA NORMA
			mm	mm	mm	mm			
Nivel 04	D4	DESPLAZA_X Max	109.6	0.3	19	4100	0.004634	0.007	SI
Nivel 03	D3	DESPLAZA_X Max	90.6	0.3	28.2	4100	0.006878	0.007	SI
Nivel 02	D2	DESPLAZA_X Max	62.4	0.2	38.2	4600	0.008304	0.007	NO
Nivel 01	D1	DESPLAZA_X Max	24.2	0.1	24.2	4600	0.005261	0.007	SI

Cuadro N° 37

Desplazamientos laterales Dinámicos en Y

Nivel	Diafragma	Load Case/Combo	UX	UY	Δi	h_i	Distorsión	NORMA E030	APRUEBA NORMA
			mm	mm	mm	mm			
Nivel 04	D4	DESPLAZA_Y Max	0.2	90.1	16.4	4100	0.004000	0.007	SI
Nivel 03	D3	DESPLAZA_Y Max	0.2	73.7	24.2	4100	0.005902	0.007	SI
Nivel 02	D2	DESPLAZA_Y Max	0.1	49.5	31.4	4600	0.006826	0.007	SI
Nivel 01	D1	DESPLAZA_Y Max	0.1	18.1	18.1	4600	0.003935	0.007	SI

Fuente: Valores obtenidos con el Software ETABS

5.7. Modelamiento y Análisis de la estructura aislada

Para el modelamiento de la estructura aislada, se considera a nivel del suelo la integración de un diafragma rígido, que para la estructura significa una losa maciza y las vigas correspondientes en el nivel cero. Por lo tanto, a la estructura fija o convencional (empotrada en el suelo) se incrementa los siguientes elementos estructurales.

Diafragma rígido en el nivel cero

El diafragma rígido permite actuar a los dispositivos de aislamiento como un solo elemento flexible en la dirección horizontal, mientras que verticalmente el diafragma rígido mediante su sistema de losas y vigas rígidas se encarga de repartir las cargas axiales de forma uniforme a cada aislador evitando que alguno de ellos pueda fallar por compresión. Otro de los beneficios del diafragma rígido en el sistema de aislamiento es su capacidad de disminuir los efectos de torsión o pandeo en los aisladores, en vista que limita los desplazamientos de los aisladores solamente a su dirección horizontal.

Pedestales

También se considera para un diseño preliminar los pedestales donde descansaran los aisladores, en este caso las columnas que parten del nivel del sótano. Aunque pudiera construirse una edificación con un sistema de aislamiento a nivel del suelo, las normas internacionales especifican que en su diseño se debe proveer un Plan de Mantenimiento para el sistema de aislamiento, por lo cual se requiere de espacio para la manipulación, mantenimiento o reemplazo de estos dispositivos, siendo lo ideal un espacio que pueda aprovecharse como un sótano o cochera, etc.

Como resultado de estas consideraciones, en el modelo matemático se incrementa dos niveles más para cubrir los requerimientos estructurales: el primer nivel corresponde a los aisladores y el segundo al diafragma rígido en el nivel cero. Por tanto, se incrementan los diafragmas de 4 a 5, en comparación con el diseño inicial.

Figura N° 39

Modelo tridimensional de la estructura aislada

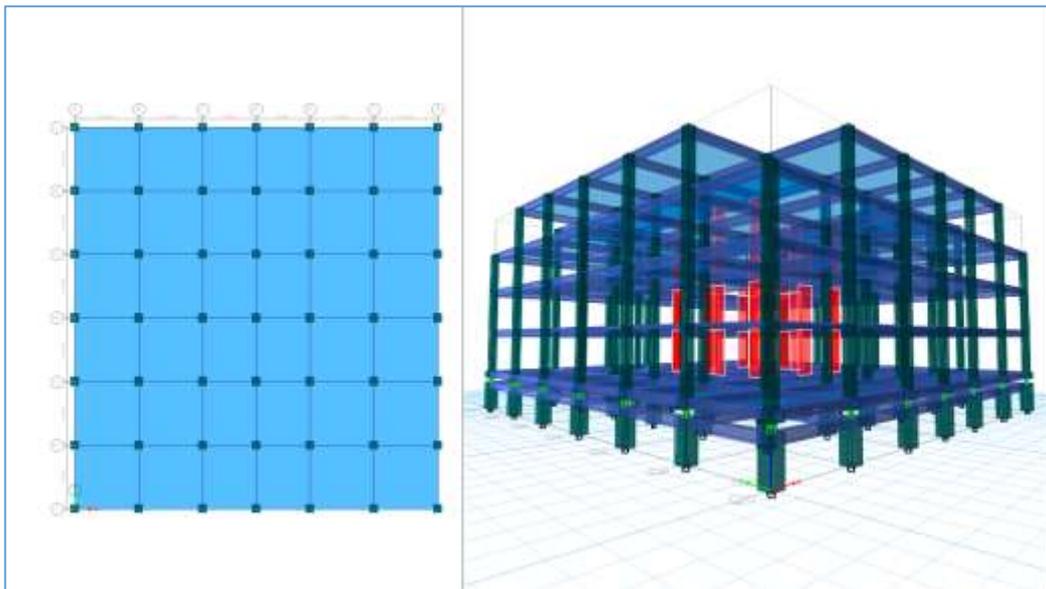


Figura: Obtenido del Software ETABS

Elementos estructurales Link(Enlace)

En el modelo tridimensional se observa el nivel de los aisladores y que corresponde a la altura de los dispositivos, en este nivel mediante el elemento Link (enlace) se procede a modelar los dispositivos aisladores, uniendo los pedestales con los puntos de intersección formados por la malla superior que forman las vigas de la losa maciza. Respecto a los demás elementos como losas aligeradas, columnas y vigas, no se presenta ningún cambio.

Modelamiento del dispositivo aislador HDRB

Para el modelamiento del elemento estructural link se debe tener acceso o conocimiento de las propiedades del aislador, requiriéndose los valores obtenidos en los ensayos experimentales como: rigidez inicial horizontal, rigidez vertical, rigidez post desplazamiento, límite de elasticidad, características que viene acompañados en las especificaciones técnicas del fabricante.

Por lo tanto habiendo obtenido inicialmente en el pre dimensionamiento del aislador un diámetro de 68 cm , se selecciona uno aproximado. Por lo tanto se tiene en la **Cuadro N° 18** las características físicas de dos aisladores de caucho sintético de alto amortiguamiento (High Damping Rubber Bearing) o HDRB. De los cuales se tomará en cuenta el dispositivo de diámetro de 700 mm y altura (del caucho) de 160 mm , este dispositivo seleccionado presenta las siguientes propiedades de

rigidez y amortiguamiento en kN, con sus correspondientes equivalencias en las unidades Tnf/mm:

Cuadro N° 39
Propiedades de Rigidez X6R (Thickness= 160 mm)

Características		HL070X6R	Tnf/mm
Propiedades de Compresión	Compressive Stiffness ($\times 10^3$ kN/m)	3200	326.4
	Initial Stiffness ($\times 10^3$ kN/m)	8.47	0,8639
Propiedades de cortante ($\gamma = 100\%$)	Post Yield Stiffness ($\gamma = 100\%$) ($\times 10^3$ kN/m)	0.847	0.08639
	Characteristic Strength (kN)	97.3	9,9246
	Equivalent Shear Stiffness ($\times 10^3$ kN/m)	1.43	0,14586
	Equivalent Damping Ratio (—)	0.240	0.240
	Módulo de corte (\times N/mm ²)	0.620	0.00006324

Fuente: Catálogo Bridgestone Seismic isolation Product Line-Up

La rigidez efectiva se puede verificar para el dispositivo HDRB de 700 mm mediante K_H , obteniéndose un valor similar o equivalente:

$$K_H = \frac{G \cdot A}{t_r} = 0.15 \text{ tnf/mm} \cong 0.146 \text{ tnf/mm}$$

Donde:

$$G = 0.620 \frac{N}{\text{mm}^2} = 0.00006324 \text{ tnf/mm}^2$$

$$A = \pi \frac{d^2}{4} = \pi \frac{(700\text{mm})^2}{4} = 384845.10 \text{ mm}^2$$

$$t_r = 160 \text{ mm}$$

Para el ingreso de los valores, se considera que el dispositivo sufrirá desplazamientos y deformaciones en los tres ejes de un sistema cartesiano, que se representan por U1, U2 y U3. Los valores en el eje U1 corresponden a la rigidez vertical y resistencia a compresión (cargas axiales) del dispositivo, mientras que U2 y U3 corresponden a los valores horizontales de rigidez inicial, rigidez efectiva y amortiguamiento en el modelo bilineal.

Figura N° 40
Ingreso de Propiedades del aislador HDRB

The screenshot shows the 'Link Property Data' dialog box with the following details:

- General:** Link Property Name: AISLADOR HDRB 700; Link Type: Rubber Isolator.
- Total Mass and Weight:** Mass: 700 kg; Weight: 0.7 tonf; Rotational Inertia 1, 2, and 3: 0 tonf-m-s².
- Directional Properties:**

Direction	Fixed	NonLinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for U1...
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U2...
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U3...

Figura: Obtenido del Software ETABS

Funciones para el Análisis Tiempo Historia

Para el análisis correspondiente se requiere cargar el espectro de diseño determinado en la **Cuadro N° 24** del presente proyecto para una estructura aislada, con el coeficiente de uso equivalente a $U = 1$ y un factor de Reducción $R = 2$. Las funciones para el análisis tiempo-historia son sismos reales, correspondientes a Arequipa (2001), Pisco (2007) y Maule (Chile, 2010).

Figura N° 41
Carga de la Función del Sismo de Pisco 2007

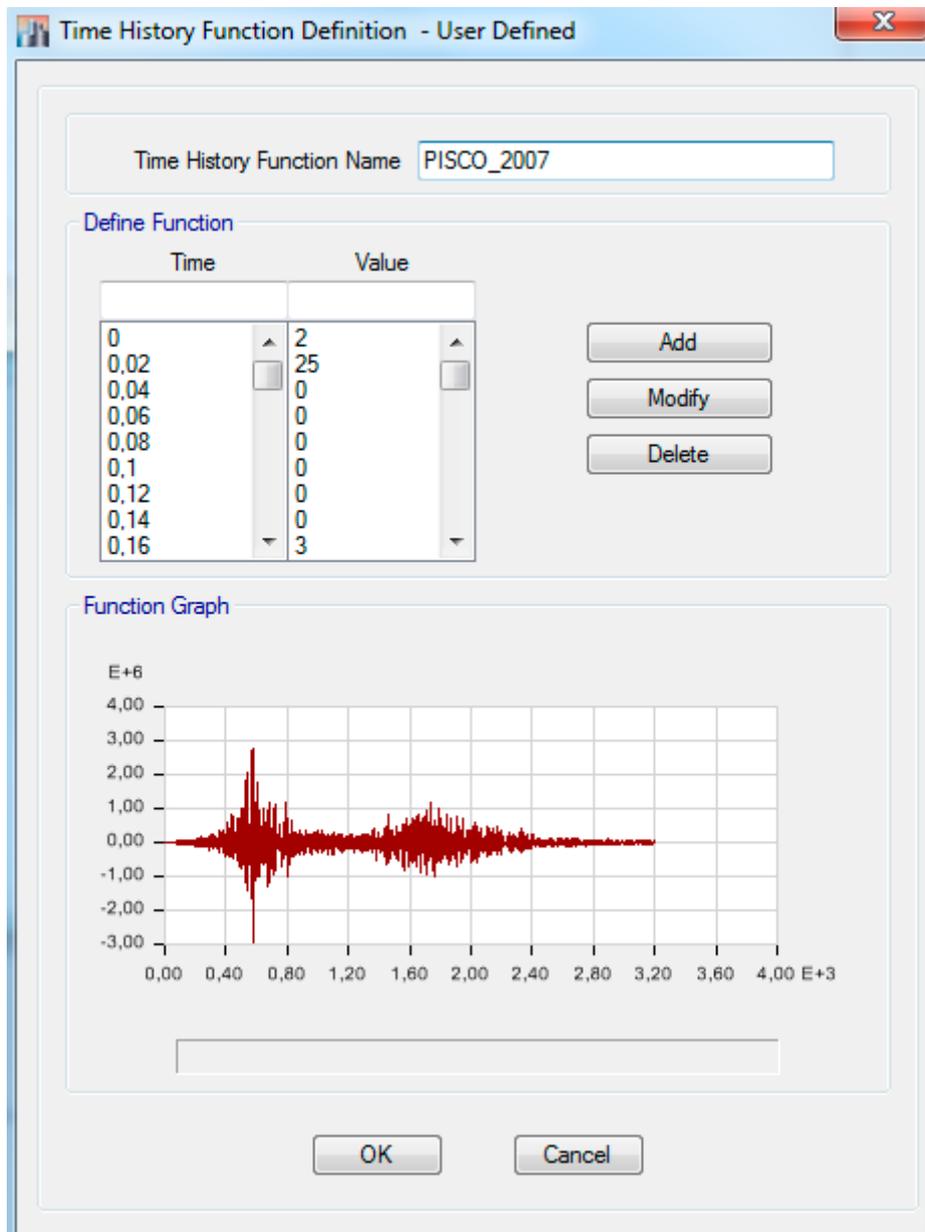


Figura: Obtenido del Software ETABS

5.8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA AISLADA

Los resultados que se tomaron en cuenta para realizar el aspecto comparativo, son periodo y frecuencia modal de la estructura aislada, peso de la estructura, desplazamientos máximos en X, Y. Además de las fuerzas cortantes.

Figura N° 42

Modelo Tridimensional con aisladores sísmicos en Análisis con ETABS

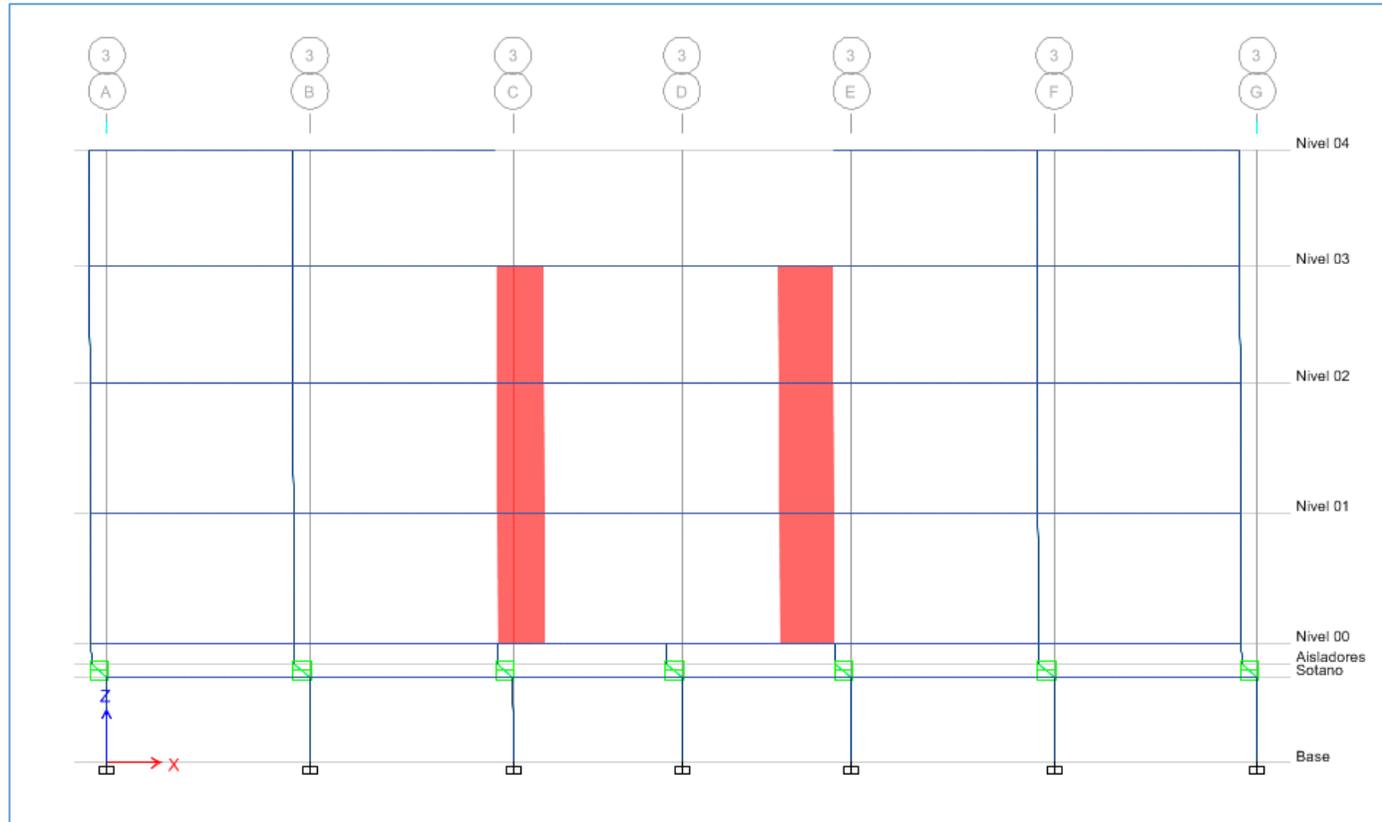


Figura: Obtenido del Software ETABS

a) Periodo y Frecuencia

Se obtuvo un periodo mayor a la estructura aislada, como se puede verificar en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 40

Periodos obtenidos del análisis de la estructura aislada

Case	Modo	Periodo	Frecuencia
		seg	ciclos/seg
Modal	1	2.088	0.479
Modal	2	2.074	0.482
Modal	3	1.912	0.523
Modal	4	1.223	0.818
Modal	5	0.391	2.559
Modal	6	0.354	2.828
Modal	7	0.324	3.091
Modal	8	0.294	3.405
Modal	9	0.21	4.754
Modal	10	0.156	6.397
Modal	11	0.153	6.521
Modal	12	0.15	6.673

Fuente: Valores obtenidos con el Software ETABS

b) Peso y Centros de Masa

El peso y masa de la estructura con un sistema de aislamiento se incrementa, por las losas macizas y las vigas que conforman el diafragma rígido del nivel cero que se puede observar en la **Figura N° 42**.

Cuadro N° 41

Peso de la estructura aislada y centros de masa

Nivel	Diafragma	Mass X	Mass Y	XCM	YCM
		kg	kg	m	m
Nivel 04	D5	733100.83	733100.83	20.4021	21.5986
Nivel 03	D4	1298140.99	1298140.99	20.4044	21.613
Nivel 02	D3	1331039.52	1331039.52	20.4067	21.6286
Nivel 01	D2	1343992.32	1343992.32	20.407	21.6299
Nivel 00	D1	2503565.62	2503565.62	20.4019	21.5995
	Peso en Tnf	7209.84	7209.84		

Fuente: Valores obtenidos con el Software ETABS

c) Fuerzas cortantes por Tiempo-Historia

Cuadro N° 42
Fuerzas cortantes por Espectro y por Tiempo-Historia

Nivel	Location	DINAMICO_ESP Max		AREQUIPA-2001		PISCO-2007		MAULE-2010	
		VX (Tnf)	VY(Tnf)	VX(Tnf)	VY(Tnf)	VX(Tnf)	VY(Tnf)	VX(Tnf)	VY(Tnf)
Nivel 04	Bottom	107.38	108.26	68.15	69.29	77.75	78.70	72.71	76.61
Nivel 03	Bottom	295.63	298.30	188.90	190.33	208.83	210.67	206.08	206.74
Nivel 02	Bottom	485.94	490.89	310.38	311.50	333.18	335.97	340.59	336.19
Nivel 01	Bottom	674.27	681.83	427.94	428.89	445.17	448.99	467.47	464.21
Nivel 00	Bottom	1019.28	1030.66	653.20	655.36	631.60	635.95	681.27	693.80
Aisladores	Bottom	1027.35	1038.80	658.50	660.66	635.91	640.27	686.21	699.13
Sótano	Bottom	1027.72	1039.17	658.74	660.91	636.11	640.47	686.43	699.38

Fuente: Cuadro Resumen obtenido con el Software ETABS

Nota: Según lo indicado en la norma para el análisis por Espectro en una estructura asilada se ha considerado como factor de Reducción **R= 2**

d) Desplazamientos relativos

Cuadro N° 43
Desplazamientos relativos por Espectro y control de deriva

Nivel	Diafragma	Caso de carga	UX	UY	UZ	Δi	hi	Distorsión	NORMA	APRUEBA NORMA
			mm	mm	mm	mm	mm		UBC FEMA	
Nivel 04	D5	SX DINAMICO_ESP Max	161.6	0.02883	0	1.8	4100	0.00043902	0.0075	SI
Nivel 03	D4	SX DINAMICO_ESP Max	159.8	0.02136	0	3.4	4100	0.00082927	0.0075	SI
Nivel 02	D3	SX DINAMICO_ESP Max	156.4	0.01342	0	5.3	4600	0.00115217	0.0075	SI
Nivel 01	D2	SX DINAMICO_ESP Max	151.1	0.007757	0	5.8	4600	0.00126087	0.0075	SI
Nivel 00	D1	SX DINAMICO_ESP Max	145.3	0.01374	0	145.3	DESPLAZAMIENTO DEL AISLADOR EN X			

Nivel	Diafragma	Caso de carga	UX	UY	UZ	Δi	hi	Distorsión	NORMA	APRUEBA NORMA
			mm	mm	mm	mm	mm		UBC FEMA	
Nivel 04	D5	SY DINAMICO_ESP Max	0.1	158.9	0	1.6	4100	0.00039024	0.0075	SI
Nivel 03	D4	SY DINAMICO_ESP Max	0.1	157.3	0	2.5	4100	0.00060976	0.0075	SI
Nivel 02	D3	SY DINAMICO_ESP Max	0.1	154.8	0	3.8	4600	0.00082609	0.0075	SI
Nivel 01	D2	SY DINAMICO_ESP Max	0.0389	151	0	4.2	4600	0.00091304	0.0075	SI
Nivel 00	D1	SY DINAMICO_ESP Max	0.01384	146.8	0	146.8	DESPLAZAMIENTO DEL AISLADOR EN Y			

Fuente: Cuadro Resumen obtenido con el Software ETABS.

Nota: La normativa UBC y FEMA establece que, para el control de deriva para análisis por espectro se debe usar $0,015/R$ donde R es el factor de Reducción, $R \leq 2$

Cuadro N° 44
Desplazamientos relativos por Espectro y control de deriva

Nivel	Diafragma	Caso de carga	UX	UY	UZ	Δi	hi	Distorsión	NORMA UBC FEMA	- APRUEBA NORMA
			mm	mm	mm	mm	mm			
Nivel 04	D5	AREQUIPA SX Max	205	0.03984	0	2.2	4100	0.0005365 9	0.01	SI
Nivel 03	D4	AREQUIPA SX Max	202.8	0.03141	0	4.3	4100	0.0010487 8	0.01	SI
Nivel 02	D3	AREQUIPA SX Max	198.5	0.02349	0	6.8	4600	0.0014782 6	0.01	SI
Nivel 01	D2	AREQUIPA SX Max	191.7	0.009859	0	7.4	4600	0.0016087 0	0.01	SI
Nivel 00	D1	AREQUIPA SX Max	184.3	0.008684	0	184.3	DESPLAZAMIENTO DEL AISLADOR EN X			

Nivel	Diafragma	Caso de carga	UX	UY	UZ	Δi	hi	Distorsión	NORMA	APRUEBA NORMA
			mm	mm	mm	mm	mm		UBC - FEMA	
Nivel 04	D5	AREQUIPA SY Max	0.02563	200.6	0	2	4100	0.0004878 0	0.01	SI
Nivel 03	D4	AREQUIPA SY Max	0.02425	198.6	0	3.2	4100	0.0007804 9	0.01	SI
Nivel 02	D3	AREQUIPA SY Max	0.02176	195.4	0	4.8	4600	0.0010434 8	0.01	SI
Nivel 01	D2	AREQUIPA SY Max	0.01874	190.6	0	5.3	4600	0.0011521 7	0.01	SI
Nivel 00	D1	AREQUIPA SY Max	0.0069	185.3	0	185.3	DESPLAZAMIENTO DEL AISLADOR EN Y			

Fuente: Cuadro Resumen obtenido con el Software ETABS.

Nota: La normativa UBC y FEMA establece que, para el control de deriva para análisis de tiempo historia, se debe usar $0,02/R$ donde R es el factor de Reducción, **$R \leq 2$**

Cuadro N° 45
Desplazamientos relativos para el Sismo de Pisco y control de Deriva

Nivel	Diafragma	Caso de carga	UX	UY	UZ	Δi	hi	Distorsión	NORMA	- APRUEBA NORMA
			mm	mm	mm	mm	mm		UBC FEMA	
Nivel 04	D5	Pisco_2007_SX Max	196.7	0.1	0	2.1	4100	0.0005122	0.01	SI
Nivel 03	D4	Pisco_2007_SX Max	194.6	0.0476 3	0	4.2	4100	0.0010243 9	0.01	SI
Nivel 02	D3	Pisco_2007_SX Max	190.4	0.0347 5	0	6.8	4600	0.0014782 6	0.01	SI
Nivel 01	D2	Pisco_2007_SX Max	183.6	0.0149 4	0	7.2	4600	0.0015652 2	0.01	SI
Nivel 00	D1	Pisco_2007_SX Max	176.4	0.0133 7	0	176.4	DESPLAZAMIENTO DEL AISLADOR EN X			

Nivel	Diafragma	Caso de carga	UX	UY	UZ	Δi	hi	Distorsión	NORMA	- APRUEBA NORMA
			mm	mm	mm	mm	mm		UBC FEMA	
Nivel 04	D5	Pisco_2007_SY Max	0.03972	193.5	0	2.1	4100	0.0005122	0.01	SI
Nivel 03	D4	Pisco_2007_SY Max	0.03672	191.4	0	3.1	4100	0.0007561	0.01	SI
Nivel 02	D3	Pisco_2007_SY Max	0.03192	188.3	0	4.9	4600	0.0010652 2	0.01	SI
Nivel 01	D2	Pisco_2007_SY Max	0.02522	183.4	0	5.2	4600	0.0011304 3	0.01	SI
Nivel 00	D1	Pisco_2007_SY Max	0.01341	178.2	0	178.2	DESPLAZAMIENTO DEL AISLADOR EN Y			

Fuente: Cuadro Resumen obtenido con el Software ETABS.

Nota: La normativa UBC y FEMA establece que, para el control de deriva para análisis de tiempo historia, se debe usar $0,02/R$ donde R es el factor de Reducción, **$R \leq 2$**

Cuadro N° 46

Desplazamientos relativos para el Sismo de Maule - Chile y control de deriva

Nivel	Diafragma	Caso de carga	UX	UY	UZ	Δi	hi	Distorsión	NORMA	APRUEBA NORMA
			mm	mm	mm	mm	mm		UBC FEMA	
Nivel 04	D5	Maule_Chile_X Max	259.5	8	0	2.8	4100	3	0.006829 0.01	SI
Nivel 03	D4	Maule_Chile_X Max	256.7	2	0	5.5	4100	6	0.0013414 0.01	SI
Nivel 02	D3	Maule_Chile_X Max	251.2	7	0	8.7	4600	0.0018913	0.01	SI
Nivel 01	D2	Maule_Chile_X Max	242.5	93	0	9.5	4600	2	0.0020652 0.01	SI
Nivel 00	D1	Maule_Chile_X Max	233	07	0	233	DESPLAZAMIENTO DEL AISLADOR EN X			

Nivel	Diafragma	Caso de carga	UX	UY	UZ	Δi	hi	Distorsión	NORMA	APRUEBA NORMA
			mm	mm	mm	mm	mm		UBC FEMA	
Nivel 04	D5	Maule_Chile_Y Max	0.009239	253.2	0	2.6	4100	0.0006341 5	0.01	SI
Nivel 03	D4	Maule_Chile_Y Max	0.008817	250.6	0	4	4100	0.0009756 1	0.01	SI
Nivel 02	D3	Maule_Chile_Y Max	0.007822	246.6	0	6.2	4600	0.0013478 3	0.01	SI
Nivel 01	D2	Maule_Chile_Y Max	0.00555	240.4	0	6.7	4600	0.0014565 2	0.01	SI
Nivel 00	D1	Maule_Chile_Y Max	0.007831	233.7	0	233.7	DESPLAZAMIENTO DEL AISLADOR EN Y			

Fuente: Cuadro Resumen obtenido con el Software ETABS.

Nota: La normativa UBC y FEMA establece que, para el control de deriva para análisis de tiempo historia, se debe usar $0,02/R$ donde R es el factor de Reducción, **$R \leq 2$**

5.9. ANÁLISIS COMPARATIVO Y CONTRASTE DE HIPÓTESIS

Inicialmente se partió con la idea reconocida (teorías) que un sistema aislación incrementaba el periodo en una edificación, sin embargo se desconocía en qué proporción se podría incrementar el periodo de la estructura B3 del Hospital Neoplásicas. Por lo tanto comparando los periodos obtenidos de los dos modelos matemáticos desarrollados en el software ETABS se tiene que el incremento del periodo supera el 360% para el primer caso modal. Esto significa que de un periodo bajo, con el sistema de aislamiento se logró elevar el periodo hasta $T = 2.088$ s.

Cuadro N° 47
Porcentaje de Incremento del Periodo

Caso Modal	Periodo	Periodo	%
	BASE FIJA	BASE AISLADO	Incremento del Periodo
Caso Modal 1	0.575	2.088	363%
Caso Modal 2	0.516	2.074	402%
Caso Modal 3	0.479	1.912	399%
Caso Modal 4	0.169	1.223	724%
Caso Modal 5	0.164	0.391	238%
Caso Modal 6	0.13	0.354	272%
Caso Modal 7	0.102	0.324	318%
Caso Modal 8	0.1	0.294	294%
Caso Modal 9	0.07	0.21	300%
Caso Modal 10	0.067	0.156	233%
Caso Modal 11	0.054	0.153	283%
Caso Modal 12	0.044	0.15	341%

Este incremento favorable del periodo en la estructura aislada, se refleja además en la disminución de las aceleraciones, puesto que las frecuencias disminuyen y como consecuencia las vibraciones son más largas. El porcentaje de disminución de las aceleraciones supera el 70% para el primer caso modal, como se puede verificar en la siguiente Cuadro.

Cuadro N° 48**Porcentaje de disminución de las aceleraciones**

Mode	Frecuencia FIJO	Frecuencia AISLADO	% DE DISMINUCION DE LA ACELERACION
Caso Modal 1	1.738	0.479	72%
Caso Modal 2	1.939	0.482	75%
Caso Modal 3	2.089	0.523	75%
Caso Modal 4	5.92	0.818	86%
Caso Modal 5	6.091	2.559	58%
Caso Modal 6	7.674	2.828	63%
Caso Modal 7	9.851	3.091	69%
Caso Modal 8	9.951	3.405	66%
Caso Modal 9	14.225	4.754	67%
Caso Modal 10	14.866	6.397	57%
Caso Modal 11	18.577	6.521	65%
Caso Modal 12	22.499	6.673	70%

En lo que respecta a las derivas, se puede decir que en vista que los desplazamientos han disminuido para el análisis por Espectro, las derivas también se han minimizado con el sistema aislado.

Cuadro N° 49
Porcentaje de reducción de derivas

NIVEL	DISTORSION EN X		
	DERIVAS FIJO EN X	DERIVAS AISLADO EN Y	% DE REDUCCION
Nivel 04	0.004634	0.00043902	91%
Nivel 03	0.006878	0.00082927	88%
Nivel 02	0.008304	0.00115217	86%
Nivel 01	0.005261	0.00126087	76%
NIVEL	DISTORSION EN Y		
	DERIVAS FIJO EN Y	DERIVAS AISLADO EN Y	% DE REDUCCION
Nivel 04	0.004	0.00039024	90%
Nivel 03	0.005902	0.00060976	90%
Nivel 02	0.006826	0.00082609	88%
Nivel 01	0.003935	0.00091304	77%

Como se observa en la Cuadro las derivas disminuyen hasta en 90% en el último nivel, mientras que supera el 70% en los primeros niveles.

En lo que respecta a las fuerzas cortantes, las reducciones también son notables, incluso comparando con las cortantes generadas por los sismos más fuertes. Por lo que se ha comprobado que el comportamiento estructural del hospital Neoplásicas, implementado con un sistema de aislamiento sísmico, mejora favorablemente frente a eventos sísmicos que pudieran darse en el distrito de Concepción.

CAPITULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

6.1. DISCUSIÓN

Esta investigación surgió con el propósito de analizar el comportamiento estructural de la estructura del hospital de Neoplásicas IREN, implementado con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción. Tomándose para ello el Bloque B3 del Proyecto, el cual fue modelado en el software ETABS V. 2015 con las diferentes condiciones para los análisis correspondientes.

La suposición inicial con la cual se inició el proyecto, fue que el comportamiento estructural frente a solicitaciones sísmicas mejora favorablemente cuando a la estructura se le incorpora un sistema de aislamiento sísmico, esto por las experiencias verificadas en diversos proyectos construidos a nivel mundial y que recomiendan el uso de estos dispositivos para incrementar los factores de seguridad en zonas sísmicas de alto riesgo. Sin embargo, se desconocía inicialmente como es que el aislamiento sísmico de una estructura mediante aisladores de alto amortiguamiento lograba mejorar el comportamiento estructural de una edificación.

Por tanto, en el proyecto se procedió a pre dimensionar un dispositivo de aislamiento sísmico, con la correspondiente rigidez inicial y efectiva específicamente requerida para la estructura hospitalaria, obteniéndose un dispositivo de 0.70 m. Y que implementado el sistema de aisladores en la

edificación se comportase como un amortiguador que disminuya la fuerza sísmica en la estructura aislada.

Se realizó el modelo matemático para la estructura con base fija y la base aislada, En el primer caso mediante el análisis estático y dinámico se logró obtener valores en periodo, frecuencia, masa, fuerzas cortantes, desplazamientos y derivas que sirvieron como referente para una comparación analítica de los resultados. En el segundo caso se realizó el modelo matemático con la base aislada y se logró obtener valores mucho más favorables que en el caso de la estructura con base fija.

Los resultados obtenidos de mayor importancia para el diseño con un sistema de aislamiento, fueron: el incremento del periodo hasta en 3.5 veces, así como la disminución de las derivas de entrepiso en un rango de 75% - 91% en comparación con el sistema fijo. Mientras que en el caso de las fuerzas cortantes, la reducción de las mismas se encuentra entre el 53% - 67%, esto significa que en vista que la edificación es sometida a una fuerza cortante menor, sus esfuerzos resultantes son menores; razones por las cuales se establece que: el comportamiento sísmico de la estructura aislada mejora notablemente.

Cuadro N° 50

Resumen de los incremento y reducción de valores obtenidos

Indicador	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL			
	Estructura Empotrada	Estructura Aislada	Porcentaje de Incremento	Porcentaje de reducción
Periodo de la estructura	0.575 s	2.088 s	363%	
Derivas en el último nivel (Dirección X)	0.004634	0.0004390		91%
Derivas en el último nivel (Dirección Y)	0.004	0.00039024		90%
Cortantes en el Primer nivel (Dirección X)	1439.98 tn	674.27 tn		53%
Cortantes en el Primer nivel (Dirección Y)	1435.53 tn	681.83 tn		53%

En lo que respecta al primer problema específico, que requiere determinar las recomendaciones para diseñar una estructura de uso hospitalario o médico, según la normativa peruana: se puede verificar que la norma exige el uso de

aisladores sísmicos para este tipo de estructuras, sin embargo no establece los parámetros adecuados para las condiciones peruanas, recomendando el uso de normativa internacional.

En el caso del segundo problema específico, considerando la norma E030 es factible proponer un sistema estructural dual en base a pórticos y placas de concreto armado, puesto que se ha demostrado que el uso de este sistema estructural responde de forma efectiva tanto en el análisis estático como dinámico aunque el sistema se encuentre con base fija o empotrado en el suelo.

Respecto a los sistemas de aislamiento sísmico, el sistema de aisladores en base al dispositivo HDRB (Alto amortiguamiento), disminuyó las fuerzas cortantes hasta en 67% en el último nivel y 53% en el primer nivel, lo que significa que su capacidad de amortiguamiento favoreció a la respuesta estructural del edificio. Por tanto, es apropiada la selección, así como su pre dimensionamiento.

En lo que respecta a las normativas internacionales, establecidas para el uso de sistemas de aislamiento sísmico; se pudo determinar que actualmente rigen la ASCE, UBC 97, FEMA y como referente local se tiene a la norma chilena NCh2745, sin embargo cabe señalar que en las normativas se establecen los criterios mínimos para diseño, por tanto el tomar valores mayores tanto en combinaciones de carga, fuerzas sísmicas o evaluación con más de tres registros sísmicos en el caso del análisis tiempo historia no afecta al diseño final, más al contrario incrementa el factor de seguridad de la edificación.

En el problema específico respecto el procedimiento de diseño, se pudo llegar a determinar que inicialmente se procede a estimar las cargas axiales en el sistema, puesto que se requiere saber cuánta carga vertical llegará a soportar cada dispositivo y de acuerdo a esto establecer la rigidez horizontal del sistema. Así mismo se establece el desplazamiento de diseño y desplazamiento máximo que en este caso particular arrojó un valor de 0.28 m. Con estos valores, cargas axiales, rigidez vertical y horizontal, desplazamientos máximos, se puede determinar altura y diámetro del caucho que será complementada con las láminas de acero, en este caso particular arrojó un dispositivo de 0.7 m de diámetro y altura de 0.33 metros.

En lo que respecta a los resultados del análisis estático y dinámico, tiempo historia de la estructura con un sistema de aislamiento con dispositivos HDRB, se obtuvo resultados aceptables tanto en periodo como en derivas, si bien es cierto

que inicialmente para el diseño del dispositivo se tuvo en cuenta un periodo alto de 2.5 s, en los cálculos se obtuvo un periodo superior a 2.0 s. En lo que respecta a las derivas, también se pudo verificar que los desplazamientos relativos de entrepiso no superaron los límites de distorsión establecidos por la normativa UBC y FEMA, así como tampoco superaron el límite establecido en la norma E030 que establece como límite de distorsión de entrepiso el valor de 0,007.

Por último, es importante señalar que el mayor desplazamiento en el sistema aislado, se dio en la interfaz de aisladores; corroborando la teoría que indica que la energía sísmica es disipada mediante el amortiguamiento del dispositivo; dispositivo que transforma la energía en desplazamiento. También se pudo corroborar que debido a la gran flexibilidad de la interfaz de aislamiento, la estructura se desacopla en dos masas, actuando la estructura sobre el sistema de aislamiento como un bloque rígido que desde el nivel cero al último nivel apenas sufre pequeñas distorsiones en el rango de 2-3 cm, para el caso de los sismos más severos sucedidos en las últimas dos décadas; como es el caso de Arequipa (2001), Pisco (2007) y Maule (Chile 2010),

CONCLUSIONES

- 1.- Mediante el análisis de la estructura Bloque B3 del hospital Neoplásicas con un sistema de aislamiento con dispositivos HDRB, en una zona 3, con un suelo de tipo intermedio S2 y con un sistema estructural dual; se pudo verificar que gracias al incremento del periodo natural del sistema; las aceleraciones de entrepiso disminuyen hasta en un 90% mejorando el comportamiento estructural de la edificación, lográndose de esta manera un diseño antisísmico de funcionalidad continua posterior a un sismo de gran magnitud.
- 2.- La norma E030 incluye la directiva para el uso de sistemas de aislamiento en estructuras de tipo esencial, por el momento no se establece los criterios básicos de diseño o pre dimensionamiento por lo que es necesario recurrir a la normativa FEMA y UBC.
- 3.- El procedimiento de diseño para un sistema de aislamiento parte inicialmente de las condiciones de zona, suelo y configuración estructural de la estructura, procediendo luego con la estimación de las cargas estructurales a soportar por el sistema, dado que esta información proporciona los requerimientos tanto de rigidez lateral como de rigidez horizontal.
- 4.- Dentro de los sistemas de aislamiento de base, el uso de dispositivos elastoméricos se ha ido incrementando por su versatilidad, facilidad de uso y mantenimiento, siendo los principales elastoméricos de alto amortiguamiento y los que incrementan la rigidez horizontal con núcleo de plomo. En la estructura se consideró para el diseño los dispositivos de alto amortiguamiento HDRB, puesto que la estructura no supera los límites o propiedades establecidas para estos dispositivos siendo innecesarias propuestas como los LRB y perpendiculares. Como resultado de un análisis estático, dinámico y de tiempo historia se pudo verificar que el periodo de la estructura se incrementó hasta en un 360% respecto al periodo inicial, lográndose cumplir con no exceder las derivas impuestas por la normativa internacional, así mismo las fuerzas cortantes se redujeron hasta en 67%, esto significa que la estructura aislada ante un sismo no sufrirá daño estructural.

RECOMENDACIONES

1.- En futuras edificaciones de estructuras de vital importancia debería considerarse el uso de este tipo de aisladores HDRB para un comportamiento antisísmico y de funcionalidad continua.

2.- Es recomendable que la Norma Peruana E030, sea actualizada con los requerimientos básicos para implementar los sistemas de aislamiento exigiendo que los sistemas aislados cumplan con los requisitos de resistencia, es decir que la estructura aislada se diseñe inicialmente como una estructura convencional; de esta forma se reduce los riesgos sísmicos notablemente.

3.- La norma internacional y la norma peruana exigen un análisis por tiempo historia para el sistema estructural aislado con varios pares de registros los cuales ayudan a determinar la rigidez lateral y horizontal; sin embargo, los acelerogramas que se encuentran en disposición de los profesionales en algunos casos presentan errores lo cual conlleva a generar nuestros propios diseños de acelerogramas.

4.- En lo que respecta a los dispositivos de aislamiento sísmico, se recomienda disponer para su implementación de aisladores de mayor envergadura o tamaño a los obtenidos en el cálculo de predimensionamiento. Esto debido a que estos no son fabricados a medida, sino son comercializados en medidas típicas. El elegir un dispositivo aislador con unos centímetros de más, añade un factor de seguridad no previsto en los cálculos, esto sin afectar el comportamiento estructural de la edificación y el sistema de aislamiento. Se debe considerar el uso de aisladores HDRB porque incrementa notablemente el periodo de la estructura en 360% y reduce las fuerzas cortantes hasta 67%

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el distrito de Concepción, 2016.

PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEORICO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cómo es el Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>a) ¿Cómo es el análisis del estudio de suelo en el Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016?</p> <p>b) ¿Cuál es el tipo de configuración estructural en el Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el distrito de Concepción, 2016?</p> <p>c) ¿Cómo es el pre dimensionamiento del dispositivo en el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el distrito de Concepción, 2016?</p> <p>d) ¿Cómo son los resultados del Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el distrito de Concepción, 2016?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Analizar el comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Determinar el análisis del estudio de suelo en el Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016.</p> <p>b) Reconocer el tipo de configuración estructural en el Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el distrito de Concepción, 2016.</p> <p>c) Determinar el pre dimensionamiento del dispositivo en el Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el distrito de Concepción, 2016.</p> <p>d) Comparar los resultados del Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores en el Distrito de Concepción, 2016.</p>	<p>A NIVEL INTERNACIONAL</p> <p>a) La Bach. Bonilla Sosa, Marlene (2012) en la tesis: “Teoría del Aislamiento Sísmico para Edificaciones” de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México llega a las siguientes conclusiones: Al utilizar los aisladores de base, se obtienen mayores periodos de la estructura, por lo tanto, menores aceleraciones, provocando que las fuerzas sísmicas disminuyan. Esto trae como beneficio menores acciones sobre la estructura y en consecuencia menores elementos mecánicos, lo que contribuye a menores demandas de diseño. Al tener menores demandas de diseño, se logran menores secciones de los elementos estructurales, lo que redundará en menor costo y peso total de la estructura. Se obtienen menores desplazamientos horizontales relativos de entrepiso, ayudando a un mejor comportamiento de la estructura (distorsiones). Con la inclusión de apoyos de aislamiento sísmico, se logra disipar mucho mejor la energía sísmica, ante este tipo de eventos naturales.</p> <p>b) Los Bach. Carmona Ramírez P., Roas Fetta y Angello Jesús (2015) en la Tesis: “Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico Dinámico del diseño normativo sísmo-resistente de un sistema dual frente al modelo con aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR) de un sistema aporticado, del Edificio de Oficinas Schell de seis pisos ubicado en la Provincia de Lima – Perú”. Sustentada en la facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas realizan un estudio comparativo en la cual llegan a las siguientes conclusiones: “En el sistema aislado ocurren menores desplazamientos horizontales relativos de entrepiso, lo cual ayudará a un mejor comportamiento de la estructura”.</p> <p>c) Los bachilleres Korswagen Eguren, Paul; Arias Ricse, Julio y Huaríngá Huamani, Pamela (2014) en la Tesis: “Análisis y Diseño de Estructuras con Aisladores Sísmicos en el Perú”. de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en la Carrera profesional de Ingeniera Civil llegaron a la siguiente conclusión: La aislación sísmica de edificaciones en el Perú resulta beneficiosa en la mayoría de los casos, debido a que las frecuencias predominantes de los sismos son altas, lo que implica que estructuras con periodos altos, como es el caso de las estructuras con aislación, no amplifican las aceleraciones. No obstante, la frecuencia de vibración de los suelos debe tenerse en cuenta, por lo que los suelos del tipo S3, por lo general con frecuencias bajas de amplificación, resultan indeseables.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL El Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016, es eficaz.</p> <p>HIPOTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>a) El análisis del estudio de suelo en el Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016 es adecuado.</p> <p>b) El tipo de configuración estructural en el Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016 es eficiente.</p> <p>c) El pre dimensionamiento del dispositivo en el Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016 es eficiente.</p> <p>d) Los resultados obtenidos del Comportamiento sísmico en edificaciones con aisladores sísmicos en el distrito de Concepción, 2016 son óptimos.</p>	<p>1. VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>(x): Comportamiento sísmico.</p> <p>Dimensiones:</p> <p>a. Estudio de suelo.</p> <p>b. Configuración estructural.</p> <p>c. Predimensionamiento del aislador.</p> <p>d. Resultados.</p> <p>2. VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>(y): Aisladores Sísmicos.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACION Aplicativo.</p> <p>NIVEL DE LA INVESTIGACION Descriptiva - Comparativo.</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACION No experimental - transversal - descriptivo comparativo.</p> <p>Se realizará un diseño de investigación por objetivos.</p> <p>O.G. $\left[\begin{matrix} oe1 & cp1 \\ oe2 & cp2 \end{matrix} \right]$ H.G - C.F.</p> <p>Dónde: O.G. = Objetivo General. o.e. = Objetivos específicos Cp = Conclusión parcial C.F = Conclusiones finales H.G. = Hipótesis General</p> <p>secuencia lógica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recopilación Bibliográfica - Análisis estructural de la edificación - Diseño de dispositivos - Modelamiento de la estructura en ETABS, con la masa, rigidez y amortiguamiento obtenidos. - Análisis y discusión de resultados <p>METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION Método Universal Científico - Carrasco Díaz</p> <p>TECNICAS Observación, análisis y comparación.</p> <p>INSTRUMENTOS Guía de observación. Bibliografía referente al tema de investigación, Norma Peruana E 030 para diseño sísmo resistente y a norma internacional UBC 97, ASCE 7. Softwares: Office 2016, Excel para procesamiento de datos. AutoCad 2016, para edición de dibujos y visualización de planos. Etabs para cálculo estructural.</p>

ANEXOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoc@uni.edu.pe - Página http://www.cisimj-uni.org

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG13-082
Solicitante : ING. PEDRO ALARCON FARFAN
Proyecto : Hospital Neoplásicas del Centro

Fecha : Marzo, 2013

Ubicación : Prov. Concepción, Dpto. Junín

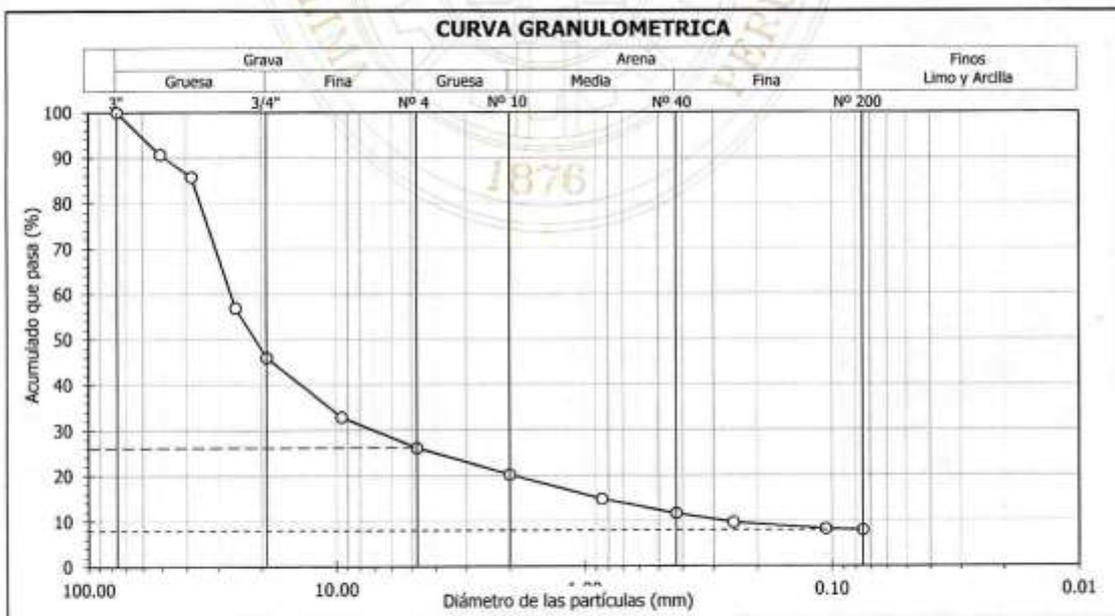
Sondaje : C - 11
Muestra : M - 01
Profundidad (m) : 0.80 - 5.00

Hoja : 1 de 1

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	90.7
1½"	38.100	85.8
1"	25.400	56.9
¾"	19.050	46.0
3/8"	9.525	32.9
Nº 4	4.750	26.1
Nº 10	2.000	20.2
Nº 20	0.850	14.8
Nº 40	0.425	11.6
Nº 60	0.250	9.6
Nº 140	0.106	8.2
Nº 200	0.075	7.9

Contenido de humedad (%)		2.2
Límites de consistencia	Límite Líquido (%)	23
	Límite Plástico (%)	15
	Índice de Plasticidad (%)	8
	Límite de Contracción (%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coefficiente de Uniformidad (Cu)	95.2
	Coefficiente de Curvatura (Cc)	6.8
	Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%)	73.9
	Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%)	18.2
	Finos [φ < Nº 200] (%)	7.9

Clasificación	
AASHTO	SUCS
A-2-4 (0)	GP - GC
Grava mal gradada con arcilla y arena	



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

David Luna Durán
DAVID LUNA DURÁN
INGENIERO CIVIL - CIP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeo@uni.edu.pe - Página <http://www.cimmid-uni.org>

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO
(ASTM - D3080)

Informe : LG13-082
Solicitante : ING. PEDRO ALARCON FARFAN
Proyecto : Hospital Neoplásicas del Centro

Fecha : Marzo, 2013

Ubicación : Prov. Concepción, Dpto. Junín

Sondaje : C - 11
Muestra : M - 01
Prof. (m) : 0.80 - 5.00
Estado : Remoldeado

Velocidad : 0.50 mm/min
AASHTO : A-2-4 (0)
SUCS : GP - GC / Grava mal gradada con arcilla y arena
Hoja : 1 de 4

ESFUERZO NORMAL : 1 kg/cm²

Datos del espécimen

Diámetro : 6 cm
Altura : 2 cm

Contenido de humedad

Humedad : 2.2 %

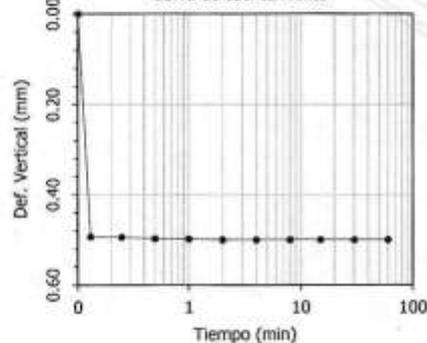
Aplicación del esfuerzo normal

Tiempo (min)	Deform. Vertical (mm)	Altura (mm)	Densidad seca (g/cm ³)
0	0.000	20.000	1.660
0.13	0.493	19.507	1.702
0.25	0.494	19.506	1.702
0.5	0.497	19.503	1.702
1	0.498	19.502	1.702
2	0.500	19.500	1.703
4	0.500	19.500	1.703
8	0.500	19.500	1.703
15	0.500	19.500	1.703
30	0.500	19.500	1.703
60	0.500	19.500	1.703

Aplicación del esfuerzo cortante

Deformación		Altura (mm)	Densidad seca (g/cm ³)	Esfuerzo	
Horizontal (%)	Vertical (mm)			Cortante (kg/cm ²)	Normalizado
0.00	0.000	19.500	1.703	0.000	0.000
0.05	0.005	19.495	1.703	0.165	0.165
0.10	0.010	19.490	1.703	0.238	0.238
0.20	0.025	19.475	1.705	0.331	0.331
0.35	0.035	19.465	1.706	0.430	0.430
0.50	0.040	19.460	1.706	0.529	0.529
0.75	0.043	19.457	1.706	0.595	0.595
1.00	0.045	19.455	1.706	0.628	0.628
1.25	0.045	19.455	1.706	0.678	0.678
1.50	0.045	19.455	1.706	0.701	0.701
1.75	0.047	19.453	1.707	0.727	0.727
2.00	0.050	19.450	1.707	0.744	0.744
2.50	0.050	19.450	1.707	0.760	0.760
3.00	0.050	19.450	1.707	0.793	0.793
3.50	0.050	19.450	1.707	0.800	0.800
4.00	0.050	19.450	1.707	0.810	0.810
4.50	0.050	19.450	1.707	0.816	0.816
5.00	0.050	19.450	1.707	0.826	0.826
6.00	0.050	19.450	1.707	0.826	0.826
7.00	0.050	19.450	1.707	0.826	0.826
8.00	0.050	19.450	1.707	0.816	0.816
9.00	0.050	19.450	1.707	0.810	0.810
10.00	0.050	19.450	1.707	0.793	0.793
11.00	0.050	19.450	1.707	0.793	0.793
12.00	0.050	19.450	1.707	0.793	0.793

Curva de asentamiento



Observación :

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz Nº 4, humedad = 2.2%, densidad seca = 1.66g/cm³. Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

David Luna Durán
DAVID LUNA DURÁN
INGENIERO CIVIL - CIP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoc@uni.edu.pe - Página http://www.cismid-uni.org

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO
(ASTM - D3080)

Informe : LG13-082
Solicitante : ING. PEDRO ALARCON FARFAN
Proyecto : Hospital Neoplásicas del Centro

Fecha : Marzo, 2013

Ubicación : Prov. Concepción, Dpto. Junín

Sondaje : C - 11
Muestra : M - 01
Prof. (m) : 0.80 - 5.00
Estado : Remoldeado

Velocidad : 0.50 mm/min
AASHTO : A-2-4 (0)
SUCS : GP - GC / Grava mal gradada con arcilla y arena
Hoja : 2 de 4

ESFUERZO NORMAL : 2 kg/cm²

Datos del espécimen

Diámetro : 6 cm
Altura : 2 cm

Contenido de humedad

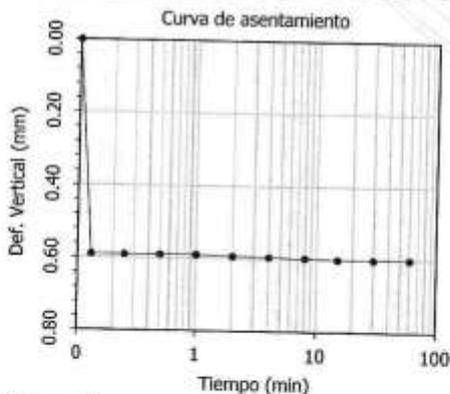
Humedad : 2.2 %

Aplicación del esfuerzo normal

Tiempo (min)	Deform. Vertical (mm)	Altura (mm)	Densidad seca (g/cm ³)
0	0.000	20.000	1.660
0.13	0.590	19.410	1.710
0.25	0.590	19.410	1.710
0.5	0.590	19.410	1.710
1	0.590	19.410	1.710
2	0.593	19.407	1.711
4	0.595	19.405	1.711
8	0.597	19.403	1.711
15	0.600	19.400	1.711
30	0.600	19.400	1.711
60	0.600	19.400	1.711

Aplicación del esfuerzo cortante

Deformación		Altura (mm)	Densidad seca (g/cm ³)	Esfuerzo	
Horizontal (%)	Vertical (mm)			Cortante (kg/cm ²)	Normalizado
0.00	0.000	19.400	1.711	0.000	0.000
0.05	0.000	19.400	1.711	0.297	0.149
0.10	0.005	19.395	1.712	0.430	0.215
0.20	0.025	19.375	1.714	0.496	0.248
0.35	0.050	19.350	1.716	0.595	0.297
0.50	0.072	19.328	1.718	0.661	0.331
0.75	0.110	19.290	1.721	0.760	0.380
1.00	0.130	19.270	1.723	0.859	0.430
1.25	0.148	19.252	1.724	0.926	0.463
1.50	0.160	19.240	1.726	0.992	0.496
1.75	0.170	19.230	1.726	1.058	0.529
2.00	0.177	19.223	1.727	1.107	0.554
2.50	0.185	19.215	1.728	1.206	0.603
3.00	0.195	19.205	1.729	1.289	0.645
3.50	0.200	19.200	1.729	1.355	0.678
4.00	0.200	19.200	1.729	1.388	0.694
4.50	0.200	19.200	1.729	1.454	0.727
5.00	0.200	19.200	1.729	1.487	0.744
6.00	0.200	19.200	1.729	1.487	0.744
7.00	0.200	19.200	1.729	1.481	0.740
8.00	0.200	19.200	1.729	1.471	0.735
9.00	0.200	19.200	1.729	1.454	0.727
10.00	0.200	19.200	1.729	1.444	0.722
11.00	0.200	19.200	1.729	1.444	0.722
12.00	0.200	19.200	1.729	1.444	0.722



Observación :

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz N° 4, humedad = 2.2%, densidad seca = 1.66g/cm³. Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

David Luna Durán
DAVID LUNA DURÁN
INGENIERO CIVIL - CIP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf: (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo: labgeoc@uni.edu.pe - Página: http://www.cisimid-uni.org

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO
(ASTM - D3080)

Informe : LG13-082
Solicitante : ING. PEDRO ALARCON FARFAN
Proyecto : Hospital Neoplásicas del Centro

Fecha : Marzo, 2013

Ubicación : Prov. Concepción, Dpto. Junín

Sondaje : C - 11
Muestra : M - 01
Prof. (m) : 0.80 - 5.00
Estado : Remoldeado

Velocidad : 0.50 mm/min
AASHTO : A-2-4 (0)
SUCS : GP - GC / Grava mal gradada con arcilla y arena
Hoja : 3 de 4

ESFUERZO NORMAL : 4 kg/cm²

Datos del espécimen

Diámetro : 6 cm
Altura : 2 cm

Contenido de humedad

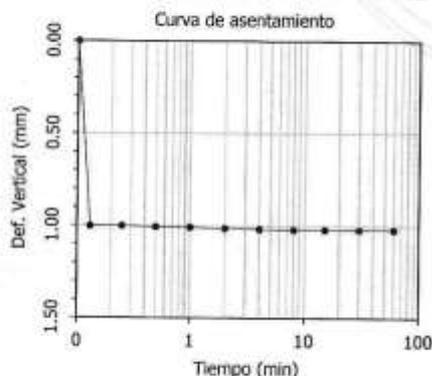
Humedad : 2.2 %

Aplicación del esfuerzo normal

Tiempo (min)	Deform. Vertical (mm)	Altura (mm)	Densidad seca (g/cm ³)
0	0.000	20.000	1.660
0.13	1.000	19.000	1.747
0.25	1.000	19.000	1.747
0.5	1.005	18.995	1.748
1	1.008	18.992	1.748
2	1.014	18.986	1.749
4	1.017	18.983	1.749
8	1.020	18.980	1.749
15	1.020	18.980	1.749
30	1.020	18.980	1.749
60	1.020	18.980	1.749

Aplicación del esfuerzo cortante

Deformación		Altura (mm)	Densidad seca (g/cm ³)	Esfuerzo	
Horizontal (%)	Vertical (mm)			Cortante (kg/cm ²)	Normalizado
0.00	0.000	18.980	1.749	0.000	0.000
0.05	0.005	18.975	1.750	0.331	0.083
0.10	0.015	18.965	1.751	0.397	0.099
0.20	0.040	18.940	1.753	0.562	0.140
0.35	0.060	18.920	1.755	0.694	0.174
0.50	0.110	18.870	1.759	0.826	0.207
0.75	0.130	18.850	1.761	1.025	0.256
1.00	0.185	18.795	1.766	1.190	0.297
1.25	0.220	18.760	1.770	1.289	0.322
1.50	0.248	18.732	1.772	1.388	0.347
1.75	0.280	18.700	1.775	1.521	0.380
2.00	0.310	18.670	1.778	1.603	0.401
2.50	0.330	18.650	1.780	1.752	0.438
3.00	0.360	18.620	1.783	1.851	0.463
3.50	0.385	18.595	1.785	1.950	0.488
4.00	0.400	18.580	1.787	2.149	0.537
4.50	0.415	18.565	1.788	2.281	0.570
5.00	0.430	18.550	1.790	2.347	0.587
6.00	0.460	18.520	1.793	2.578	0.645
7.00	0.490	18.490	1.796	2.744	0.686
8.00	0.515	18.465	1.798	2.750	0.688
9.00	0.520	18.460	1.798	2.760	0.690
10.00	0.532	18.448	1.800	2.760	0.690
11.00	0.532	18.448	1.800	2.760	0.690
12.00	0.532	18.448	1.800	2.760	0.690



Observación :

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz Nº 4, humedad = 2.2%, densidad seca = 1.66g/cm³. Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

David Luna Durán
DAVID LUNA DURÁN
INGENIERO CIVIL - CIP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH

LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 020764

ANÁLISIS DE SUELO SALES

SOLICITANTE : ING. PEDRO ALARCON FARFAN
PROYECTO : Hospital Neoplásicas Centro
UBICACIÓN : Concepción - Junín
RESP. ANALISIS : Tec. Nelson Guerrero Pardo
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 26 de Marzo del 2013

Nº Lab.	Nº Campo	S.S.T. (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	pH	M.O. (%)
20764	C - 5	423.30	21.23	55.75	7.96	3.82

Métodos

Sales Solubles Totales: Determ. de Sales Solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.152 - 2002

Cloruro Soluble: Determ. de cloruros solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.177 - 2002

Sulfato Soluble: Determ. de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.176 - 2002

pH: Método Potenciométrico

Materia orgánica: Método de calcinación

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

ING. RICARDO AZÓLLA NALVARTE
JEFE DE LABORATORIO





ARQUITECTURA E INGENIERÍA
EDIFICACIONES Y OTROS SERVICIOS GENERALES
MECÁNICA DE SUELOS

GARUDHA INGENIEROS S.A.C.



PROYECTO : HOSPITAL NEOPLASICAS DEL CENTRO - JUNIN
OBRA : CONSTRUCCIÓN
UBICACIÓN : CONCEPCION - JUNIN
HECHO POR : JCHR/AZ

FECHA : :

Marzo 2013

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

MUESTRAS

CALICATA	C - 2	C - 2	C - 4	C - 6	C - 8
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 1	M - 1	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	0.00-0.80	0.80-3.00	0.80-3.00	0.80-5.00	0.80-5.00
FRASCO No	70	152	74	106	45
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs 82.24	74.80	89.68	82.89	96.95
2. Peso recipiente + suelo seco	grs 76.51	66.74	84.85	79.59	93.80
3. Peso de agua	(1) - (2) grs 5.73	8.06	4.83	3.30	3.15
4. Peso de recipiente	grs 5.94	5.24	5.40	5.83	5.85
5. Peso de suelo seco	(2) - (4) grs 70.57	61.50	79.45	73.76	87.95
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 % 8.12	13.11	6.08	4.47	3.58

MUESTRAS

CALICATA	C - 11	C - 11	C - 17	C - 17	C - 19
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 1	M - 2	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	0.00-0.80	0.80-5.00	0.00-0.80	0.80-5.00	0.80-5.00
FRASCO No	100	134	55	149	24
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs 80.09	79.74	88.05	100.13	92.47
2. Peso recipiente + suelo seco	grs 72.64	76.14	78.27	94.73	89.62
3. Peso de agua	(1) - (2) grs 7.45	3.60	9.78	5.40	2.85
4. Peso de recipiente	grs 5.73	5.30	5.58	5.31	5.94
5. Peso de suelo s	(2) - (4) grs 66.91	70.84	72.69	89.42	83.68
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 % 11.13	5.08	13.45	6.04	3.41

MUESTRAS

CALICATA	C - 21	C - 21	C - 23		
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 1		
PROFUNDIDAD (m)	0.00-0.80	0.80-4.00	0.80-4.00		
FRASCO No	87	118	51		
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs 77.67	81.04	99.80		
2. Peso recipiente + suelo seco	grs 67.90	77.51	94.92		
3. Peso de agua	(1) - (2) grs 9.77	3.53	4.88		
4. Peso de recipiente	grs 5.76	5.79	5.78		
5. Peso de suelo seco	(2) - (4) grs 62.14	71.72	89.14		
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 % 15.72	4.92	5.47		

**LABORATORIO
GARUDHA INGENIEROS S.A.C.**

**ALFREDO ZEVALLOS TAMBO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.O.P. 88047**

Jr. Pedro Remy 196 - Urb. Ingeniería - San Martín de Porres
Tlf. 482-9856 - 998976466 garudha.ingenieros.saci@gmail.com
<http://www.garudhaingenieros.com/>



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422

PROYECTO: HOSPITAL NEOPLASICAS DEL CENTRO - JUNIN
 OBRA: CONSTRUCCIÓN FECHA: Marzo 2013
 SOLICITADO: ING. PEDRO ALARCON FARFAN RESPONSABLE: ING. A. ZEGARRA
 UBICACIÓN: CONCEPCION - JUNIN HECHO POR: JCHR/AZ
 CALICATA: C - 4 MUESTRA: M - 1 PROFUNDIDAD (m.): 0.00-0.80

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%): 8.120 LIMITE LIQUIDO: 21.400
 PESO DE LA MUESTRA SECA (gr): 4880.000 LIMITE PLASTICO: 16.557
 PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr): 4332.172 CLASIF. SUCS: **GP-GC**
 PESOS DE FINOS LAVADOS (gr): 347.828

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				100.00
2"	50.800	812.00	17.35	17.35	82.65
1 1/2"	38.100	394.00	8.42	25.77	74.23
1"	25.400	579.00	12.37	38.14	61.86
3/4"	19.050	445.00	9.51	47.65	52.35
1/2"	12.700	392.00	8.38	56.03	43.97
3/8"	9.525	239.79	5.12	61.15	38.85
N° 4	4.760	528.00	11.28	72.43	27.57
N° 10	2.000	261.18	5.58	78.01	21.99
N° 20	0.840	268.75	5.74	83.75	16.25
N° 30	0.595	178.19	3.81	87.56	12.44
N° 40	0.426	55.01	1.18	88.74	11.26
N° 100	0.148	163.07	3.48	92.22	7.78
N° 200	0.074	14.90	0.32	92.54	7.46
FONDO		1.27	0.03	92.57	7.43
Limos < 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	24.159
D30	5.787
D10	0.325
Cu	74.268
Cc	4.261

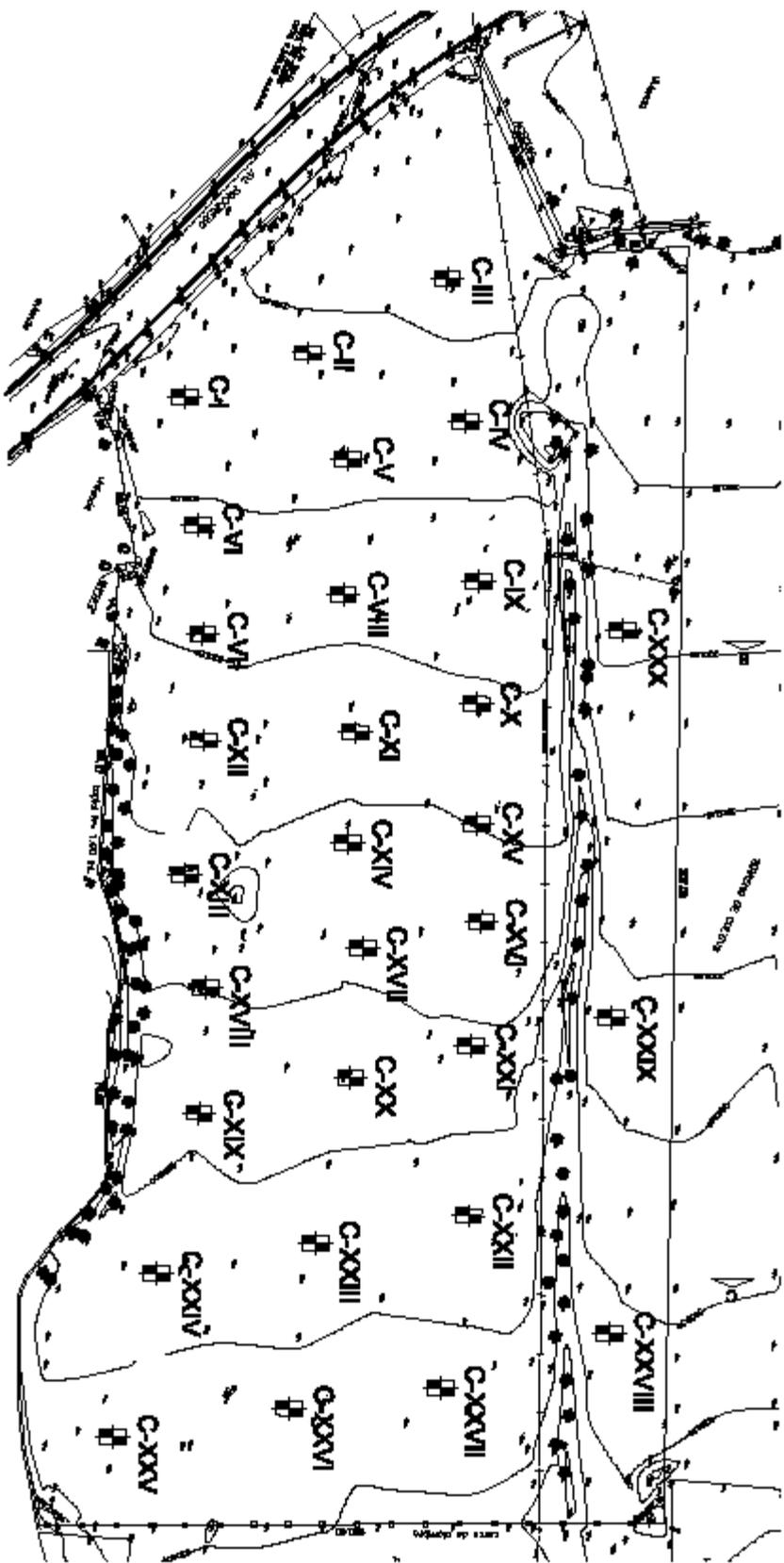
Gravas	72.43
Arenas	20.11
Finos	7.46

Gruesa	47.65
Fina	24.78
Gruesa	5.58
Media	9.55
Fina	4.98


LABORATORIO
GARUDHA INGENIEROS S.A.C.


ALFREDO YEGARRA TAMBO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 58047

PLANOS



UBICACION DE CALICATAS HOSPITAL NEOPLASIAS DEL CENTRO