

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA UN
MODULO DE SALUD DE 4 NIVELES USANDO LA NORMA NTE E-031 -
AISLAMIENTO SISMICO"

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Carlos Alessandro Montalván Díaz

ASESOR:

Ing. Marcos Mendoza Linares

Cajamarca – Perú

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** Bach. CARLOS ALESSANDRO MONTALVÁN DÍAZ
DNI: 47101266
Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL
- Asesor:** Ing. MARCOS MENDOZA LINARES
Facultad: INGENIERÍA
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
"ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA UN MODULO DE SALUD DE 4 NIVELES USANDO LA NORMA NTE – E031 – AISLAMIENTO SÍSMICO"
- Fecha de evaluación:** 20/11/2024
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 18%
- Código Documento:** oid:3117:407681126
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 20/11/2024



FIRMA DEL ASESOR
Ing. MARCOS MENDOZA LINARES
DNI: 26612819



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258601 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 20/11/2024 19:29:32-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

AGRADECIMIENTO

Agradezco eternamente a Dios por haberme iluminado y permitirme seguir adelante, con sabiduría, paciencia, y hacer realidad una de mis aspiraciones.

Al Ing. Marcos Mendoza Linares, por ser mi asesor y guía para que este proyecto se haga realidad; mi eterno agradecimiento por su incondicional apoyo y ayuda.

Un agradecimiento especial al Dr. Ing. Alejandro Muñoz Peláez, por ser parte fundamental para la culminación de este proyecto, por haberme brindado sus conocimientos, experiencias y sapiencia.

DEDICATORIA

Lleno de regocijo, amor y esperanza, dedico este proyecto a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante.

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles esto a ellos, que, con mucho esfuerzo, esmero y trabajo, me lo he ganado.

A mi madre, Rosa Elena, porque es la motivación de mi vida, mi orgullo de ser.

A mi esposa e hijo, porque son la razón de sentirme tan orgulloso de haber alcanzado mi meta; gracias a ellos por confiar siempre en mí.

Y sin dejar atrás a toda mi familia, a mis abuelitos, tíos y primos: gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo..

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I	1
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.1. Formulación del problema	2
1.1.2. Hipótesis	2
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.2.1. Justificación teórica	3
1.2.2. Justificación practica.....	3
1.3. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. DESCRIPCION DE LOS CONTENIDOS	5

CAPÍTULO II.....	6
II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	6
2.1.1. Internacionales.....	6
2.1.2. Nacionales.....	6
2.1.3. Locales.....	8
2.2. BASES TEÓRICAS.....	8
2.2.1. Diseño del Sistema de Aislamiento.....	8
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	14
2.3.1. Aislador.....	14
2.3.2. Aislamiento sísmico o de Base.....	19
2.3.3. Interfaz de aislamiento.....	20
2.3.4. Nivel de Base.....	20
2.3.5. Amortiguamiento efectivo (β_{eff}).....	20
2.3.6. Desplazamiento traslacional (D_M).....	20
2.3.7. Desplazamiento total (D_{TM}).....	21
2.3.8. Rigidez efectiva o secante (K_{eff}).....	21
2.3.9. Scragging.....	21
2.3.10. Sismo Máximo Considerado (SMC).....	21
2.3.11. Sistema de aislamiento Sísmico.....	22
2.3.12. Sistema de restricción de desplazamiento.....	23

2.3.13. Sistema de restricción contra viento	23
2.3.14. Fuerza de restitución lateral	23
CAPÍTULO III.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	24
3.2. TIEMPO Y ÉPOCA DE INVESTIGACIÓN	25
3.3. METODOLOGÍA	25
3.3.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación	25
3.3.2. Población de estudio	25
3.3.3. Muestra	25
3.3.4. Unidad de Análisis.....	25
3.3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.4. PROCESAMIENTO DE DATOS	26
3.5. ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	27
CAPITULO IV.....	74
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	74
CAPITULO V	94
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1. CONCLUSIONES	94
5.2. RECOMENDACIONES.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
ANEXOS	99

INDICE DE FIGURAS

Imagen 1 Ubicación del sismo del 26 de mayo del 2019 y de la Falla subandina (franja amarilla).....	2
Imagen 2 Instalación de aisladores sísmicos en construcción del nuevo hospital de Rioja en la región San Martín (04/02/2017).....	14
Imagen 3 Aislador de alto amortiguamiento.....	15
Imagen 4 Vista esquemática de un aislador con núcleo de Plomo.	16
Imagen 5 Esquema de un aislador de péndulo friccional	17
Imagen 6 Sección transversal de un cojinete de triple péndulo típico.	18
Imagen 7 Parámetros que caracterizan cada componente del cojinete de triple péndulo.	18
Imagen 8 Esquema de un deslizador plano.....	19
Imagen 9 Esquema del Sistema de aislamiento Sísmico	22
Imagen 10 Plano de localización ver Anexos	24
Imagen 11 Plano de Ubicación ver Anexos	24
Imagen 12 Fallas geológicas según el mapa geológico del cuadrángulo 15f	27
Imagen 13 Esquema de una edificación aislada	29
Imagen 14 Losa maciza para Predimensionamiento.....	34
Imagen 15 Áreas tributarias para columnas de Esquina y Perimetral	37
Imagen 16 Área tributaria para columnas centrales.....	37
Imagen 17 Modelado de la edificación de base fija en ETABS V20	38
Imagen 18 Obtención de los periodos de vibración de la estructura	39
Imagen 19 Elevación 1 -1 de la Edificación Aislada en ETABS	42
Imagen 20 Colocación de K c/a y C c/a en los elementos Link - ETABS	42
Imagen 21 Cargado del Espectro según la NTE E030.....	50
Imagen 22 Aceleraciones en el nodo 46 tercer piso – Caso: Concep. S TH (NL O FNA).....	70

Imagen 23 Tablas en donde se muestran algunas propiedades dadas por un fabricante.	74
Imagen 24 Esquema del sistema de aislamiento según la norma NTE E-031.....	76
Imagen 25 Momentos por envolvente en vigas del sistema de aislamiento	77
Imagen 26 Cortante por envolvente en vigas del sistema de aislamiento.....	77
Imagen 27 Momentos Máximos en Losa Maciza del sistema de aislamiento.....	85
Imagen 28 Distribución de acero en losa maciza del sistema de aislamiento	85
Imagen 29 Detalle de refuerzo en columnas.....	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Lista de Verificación de Idoneidad.....	9
Tabla 2 Edificios más adecuados para el aislamiento.....	11
Tabla 3 Muestra el tipo de suelo según el periodo del suelo - NTE E-031	96

RESUMEN

El presente trabajo de investigación analizó y diseñó el sistema de aislamiento para un módulo de salud de 4 niveles, utilizando la norma NTE E-031 – Aislamiento Sísmico, el cual se ubicará en el campus de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC).

El procedimiento inició con el modelamiento de la edificación en el programa ETABS V20, considerando apoyos fijos en su base y las dimensiones de los elementos estructurales calculados en el predimensionamiento. Asimismo, se realizó el análisis de modos y frecuencias para determinar los períodos traslacionales y torsionales de la edificación.

Obtenidos los períodos de nuestra edificación con base fija, se procedió a predimensionar las propiedades de los aisladores elastoméricos con el fin de obtener las propiedades iniciales de rigidez efectiva (K) y amortiguamiento (C). De igual manera, se realizó el modelamiento en ETABS V20 de la edificación, agregando elementos “Link” en la base, con las propiedades calculadas anteriormente.

Asimismo, se realizaron los análisis en el modelo de base aislada con λ máx. y λ mín. según la norma NTE E-031, para obtener valores mínimos de desplazamiento y cortantes, además de verificar las derivas, fuerza restitutiva y aceleraciones.

Como resultados, se obtuvieron las propiedades elásticas para los dispositivos de aislamiento LRB, siendo los valores nominales:

- $D'm = 0.33$ m, $D'tm = 0.39$ m, $K_{eff} = 85.14$ tonf/m, $\beta = 14\%$ y $C = 13.12$ tonf-s/m.

Para valores de λ máx:

- $D'm = 0.31$ m, $D'tm = 0.36$ m, $K_{eff} = 116.78$ tonf/m, $\beta = 17\%$ y $C = 17.76$ tonf-s/m.

Y para valores de λ mín:

- $D'm = 0.34$ m, $D'tm = 0.40$ m, $K_{eff} = 74.24$ tonf/m, $\beta = 13\%$ y $C = 11.05$ tonf-s/m.

Además, se obtuvieron valores de cortante dinámica con λ máx:

- $V_{stx} = 922.98$ Tnf y $V_{bx} = 1152.10$ Tnf,

y de cortante estática con λ máx:

- $V_{stx} = 979.48$ Tnf y $V_{bx} = 1247.50$ Tnf.

Finalmente, el análisis sísmico estático y dinámico para el sistema de aislamiento cumple con lo establecido en la norma NTE E-031, lo que garantizó un diseño óptimo de los elementos de concreto armado.

ABSTRACT

This research work analyzed and designed the isolation system for a 4-level health module, using the NTE E-031 standard – Seismic Isolation, which will be located on the campus of the National University of Cajamarca (UNC).

The procedure began with the modeling of the building in the ETABS V20 program, considering fixed supports at its base and the dimensions of the structural elements calculated in the pre-dimensioning. Likewise, the analysis of modes and frequencies was carried out to determine the translational and torsional periods of the building.

Once the periods of our building with a fixed base were obtained, the properties of the elastomeric isolators were pre-dimensioned in order to obtain the initial properties of effective stiffness (K) and damping (C). Likewise, the modeling of the building in ETABS V20 was carried out, adding “Link” elements at the base, with the properties calculated previously.

Likewise, analyses were performed on the isolated base model with λ max. and λ min. according to the NTE E-031 standard, to obtain minimum displacement and shear values, in addition to verifying the drifts, restorative force and accelerations.

As a result, the elastic properties for the LRB isolation devices were obtained, with the nominal values being:

- $D'm = 0.33$ m, $D'tm = 0.39$ m, $K_{eff} = 85.14$ tonf/m, $\beta = 14\%$ y $C = 13.12$ tonf-s/m.

For values of λ max:

- $D'm = 0.31$ m, $D'tm = 0.36$ m, $K_{eff} = 116.78$ tonf/m, $\beta = 17\%$ y $C = 17.76$ tonf-s/m.

And for values of λ min:

- $D'm = 0.34$ m, $D'tm = 0.40$ m, $K_{eff} = 74.24$ tonf/m, $\beta = 13\%$ y $C = 11.05$ tonf-s/m.

In addition, dynamic shear values were obtained with λ max:

- $V_{stx} = 922.98$ Tnf y $V_{bx} = 1152.10$ Tnf,

and static shear with λ max:

- $V_{stx} = 979.48$ Tnf y $V_{bx} = 1247.50$ Tnf.

Finally, the static and dynamic seismic analysis for the isolation system complies with the provisions of the NTE E-031 standard, which guaranteed an optimal design of the reinforced concrete elements.

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sismos o terremotos son fenómenos naturales fortuitos, es decir, no se sabe cuándo podrían ocurrir ni la gravedad de los daños que producirían. Por ello, en la evolución de las técnicas de construcción, se ha buscado mitigar los efectos destructivos que estos generan en edificaciones con contenidos potencialmente vulnerables.

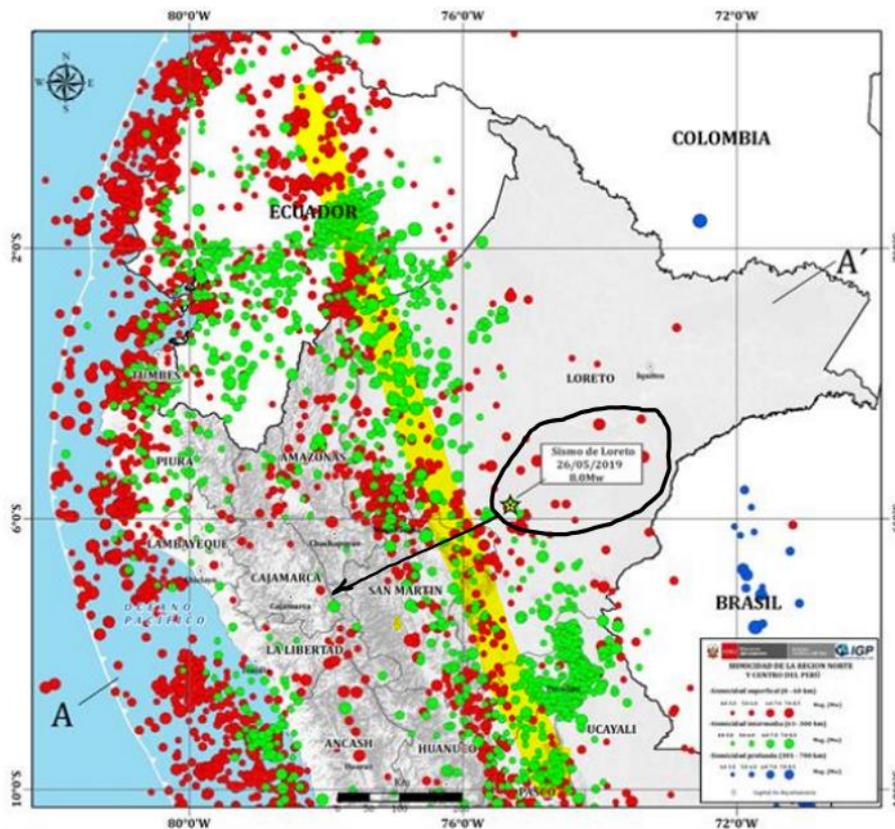
En el mundo, debido a la ocurrencia de sismos devastadores, como el de Indonesia (26/12/2004), Haití (12/01/2010), China (12/05/2008), Irán (20/06/1990), Chile (27/02/2010), Japón (23-24-27/11/2004) y Perú (15/08/2007), que han provocado pérdidas cuantiosas tanto en vidas humanas como en recursos económicos, se han desarrollado múltiples sistemas antisísmicos con el objetivo de aumentar la resiliencia de las edificaciones frente a estos fenómenos naturales. Las edificaciones construidas actualmente son cada vez más complejas en términos de arquitectura y contenido. Entre los múltiples sistemas antisísmicos existentes en el mundo, destacan dos: los disipadores y los aisladores sísmicos.

El Perú es un país de alta sismicidad, especialmente en su costa, debido a que se encuentra dentro del “Cinturón de Fuego del Pacífico”. Los sismos de subducción, generados por la interacción entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana, son de altas frecuencias pero con bajos desplazamientos. Por esta razón, en el Perú se han construido recientemente edificaciones importantes utilizando los dos sistemas mencionados, siendo el sistema de aisladores sísmicos el tema principal de esta investigación.

La región de Cajamarca es vulnerable a posibles eventos sísmicos de gran magnitud debido a su proximidad a la falla subandina, la cual produjo el sismo del 26 de mayo de 2019 en la

región de Loreto, con una magnitud de $M=8$. Esto justifica la importancia de investigar sobre este tema.

Imagen 1 Ubicación del sismo del 26 de mayo del 2019 y de la Falla subandina (franja amarilla)



1.1.1. Formulación del problema

Un sistema de aislamiento para una edificación esencial, como un hospital, permitiría garantizar su funcionamiento continuo ante cualquier evento sísmico. Esto plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo analizar y diseñar el sistema de aislamiento sísmico para un módulo de salud de 4 niveles usando la norma NTE E031?

1.1.2. Hipótesis

1.1.2.1. Hipótesis General

Realizando el análisis y diseño del sistema de aislamiento para un módulo de salud de 4 niveles, utilizando la norma NTE E-031 – Aislamiento Sísmico, se obtendrán las propiedades de los dispositivos y se verificará el adecuado funcionamiento del sistema de aislamiento.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Justificación teórica

Esta investigación es importante porque aborda el análisis y diseño de un sistema de aislamiento para un módulo de salud de 4 niveles, utilizando la norma NTE E-031, considerando la vulnerabilidad que presenta nuestra región ante sismos.

1.2.2. Justificación practica

Esta investigación se llevó a cabo para determinar las propiedades de los aisladores elastoméricos y verificar el correcto funcionamiento del sistema de aislamiento mediante los análisis establecidos en la norma NTE E-031.

La investigación surge de la necesidad de implementar nuevas tecnologías en la construcción de edificaciones más seguras frente a sismos, evitando su colapso y sentando las bases para futuros proyectos e investigaciones.

1.3. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación, se consideró un caso práctico que consistió en analizar y diseñar el sistema de aislamiento para un módulo de salud de 4 niveles. Este caso se planteó en el campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicado en la ciudad de Cajamarca.

Para el análisis, se utilizaron las normas técnicas peruanas vigentes: E.030 – Diseño Sismorresistente, E.031 – Aislamiento Sísmico y E.020 – Cargas. Además, para el diseño de los elementos de concreto armado, se empleó como referencia la norma E.060 – Concreto Armado.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Analizar y diseñar el sistema de aislamiento para un módulo de salud de 4 niveles usando la norma NTE E-031 – Aislamiento Sísmico.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Modelar un módulo de 4 niveles usando el software ETABS V20.
- Realizar análisis sísmico estático (Fuerzas Estáticas Equivalentes) y dinámico (Espectral y Tiempo Historia) en el programa ETABS V20.
- Realizar la espectrocompatibilidad de los Acelerogramas usados, para el análisis Tiempo Historia usando el software SeismoMatch.
- Realizar un modelo inelástico bilineal a partir de los datos obtenidos del modelo lineal, el cual se representó con un diagrama bilineal.
- Verificar los parámetros obtenidos en los análisis sísmicos, con lo establecido en la NTE E031.
- Obtener los valores elásticos de los aisladores sísmicos.
- Diseñar los elementos estructurales de la infraestructura y la superestructura.
- Confección de planos estructurales dando relevancia a los detalles del sistema de aislamiento.

1.5. DESCRIPCION DE LOS CONTENIDOS

La presente investigación está conformada por cinco capítulos, que a continuación se indican:

Capítulo I: Consta de una introducción, donde se describen el planteamiento del problema, la formulación del problema, las hipótesis, la justificación, los alcances y los objetivos.

Capítulo II: Contiene el marco teórico, los antecedentes teóricos, las bases teóricas y la definición de términos básicos.

Capítulo III: Indicamos la ubicación geográfica donde se planteará el módulo y el período en el que se realizó esta investigación. Asimismo, se describe el procedimiento detallado que debe seguirse para el análisis y diseño del sistema de aislamiento, complementado con las indicaciones relevantes de la norma para edificaciones aisladas.

Capítulo IV: Se realiza el análisis y la discusión de resultados, donde se verifican los resultados obtenidos del análisis sísmico estático y dinámico, utilizando la norma E.031. Se obtienen los valores de diseño del aislador sísmico, se diseñan los elementos de concreto armado del sistema de aislamiento, así como la subestructura y la superestructura.

Capítulo V: Se presentan las conclusiones y se indican algunas recomendaciones. También se incluye un cuadro resumen de los resultados obtenidos, además de las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. Internacionales

- (Mazza, 2021), Italia, en su tesis titulada **“Aislamiento de la base de un pabellón de hospital contra colapso sísmico en el plano de rellenos de mampostería”**, utiliza el aislamiento de base como una técnica de reacondicionamiento para evitar el colapso de hospitales en los planos IP y OOP de los rellenos de mampostería MI.
- (Furkam Sen, 2024), Turquía, en su tesis titulada **“Evaluación del desempeño sísmico de un edificio hospitalario aislado de base sometido a los terremotos del 6 de febrero de 2023 en Kahramanmaras, Turquia (Mw 7.7 en Pazarcik y Mw 7.6 en Elbistan) y análisis de fragilidad sísmica considerando diferentes etapas de construcción”**, analiza cómo influye un terremoto en los dispositivos que conforman el sistema de aislamiento durante el proceso constructivo de un edificio hospitalario.
- (The american society of civil engineers, 2000), Estados Unidos, en la **“Revista de ingeniería estructural (Vol. 126, Pág. 10)**, cuyo objetivo es evaluar el desempeño sísmico del edificio del hospital de la USC aislado en su base durante el terremoto de Northridge de 1994.

2.1.2. Nacionales

- Quispe S. (2018), Lima, en su tesis para optar al grado académico de maestría titulada **“Aislamiento sísmico de base para minimizar los daños en el centro de salud ‘Pedro Sánchez Meza’ – Chupaca 2016”**, propone la implementación de un sistema de aislamiento sísmico con dispositivos elastoméricos para el nuevo centro de salud en la provincia de Chupaca, Región Junín, el cual tiene 3 niveles más 1 sótano y una configuración estructural tipo aporticado.

- Janampa S. (2018), Lima, en su tesis para optar al título profesional de Ingeniero Civil titulada **“Diseño del Sistema de Aislamiento Sísmico de un Edificio Hospitalario usando dispositivos HDR”**, propone un procedimiento general de diseño de un edificio aislado en base a los requerimientos de diseño establecidos por los códigos internacionales y locales, utilizando la norma ASCE 7-16 y la propuesta de norma E-031 – Aislamiento Sísmico.
- Meza P. (2015), Piura, en su tesis para optar al título profesional de Ingeniero Civil titulada **“Análisis y diseño de un hospital con aisladores elastoméricos en el Perú”**, investiga el uso de los aisladores sísmicos elastoméricos en edificaciones y diseña la estructura de un hospital utilizando este sistema de protección sísmica. Además, presenta una metodología para su uso en hospitales y clínicas, elabora una investigación bibliográfica comprensiva sobre el comportamiento de las estructuras aisladas y las consideraciones en el uso de aisladores sísmicos elastoméricos, muestra y analiza los requisitos mínimos establecidos en la norma americana ASCE 7-10 y el nuevo proyecto de norma E-030 para el análisis de edificios aislados sísmicamente, diseña un hospital con el sistema de aisladores sísmicos elastoméricos, considerando las condiciones establecidas en el nuevo proyecto de norma E-030. Realizó un análisis comparativo entre las respuestas de los modelos en ETABS, de desplazamientos y fuerzas, entre un hospital aislado y otro sin ninguna protección sísmica, para demostrar su efectividad en la reducción de las derivas y el daño. Presentó argumentos determinantes sobre la importancia de la aislación sísmica en edificaciones clave, como hospitales y/o clínicas.

2.1.3. Locales

- Zegarra A. (2015), Cajamarca, en su tesis para optar al título profesional de Ingeniero Civil titulada **“Análisis comparativo del comportamiento estructural de una edificación hospitalaria con aislación y sin aislación sísmica de base”**, comparó el comportamiento estructural de un edificio hospitalario convencional frente a uno similar aislado, a través de ciertos parámetros de respuesta sísmica. Analizó el edificio convencional y verificó sus elementos estructurales, diseñó los aisladores sísmicos de base, analizó el edificio aislado y verificó sus elementos estructurales. Midió y comparó los desplazamientos laterales por piso, así como aceleraciones, cortantes y momentos de volteo en la estructura convencional y aislada.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Diseño del Sistema de Aislamiento

- (Morgan, 2011), según este autor, el primer documento que describe los requisitos de diseño para edificios con aislamiento sísmico fue publicado por la Asociación de Ingenieros Estructurales del Norte de California en 1986 (SEAONC, 1986), y se le llamó informalmente el “Libro Amarillo”. Este documento fue creado en respuesta al diseño y construcción de edificios aislados y puentes que ya se habían llevado a cabo. Las primeras disposiciones buscaban proporcionar un margen de seguridad comparable al de las estructuras convencionales. En este sentido, el Libro Amarillo de 1986 establece:

“Estos límites en el sistema de aislamiento y la respuesta de la superestructura están destinados a garantizar que los edificios aislados sísmicamente sean al menos tan seguros como los edificios convencionales durante eventos extremos, considerando las incertidumbres en la tecnología nueva y en desarrollo de aislamiento sísmico”.

- (Skinner,2004), Este autor nos presenta un procedimiento para el diseño de aisladores elastoméricos y también realiza una evaluación preliminar del rendimiento de un sistema de aislamiento que incorpora uno o más tipos de dispositivos. El procedimiento es adecuado para seleccionar el tipo y las propiedades de los dispositivos que lograrán el rendimiento deseado. Las características de diseño desarrolladas por este procedimiento se utilizan como entrada para un análisis detallado y una evaluación de la estructura aislada.

“A medida que la tecnología de aislamiento de base ha evolucionado, los fabricantes se han dado cuenta de que los ingenieros estructurales no tienen las habilidades para diseñar los dispositivos por lo cual brindaran esta asistencia”.

- o Evaluación de la Idoneidad

- (Skinner,2004), nos dice que no todas las estructuras son adecuadas para el aislamiento sísmico y que se debe comprobar la idoneidad como primer paso para el diseño. A continuación, se enumeran algunos de los elementos que se deben evaluar:

Tabla 1 Lista de Verificación de Idoneidad

ELEMENTO	CONTROL
Necesidad de aislamiento Nivel de Riesgo de Terremoto Requisitos de diseño sísmico	¿Se requiere el diseño de terremotos? El aislamiento sísmico es más adecuado para áreas sísmicas moderadas y altas. Si el diseño sísmico aumenta significativamente los costos, es probable que el aislamiento sea más efectivo.
Idoneidad del sitio Condiciones geológicas Condiciones del subsuelo del sitio	La posibilidad de efectos de resonancia puede descartar el aislamiento (p.ej., Ciudad de México). El suelo rígido es mejor para el aislamiento. A medida que las

<p>Distancia a la falla</p>	<p>condiciones del sitio se vuelven más suaves, el aislamiento se vuelve menos efectivo y más costoso.</p> <p>Los movimientos cercanos a la falla pueden agregarse a la respuesta en los períodos aislados. Si la distancia a la falla activa más cercana es pequeña, los desplazamientos de aislamiento pueden ser excesivos.</p>
<p>Idoneidad de la estructura</p> <p>Peso de la Estructura</p> <p>Período de la Estructura</p> <p>Configuración Estructural</p>	<p>Las estructuras pesadas tienden a ser las más rentables para aislar.</p> <p>Generalmente, el período de la estructura no aislada debe ser inferior a 2 segundos, aunque hay excepciones.</p> <p>Los aisladores generalmente se colocan en un espacio angosto o “Sótano”. Si se planea una escoria a nivel, será necesario reemplazarla con un piso suspendido.</p> <p>La relación de aspecto grande del sistema estructural (relaciones de altura a ancho) puede causar problemas de vuelco.</p> <p>Para los puentes, los pilares altos pueden hacer que el periodo sea demasiado largo.</p> <p>Para la modificación, evalúe qué tan difícil es separar la estructura del suelo.</p>

Fuente: *Aislamiento sísmico para diseñadores e Ingenieros Estructurales (Skinner,2004)*

Algunas estructuras son más adecuadas que otras para el aislamiento, como se indica en la tabla 2.2. La mayoría de los ejemplos de edificios aislados se incluyen en una o más de estas categorías. Esto no excluye otros tipos de edificios, pero la mayoría de

los proyectos tendrán uno o más de (1) requisitos para la operación continua (2) baja ductilidad (3) mérito histórico o (4) contenido valioso.

Tabla 2 Edificios más adecuados para el aislamiento

TIPO DE EDIFICIO	RAZONES PARA AISLAR
Instalaciones esenciales	Funcionalidad Factor de Alta importancia, I
Centros de Salud	Funcionalidad Factor de Alta importancia, I
Edificios viejos	Preservación Bajo R
Museos	Contenidos Valiosos
Instalaciones de fabricación	Función continua Contenidos de alto valor

Fuente: *Aislamiento sísmico para diseñadores e Ingenieros Estructurales (Skinner,2004)*

- (Charleson, 2017), este autor establece las pautas para que el trabajo en equipo (cliente, arquitecto e ingeniero estructural) genere un diseño eficiente del sistema de aislamiento sísmico. El ingeniero estructural debe informar, después de realizar varios análisis dinámicos, sobre los desplazamientos horizontales máximos a lo largo del plano de aislamiento para diseñar y detallar. Además, debe informar acerca de los desplazamientos residuales del sistema de aislamiento después de un gran terremoto, los cuales pueden afectar varios detalles, como las placas de cubierta sobre las brechas de separación sísmica.

- **Diseño de ingeniería estructural**

Nos da a conocer la principal dificultad que enfrenta el diseñador estructural del sistema de aislamiento, que es la falta de un código definitivo de diseño, ya que cada país, como Japón, EE. UU., Italia, China y Taiwán, utiliza códigos con importantes diferencias. Debido a esto, los diseñadores de estos países están intentando estandarizar los procedimientos de diseño a nivel internacional. Además de los desafíos descritos anteriormente, el diseño estructural de un

edificio aislado sísmicamente requiere un aporte adicional considerable de ingeniería, que incluye:

- Cumplir con los requisitos especiales de diseño estructural y usar herramientas de diseño sofisticadas, de uso poco frecuente y que requieren mucho tiempo, como el análisis inelástico Tiempo – Historia.
- Participación en revisiones de diseño independientes;
- Diseñar componentes adicionales como los cojinetes, sus fijaciones, fosos de ascensor suspendidos, detalles de movimiento y separación, y muros de contención en el foso;
- Interacción con consultores especializados como sismólogos, ingenieros geotécnicos y fabricantes de cojinetes;
- Mayor implicación con los ingenieros y arquitectos de servicios en el área del plano de aislamiento;
- Revisar los resultados de las pruebas de desempeño de los cojinetes y posiblemente observar las pruebas de los cojinetes; y
- Supervisión continua del sistema de aislamiento como parte de su programa de mantenimiento.

“Uno de los elementos de información más importantes que el ingeniero estructural proporciona al arquitecto es el ancho de la brecha sísmica o de movimiento, cuyo propósito es permitir el movimiento horizontal entre la superestructura aislada y los cimientos, estructuras de contención o edificios adyacentes por encima del nivel del plano de aislamiento”. (Charleson, 2017).

“Los calculados para algunos sitios de suelo sujetos a movimientos de tierra bidireccionales cercanos a la falla son hasta un 15% mayores de lo esperado, y el

movimiento que aumenta en las esquinas de los edificios debido a la torsión pueden alcanzar hasta un 30% si los edificios son largos”. (Charleson, 2017)

- ASCE 7-16, proporciona los criterios que limitan la respuesta inelástica de la superestructura. Aunque el control de daños no es un objetivo explícito de la norma, el diseño para limitar la respuesta inelástica del sistema estructural reduce directamente el nivel de daño que, de otro modo, ocurriría durante un terremoto. En general, se espera que las estructuras aisladas diseñadas de acuerdo con la norma:
 - Resistir niveles menores y moderados de movimiento sísmico del suelo sin dañar los elementos estructurales, los componentes no estructurales o el contenido del edificio, y
 - Resistir niveles importantes de movimiento sísmico del suelo sin fallas en el sistema de aislamiento, daños significativos a los elementos estructurales, daños extensos a los componentes no estructurales o interrupción importante del funcionamiento de las instalaciones.

“Se espera que las estructuras aisladas funcionen considerablemente mejor que las estructuras de base fija durante terremotos moderados y mayores”.

- (NTE E-031), es la norma peruana que establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de edificaciones con cualquier tipo de sistema de aislamiento sísmico, así como las disposiciones aplicables para los ensayos necesarios que validen el comportamiento de los dispositivos del sistema de aislamiento sísmico.

- Características técnicas por indicar en los planos. –
- En los planos estructurales se debe indicar como mínimo lo siguiente:
 - a) Para el sistema de aislamiento sísmico:
 - Desplazamientos traslacional y total correspondientes al SMC.
 - Rigidez y amortiguamiento efectivos al desplazamiento traslacional correspondiente al SMC.
 - b) Para cada tipo de dispositivos:
 - Desplazamiento máximo.
 - Rigidez y amortiguamiento efectivos nominales.
 - Rango para rigidez y amortiguamiento efectivos.
 - Carga axial última para el desplazamiento total.
 - Factores de seguridad requeridos.
 - Factores extremos modificatorios de las propiedades según el Anexo I.
- El proyectista deberá verificar las propiedades de los componentes del sistema de aislamiento en función de los resultados de los ensayos de unidades prototipos y de obra.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Aislador

(NTE E031,2019), elemento del sistema de Aislamiento sísmico que es verticalmente rígido y horizontalmente flexible, y que permite grandes deformaciones laterales bajo solicitaciones sísmicas.

Imagen 2 Instalación de aisladores sísmicos en construcción del nuevo hospital de Rioja en la región San Martín (04/02/2017)



Fuente: Agencia de Noticias Andina (<http://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=652516>)

2.3.1.1. Tipos de Aisladores Sísmicos

Para el diseño de un sistema de aislamiento podemos encontrar los siguientes tipos de aisladores:

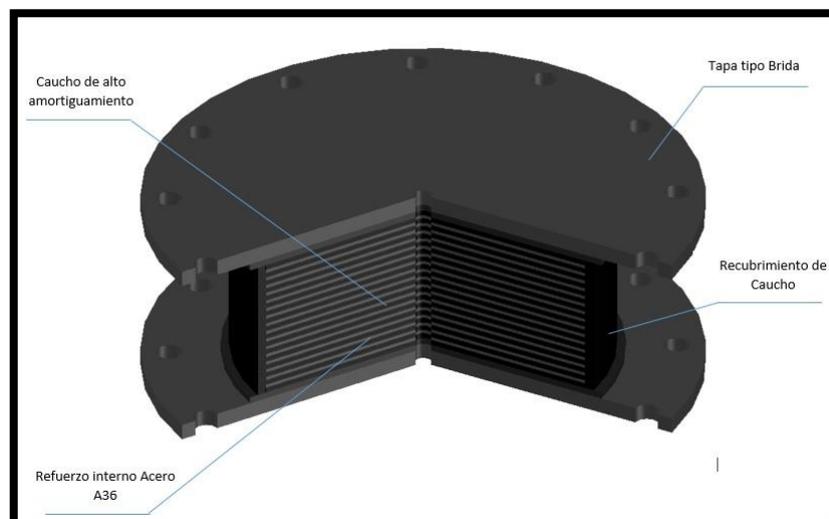
➤ Aislador Elastoméricos (Con y Sin núcleo de Plomo)

- (Charleson, 2017). Los aisladores elastoméricos consisten en capas alternas de caucho, generalmente natural, y delgadas placas de acero, así como cuñas de acero. Estas cuñas evitan el abultamiento lateral excesivo y el asentamiento bajo compresión. Por lo tanto, los aisladores son muy rígidos verticalmente, pero flexibles para el movimiento horizontal.

En cuanto al aislador con núcleo de plomo, es el más ampliamente utilizado. El plomo proporciona rigidez frente al viento y disipa grandes cantidades de energía a medida que cede y se recristaliza durante un terremoto.

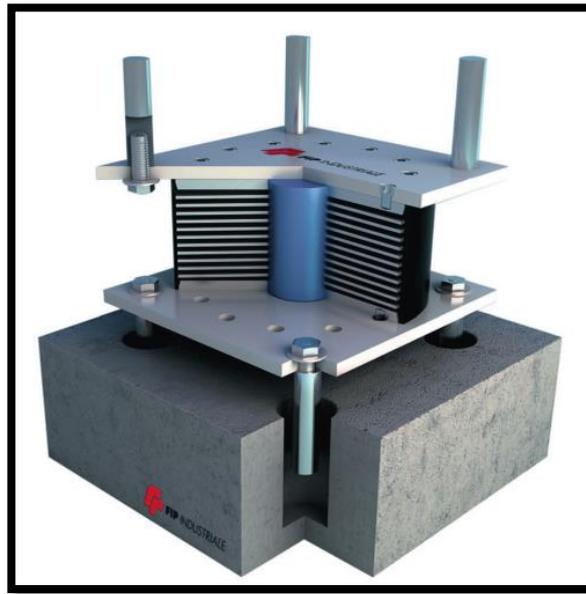
También se puede proporcionar amortiguación adicional o alternativa ajustando las propiedades del caucho natural, agregándole compuestos patentados, modificando el proceso de curado o utilizando caucho sintético.

Imagen 3 Aislador de alto amortiguamiento



Fuente: Aisladores sísmicos de Cauchos Vikingo (<https://cauchosvikingo.com/aisladores-sismicos/>)

Imagen 4 Vista esquemática de un aislador con núcleo de Plomo.



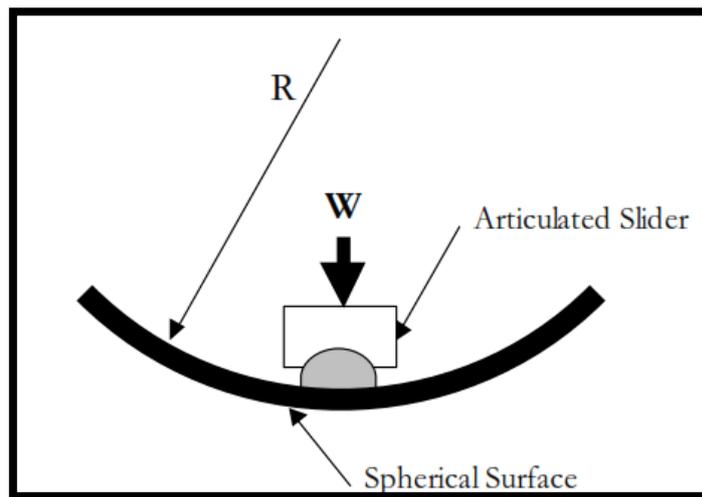
Fuente: FIP Industriale S.p.A., Italia, (Charleson,2017)

➤ Aislador de péndulo friccional.

- (Skinner,2004). Este aislador proporciona una resistencia a la carga de servicio a través del coeficiente de fricción, similar a un deslizador plano. Cuando el coeficiente de rozamiento se supera, la corredera articulada se desplaza, y debido a la forma esférica, se acompaña un movimiento lateral con un movimiento vertical de la masa. Esto genera una fuerza de restauración, como se muestra en la imagen 2.4. Las propiedades de apoyo están definidas por el coeficiente de fricción, el radio de la esfera y el peso soportado. La rigidez posterior al deslizamiento está definida por la relación entre el peso soportado y el radio de curvatura, es decir, W/R . El período de la estructura con este tipo de aisladores no depende de la masa de la estructura, sino solo de R y g .

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$$

Imagen 5 Esquema de un aislador de péndulo friccional



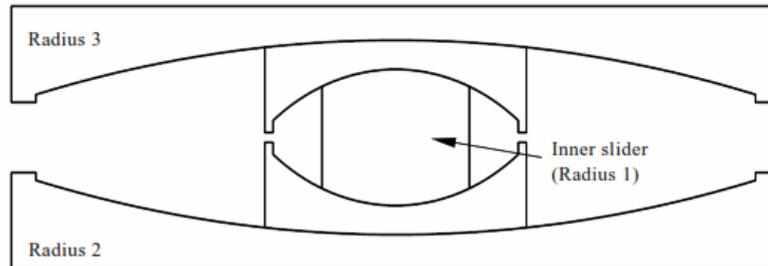
Fuente: (Skinner,2019) pág. 288

➤ Aislador de Triple Péndulo

- (Morgan, 2011). El cojinete de péndulo triple está constituido por cuatro superficies cóncavas y tres mecanismos de péndulo independientes. El deslizador exterior consta de superficies cóncavas a cada lado de un deslizador interior cilíndrico con una interfaz de baja fricción en ambos extremos. El deslizador exterior también incluye interfaces deslizantes entre los deslizadores exteriores superior e inferior y las superficies esféricas principales del cojinete. La superficie deslizante inferior está en contacto con una superficie esférica de un radio de curvatura particular, formando el segundo mecanismo de péndulo. Este mecanismo define las propiedades principales del sistema de aislamiento bajo niveles moderados de excitación. La superficie deslizante superior está en contacto con otra superficie esférica de un radio de curvatura particular, formando el tercer mecanismo de péndulo. El coeficiente de fricción de esta tercera interfaz deslizante es lo suficientemente grande como para evitar el deslizamiento hasta que se produzca un nivel externo de excitación. Las propiedades de estos tres mecanismos de péndulo se pueden seleccionar para optimizar

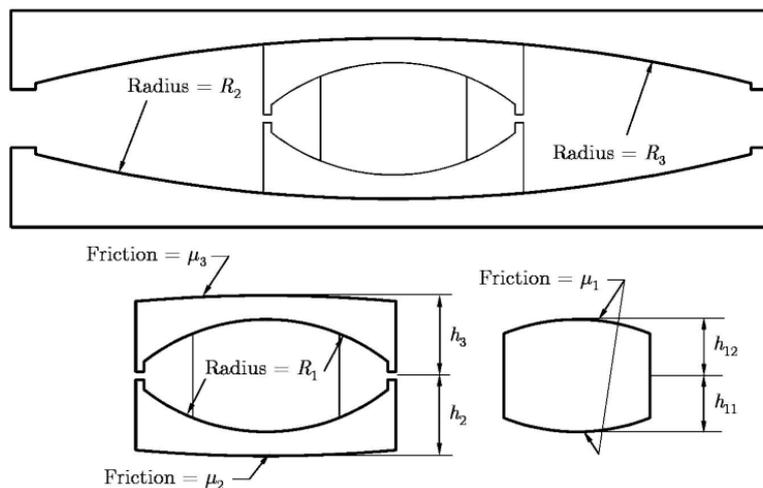
el rendimiento de la estructura aislada sísmicamente, considerando múltiples niveles de riesgo sísmico.

Imagen 6 Sección transversal de un cojinete de triple péndulo típico.



Fuente: (Morgan,2011), Pág. 30

Imagen 7 Parámetros que caracterizan cada componente del cojinete de triple péndulo.

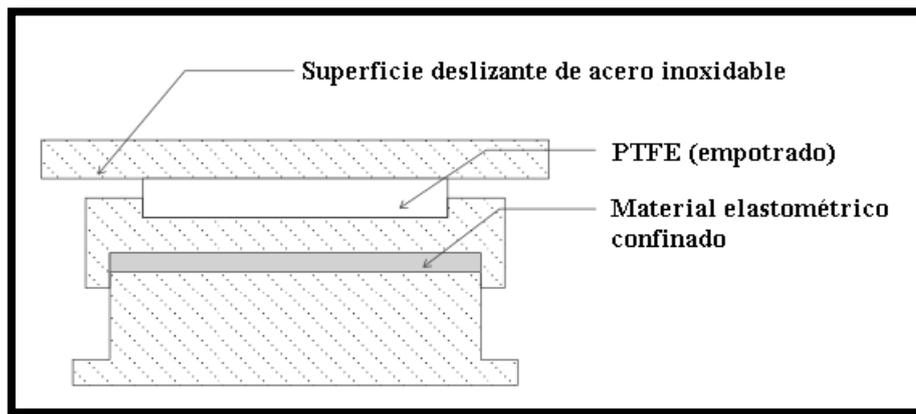


Fuente: (Morgan,2011), Pág. 30

➤ Deslizadores

(Charleson, 2017). Los cojinetes deslizantes transfieren la carga de compresión y permiten el deslizamiento horizontal. En la mayoría de los casos, las superficies deslizantes en contacto son de acero inoxidable y politetrafluoroetileno (PTFE), comúnmente conocido como teflón. Este tipo de cojinetes se ha utilizado durante muchos años para adaptarse a los movimientos térmicos en los puentes. Se conocen como "cojinetes de olla" debido a la forma en que una capa delgada de caucho está confinada en un anillo en forma de olla (Imagen 2.5).

Imagen 8 Esquema de un deslizador plano



Fuente: (Charleson,2017), Pág. 33

2.3.2. Aislamiento sísmico o de Base

(Kelly, 1997) define el Aislamiento Sísmico como el desacoplamiento de un edificio o estructura de los componentes horizontales del movimiento del suelo, interponiendo elementos estructurales de baja rigidez horizontal entre la estructura y la cimentación, utilizando elementos elastoméricos. Este sistema le da a la estructura una frecuencia fundamental mucho más baja que su frecuencia de base fija y las frecuencias generadas por el movimiento del suelo

“El sistema de aislamiento no absorbe la energía sísmica, sino que la desvía a través de la dinámica del sistema”.

(ASCE 7-16) define el aislamiento sísmico, también conocido como aislamiento de base, debido a que se utiliza en la base de una edificación, como un método de diseño que desacopla sustancialmente la respuesta de una estructura de los componentes horizontales potencialmente dañinos de los movimientos sísmicos.

“Este desacoplamiento puede dar como resultado una respuesta significativamente menor que la de un edificio convencional de base fija”.

(NTE E-031,2019), define el aislamiento sísmico como el sistema que permite desacoplar las vibraciones horizontales del suelo de las de la estructura, disipando de forma pasiva la energía sísmica.

2.3.3. Interfaz de aislamiento

(NTE E-031, 2019), es la zona o espacio generado por el sistema de aislamiento sísmico que está limitado en su parte superior por la superestructura, que está aislada, y en su parte inferior por la subestructura o cimentación, que se mueve rígidamente con el terreno. (Fig. 2.6.)

2.3.4. Nivel de Base

(NTE E-031, 2019), es el primer nivel de la estructura aislada por encima de la interfaz de aislamiento, el cual incluye vigas, losas. Capiteles y todos los elementos de conexión. (Fig. 2.6.)

2.3.5. Amortiguamiento efectivo (β_{eff})

(NTE E-031, 2019), es una fracción del amortiguamiento crítico

2.3.6. Desplazamiento traslacional (D_M)

(NTE E-031, 2019), es el desplazamiento lateral máximo en el CENTRO DE RIGIDEZ del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis, excluyendo el desplazamiento adicional generado por la torsión natural y accidental.

$$D_M = \frac{S_{aM} * T_M^2}{4 * \pi^2 * B_M}$$

Donde:

- S_{aM} : Ordenada del espectro elástico de pseudo aceleraciones correspondiente al SMC en mm/s^2 .
- T_M : Periodo efectivo de la estructura sísmicamente aislada, asociado al desplazamiento traslacional D_M en la dirección de análisis.

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{k_M * g}}$$

- P : Peso de la estructura sobre el interfaz de aislamiento, determinado según la NTE E-030 expresado en kN.

- k_M : Rigidez efectiva del sistema de aislamiento sísmicos en la dirección de análisis.
- g : Aceleración de la gravedad (9810 mm/s²).
- B_M : Factor de amortiguamiento (Tabla N°5 – de la NTE E-031)

2.3.7. Desplazamiento total (D_{TM})

(NTE E-031, 2019), es el desplazamiento lateral máximo, incluyendo el desplazamiento adicional generado por el efecto de la torsión natural y accidental, que se requiere para verificar la estabilidad de los aisladores y del sistema de aislamiento sísmico, para determinar la separación entre estructuras.

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

Donde:

- D_{TM} : Desplazamiento total.
- D_M : Desplazamiento traslacional
- P: Factor debido a efectos de torsión natural y accidental que multiplica a D_M .

2.3.8. Rigidez efectiva o secante (K_{eff})

(NTE E-031, 2019), es el valor de la fuerza lateral en el sistema de aislamiento sísmico, o en parte de él, dividido entre el correspondiente desplazamiento lateral.

2.3.9. Scragging

(NTE E-031, 2019), es la degradación temporal de las propiedades mecánicas de los aisladores elastoméricos, como resultado de acciones cíclicas.

2.3.10. Sismo Máximo Considerado (SMC)

(NTE E-031, 2019), es el sismo cuyo efecto sísmico se define como 1.5 veces el del sismo de diseño especificado en la NTE E-030.

$$S_{aM} = 1.5 * ZUCSg$$

Donde:

- ZUS: son los parámetros definidos en la NTE E-030.
- U: tiene el valor de 1 para estructuras aisladas.
- C: está definida por las siguientes ecuaciones

$$T < 0.2 * T_p \quad \rightarrow \quad C = 1 + 7.5 * \left(\frac{T}{T_p}\right)$$

$$0.2 * T_p < T < T_p \quad \rightarrow \quad C = 2.5$$

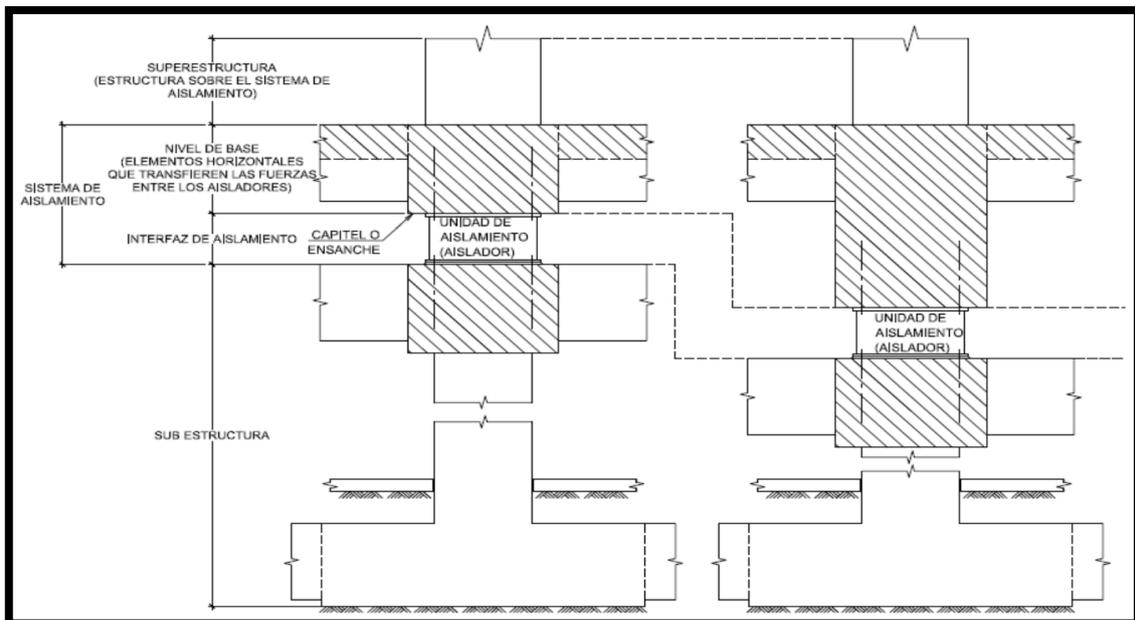
$$T_p < T < T_L \quad \rightarrow \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad \rightarrow \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right)$$

2.3.11. Sistema de aislamiento Sísmico

(NTE E-031, 2019), es el conjunto de elementos estructurales que incluye a los aisladores, así como a todos los elementos que transfieren fuerzas entre elementos del sistema de aislamiento sísmico, como vigas, losas, capiteles y sus conexiones. (Fig. 2.6.)

Imagen 9 Esquema del Sistema de aislamiento Sísmico



Fuente: (NTE – E 031,2019).

2.3.12. Sistema de restricción de desplazamiento

(NTE E-031, 2019), es el conjunto de elemento estructurales que controlan progresivamente el desplazamiento lateral de las estructuras sísmicamente aisladas.

2.3.13. Sistema de restricción contra viento

(NTE E-031, 2019), es el conjunto de elementos estructurales que restringen los desplazamientos de la estructura aislada cuando está sometida a cargas de vientos. Puede estar incorporado en los aisladores o estar constituido por dispositivos independientes.

2.3.14. Fuerza de restitución lateral

Es la fuerza que permite que una edificación aislada regrese a casi su posición inicial después de un sismo. Esta fuerza deberá ser mayor al 2.5% el peso de la edificación.

CAPÍTULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS

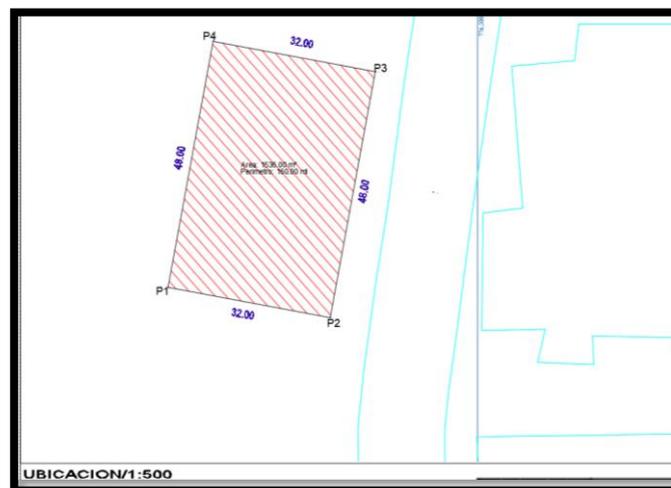
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La edificación aislada planteada se ubicará en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajamarca, distrito de Cajamarca, en el campus de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Imagen 10 Plano de localización ver Anexos



Imagen 11 Plano de Ubicación ver Anexos



CUADRO DE COORDENADAS UTM - WGS 84 / Z 17S					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	32.00	89°59'60"	776439.9571	9207045.7169
P2	P2 - P3	48.00	90°0'0"	776471.4217	9207039.8881
P3	P3 - P4	32.00	89°59'60"	776480.1649	9207087.0851
P4	P4 - P1	48.00	90°0'0"	776448.7003	9207092.9139

3.2. TIEMPO Y ÉPOCA DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se realizó entre 2023 y 2024, con el objetivo de establecer un procedimiento de diseño detallado y comprensible sobre el análisis y diseño de un sistema de aislamiento sísmico, utilizando la norma E-031.

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación

Esta investigación es de tipo aplicativo, ya que se utilizaron los procedimientos establecidos en la norma NTE E-031 para el análisis y diseño del sistema de aislamiento.

Por otro lado, el enfoque fue analítico, porque se llevó a cabo el análisis y diseño del sistema de aislamiento sísmico, obteniendo valores cuantitativos y verificando si cumplían con los requisitos de la norma NTE E-031.

El método y diseño de la investigación fue descriptivo, dado que se elaboró un procedimiento detallado para analizar y diseñar el sistema de aislamiento sísmico.

3.3.2. Población de estudio

Edificaciones de uso esencial localizadas en el campus de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.3.3. Muestra

Se llevó a cabo un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionándose como muestra el módulo de salud de 4 niveles ubicado dentro del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.3.4. Unidad de Análisis

La unidad de análisis es el sistema de aislamiento para el módulo de salud.

3.3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Toda la información recopilada para esta investigación se obtendrá mediante observación directa, revisión de documentación y el análisis de las normas vigentes relacionadas con el diseño y análisis de sistemas de aislamiento sísmico.

3.4. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el modelamiento y análisis de la edificación con su sistema de aislamiento sísmico, se utilizó el programa ETABS V20 para el análisis estructural y el programa SAFE V16 para el diseño de los elementos de concreto. Además, para realizar el análisis dinámico mediante el método de Tiempo Historia, se empleó el software SeismoMatch, que permitió realizar la compatibilidad espectral de los acelerogramas utilizados.

Para el diseño del sistema de aislamiento sísmico, se llevaron a cabo los cálculos utilizando Microsoft Excel, mientras que los resultados fueron presentados mediante Microsoft Word.

Los planos de la edificación se elaboraron en AutoCAD 2020.

En el análisis que se presenta a continuación, se seguirá el procedimiento establecido por la norma NTE E-031, ilustrado mediante gráficos y tablas. Se detallará el proceso de diseño para el sistema de aislamiento, obteniendo los valores de diseño correspondientes.

▪ DESCRIPCION DE LA EDIFICACION PLANTEADA

- ✓ Área: 1536 m²
- ✓ Tipo: A1 (Establecimiento de Salud)
- ✓ Forma: Regular
- ✓ Sistema estructural: Aporticado.

▪ PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

DATO	VALOR				NORMA
f _c =	20.590	Mpa*	210	Kg/cm ²	
f _y =			4200	Kg/cm ²	
γ C°A =			2400	Kg/m ³	E020
E _c =	21326.816	MPa	217473.006	Kg/cm ²	E060
E _s =	200000	MPa	2039432.43	Kg/cm ²	E060
σ _t * =			0.98	Kg/cm ²	EMS

*La capacidad portante del suelo se tomará de un EMS de la facultad de ingeniería de sistemas – UNC (Ver Anexos)

RECUBRIMIENTO	VALOR
Concreto expuesto a Suelo	7.5 cm
Columnas	4 cm
Vigas	4 cm
Losas	3 cm

▪ CARGAS

Carga Muerta (CM):

P.P. =	480	kg/m ²	Losa e =0.20m
C.T./Acab. =	250	kg/m ²	
CM =	730	kg/m ²	

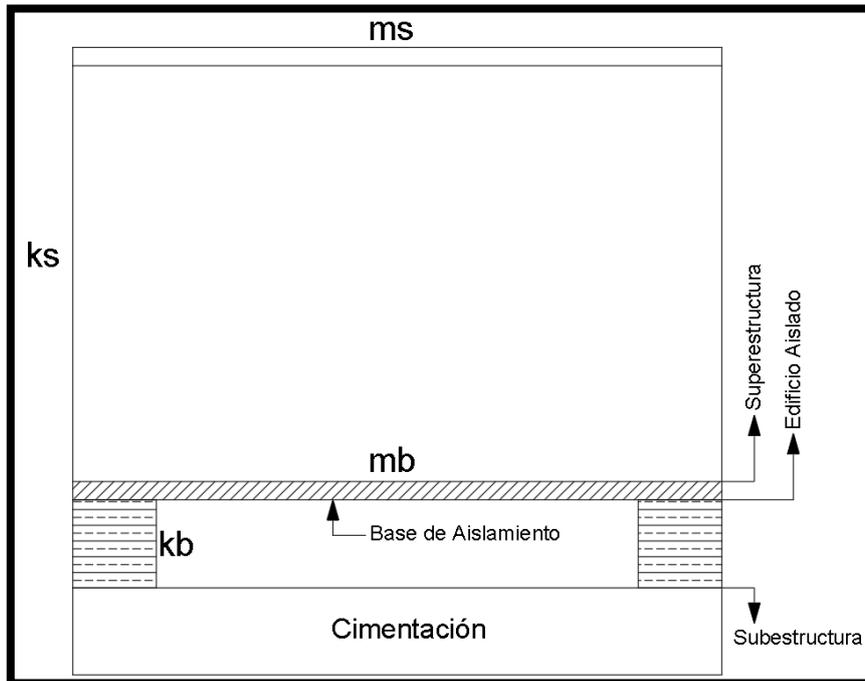
Carga Viva (CV):

S/C =	300	kg/m ²	NTE E-020 - Hospitales
CVT =	100	kg/m ²	NTE E-020

▪ FUNDAMENTOS DINAMICOS DEL AISLAMIENTO SISMICO

El esquema de una edificación de base aislada se muestra a continuación:

Imagen 13 Esquema de una edificación aislada



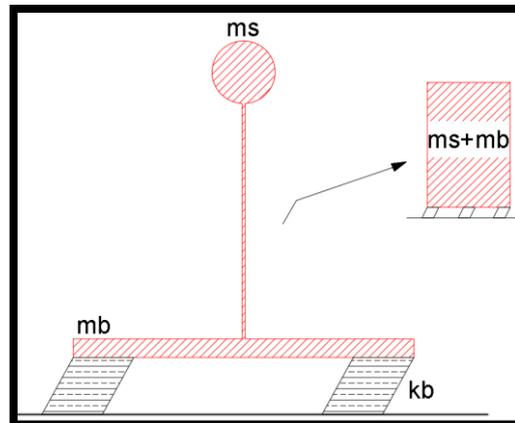
Donde:

- Para el nivel de aislamiento tenemos:
 - mb: Masa de la base de aislamiento, que es la plataforma del nivel 0, con ciertos segmentos de columnas.
 - kb: Rigidez del nivel de aislamiento, suma de todas las rigideces de los aisladores.
- Para la superestructura tenemos:
 - ms: Masa total de la superestructura.
 - ks: Rigidez de la superestructura.

A continuación, se plantean dos casos importantes:

Caso N°1

Cuando la estructura presenta una rigidez extremadamente alta en comparación con el sistema de aislamiento, se comporta como un sólido rígido. Esto implica que, ante un evento sísmico, la estructura no sufrirá deformaciones significativas y se puede modelar como un sistema con un solo grado de libertad (1 GDL).

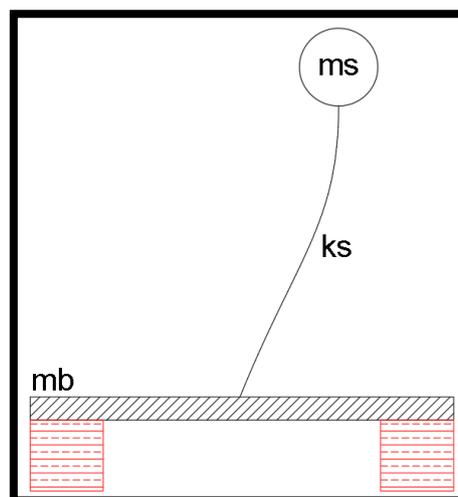


El periodo de vibración de la estructura para este caso se determinará:

$$T_b = 2\pi * \sqrt{\frac{m_s + m_b}{k_b}}$$

Caso N°2

Si no existiera aislamiento de base (aislamiento muy muy rígido), este modelo representa a un edificio con base fija.



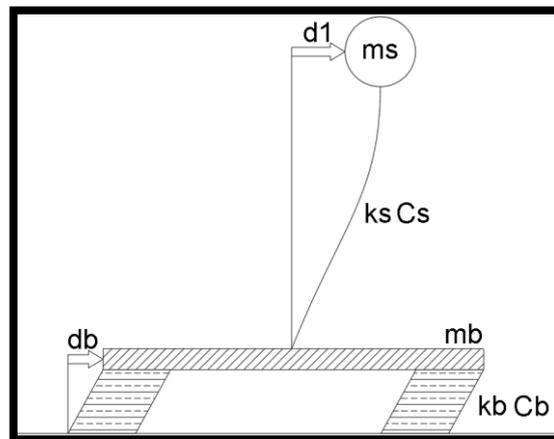
El periodo de vibración de la estructura para este caso se determinará:

$$T_s = 2\pi * \sqrt{\frac{m_s}{k_s}}$$

Con los dos casos planteados, se procederá a modelar la edificación de 4 niveles en el programa ETABS V20. Se llevará a cabo un análisis de modos y frecuencias para obtener los distintos periodos de vibración de la estructura. Es importante señalar que, en el modelado, se considerará la estructura con base fija (no empotrada), correspondiendo al modelo del Caso 2.

Caso N°3

En la realidad, la superestructura tendrá una masa (m_s) y una rigidez (k_s), mientras que el sistema de aislamiento contará con una masa (m_b) y una rigidez (k_b). Por lo tanto, el comportamiento de la estructura será modelado como un sistema de 2 grados de libertad (2 GDL).



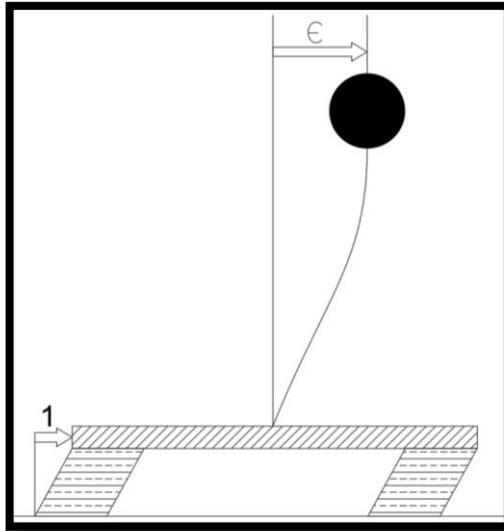
De este modelo se obtendrán dos parámetros muy importantes que definen de manera significativa el comportamiento del sistema de aislamiento:

$$\gamma = \frac{m_s}{(m_b + m_s)}$$

$$\epsilon = \left(\frac{T_s}{T_b}\right)^2$$

Modo Fundamental de Vibración

En la figura se muestra la tendencia que se presenta en un sistema de 2 GDL (Modelo de Edificación Aislada) ante un terremoto.



Este modo fundamental se representa:

$$\phi_1 = \begin{Bmatrix} 1 \\ \epsilon \end{Bmatrix}$$

Se determinará el periodo de oscilación “T1” de este primer modo con la siguiente fórmula, el cual es equivalente a “Tb” debido a que “γ” y “ε” poseen valores pequeños.

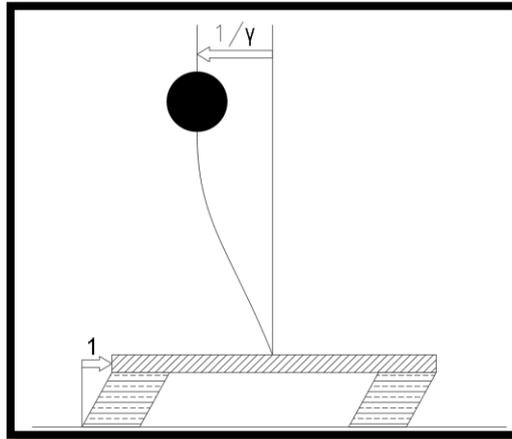
$$T_1 = \frac{T_b}{\sqrt{1 - \gamma\epsilon}} \equiv T_b$$

Al tener un ε pequeño aumenta la importancia del modo fundamental, es decir posee la mayor fuerza en la dinámica del edificio:

$$\frac{L_1}{M_1} = 1 - \gamma\epsilon$$

Nota: Si se logra hacer que el periodo Tb tome como mínimo un valor de tres veces el periodo de base fija Ts, el valor de ε será menor a 1/9 , disminuyendo así la deformación en el edificio.

2do Modo de Vibración



Este 2do modo se representa:

$$\phi_2 \approx \left\{ \begin{array}{c} 1 \\ -\frac{1}{\gamma} [1 - (1 - \gamma)\epsilon] \end{array} \right\} \approx \left\{ \begin{array}{c} 1 \\ -1/\gamma \end{array} \right\}$$

Se determinará el periodo de oscilación “T2” de este segundo modo con la siguiente fórmula.

$$T_2 = T_s * \sqrt{\frac{1 - \gamma}{1 + \gamma\epsilon}}$$

Al tener un ϵ pequeño disminuye la importancia del modo fundamental, es decir se anula el efecto nocivo de este modo.

$$\frac{L_2}{M_2} = \gamma \epsilon$$

Nota: Si se logra hacer que el periodo T_b tome como mínimo un valor de tres veces el periodo de base fija T_s , el valor de ϵ será menor a 1/9, disminuyendo así la deformación en el edificio.

Nota: Este modo destructivo está presente dentro de la genética del edificio, pero disminuye su importancia gracias a valores pequeños de “ ϵ ” y “ γ ”.

- ANÁLISIS DE LA EDIFICACIÓN CON BASE FIJA

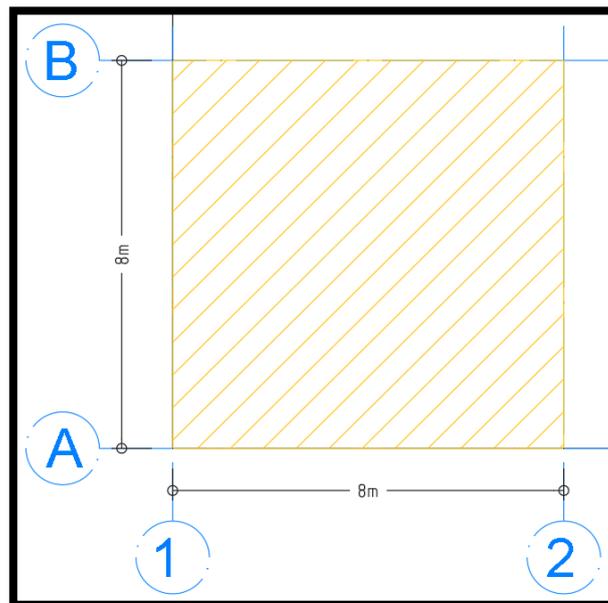
1. Predimensionamiento de Elementos Resistentes de la superestructura:

Como primer paso, se realizará el Predimensionamiento de los elementos resistentes (Columnas, Vigas y Losas) para el modelado.

- 1.1. Predimensionamiento de Losas Macizas en dos Direcciones. –

Para la superestructura debido a las luces de 8 m se considerará losas macizas en dos direcciones.

Imagen 14 Losa maciza para Predimensionamiento



Como: $Ln1 = Ln2$

Entonces:

$$H = Ln/40$$

$$H = \frac{8}{40} = 0.20 \text{ m}$$

1.2. Predimensionamiento de vigas de concreto armado en la superestructura

Para un sistema de pórticos será:

- Peralte de la Viga

$$h = \frac{L}{12} \quad a \quad h = \frac{L}{10}$$

Entonces:

$$h = \frac{8}{12} = 0.67 \text{ cm} \quad a \quad h = \frac{8}{10} = 0.80$$

- Ancho de la Viga

Para estructura conformadas por pórticos o estructuras sismo resistentes, consideramos un ancho mínimo de 25 cm (Norma NTE E-060).

También se puede usar la fórmula: $b = h/2$.

- Se usarán vigas de 0.35 x 0.70 m, en ambas direcciones.

1.3. Predimensionamiento de vigas de Concreto armado en la base de

Aislamiento

Para este tipo de vigas se considerarán las siguientes fórmulas:

- Peralte de la Viga

$$h = \frac{L}{10} \quad a \quad h = \frac{L}{7}$$

Entonces:

$$h = \frac{8}{10} = 0.80 \text{ cm} \quad a \quad h = \frac{8}{7} = 114 \text{ cm}$$

- Ancho de la Viga

Para el ancho de la viga que se considerará en la base de aislamiento, se considerará un ancho de 0.40 m.

El ancho y peralte de las vigas del nivel de aislamiento serán de mayor dimensión, debido a que estarán sometidas a grandes momentos, ya que todo el efecto de flexión en las columnas pasará a estas vigas.

También, con estas dimensiones, estas vigas evitarán que en los dispositivos de aislamiento se presenten giros. Estos giros hacen que los dispositivos sean sometidos a esfuerzos por tracción, lo que dañaría su funcionamiento.

- Se usarán vigas de 0.40 x 0.90 m, en ambas direcciones.

1.4. Predimensionamiento de Columnas de concreto armado.

$$A_c = \frac{P_{servicio}}{(0.45 * f'c)} \quad A_c = \frac{P_{servicio}}{(0.35 * f'c)}$$

Donde:

A_c = Área de la columna (cm²).

$P_{servicio}$ = Carga de servicio (kgf).

$f'c$ = Resistencia a la rotura por compresión a los 28 días (kgf/cm²)

$$P_{servicio} = P * A_{tributaria} * N_{pisos}$$

Siendo:

$$P = 1500 \frac{kg}{m^2}, \text{ para edificaciones de categoría A}$$

$$P = 1250 \frac{kg}{m^2}, \text{ para edificaciones de categoría B}$$

$$P = 1000 \frac{kg}{m^2}, \text{ para edificaciones de categoría C}$$

Imagen 15 Áreas tributarias para columnas de Esquina y Perimetral

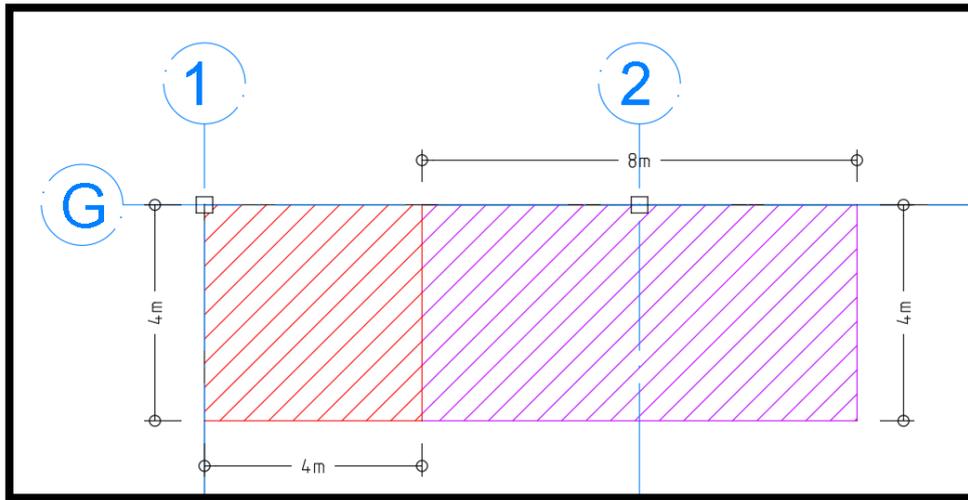
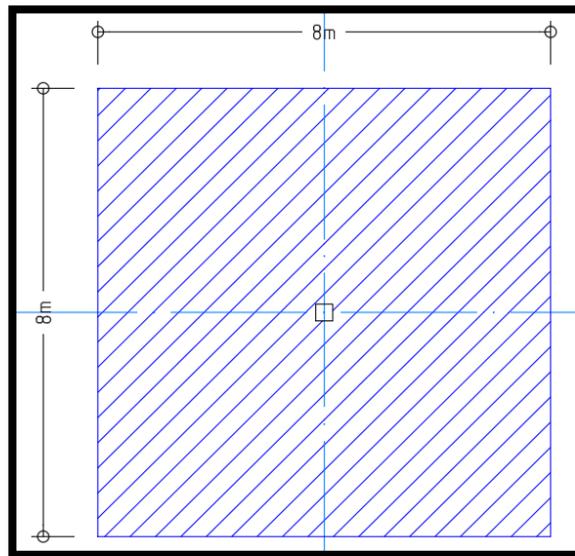


Imagen 16 Área tributaria para columnas centrales.



Determinamos $P_{servicio}$:

COL	P	A tributaria	N pisos	P servicio
	kg/m ²	m ²		kg
Col Centro	1500	64	4	384000
Col Perímetro	1500	32	4	192000
Col Esquina	1500	16	4	96000

Obtenemos "Ac":

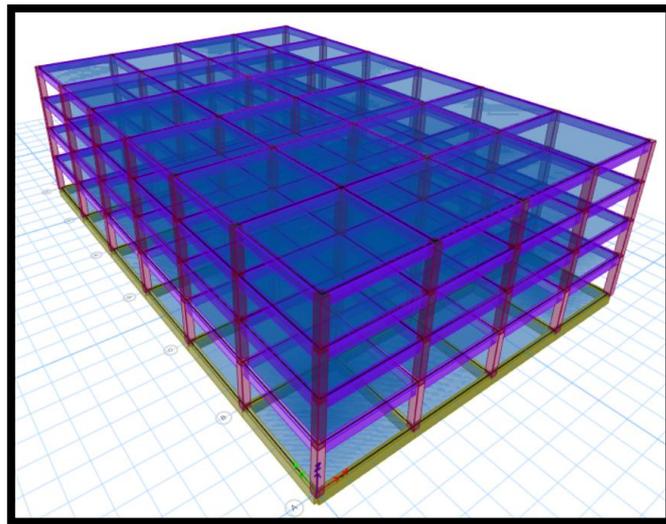
COL	P _{servicio}	f'c	Ac	Ac	Ac
	kg	kg/cm ²	cm ²	cm ²	
Col Centro	384000	210	4063,49	63,745526	65x65 cm
Col Perímetro	192000	210	2031,75	45,074894	50x50 cm
Col Esquina	96000	210	1015,87	31,872763	35x35 cm

Se usarán Columnas de 0.55x0.55 m.

2. Modelamiento de la Edificación de base fija en ETABS V20

2.1. A continuación, se realizará el modelado de la edificación de base fija en ETABS V20, en donde se colocarán las secciones de vigas y columnas obtenidas del predimensionamiento. Las losas se representarán como elementos membrana (solo para transmitir cargas) y se cargarán las losas según lo especificado en la norma E020.

Imagen 17 Modelado de la edificación de base fija en ETABS V20



3. Predimensionamiento de los Aisladores Sísmicos

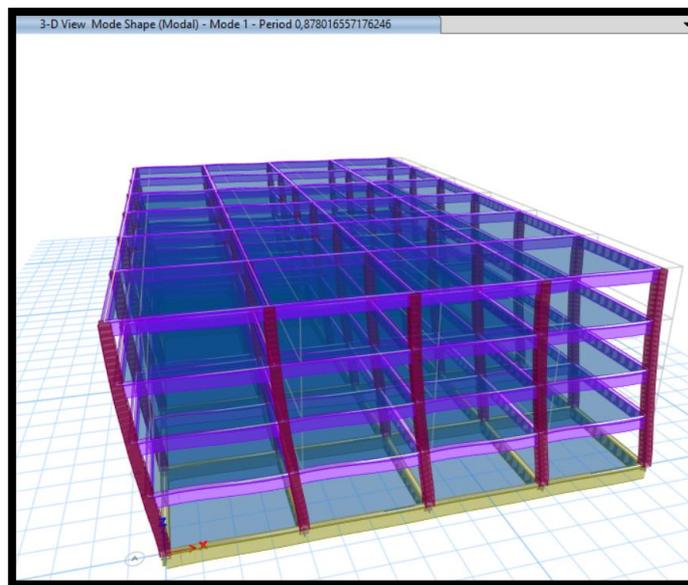
3.1. Modelada la edificación, se realizó el análisis de modos y frecuencias en ETABS V20, obteniéndose así los periodos de vibración de la estructura ("Ts") en sus 12 modos. Para el caso de aislamiento sísmico, usaremos solo los modos traslacionales en dirección X, Y y torsión.

PERIODOS (Ts)	VALOR (s)
Ts xx	0.878
Ts yy	0.856
Ts tors.	0.776

3.2. Obtenidos nuestros periodos de base fija, y al multiplicarlos por 3.8, obtenemos nuestros periodos objetivos ("Tb") en la dirección XX y YY

PERIODOS (Tb)	VALOR (s)
Tb xx	3.336
Tb yy	3.253

Imagen 18 Obtención de los periodos de vibración de la estructura



3.3. Luego extraemos de ETABS los valores de masa de cada piso, obteniéndose la siguiente tabla:

ETABS			
Story	Diaphragm	Mass X-Y	Pesos
		tonf-s²/m	Tonf
Story 4	D4	152,61	1497,13
Story 3	D3	172,81	1695,27
Story 2	D2	172,81	1695,27
Story 1	D1	173,46	1701,62

3.4. Obtenidas las masas se determina los parámetros “ ϵ ” y “ γ ” obteniéndose:

$$\gamma = \frac{m_s}{(m_b + m_s)}$$

$$\epsilon = \left(\frac{T_s}{T_b}\right)^2$$

Masa Superestructura	ms =	671,692	tonf-s ² /m	
Masa Base de Aislamiento (Plataforma)	mb =	180	tonf-s ² /m	Asumido*
Masa Total	ms + mb =	851,692	tonf-s ² /m	
Gamma	$\gamma =$	0,7887		
Épsilon XX	$\epsilon_X =$	0,069		

*Para realizar el predimensionamiento de las propiedades de nuestro aislador se asumirá la masa de la Base de Aislamiento

Nota: Como se observa que se están obteniendo valores pequeños para los parámetros, se verificará más adelante si el valor de 3.8 que multiplica al periodo “ T_s ” es el correcto.

3.5. A partir de la fórmula del periodo “ T_b ”, se despeja y se obtiene el valor de

“ K_b ”:

$$T_b = 2\pi * \sqrt{\frac{ms + mb}{kb}}$$

Donde:

K_b : Rigidez del conjunto de aisladores.

Despejando “ K_b ” se obtiene:

$$kb = 4\pi^2 * \frac{(ms + mb)}{T_b^2}$$

Se determina también el amortiguamiento crítico:

$$C_{cr} = 2 * \sqrt{kb * (ms + mb)}$$

Luego se determina el amortiguamiento del sistema de aislamiento, el cual es una fracción del amortiguamiento crítico “ C_{cr} ”. Para esta investigación, usaremos un factor de

amortiguamiento (ξ) del 15% debido a que los sismos registrados tienen altas frecuencias y bajos desplazamientos.

$$\xi = 0.15$$

$$Csa = Ccr * \beta m$$

Finalmente, se obtiene la rigidez y el amortiguamiento de cada dispositivo, los cuales se calculan mediante la división de “Kb” y “Csa” entre el número de aisladores (N), respectivamente.

$$Kc/a = \frac{kb}{N}$$

$$Cc/a = \frac{Csa}{N}$$

Se obtuvieron los siguientes resultados:

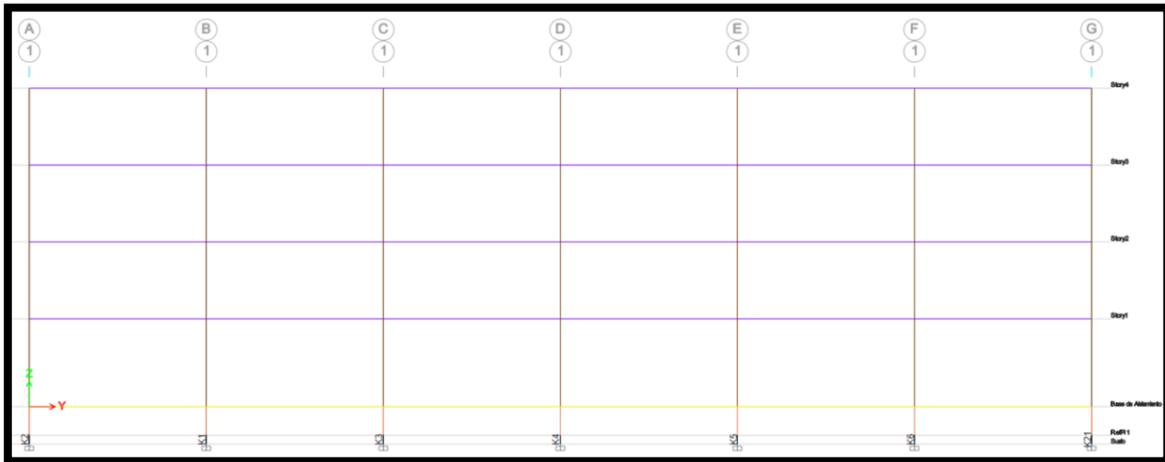
Rigidez del Conjunto de Aisladores (Efectiva)	Kb = Keff =	3020,439	tonf/m
Factor de Amortiguamiento	ξ =	0,15	
Amortiguamiento Critico	Ccr =	3207,792	tonf-s/m
Amortiguamiento del Sist. de Aislamiento	Csa =	481,169	tonf-s/m
N° de Aisladores	N =	35	uni

Rigidez de cada Aislador	Kc/a =	86,30	tonf/m
Amortiguamiento de cada Aislador	Cc/a =	13,75	tonf-s/m

3.6. Para efectos del predimensionamiento de los aisladores, se obtuvo como rigidez para cada aislador un valor de 86.30 ton/m y un amortiguamiento de 13.75 tonf-s/m.

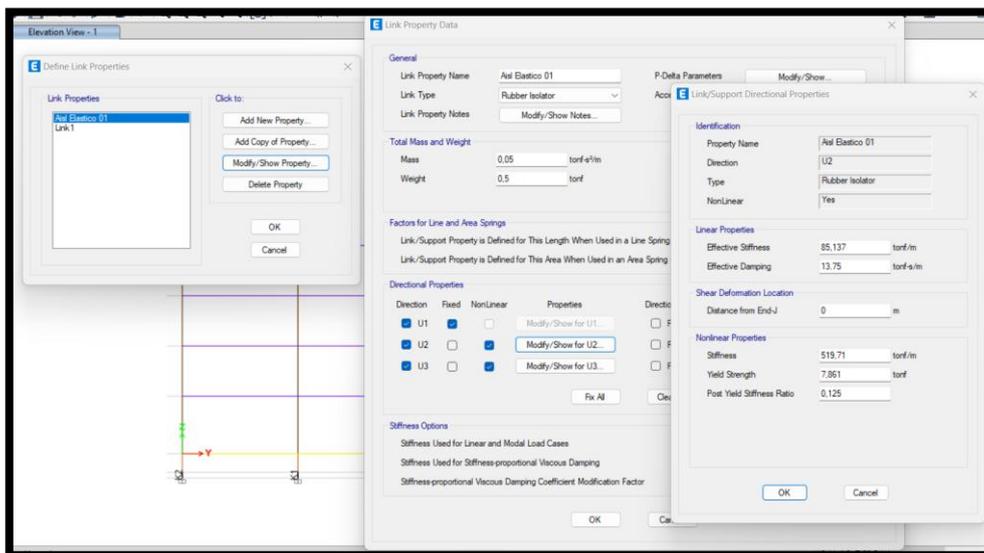
3.7. Se realizó el modelado de la edificación, colocando elementos 'Link' en su base, como se muestra en la imagen.

Imagen 19 Elevación 1-1 de la Edificación Aislada en ETABS



3.8. Una vez realizado el modelado, se colocarán los valores de 'K c/a' (Effective Stiffness) y 'C c/a' (Effective Damping) a los elementos 'Link', definidos anteriormente, en ETABS V20 en las direcciones U2 y U3, fijando la dirección U1, como se muestra a continuación:

Imagen 20 Colocación de K c/a y C c/a en los elementos Link - ETABS



3.9. Definidas las propiedades de los elementos 'Link' en la estructura, se realiza un cuadro comparativo de los periodos, como se muestra en el siguiente cuadro, para efectos de verificación.

RESULTADOS EN DIRECCION XX				
Periodo objetivo	Tbx =	3,336	s	Ladrillo
Periodo del primer modo en el modelo de edificación aislada de ETABS	T1x =	3,442		ETABS
Periodo el Primer modo fundamental de vibración del Edificio de 2 GDL	T1 =	3,431	s	Calculado
Periodo de Edif. Con Base Fija	Tsx =	0,878		Aisladores Rígidos
Periodo del análisis traslacional de 2 GDL (Modo 4)	T2x =	0,487	s	ETABS
Periodo del 2 modo de vibración del Edificio de 2 GDL	T2 =	0,393	s	Calculado
Periodo Rotacional	Tr =	3,092	s	ETABS

3.10. También se realiza la comprobación de nuestro “C” en el ETABS V20 obteniéndose el siguiente valor:

EN DIRECCION XX			
Desplazamiento en la Azotea	dxa =	0,000011	m
Desplazamiento en la Base	dxb =	0,00001	m
"ε" de ETABS	ε' =	0,100	

Nota: El valor de C es de 0.1 el cual es un buen resultado para el comportamiento del edificio aislado.

4. Análisis de Fuerzas Estáticas Equivalentes:

Este análisis nos permitirá determinar los desplazamientos, traslacional (**D_M**) y traslacional total (**D_{TM}**), y las fuerzas cortantes en el Interfaz de aislamiento (**V_b**) y en la base de la superestructura (**V_s**).

4.1.1. Se usarán las fórmulas que están en la Norma NTE E031 para calcular el “**D_M**”.

$$T_M = T_b = 2\pi \sqrt{\frac{P}{k_M * g}} \dots \dots \dots (Ec. 7) \text{ NTE E031}$$

$$D_M = \frac{S_{dM}}{B_M} = \frac{S_{aM} T_M^2}{4\pi^2 B_M} \dots \dots \dots (Ec. 6) \text{ NTE E031}$$

Donde:

$T_M = T_b$: Periodo objetivo para nuestro edificio aislado.

$K_M = k_b$: Rigidez del sistema de aislamiento.

D_M = Desplazamiento traslacional máximo.

B_M = Factor de reducción por amortiguamiento (Tabla N°5 de la norma NTE E031).

Tabla N° 5 Factor de amortiguamiento B_M	
Amortiguamiento Efectivo, β_M (En porcentaje del amortiguamiento crítico) a,b	Factor B_M
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
≥ 40	1,9

SaM: Ordenada del espectro elástico de pseudo aceleraciones correspondiente al SMC.

4.1.2. Con nuestro periodo objetivo “ T_b ” se entrará al espectro elaborado anteriormente obteniéndose el valor de “SaM”.

4.1.3. Luego calculamos de SdM de la formula y dividimos entre el valor de B_M que para un valor de 15% por medio de interpolación. A

continuación, se muestran los resultados de “ D_M ” en ambas direcciones.

4.1.4. Este valor de “ D_M ” se perfila con la ecuación N°16, de la norma E031 la cual es:

$$D'_M = \frac{D_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{T_f}{T_M}\right)^2}} \dots \dots \dots (Ec. 16) \text{ NTE E031}$$

Donde:

- D_M : Desplazamiento traslacional máximo en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico.
- $T_f = T_s$: Periodo fundamental de la estructura de base fija, en la dirección del análisis.
- $T_M = T_b$: Periodo efectivo de la estructura sísmicamente aislada, asociado al desplazamiento traslacional D_M en la dirección de análisis.

4.1.5. Se determinará el coeficiente de amplificación sísmica “C”, con las siguientes fórmulas:

$$T < 0.2 * T_p \quad \rightarrow \quad C = 1 + 7.5 * \left(\frac{T}{T_p}\right)$$

$$0.2 * T_p < T < T_p \quad \rightarrow \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad \rightarrow \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad \rightarrow \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right)$$

Desplazamiento Traslacional XX (DM)				
Periodo objetivo efectivo de la estructura sísmicamente aislada	$T_{Mx} = T_{bx} =$	3,336	s	
Factor Zona	$Z =$	0,35		
Factor de Importancia	$U =$	1		
Factor Suelo	$S =$	1,15		
Periodo que define la plataforma del factor C	$T_P =$	0,6	s	
Periodo que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento Cte.	$T_L =$	2	s	
Factor Amplificación Sísmica	$C =$	0,269		
Ordenada de espectro elástico de pseudo aceleraciones correspondiente al SMC	$S_{aM} =$	1,596	m/s ²	
	$S_{dM} =$	0,450	m	

Factor de amortiguamiento	BM =	1,35		Tabla N°5 E031
Desplazamiento Traslacional 1 GDL	DMX =	0,333	m	Ec. 6
Desplazamiento Traslacional 2 GDL	D'MX =	0,322	m	Ec. 16

4.1.6. A continuación, se determinó el desplazamiento traslacional total (D_{TM})

que es el D_M afectado por el efecto de torsión y se determina con la

siguiente ecuación:

$$D_{TM} = D_M \left[1 + \left(\frac{y}{P_T^2} \right) \left(\frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \right], \dots, \dots, (ec. 8) \text{ NTE E031}$$

Donde:

- D_M : Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis.
- y : Distancia entre el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico y el elemento de interés, medida perpendicularmente a la dirección de la sollicitación sísmica considerada.
- e : Excentricidad obtenida como la suma de la distancia en planta entre el centro de masa de la estructura sobre la interfaz de aislamiento y el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, más la excentricidad accidental, tomada como 5% de la mayor dimensión en planta del edificio en dirección perpendicular a la de la fuerza sísmica considerada.
- b : Dimensión menor de la proyección en planta de la estructura, medida perpendicularmente a la dimensión mayor, “d”.
- d : Dimensión mayor de la proyección en planta de la estructura.
- P_T : Razón entre el periodo traslacional efectivo (T_1) del sistema de aislamiento sísmico y el periodo rotacional efectivo (T_3) del sistema de aislamiento sísmico.

$$P_T = \frac{T_1}{T_3} \quad \text{o} \quad P_T = \frac{1}{r_a} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i^2 + y_i^2)}{N}} \dots \dots \dots (\text{ec. 9}) \quad \text{NTE E031}$$

Donde:

- r_a : Radio de giro del sistema de aislamiento sísmico, el cual es igual a $\sqrt{\frac{1}{12} (b^2 + d^2)^{1/2}}$ en sistemas de aislamiento con planta rectangular de dimensiones bxd.
- N : Número de aisladores.
- x_i, y_i : Distancias horizontales entre el centro de masas del sistema de aislamiento sísmico y el aislador i-ésimo, medidas en las direcciones de los ejes del sistema de aislamiento sísmico.

Nota: El desplazamiento total (D_{TM}) no será menor que **1.15 D_M** .

Desplazamiento Traslacional Total XX (DTM)				
Periodo traslacional XX del modelo aislado 1er Modo	T1x =	3,442	s	ETABS
Periodo rotacional del modelo aislado	T3 =	3,092	s	ETABS
T1x/T3	PT = ρ_0 =	1,11		
	y =	24	m	
	b =	32	m	
	d =	48	m	
	e =	2,4	m	
	Fac. =	1,17		
	Tomamos =	1,17		
Desplazamiento total	DTMX =	0,39	m	Ec. 8
Desplazamiento total mínimo DTM	D'TMX =	0,38	m	Ec. 8

***Nota:** Según la NTE E 031 - Artículo 26 – Numeral 26.1 – c) “El desplazamiento total del sistema de aislamiento sísmicos debido al SMC (Sismo de 2500 años), no debe ser menor que el 80% de D_{TM} , pudiendo usar D'_M en lugar de D_M ”.

4.1.7. A continuación, se determinará el valor de las cortantes estáticas, las cuales se calculan con el procedimiento que se muestra a continuación:

- Primero se determinó el valor de la fuerza lateral (V_b) la cual es necesaria para diseñar el sistema de aislamiento sísmico, la cimentación y todos los elementos estructurales bajo el nivel de base.
- Esta fuerza lateral (V_b) no debe ser menor al 90% de V_b .
- Se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_b = k_M * D_M \dots \dots \dots (ec. 10) \text{ NTE E31}$$

Donde:

- $k_M = k_b$: Rigidez efectiva del sistema de aislamiento sísmico en la dirección horizontal de análisis.
- D_M : Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis.
 - Luego determinamos la fuerza cortante no reducida para la estructura por encima del nivel de base (V_{st}), esta fuerza se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{st} = V_b \left(\frac{P_s}{P} \right)^{(1-2.5\beta_M)} \dots \dots \dots (ec. 12) \text{ NTE E031}$$

Donde:

- P: Peso sísmico de la estructura sobre la interfaz de aislamiento.
- P_s : Peso sísmico efectivo de la estructura sobre la interfaz de aislamiento.
- β_M : Amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico (15%).
 - Finalmente se determinó la fuerza cortante mínima (V_s) es decir la fuerza cortante reducida para la superestructura, esta fuerza se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{V_{st}}{R_a} \dots \dots \dots (ec. 11) \quad NTE E031$$

Donde:

- Ra: Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento sísmico, calculado como $\left(\frac{3}{8} * R_0\right)$, pero no menor que 1 ni mayor que 2.
- R0: Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre base fija, dependiente de las características de la estructura, definido en la NTE E030.
- Vst: Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base.

Fuerzas del análisis para el SMC XX				
El sistema de aislamiento sísmico, la cimentación y todos los elementos estructurales bajo el nivel de base deben ser diseñados y construidos para resistir una fuerza sísmica lateral mínima, “Vb”, y para la superestructura con la fuerza “Vs”.				
Fuerza Cortante Estático en los Aisl.	Vbx =	973,83	Tonf	Ec. 10
Fuerza lateral Mínima en los Aisl.	0.90*Vbx =	876,45	Tonf	NTE E031
Peso superestructura	Ps =	6589,29	Tonf	
Peso superestructura + Peso Base	P =	8355,09	Tonf	
Factor de Amortiguamiento	$\beta_m =$	0,15		
Fuerza cortante FINAL en la superestructura (Análisis elástico)	Vstx =	755,58	Tonf	Ec. 12
Coeficiente básico de reducción E030	R0 =	8		NTE E030
	Ra =	3	NO	
Como 1<Ra<2 entonces usaremos "2"	Ra =	2		
Cortante Mínima de Diseño Sobre el Nivel de Base	Vsx =	377,79	Tonf	Ec. 11

Comparamos la cortante estática “Vs” obtenida en la dirección X, con la cortante estática definida por la Norma NTE E030.

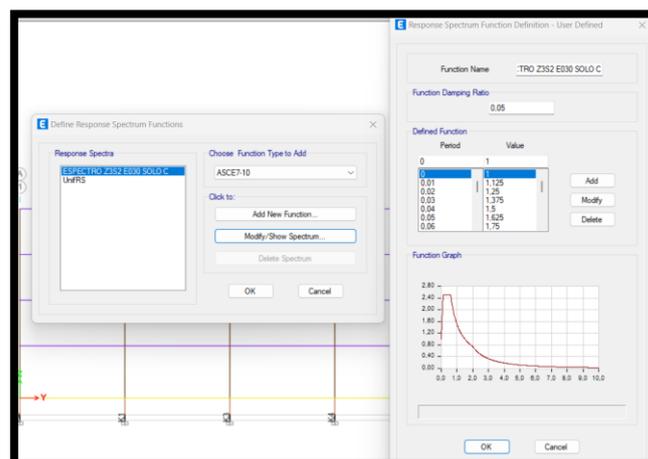
V_x' = Fuerza cortante estático según NTP E 030	T_{bx} =	3,336	s
	T_P =	0,6	s
	T_L =	2	s
	Z =	0,35	
	U =	1	
	S =	1,15	
	C =	0,269	
	R =	8	
	P_s =	6589,29	
	C/R =	0,11	
	Coef. Sísmico =	0,044275	
	V_x' =	291,74	Tonf

Nota: Se observa que la cortante estática “V_{sx}” obtenida por el procedimiento de la NTE E031 es mayor que la cortante estática “V_x” de la NTE E030, por lo que está cumpliendo la condición establecida por la norma E031.

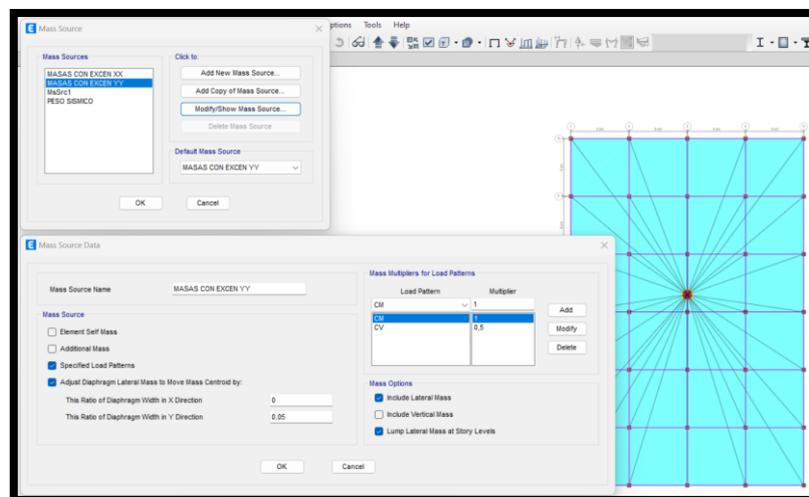
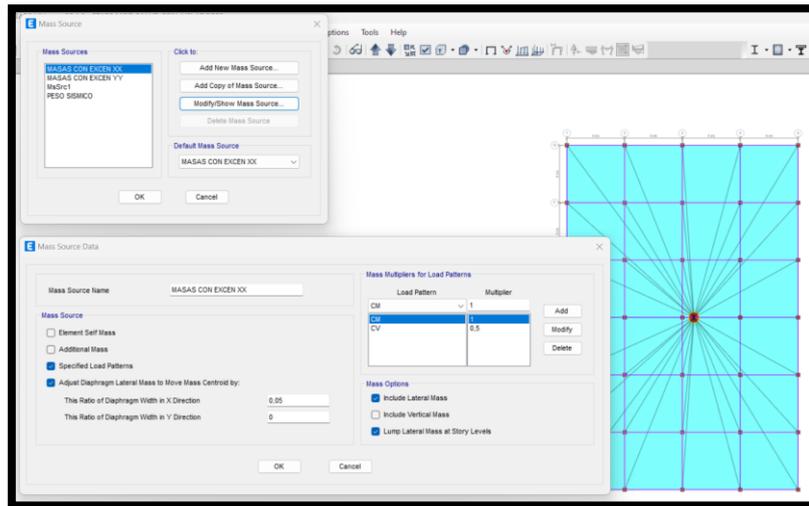
5. Análisis Dinámico Modal Espectral

5.1. Se cargó el espectro de la norma NTE E-030 con el nombre 'ESPECTRO Z3S2 E-030 SOLO C', el cual, al crear los casos de carga, se amplificó por un factor de 1.5 y por 9.81 m/s² de la gravedad, transformándolo en un espectro de un terremoto con un periodo de retorno de 2500 años.

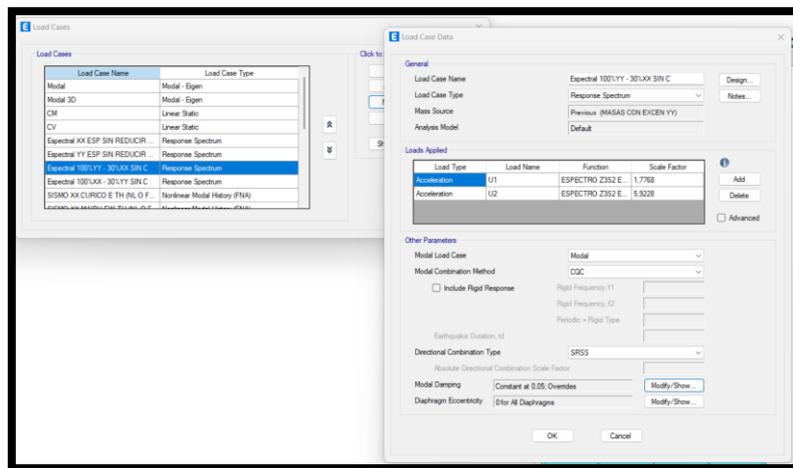
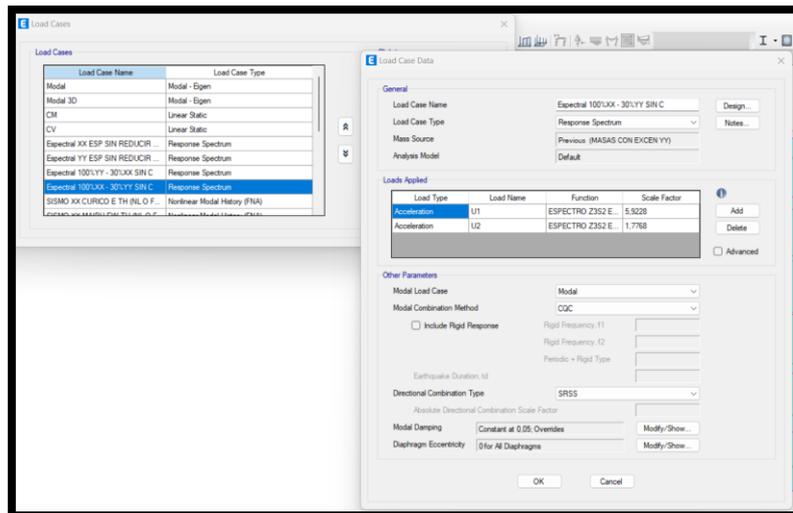
Imagen 21 Cargado del Espectro según la NTE E030



5.2. Creamos las “Fuentes de masa/ Mass Source”, agregando la excentricidad de 5% en ambas direcciones de análisis, los análisis se realizarán por separado.



5.3. Según la NTE E031, el sismo cargado se analizará con un 100% en la dirección de análisis y un 30% en la otra dirección. Para realizar este análisis en ETABS se definieron dos casos de cargas los cuales se le llamaron “Espectral 100%XX – 30%YY SIN C” y “Espectral 100%YY – 30%XX SIN C”.



Nota: Si la excentricidad se pone en la dirección XX, entonces el 100% del sismo estará en la dirección YY y el 30% en la dirección XX. Si cambiamos la excentricidad a la dirección YY, el 100% del sismo estará en la dirección XX y el 30% en la dirección YY.

5.4. Los resultados que se obtendrán son los desplazamientos D_M y D_{TM} considerando la excentricidad de 5%, las cortantes dinámicas y se controlaran las derivas de entrepiso (<0.0035).

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

DESPLAZAMIENTOS

Excentricidad en YY - Sismo en XX				
Desplazamiento Traslacional Max Perfilado del análisis Estático	$D'_{MX} =$	0,32	m	Ec. 16
Desplazamiento Tras. del Modelo SISMO XX	$Df_X =$	0,30	m	ETABS
	$Df_Y =$	0,09	m	
Desp. del Aislador	$D_{ais.} =$	0,31	m	
Desplazamiento total mínimo DTM del Análisis Estático	$D'_{TMX} =$	0,38	m	Ec. 8
Desplazamiento Total del Modelo SISMO XX	$DT_{MX} =$	0,34	m	ETABS
	$DT_{MY} =$	0,12	m	
Desp. del Aislador	$D_{ais.} =$	0,36	m	

FUERZAS CORTANTES DINÁMICAS

Excentricidad en YY - Sismo en XX	
PISO	V_x (Tn)
Story4	184,77
Story3	377,17
Story2	551,50
Story1	716,99
Base de Aislamiento	899,42

V_{st} EN XX	716,99	Tn
V_b EN XX	899,42	Tn

DERIVAS DE ENTREPISO

Excentricidad en YY - Sismo en XX		
PISO	DERIVAS XX	
Story4	0,0010	
Story3	0,0019	
Story2	0,0026	
Story1	0,0029	
DERIVA MAXIMA EN XX	0,0029	OK

6. Análisis dinámico Tiempo – Historia

Para poder realizar un análisis en el dominio del tiempo (tiempo-historia) para el sistema de aislamiento de nuestra edificación, se debe tener un modelo inelástico.

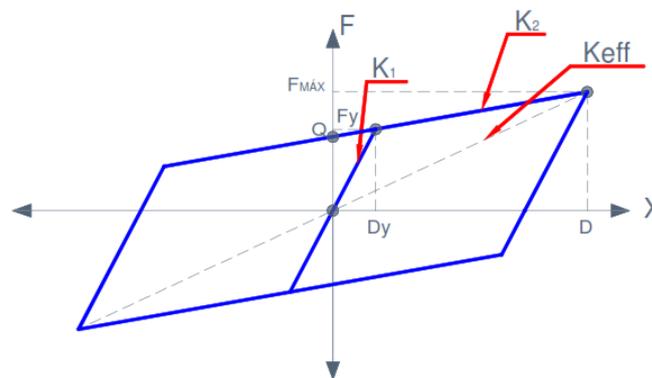
6.1. Modelo inelástico bilineal para el Sistema de Aislamiento

- Determinados los tres valores del modelo lineal (K_{eff} , ξ_{eff} y D) visto anteriormente, se construyó un modelo bilineal con el que se lograron los mismos valores de Fuerza (Cortante) y Desplazamiento máximo.
- Además, este modelo bilineal disipo la misma energía que un modelo lineal por medio del amortiguamiento viscoso.
- Este modelo bilineal queda definido en una curva la cual se construye con los siguientes parámetros:

K_1, K_2 : rigidez inicial y rigidez post fluencia

F_y, D_y : Fuerza y desplazamiento de fluencia

Q : Resistencia Característica.



- De estos 5 parámetros, solo 3 son independientes ya que entre ellos se pueden plantear las 2 siguientes ecuaciones:

$$F_y = K_1 D_y \dots \dots \dots (1)$$

$$F_y = Q + K_2 D_y \dots \dots \dots (2)$$

- Para la fuerza máxima y el área encerrada por un ciclo histerético del modelo bilineal se determinará como:

$$F_{M\acute{A}X} = F_y + K_2(D - D_y)$$

$$A_B = 4Q(D - D_y)$$

- Para el modelo elástico la fuerza máxima y el área se determina por:

$$F_{M\acute{A}X} = K_{eff}D$$

$$A = 2\pi * \xi * K_{eff} * D^2$$

- Finalmente igualando estas expresiones tendremos:

$$K_{eff}D = K_1D_y + K_2(D - D_y) \dots \dots \dots (3)$$

$$2\pi * \xi * K_{eff} * D^2 = 4Q(D - D_y) \dots \dots \dots (4)$$

- Para los 3 parámetros independientes que se elijan solo se cuenta con 2 ecuaciones (3 y 4). Lo cual significa que hay infinitas soluciones matemáticas, pero que solo un rango son soluciones prácticas que corresponden a los dispositivos disponibles del mercado.
- Planteamos una relación entre K_1 y K_2 :

$$K_1 = \alpha K_2$$

Donde:

α : puede tener valores entre 7 y 15, y lo define el fabricante.

- Asumiendo un valor para “ α ” ya se puede encontrar una solución al sistema, reemplazamos $K_1 = \alpha K_2$ en (3):

$$K_{eff}D = K_1D_y + K_2(D - D_y)$$

∨

$$K_2 = \frac{k_{eff}D}{D + (\alpha - 1)D_y} \dots \dots \dots (3)'$$

De (2):

$$Q = D_y(k_1 - k_2) = D_y k_2(\alpha - 1)$$

$$Q = D_y k_2(\alpha - 1) \dots \dots (2)'$$

Reemplazando (3)' en (2)':

$$Q = \frac{D_y k_{eff} D(\alpha - 1)}{D + (\alpha - 1)D_y} \dots \dots (2)''$$

Finalmente sustituyendo (2)'' en (4):

$$2\pi * \xi * K_{eff} * D^2 = \frac{4D_y k_{eff} D(\alpha - 1)}{D + (\alpha - 1)D_y} (D - D_y)$$

De donde:

$$2\pi * \xi * D - \frac{4D_y(\alpha - 1)(D - D_y)}{D + (\alpha - 1)D_y} = 0$$

De esta ecuación determinamos el valor de D_y y luego se usa en (3)':

$$K_2 = \frac{k_{eff} D}{D + (\alpha - 1)D_y}$$

Finalmente:

$$K_1 = \alpha K_2$$

6.1.1. Entonces a partir de los valores de K_{eff} , ξ_{eff} y D ya calculados determinamos K_1 , K_2 , D_y , Q , F_y , $F_{m\acute{a}x}$ y A_B , los cuales son los valores nominales bilineales de nuestro sistema de aislamiento.

**RESULTADOS DEL MODELO INELÁSTICO BILINEAL NOMINAL PARA EL
SISTEMA DE AISLAMIENTO**

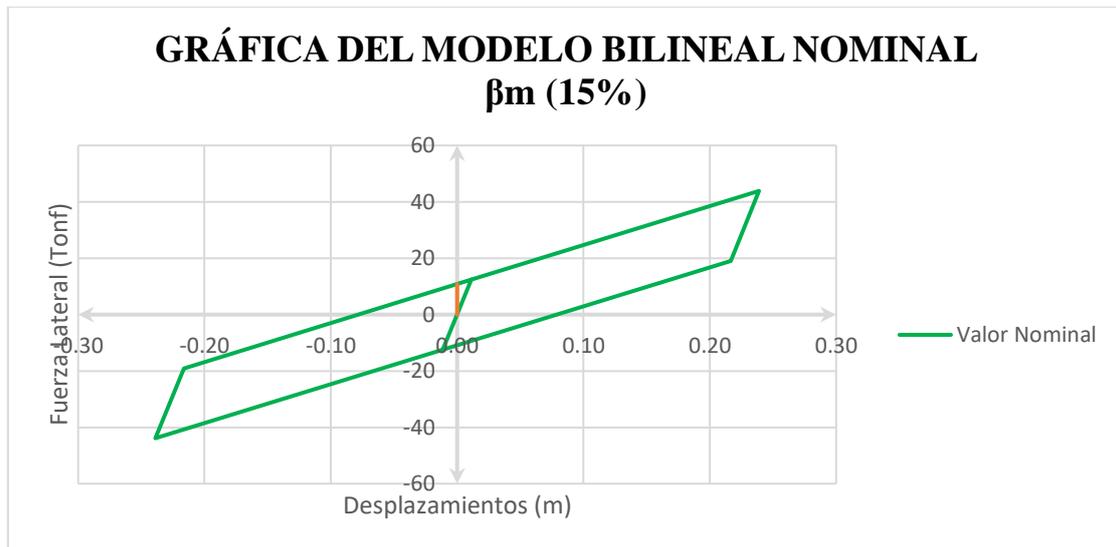
PROPIEDADES NOMINALES DEL AISLADOR				
DATOS				
Periodo de base fija	T _{sx} =	0,878	s	ETABS
Periodo objetivo	T _{bx} =	3,336	s	CASO 1
Masa Total	m _s + m _b =	851,6916	tonf-s ² /m	
Rigidez Efectiva	K _b = K _{eff} =	3020,439	tonf/m	
Factor de Amortiguamiento	β _m =	0,15		
Factor para K2	α =	8		
N° de Dispositivos	N° =	35,00	tonf/m	
Rigidez de Cada dispositivo	K Cada Disp. =	86,30	tonf/m	
Desplazamiento traslacional Estático XX	D' _{MX} =	0,3224	m	
Área (energía Lineal) / C disp.	A =	8,455	Tonf-m	
INCOGNITAS				
Rigidez Inicial - elástica	K1	519,710	tonf/m	
Rigidez Post Fluencia	K2 =K _d =	64,964	tonf/m	
Desplazamiento de fluencia	D _y	0,0151	m	
Resist. característica	Q =	6,88	Tonf	
Fuerza de Fluencia	F _y =	7,86	Tonf	
Fuerza máxima	F máx. =	27,824	Tonf	
Área de dentro de la Curva	A _B =	8,455	Tonf-m	

Ayudándonos de la herramienta SOLVER hallamos el valor de “D_y” dados por la siguiente ecuación:

$$2\pi * \xi * D - \frac{4D_y(\alpha - 1)(D - D_y)}{D + (\alpha - 1)D_y} = 0$$

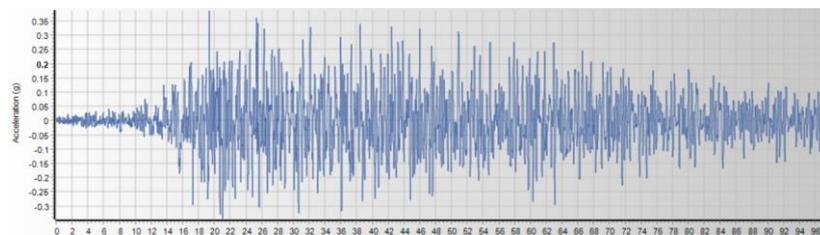
Aplicando SOLVER hallamos “D_y”:

Factor para determinar K1	α =	8	
Desplazamiento traslacional Máx. XX	D' _{MX} =	0,3224	m
Factor de Amortiguamiento	β _m =	0,15	
Desplazamiento de fluencia	D _{y1} =	0,01513	m
Ecuación	Ec.	0,00000	

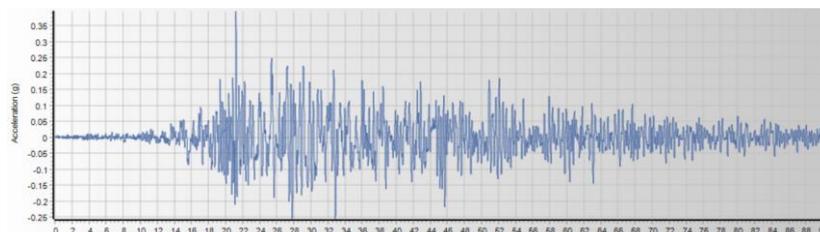


6.2. Procedimiento del análisis dinámico Tiempo – Historia

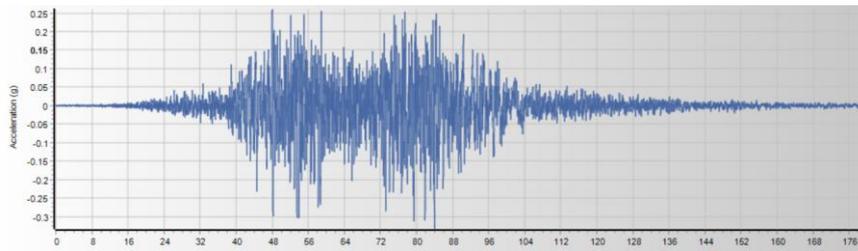
- Para este análisis se usarán 7 pares de Acelerogramas tratados y además espectros compatibles con el espectro cargado de la E030.
- Los 7 pares de acelerogramas tratados fueron seleccionados por ser registros de altas frecuencias y bajos desplazamientos, propios de una zona de subducción de placas.
 - Concep: Registro 27/02/2010 – Estación Concepción – Chile,
Componente EW



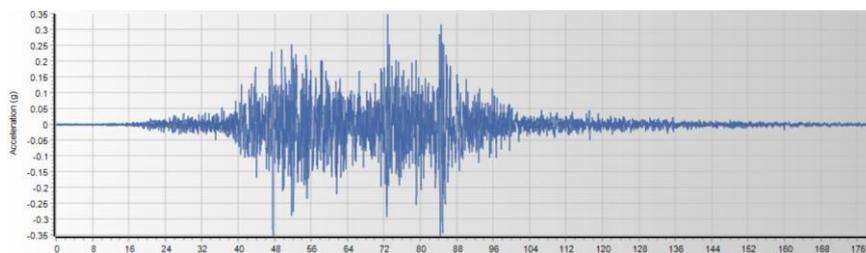
- Concep 1 Registro 27/02/2010 – Estación Concepción – Chile,
Componente NS



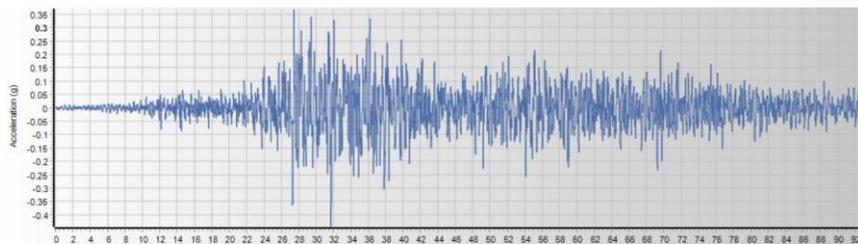
- Curico E: Registro 27/02/2010 – Estación Curicó – Chile, Componente EW



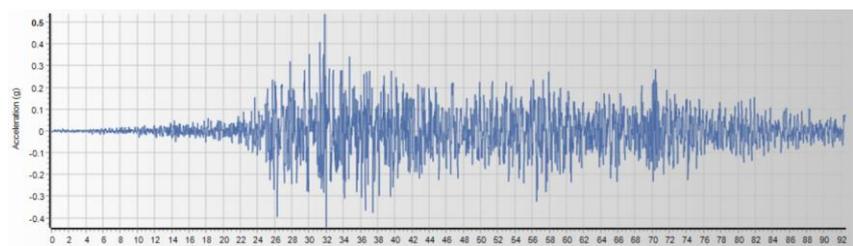
- Curico N: Registro 27/02/2010 – Estación Curicó – Chile, Componente NS



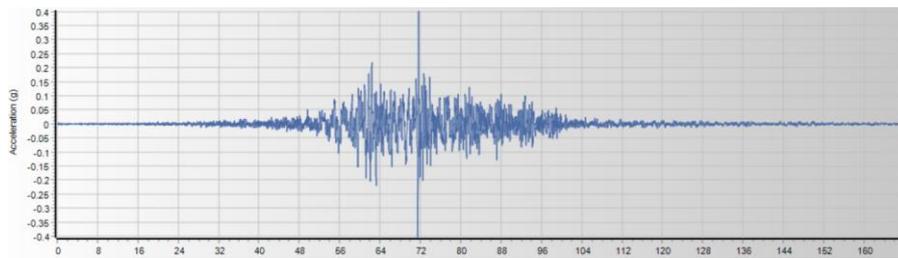
- Hua – L – Z: Registro 27/02/2010 – Estación Hualañe – Chile, Componente EW



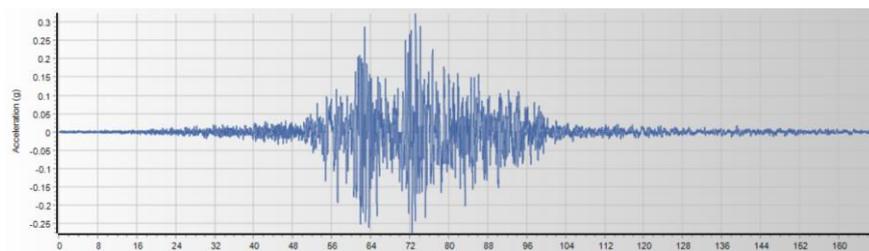
- Hua – T – Z: Registro 27/02/2010 – Estación Hualañe – Chile, Componente NS



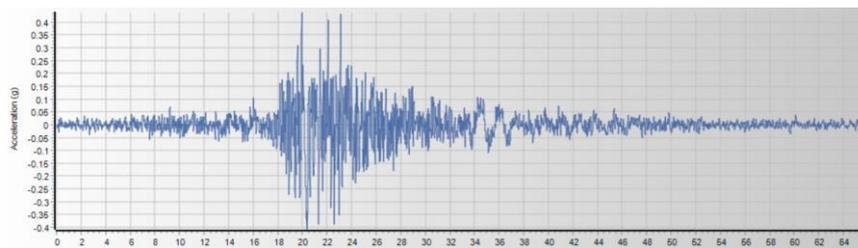
- Maipú EW: Registro del 27/02/2010 – Estación Maipú – Chile,
Componente EW.



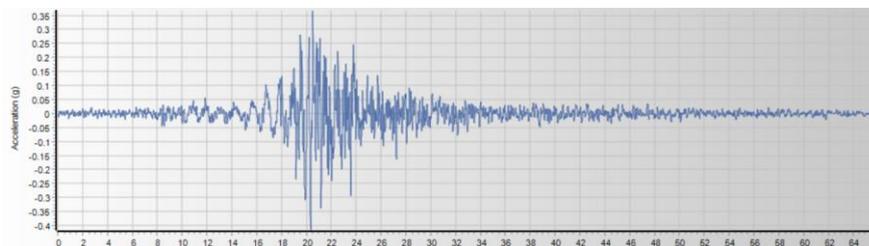
- Maipú NS: Registro del 27/02/2010 – Estación Maipú – Chile,
Componente NS.



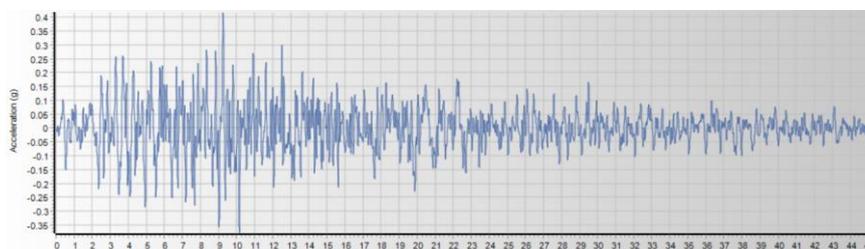
- T66 EW – Z: Registro del 17/10/66 – Lima, componente EW



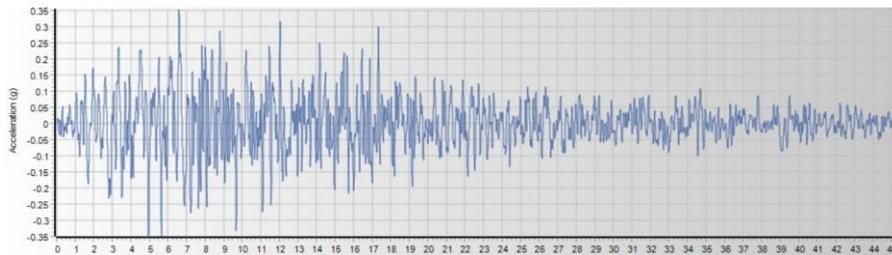
- T66 NS – Z: Registro del 17/10/66 – Lima, componente NS



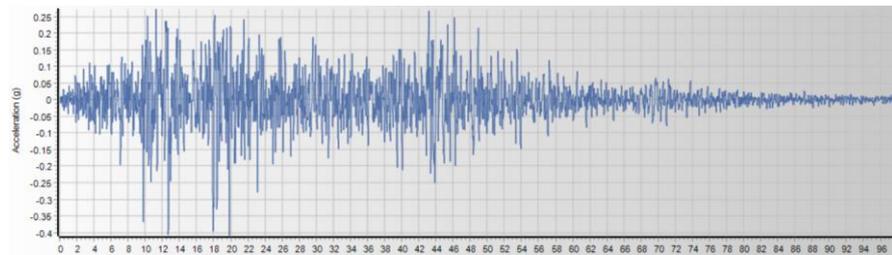
- T70 EW – Z: Registro del 31/05/1970 – Ancash, componente EW



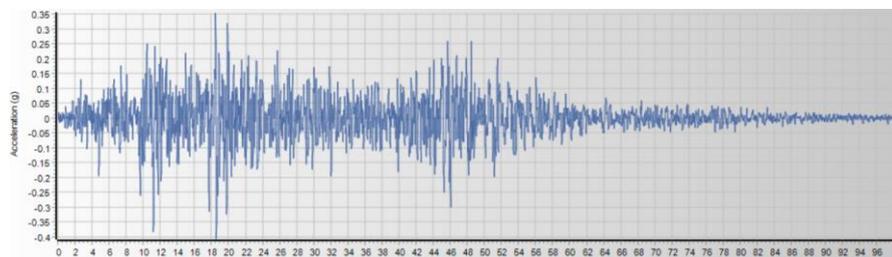
- T70 NS – Z: Registro del 31/05/1970 – Ancash, componente NS



- T74 EW – Z: Registro del 03/10/1974 – Lima, componente EW



- T74 NS – Z: Registro del 03/10/1974 – Lima, componente NS



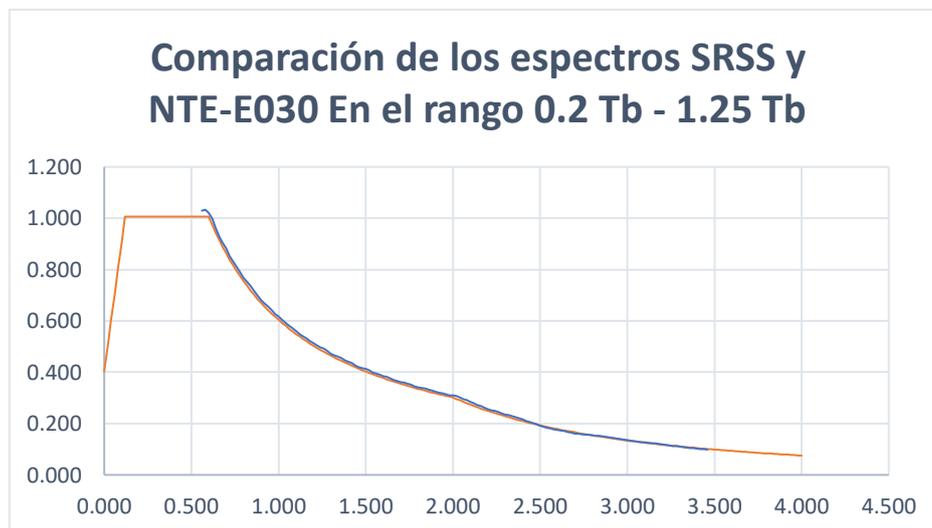
■ Procedimiento de Espectrocompatibilidad

- Seleccionamos los 7 pares de registros (NS – EW) representativos del lugar donde se construirá la edificación.
- Se determinaron los espectros de respuesta de las componentes NS, EW.
- Se determinó el espectro SRSS (raíz cuadrada de la suma de los cuadrados) para cada registro.
- Finalmente se escala las señales para que el promedio de los SRSS no sea menor al espectro objetivo en el rango establecido para señales naturales o espectrocompatibles.

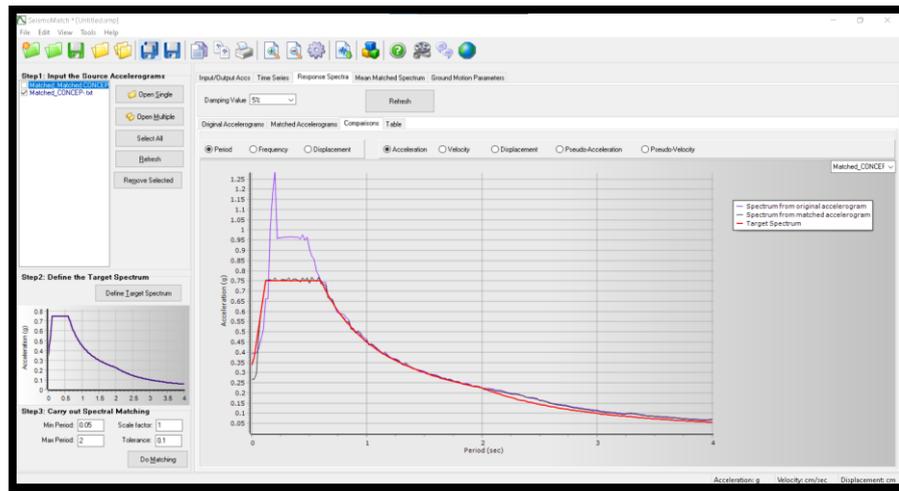
- El escalamiento se realizará como un 90% como mínimo en una dirección y la otra dirección ($\sqrt{(0.9)^2 + (x)^2} = 1$) tomará el valor de “X” al despejar esa ecuación.

$0.75 TM - 1.25 TM$ (Para señales naturales)

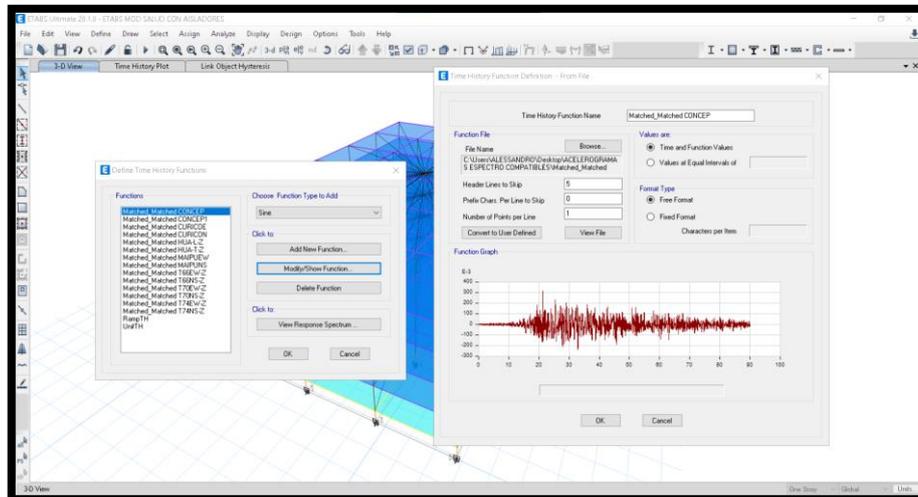
$0.2 TM - 1.25 TM$ (Para señales espectrocompatibles).



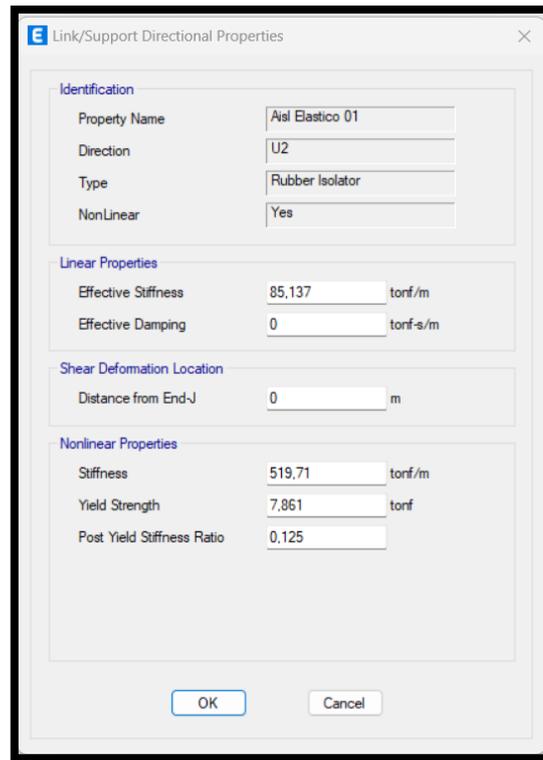
- Por otro lado, existe el programa SEISMOMATCH, que nos permite realizar la espectrocompatibilidad más rápido y dejando el procedimiento anterior para verificación.



- Una vez comprobada la espectrocompatibilidad de los 14 registros se cargaron al programa ETABS:

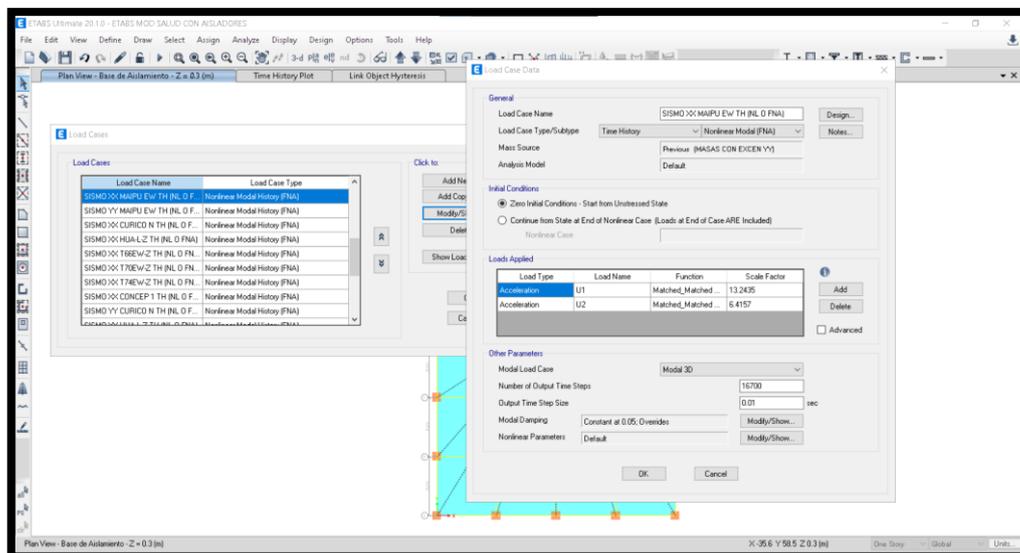


- Luego, se colocaron los valores de las propiedades nominales inelásticas obtenidas con anterioridad a los 'Links' en ambas direcciones, para un análisis dinámico de tiempo histórico inelástico.



Donde:

- ✓ Stiffness = $K1$
 - ✓ Yield Strength = Fy
 - ✓ Post Yield Stiffness Ratio = $K2/K1$ es decir $1/8$
- Se crearon 14 casos de cargas para cada registro teniendo en cuenta que para la dirección de análisis tendrá un 90% del sismo y para el otro sentido un 43.6%.



**RESULTADOS DEL ANALISIS TIEMPO HISTORIA PARA VALORES
NOMINALES**

Se obtendrán valores de desplazamiento en los nodos 17 y 46 de la base de aislamiento y la azotea en dirección XX, para los 7 pares de registros.

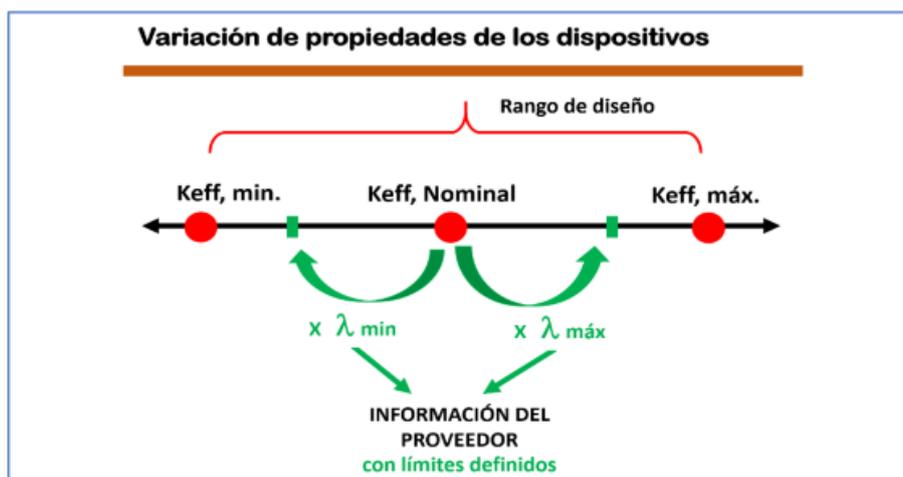
DESPLAZAMIENTOS

SISMO EN XX			
Nodo 17 del Modelo - Base de Aislamiento			
ACELEROGRAMA	D_{MX}	D_{MY}	D_{ais.}
CONCEPCION	0,242	0,05	0,247
CURICO	0,159	0,01	0,159
HUA	0,163	0,01	0,164
MAIPU	0,172	0,04	0,177
T66	0,188	0,02	0,189
T70	0,316	0,14	0,346
T74	0,239	0,03	0,240
	Promedio		0,22
Nodo 46 del Modelo - Base de Aislamiento			
ACELEROGRAMA	D_{TMX}	D_{TMY}	D_{ais.}
CONCEPCION	0,259	0,036	0,261
CURICO	0,177	0,002	0,177
HUA	0,158	0,012	0,159
MAIPU	0,191	0,054	0,198
T66	0,204	0,028	0,206
T70	0,363	0,114	0,381
T74	0,250	0,022	0,251
	Promedio		0,23
Nodo 46 del Modelo - Azotea			
ACELEROGRAMA	D_x	D_y	D_{ais.}
CONCEPCION	0,280	0,042	0,283
CURICO	0,201	0,003	0,201
HUA	0,177	0,013	0,178
MAIPU	0,214	0,058	0,222
T66	0,214	0,015	0,215
T70	0,404	0,120	0,421
T74	0,276	0,021	0,277
	Promedio		0,26

DERIVAS

SISMO EN XX		
Derivas de entrepiso dirección XX		
ACELEROGRAMA	Dx	Obs.
CONCEPCION	0,002191	OK
CURICO	0,002496	OK
HUA	0,002016	OK
MAIPU	0,002038	OK
T66	0,002232	OK
T70	0,00296	OK
T74	0,002778	OK
Promedio	0,00239	OK

Los valores de diseño para los dispositivos del sistema de aislamiento estarán dentro de un rango de valores, los cuales se obtienen multiplicando los valores nominales por un λ (min) y λ (max), es decir, según el tipo y clase de dispositivo que se usará. Para la obtención de λ (min) y λ (max), se multiplicará por un coeficiente algunas de sus propiedades, tal como se especifica en las tablas del Anexo I de la NTE E031: “Valores Mínimos de los Factores de Modificación Máximo para los Dispositivos de CLASE I” y “Valores Máximos de los Factores de Modificación Mínimo para los Dispositivos de CLASE I”. En la norma NTE E031 se explica mejor el rango de diseño con el siguiente gráfico del ANEXO 1.



- Para este trabajo se usaron Aisladores de caucho con núcleo de plomo – CLASE I, siendo los coeficientes modificados K_d y Q_d :

VALORES MÍNIMOS DE LOS FACTORES DE MODIFICACIÓN MÁXIMO PARA LOS DISPOSITIVOS CLASE I							
VALOR MÍNIMO PARA:	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
	u o Q_d	u o Q_d	K	K_d	Q_d	K_d	Q_d
Factor Máximo para Envejecimiento y Efectos Ambientales ($\lambda_{ae,max}$)	1.21	1.65	1	1	1	1.2	1.2
Factor Máximo para variaciones por temperatura, velocidad de carga, scragging ($\lambda_{tvs,max}$)	1.2	1.3	1.03	1.03	1.3	1.5	1.3
Factor Máximo para verificar los ensayos de aisladores de obra- variaciones de fabricación ($\lambda_{fab,max}$)	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Factor de Modificación Máximo Límite Superior: $\lambda_{max} = [1 + 0.75(\lambda_{ae,max} - 1)] * \lambda_{tvs,max} + \lambda_{fab,max}$	1.6	2.25	1.3	1.3	1.5	2	1.7

VALORES MÁXIMOS DE LOS FACTORES DE MODIFICACIÓN MÍNIMO PARA PARA LOS DISPOSITIVOS CLASE I							
VALOR MÁXIMO PARA:	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
	u o Q_d	u o Q_d	K	K_d	Q_d	K_d	Q_d
Factor Mínimo para Envejecimiento y Efectos Ambientales ($\lambda_{ae,min}$)	1	1	1	1	1	1	1
Factor Mínimo para variaciones por temperatura, velocidad de carga, scragging ($\lambda_{tvs,min}$)	0.95	0.95	0.98	0.98	0.95	0.95	0.95
Factor Mínimo para verificar los ensayos de aisladores de obra- variaciones de fabricación ($\lambda_{fab,min}$)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Factor de Modificación Mínimo Límite Inferior: $\lambda_{min} = [1 - 0.75(\lambda_{ae,min} - 1)] * \lambda_{tvs,min} + \lambda_{fab,min}$	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Donde: $K_d = K_2$ y $Q_d = Q$

VALORES DEL MODELO INELÁSTICO BILINEAL λ_{min} Y λ_{max} PARA EL SISTEMA DE AISLAMIENTO – AISLADORES DE CAUCHO CON NÚCLEO DE PLOMO – CLASE 1

	λ min		Nominal		λ máx.	
$\alpha =$	8		8		8	
$K'2 =$	58,467	tonf/m	64,964	tonf/m	84,453	tonf/m
$K'1 =$	467,739	tonf/m	519,710	tonf/m	675,623	tonf/m
$F_y =$	6,289	Tonf	7,861	Tonf	11,792	Tonf
$Q' =$	5,503	Tonf	6,88	Tonf	10,32	Tonf
$D_y =$	0,0134	m	0,0151	m	0,0175	m

- A continuación, se realizó el análisis de tiempo-historia usando las propiedades inelásticas obtenidas en λ (max). En este análisis, se verificó si cumplen las DERIVAS de entrepiso y las ACELERACIONES. Asimismo, se obtuvieron valores de DESPLAZAMIENTOS y CORTANTES para la superestructura, ya que se usarán valores máximos en los aisladores, lo cual le dará elevada rigidez a todo el sistema de aislamiento.

Finalmente, se realizó el análisis de tiempo-historia usando las propiedades inelásticas obtenidas en λ (min). En este análisis, se verificaron los DESPLAZAMIENTOS y la FUERZA RESTITUTIVA debido a una reducción de rigidez y amortiguamiento en las propiedades de nuestros dispositivos.

**RESULTADOS DEL ANALISIS TIEMPO HISTORIA PARA VALORES $\lambda_{m\acute{a}x}$
DESPLAZAMIENTOS- λ máx.**

SISMO EN XX			
Nodo 17 del Modelo - Base de Aislamiento			
ACELEROGRAMA	D_{MX}	D_{MY}	$D_{ais.}$
CONCEPCION	0,215	0,023	0,216
CURICO	0,181	0,001	0,181
HUA	0,174	0,000	0,174
MAIPU	0,158	0,061	0,169
T66	0,176	0,020	0,177
T70	0,259	0,045	0,263
T74	0,218	0,005	0,218
	Promedio		0,20
Nodo 46 del Modelo - Base de Aislamiento			
ACELEROGRAMA	D_{TMX}	D_{TMY}	$D_{ais.}$
CONCEPCION	0,232	0,011	0,232
CURICO	0,193	0,012	0,194
HUA	0,186	0,013	0,186
MAIPU	0,190	0,077	0,205
T66	0,182	0,045	0,187
T70	0,299	0,046	0,303
T74	0,233	0,013	0,234
	Promedio		0,22

Nodo 46 del Modelo - Azotea			
ACELEROGRAMA	Dx	Dy	D_{ais.}
CONCEPCION	0,266	0,003	0,266
CURICO	0,233	0,027	0,234
HUA	0,217	0,016	0,217
MAIPU	0,218	0,089	0,236
T66	0,210	0,005	0,210
T70	0,337	0,029	0,338
T74	0,265	0,011	0,265
	Promedio		0,25

DERIVAS - λ máx.

$$\Delta < 0.0050$$

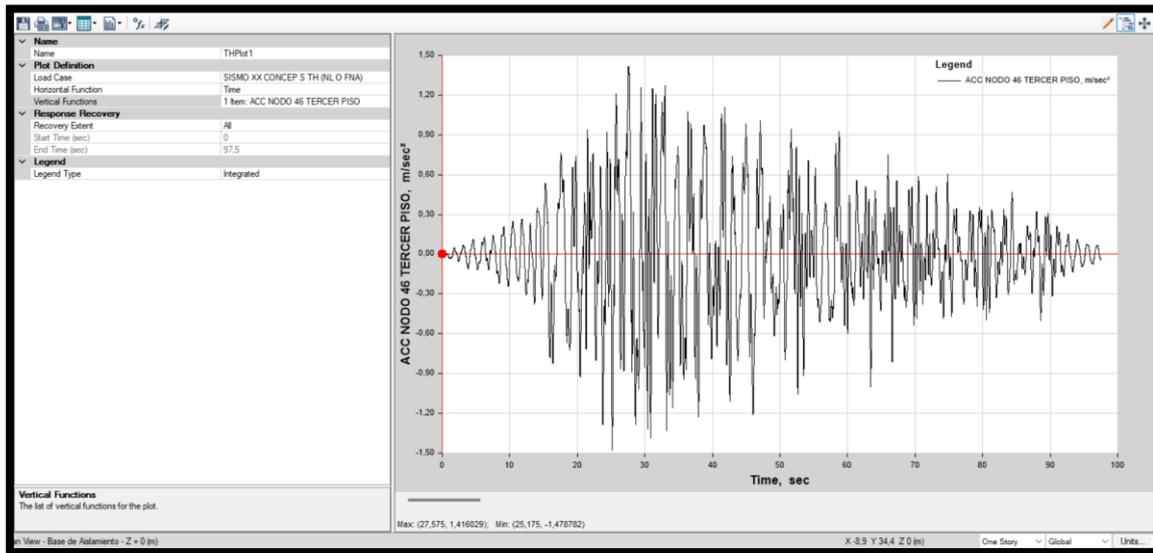
SISMO EN XX		
ACELEROGRAMA	Dx	Obs.
CONCEPCION	0,002628	OK
CURICO	0,003219	OK
HUA	0,002842	OK
MAIPU	0,003092	OK
T66	0,002949	OK
T70	0,003758	OK
T74	0,003843	OK
Promedio	0,00319	OK

CORTANTES - λ máx.

CORTANTES - SISMO EN XX		
ACELEROGRAMA	Vb'x (Tn)	V'stx (Tn)
CONCEPCION	967,07	811,12
CURICO	874,73	732,99
HUA	860,19	787,37
MAIPU	788,37	753,14
T66	782,24	705,14
T70	1029,91	970,89
T74	977,84	948,80
Promedio	897,19	815,64

ACELERACIONES- λ máx.

Imagen 22 Aceleraciones en el nodo 46 tercer piso – Caso: Concep. S TH (NL O FNA)



ACELEROGRAMA	ACELERACION (m/s ²)	ACELERACION (g)
	XX	XX
CONCEPCION	1,48	0,15
CURICO	1,80	0,18
HUA	1,67	0,17
MAIPU	1,70	0,17
T66	1,77	0,18
T70	2,01	0,20
T74	2,06	0,21
PROMEDIOS	1,79	0,18

Daño – Sa prom. (g) (Edificios modernos)			
Bajo	Moderado	Extensivo	Completo
0.3	0.6	1.2	2.4

HAZUS®99



Rpta: Las aceleraciones del nodo 46 en el tercer piso será de 0.18g en dirección XX al ser menor que 0.30g, se considera de BAJO DAÑO.

RESULTADOS DEL ANALISIS TIEMPO HISTORIA PARA VALORES λ_{min}

DESPLAZAMIENTOS - λ_{min}

SISMO EN XX			
Nodo 17 del Modelo - Base de Aislamiento			
ACELEROGRAMA	D_{MX}	D_{MY}	D_{ais.}
CONCEPCION	0,2796	0,054	0,285
CURICO	0,1808	0,018	0,182
HUA	0,1618	0,016	0,163
MAIPU	0,1864	0,047	0,192
T66	0,2010	0,015	0,202
T70	0,3492	0,148	0,379
T74	0,2433	0,022	0,244
	Promedio		0,24
Nodo 46 del Modelo - Base de Aislamiento			
ACELEROGRAMA	D_{TMX}	D_{TMY}	D_{ais.}
CONCEPCION	0,3118	0,033	0,314
CURICO	0,2002	0,004	0,200
HUA	0,1589	0,069	0,173
MAIPU	0,1983	0,056	0,206
T66	0,2182	0,030	0,220
T70	0,3859	0,127	0,406
T74	0,2580	0,027	0,259
	Promedio		0,25
Nodo 46 del Modelo - Azotea			
ACELEROGRAMA	D_x	D_y	D_{ais.}
CONCEPCION	0,332	0,038	0,334
CURICO	0,221	0,005	0,221
HUA	0,173	0,078	0,190
MAIPU	0,218	0,062	0,226
T66	0,224	0,039	0,227
T70	0,422	0,133	0,442
T74	0,284	0,027	0,285
	Promedio		0,28

Nota: La diferencia de los desplazamientos entre la azotea y la base de aislamiento en el NODO 46 para el SISMO en XX, del modelo es de 0.0211 m, esto significa que si los aisladores se reblandecen el edificio sigue aislando con normalidad.

FUERZA RESTITUTIVA - λ min

$$FR > 0.025 * 8355.0942 \rightarrow FR > 208.877$$

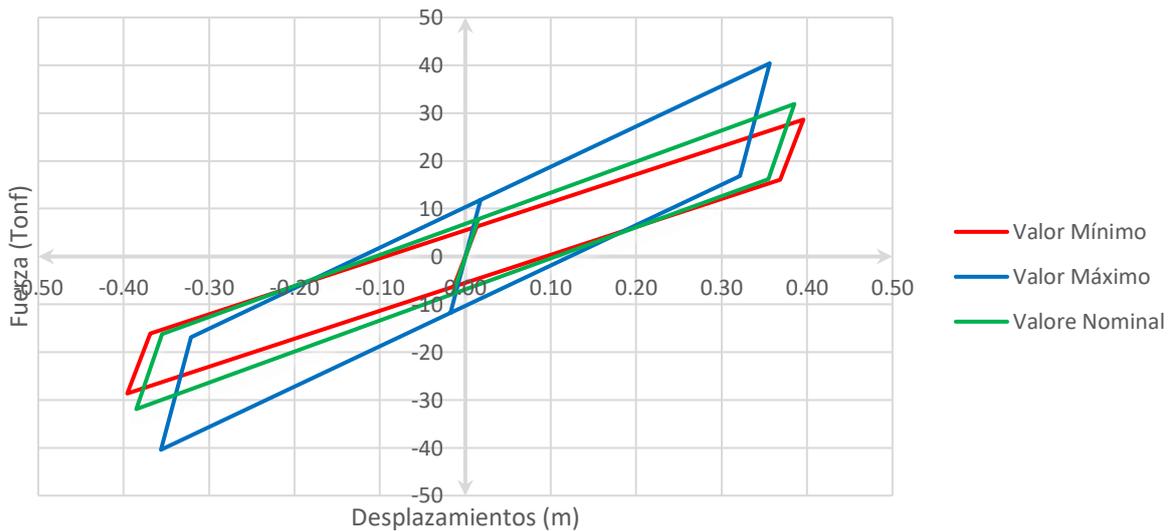
SISMO EN XX					
Peso de la Edificación	P =	8355.0942	Tonf	208.877	
ACELEROGRAMA	Fmáx	D/2	F a D/2	Fr	Obs.
CONCEPCION	753.038	0.1395	476.00	277.038	OK
CURICO	555.259	0.0899	373.00	182.259	NO
HUA	513.088	0.0799	354.00	159.088	NO
MAIPU	565.463	0.0930	380.00	185.463	NO
T66	579.403	0.0951	385.00	194.403	NO
T70	834.299	0.1708	540.00	294.299	OK
T74	645.620	0.1153	425.00	220.620	OK
			Promedio	216.17	OK

**TABLAS RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES PARA LOS
AISLADORES SEGÚN LA NORMA NTE E031**

	λ min		Nominal		λ máx.	
$\alpha =$	8		8		8	
$K'2 =$	58.467	tonf/m	64.964	tonf/m	84.453	tonf/m
$K'1 =$	467.739	tonf/m	519.710	tonf/m	675.623	tonf/m
$F_y =$	6.289	Tonf	7.861	Tonf	11.792	Tonf
$Q' =$	5.503	Tonf	6.879	Tonf	10.318	Tonf
$D_y =$	0.0134	m	0.0151	m	0.0175	m
"D_M" =	0.3489	m	0.3410	m	0.3192	m
$F_{máx} =$	25.902	Tonf	29.029	Tonf	37.276	Tonf
$K_c/d =$	74.239	tonf/m	85.137	tonf/m	116.776	tonf/m
$K_{eff} =$	2598.380	tonf/m	2979.806	tonf/m	4087.174	tonf/m
$C_{cr} =$	2975.244	tonf-s/m	3186.142	tonf-s/m	3731.494	tonf-s/m
$C_{sa} =$	386.890	tonf-s/m	459.304	tonf-s/m	621.593	tonf-s/m
$C_{c/a} =$	11.054	tonf-s/m	13.123	tonf-s/m	17.760	tonf-s/m
$A =$	7.384	Tonf-m	8.965	Tonf-m	12.454	Tonf-m
$\beta_m =$	0.13	%	0.14	%	0.17	%
$B_M =$	1.290		1.320		1.410	
$ms+mb$	851.692	tonf-s ² /m	851.692	tonf-s ² /m	851.692	tonf-s ² /m
$T_{bx} =$	3.597	s	3.359	s	2.868	s
$Z =$	0.35		0.35		0.35	
$U =$	1		1		1	
$S =$	1.15		1.15		1.15	
$T_P =$	0.6	s	0.6	s	0.6	s

T_L =	2	s	2	s	2	s
C =	0.232		0.266		0.365	
S_{aM} =	1.373		1.575		2.160	
S_{dM} =	0.450		0.450		0.450	
D_M =	0.3489	m	0.3410	m	0.3192	m
D'_M =	0.339	m	0.3299	m	0.305	m
T_{1x} =	3.698	s	3.464	s	2.986	s
T₃ =	3.322	s	3.112	s	2.681	s
P_T = ρ_o =	1.1131		1.1133		1.1136	
y =	24	m	24	m	24	m
b =	32	m	32	m	32	m
d =	48	m	48	m	48	m
e =	2.4	m	2.4	m	2.4	m
Fac. =	1.168		1.168		1.17	
Tomamos =	1.17		1.17		1.17	
D_{TM} =	0.41	m	0.40	m	0.37	m
D'_{TM} =	0.40	m	0.39	m	0.36	m

GRÁFICAS BILINEALES $\lambda_{\text{máx}} - \lambda_{\text{min}}$



CAPITULO IV

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Resumen de los resultados obtenidos:

PROPIEDADES ELASTICAS PARA LOS DISPOSITIVOS DE AISLAMIENTO LRB						
	λ min		Nominal		λ máx	
D'm	0,34	m	0,33	m	0,31	m
D'tm	0,40	m	0,39	m	0,36	m
Keff c/d	74,24	tonf/m	85,14	tonf/m	116,78	tonf/m
βm	13%		14%		17%	
Cc/a =	11,05	tonf-s/m	13,12	tonf-s/m	17,76	tonf-s/m

Imagen 23 Tablas en donde se muestran algunas propiedades dadas por un fabricante.

Ingeniería

Propiedades técnicas del Aislador

Propiedades del aislador: Unidades métricas

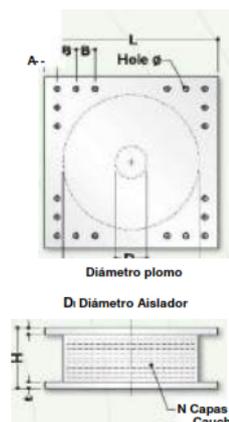
TAMANO DEL DISPOSITIVO				DIMENSIONES DE LA PLACA DE SOPORTE					
Diametro Aislador, D _a (mm)	Altura Aislador, H (mm)	Número de capas de caucho, N	Diametro del plomo, D _p (mm)	L (mm)	t (mm)	Cantidad Orificios	Orificio ϕ (mm)	A (mm)	B (mm)
305	125-280	4-14	0-100	355	25	4	27	50	-
355	150-305	5-16	0-100	405	25	4	27	50	-
405	175-330	6-20	0-125	455	25	4	27	50	-
455	175-355	6-20	0-125	510	25	4	27	50	-
520	205-380	8-24	0-180	570	25	8	27	50	50
570	205-380	8-24	0-180	620	25	8	27	50	50
650	205-380	8-24	0-205	700	32	8	27	50	50
700	205-430	8-30	0-205	750	32	8	33	65	75
750	230-455	8-30	0-230	800	32	8	33	65	75
800	230-510	8-33	0-230	850	32	8	33	65	75
850	230-535	8-35	0-255	900	38	12	33	65	95
900	255-560	9-37	0-255	955	38	12	33	65	95
950	255-585	10-40	0-280	1005	38	12	33	65	95
1000	280-635	11-40	0-280	1055	38	12	40	75	115
1050	305-660	12-45	0-305	1105	44	12	40	75	115
1160	330-760	14-45	0-330	1205	44	12	40	75	115
1260	355-760	16-45	0-355	1335	44	16	40	75	115
1360	405-760	18-45	0-380	1435	51	16	40	75	115
1450	430-760	20-45	0-405	1525	51	20	40	75	115
1550	455-760	22-45	0-405	1625	51	20	40	75	115

(1) Las capacidades de carga axial corresponden a los máximos desplazamientos basados en los límites de diseño del 250% de tensión de corte del de caucho o 2/3 del diámetro del aislador. El desplazamiento real de un aislador y la capacidad de carga dependen del módulo y número de capas de caucho.

(2) Los Rubber Shear Moduli (G) están disponibles desde 0.38 N/mm² hasta 0.70 N/mm².

(3) Para el modelado analítico bilineal de la rigidez elástica, utilice $K_c = 10^4 K_d$.

Diametro Aislador, D _a (mm)	Rigidez Productiva, K _d (kN/mm)	Resistencia Características Q _d (kN)	Rigidez a la compresión, K _c (kN/mm)	Desplazamiento Máximo, D _{max} (mm)	Capacidad Carga Axial P _{max} (kN)
305	0.2-0.9	0-65	>50	150	450
355	0.2-1.2	0-65	>100	150	700
405	0.3-1.6	0-110	>100	200	900
455	0.3-2.0	0-110	>100	250	1,150
520	0.4-2.3	0-180	>200	300	1,350
570	0.5-2.8	0-180	>500	360	1,800
650	0.5-3.5	0-220	>700	410	2,700
700	0.5-4.2	0-220	>800	460	3,100
750	0.7-4.7	0-265	>900	460	3,600
800	0.7-5.3	0-265	>1,000	510	4,000
850	0.7-6.1	0-355	>1,200	560	4,900
900	0.7-6.1	0-355	>1,400	560	5,800
950	0.7-6.1	0-490	>1,800	610	6,700
1000	0.8-6.3	0-490	>1,900	660	7,600
1050	0.9-6.3	0-580	>2,000	710	8,500
1160	1.1-6.5	0-665	>2,800	760	13,800
1260	1.2-6.7	0-755	>3,700	810	20,500
1360	1.4-7.0	0-890	>5,100	860	27,600
1450	1.6-7.2	0-1,025	>5,300	910	33,400
1550	1.8-7.4	0-1,025	>6,500	910	40,000



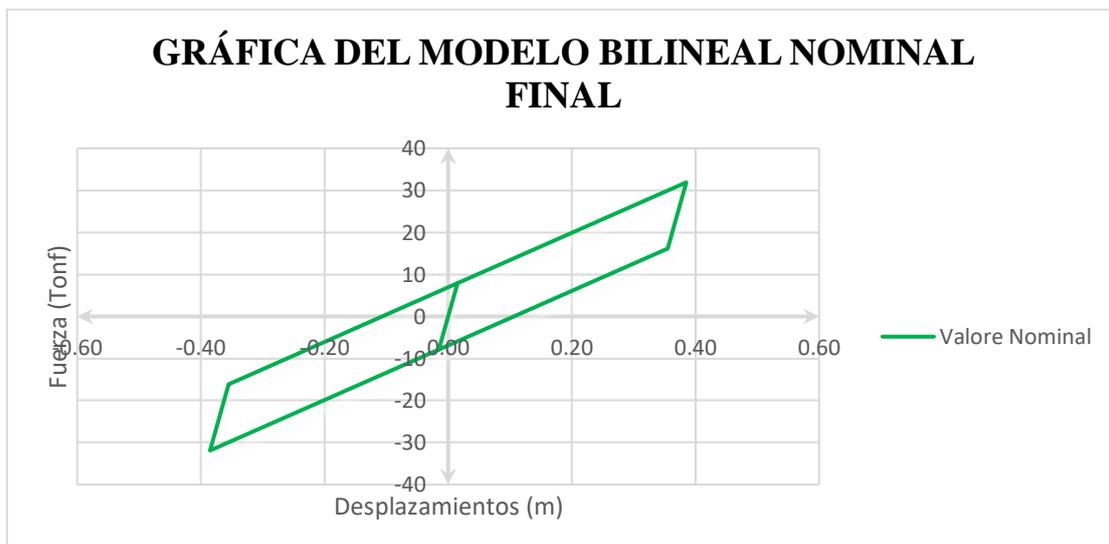
Fuente: Aislamiento Sísmico para edificaciones y Puentes – “La mejor tecnología de protección antisísmica en el mundo”. (Dynamic Isolation System Inc., 2007)

CORTANTES OBTENIDAS PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO						
	λ min		Nominal		λ máx	
$V_{bx} =$	880,71	Tonf	982,99	Tonf	1247,50	Tonf
$0.90*V_{bx} =$	792,64	Tonf	884,69	Tonf	1122,75	Tonf
$P_s =$	6589,29	Tonf	6589,29	Tonf	6589,29	Tonf
$P =$	8355,09	Tonf	8355,09	Tonf	8355,09	Tonf
$\beta_m =$	0,13	0,00	0,14	0,00	0,17	0,00
$V_{stx} =$	675,28	Tonf	760,05	Tonf	979,48	Tonf
$R_0 =$	8,00		8,00		8,00	
$R_a =$	3,00	NO	3,00	NO	3,00	NO
$R_a =$	2	0,00	2	0,00	2	0,00
$V_{sx} =$	337,64	Tonf	380,02	Tonf	489,74	Tonf

COMPARACION DE CORTANTES V_{st} - SISMO XX			
CASO DE ANALISIS	V_{st}	UNID	Obs.
Espectral Elástico - λ máx	922,98	Tonf	
Tiempo Historia - λ máx	815,64	Tonf	Prom.
Estático - λ máx	979,48	Tonf	

COMPARACION DE CORTANTES V_b - SISMO XX			
CASO DE ANALISIS	V_{bx}	UNID	Obs.
Espectral Elástico - λ máx	1152,10	Tonf	
Tiempo Historia - λ máx	897,19	Tonf	Prom.
Estático - λ máx	1247,50	Tonf	

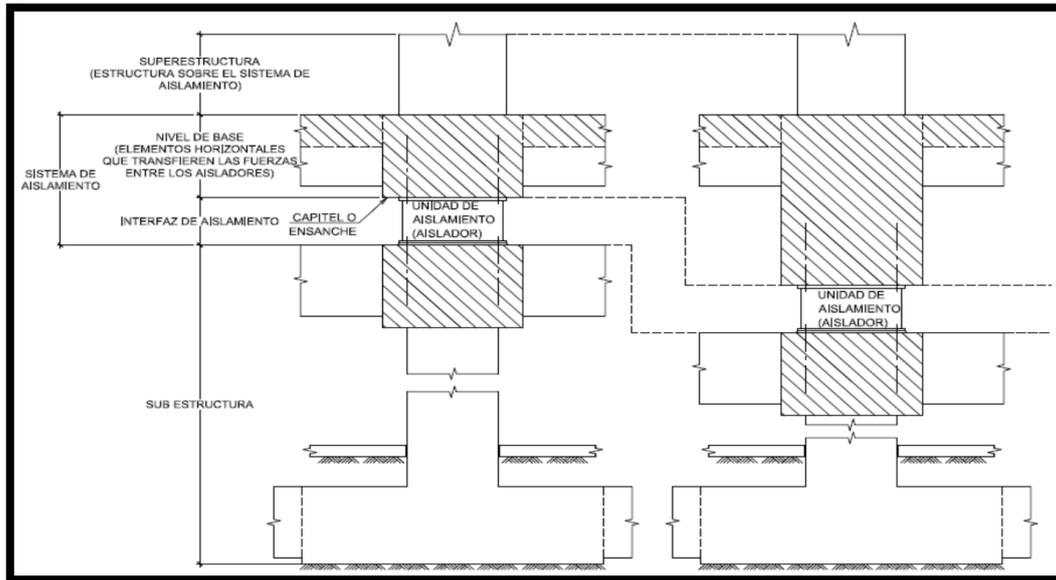
GRÁFICA DEL MODELO BILINEAL NOMINAL FINAL



❖ DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO PARA EL SISTEMA DE AISLAMIENTO

El sistema de aislamiento se compone de elementos de concreto armado como Vigas, Dados y Losas Macizas (Nivel Base) y los dispositivos de aislamiento (Interfaz de Aislamiento).

Imagen 24 Esquema del sistema de aislamiento según la norma NTE E-031.



DISEÑO DE VIGAS DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO

METRADO DE CARGAS

CARGA MUERTA		
Concreto Armado	2400	kg/m ³
Losa Maciza (e:20 cm)	480	Kg/m ²
Piso Terminado	100	Kg/m ²
Tabiquería	150	Kg/m ²
CARGA VIVA		
Hospitales	NTE E-020	
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio	300	kg/m ²
Carga viva de techo	100	kg/m ²

DISEÑO DE VIGAS EN ETABS V20

Imagen 25 Momentos por envoltorio en vigas del sistema de aislamiento

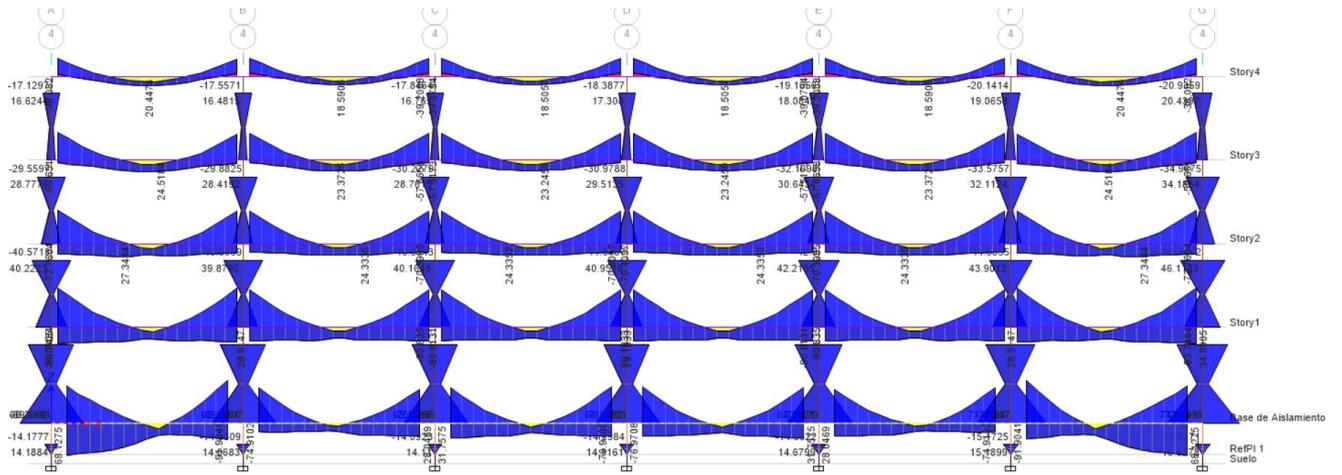
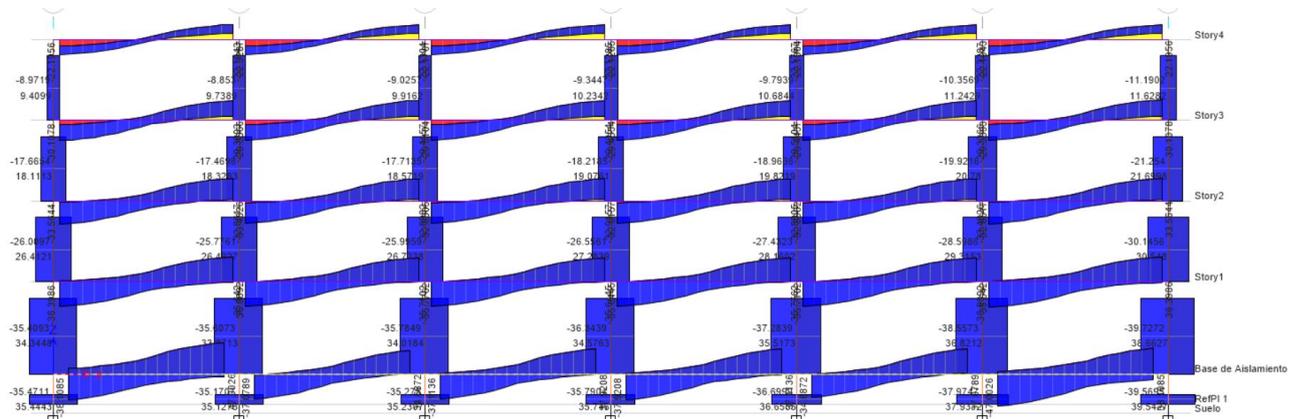


Imagen 26 Cortante por envoltorio en vigas del sistema de aislamiento



DISEÑO DE VIGAS POR FLEXIÓN

Compos de Cargas usados

U1: 1.4CM+1.7CV

U2: 1.25(CM+CV) +CSXX

U3: 1.25(CM+CV) -CSXX

U4: 1.25(CM+CV) +CSYY

U5: 1.25(CM+CV) -CSYY

U6: 0.9CM +CSXX

U7: 0.9CM-CSXX

U8: 0.9CM +CSYY

U9: 0.9CM-CSYY

U10: ENVOLVENTE

Se realiza el diseño de las vigas para el sistema de aislamiento en EXCEL.

PROPIEDADES		
f_c =	210	kg/cm ²
f_y =	4200	kg/cm ²
E_c =	217494.347	kg/cm ²
E_s =	2039440.00	kg/cm ²
DATOS		
h =	90	cm
b =	40	cm
r_c =	6	cm
d =	84	cm
β₁ =	0.9	
Φ =	0.9	

- Límites de Cuantía:

ρ_b =	0.0225
ρ_{máx} =	0.0169
ρ_{mín} =	0.0033

- Límites de Acero

A_s (máx) =	56.70	cm ²
A_s (mín) =	11.20	cm ²

- Cálculo del Área de Acero por Mu (+):

$$\phi Mn = \phi * A_s * f_y * (d - a/2)$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f_c * b}$$

Mu (+) =	78.54	Tn-m	ETABS
Mu (+) =	78537.90	kg-m	
ω =	0.163		
p =	0.008		
A_s =	27.37	cm ²	

COLOCAR:			Ab (cm2)		
N° varillas	f barra	0.00	1/2"	1.29	
N° varillas	f barra	0.00	5/8"	2.00	
N° varillas	f barra	0.00	3/4"	2.84	
N° varillas	f barra	6.00	1"	5.10	
COLOCAR ACERO			30.60	cm2	
p colocada=			0.01	%	
a=			18.00	cm	
ØMn			86751.00	kg*m	
			ØMn>Mu	OK	
Resistencia Suministrada			1.10	0.10	Defecto

- Acero Por Colocar

$$As (+) = 6\text{Ø } 1''$$

- Espaciamiento "S":

b =	40	cm
r =	4	cm
	8	cm
φ Estribo =	0.95	cm
	1.9	cm
φ barra =	2.54	cm
N barras =	4	cm
	10.16	
N espacios =	3	cm
S =	6.647	ok

SE USARÁ DOS CAPAS

- Longitud de Corte:

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \quad Mn = \phi * fy * As * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

LDC - 1		
CALCULO DE "a"		
N° Barras de Acero Corrido	4	
Diámetro de la Barra	1"	pulg.
Área de las Barras	2.54	cm2
As =	10.16	cm2
a =	5.98	cm
CALCULO DE "φ Mn"		
a/2 =	2.99	cm
Φ Mn =	31.11	Tn-m

Distancia Inicial	0.65	m
Distancia de ϕ Mn	4.179	m
Distancia Final	3.529	m
Distancia de Corte	4.369	m
Se usará =	4.5	m

- Cálculo del Área de Acero por Mu (-):

$$\phi Mn = \phi * As * fy * (d - a/2) \quad a = \frac{As * fy}{0.85 * fc * b}$$

Mu (+) =	95.76	Tn-m	ETABS	
Mu (+) =	95763.90	kg-m		
ω=	0.204			
ρ=	0.010			
As=	34.30	cm2		
COLOCAR:				Ab (cm2)
N° varillas	f barra	0.00	1/2"	1.29
N° varillas	f barra	0.00	5/8"	2.00
N° varillas	f barra	0.00	3/4"	2.84
N° varillas	f barra	7.00	1"	5.10
COLOCAR ACERO		35.70		cm2
ρ colocada=		0.01		%
a=		21.00		cm
ϕMn		99185.31		kg*m
		ϕ Mn>Mu	OK	
Resistencia Suministrada		1.04	0.04	Defecto

- Acero Por Colocar

$$As (+) = 7\phi 1''$$

- Espaciamiento "S":

b =	40	cm
r =	4	cm
	8	cm
ϕ Estribo =	0.95	cm
	1.9	cm
ϕ barra =	2.54	cm
N barras =	5	cm
	12.7	
N espacios =	4	cm
S =	4.350	ok

SE USARÁ DOS CAPAS

- Longitud de Corte:

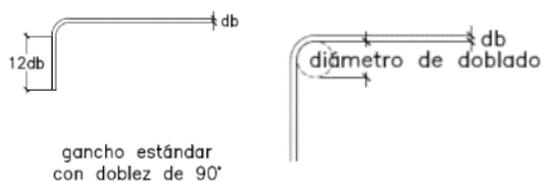
$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \quad Mn = \phi * fy * As * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

LDC - 1		
CALCULO DE "a"		
N° Barras de Acero Corrido	3	
Diámetro de la Barra	1"	pulg.
Área de las Barras	5.1	cm2
As =	15.30	cm2
a =	9.00	cm
CALCULO DE "φ Mn"		
a/2 =	4.50	cm
φMn =	45.98	Tn-m
Distancia Inicial	8	m
Distancia de φMn	6.275	m
Distancia Final	1.725	m
Distancia de Corte	2.800	m
Se usará =	2.8	m

LDC - 2		
CALCULO DE "a"		
N° Barras de Acero Corrido	5	
Diámetro de la Barra	1"	pulg.
Área de las Barras	5.1	cm2
As =	25.50	cm2
a =	15.00	cm
CALCULO DE "φ Mn"		
a/2 =	7.50	cm
φMn =	73.74	Tn-m
Distancia Inicial	8	m
Distancia de φMn	6.887	m
Distancia Final	1.113	m
Distancia de Corte	1.953	m
Se usará =	2.2	m

- Longitud de desarrollo del Acero "ldg" y doblez:

$$ldg = \left(0.075 \frac{fy}{\sqrt{f'c}}\right) db$$



Barra	Ø (cm)	ldg	12 db (cm)	6db (cm)
8 mm	0.8	17	10	5
3/8"	0.95	21	11	6
1/2"	1.27	28	15	8
5/8"	1.59	35	19	10
3/4"	1.91	42	23	11
7/8"	2.22	48	27	13
1"	2.54	55	30	15
1 3/8"	3.58	78	43	

DISEÑO DE VIGAS POR CORTANTE – V_u

PROPIEDADES		
$f'c =$	210	kg/cm ²
$f_y =$	4200	kg/cm ²
$E_c =$	217494.347	kg/cm ²
$E_s =$	2039440.00	kg/cm ²
DATOS		
$h =$	90	cm
$b =$	40	cm
$rc =$	6	cm
$d =$	84	cm
$\phi_v =$	0.85	

- Asumimos el Ø del estribo:

BARRA	db(cm)	Ab(cm ²)
8 mm	0.8	0.5
3/8"	0.95	0.71
1/2"	1.27	1.29
5/8"	1.59	2
3/4"	1.91	2.84
7/8"	2.22	3.87
1"	2.54	5.1
1 3/8"	3.58	10.06

Ø Estribo =	0.95	cm
$A_s =$	0.7	cm ²
$A_s t =$	1.42	cm

- De la condición $V_u \leq \phi V_n$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_u = \phi(V_c + V_s)$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * bw * d$$

- Determinamos el Valor de "Vu" (ETABS):

Vu - ETABS EJES		
Vu (+) =	48.35	Tnf
Vu - a "d" de la CARA		
Vu (+) =	45.08	Tnf
Vu - ETABS		
Vu (-) =	39.33	Tnf
Vu - a "d" de la CARA		
Vu (-) =	36.05	Tnf

- Calculamos el Valor de "Vc":

Vc =	25.81	Tnf
-------------	-------	-----

- Calculamos el Valor de "Vs":

Vs (+) =	27.22	Tnf
Vs (-) =	16.61	Tnf

- **Distribución y cantidad de Estribos**

- Zona de Confinamiento de Estribos (Z):

Z =	180.00	cm
------------	--------	----

- Separación de Estribos (S):

Separación de Estribos "INICIO"		
S inicial	5.00	cm
Separación de Estribos en "Z"		
d/4=	21	cm
8d Barra Long de menor diámetro =	20.32	cm
24d Estribo =	22.8	cm
	30	cm
S en Z	20.32	cm
USAR	10.00	cm

Separación de Estribos en "RESTO"		
0.5*d	42	cm
USAR	20.00	cm

- Cantidad de Estribos en "Z":

	N° Estribos
Inicio	1
Z	18.00

- Distribución:

ESTRIBO 3/8" (1@0.05+18@0.10+R@0.20 m) C/Ext

- **Verificación**

- Verificación en "Z":

$$Vu \leq \phi Vn$$

- "Vu" a "d" de la Cara (ETABS):

Vu (+) =	45.08	Tnf
Vu (-) =	36.05	Tnf

$$Vs = \frac{As * fy * d}{S}$$

Vs =	50.10	Tnf
------	-------	-----

$$Vc = 0.53 * \sqrt{f'c} * bw * d$$

Vc =	25.81	Tnf
$\phi(Vs + Vc) =$	64.52	Tnf

Vu (+) =	OK
Vu (-) =	OK

- Verificación en "R":

- "Vu" a "2h" de la cara (ETABS):

Vu (+) =	39.17	Tnf
Vu (-) =	30.15	Tnf

$$Vs = \frac{As * fy * d}{S}$$

Vs =	25.05	Tnf
------	-------	-----

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

$V_c =$	25.81	Tnf
$\Phi (V_s + V_c) =$	43.23	Tnf

$V_u (+) =$	OK
$V_u (-) =$	OK

DISEÑO LOSA MACIZA DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO

Imagen 27 Momentos Máximos en Losa Maciza del sistema de aislamiento

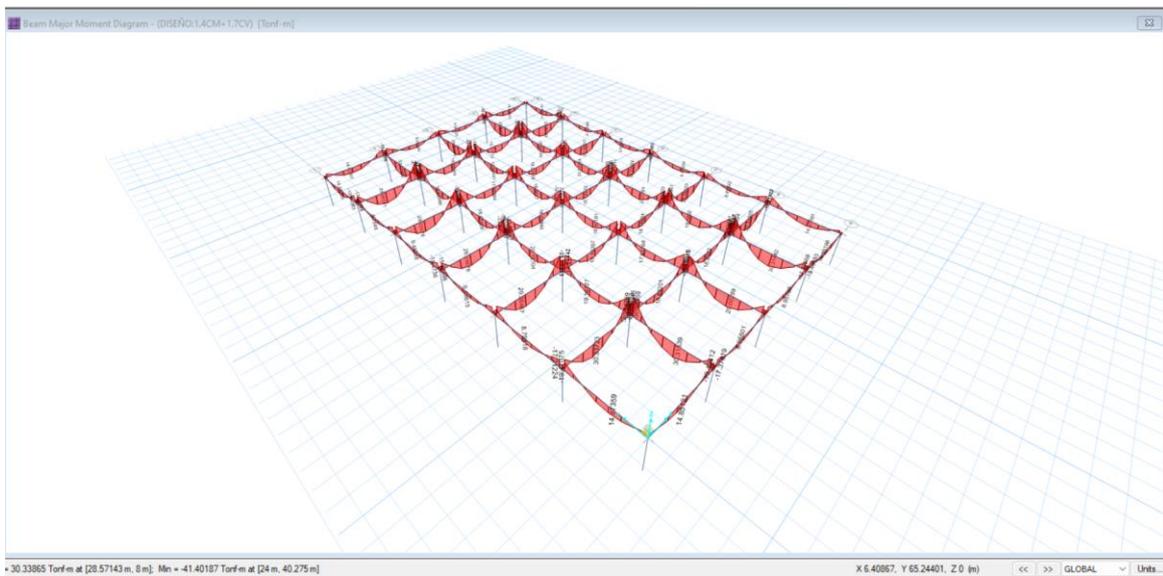
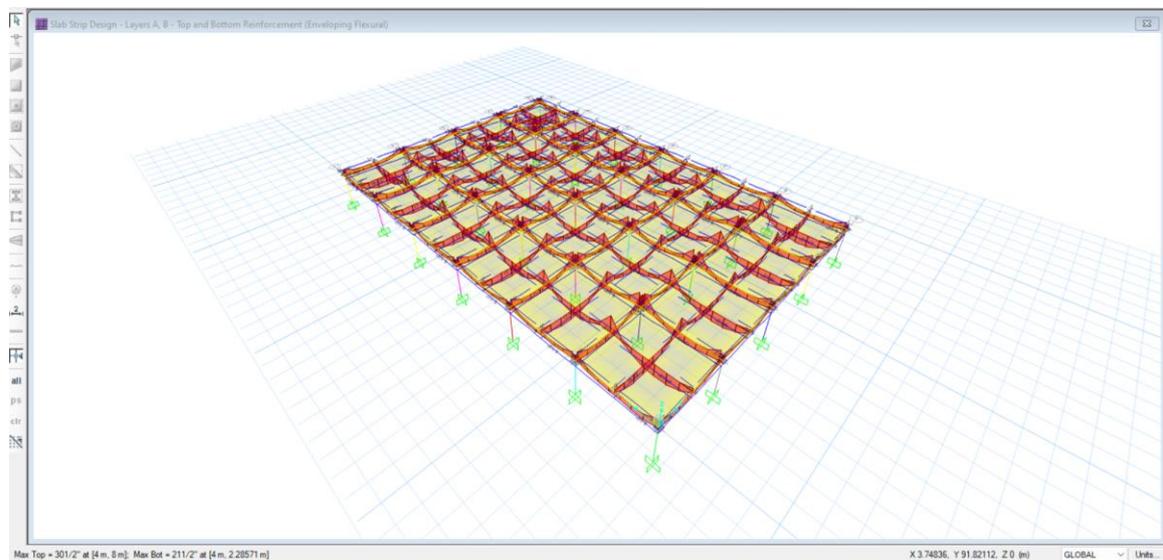


Imagen 28 Distribución de acero en losa maciza del sistema de aislamiento



Se realizará el diseño usando el programa SAFE y en forma manual con EXCEL.

PROPIEDADES		
f'c =	210	kg/cm ²
fy =	4200	kg/cm ²
Ec =	217494.347	kg/cm ²
Es =	2039440.00	kg/cm ²

DATOS		
h =	20	cm
b =	100	cm
rc =	3	cm
d =	17	cm
β₁ =	0.9	
Φ =	0.9	

Límites de Cuantía:

ρ_b =	0.0225
ρ_{máx} =	0.0169
ρ_{min} =	0.0033

Límites de Acero:

As (máx) =	28.69	cm ²
As (min) =	5.67	cm ²

Cálculo del área de Acero por Mu (+) en dirección XX:

$$\phi Mn = \phi * As * fy * (d - a/2) \quad a = \frac{As * fy}{0.85 * fc * b}$$

CASO	1.4CM+1.7CV	
Mu (+) =	12.50	Tn-m

Mu (+) =	12498.40	kg-m
ω =	0.273	
ρ =	0.014	
As =	23.18	cm ²

COLOCAR:				Ab (cm ²)
N° varillas	f barra	0.00	3/8"	0.71
N° varillas	f barra	18.00	1/2"	1.29
N° varillas	f barra	0.00	5/8"	2.00

N° varillas	f barra	0.00	3/4"	2.84
COLOCAR ACERO		23.22		cm2
ρ colocada=		0.0137		%
a=		5.46		cm
∅Mn		12523.46		kg*m
		∅Mn>Mu	OK	
Resistencia Suministrada		1.00	0.00	Defecto

Acero Por Colocar:

$$As (+) = 18 \text{ } \emptyset 1/2''$$

Espaciamiento "S":

b =	400	cm
r =	3	cm
	6	cm
φ Estribo =	0	cm
	0	cm
φ barra =	1.27	cm
N barras =	18	
	22.86	
N espacios =	17	cm
S =	21.832	ok

USAR: ∅1/2"@20 cm

Cálculo del área de Acero por Mu (-) en dirección XX:

$$\emptyset Mn = \emptyset * As * fy * (d - a/2) \quad a = \frac{As * fy}{0.85 * fc * b}$$

CASO	1.4CM+1.7CV	
Mu (+) =	18.25	Tn-m

Mu (+) =	18245.34	kg-m
ω=	0.458	
ρ=	0.023	
As=	38.90	cm2

COLOCAR:				Ab (cm2)
N° varillas	f barra	0.00	3/8"	0.71
N° varillas	f barra	31.00	1/2"	1.29
N° varillas	f barra	0.00	5/8"	2.00

N° varillas	f barra	0.00	3/4"	2.84
COLOCAR ACERO		39.99		cm2
p colocada=		0.02		%
a=		9.41		cm
ØMn		18585.84		kg*m
		ØMn>Mu	OK	
Resistencia Suministrada		1.02	0.02	Defecto

Acero Por Colocar:

$$As (+) = 31 \text{ } \varnothing 1/2''$$

Espaciamiento "S":

b =	400	cm
r =	3	cm
	6	cm
φ Estribo =	0	cm
	0	cm
φ barra =	1.27	cm
N barras =	31	
	39.27	
N espacios =	30	cm
S =	11.821	ok

USAR: Ø1/2"@10 cm

Cálculo del área de Acero por Mu (+) en dirección YY:

$$\varnothing Mn = \varnothing * As * fy * (d - a/2) \quad a = \frac{As * fy}{0.85 * fc * b}$$

CASO	1.4CM+1.7CV	
Mu (+) =	12.50	Tn-m

Mu (+) =	12498.40	kg-m
ω=	0.273	
p=	0.014	
As=	23.18	cm2

COLOCAR:				Ab (cm2)
N° varillas	f barra	0.00	3/8"	0.71
N° varillas	f barra	18.00	1/2"	1.29
N° varillas	f barra	0.00	5/8"	2.00
N° varillas	f barra	0.00	3/4"	2.84
COLOCAR ACERO		23.22		cm2

p colocada=	0.0137		%
a=	5.46		cm
ØMn	12523.46		kg*m
	ØMn>Mu	OK	
Resistencia Suministrada	1.00	0.00	Defecto

Acero Por Colocar:

$$As (+) = 18 \text{ } \varnothing 1/2''$$

Espaciamiento "S":

b =	400	cm
r =	3	cm
	6	cm
φ Estribo =	0	cm
	0	cm
φ barra =	1.27	cm
N barras =	18	
	22.86	
N espacios =	17	cm
S =	21.832	ok

USAR: Ø1/2" @ 20 cm

Cálculo del área de Acero por Mu (-) en dirección YY:

$$\varnothing Mn = \varnothing * As * fy * (d - a/2)$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * fc * b}$$

CASO	1.4CM+1.7CV	
Mu (+) =	18.25	Tn-m

Mu (+) =	18245.34	kg-m
ω=	0.458	
p=	0.023	
As=	38.90	cm2

COLOCAR:				Ab (cm2)
N° varillas	f barra	0.00	3/8"	0.71
N° varillas	f barra	31.00	1/2"	1.29
N° varillas	f barra	0.00	5/8"	2.00

N° varillas	f barra	0.00	3/4"	2.84
COLOCAR ACERO		39.99		cm ²
p colocada=		0.02		%
a=		9.41		cm
ØMn		18585.84		kg*m
		ØMn>Mu	OK	
Resistencia Suministrada		1.02	0.02	Defecto

Acero Por Colocar:

$$A_s (+) = 31 \text{ } \varnothing 1/2''$$

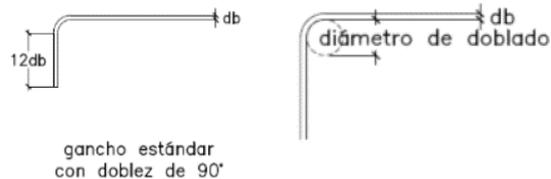
Espaciamiento "S":

b =	400	cm
r =	3	cm
	6	cm
φ Estribo =	0	cm
	0	cm
φ barra =	1.27	cm
N barras =	31	
	39.27	
N espacios =	30	cm
S =	11.821	ok

USAR: Ø1/2" @ 10 cm

Longitud de desarrollo del Acero "ldg" y dobléz:

$$ldg = \left(0.075 \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \right) db$$

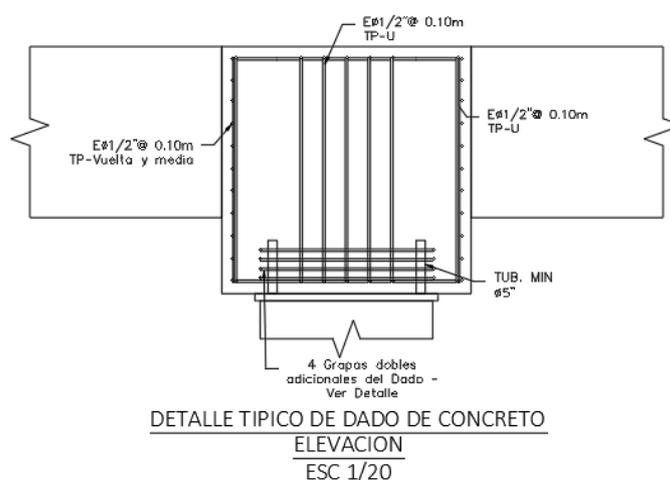


Barra	Ø (cm)	ldg	16 db (cm)	6db (cm)
8 mm	0.8	17	10	5
3/8"	0.95	21	11	6
1/2"	1.27	28	15	8
5/8"	1.59	35	19	10
3/4"	1.91	42	23	11
7/8"	2.22	48	27	13
1"	2.54	55	30	15
1 3/8"	3.58	78	43	

DADOS DE COCRETO ARMADO

Los dados se diseñaron para resistir esfuerzos normales, de cortante y de flexión que transmiten las columnas de la superestructura, así como los momentos de segundo orden debido al desplazamiento del sistema de aislamiento.

Los refuerzos verticales del dado se colocaron como adicionales al refuerzo vertical que baja de las columnas para completar el mínimo de 1%. Al estar el dado contenido casi completamente en el encuentro de vigas y columnas, se colocó un refuerzo transversal mínimo según los criterios para nudos de sistemas aporticados (Capítulo 21 de la Norma NTE E-060).



DISEÑO DE COLUMNAS

Cargas actuantes sobre la columna C3 del modelo

PISO	COLUMNA	CASO DE CAGA	P	V2	V3	T	M2	M3
PISO 1	C3	CM	-130.2423	-6.4156	0.4503	0	1.2084	-11.8687
PISO 1	C3	CV	-32.007	-2.225	0.1332	0	0.3462	-4.044
PISO 1	C3	SISMO DE DISEÑO XX	16.3108	9.5593	6.3589	0.2799	12.3206	18.8786
PISO 1	C3	SISMO DE DISEÑO YY	5.6712	3.2423	16.1543	0.1968	31.2499	6.4377

Imagen 29 Detalle de refuerzo en columnas

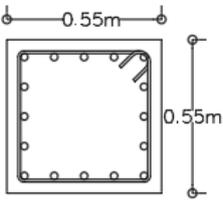
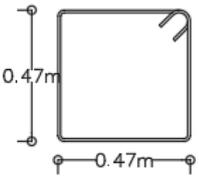
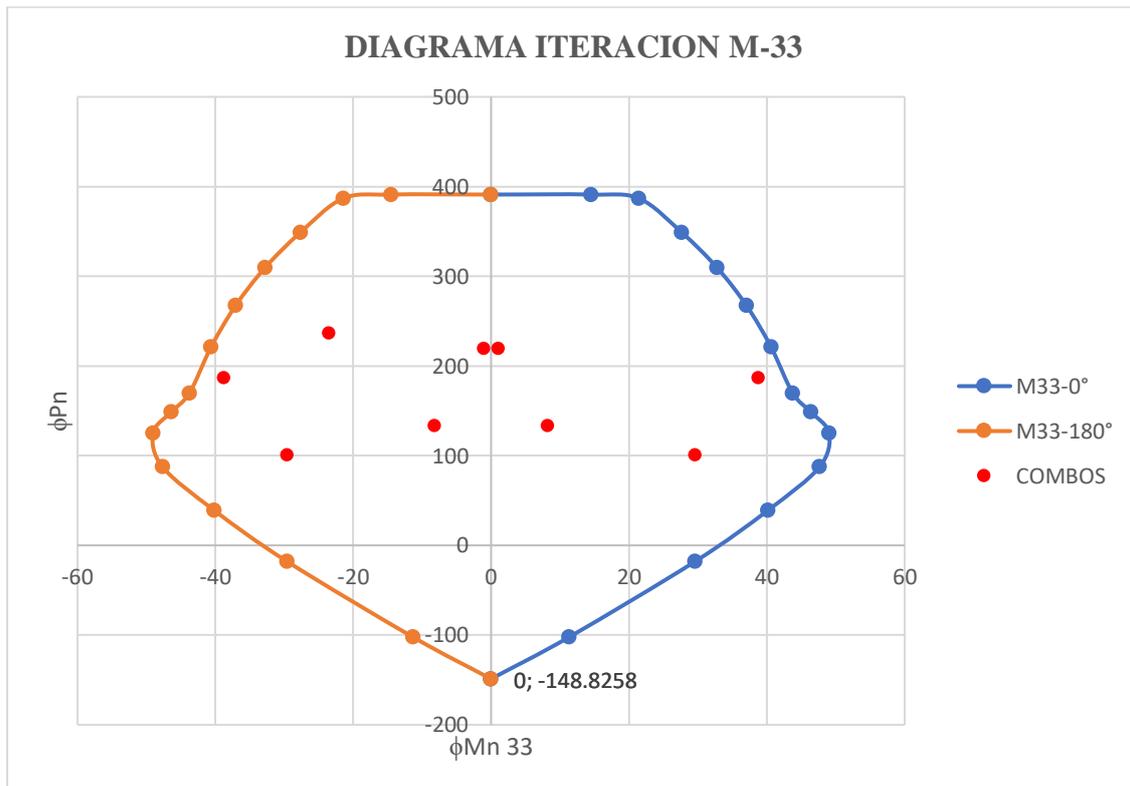
CUADRO DE COLUMNAS E=1/20	
Nom.	C-1
Tipo	Cuadrada
a x b	0.55 x 0.55 m
Cant.	35
A's	16 Ø 1"
Geom.	
Estribos	
 3/8": 1@0.05m+10@0.15m+R@0.25m	

Diagrama de iteración en la columna C3



Combinaciones de cargas usadas en el diseño de columnas

	SISMO XX			
	COMBOS	COMBINACIONES DE DISEÑO		
		P	M2	M3
	U1 = 1.4CM+1.7CV	236.75	2.28	-23.49
SIS XX POSITIVO	U2= 1.25(CM+CV)+SISXX	219.12	14.26	-1.01
	U3= 1.25(CM+CV)-SISXX	186.50	-10.38	-38.77
	U4= 0.9CM+SISXX	133.53	13.41	8.20
	U5= 0.9CM-SISXX	100.91	-11.23	-29.56
SIS XX NEGATIVO	U2= 1.25(CM+CV)+SISXX	219.12	-14.26	1.01
	U3= 1.25(CM+CV)-SISXX	186.50	10.38	38.77
	U4= 0.9CM+SISXX	133.53	-13.41	-8.20
	U5= 0.9CM-SISXX	100.91	11.23	29.56

❖ **DISPOSICIONES FINALES**

- Con las propiedades elásticas obtenidas para nuestros aisladores, se procederá a la fabricación de dos prototipos para cada tipo de aislador elastomérico planteado. Estos prototipos serán ensayados para un sismo de 2500 años.
- Los ensayos de carga vertical serán el promedio del 100% de la carga muerta y el 50% de la carga viva.
- Verificados los prototipos, se procede a la fabricación de los dispositivos que se instalarán en obra. Estos dispositivos serán ensayados para un sismo de 500 años.
- Se usarán elementos flexibles para adaptar las instalaciones que atraviesen la interfaz de aislamiento.

Se realizará el monitoreo de los dispositivos cada dos años o cuando se registre un sismo de intensidad Mercalli superior a 6.

- Una debilidad que presentan las edificaciones aisladas es que la superestructura es menos resistente y rígida que la de un edificio convencional. Es decir, si el sistema de aislamiento se bloquea, los daños en el edificio serían muy graves.

CAPITULO V

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se realizaron los análisis de fuerzas estáticas equivalentes, dinámico espectral y dinámico tiempo-historia, obteniéndose valores de desplazamiento traslacional (D_M), desplazamiento traslacional total (D_{TM}), fuerza cortante para la subestructura (V_b) y fuerza cortante para la superestructura (V_s) en cada caso de análisis.

ANALISIS	DM (m)	DTM (m)	V (Tonf)	Vst (Tonf)
FUERZAS ESTATICO EQUIVALENTES	0.322	0.38	973.83	755.58
DINAMICO MODAL ESPECTRAL	0.31	0.36	899.42	716.99
DINAMICO TIEMPO HISTORIA λ min	0.24	0.25		
DINAMICO TIEMPO HISTORIA Nominal	0.22	0.23		
DINAMICO TIEMPO HISTORIA λ máx	0.2	0.22	897.19	815.64

- Se obtuvieron, además, los valores de derivas, aceleraciones y fuerza restitutiva que cumplen con los límites establecidos en la norma NTE E-031.

ANALISIS	DERIVAS	ACELERACIONES (g)	FUERZA RESTITUTIVA (Tonf)
DINAMICO MODAL ESPECTRAL	0.0029		
DINAMICO TIEMPO HISTORIA λ min			216.17
DINAMICO TIEMPO HISTORIA Nominal	0.00239		
DINAMICO TIEMPO HISTORIA λ máx	0.00319	0.18	

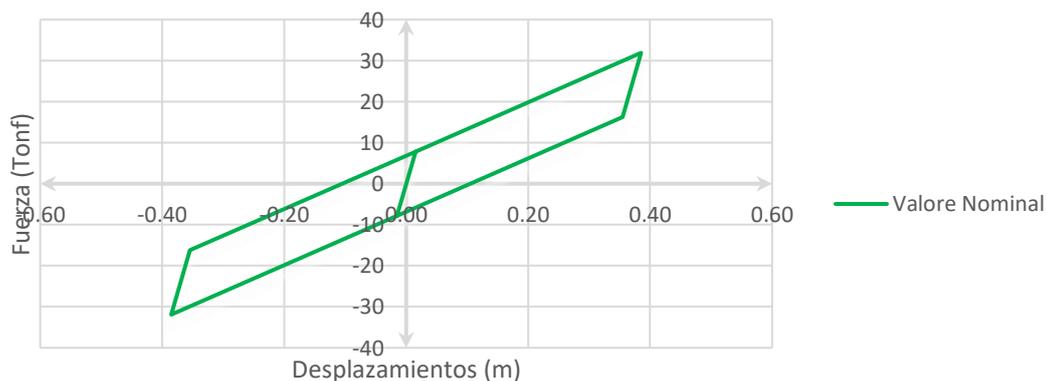
- Para el análisis dinámico de tiempo-historia se trabajó con los siguientes valores inelásticos para los dispositivos elastoméricos.

	λ min		Nominal		λ máx.	
$\alpha =$	8		8		8	
$K'2 =$	58,467	tonf/m	64,964	tonf/m	84,453	tonf/m
$K'1 =$	467,739	tonf/m	519,710	tonf/m	675,623	tonf/m
$Fy =$	6,289	Tonf	7,861	Tonf	11,792	Tonf
$Q' =$	5,503	Tonf	6,88	Tonf	10,32	Tonf
$Dy =$	0,0134	m	0,0151	m	0,0175	m

- Finalizados los análisis, se obtuvieron las propiedades elásticas de nuestro aislador, obteniéndose los siguientes valores, además de su gráfica bilineal..

PROPIEDADES ELASTICAS PARA LOS DISPOSITIVOS DE AISLAMIENTO LRB						
	λ min		Nominal		λ máx	
$D'm$	0,34	m	0,33	m	0,31	m
$D'tm$	0,40	m	0,39	m	0,36	m
$Keff$ c/d	74,24	tonf/m	85,14	tonf/m	116,78	tonf/m
βm	13%		14%		17%	
$Cc/a =$	11,05	tonf-s/m	13,12	tonf-s/m	17,76	tonf-s/m

GRÁFICA DEL MODELO BILINEAL NOMINAL FINAL



- Se logró la espectrocompatibilidad de la SRSS de los acelerogramas usados, en el rango de $0.2T_b - 1.25T_b$.



- Finalmente se diseñaron los elementos de concreto armado para la superestructura, infraestructura y del sistema de aislamiento.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para realizar un mejor diseño, se determinará el factor suelo mediante estudios de MICROTREPIDACIÓN, y así obtener el periodo fundamental exacto del suelo (T_s).

Tabla 3 Muestra el tipo de suelo según el periodo del suelo - NTE E-031

Suelo Tipo		T_s (s)
S0	Roca dura	< 0,15
S1	Roca o suelos muy rígidos	< 0,30
S2	Suelos intermedios	< 0,40
S3	Suelos blandos	< 0,60

- Ampliar el rango de valores obtenidos por λ (máx) y λ (mín) para que más proveedores entren dentro del rango de diseño, verificando que las propiedades de nuestro dispositivo cumplan.
- Evitar la concentración de esfuerzos en elementos rígidos, como placas, para prevenir la tracción en los dispositivos del sistema de aislamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dynamic Isolation System Inc. (2007). *Aislamiento Sísmico Para edificaciones y Puentes*. McCarran.
- Furkam Sen, F. S. (2024). *Evaluación del desempeño sísmico de una edificio hospitalario aislado de base sometido a los terremotos del 6 de febrero de 2023 en Kahramanmaras, Turquía (Mw 7.7 en Pazarcik y Mw 7.6 en Elbistan) y análisis de fragilidad sísmica considerando diferentes*. Universidad de Giresun, Universidad tecnica de Karadeniz.
- Kelly, J. M. (1997). *Earthquake - Resistant Desing with Rubber*. Springer-Velag London Limited.
- Mazza, F. (2021). *Aislamiento de la base de un pabellón de hospital contra colapso sísmico en el plano y fuera del plano de rellenos de mampostería*. Unicersitá della Calabria.
- Meli, E. B. (2003). *Diseño Sísmico de Edificios* (Vol. VI). LIMUSA S.A. de C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). E.031 Aislamiento Sísmico. En *Reglamento Nacional de Edificaciones*.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones*.
- Palacios, Z. M. (2015). *Análisis y Diseño de un Hospital con Aisladores Elastoméricos en el Perú*. Universidad Nacional de Piura.
- Pelaez, A. M. (2020). *Sistemas Modernos de Protección Sísmica de Edificios*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Quispe, H. A. (2018). *Aislamiento sísmico de base para minimizar los daños en el centro de salud "Pedro Sánchez Meza"- Chupaca 2016*. Universidad Nacional Federico Villareal.

Robinson, R. I.-T.-B. (1993). *Seismic Isolation for Designers and Structural Engineers*.

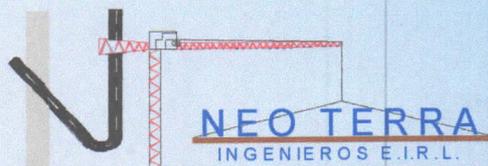
HolmesConsultingGroup.

Salas, B. B. (2018). *Diseño del sistema de aislamiento sísmico de un edificio hospitalario usando dispositivos HDR*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

The american society of civil engineers. (2000). *Revista de ingeniería estructural*. (ASCE, Ed.)

Troy A. Morgan, S. A. (2011). *The Use of Base Isolation Systems to Achieve Complex Seismic Performance Objectives*.

ANEXOS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
Resolución de INDECOPI N° 022951-2007/OSD-INDECOPI
Registro INDECOPI N° 00048905

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO:

MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS ACADÉMICOS Y ADMINISTRATIVOS DE LA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DISTRITO DE CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA.

SOLICITA:

CONSORCIO JCV.

ELABORADO POR:

ING. ALFREDO SIFUENTES ORTIZ.

UBICACION:

Campus Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa N° 1050, carretera a Baños del Inca, Provincia de Cajamarca, Región Cajamarca

DISTRITO	:	CAJAMARCA.
PROVINCIA	:	CAJAMARCA.
REGIÓN	:	CAJAMARCA.

Cajamarca, Octubre del 2017.

**INFORME PARA EL ESTUDIO DE MECANICA
DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION
DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO Y
AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS
ACADÉMICOS Y ADMINISTRATIVOS DE LA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA DE SISTEMAS, FACULTAD DE
INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE
CAJAMARCA, DISTRITO DE CAJAMARCA -
CAJAMARCA - CAJAMARCA.**

SOLICITA: CONSORCIO JCV.



Ing. Alfredo Sifuentes Ortiz.
CIP 74682



NEO TERRA
INGENIEROS E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



NEO TERRA
INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

Registro INDECOPI N°: 00048905

ALFREDO SIFUENTES ORTIZ

INGENIERO CIVIL

C.I.P. N° 74682

*ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ANALISIS DE CANTERAS Y
DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.*

**INFORME PARA EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE
CIMENTACION DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS
SERVICIOS ACADÉMICOS Y ADMINISTRATIVOS DE LA ESCUELA
ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS, FACULTAD
DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DISTRITO
DE CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA.**

SOLICITA: CONSORCIO JCV.

1.0 GENERALIDADES:

1.1 Objetivo del estudio:

1.2 Normatividad:

1.3 Ubicación y Descripción del Área en Estudio:

2.0 GEOLOGIA Y SISMICIDAD EL AREA DE ESTUDIO:

2.1 Geología

2.1.1 Descripción Física del Terreno:

2.1.2 Geología Estructural:

2.1.3 Riesgo Geológico:

2.2 Sismicidad

3.0 INVESTIGACION DE CAMPO:

4.0 ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA (DPL)

5.0 ENSAYOS DE LABORATORIO:

5.1 Ensayos Estándar:

5.2 Ensayos Especiales:

6.0 PERFIL ESTRATIGRÁFICO:

7.0 NIVEL DE LA NAPA FREÁTICA:

8.0 ANALISIS DE LA CIMENTACION.

8.1 Estrato de Apoyo de la Cimentación.

8.2 Tipo de Cimentación

8.3 Parámetros de Diseño para la Cimentación

8.4 Capacidad Admisible del Suelo

Alfredo Sifuentes Ortiz
Ing. Alfredo Sifuentes Ortiz.

CIP 74682



- 8.5 **Cálculo de Asentamiento:**
- 8.6 **Coeficiente de Balasto del Suelo**
- 8.7 **Mejoramiento de la Cimentación:**
- 9.0 **CONTENIDO DE SALES**
- 10.0 **RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO**
- 11.0 **CONCLUSIONES:**
- 12.0 **RECOMENDACIONES**

ANEXO I - CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DE FUNDACION

ANEXO II - ENSAYOS DE LABORATORIO EFECTUADOS

ANEXO III - PERFIL ESTRATIGRAFICO DE LAS CALICATAS EXCAVADAS.

ANEXO IV - ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA.

ANEXO V - PLANO DE UBICACION DE LAS CALICATAS EXCAVADA.



Alfredo Sifuentes Ortiz
Ing. Alfredo Sifuentes Ortiz
CIP 74682



NEO TERRA
INGENIEROS E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS PARA EL PROYECTO: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS ACADÉMICOS Y ADMINISTRATIVOS DE LA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DISTRITO DE CAJAMARCA – CAJAMARCA – CAJAMARCA".

1.0 GENERALIDADES:

El presente informe Técnico, contiene los resultados y conclusiones del Estudio de Mecánica de Suelos solicitado a la Empresa Neo Terra Ingenieros E.I.R.L. por el CONSORCIO JCV, con la finalidad de presentar el cálculo de la capacidad portante del suelo de fundación, de acuerdo con los requerimientos del proyecto denominado: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS ACADÉMICOS Y ADMINISTRATIVOS DE LA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DISTRITO DE CAJAMARCA – CAJAMARCA – CAJAMARCA".

1.1 Objetivo del estudio:

El **objetivo** del estudio de Mecánica de Suelos realizado, fue para identificar y conocer el tipo de suelo existente en la zona donde se ejecutará el proyecto arriba indicado, y en base a ensayos de laboratorio, poder determinar las principales propiedades físico-mecánicas del suelo y conocer el valor de la capacidad portante del mismo, parámetros que servirán para el análisis y cálculo del sistema de fundación del edificio a proyectar, y también lograr recomendaciones en relación a procesos constructivos relacionados con la cimentación, excavaciones y rellenos.

1.2 Normatividad:

La intensidad y alcance de cada actividad ha sido definida en función de la extensión del área de estudio a reconocer, la complejidad del terreno, e importancia de la edificación prevista; para lo cual se ha tenido en cuenta lo Estipulado en la Norma Peruana E050 de Suelos y Cimentaciones.

El presente estudio es indispensable para el desarrollo del proyecto, puesto que la naturaleza de la obra a ejecutar, se encuentra enmarcada dentro de las obligaciones señaladas en el **numeral 1.3.1 párrafo a** de la Norma E050.

También se ha tenido que definir los estudios de Mecánica de Suelos en función del DECRETO SUPREMO N° 003-2016-VIVIENDA que modifica la **Norma Técnica E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE"** del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-vivienda, modificada con decreto Supremo N° 002-2014-vivienda.

1.3 Ubicación y Descripción del Área en Estudio:

1.3.1 La zona del proyecto, se encuentra ubicada en el área donde en un futuro va desarrollarse la escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas. Que se encuentra dentro del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, sito en la Av. Atahualpa N° 1050, Carretera Cajamarca Baños del Inca, Distrito Cajamarca, Región Cajamarca, se accede directamente por la vía indicada; se ubica a una altura promedio

de 2742 m.s.n.m., presentando un clima templado con periodo de lluvias de Octubre – Abril; llegando a una precipitación promedio anual de 120 mm.; tiene una temperatura mínima de 5° C y máxima de 23°C.

1.3.2 En el Anexo V, se presenta el plano de ubicación localización del área de estudio.

2.0 GEOLOGIA Y SISMICIDAD EL AREA DE ESTUDIO:

2.1 Geología

Para la elaboración del presente informe se ha tomado como referencia la geología regional que se encuentra en la carta geológica nacional (hoja 15 – f).

Geológicamente el lugar donde se desea se desarrollará el proyecto, pertenece a la era de Cenozoico, sistema del Cuaternario, Lagunar, en el que antiguamente hubo flujo glaciar el cual está constituido por un depósito lagunar, conformado sedimentos arcilloso de textura fina, a nivel superficial presentan una consistencia medianamente densa, con pequeñas cantidades de grava y arena, hasta la profundidad de 1.50m, donde sub yace un depósito de limo y arcilla altamente plásticos, medianamente consolidados, extendiéndose muchas más que la máxima profundidad investigada, con reacción violenta al HCl 15 %, color plomo amarillento, con drenaje pobre.

El relieve característico de la región, está vinculado a los procesos tectónicos y a las modificaciones bioclimáticas que se han generado desde el inicio de su aparición. Las condicionantes morfológicas como la inestabilidad, vulnerabilidad y riesgo, siempre han condicionado el uso y ocupación del territorio de Cajamarca. En términos generales, la geomorfología de Cajamarca es muy favorable a la concentración de flujos asociados a sólidos, por lo que es frecuente los procesos de geodinámica externa, esto es ayudado por la presencia de pendientes empinadas, presencia del canal de escurrimiento principal, la frecuencia de litologías poco consistentes y una cierta proporción de terrenos sometidos a condiciones de semiaridez climática y ausencia de cobertura vegetal. Estas condiciones aumentan las acciones erosivas de las cuencas y la gran presencia de fenómenos de remoción de masas de suelos y de rocas.

Como parte del relieve andino, Cajamarca presenta una amplia variedad de caracteres geomorfológicos, que resultan de su compleja topografía y de la existencia de varios pisos altitudinales que condicionan ambientes morfoclimáticos característicos. También es importante mencionar la condición litológica correspondiente de las Cordilleras Occidental y Oriental, ya que la heterogeneidad petrográfica contribuye a las diferenciaciones geomórficas. Una importante característica global de Cajamarca es su elevada tasa de erosión actual, con predominio de acciones erosivas ligadas al escurrimiento difuso y concentrado en surcos y cárcavas, motivadas tanto por causas naturales como por labores agrícolas en terrenos altamente susceptibles a la erosión.

2.1.1 Descripción Física del Terreno:

En la zona del proyecto, predominan suelos Lagunares, que son depósitos de materiales finos arcillosos y limosos inorgánicos, intercalados con mezclas de limos, arcillas y algo de gravas, con presencia del horizonte orgánico, los cuales demuestran la existencia de

periodos lagunares, constituyen el basamento litológico de todo el terreno donde se edificarán las estructuras proyectadas.

En las partes expuestas y las excavaciones realizadas dentro de nuestra zona de estudio se comprobó la presencia de una secuencia de materiales finos arcillosos y limosos inorgánicos, intercalados con pequeños porcentajes de materiales gravo-arenosos de finos a gruesos, producto de las invasiones aluvio-fluviales.

Los sedimentos lagunares fueron depositados y acumulados en la cuenca principal y las pequeñas cuencas que existían en el transcurso de su historia geológica de la gran cuenca del río Cajamarquino

La zona en estudio tiene un gran potencial pecuario, y la mayor parte de su campiña está dedicada al cultivo de pastos y a la cría de ganado vacuno para la producción de leche. Constituye el centro de recolección lechera de las cuencas del Mashcón y del Chonta.

La petrografía está formada mayormente por estratos sedimentarios del cuaternario. Las formaciones y/o periodos encontrados son

LAGUNARES (Q- la) Los depósitos lagunares se encuentran en diferentes lugares y niveles, dispuestos en bancos sub horizontales constituidos por material fino areno-arcilloso, a los que algunas veces se intercalan gravas y delgados conglomerados.

FLUVIALES (Q- fl) Están representados por la acumulación de materiales transportados por cursos fluviales, depositados en el fondo y riberas de los ríos. Consisten de gravas gruesas y finas, arenas sueltas y depósitos limo arcillosos.

2.1.2 Geología Estructural:

Regionalmente, todo parece indicar que los movimientos tectónicos, en algunos sectores han sido de mayor intensidad que en otros. Es así que las ondulaciones suaves de algunos niveles estratigráficos pasan a ser estructuras principales. Por tanto en la región Cajamarca se encuentran evidencias de varias etapas de deformación, las cuales corresponden a los movimientos del Ciclo Andino.

Estas fases de deformación están evidenciadas por discordancias, pliegues, fallas y demás estructuras, materializadas en zonas de deformación (fajas o provincias estructurales). Aproximadamente, a principios del Jurásico Superior, empezaron a formarse la cuenca occidental peruana y el Alto del Marañón, probablemente influenciados por fuerzas de distensión con desarrollo de dos grandes elementos: un horst y un graben, relacionados en forma directa a movimientos del zócalo que empezó la subsidencia (occidente) y el levantamiento (oriente). Como es lógico, la sedimentación marina empezó a acumularse en la cuenca en forma continua y esta a su vez, se hundía lentamente a medida que recibía más sedimentos.

Finalizado el ciclo de sedimentación marina en el Senoniano, cuando el mar aun cubría la zona andina y parte de la hoya amazónica, en el Santoniano temprano, toda la cuenca y el Alto del Marañón fueron afectados por movimientos epirogenéticos levantándose grandes regiones de la cuenca y algunas de la plataforma, iniciándose así una acumulación clásica en las partes bajas.

2.1.3 Riesgo Geológico:

Ausencia de un Sistema Integral de Drenaje Pluvial.

Está referido a la ausencia de un sistema integral de drenaje pluvial que garantice la debida evacuación de las aguas de lluvia en esta zona; en épocas de precipitaciones normales y extraordinarias; bajo una visión integral en el que se debe tomar en consideración el desarrollo de las cuencas naturales de drenaje, la actual configuración del relieve urbano y el desalojo de los cursos emisores para su aprovechamiento múltiple; sin afectar las redes de desagüe de la ciudad universitaria.

Fenómenos de Origen Geológico por Actividad Sísmica:

Esta zona presenta suelos lagunares, compuestos principalmente por arcillas plásticas y arcillas limosas, con contenidos de humedad bajos a medios, debido a un nivel freático bajo. Presenta en su mayoría suelos expansivos en grandes proporciones. Debido a las características del suelo presenta alta intensidad sísmica.

2.2 Sismicidad

Las vibraciones producidas por un sismo se transmiten a través de las rocas de la corteza terrestre. En un lugar específico, las vibraciones que llegan al basamento rocoso son a su vez transmitidas hacia la superficie a través de los suelos existentes en el lugar. Las vibraciones sufren variaciones al ser transmitidas a lo largo de las trayectorias recorridas, llegando a la superficie con características que dependen no sólo de las que tenían en su origen, sino también de la trayectoria seguida a lo largo de la corteza terrestre y de las propiedades de los suelos que existen en el lugar.

En el presente caso para determinar la sismicidad del lugar se han analizado las aceleraciones procedentes de los mapas de aceleraciones máximas en la roca para periodos de recurrencia sísmica de 30, 50 y 100 años propuestas por Casaverde y Vargas (1980) los que indican que el terreno estudiado se encuentra en una **zona de sismicidad alta**.

De acuerdo al Reglamento Nacional de construcciones, Noma Técnica de Edificación E.030 – Diseño Sismorresistente, el área estudiada tiene las siguientes características:

CUADRO N° 2.1 – VALORES PARA DISEÑO SISMICO DE LAS ESTRUCTURAS

Parámetro	Valor
Categoría de la edificación	A2 – Edificaciones Esenciales
Factor Edificación (U)	1.50
Zona Sísmica	3
Factor de Zona (Z)	0.35
Perfil del suelo	Perfil tipo S ₂
Factor del Suelo (S)	1.15
Periodo (Tp)	0.60
Periodo (T _L)	2.00

3.0 INVESTIGACION DE CAMPO:

Los trabajos de campo fueron ejecutados en coordinación con personal profesional representante de la parte solicitante; y encargados de la elaboración del expediente técnico; considerándose emplear como técnica o investigación de campo la excavación con ayuda de una retroexcavadora, de 04 calicatas o pozos a cielo abierto y realización de dos ensayos de penetración dinámica ligera DPL.

Por lo que previamente se determinó el tipo de obra a proyectar, para este caso se tomo en cuenta lo expuesto en la **tabla 2.1.2 – TIPO DE EDIFICACION** ubicada en el numeral N° 2.1.2 párrafo d, de la **norma E0.50**, la que señala que para una edificación proyectada en base a pórticos y/o muros de concreto, con distancia entre apoyos menor a 10 m. y altura de 4 a 8 pisos, se tipificará como una edificación del tipo C, desde el punto de vista de investigación del suelo, y en la misma norma en la **tabla N° 2.3.2 Número de puntos de investigación**, indica que cuanto menos será necesario tomar tres puntos de investigación del suelo, en este caso calicatas. La profundidad promedio de investigación alcanzada se encuentra a 3.50 m. por debajo del nivel natural del suelo a la fecha de realización de los trabajos de campo.

Una vez concluida con la excavación de calicatas, se procedió con el muestreo de calicatas, recojiéndose para este caso primeramente muestras del tipo Mab (muestras alteradas en bolsa de plástico), Muestras del tipo Mib (muestras inalteradas en bloque) esto de acuerdo a lo señalado en la el ítem y **tabla 2.2.4 – Tipos de Muestras, de la Norma E-0.50 Suelos y Cimentaciones**).

También se registró las coordenadas de cada calicata excavada, y una vez finalizados los trabajos de campo, se procedió con el tapado o relleno las calicatas, con el mismo material de la excavación, y con la información recogida se ha podido elaborar el siguiente cuadro informativo:

CUADRO 3.1 UBICACIÓN DE CALICATAS, PROFUNDIDAD, NIVEL FREÁTICO Y NÚMERO DE MUESTRAS.

MUESTRA	UTM		PROFUNDIDAD (m)	N° DE MUESTRAS	NIVEL FREÁTICO
	NORTE	ESTE			
Calicata 1	9206832.475	776453.215	3.50 m.	3	-----
Calicata 2	9206837.85	776463.036	3.50 m.	2	-----
Calicata 3	9206846.323	776471.116	3.50 m.	2	-----
Calicata 4	9206855.826	776481.107	3.50 m.	2	-----

También se indicará que las calicatas se ubicaron de tal forma que abarquen al máximo el área del proyecto, y cuidando de no excavar en aquellos lugares donde se presumía que pasase el cableado subterráneo de la red eléctrica, esto debido a que se supo que la parte contratante no brindaba planos del cableado para tener en cuenta durante el proceso de excavación de calicatas. Una vez concluida la excavación, se procedió con la identificación, recolección y etiquetado de muestras, para su transporte al laboratorio en donde se realizaron los ensayos respectivos.

Durante la etapa de muestreo de campo, se cuidó de mantener inalterada la humedad natural de las muestras de suelo extraídas, también se midió el espesor de cada uno de los estratos existentes. La profundidad promedio alcanzada en la excavación de la calicata fue

de 3.50 m., no encontrándose el nivel de aguas freáticas. A medida que se efectuaron las excavaciones la parte encargada de la realización de trabajos de campo, fue describiendo en forma tacto-visual los suelos (color, textura, etc.) a fin de establecer la secuencia, ubicación y espesores de los diferentes mantos que conforman la estratigrafía del área estudiada.

Finalmente los resultados de los trabajos de laboratorio solicitados, se muestran en el ANEXO II - ENSAYOS DE LABORATORIO EFECTUADOS, del presente informe técnico.

4.0 ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA (DPL)

Con el objeto de estimar los parámetros de resistencia del suelo de fundación se han ejecutado un total de 02 ensayos de penetración dinámica ligera (DPL). Estos sondajes han sido denominados DPL-1 y DPL-2 ubicados adecuadamente en el área de estudio.

El ensayo DPL (DIN 4094), consiste en el hincado continuo en tramos de 10 cm de una punta cónica de 60° utilizando la energía de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración, existiendo correlaciones para encontrar el valor "N" de resistencia a la penetración estándar en función del tipo de suelo, para cada 30 cm de hincado.

El cuadro N° 4.1 se presenta un resumen de los ensayos de penetración dinámica ligera (DPL) y las profundidades alcanzadas.

Cuadro N° 4.1
Resumen de los ensayos DPL

Ubicación	Sondaje	Profundidad (m)	Ubicación
Planta N° 1	DPL-1	3.50	Al costado de la calicata C-1
	DPL-2	3.50	Al costado de la calicata C-2

En el anexo IV presentan los registros de los ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL) donde se indican las profundidades alcanzadas y la correlación con el valor de N del Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

5.0 ENSAYOS DE LABORATORIO:

Las muestras obtenidas de las calicatas, fueron transportadas al laboratorio en bolsas de polietileno debidamente identificadas, también se registró la composición estratigráfica del suelo, señalando las profundidades de excavación y espesor de los diferentes estratos de suelo encontrados, cuya columna estratigráfica se presenta en el anexo III, del presente informe técnico.

De las muestras procedentes de la excavación de la calicata, el contratante, solicitó efectuar ensayos correspondientes para determinar su clasificación del suelo (granulometría y Límites de Atterberg), humedad natural y peso volumétrico, y en base a estos datos, poder deducir la capacidad portante del suelo, los ensayos fueron realizados de acuerdo a normas técnicas tal como se indica a continuación:

5.1 Ensayos Estándar:

- CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD, mediante procedimiento de secado en estufa a la temperatura de 110° C, según norma ASTM D2216.

- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, por vía húmeda o por lavado con cribado manual, de acorde a la norma ASTM D422.
- LIMITES DE ATTERBERG, Límite líquido y Límite plástico, de acorde con la norma ASTM D4318.
- ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO, acorde a la norma ASTM D 854.
- ENSAYOS DE PESO VOLUMÉTRICO, según la norma ASTM D 4253.
- CLASIFICACION DE SUELOS, en función a la Norma ASTM D2487, que toma como base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

5.2 Ensayos Especiales:

- ENSAYO DE CORTE DIRECTO, en función a lo señalado en la norma ASTM D 3080.

6.0 PERFIL ESTRATIGRÁFICO:

Se desarrolló en función de los trabajos realizados; tanto de campo como de laboratorio; por lo que se pudo determinar las principales propiedades físicas del suelo, y también la estratigrafía de la zona de estudio, estando compuesta por depósitos cuaternarios de origen lagunar, de suelo cohesivo y granulometría fina que subyacen unos a otros, con características relativamente homogéneas en toda el área del terreno, suelo color amarillo a marrón, poco húmedo, de arcillas inorgánicas de mediana a alta plasticidad del tipo CL y CH respectivamente, en el sistema de clasificación SUCS. Todo el suelo, presenta una estructura maciza o continua, con presencia de grietas y micro fisuras por donde penetra la humedad superficial hacia el sub suelo.

Superficialmente se encuentra la capa de suelo orgánico con espesor promedio 0.80 m. conformado por restos de grava y arena con arcilla incrustado en una matriz de suelo orgánico. Dada la naturaleza de este material, su profundidad puede variar respecto a la encontrada en las excavaciones. **Este material es inadecuado para la construcción, y deben ser removidos, hasta llegar al suelo natural, antes de iniciar las obras de cimentación tal como lo indica la Norma Técnica de Edificaciones E-050, Suelos y cimentaciones.**

Por debajo del horizonte orgánico; se encuentra un suelo color amarillo, de arcillas inorgánicas medianamente plásticas, del tipo CL, suelos de consistencia media, granulometría fina y ligeramente húmedos, aparece combinado con pequeños porcentajes de arena de granulometría fina; El conjunto presenta comportamiento estable y resistente en estado seco, pero se torna blando, inestable y elástico al entrar en contacto con la humedad, llegando hasta una profundidad máxima de 2.50 m. en referencia al nivel de suelo natural.

Luego subyaciendo al estrato antes descrito, podemos encontrar una capa de arcillas inorgánicas de alta plasticidad, color ligeramente marrón, suelos de granulometría fina, consistencia alta, ligeramente húmedos y elevada resistencia en estado seco. El estrato se prolonga aún por debajo de la máxima profundidad excavada (3.50 m.). En el Anexo III del presente informe, se representa la columna estratigráfica de cada calicata excavada, también en el siguiente cuadro se expone las principales características del suelo existente en la zona del proyecto.

CUADRO N° 5.1 – PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUB SUELO.

MUESTRA	ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION	GRANULOMETRIA			SUCS	LIMITES CONSISTENCIA			w (%)	Peso Unitario (gr/cm3)		
				GRAVA	ARENA	FINOS		L.L.	L.P.	I.P.		Seco	Húmedo	
CALICATA 1	0	De 0.00 a -1.00	Horizonte orgánico	Suelo no apto para la construcción, no se recogieron muestras, se identificó por medio de pruebas sencillas de campo										
	1	De -1.00 a -2.50	Arcillas inorgánicas medianamente plásticas.	0.62%	31.38%	68.00%	CL	38.00%	21.00%	17.00%	12.52%	1.31	1.46	
	2	De -2.50 a -3.50	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	0.00%	10.26%	89.74%	CH	66.00%	29.00%	37.00%	14.13%	1.36	1.44	
CALICATA 2	0	De 0.00 a -0.75	Horizonte orgánico	Suelo no apto para la construcción, no se recogieron muestras, se identificó por medio de pruebas sencillas de campo										
	1	De -0.75 a -1.55	Arcillas inorgánicas medianamente plásticas.	1.05%	19.70%	79.25%	CL	32.00%	18.00%	14.00%	8.54%	1.32	1.45	
	2	De -1.55 a -3.50	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	0.00%	9.38%	90.62%	CH	63.00%	27.00%	36.00%	14.56%	1.36	1.43	
CALICATA 3	0	De 0.00 a -0.80	Horizonte orgánico	Suelo no apto para la construcción, no se recogieron muestras, se identificó por medio de pruebas sencillas de campo										
	1	De -0.80 a -2.30	Arcillas inorgánicas medianamente plásticas.	0.00%	11.39%	88.61%	CL	36.00%	19.00%	17.00%	9.88%	1.34	1.46	
	2	De -2.30 a -3.50	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	0.45%	14.00%	85.55%	CH	63.00%	31.00%	32.00%	13.40%	1.40	1.44	
CALICATA 4	0	De 0.00 a -0.80	Horizonte orgánico	Suelo no apto para la construcción, no se recogieron muestras, se identificó por medio de pruebas sencillas de campo										
	1	De -0.80 a -1.90	Arcillas inorgánicas medianamente plásticas.	0.15%	10.78%	89.06%	CL	35.00%	19.00%	16.00%	7.26%	1.36	1.48	
	2	De -1.90 a -3.50	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	0.00%	9.97%	90.03%	CH	64.00%	25.00%	39.00%	14.35%	1.32	1.43	

Alfredo Sifuentes Ortiz
Ing. Alfredo Sifuentes Ortiz.
CIP 74682

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

7.0 NIVEL DE LA NAPA FREÁTICA:

La ubicación de la napa freática es función de la época del año en que se realice su determinación, así como las variaciones naturales de los sistemas de lluvia que abastecen los estratos acuíferos. De acuerdo a la información obtenida al momento de realizar los trabajos de campo, (27 de Setiembre del 2017), no se encontró la Napa Freática, hasta la máxima profundidad investigada (3.50 m.); desconociéndose alguna variación estacional, por escapar este tema de la especialidad y finalidad del presente trabajo.

8.0 ANALISIS DE LA CIMENTACION.

Las teorías de capacidad de carga en cimentaciones superficiales están basadas en un buen número de idealizaciones sobre las características tensión-deformación del suelo: por lo que el concepto de presión admisible de un terreno no es fácil de precisar ya que está ligada íntimamente con las características de cada terreno, dependerá del tipo de cimentación, que a su vez es consecuente con el terreno y el sistema de estructura sustentante (sustentada por el cimiento) y finalmente del comportamiento del suelo a lo largo del tiempo que es a su vez influenciada por agentes externos naturales y artificiales.

El sub suelo analizado es de naturaleza estratificada y lo conforma suelos cohesivos que sobreyacen unos sobre otros. En estos casos la capacidad de carga depende de su resistencia al corte del suelo o capa menos resistente, pero limitándose los asentamientos de tal forma que el asentamiento total se encuentre dentro de los límites tolerables para la estructura.

La memoria de cálculos se adjunta en las hojas del ANEXO I - CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DE FUNDACION.

8.1 Estrato de Apoyo de la Cimentación.

De la evaluación geotécnica y características estructurales del proyecto que considera la construcción de un edificio de 05 niveles de altura; se acepta cimentar a una **profundidad mínima** de 2.20 m por debajo del nivel actual de terreno (terreno natural), donde se encuentra depósitos medianamente compactos del suelo natural. Los cálculos de capacidad admisible, se han realizado para los tipos de suelo uniformes más representativos, identificados.

8.2 Tipo de Cimentación

Dadas las condiciones del sub suelo (suelos cohesivos de formación cuaternaria) así como el tipo de obra a proyectar, se plantea una cimentación directa, compuesta por zapatas aisladas, y de planta rectangular a cuadrada, cuyas dimensiones y geometría serán determinadas previo análisis estructural. También, para evitar asentamientos diferenciales inesperados y absorber cualquier esfuerzo de torsión debido a la colocación de zapatas excéntricas y asentamientos diferenciales, las zapatas, deberán estar unidas por medio de una viga de cimentación, para que actúen formando anillos rígidos cerrados que minimicen las deformaciones diferenciales que puedan ocurrir en las estructuras, por los cambios cíclicos del contenido de humedad del suelo.

8.3 Parámetros de Diseño para la Cimentación

El concepto de presión admisible de un terreno no es fácil de precisar ya que está ligada íntimamente con las características de cada terreno, dependerá del tipo de cimentación, que a su vez es consecuente con el terreno y el sistema de estructura sustentante (sustentada por el cimiento) y finalmente del comportamiento del suelo a lo largo del tiempo que es a su vez influenciada por agentes externos naturales y artificiales



De la estratigrafía encontrada en el lugar de estudio (suelos finos cohesivos), es posible estimar el valor de la capacidad portante, mediante uso de fórmulas aceptadas por la Mecánica de Suelos y a partir de la experiencia en casos similares al presente por lo que el valor de la presión admisible se calculará empleando el método propuesto por Terzaghi, para el caso de falla local por corte en un cimentación rectangular a cuadrada, además los parámetros que intervienen en la fórmula de cálculo, como son ángulo de fricción y cohesión, fueron obtenidos del ensayo de corte directo y en base a esto, obtener de bibliografía especializada los valores típicos de comportamiento del suelo.

8.4 Capacidad Admisible del Suelo

Los cálculos de capacidad de carga se muestran en la respectiva hoja de cálculo del Anexo I: Cálculo de la Capacidad Portante y Asentamiento. Para las condiciones de cimentación indicadas, las capacidades de carga y presión admisible por corte se consideró un Factor de Seguridad igual a 3.50, esto acorde con el ítem N° 3.4 de la Norma E-0.50 Suelos y cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones. El valor de la presión admisible se calculará empleando el método propuesto por Terzaghi, para el caso de falla por corte local y tipo de cimentaciones cuadradas a rectangulares; cuyos principales parámetros de carga se muestran a continuación:

CUADRO N° 7.1 – PARAMETROS PARA DETERMINAR LA PRESION ADMISIBLE DEL SUELO FUNDACION

ϕ	c (Kg/cm2)	N'c	N'q	N'γ	γ (gr/cm3)	B*(m)
13.00	0.34	8.96	2.38	0.425	1.44	100.00

* B: Ancho de la cimentación (dato asumido), el valor definitivo será obtenido luego de realizar el correspondiente análisis estructural.

Por lo que la presión admisible del suelo de fundación $Q_u = Q'_c/FS$.

CUADRO N° 7.2 – VALORES DE LA PRESION ADMISIBLE DEL SUELO FUNDACION

Capacidad Portante (q'c) (Kg/cm2)	Factor Seguridad (FS)	Capacidad de Carga de Diseño (qu) (Kg/cm2)	Profundidad de cimentación* (Df) (m)
3.42	3.50	0.98	2.20

* La profundidad de cimentación se medirá a partir del nivel de suelo natural, después del corte y antes de realizar trabajos de relleno.

8.5 Cálculo de Asentamiento:

El Método Elástico, para el cálculo de asentamientos, se basa en aplicaciones empíricas de la teoría de la elasticidad, La aplicación de esta teoría es empírica porque se realizan ciertas modificaciones (generalmente a las propiedades del material utilizadas en el análisis) para hacer las simplificaciones menos restrictivas. Es una buena práctica determinar el asentamiento inicial del suelo empleando la Teoría Elástica de Boussinesq, quien propone la siguiente expresión:

Método Elástico (Boussinesq):

$$s_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} * i_f$$

Alfredo Ortiz
Ing. Alfredo Sifuentes Ortiz
CIP 74682
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

Donde:

Si = Asentamiento probable (cm)
 ν = Relación de Poisson
 Es = Módulo de elasticidad (Tn/m²)

If = Factor de Forma (cm/cm)
 q = Presión de Trabajo (Tn/m²)
 B = Ancho de la cimentación (m)

CUADRO N° 7.3 – ASENTAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA.

ESTRUCTURA	ν	Es (Tn/m ²)	If			Asentamiento probable Si (cm)		
			Centro	Esquina	Medio	Centro	Esquina	Medio
Zapata	0.26	980	153	77	130	1.42	0.72	1.21

8.6 Coeficiente de Balasto del Suelo

En todo problema geotécnico, el conocimiento o la estimación de las deformaciones en relación a las cargas asociadas que transfiere una fundación al terreno natural, es uno de los problemas más importantes de los proyectos de ingeniería.

Para resolver esta situación, se utiliza muy frecuentemente, el “**Coefficiente de Balasto**” o “**Módulo de Reacción del Suelo**” también conocido como “**Coefficiente de Sulzberger**”, estudiado muy en profundidad por Terzaghi

Este parámetro asocia la tensión transmitida al terreno por una placa rígida con la deformación o la penetración de la misma en el suelo, mediante la relación entre la tensión aplicada por la placa “q” y la penetración o asentamiento de la misma “y”. Generalmente se la identifica con la letra “k”

El método simplificado propuesto por Vesic, proporciona una expresión adecuada que permiten tomar valores típicos del suelo y asociarlos para el cálculo del Coeficiente de Balasto (K), por lo que K para el presente estudio puede calcularse como:

$$K = Es / [B(1-\mu^2)]$$

Donde:

K = Coeficiente de Balasto
 Es = Módulo de elasticidad del suelo.
 B = Ancho de la zapata
 μ = Coeficiente del Poisson del terreno.

Los valores recomendados para el cálculo del Coeficiente de Balasto (K) del suelo son los siguientes:

CUADRO N° 7.4 – PARAMETROS PARA CALCULO DE COEFICIENTE DE BALASTO

Elemento Estructural	Módulo de Elasticidad (Tn/m ²)	Coeficiente de Poisson	Coeficiente de Balasto (Tn/m ³)
Zapatas	980	0.26	1051.05

En el Cuadro 7.5, se muestra el resumen de las condiciones de cimentación, la memoria de cálculos se adjuntan en el Anexo I.

Handwritten signature and stamp:
 Ing. Alfredo Sifuentes Ortiz
 CIP 74682
 NEO TERRA INGENIEROS E.I.R.L.
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CUADRO 7.5 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN.

Tipo de Cimentación	Zapatas aisladas de sección rectangular a cuadrada, conectadas mediante viga de cimentación, cuyas dimensiones se determinarán previo análisis estructural
Parámetros de Diseño de la Cimentación	
- Profundidad Mínima de Cimentación	2.20 m.
- Factor de Seguridad por Corte	> 3.00
- Máxima distorsión angular	1/500
Capacidad Portante del suelo de fundación	0.98 Kg/cm ²
Recomendaciones Adicionales	Debido a las posibles variaciones que puedan existir en el módulo de elasticidad del suelo, se pueden generar asentamientos superiores a los previstos, por lo que será necesario realizar obras de mejoramiento a nivel de cimentación.

8.7 Mejoramiento de la Cimentación:

Es práctica común para alcanzar un nivel de resistencia dado en el suelo, construir obras de mejoramiento a nivel de cimentación (reemplazo de suelo), con esto se busca mejorar las condiciones del sub suelo (incremento del módulo de elasticidad) y a la vez disminuir los perjudiciales asentamientos diferenciales, por lo que para el presente caso, se recomienda emplear la siguiente estructura para la cimentación:

ZAPATAS

Primeramente todo resto de material de relleno o suelos orgánicos presentes en los niveles de fundación, deberá ser cortado y eliminado hasta encontrar el suelo natural que de acuerdo a la realización de los trabajos de investigación del sub suelo, está conformado por depósitos estratificados de arcilla inorgánica de alta plasticidad del tipo CH.

- Las zapatas estructurales se apoyarán a una **profundidad mínima** de -2.20 m. por debajo del nivel del nivel cero de la estructura o del terreno natural una vez hecho el corte y antes de realizar los trabajos de relleno, luego por encima del nivel mínimo recomendado para el fondo de la cimentación (-2.20 m.), se construirá se colocará una capa de material de over o bolonería de piedra de diámetro máximo promedio de 4" - 6", en un espesor de 0.20 m. (cota de -2.20 m. a -2.00 m.), luego sobre esto se colocará una sub zapata de concreto ciclópeo $f'c = 10$ Mpa, esta estructura, tendrán un espesor mínimo final de 50 cm. (cotas -2.00 m. a -1.50 m.), y servirá para brindar a las zapatas una base de apoyo adecuada, así como brindar una adecuada resistencia al suelo de fundación que debido a su naturaleza cohesiva que lo hace susceptible de presentar asentamientos totales, que pudieran perjudicar la estructura, también por evidencias encontradas en las muestras alcanzadas, luego sobre este nivel se construirá la zapata estructural.

Finalmente el nivel de fundación o terreno natural previo a los trabajos de construcción de la cimentación deberá encontrarse seco y también será compactado a un mínimo del 90% del ensayo de proctor modificado.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso de diseño para el mejoramiento de la cimentación:

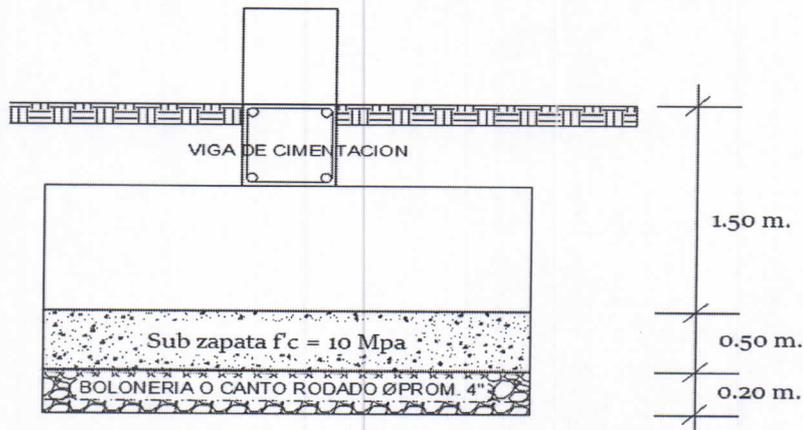


FIGURA N° 01: Esquema de mejoramiento para la cimentación

9.0 CONTENIDO DE SALES

El concreto es un material que en general tiene un comportamiento satisfactorio ante diversos ambientes químicamente agresivos. El concepto básico reside en que el concreto es químicamente inalterable al ataque de agentes químicos que se hallan en estado sólido.

Para que exista alguna posibilidad de agresión, el agente químico debe estar en solución en una cierta concentración y además tener la opción de ingresar en la estructura de la pasta durante un cierto tiempo, es decir debe haber un cierto flujo de la solución concentrada hacia el interior del concreto y este flujo debe mantenerse un tiempo suficiente para que se produzca la reacción, esto lo producen los ambientes agresivos. Los ambientes agresivos usuales están constituidos por el aire, agua y suelos contaminados que entran en contacto con las estructuras de concreto.

SULFATOS: Los sulfatos que afectan la durabilidad, se hallan usualmente en el suelo en contacto con el concreto, en solución en agua de lluvia, en aguas contaminadas por desechos industriales o por flujos en suelos agresivos. Por lo general consisten en sulfatos de Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio.

Los sulfatos con sulfatos se hallan normalmente en zonas áridas, y pese a que pueden no estar en muy alta concentración, si se producen ciclos de humedecimiento y secado sobre el concreto, la concentración puede incrementarse y causar deterioro.

De acuerdo a la Norma Peruana E 060 Concreto armado se deberán cumplir los siguientes requisitos para considerar un suelo agresivo a la cimentación:

CUADRO N° 8.1 - REQUISITOS PARA CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES CON SULFATO -

Fuente: Report ACI Comité 201 2R- "Guide to Durable Concrete"- 1982.

TIPOS DE EXPOSICIÓN A LOS SULFATOS	SULFATOS SOLUBLES EN AGUA (SO) PRESENTES EN SUELOS (% en peso)	SULFATOS(SO ₄) EN AGUA	TIPO DE CEMENTO RECOMENDADO	RELACION AGUA/CEMENTO RECOMENDADA concreto normal	F'c mínimo (kg/cm ²)
Despreciable	0 a 0.10	0 a 150	-	-	-
Moderada	0.10 a 0.20	150 a 1,500	II, IP(MS) IS(MS) IPM(MS) I(SM)(MS)	0.50	280
Severa	0.20 a 2.00	1,500 a 10,000	V	0.45	315
Muy severa	>2.00	>10,000	V + Puzolana	0.45	315

CUADRO N° 8.2 – ANALISIS DE PH, SULFATOS Y CLORUROS PARA LOS NIVELES DE CIMENTACION

MUESTRA	SULFATOS(SO ₄) EN AGUA ppm*	Cloruros*	Sales Solubles Totales (ppm)	TIPO DE EXPOSICION
Calicata 1, Estrato 2	111.07	47.23	902	Despreciable

Del resultado del análisis físico químico (ver anexos) efectuado en las muestras del sub suelo, se puede deducir que en base a los valores obtenidos, el suelo se encuentra dentro de los límites permisibles de agresividad (despreciable según Norma Técnica Peruana E 060 – Concreto Armado), por lo que no se presentarán problemas de agresividad en la cimentación.

10.0 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Se adjuntan en el Anexo II.

11.0 CONCLUSIONES:

11.1 Se efectuó el Estudio de Mecánica de Suelos para el cálculo y diseño de la cimentación del proyecto: “MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS ACADÉMICOS Y ADMINISTRATIVOS DE LA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DISTRITO DE CAJAMARCA – CAJAMARCA – CAJAMARCA”, ubicado en Campus Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa N° 1050, carretera a Baños del Inca, Provincia de Cajamarca, Región Cajamarca y solicitado por el CONSORCIO JCV; para lo cual, fue necesario realizar la excavación y muestreo de tres calicatas ubicadas en la zona donde se proyectarán las obras.

11.2 Para la ejecución de los Estudios de Mecánica de Suelos, se realizó la excavación de tres calicatas ubicadas estratégicamente de forma tal que abarquen al máximo el área de estudio; luego se recogieron muestras, con las que se realizaron las determinaciones necesarias para poder proceder a su clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), a saber: límite líquido, límite plástico, y porcentaje de partículas menores que las mallas de los tamices número 40 y 200, mediante lavado, así como también humedad natural y otros ensayos indicados en el ítem 4.

11.3 El perfil del suelo es relativamente homogéneo, y está conformado por depósitos estratificados de suelos cuaternarios, del tipo cohesivos con limos y arcillas inorgánicas, combinado con moderados porcentajes de arena de grano fino, con presencia errática de fragmentos angulares de grava, tal como se en el ítem N° 5.0 del presente informe técnico.

11.4 Al momento de realizar los trabajos de campo en la zona de estudio NO se ha encontrado la Napa Freática o nivel Freático hasta la máxima profundidad investigada (3.50 m.), en la fecha que se realizó la investigación de campo (27 de Setiembre del 2017).

11.5 Las estructuras comprendidas en el presente estudio están constituidas por estructuras del tipo convencional de concreto armado. Los elementos estructurales de la obra transmiten sus cargas al terreno mediante zapatas de concreto armado con vigas de

cimentación de concreto armado, formando anillos rígidos. De acuerdo a la estructura y el número de pisos, las estructuras se clasifican desde el punto de vista de la investigación del suelo como Estructura del Tipo C.

11.6 Para el cálculo de la capacidad portante del suelo de fundación se emplearon expresiones aceptadas por la Mecánica de Suelos, la que fueron analizadas para diferentes profundidades de cimentación, diferentes tipos de cimentación, y restringiendo los asentamientos de tal manera que no se presenten asentamientos diferenciales de consideración; luego dentro de todas las expresiones utilizadas, la que finalmente dio resultados más racionales fue La Fórmula de Terzaghy para el caso de falla por corte local, para zapatas de sección rectangular a cuadrada, y el tipo de cimentación que más se adecue para la zona del proyecto es de zapatas aisladas conectadas mediante vigas de cimentación para que actúen formando anillos rígidos y, de estos casos se obtuvo una capacidad portante del suelo mostrada en el cuadro N° 6.1 del presente informe.

11.7 De acuerdo a la presión admisible por asentamientos, los factores de seguridad satisfacen las exigencias de la NTE E.050, de ser igual o mayor que 3 para cargas estáticas.

11.8 Si las zapatas se dimensionan de acuerdo a la presión admisible por asentamientos, los factores de seguridad satisfacen las exigencias de la NTE E.050, de ser igual o mayor que 3 para cargas estáticas, siendo para nuestro caso adoptado un coeficiente de seguridad igual 3.50, debido principalmente a la necesidad de limitar el grado de asentamiento que pueda presentar la estructura, y de esta manera tener una distorsión angular de 1/500 acorde a lo establecido en el ítem 3.2 Asentamiento Tolerable, de la Norma E-0.50 Suelos y cimentaciones del RNE.

12.0 RECOMENDACIONES

12.1 La profundidad de cimentación más adecuada es aquella que garantice que la estructura se cimiente sobre un terreno natural y estable.

12.2 Al momento de cimentar las estructuras, conforme a las especificaciones de la Norma Técnica E-050 en el capítulo 4, acápite 4.3 "Profundidad de Cimentación" indica que no debe cimentarse sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal desmonte o relleno sanitario y **que estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la edificación** y ser reemplazados con materiales que cumplan con lo indicado en el acápite 4.4.1 "Rellenos controlados o de Ingeniería".

12.3 El tipo de cimentación sugerido para este caso, es una cimentación directa, compuesta por zapatas aisladas, y de planta rectangular a cuadrada, cuyas dimensiones y geometría deberán ser determinadas previo análisis estructural. Para evitar asentamientos diferenciales inesperados y absorber cualquier esfuerzo de torsión debido a la colocación de zapatas excéntricas y asentamientos diferenciales, será necesario unir las zapatas aisladas por medio de una viga de cimentación, para que actúen formando anillos rígidos cerrados que minimicen las deformaciones diferenciales que puedan ocurrir en las estructuras, por los cambios cíclicos del contenido de humedad del suelo y eviten aparición de grietas en los muros del proyecto.

12.4 Debido a las características y estratigrafía del suelo y estructurales del proyecto, se planteó fundar los elementos estructurales a una profundidad mínima de 2.20 m. con respecto a la superficie final del terreno (luego del corte y antes de los trabajos de relleno), proporcionándole así un nivel de confinamiento adecuado, y estará apoyada en el sentido más desfavorable sobre un depósito de arcillas inorgánicas de alta plasticidad del tipo CH.

12.5 Para prevenir asentamientos excesivos del suelo, es importante que al momento del cálculo de las dimensiones en planta de la zapata, la relación Largo / Ancho máxima de esta, será igual a 2.

12.6 Tomando como base lo indicado en las recomendaciones y a la vez definiendo la profundidad de cimentación como **aquella resultante después de realizar los trabajos de corte que no necesariamente tiene que coincidir con los niveles actuales del terreno**, se tendrá una profundidad mínima de fundación igual a 1.50 m. de excavación para zapatas, en donde también se recomienda realizar trabajos de mejoramiento a nivel de fundación, los cuales se encuentran expuestos en el ítem **6.7 MEJORAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN**, y figura N° 01; del presente informe técnico.

12.7 Los suelos presentes en la zona del proyecto tienen comportamiento inestable ante la presencia de humedad, por lo que se recomienda que antes de realizar las obras de cimentación, es conveniente que el suelo de fundación se encuentre seco, además de ser el caso, deberá estar protegido de la de la lluvia, para evitar que el sub suelo se sature.

12.8 Al momento de proyectar las estructuras, es igualmente importante plantear la construcción de un adecuado sistema de drenaje de aguas superficiales alrededor de toda la edificación, con el objeto de impedir la infiltración de aguas pluviales en el terreno de fundación, y también contrarrestar el efecto de filtraciones en el sub suelo, ya que esto podría ocasionar disminución en la resistencia al corte del suelo, con el consiguiente perjuicio en las estructuras, esto se conseguirá con la construcción de veredas perimétricas y cunetas o canales de evacuación de agua de lluvia.

12.9 RECOMENDACIONES ADICIONALES:

MATERIAL DE BASE: El material a emplear en la conformación de la base granular para la construcción de las losas, relleno y la cama de apoyo de la cimentación corrida, deberá ser una capa de afirmado, el que deberá estar constituido principalmente de grava triturada, opcionalmente se puede colocar grava redondeada, además arena gruesa con partículas más finas para llenar los vacíos, y una proporción pequeña de arcilla que actúe como ligante.

El material deberá ser de buena estabilidad, que cumpla con las siguientes especificaciones:

- Desgaste Los Angeles : 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: no debe exceder de 35%
- Índice de Plasticidad : 4 – 9 (MTC E 111)
- CBR : 40% mín. referido al 100% de la MDS y a una penetración de carga de 2.5 mm

- Los materiales granulares, deberán tener una distribución granulométrica tal que garantice un correcto proceso de compactación y estabilidad del sub suelo, por lo que para el empleo de estos materiales, necesariamente deberán cumplir con alguna de las dos gradaciones recomendadas.

Tamiz	Porcentaje que pasa	
	A - 1	A - 2
50 mm (2")	100	---
37.5 mm (1½")	100	----
25 mm (1")	90 - 100	100
19 mm (¾")	65 - 100	80 - 100
9.5 mm (3/8")	45 - 80	65 - 100
4.75 mm (N° 4)	30 - 65	50 - 85
2.0 mm (N° 10)	22 - 52	33 - 67
4.25 um (N° 40)	15 - 35	20 - 45
75 um (N° 200)	5 - 20	5 - 20

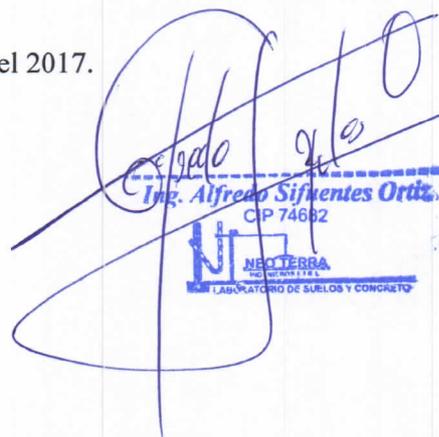
MATERIAL PARA RELLENOS: Debido a las características del proyecto, surge la necesidad de rellenar áreas para poder alcanzar las cotas o niveles necesarios para la construcción y que no cumplen ninguna función estructural, en vista de esto, se deberá tener especial cuidado al utilizar materiales que deberán ser acordes con estas labores, debiéndose tenerse en cuenta además que :

Antes de ejecutar el relleno de una zona se limpiará la superficie del terreno eliminando las raíces u otras materias orgánicas, garantizando que el terreno a rellenar permanezca estable, exento de agua, materia orgánica y otros desperdicios no aptos para la construcción.

El material del relleno a emplear estará libre de material orgánico y de cualquier otro material comprimible.

- 12.10 Es importante indicar que toda recomendación expuesta en relación a la cimentación, es complementario con criterios estructurales que puedan definirse después de realizar el respectivo metrado de cargas y correspondiente análisis estructural del comportamiento de la edificación a proyectar, por lo que en esta etapa puede definirse otros conceptos que pudieran ser adoptados como válidos para cimentar, en todo caso se recomienda que independiente de los criterios de tratamiento para la cimentación que se tenga se deberá respetar la **profundidad mínima** de cimentación recomendada igual a 2.20 m. para zapatas estructurales, tomando como nivel de referencia la cota luego del corte final del terreno.

Cajamarca, Octubre del 2017.



Ing. Alfredo Sifuentes Ortiz
CIP 74682





NEO TERRA
INGENIEROS E.I.R.L.

ALFREDO SIFUENTES ORTIZ INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 74682
*ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ANALISIS DE CANTERAS Y
DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.*

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

Registro INDECOPI N°: 00048905

ANEXO I - CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO DE FUNDACION

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS ACADÉMICOS Y ADMINISTRATIVOS DE LA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DISTRITO DE CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA		
UBICACION	Campus Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa N° 1050, carretera a Baños del Inca, Provincia de Cajamarca, Región Cajamarca		
SOLICITA	CONSORCIO JCV		
MUESTRA	Calicata 1 Estrato 1		Cajamarca, Octubre del 2017

CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO - CASO FALLA POR CORTE LOCAL - ZAPATA DE SECCION RECTANGULAR A CUADRADA

PARAMETROS CONOCIDOS

CLASIFICACION SUCS	:	CH
IØ ANGULO FRICCION INTERNA.	:	13.00 (Ingresar en grados y decimales de grado)
IcI COHESION.	:	0.340 (Ingresar en Kg/cm²)
IγI PESO UNITARIO	:	1.437 (Ingresar en gr/cm³)
IDfI PROF. CIMENTACION (cm)	:	220.00 (Ingresar en centímetros)
IBI ANCHO ZAPATA (cm)	:	100.00 (Ingresar en centímetros)

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

N'c	:	8.96 **
N'q	:	2.38 **
N'γ	:	0.42 **

** Valores obtenidos de la tabla 3.2 - Factores de Capacidad de Carga de Terzaghi
Pg. 160 - Cap. Tres - Principios de Ingeniería de Cimentaciones Braja M. Das - 4ta Edición.

CAPACIDAD PORTANTE

$$q'c = c' * N'c + \gamma * Df * N'q + 0.4 * \gamma * B * N'\gamma$$

q'c : 3.42 kg/cm²

CAPACIDAD DE CARGA DE DISEÑO (qu)

q'c / 3.5 (Rango de seguridad). 0.98 Kg/cm²

CAPACIDAD PORTANTE (FALLA POR ASENTAMIENTO)

Se propone limitar el asentamiento de la cimentación a 1.50" (3.81 cm.), utilizando la ecuación planteada por Terzaghi y Peck que se presenta a continuación:

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

Alfredo Sifuentes Ortiz


PROYECTO	MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS ACADÉMICOS Y ADMINISTRATIVOS DE LA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DISTRITO DE CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA		
UBICACION	Campus Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa N° 1050, carretera a Baños del Inca, Provincia de Cajamarca, Región Cajamarca		
SOLICITA	CONSORCIO JCV		
MUESTRA	Calicata 1 Estrato 1		Cajamarca, Octubre del 2017

CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN SUELO - CASO FALLA POR ASENTAMIENTO - METODO TERZAGHI - PECK

Relación de Poisson	μ	=	0.26
Módulo de Elasticidad	E_s	=	980 Ton/m ²
Asentamiento permisible	$S_{i(max)}$	=	2.54 cm
Ancho de la cimentación	B	=	1.00 m
Factor de Forma	I_f	=	120 cm/m

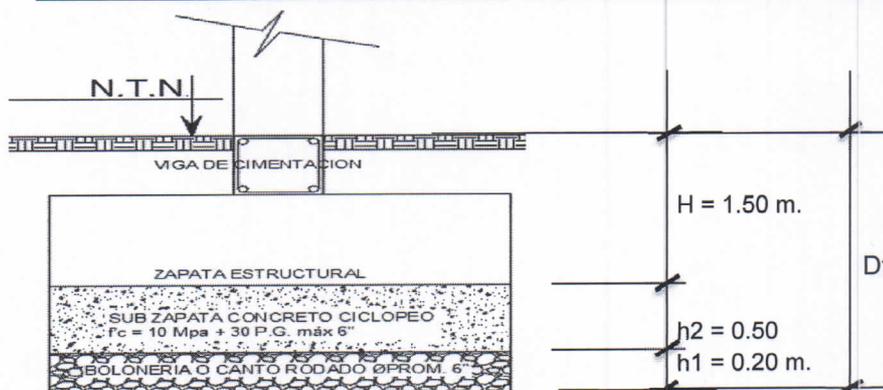
CAPACIDAD PORTANTE (FALLA POR ASENTAMIENTO)

$$q_u = \frac{S_i * E_s}{B(1 - \mu^2) I_f} \quad q_u = 2.22 \text{ Kg/cm}^2$$

Finalmente, considerando el valor más desfavorable entre falla por corte local y falla por asentamientos, obtenemos:

$q_u(\text{diseño}) = 0.98 \text{ Kg/cm}^2$

VERIFICACION DE LA CIMENTACION



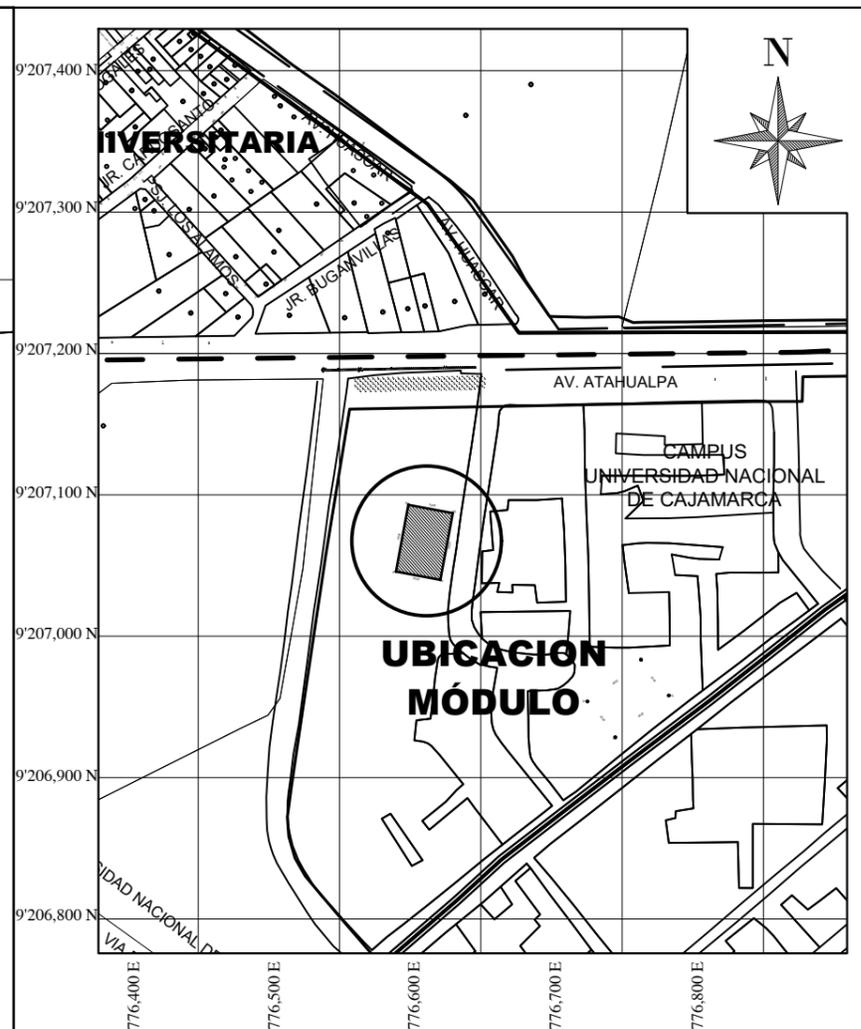
$\gamma = 1.44 \text{ gr/cm}^3$
 $\Phi = 13^\circ$
 $c = 0.34 \text{ Kg/cm}^2$

$D_f = 2.20 \text{ m}$

Alfredo Sifuentes Ortiz
CIP 74682
NEO TERRA
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

ASENTAMIENTOS EN ZAPATAS		ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES (δ) Y DISTORSION ANGULAR (α)		COEFICIENTE DE BALASTO K (Tn/m ³)
ZONA	S_i (cm)	Zapata Centro - Esquina	δ^*	Método de Versic
Zapata Central	1.42		0.71	$K = E_s / [B(1-m^2)]$
Zapata Esquina	0.72	Zapata Esquina - Medio	α^{**}	K = 1051.05 Tn/m ³
Zapata medianera	1.21		0.49	
			α^{**}	
			1/500 -- (O.K.)	
			1/500 -- (O.K.)	

δ^*, α^{**} Calculado para una longitud máxima de separación de ejes de columnas igual 4.00 m acorde figura 3.2.0 - Asentamiento Diferencial, y tabla N° 3.2.0 Distorsión angular de la Norma E-0.50 Suelos y cimentaciones



LOCALIZACION/1:5000

UBICACION/1:500

CUADRO DE COORDENADAS UTM - WGS 84 / Z 17S					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	32.00	89°59'60"	776439.9571	9207045.7169
P2	P2 - P3	48.00	90°0'0"	776471.4217	9207039.8881
P3	P3 - P4	32.00	89°59'60"	776480.1649	9207087.0851
P4	P4 - P1	48.00	90°0'0"	776448.7003	9207092.9139



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sismico"

Bachiller: MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro

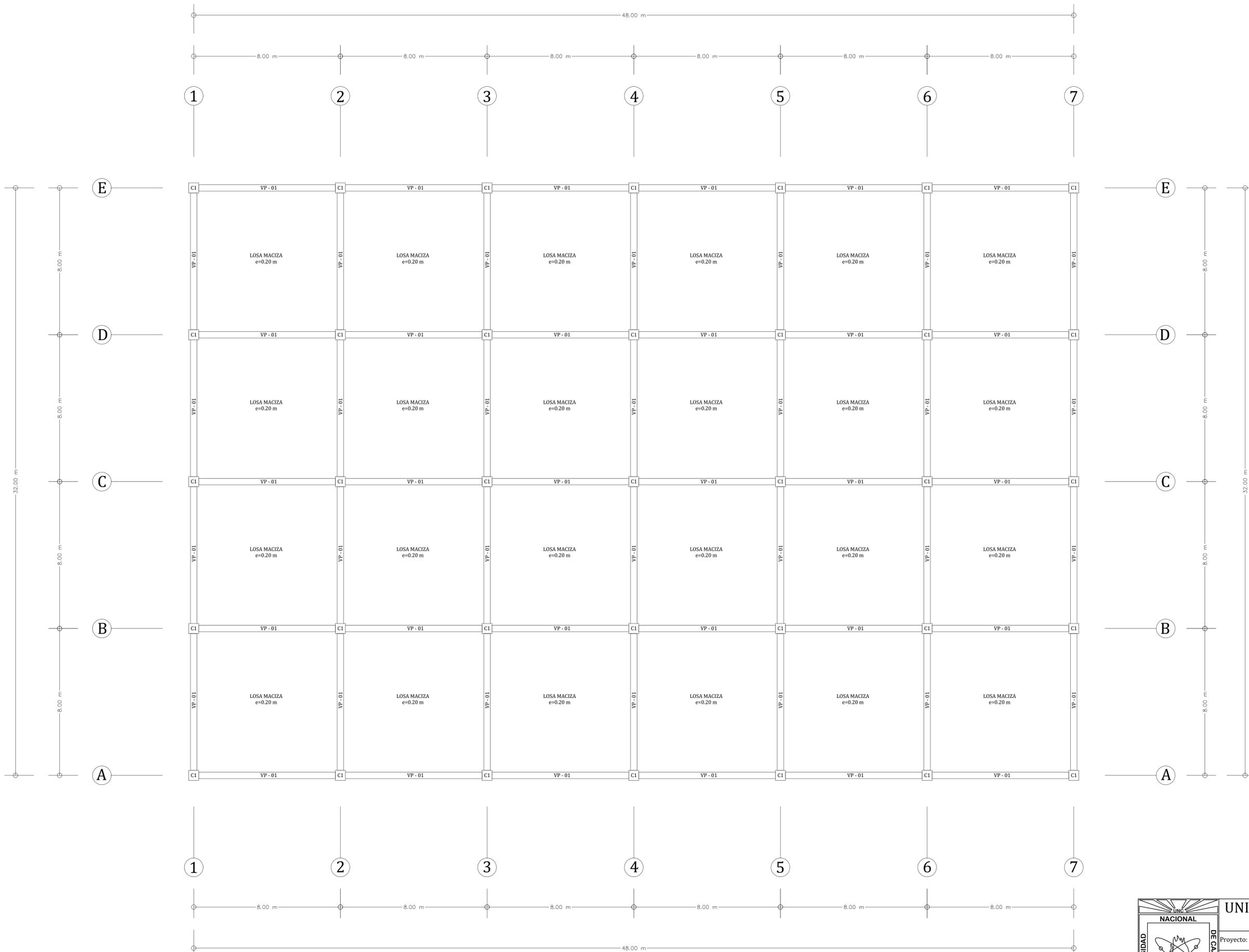
Plano

Plano: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN Especialidad: UBICACIÓN

Ubicación: CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC

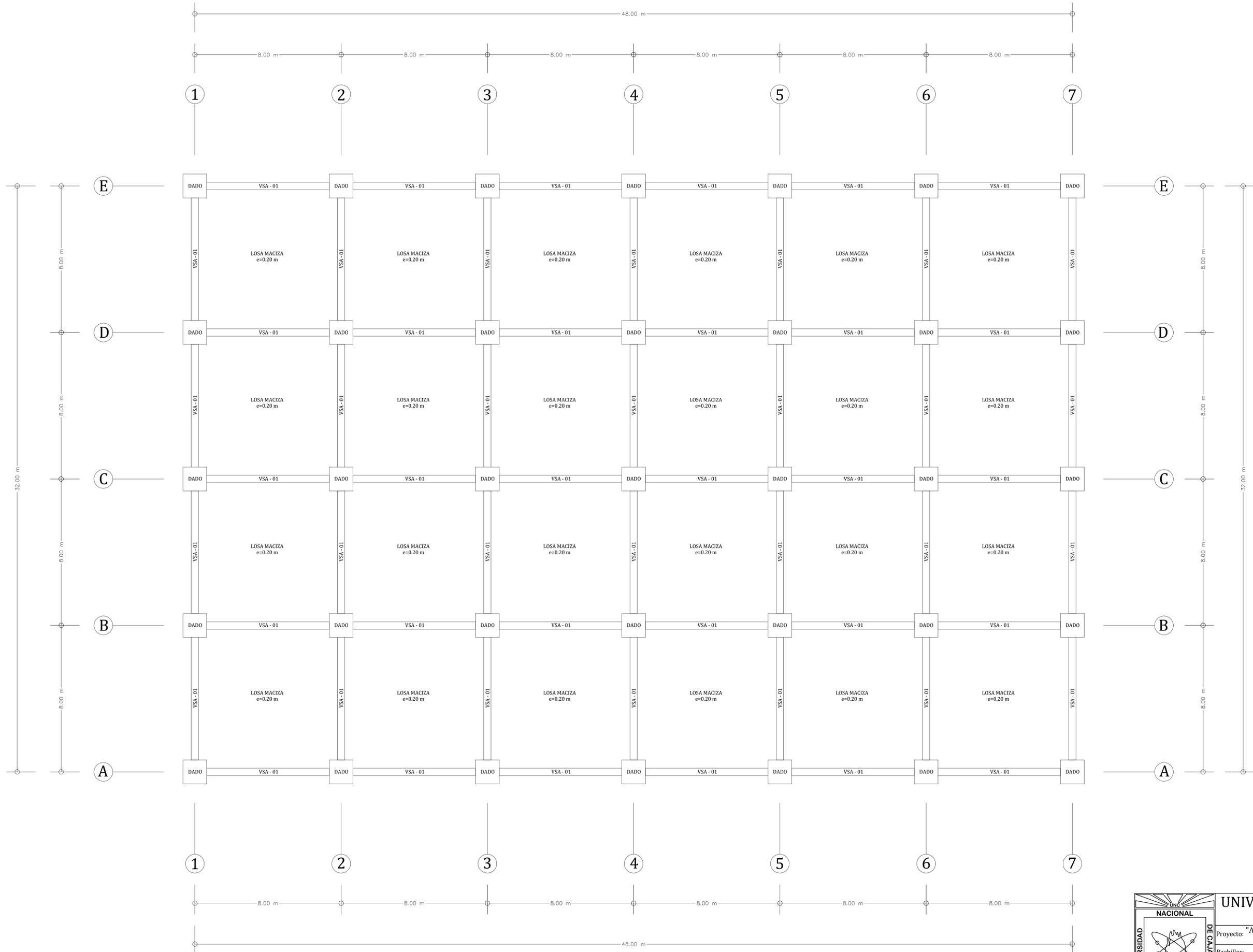
U-1

Escala: Indicada Asesor: Ing. MARCOS MENDOZA LINARES



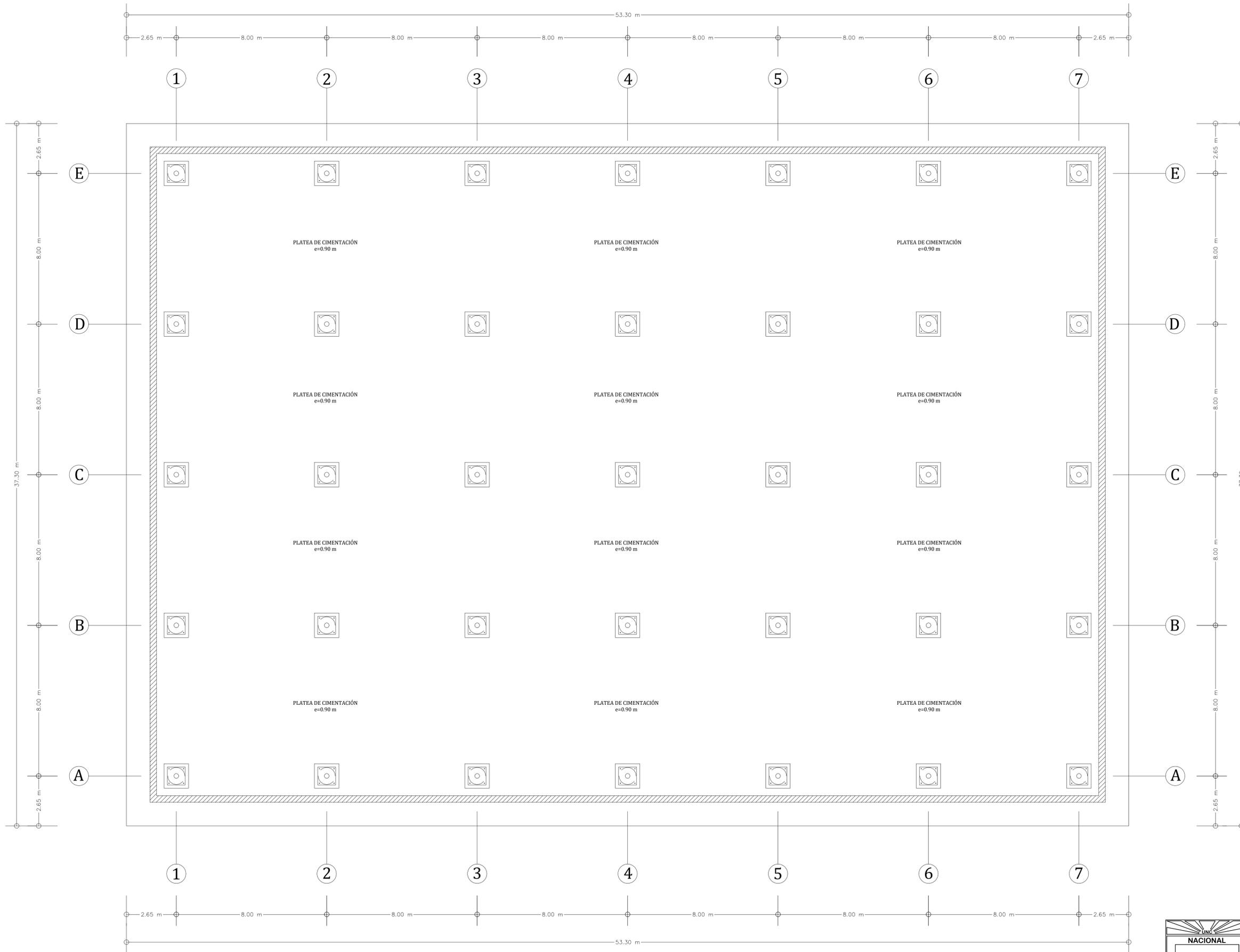
PLANTA 1ER PISO - MODULO DE SALUD - TÍPICO

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sísmico"	
	Bachiller: MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro	Especialidad: ARQUITECTURA
	Ubicación: CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC	
	Escala: 1/100	Asesor: Ing. MARCOS MENDOZA LINARES



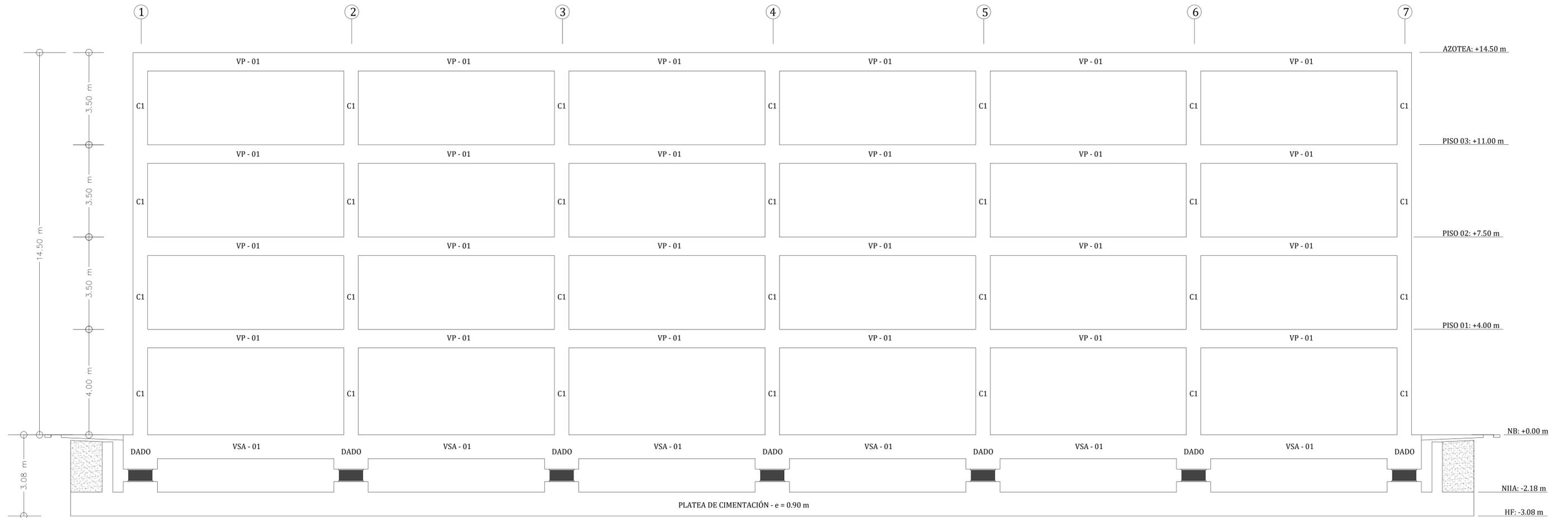
PLANTA NIVEL BASE DE AISLAMIENTO - MODULO DE SALUD

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sismico"	
	Bachiller: MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro	Especialidad: ARQUITECTURA
	Ubicación: CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC	
	Escala: 1/100	Asesor: Ing. MARCOS MENDOZA LINARES



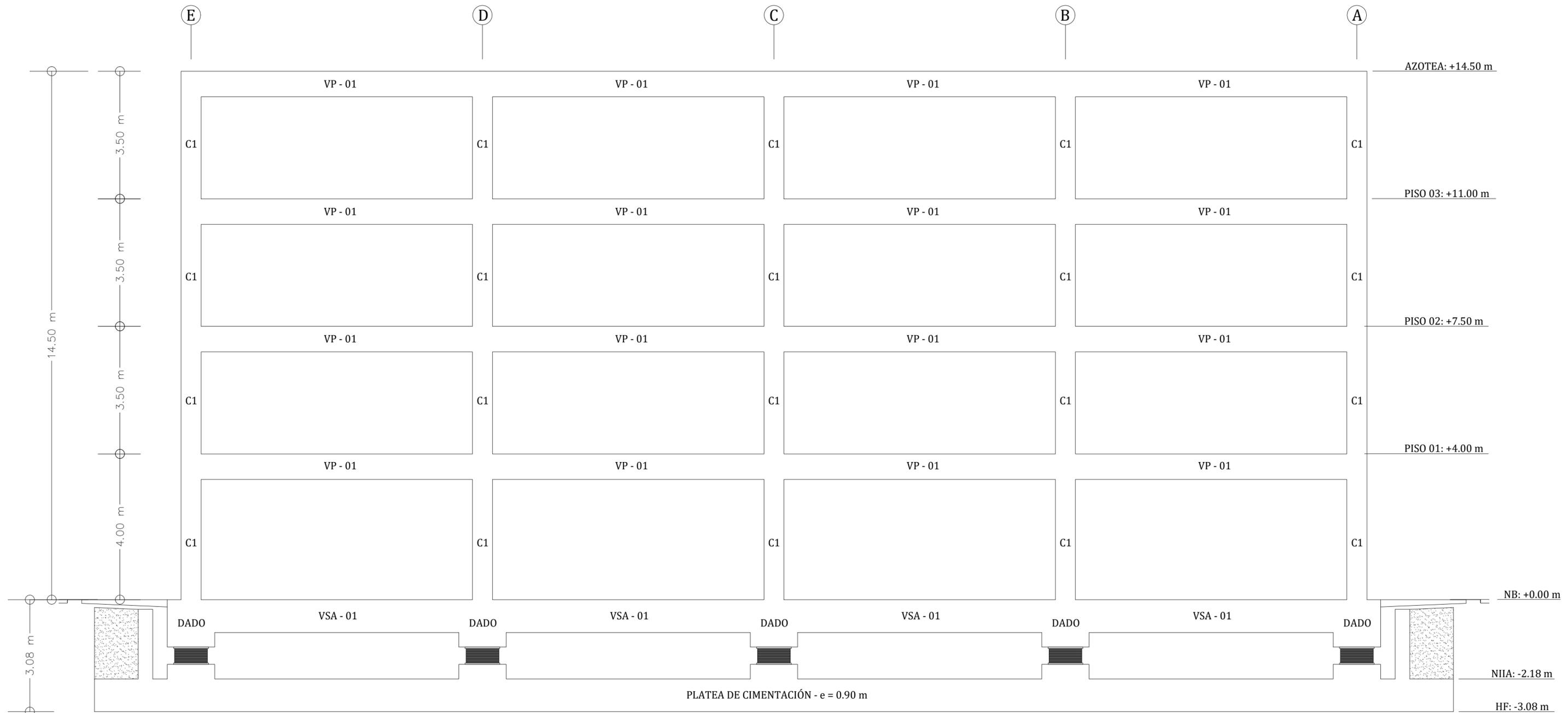
PLANTA PLATEA DE CIMENTACIÓN - MODULO DE SALUD

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
	Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sísmico"		
	Bachiller:	MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro	Plano
	Plano:	PLANTA PLATEA DE CIMENTACIÓN	Especialidad: ARQUITECTURA
	Ubicación:	CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC	
Escala:	1/100	Asesor: Ing. MARCOS MENDOZA LINARES	



ELEVACIÓN EJE A-A -MODULO DE SALUD - TÍPICO

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
	Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sismico"		
	Bachiller:	MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro	Plano
	Plano:	ELEVACIONES	Especialidad: ARQUITECTURA
	Ubicación:	CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC	
Escala:	1/75	Asesor: Ing. MARCOS MENDOZA LINARES	



ELEVACIÓN EJE 1-1 - MODULO DE SALUD - TÍPICO

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		Plano A-5
	Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sismico"		
	Bachiller: MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro		
	Plano: ELEVACIONES	Especialidad: ARQUITECTURA	
	Ubicación: CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC		
Escala: 1/75	Asesor: Ing. MARCOS MENDOZA LINARES		

PROPIEDADES INELASTICAS DEL AISLADOR ELASTOMERICO CON NÚCLEO DE PLOMO (LRB)

Nº Aisladores	35			Und.
	λ mín	Nominal	λ mín	Und.
K1	467.739	519.710	675.623	Tnf/m
K2	58.467	64.964	84.453	Tnf/m
Q	5.503	6.88	10.318	Tnf
Fy	6.289	7.861	11.792	Tnf
Dy	0.0134	0.0151	0.0175	m
α	8			

PROPIEDADES ELASTICAS DEL AISLADOR ELASTOMERICO CON NÚCLEO DE PLOMO (LRB)

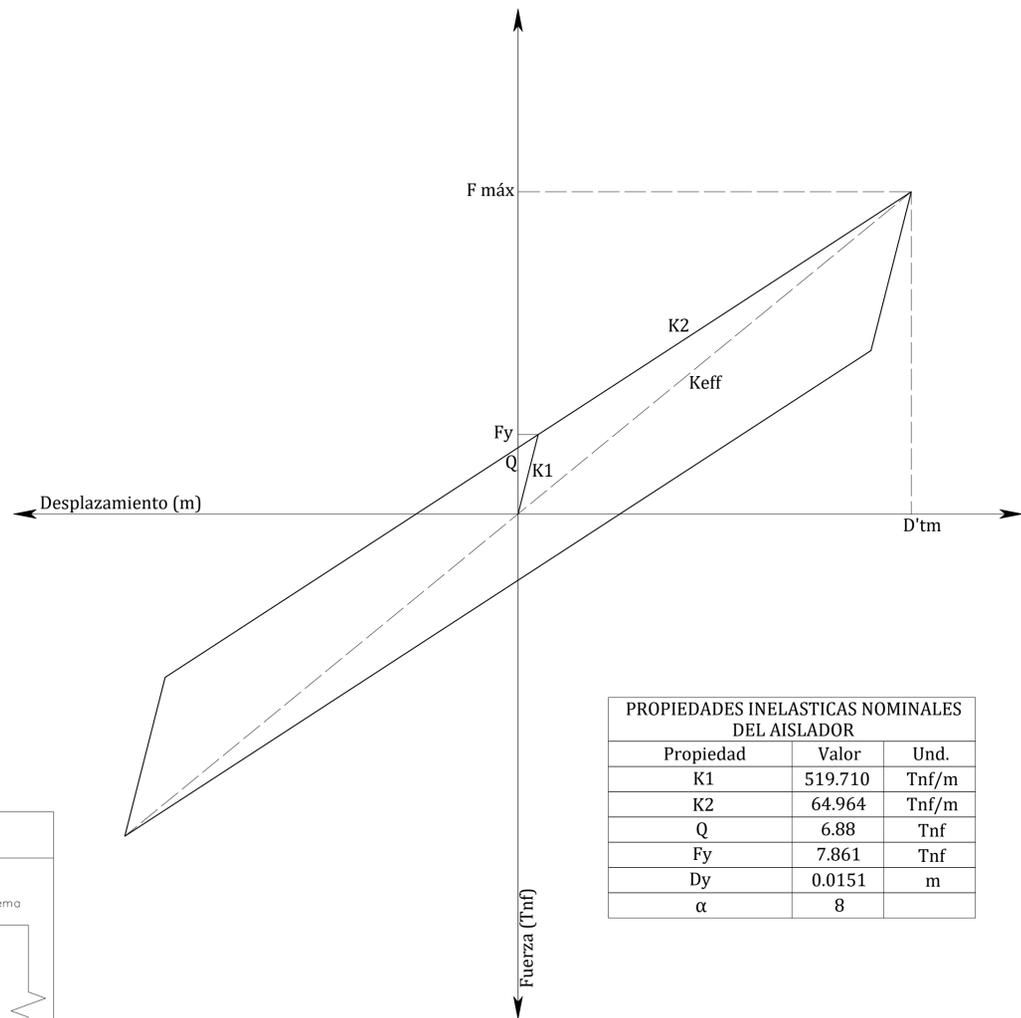
	λ mín	Nominal	λ mín	Und.
Keff	72.37	82.82	113.41	Tnf/m
F máx	28.642	31.901	40.412	Tnf
D'tm	0.40	0.39	0.36	m
ξ	13 %	14 %	17 %	
Tb	3.597	3.359	2.868	s

CORTANTES DE DISEÑO PARA SMC

	λ mín	Nominal	λ mín	Und.
Vst	675.28	760.05	979.48	Tnf
Vs	337.64	380.02	489.74	Tnf
Vb	880.71	982.99	1247.50	Tnf

PROPIEDADES TÉCNICAS DEL AISLADOR PROPUESTO

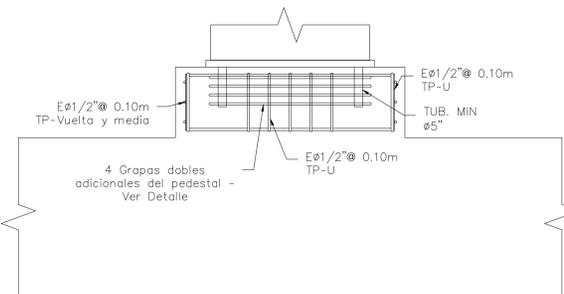
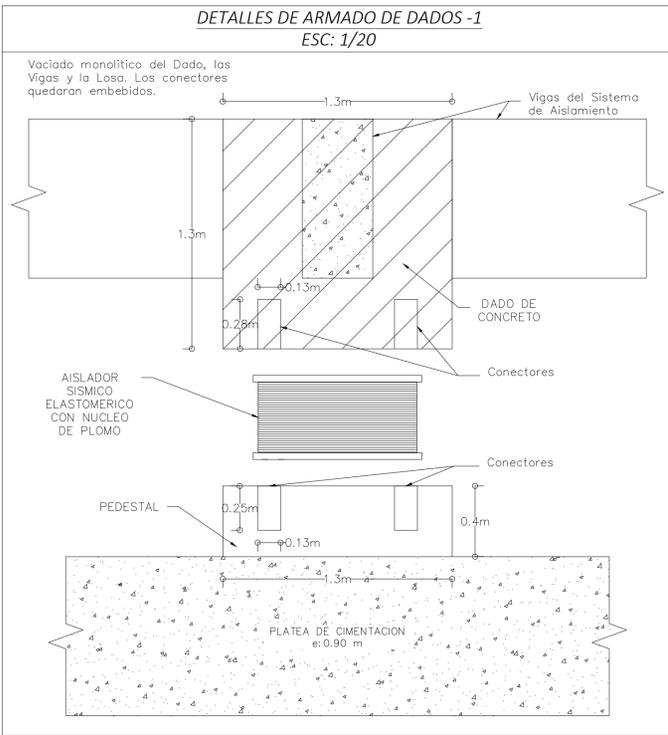
K1	571.04	Tnf/m
K2	71.38	Tnf/m
Cap. de Despl.	0.56	m
P máx	591.44	Tnf
ξ	15 %	
α	8	



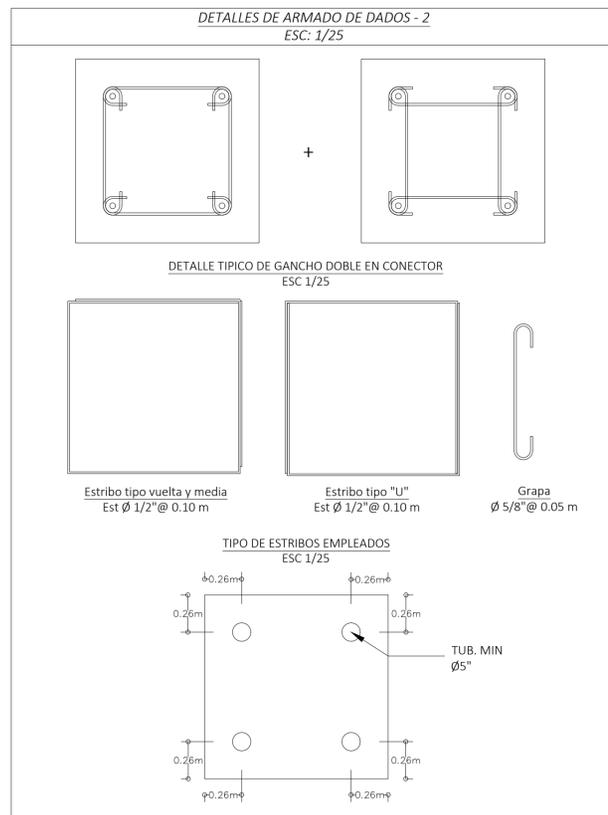
PROPIEDADES INELASTICAS NOMINALES DEL AISLADOR

Propiedad	Valor	Und.
K1	519.710	Tnf/m
K2	64.964	Tnf/m
Q	6.88	Tnf
Fy	7.861	Tnf
Dy	0.0151	m
α	8	

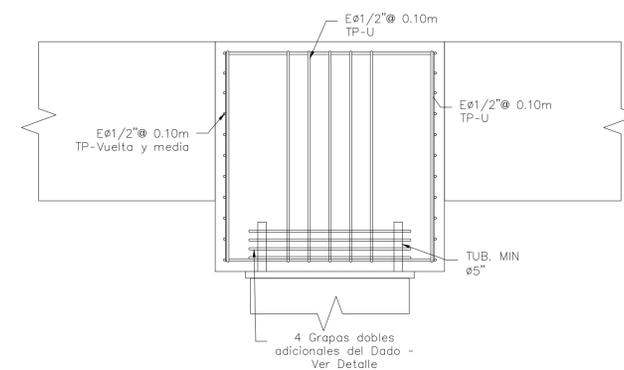
**AISLADOR ELASTOMÉRICO CON NÚCLEO DE PLOMO (LRB)
CURVA BILINEAL NOMINAL
Fuerza (F) - Desplazamiento Total Máximo (D'tm)**



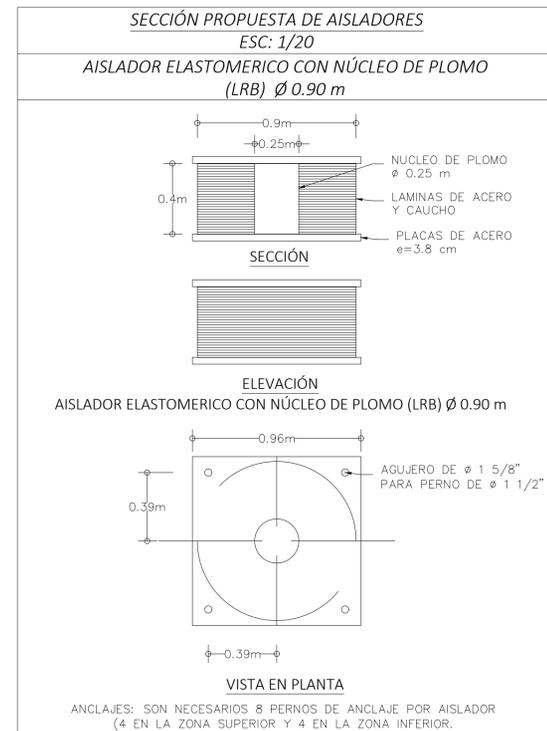
**DETALLE TÍPICO DE PEDESTAL DE CONCRETO
ELEVACION
ESC 1/20**



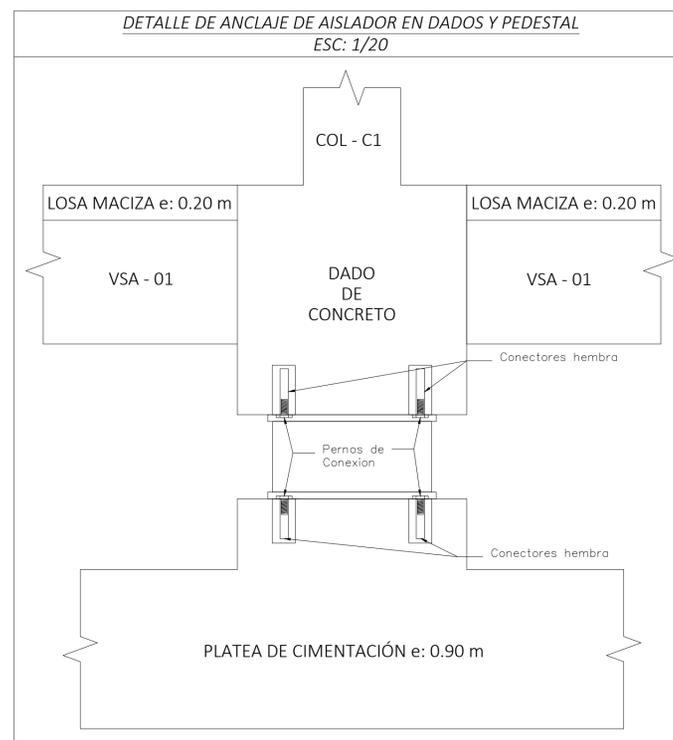
**TIPO DE ESTRIBOS EMPLEADOS
ESC 1/25**



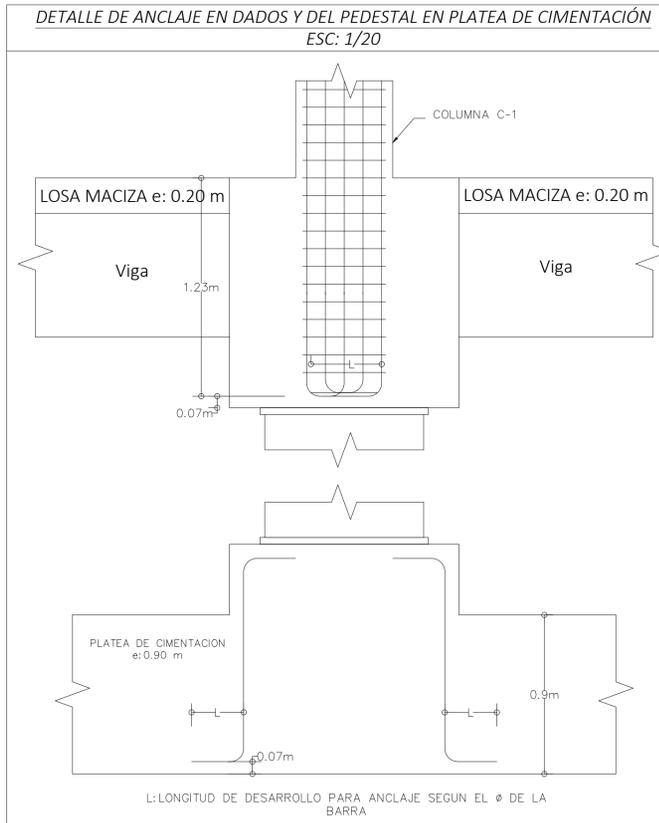
**DETALLE TÍPICO DE DADO DE CONCRETO
ELEVACION
ESC 1/20**



ANCLAJES: SON NECESARIOS 8 PERNOS DE ANCLAJE POR AISLADOR (4 EN LA ZONA SUPERIOR Y 4 EN LA ZONA INFERIOR).



**DETALLE DE ANCLAJE DE AISLADOR EN DADOS Y PEDESTAL
ESC: 1/20**

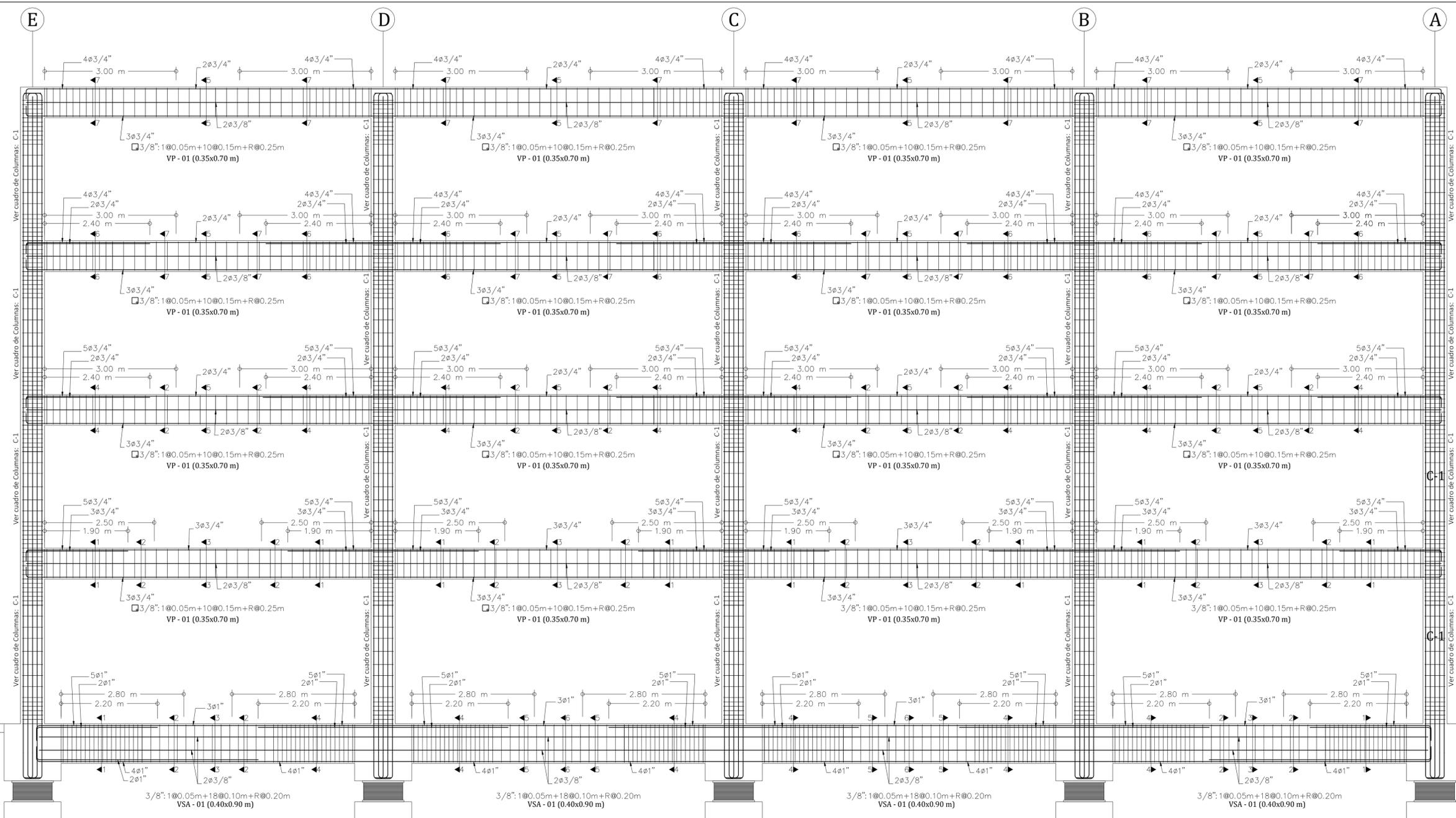


**DETALLE DE ANCLAJE EN DADOS Y DEL PEDESTAL EN PLATEA DE CIMENTACIÓN
ESC: 1/20**

ESPECIFICACIONES GENERALES

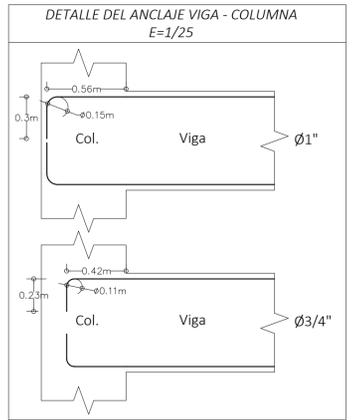
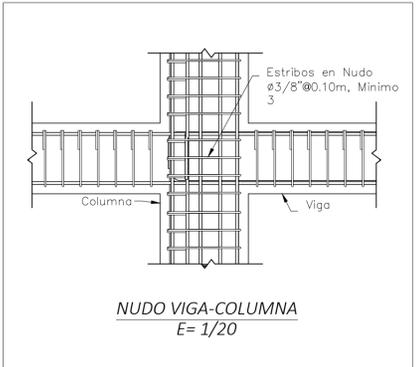
- CONCRETO:
 - CONCRETO SIMPLE : f'c=100 kg/cm2 (C:H-1:10+30% P.G.)
 - CONCRETO CICLOPEO : f'c=80 kg/cm2 (C:H-1:12)
- CONCRETO ARMADO
 - PLATEA DE CIMENTACIÓN : f'c=280 kg/cm2
 - COLUMNAS : f'c=210 kg/cm2
 - VIGAS : f'c=210 kg/cm2
 - LOSA MACIZA : f'c=210 kg/cm2
 - DADOS : f'c=210 kg/cm2
 - MURO DE SOTANO : f'c=280 kg/cm2
 - RAMPAS Y ESCALERAS : f'c=175 kg/cm2
- REFUERZO EN GENERAL : f'y = 4200 kg/cm2
- TERRENO CAPACIDAD PORTANTE : 0.95 kg/cm2
- CARGAS
 - CARGA MUERTA
 - LOSA MACIZA (e=20cm) : 480 kg/m2
 - TABQUERIA : 150 kg/m2
 - ACABADOS : 100 kg/m2
 - CARGA VIVA HOSPITALES : 300 kg/m2
- RECUBRIMIENTOS
 - PLATEA DE CIMENTACIÓN : 7.5 cm
 - COLUMNAS : 4.0 cm
 - VIGAS : 4.0 cm
 - LOSA MACIZA : 3.0 cm
 - DADOS : 4.0 cm
 - MURO DE SOTANO : 7.5 cm
 - RAMPAS Y ESCALERAS : 3.0 cm

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
	Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sísmico"		
	Bachiller:	MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro	Plano
	Plano:	DETALLES DE CONEXION DE AISLADORES SISMICOS	Especialidad: ESTRUCTURAS
	Ubicación:	CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC	E-1
Escala:	Indicada	Asesor: Ing. MARCOS MENDOZA LINARES	

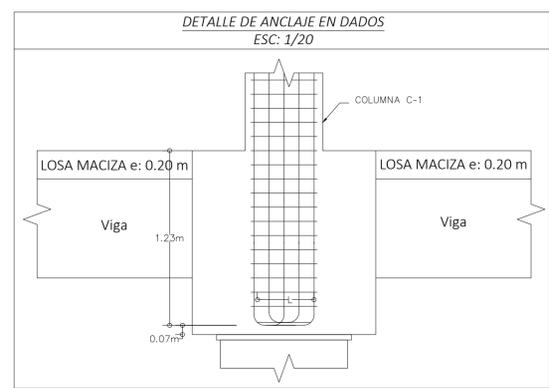


PLATA DE CIMENTACIÓN - e = 0.90 m

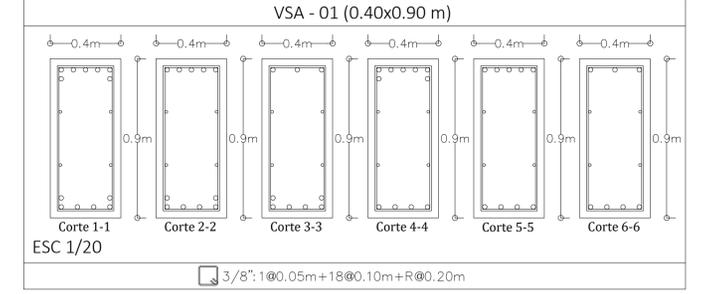
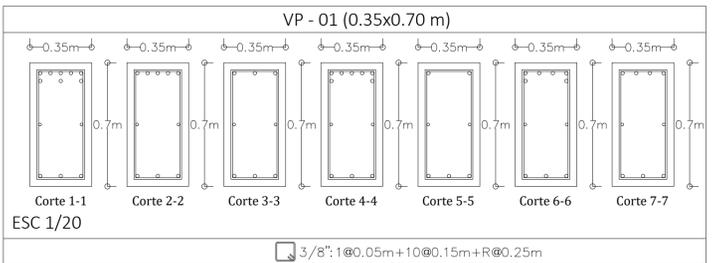
ESPECIFICACIONES GENERALES	
1. CONCRETO:	
1.1. CONCRETO SIMPLE	
1.1.1. CONCRETO CICLOPEO	: f'c=100 kg/cm2 (C:H-1:10+30% P.G.)
1.1.2. SOLADOS	: f'c=80 kg/cm2 (C:H-1:12)
1.2. CONCRETO ARMADO	
1.2.1. PLATEA DE CIMENTACIÓN	: f'c=280 kg/cm2
1.2.2. COLUMNAS	: f'c=210 kg/cm2
1.2.3. VIGAS	: f'c=210 kg/cm2
1.2.4. LOSA MACIZA	: f'c=210 kg/cm2
1.2.5. DADOS	: f'c=210 kg/cm2
1.2.6. MURO DE SOTANO	: f'c=280 kg/cm2
1.2.7. RAMPAS Y ESCALERAS	: f'c=175 kg/cm2
2. REFUERZO EN GENERAL	: f'y = 4200 kg/cm2
3. TERRENO CAPACIDAD PORTANTE	: 0.95 kg/cm2
4. CARGAS	
4.1. CARGA MUERTA	
LOSA MACIZA (e=20cm)	: 480 kg/m2
TABICUERIA	: 150 kg/m2
ACABADOS	: 100 kg/m2
4.2. CARGA VIVA HOSPITALES	: 300 kg/m2
5. RECUBRIMIENTOS	
5.1. PLATEA DE CIMENTACIÓN	: 7.5 cm
5.2. COLUMNAS	: 4.0 cm
5.3. VIGAS	: 4.0 cm
5.4. LOSA MACIZA	: 3.0 cm
5.5. DADOS	: 4.0 cm
5.7. MURO DE SOTANO	: 7.5 cm
5.8. RAMPAS Y ESCALERAS	: 3.0 cm



DETALLE DE ACERO EN VIGAS EJE 1-1, 7-7
ESC: 1/50



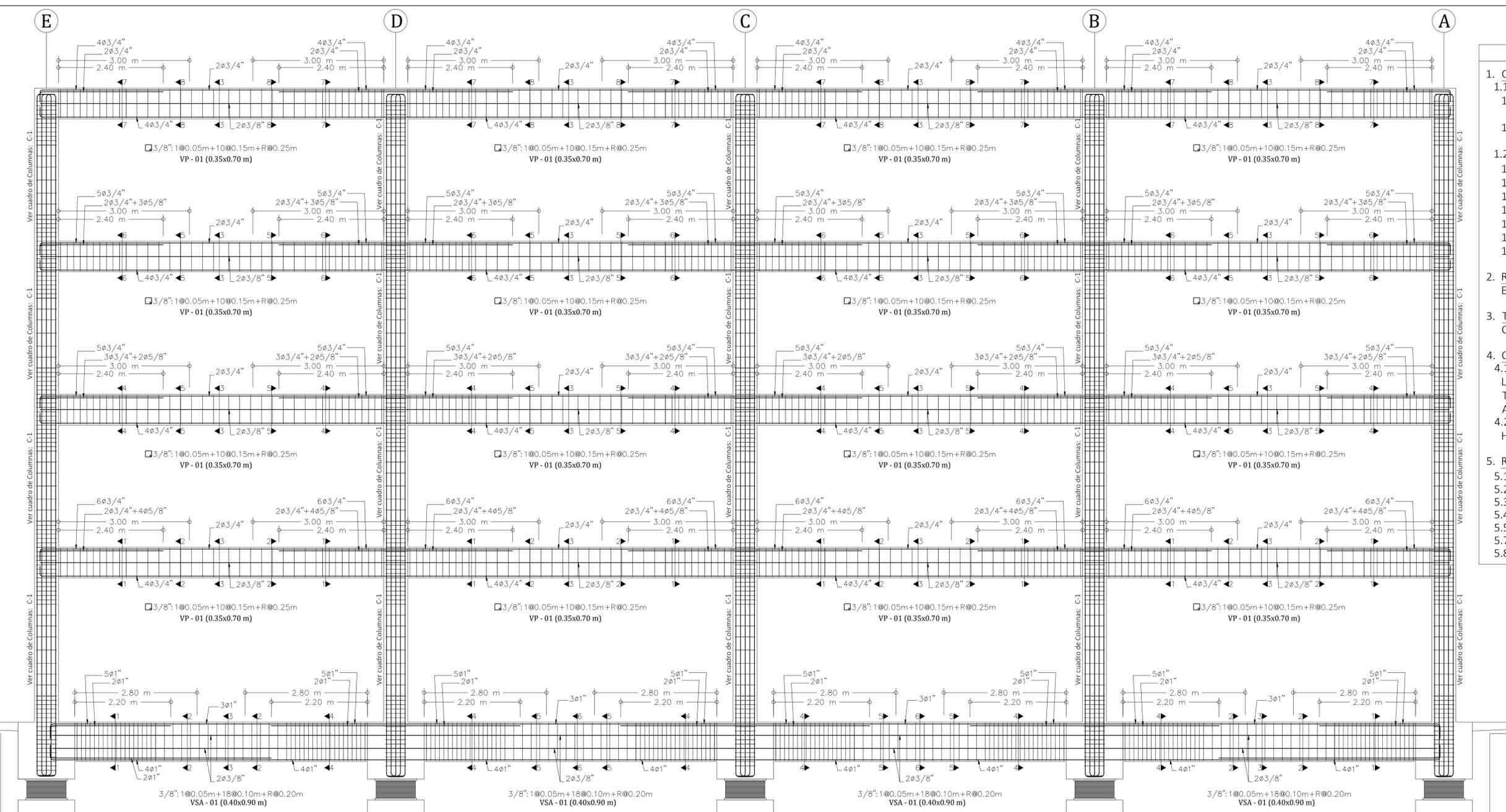
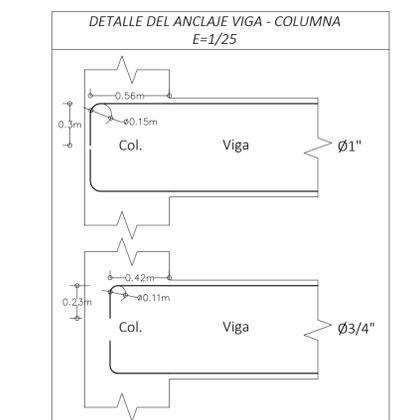
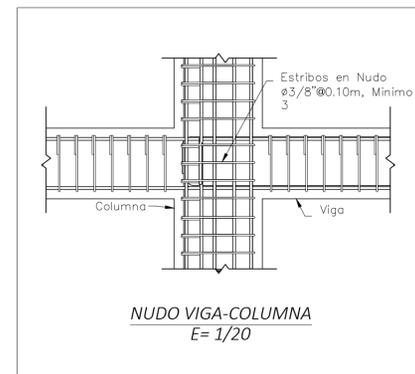
CUADRO DE COLUMNAS E=1/20	
Nom.	C-1
Tipo	Cuadrada
a x b	0.55 x 0.55 m
Cant.	35
A's	16 Ø 1"
Geom.	
Estribos	
	3/8": 1@0.05m+10@0.15m+R@0.25m



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sísmico"	
	Bachiller:	MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro
Plano:	DETALLE DE ACERO EN VIGAS Y COLUMNAS	Especialidad: ESTRUCTURAS
Ubicación:	CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC	E-2
Escala:	Indicada	

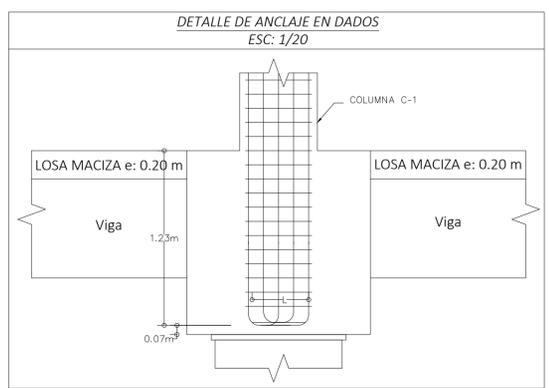
ESPECIFICACIONES GENERALES

- CONCRETO:
 - CONCRETO SIMPLE
 - CONCRETO CICLOPEO : $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$
(C:H-1:10+30% P.G.)
 - SOLADOS : $f'c=80 \text{ kg/cm}^2$
(C:H-1:12)
 - CONCRETO ARMADO
 - PLATEA DE CIMENTACIÓN : $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
 - COLUMNAS : $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
 - VIGAS : $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
 - LOSA MACIZA : $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
 - DADOS : $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
 - MURO DE SOTANO : $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
 - RAMPAS Y ESCALERAS : $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
- REFUERZO EN GENERAL : $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- TERRENO CAPACIDAD PORTANTE : 0.95 kg/cm^2
- CARGAS
 - CARGA MUERTA
 - LOSA MACIZA (e=20cm) : 480 kg/m^2
 - TABIQUERIA : 150 kg/m^2
 - ACABADOS : 100 kg/m^2
 - CARGA VIVA HOSPITALES : 300 kg/m^2
- RECUBRIMIENTOS
 - PLATEA DE CIMENTACIÓN : 7.5 cm
 - COLUMNAS : 4.0 cm
 - VIGAS : 4.0 cm
 - LOSA MACIZA : 3.0 cm
 - DADOS : 4.0 cm
 - MURO DE SOTANO : 7.5 cm
 - RAMPAS Y ESCALERAS : 3.0 cm

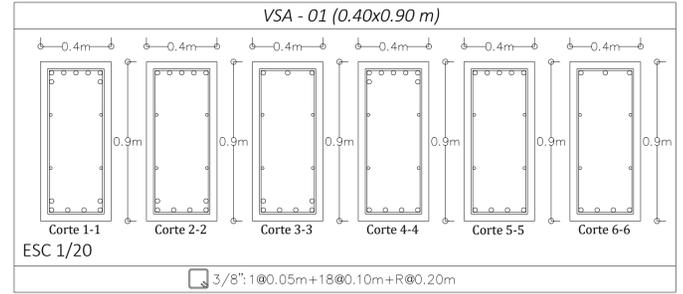
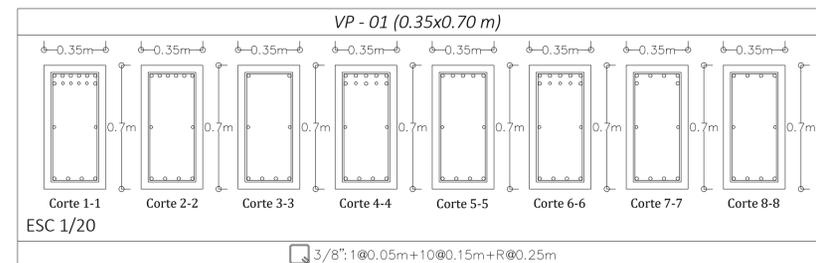


PLATEA DE CIMENTACIÓN - e = 0.90 m

DETALLE DE ACERO EN VIGAS EJES 2-2, 3-3, 4-4, 5-5, 6-6
ESC: 1/50



CUADRO DE COLUMNAS E=1/20	
Nom.	C-1
Tipo	Cuadrada
a x b	0.55 x 0.55 m
Cant.	35
A's	16 Ø 1"
Geom.	
Estribos	
	3/8": 1@0.05m+10@0.15m+R@0.25m



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sísmico"

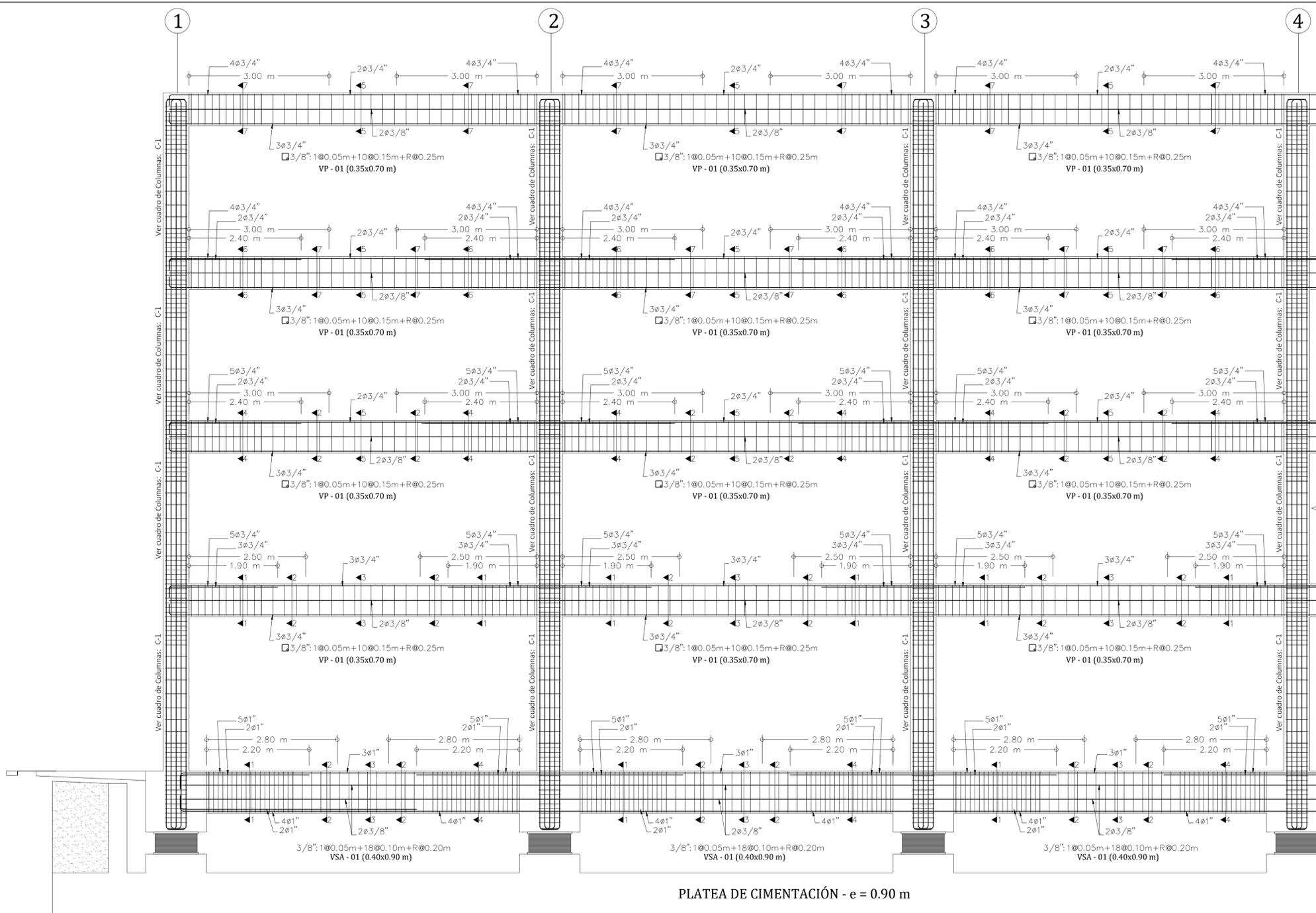
Bachiller: MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro Plano

Plano: DETALLE DE ACERO EN VIGAS Y COLUMNAS Especialidad: ESTRUCTURAS

Ubicación: CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC

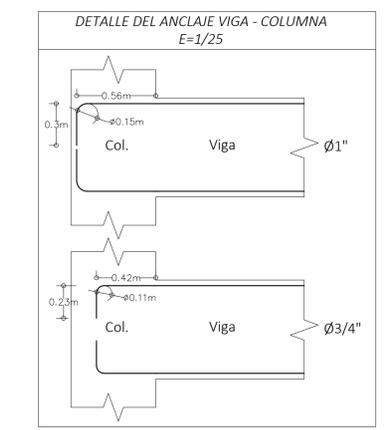
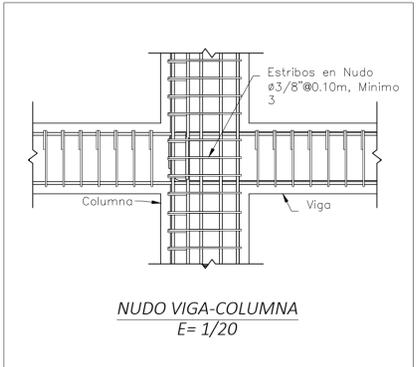
Escala: Indicada Asesor: Ing. MARCOS MENDOZA LINARES

E-3

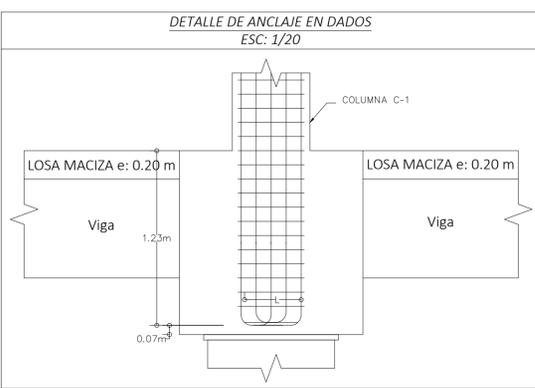


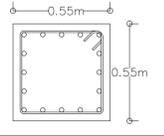
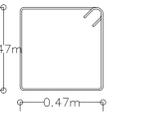
CONTINUA PLANO - E-5

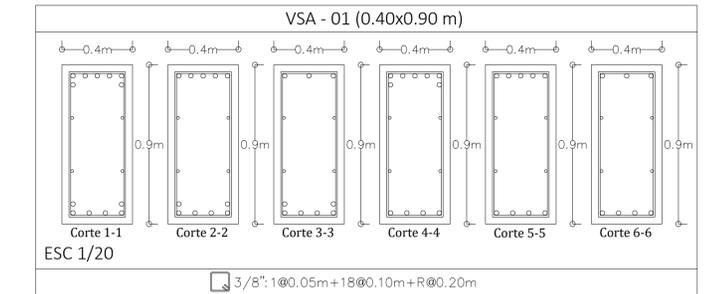
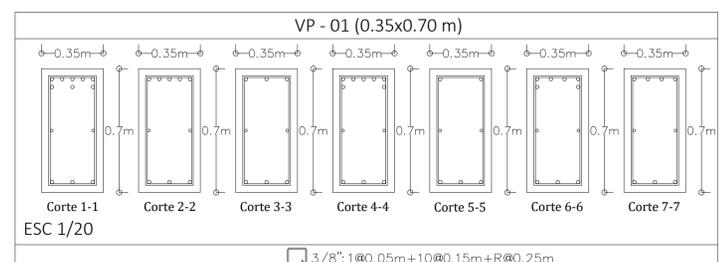
ESPECIFICACIONES GENERALES	
1. CONCRETO:	
1.1. CONCRETO SIMPLE	
1.1.1. CONCRETO CICLOPEO	: f'c=100 kg/cm ² (C:H-1:10+30% P.G.)
1.1.2. SOLADOS	: f'c=80 kg/cm ² (C:H-1:12)
1.2. CONCRETO ARMADO	
1.2.1. PLATEA DE CIMENTACIÓN	: f'c=280 kg/cm ²
1.2.2. COLUMNAS	: f'c=210 kg/cm ²
1.2.3. VIGAS	: f'c=210 kg/cm ²
1.2.4. LOSA MACIZA	: f'c=210 kg/cm ²
1.2.5. DADOS	: f'c=210 kg/cm ²
1.2.6. MURO DE SOTANO	: f'c=280 kg/cm ²
1.2.7. RAMPAS Y ESCALERAS	: f'c=175 kg/cm ²
2. REFUERZO EN GENERAL	
	: f'y = 4200 kg/cm ²
3. TERRENO CAPACIDAD PORTANTE	
	: 0.95 kg/cm ²
4. CARGAS	
4.1. CARGA MUERTA	
LOSA MACIZA (e=20cm)	: 480 kg/m ²
TABIQUERIA	: 150 kg/m ²
ACABADOS	: 100 kg/m ²
4.2. CARGA VIVA	
HOSPITALES	: 300 kg/m ²
5. RECUBRIMIENTOS	
5.1. PLATEA DE CIMENTACIÓN	: 7.5 cm
5.2. COLUMNAS	: 4.0 cm
5.3. VIGAS	: 4.0 cm
5.4. LOSA MACIZA	: 3.0 cm
5.5. DADOS	: 4.0 cm
5.7. MURO DE SOTANO	: 7.5 cm
5.8. RAMPAS Y ESCALERAS	: 3.0 cm



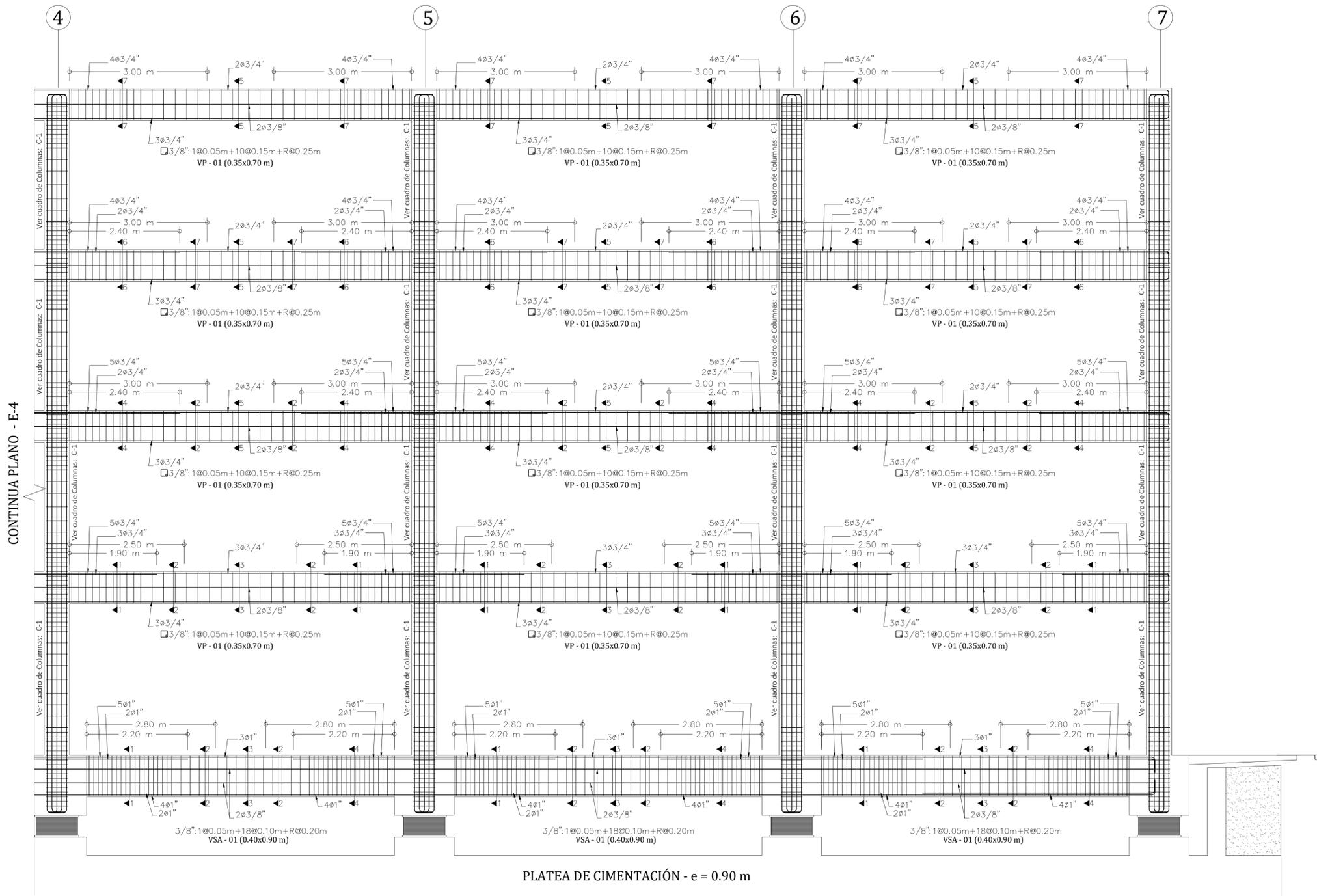
DETALLE DE ACERO EN VIGAS EJES A-A, E-E
ESC: 1/50



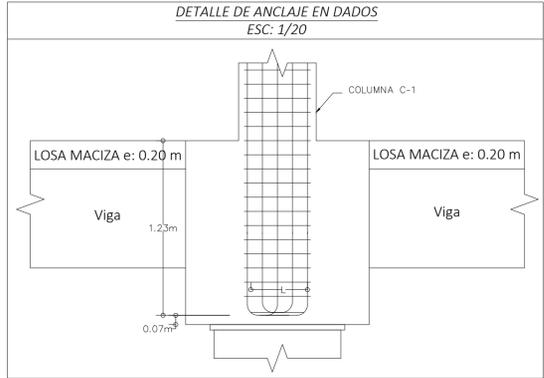
CUADRO DE COLUMNAS E=1/20	
Nom.	C-1
Tipo	Cuadrada
a x b	0.55 x 0.55 m
Cant.	35
A's	16 ø 1"
Geom.	
Estribos	
	3/8": 1@0.05m+10@0.15m+R@0.25m



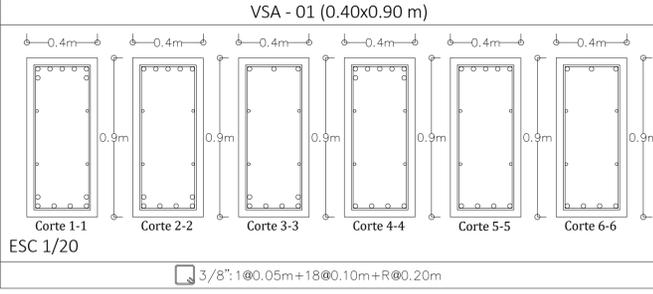
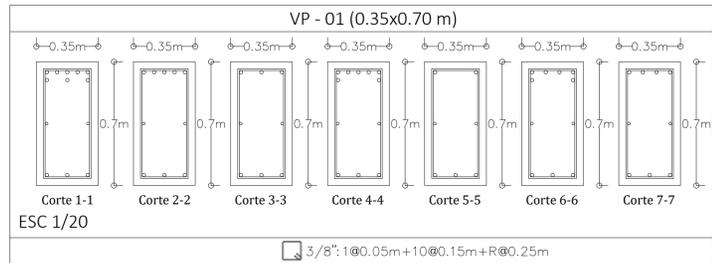
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sísmico"	
	Bachiller: MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro	Plano
	Plano: DETALLE DE ACERO EN VIGAS Y COLUMNAS	Especialidad: ESTRUCTURAS
Ubicación: CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC	E-4	
Escala: Indicada	Asesor: Ing. MARCOS MENDOZA LINARES	



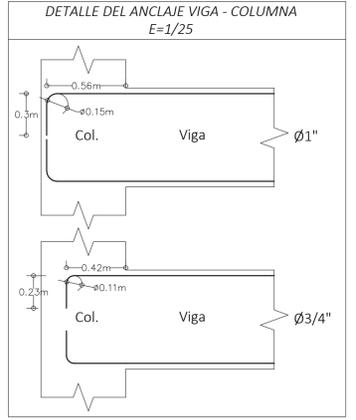
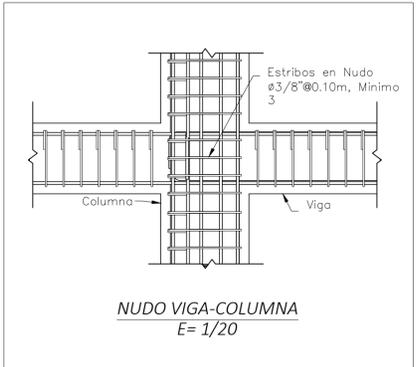
DETALLE DE ACERO EN VIGAS EJES A-A, E-E
ESC: 1/50



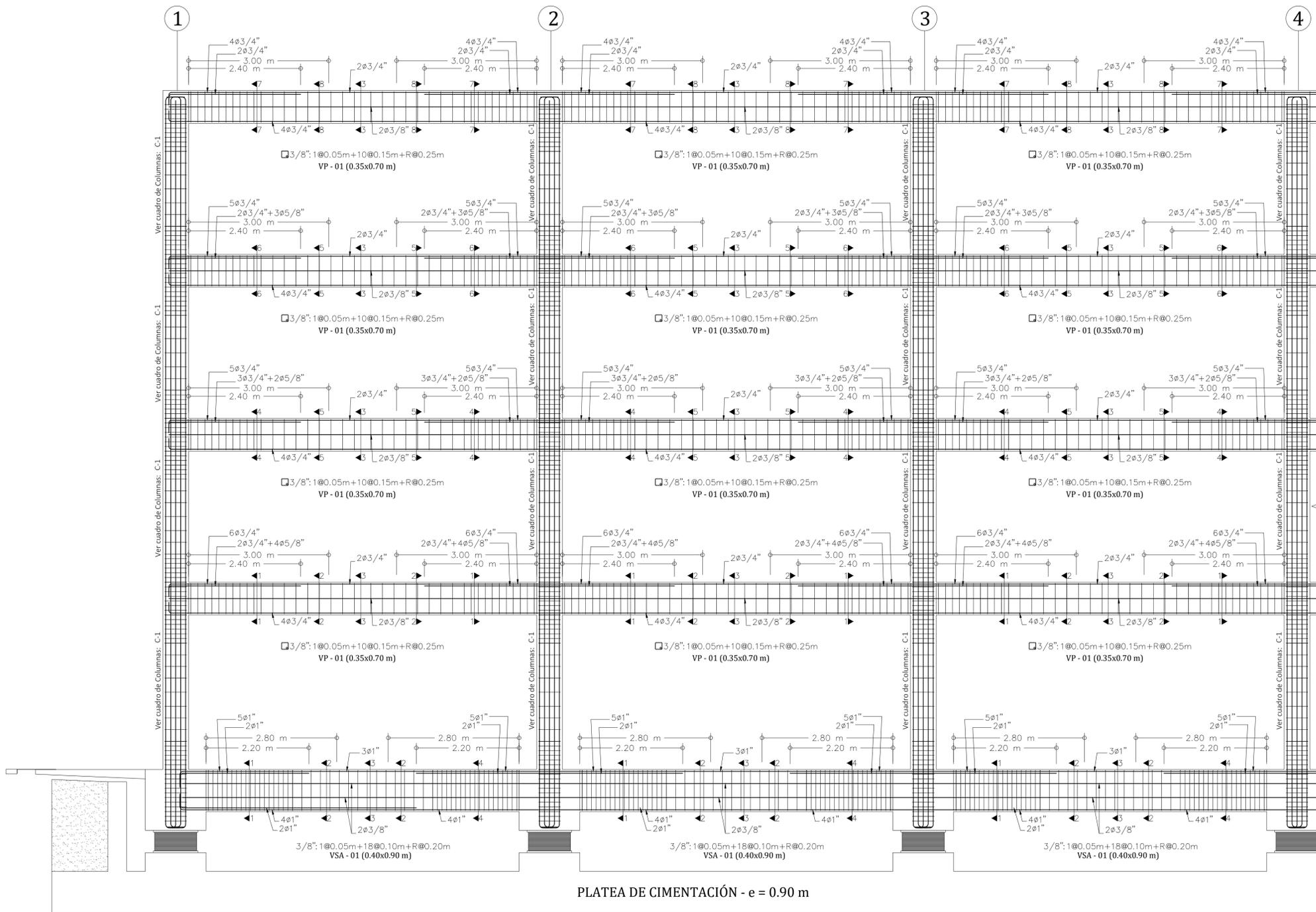
CUADRO DE COLUMNAS E=1/20	
Nom.	C-1
Tipo	Cuadrada
a x b	0.55 x 0.55 m
Cant.	35
A's	16 Ø 1"
Geom.	
Estribos	
	3/8": 1@0.05m+10@0.15m+R@0.25m



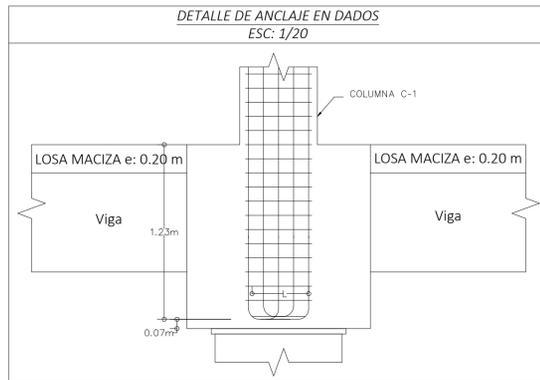
- ESPECIFICACIONES GENERALES**
- CONCRETO:
 - CONCRETO SIMPLE
 - CONCRETO CICLOPEO : f'c=100 kg/cm2 (C:H-1:10+30% P.G.)
 - SOLADOS : f'c=80 kg/cm2 (C:H-1:12)
 - CONCRETO ARMADO
 - PLATEA DE CIMENTACIÓN : f'c=280 kg/cm2
 - COLUMNAS : f'c=210 kg/cm2
 - VIGAS : f'c=210 kg/cm2
 - LOSA MACIZA : f'c=210 kg/cm2
 - DADOS : f'c=210 kg/cm2
 - MURO DE SOTANO : f'c=280 kg/cm2
 - RAMPAS Y ESCALERAS : f'c=175 kg/cm2
 - REFUERZO EN GENERAL : f'y = 4200 kg/cm2
 - TERRENO CAPACIDAD PORTANTE : 0.95 kg/cm2
 - CARGAS
 - CARGA MUERTA
 - LOSA MACIZA (e=20cm) : 480 kg/m2
 - TABICQUERIA : 150 kg/m2
 - ACABADOS : 100 kg/m2
 - CARGA VIVA
 - HOSPITALES : 300 kg/m2
 - RECUBRIMIENTOS
 - PLATEA DE CIMENTACIÓN : 7.5 cm
 - COLUMNAS : 4.0 cm
 - VIGAS : 4.0 cm
 - LOSA MACIZA : 3.0 cm
 - DADOS : 4.0 cm
 - MURO DE SOTANO : 7.5 cm
 - RAMPAS Y ESCALERAS : 3.0 cm



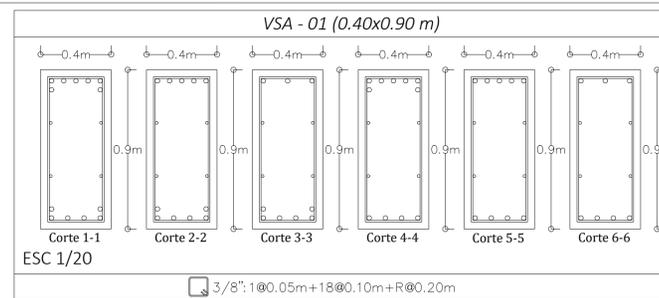
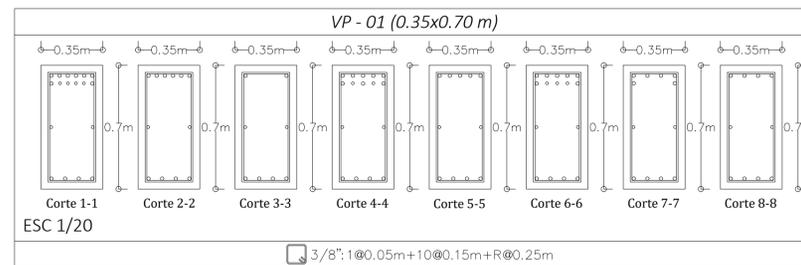
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sísmico"	
	Bachiller: MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro	Plano
Plano: DETALLE DE ACERO EN VIGAS Y COLUMNAS	Especialidad: ESTRUCTURAS	E-5
Ubicación: CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC		
Escala: Indicada	Asesor: Ing. MARCOS MENDOZA LINARES	



DETALLE DE ACERO EN VIGAS EJES B-B, C-C, D-D
ESC: 1/50

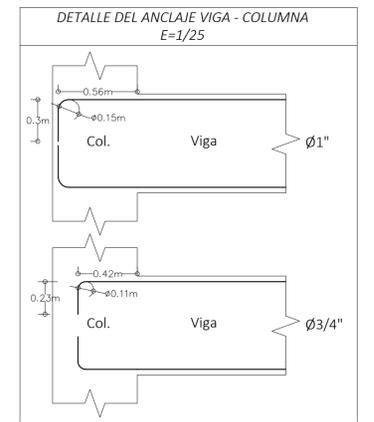
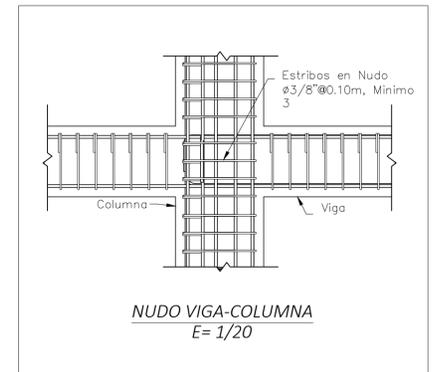


CUADRO DE COLUMNAS E=1/20	
Nom.	C-1
Tipo	Cuadrada
a x b	0.55 x 0.55 m
Cant.	35
A's	16 Ø 1"
Geom.	
Estribos	
	3/8": 1@0.05m+10@0.15m+R@0.25m

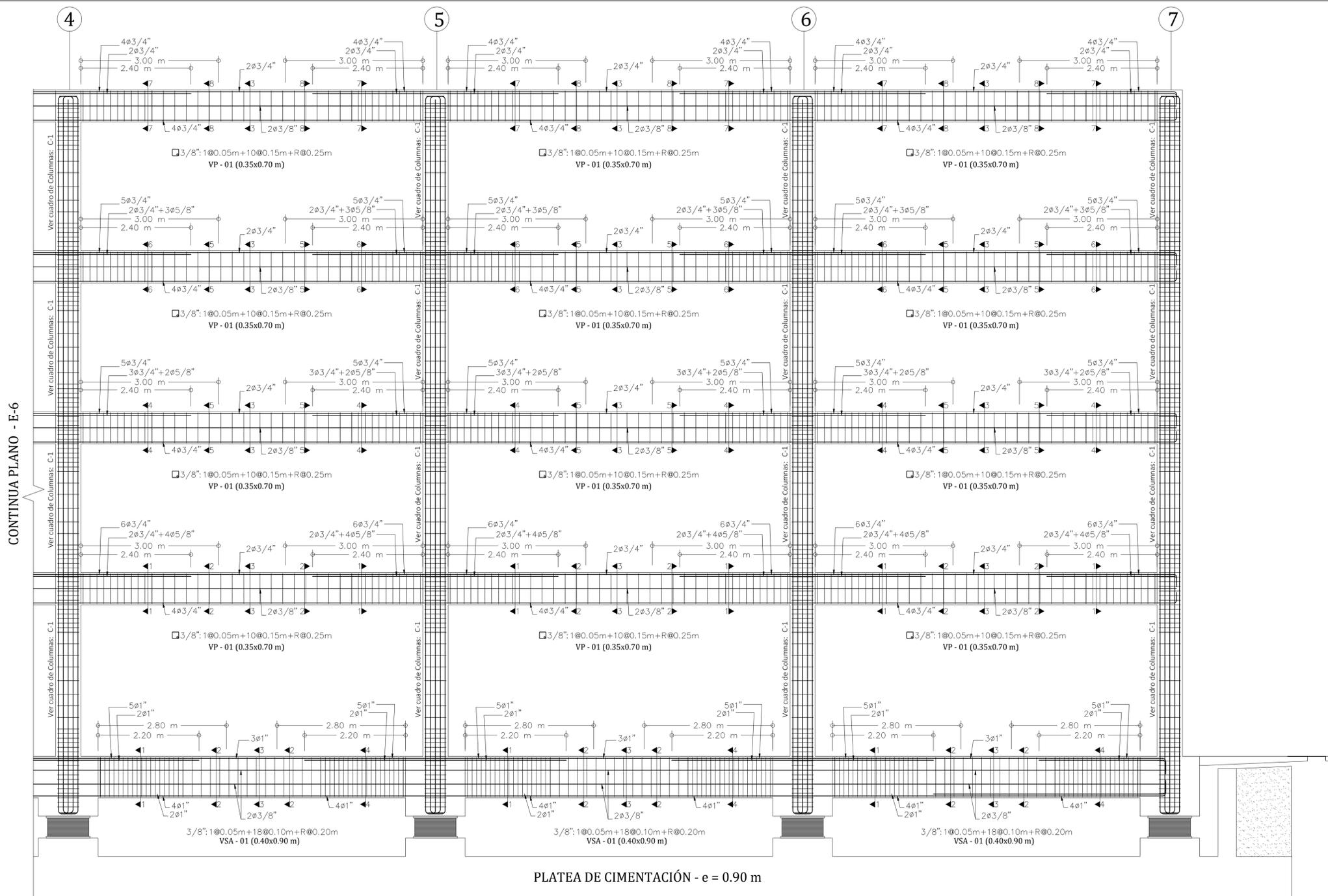


ESPECIFICACIONES GENERALES

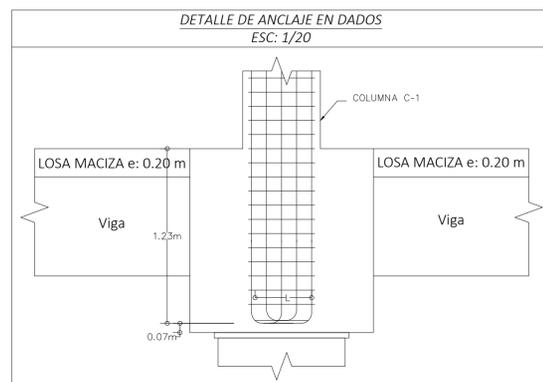
- CONCRETO:
 - CONCRETO SIMPLE
 - CONCRETO CICLOPEO : f'c=100 kg/cm2 (C:H-1:10+30% P.G.)
 - SOLADOS : f'c=80 kg/cm2 (C:H-1:12)
 - CONCRETO ARMADO
 - PLATEA DE CIMENTACIÓN : f'c=280 kg/cm2
 - COLUMNAS : f'c=210 kg/cm2
 - VIGAS : f'c=210 kg/cm2
 - LOSA MACIZA : f'c=210 kg/cm2
 - DADOS : f'c=210 kg/cm2
 - MURO DE SOTANO : f'c=280 kg/cm2
 - RAMPAS Y ESCALERAS : f'c=175 kg/cm2
- REFUERZO EN GENERAL : f'y = 4200 kg/cm2
- TERRENO CAPACIDAD PORTANTE : 0.95 kg/cm2
- CARGAS
 - CARGA MUERTA
 - LOSA MACIZA (e=20cm) : 480 kg/m2
 - TABICUERIA : 150 kg/m2
 - ACABADOS : 100 kg/m2
 - CARGA VIVA HOSPITALES : 300 kg/m2
- RECUBRIMIENTOS
 - PLATEA DE CIMENTACIÓN : 7.5 cm
 - COLUMNAS : 4.0 cm
 - VIGAS : 4.0 cm
 - LOSA MACIZA : 3.0 cm
 - DADOS : 4.0 cm
 - MURO DE SOTANO : 7.5 cm
 - RAMPAS Y ESCALERAS : 3.0 cm



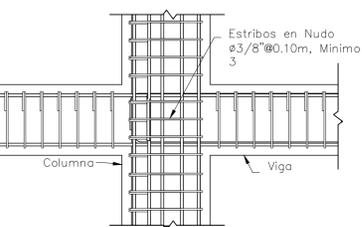
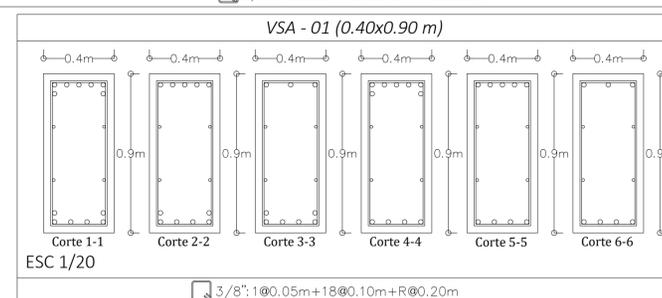
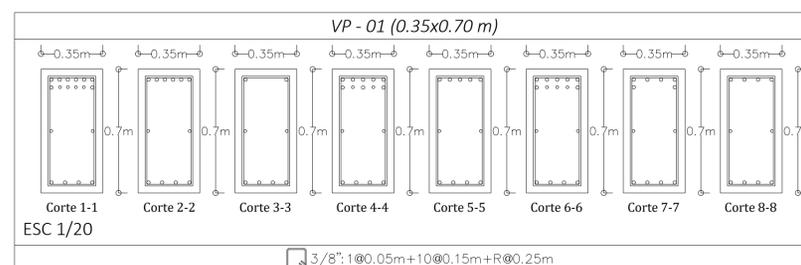
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sísmico"	
	Bachiller: MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro	Plano
Plano: DETALLE DE ACERO EN VIGAS Y COLUMNAS	Especialidad: ESTRUCTURAS	E-6
Ubicación: CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC		
Escala: Indicada	Asesor: Ing. MARCOS MENDOZA LINARES	



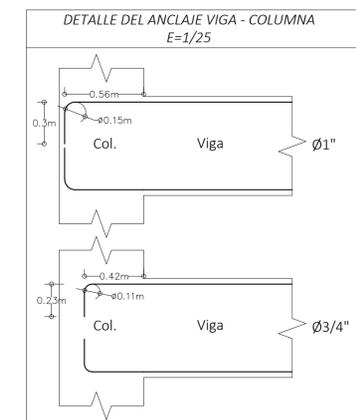
DETALLE DE ACERO EN VIGAS EJES B-B, C-C, D-D
ESC: 1/50



CUADRO DE COLUMNAS E=1/20	
Nom.	C-1
Tipo	Cuadrada
a x b	0.55 x 0.55 m
Cant.	35
A's	16 Ø 1"
Geom.	
Estribos	
	3/8": 1@0.05m+10@0.15m+R@0.25m



NUDO VIGA-COLUMNA
E= 1/20

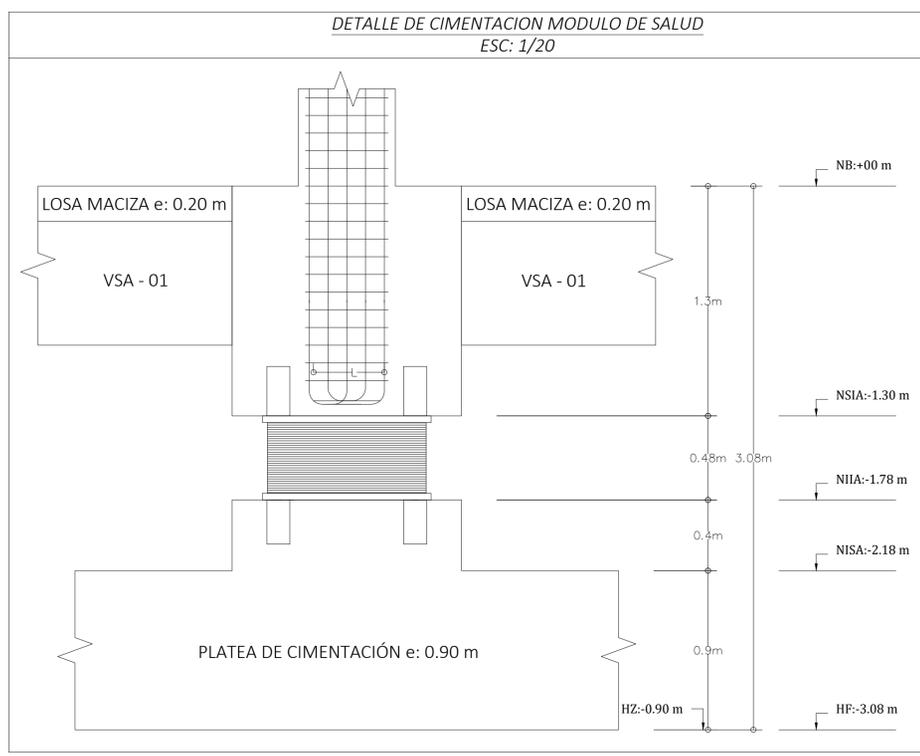
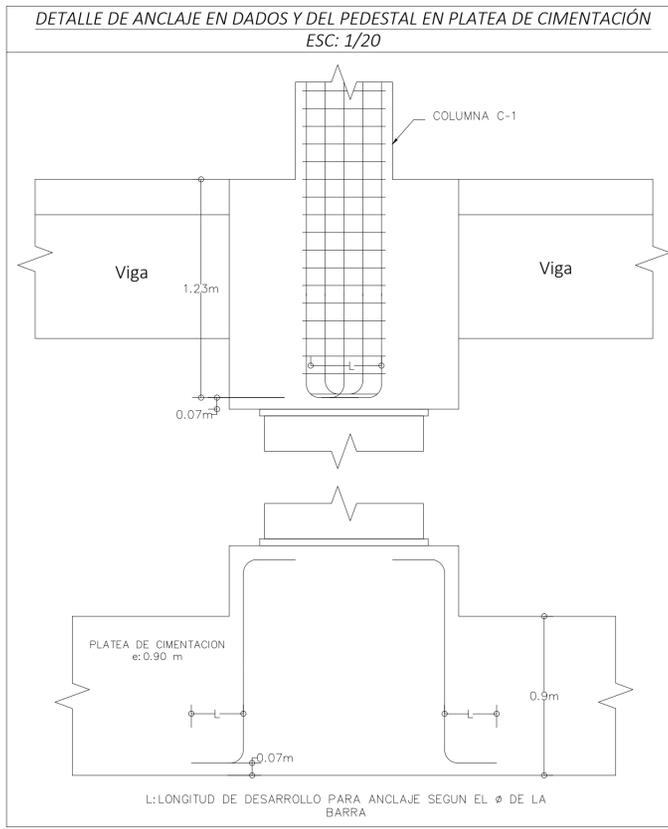
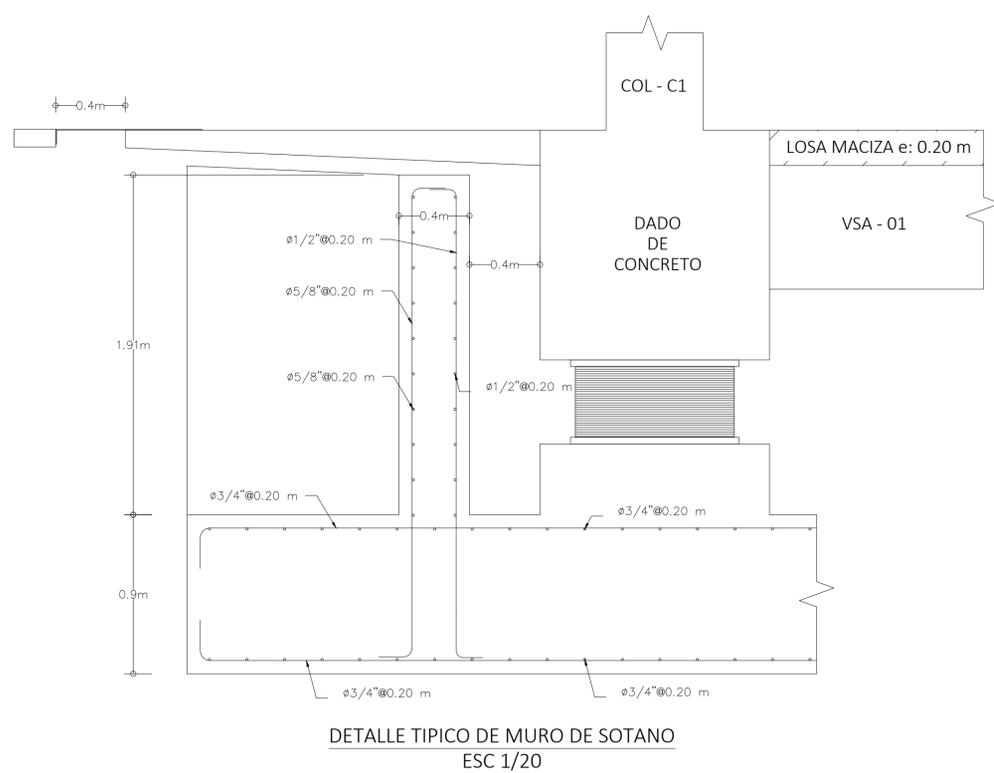
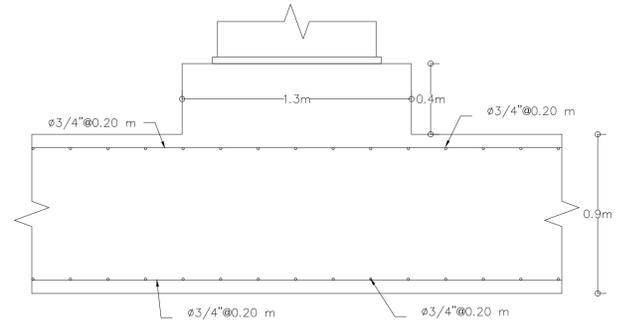
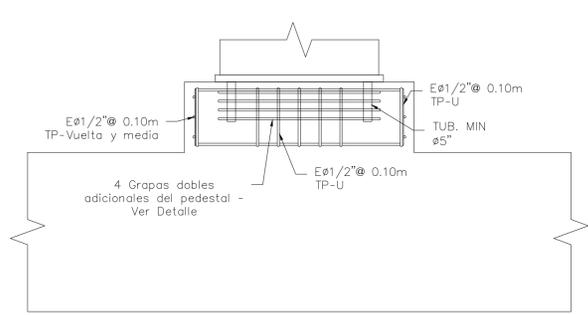
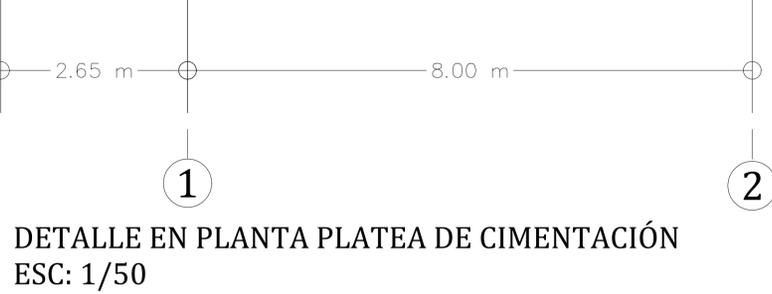
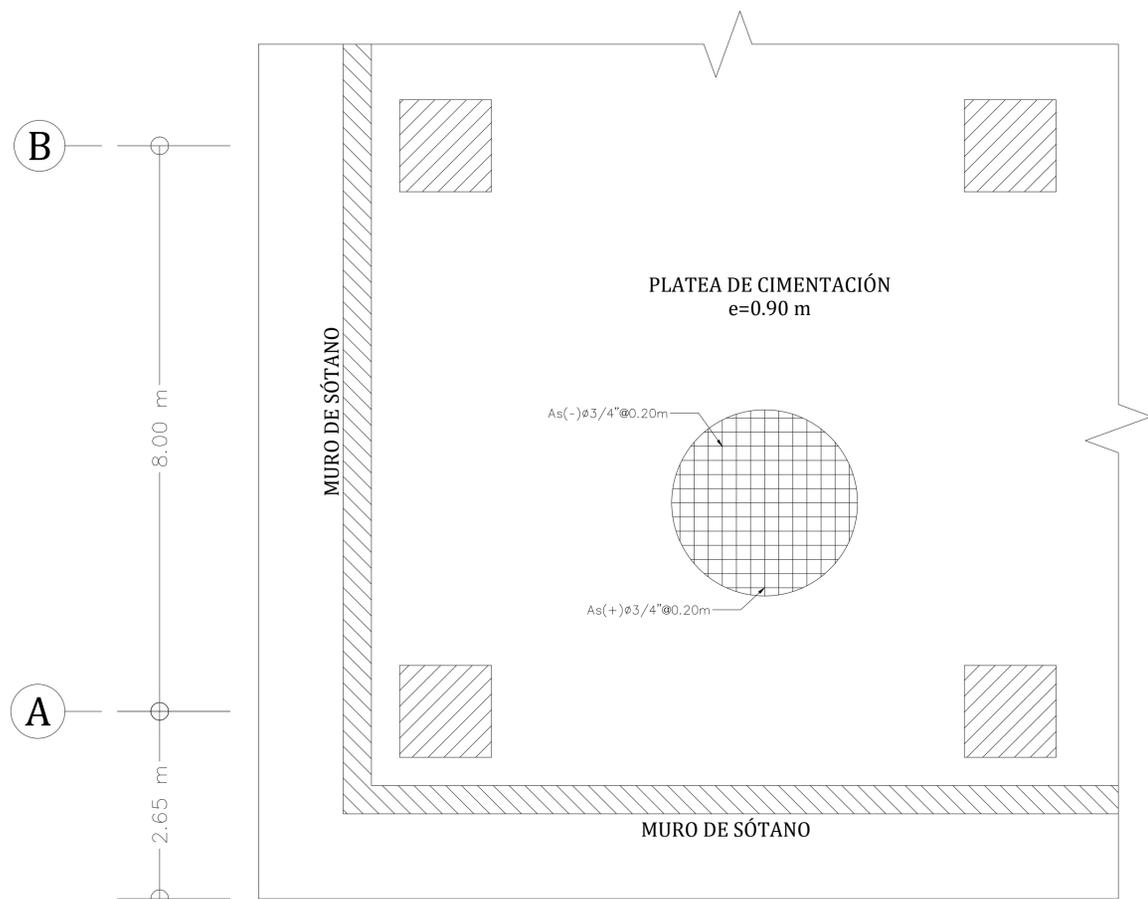


DETALLE DEL ANCLAJE VIGA - COLUMNA
E=1/25

ESPECIFICACIONES GENERALES

- CONCRETO:
 - CONCRETO SIMPLE
 - CONCRETO CICLOPEO : f'c=100 kg/cm2 (C:H-1:10+30% P.G.)
 - SOLADOS : f'c=80 kg/cm2 (C:H-1:12)
 - CONCRETO ARMADO
 - PLATEA DE CIMENTACIÓN : f'c=280 kg/cm2
 - COLUMNAS : f'c=210 kg/cm2
 - VIGAS : f'c=210 kg/cm2
 - LOSA MACIZA : f'c=210 kg/cm2
 - DADOS : f'c=210 kg/cm2
 - MURO DE SOTANO : f'c=280 kg/cm2
 - RAMPAS Y ESCALERAS : f'c=175 kg/cm2
- REFUERZO EN GENERAL : f'y = 4200 kg/cm2
- TERRENO CAPACIDAD PORTANTE : 0.95 kg/cm2
- CARGAS
 - CARGA MUERTA
 - LOSA MACIZA (e=20cm) : 480 kg/m2
 - TABICUERIA : 150 kg/m2
 - ACABADOS : 100 kg/m2
 - CARGA VIVA HOSPITALES : 300 kg/m2
- RECUBRIMIENTOS
 - PLATEA DE CIMENTACIÓN : 7.5 cm
 - COLUMNAS : 4.0 cm
 - VIGAS : 4.0 cm
 - LOSA MACIZA : 3.0 cm
 - DADOS : 4.0 cm
 - MURO DE SOTANO : 7.5 cm
 - RAMPAS Y ESCALERAS : 3.0 cm

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
	Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sísmico"		
	Bachiller:	MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro	Plano
	Plano:	DETALLE DE ACERO EN VIGAS Y COLUMNAS	Especialidad: ESTRUCTURAS
	Ubicación:	CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC	
Escala:	Indicada	Asesor:	Ing. MARCOS MENDOZA LINARES



ESPECIFICACIONES GENERALES

- CONCRETO:
 - CONCRETO SIMPLE
 - CONCRETO CICLOPEO : f'c=100 kg/cm2 (C:H-1:10+30% P.G.)
 - SOLADOS : f'c=80 kg/cm2 (C:H-1:12)
 - CONCRETO ARMADO
 - PLATEA DE CIMENTACIÓN : f'c=280 kg/cm2
 - COLUMNAS : f'c=210 kg/cm2
 - VIGAS : f'c=210 kg/cm2
 - LOSA MACIZA : f'c=210 kg/cm2
 - DADOS : f'c=210 kg/cm2
 - MURO DE SÓTANO : f'c=280 kg/cm2
 - RAMPAS Y ESCALERAS : f'c=175 kg/cm2
- REFUERZO EN GENERAL : f'y = 4200 kg/cm2
- TERRENO CAPACIDAD PORTANTE : 0.95 kg/cm2
- CARGAS
 - CARGA MUERTA
 - LOSA MACIZA (e=20cm) : 480 kg/m2
 - TABQUERIA : 150 kg/m2
 - ACABADOS : 100 kg/m2
 - CARGA VIVA HOSPITALES : 300 kg/m2
- RECUBRIMIENTOS
 - PLATEA DE CIMENTACIÓN : 7.5 cm
 - COLUMNAS : 4.0 cm
 - VIGAS : 4.0 cm
 - LOSA MACIZA : 3.0 cm
 - DADOS : 4.0 cm
 - MURO DE SÓTANO : 7.5 cm
 - RAMPAS Y ESCALERAS : 3.0 cm


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 Proyecto: "Análisis y Diseño del Sistema de Aislamiento en un Modulo de Salud de 4 Niveles usando la Norma NTE E-031- Aislamiento Sísmico"
 Bachiller: MONTALVÁN DÍAZ Carlos Alessandro
 Plano: DETALLE PLATEA DE CIMENTACIÓN
 Especialidad: ESTRUCTURAS
 Ubicación: CAMPUS UNIVERSITARIO - UNC
 Escala: Indicada
 Asesor: Ing. MARCOS MENDOZA LINARES

E-9