



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN
ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGOS

TEMA:

“MODELAMIENTO INFORMÁTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA
ESTRUCTURA DEL EDIFICIO DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR ANTE AMENAZA SÍSMICA”.

AUTORES:

EUGENIA ALEXANDRA CALERO SÁNCHEZ

MARÍA JOSÉ GAIBOR NUÑEZ

DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. CIVIL. GINO NOBOA

GUARANDA – ECUADOR

2019

TEMA

MODELAMIENTO INFORMÁTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR ANTE AMENAZA SÍSMICA.

CERTIFICADO

DEL SIGUIIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR

Guanabacoa, 01 de Julio del 2019

El suscrito Ingeniero Civil, Gino Noboa docente de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de docente tutor.

CERTIFICA

Que el proyecto de investigación titulado: “MODELAMIENTO INFORMÁTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR ANTE AMENAZA SÍSMICA”, Elaborado por por las señoritas, Eugenia Alexandra Calero Sánchez y María José Gaibor Nuñez.

Ha sido revisado y reúne los requisitos académicos y normativos establecidos en el reglamento de evaluación; por lo que autorizo la presentación en las instancias respectivas de la Facultad de Ciencias de la salud y del ser humano para su evaluación y calificación.

Estado cuanto puedo decir en honor a la verdad.



INGENIERO CIVIL GINO NOBOA

DOCENTE TUTOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mis abuelitos, por estar siempre en los momentos importantes de mi vida, por ser el ejemplo para salir adelante y sus consejos que han sido de gran ayuda para mi vida y crecimiento personal . Gracias por confiar en mí y darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida.

Eugenia Alexandra Calero Sánchez

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis madre Margoth Calero, a mis abuelitos Adela Sánchez y Salomón Calero por apoyarme en esta etapa de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

Ingeniero Gino Noboa, María José Gaibor, por ser un equipo excelente, para que éste trabajo se desarrollár con éxito y asi poder culminar con muestra primera formación académica.

Eugenia Alexandra Calero Sánchez

DEDICATORIA

El presente trabajo de finalización de mi carrera dedico como símbolo de gratitud a todas las personas que me han apoyado durante todo el transcurso de mi formación académica, de manera muy especial a Dios a quien debo mis triunfos en mi vida por guiarme, a mis Padres Rolando Gaibor y Gladys Nuñez que han sido el pilar fundamental en mi vida, a mi hermana María Belén Gaibor que estuvo brindandome su apoyo incondicional, a mi hija Ana Cristina porque ella a sido mi inspiracion para seguir adelante y de luchar, a mis tias Noemi, Janeth, Nancy, Ninfa y a mi tio Vicente Gaibor por estar junto a mí, al Ing Gino por su ayuda y guía acertada, además de su paciencia para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis, agradezco a la Universidad Estatal de Bolívar por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera.

María José Gaibor Nuñez

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por las bendiciones, a mi familia por todo el apoyo recibido durante mi etapa académica, en especial a mis padres Rolando Gaibor y Gladys Nuñez, a mi hermana María Belén, a mi hija Anita, tíos y todos aquellos que hicieron este sueño realidad especialmente, y porque sin su ánimo y cariño jamás habría finalizado mi carrera universitaria.

A la Universidad Estatal de Bolívar, quien me ha permitido seguir creciendo en mi formación personal y profesional. A todos mis profesores, que aparte de impartirme sus conocimientos me formaron como persona, en especial al. Ing. Gino Noboa, Alexandra Calero a los cuales les agradeceré eternamente; a todos mis amigos quienes me ayudaron durante este largo período, y a mis primos José Luis, Omar, Yorlenys y Alejandro y aquellas personas que me acompañaron durante esta hermosa aventura.

María José Gaibor Nuñez

INDICE DE CONTENIDO

| | Pg. |
|--|--------------------------------------|
| CARATULA | I |
| TEMA | II |
| CERTIFICADO | ¡Error! Marcador no definido. |
| DEDICATORIA | III |
| AGRADECIMIENTO..... | V |
| DEDICATORIA | VI |
| AGRADECIMIENTO..... | VII |
| INDICE DE CONTENIDO..... | VIII |
| INDICE DE TABLAS | XI |
| INDICE DE FIGURAS..... | XII |
| INDICE DE ANEXOS..... | XIV |
| RESUMEN EJECUTIVO | XV |
| INTRODUCCIÓN | XIX |
| CAPÍTULO I | |
| 1. PROBLEMA..... | 1 |
| 1.1 Planteamiento del Problema | 1 |
| 1.2 Formulación del Problema..... | 2 |
| 1.3 Objetivos..... | 2 |
| 1.3.1 Objetivo General | 2 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 2 |
| 1.4 Justificación..... | 2 |
| 1.5 Limitaciones | 3 |
| CAPÍTULO II | |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| 2.1 Fundamentación Teórica..... | 4 |
| 2.2 Contexto del area de estudio | 4 |

| | | |
|-----|---|----|
| 2.3 | Antecedente de la Investigación | 6 |
| 2.4 | Bases Teóricas..... | 7 |
| 2.5 | Marco Legal | 12 |
| 2.6 | Definición de Términos (Glosario) | 16 |

CAPÍTULO III

| | | |
|-----|--|----|
| 3. | MARCO METODOLÓGICO | 20 |
| 3.1 | Nivel de Investigación | 20 |
| 3.2 | Métodos de categorización o caracterización | 20 |
| 3.3 | Diseño | 21 |
| 3.4 | Población y Muestra..... | 21 |
| 3.5 | Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos | 22 |
| 3.6 | Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos (Estadístico utilizado), para cada uno de los objetivos específicos..... | 22 |

CAPITULO IV

| | | |
|-------|---|----|
| 4. | RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS | 24 |
| 4.1 | Descripción de las patologías del edificio de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano..... | 24 |
| 4.2 | Modelamiento estructura del edificio Ciencia de la Salud y del Ser Humano mediante el software CYPECAD v2017..... | 29 |
| 4.2.1 | Cargas permanentes y sobrecargas de uso: de acuerdo a la NEC-SE-CG..... | 29 |
| 4.2.2 | Acción sísmica: según la NEC-SE-DS vigente | 30 |
| 4.2.3 | Datos del hormigón armado y acero..... | 31 |
| 4.2.4 | Selección de Normas | 31 |
| 4.2.5 | Resultados de los Análisis Estructurales | 32 |
| 4.2.6 | SISMO | 32 |
| 4.2.7 | Datos generales de sismo..... | 32 |
| 4.2.8 | Espectro de cálculo | 34 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.2.9 | Corrección por cortante basal | 39 |
| 4.2.10 | Cortante basal estático | 40 |
| 4.2.11 | Cortante sísmico combinado por planta | 43 |
| 4.2.12 | Modos de Vibración | 45 |
| 4.2.13 | Análisis de la vulnerabilidad del edificio | 46 |
| 4.3 | Resultado según objetivo 3 | 48 |
| 4.3.1 | Medidas de reducción de riesgos para el mejoramiento del desempeño estructural | 48 |
| 4.3.2 | Análisis de los resultados..... | 48 |
| 4.3.3 | Modelamiento Estructural..... | 49 |
| 4.3.4 | Resultados del modelamiento estructural medidas de reducción | 50 |
| 4.3.5 | SISMOS | 50 |
| 4.3.6 | Datos generales de sismo | 50 |
| 4.3.7 | Espectro de cálculo | 53 |
| 4.3.8 | Corrección por cortante basal | 58 |
| 4.3.9 | Cortante sísmico combinado por planta..... | 61 |
| 4.3.10 | Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta | 61 |
| 4.3.11 | Distorsión de columnas..... | 63 |
| 4.3.12 | Modos de Vibración..... | 64 |

CAPITULO V

| | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 65 |
| 5.1 | CONCLUSIONES | 65 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES | 66 |
| 6. | BLOGRAFÍA..... | 67 |
| 7. | ANEXOS: | 70 |

INDICE DE TABLAS

| | Pg. |
|---|-----|
| Tabla 1 : Tipos de Patologías en el sistema estructural..... | 25 |
| Tabla 2 : Coeficientes de participación..... | 36 |
| Tabla 3 : Hipótesis sismo | 38 |
| Tabla 4 : Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta..... | 39 |
| Tabla 5 : Corrección Por Cortante Basal CQC..... | 40 |
| Tabla 6 : Corrección Por Cortante Basal..... | 40 |
| Tabla 7 : Cálculo De La Acción Sísmica. | 42 |
| Tabla 8 : Verificación De La Condición De Cortante Basal..... | 42 |
| Tabla 9 : Hipótesis Sísmica X1, Y1. | 43 |
| Tabla 10 : Distorsión de Columnas Valores máximos..... | 44 |
| Tabla 11 : Total Máximo De Los Pilares. | 45 |
| Tabla 12 : Propuesta del objetivo 3 coeficientes de participación. | 55 |
| Tabla 13 : Objetivo 3 hipótesis sismo X1, Y1. | 57 |
| Tabla 14 : Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta..... | 57 |
| Tabla 15 : Cortante dinámico CQC, X1..... | 58 |
| Tabla 16 : Cortante sísmico en la base Y1..... | 58 |
| Tabla 17 : Cortante Basal Estático. | 59 |
| Tabla 18 : Verificación De La Condición De Cortante Basal..... | 60 |
| Tabla 19 : Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta. | 61 |
| Tabla 20 : Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta. | 62 |
| Tabla 21 : Porcentaje De Cortante Sísmico Resistido Por Tipo De Soporte En Arranques. | 63 |
| Tabla 22 : Desplome Local Máximo De Los Pilares. | 63 |
| Tabla 23 : Cronograma de actividades..... | 105 |

INDICE DE FIGURAS

| | Pg. |
|--|-----|
| Figura 1: Ubicación del edificio de la Facultad Ciencias de la Salud..... | 6 |
| Figura 2 : La Factura de la Placa de Nazca..... | 8 |
| Figura 3 : Mapa de fallas activas..... | 9 |
| Figura 4 : Patologías estructurales. | 11 |
| Figura 5 : Modelamiento Estructural. | 29 |
| Figura 6 : Editar Grupos..... | 30 |
| Figura 7 : Acción Sísmica..... | 30 |
| Figura 8 : Datos hormigón armando y acero..... | 31 |
| Figura 9 : Selección de normas. | 32 |
| Figura 10 : Acción sísmica objetivo 3..... | 34 |
| Figura 11 : Espectro de cálculo..... | 34 |
| Figura 12 : Espectros en dirección X,Y.. | 36 |
| Figura 13 : Espectros en dirección Y1 | 38 |
| Figura 14 : Centro de masas y del centro de rigidez. | 39 |
| Figura 15 : Cortantes sísmicos máximos por planta. | 43 |
| Figura 16 : Fuerzas sísmicas equivalentes por planta. | 44 |
| Figura 17 : Odelo de vibración 2 en X: Traslación..... | 45 |
| Figura 18 : Modelo de vibración 1 en Y: Traslación. | 46 |
| Figura 19 : Objetivo 3 la propuesta modelamiento estructural. | 49 |
| Figura 20 : Factores reductores de la inercia. | 52 |
| Figura 21 : Espectro de cálculo..... | 53 |
| Figura 22 : Espectro de diseño según X y Y..... | 55 |
| Figura 23 : Espectro de los periodos modales según X y Y..... | 56 |
| Figura 24 : Centro de masas y del centro de rigidez por planta. | 57 |
| Figura 25 : Cortantes sísmicos máximos por planta. | 62 |
| Figura 26 : Fuerzas sísmicas equivalentes por planta. | 62 |
| Figura 27 : Modo de vibración en dirección en x: traslacional..... | 64 |
| Figura 28 : Modo de vibración en dirección en y: Tralacional..... | 64 |

INDICE DE FOTOGRAFIAS

| | Pg. |
|---|------------|
| Fotografía 1 : Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano. | 24 |
| Fotografía 2 : Distribucion de paredes internas del edificio. | 25 |
| Fotografía 3 : Sintomas de las patologías micro fisura vertical planta baja. | 26 |
| Fotografía 5 : Sintomas de las patologías estructurales en la pared primera planta. | 27 |
| Fotografía 6 : Sintomas de las patologías estructurales por filtración fueras del edificio planta bajo. | 26 |
| Fotografía 7 : Sintomas de las patologías estructurales por grietas segunda planta primera planta. | 28 27 |
| Fotografía 9 : Objeto de estudio. | 71 |
| Fotografía 10 : Obteniendo valores con el esclerometro en los elementos estructurales. | 71 |
| Fotografía 11 : Obteniendo valores con el esclerometro en los elementos estructurales. | 71 |
| Fotografía 12 : Esclerometro herramienta para el levantamiento de información. | 71 |

INDICE DE ANEXOS

| | Pg. |
|--|------------|
| ANEXO 1 : Levantamiento de información en el edificio de la Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano..... | 72 |
| ANEXO 2 : Planos Arquitectónicos y Estructurales. | 72 |
| ANEXO 3 : Informe Técnico De Mecánica De Suelo..... | 82 |

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo investigativo se realizó el Modelamiento informático del comportamiento de la estructura del edificio de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano ante amenaza sísmica; ubicado en la Av. Alpachaca y Av. Ernesto Che Guevara S/N y Av. Gabriel Secaira, de la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar. Para la realización de este trabajo se ha empleado el software CYPECAD que es un programa tridimensional que permite realizar un cálculo y diseño de estructuras de hormigón armado para edificaciones sometidas a acciones horizontales y verticales ante amenaza sísmica, para posteriormente dar un diagnóstico de la estructura y conocer los problemas y patologías que tiene la estructura. Una vez identificado las causas, se plantea una propuesta de reforzamiento con elementos que ayude a la rigidez de la estructura, así tendría la manera de escoger la mejor alternativa en todos los ámbitos. La cual es sometida al reforzamiento sismo resistente acorde a los requerimientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SD-DS, se realiza el diseño de los elementos de reforzamiento de la estructura y también garantizar el funcionamiento y buen desempeño ante un evento sísmico y poder salvaguardar las vidas de las personas, justamente se determina que los elementos estructurales se comprobó que tiene problemas de serviciabilidad.

El objetivo del presente trabajo investigativo es realizar un modelamiento de estructura de hormigón armado ante la amenaza sísmica del Edificio Ciencias de la Salud y del Ser Humano por programa de cálculo estructural en el cual se introducirá datos de la estructura en el software CYPECAD con las normas ecuatorianas de la construcción NEC-SE-DS (peligro sísmico). NEC-SE-CG (cargas no sísmicas). NEC- SE-HM (hormigón armado) y el código de requerimientos constructivos para concreto estructural.

El trabajo investigativo se encuentra distribuido en cinco partes.

Capítulo I

Contiene el problema, los objetivos a lo que se quiere llegar con el trabajo investigativo, justificación el por qué se quiere hacer la investigación, para así analizar el comportamiento

del edificio Ciencias de la Salud y del Ser Humano ante amenaza sísmica, los límites que se nos presenta en la investigación.

Capítulo II

Se encuentra los antecedentes, las bases teóricas donde se citan toda la información investigada sobre el tema y la parte legal donde se sujeta la investigación.

Capítulo III

Se determina la metodología utilizada para la investigación, las técnicas para el levantamiento y análisis de datos para cada uno de los objetivos específicos de la investigación.

Capítulo IV

Se describe los resultados y los alcances logrados según cada uno de los objetivos específicos del trabajo de investigación.

Capítulo V

Detalla las recomendaciones y conclusiones sujetas a la investigación realizada.

ABSTRACT

In the present investigative work the Modeling of the behavior of the structure of the building of the Faculty of Health Sciences and of the Human Being, of the State University of Bolivar before seismic threat was carried out; located at Av. Alpachaca and Av. Ernesto Che Guevara S / N and Av. Gabriel Secaira, from the city of Guaranda, Bolívar province. In order to carry out this work, the CYPECAD software has been used. It is a three-dimensional program that allows calculating and designing reinforced concrete structures for buildings subject to horizontal and vertical actions in the event of a seismic hazard, in order to later diagnose the structure and know the problems and pathologies that the structure has. Once the causes have been identified, a reinforcement proposal is proposed with elements that help the rigidity of the structure, thus it would have the way to choose the best alternative in all areas. Which is subjected to the resistant earthquake reinforcement according to the requirements of the Ecuadorian Construction Standard NEC-SD-DS, the design of the reinforcement elements of the structure is made and also to guarantee the good functioning and good performance before a seismic event and to be able to safeguard the lives of people, it is just determined that the structural elements were found to have problems of serviceability.

El objetivo del presente trabajo investigativo es realizar un modelamiento de estructura de hormigón armado ante la amenaza sísmica del Edificio Ciencias de la Salud y del Ser Humano por programa de cálculo estructural en el cual se introducirá datos de la estructura en el software CYPECAD con las normas ecuatorianas de la construcción NEC-SE-DS (peligro sísmico). NEC-SE-CG (cargas no sísmicas). NEC- SE-HM (hormigón armado) y el código de requerimientos constructivos para concreto estructural.

The investigative work is divided into five parts.

Chapter I

Contains the problem, the objectives to which you want to reach with the research work, justification why you want to do the research the limits that are presented to us in the research.

Chapter II

The background, the theoretical basis where all the information researched on the subject and the legal part where the investigation is subject are cited.

Chapter III

Determine the methodology used for the investigation, the techniques for the collection and analysis of data for each of the specific objectives of the investigation.

Chapter IV

The results and the achieved achievements are described according to each of the specific objectives of the research work.

Chapter V

Details the recommendations and conclusions subject to the research carried out.

INTRODUCCIÓN

A partir que el ser humano aparece en la tierra empieza a buscar un refugio para protegerse de las tormentas y depredadores que lo asechan, construyendo cuevas y poco después viviendas para estar a salvo. A medida que pasa el tiempo ha ido evolucionando el mundo y las personas desarrollando aptitudes una de ellas es el diseño arquitectónico y con esto empieza a construir edificios acorde a sus necesidades.

La naturaleza se ha encargado de arrebatarle sus edificaciones de una forma aleatoria por medio de los fenómenos naturales como son los sismos, una amenaza constante que no se puede predecir, causando muertes y pérdidas económicas, un gran ejemplo lo sucedido el 16 de abril del 2016. A pesar que la naturaleza ha dejado experiencias, al hombre le falta tomar decisiones correctas para evitar que su propia vida esté en peligro.

Ecuador debido a sus condiciones geológicas, se encuentra en el cinturón de fuego siendo así una zona geográfica de alto riesgo sísmico y fallas tectónicas que se encuentra en actividad. Es por eso importante realizar un estudio sobre el comportamiento de las edificaciones para observar que tan resistente puede llegar hacer ante un sismo de gran magnitud.

“Ecuador ha sufrido aproximadamente una decena de movimientos sísmicos con gran relevancia, el último fue el 16 de abril del 2016 con una magnitud de 7.8 grados en la escala de Richter, donde las ciudades de Pedernales, Cojimíes, Pedro Carbo y Canoa fueron las más afectadas. El Cantón de Pedernales en la Provincia de Manabí” Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional (IGEPN, 2018). Dejó el saldo crítico de 671 personas fallecidas y 80% de las viviendas, edificios destruidos, familias vulnerables expuesta a sufrir cualquier tipo de riesgos

“Es tan importante construir viviendas, edificios con normas sismo resistente para evitar el colapso de las mismas y con ella pérdidas de vidas” Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional (IGEPN, 2018).

Debido que las infraestructuras son vulnerables a los movimientos telúricos, hundimiento de suelo, afloramiento de agua, por lo tanto, se debe realizar un estudio de suelo para evitar que

el edificio tenga problema a un futuro, a medida que se conozca mejor el lugar donde se construyan las viviendas o edificios, mejor seguridad tendrán las personas que habitan en ella así minimizando los daños que cualquier fenómeno natural o antrópico provoque el riesgo en una comunidad, región o país.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Los movimientos teluricos son fenómenos naturales producidos por la activación de las fallas geológicas, liberando de energía desde la corteza terrestre hacia la superficie, se presentan en forma de ondas con movimientos bruscos causando daño a las infraestructuras que no cumplen con las Normas Ecuatorianas de Construcción.

Las estructuras de una edificación de educación superior deberían cumplir normas para que puedan permanecer en buenas condiciones para la seguridad de las personas y de la propiedad ante amenazas sísmica.

La falta de estudios de suelo y el empleo de materiales de mala calidad el incumplimiento de Normas Ecuatorianas de Construcción NEC que se debe utilizar en la construcción de una estructura, estos edificios son vulnerables en el momento que se da un evento sísmico de magnitud alta el edificio corre el riesgo de colapsar.

En la actualidad se utiliza los modelamientos para poder revisar la zona débiles de la estructura del edificio lo cual permite establecer medidas para evitar pérdidas humanas y económicas debido al colapso de la estructura ante un sismo.

El edificio de la Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano, se construyó bajo la modalidad de administración directa, con la dirección técnica y de fiscalización del Departamento de Planificación y Contrucciones de la Universidad,tomar en cuenta los diseños arquitectónicos y estructurales como se observará en el Anexo 2.

Este trabajo investigativo tuvo como finalidad realizar un modelamiento del comportamiento de la estructura del Edificio de la Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano ante amenaza sísmica, por eso es importante, determinar su comportamiento mediante este modelamiento.

1.2 Formulación del Problema

- ¿El modelamiento informático permitirá determinar el comportamiento de la estructura del edificio de Ciencias de la Salud y del Ser Humano de la Universidad Estatal de Bolívar ante amenaza sísmica?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- ▶ Modelar el comportamiento de la estructura del edificio de Ciencias de la Salud y del Ser Humano ante amenaza sísmica.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir las patologías del edificio mediante la observación de los daños estructurales existentes.
- Modelar la estructura del edificio Ciencia de la Salud y del Ser Humano mediante el software CYPECAD y su comportamiento estructural.
- Determinar medidas de reducción de riesgos para el mejoramiento del desempeño estructural.

1.4 Justificación

El Ecuador está en una zona altamente sísmica, porque se encuentra en el borde de subducción de la Placa del Nazca a lo largo de 6.000 kilómetros en la costa occidental de América del Sur. Se trata de la Placa Nazca que invariablemente está siendo subducida en dirección hacia el Este bajo el continente, a lo largo de una zona bien definida y conocida por los sismólogos como “De WadatiBenioff” (Tamayo. M., Gomez. J., y Azpiazu. P, 2004).

Con los antecedentes sísmicos que existen en nuestro país Ecuador y consecuentemente la provincia Bolívar, es necesario e imprescindible realizar estudios de modelamientos informáticos con el programa CYPECAD, para realizar el análisis probabilísticos en lo que respecta con la amenaza sísmica que permite conocer el nivel de vulnerabilidad que se encuentra la edificación.

Es por ello que para el modelamiento informático con el programa CYPECAD que es una herramienta precisa y eficaz en cuanto tiene que ver con cálculos estructurales así se podrá conocer el nivel de vulnerabilidad que presenta en la edificación para tomar medidas de reducción de riesgos para salvaguardar la integridad de las personas que ocupan en las instalaciones.

Por lo tanto, es de vital importancia el modelamiento informático ya que se realiza cálculos real de la estructura por lo cual se hace necesario un modelamiento que considere la rigidez del suelo, por eso es uno de los motivos principales de utilizar el programa CYPECAD.

El aporte de la investigación se basa también en conocer las patologías que presenta la edificación realizando una observación directa con la implementación fotográfica indicando la ubicación de las diferentes patologías con lo cual ayudara para realizar un análisis para la reducción de riesgos y con el fin de reducir el nivel de vulnerabilidad de la edificación evitando consecuencias negativas en un futuro.

1.5 Limitaciones

El trabajo investigativo realizado en el Edificio de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano de la Universidad Estatal de Bolívar, las limitaciones que se presentaron han sido la ausencia de información, falta de estudios realizados sobre modelamientos estructurales, ausencia de herramientas para poder levantar información necesaria y lograr con los objetivos propuestos en nuestro trabajo investigativo.

Además, carencia de profesionales especialistas en modelamiento estructural y la falta de laboratorios para realizar estudios de suelo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Fundamentación Teórica

El Ecuador se halla situado en una de las zonas de mayor peligrosidad sísmica donde se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego, entre las costas del Océano Pacífico, atravesando por al menos 10 fallas, lo que provoca la recurrencia de movimientos sísmicos en ciudades como Quito, Ambato, Cuenca, Latacunga y Riobamba” (El Telegrafo, 2016). Con estos antecedentes sísmicos y fallas geológicas que existen en nuestro país y consecuentemente la provincia Bolívar en lo que respecta a una actividad sísmica permite conocer el nivel de vulnerabilidad que se encuentra en la edificación, de tal manera los ingenieros estructurales tienen que diseñar sus edificios considerando que lo más importante es la acción sísmica.

Origen de los sismos

Para entender los orígenes de los sismos debemos que hablar sobre: deriva continental, la composición de la tierra y placas tectónicas.

Deriva Continental

La deriva continental se trata que hace millones de años los continentes estaban unidos por el simple hecho de estar en una sola masa a la que se le denomina Pangea, debido a que esta masa se empezó a moverse en forma lenta y así se fue rompiendo poco a poco.

Contexto del área de estudio

La zona de estudio del Edificio de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, está ubicado entre la Av. Alpachaca y Av. Ernesto Che Guevara S/N y Av. Gabriel Secaira, de la ciudad de Guaranda provincia Bolívar como se puede observar en la Figura 1.

Podemos recalcar que dentro de la Universidad Estatal de Bolívar existe un estudio sobre análisis estructural de la vulnerabilidad sísmica, por lo tanto, nos basamos en la información de

este estudio, sin embargo, buscamos información en otros estudios realizados sobre este tema investigativo.

“La Universidad Estatal de Bolívar se creó el 22 de octubre de 1977, gracias al auspicio económico del Consejo Provincial. Inicialmente funcionó como extensión en la Universidad de Guayaquil, adscrita a la Facultad de Ciencias Administrativas, siendo una de las aspiraciones logradas para los bolivarenses. Transcurre con normalidad hasta el 15 de septiembre de 1983, en el cual el H. Consejo Universitario de la Universidad Estatal de Guayaquil, declaró insubsistente la firma del Consejo Provincial, lo que posibilitó tramitar el funcionamiento de la Educación Superior en el centro de la Provincia Bolívar entre la Av. Alpachaca y Av. Ernesto Che Guevara S/N y Av. Gabriel Secaira, en Guaranda capital de la Provincia Bolívar. Con esto se logró la creación de diferentes carreras, siendo uno de las necesidades la construcción de edificios, uno de ellos es el edificio de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, la construcción de este edificio, inició en el año 2007, bajo la dirección técnica administrativa y la fiscalización del Departamento de Planificación. Respondiendo a las necesidades que la Facultad requería para el funcionamiento de las carreras enfermería y Administración para Desastres y Gestión de Riesgo” (Universidad Estatal de Bolivar, 2016).



Figura 1: Ubicación del edificio de la Facultad Ciencias de la Salud.
Fuente : Imagen satelital google Earth Pro, 2019.

2.1 Antecedente de la Investigación

En la actualidad existen diferentes estudios acerca de los modelamientos de las edificaciones para determinar la vulnerabilidad sísmica, estudios de caso, trabajos de titulación, a través de software CYPECAD.

En el estudio “Análisis del factor de reducción de las fuerzas sísmica (R) en un edificio de hormigón armado de 5 pisos con CYPECAD para garantizar el cálculo y seguridad de sus habitantes” (Vilema. C,2014). Podemos encontrar una similitud con el trabajo que determina el procedimiento de análisis y diseño sismo resistente realizado a través del programa CYPECAD, especificando el comportamiento real de la estructura cuando son sometidas a eventos sísmicos

En el tema “Modelamiento de la vulnerabilidad sísmica del edificio del Hospital Básico IESS de la ciudad de Guaranda” (Zaruma. J., & Acurio. Y, 2018). Se realizó levantamiento de información de la estructura y un plan de reducción de riesgo, introduciendo datos para el

análisis y diseño estructural con el programa CYPECAD Y ETABS, para realizar modelamiento y evaluar el comportamiento de la estructura cuando ocurre un sismo.

En el estudio se realizó un análisis lineal de todos los modelos planteados con la ayuda del software CYPECAD, en el cual se comparó los principales criterios para un diseño sísmico resistente clasificando las edificaciones de acuerdo con su comportamiento estructural. (Vásquez. J., Cabrera. E., & Torrez. M, 2016).

En el tema “Estudio de la Vulnerabilidad estructural, ante sismo del inmueble patrimonial, Iglesia San Francisco, de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús, parroquia central del cantón Chimbo”, (Mendoza. V., & Guaranda. N, 2017). Se realizó un estudio de la vulnerabilidad estructural ante sismo, empleando el programa SAP 2000 que es un software integrado para el diseño y análisis estructural.

En el tema “Estudio de vulnerabilidad y reforzamiento de una estructura de tres pisos y cubierta en placa” se evalúa la vulnerabilidad sísmica de la estructura, tomando como base aspecto de zonificación sísmica y el procedimiento establecido por NSR-10, para ello se define los materiales estructurales, las características de las secciones y los elementos. (Otálora Suárez, 2012).

2.2 Bases Teóricas

“Ecuador es un país que se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego, entre las costas del Océano Pacífico, atravesando por al menos 10 fallas, lo que provoca la recurrencia de movimientos sísmicos en ciudades como Quito, Ambato, Cuenca, Latacunga y Riobamba” (El Telegrafo, 2016). Con estos antecedentes sísmicos y fallas geológicas que existen en nuestro país y consecuentemente la provincia Bolívar en lo que respecta a una actividad sísmica permite conocer el nivel de vulnerabilidad que se encuentra en la edificación.

La continua presión entre las Placas de Nazca y la Continental provocó una nueva liberación de energía, que se manifestó en un sismo. Por esa liberación, hubo una fractura de la Placa que está en el océano “Frente a las costas ocurre un fenómeno, en el cual la Placa de Nazca se subduce

debajo del continente. Ese proceso generó el sismo del 16 de abril (2016), en la zona de contacto de las mismas” (El Comercio, 2018). Como se puede observar en la Figura 2.

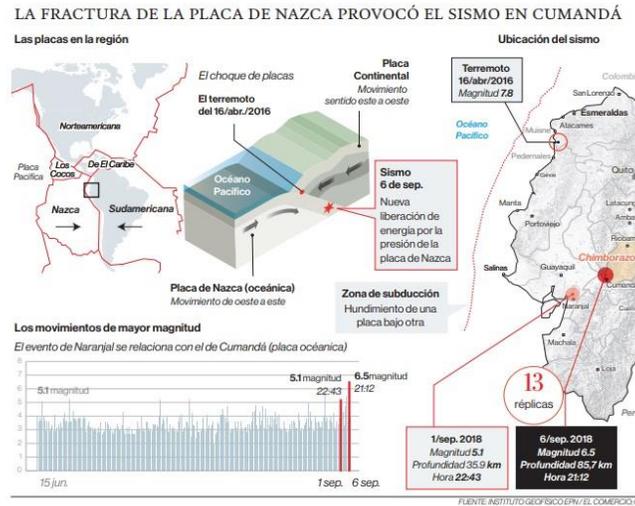


Figura 2 : La Factura de la Placa de Nazca.
Fuente : El comercio, 2019.

Teniendo relevancia que “los principales sistemas de falla son oblicuos a los Andes ecuatorianos, comenzando en el Golfo de Guayaquil (Falla Pallatanga) que atraviesa la Provincia Bolívar, dividiendo la zona de la cordillera que se encuentra en el norte de Ecuador de la Cordillera Real que es la (Falla Chingual), por lo cual son fallas activas” (Eguez. A., Alvarado. A., Yépez. H., Machette. M., Costa. C., & Dart. R, 2003). Por lo cual presenta una zona inminentemente de alto riesgo debido por las fallas que se desplazan con gran fuerza se estima una velocidad de 46 mm por año y esto produce terremotos como se puede determinar en la Figura 3.

“Un estudio de vulnerabilidad sísmica no solo atiende la vulnerabilidad de los elementos estructurales sino que también, esta asociada a la organización humana y a su relación con la infraestructura. Esta relación debe considerar distintos estados de la infraestructura para las diversas situaciones de desastre” (Beneit, L., & Gómez, J. 2003).

Relevante al tema de vulnerabilidad estructura se debe tener en cuenta lo siguientes aspectos: configuración arquitectónica, irregularidades en el elevaciones y en planta, ya que estas son consideradas debilidades de una estructura.

“La acción sísmica, también referida como la demanda sísmica, constituye uno de los elementos fundamentales para la apropiada caracterización de la vulnerabilidad sísmica. De manera que una de las mas importantes decisiones en un estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico es la propiedad definición y caracterización de la acción sísmica. El establecimiento fiable de la acción sísmica de diseño debe ser capaz de representar adecuadamente el movimiento esperado en un determinado emplazamiento, de manera que propocione una respuesta crítica de la estructura con los mayores daños potenciales” (Singh, 1995).

“Amenaza sísmica es principalmente función de la respuesta del terreno y de la actividad sísmica en la zona” (Beneit, L., & Gómez, J. 2003).

Patologías estructurales: Se define como patología estructural a la ciencia que estudia los problemas que se presentan en las estructuras después de su ejecución, abarcando todas las imperfecciones visibles y no visibles de la edificación construida como se evidencia en la Figura 4.

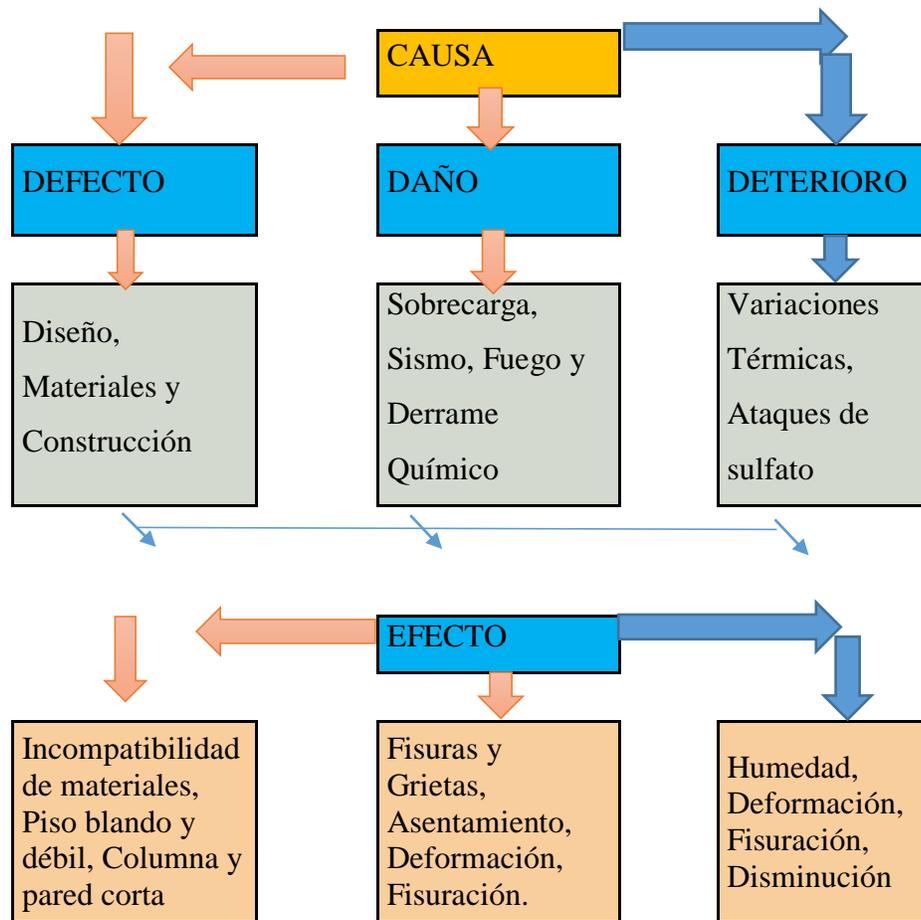


Figura 4 : Patologías estructurales.
Elaborado por: (Calero y Gaibor, 2019).

“Los sismos se originan debido a la liberación de energía acumulada que se produce cuando los materiales del interior de la Tierra se desplazan en todas direcciones. La energía liberada se desplaza a través de la tierra en forma de ondas, a partir de la inestabilidad que es producida mediante el movimiento relativo entre placas tectónicas como consecuencias de actividades volcánicas, movimientos de laderas, hundimiento de cavernas, variaciones bruscas en la presión atmosférica por ciclones e incluso la actividad humana” (Russell, 2010).

“Los sismos es la liberación de energía producida en el interior de la Tierra en formas de ondas” (Russell, 2010).

Varios sismos han afectados a la provincia de Bolivar siendo los mas relevantes lo siguientes:

“1929/agosto/16: Destrucción de Chimbo y 8 pueblos circundantes. La mayor destrucción ocurrió en cantón Chimbo. Pocos sobrevivientes a pesar de la magnitud, la zona macro sísmica fue bastante restringida. Grandes deslizamientos en montes y laderas. Agrietamientos de terreno por todas partes. Represado el río” (IGEPN,2017).

“1797/febrero/04: Destrucción total de la Villa Riobamba. El terremoto más destructivo en el territorio ecuatoriano y uno de los de mayor magnitud en toda la historia. Destrucción total de la ciudad de Riobamba razón por la cual no fue reconstruida en el mismo sitio y se mudó al lugar que actualmente ocupa. Daños muy severos en ciudades, pueblos y caseríos de lo que actualmente son las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi y parte de Bolívar y Pichincha” (IGEPN,2017).

“1949/agosto/05: Gran terremoto de Pelileo ciudad que fue totalmente destruida, la ciudad de Ambato en escombros, destrucción casi total de muchas poblaciones de las provincias de Chimborazo y Bolívar” (PUCE, 2013).

“2018/septiembre/06: Desde daños leves en la mampostería hasta afectaciones graves en la estructura de 241 viviendas se reportaron en Chillanes, al sur de Bolívar, tras el sismo de 6.5 grados que se registró la noche del día jueves 6 de septiembre del 2018” (El Comercio, 2018).

“El comportamiento de los elementos resistentes de una estructura como son las vigas, columnas, sistemas de entrepisos, tiene que ver con la calidad de los materiales, su configuración y tipo de sistema resistente e indiscutiblemente de las características físicas de la estructura” Amangandi, K. & Yasuma, E. (2017). Universidad Estatal de Bolívar.

El modelo estructural, es la distribución de los elementos verticales de soporte en una estructura, con el objeto de analizar su comportamiento y sus materiales de carga a la que está expuesta.

2.3 Marco Legal

Dentro de la investigación se establecen normativas constitucionales que amparan como las Normas Ecuatorianas de Construcción, Constitución de la República del Ecuador.

2.4.1 Normas Ecuatorianas de Construcción

Dentro de las normas de construcción, Ecuador tomó en cuenta una de las siete guías prácticas de la implementación de las Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC, 2015) para la correcta aplicación de la normativa relacionados con la seguridad estructural de las edificaciones.

Artículo 2.- Contenido. - El contenido detallado y pormenorizado de las normas que se oficializan, relacionadas con la seguridad estructural y el cálculo y el dimensionamiento para el diseño sismo resistente de las edificaciones, se integrarán a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC.

1. NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas): Contempla los factores de cargas no sísmicas que deben aplicarse para el cálculo estructural de las edificaciones, así como propiedades físicas y mecánicas de los materiales a tener en consideración en el comportamiento estructural.
2. NEC-SE-DS: Cargas Sísmicas y Diseño Sismo Resistente: Contiene los requerimientos técnicos y las metodologías que deben ser aplicadas para el diseño sismoresistente de las edificaciones, estableciéndose como un conjunto de especificaciones básicas y mínimas adecuadas para el cálculo y el dimensionamiento de las edificaciones que se encuentran sujetas a los efectos de sismos o terremotos en algún momento de su vida útil.
3. NEC-SE-RE: Rehabilitación Sísmica de Estructuras: Se vincula con las normas NEC-SE- DS para la rehabilitación sísmica de edificios existentes (evaluación y diseño de sistemas para mejorar estructuras), así como establece los lineamientos para la evaluación del riesgo sísmico en edificios, incluyendo parámetros para inspección y evaluación rápida de estructuras con la valoración probabilística de las pérdidas materiales para una gestión efectiva del riesgo sísmico.
4. NEC-SE-GM: Geotecnia y Diseño de Cimentaciones: Contempla criterios básicos a utilizarse en los estudios geotécnicos para edificaciones, basándose en la investigación del subsuelo, geomorfología del sitio y características estructurales de la edificación; provee recomendaciones geotécnicas de diseño para cimentaciones futuras, rehabilitación o reforzamiento de edificaciones existentes.
5. NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado: Contempla el análisis de los elementos estructurales de hormigón armado (pórticos especiales y/o muros estructurales) para

edificaciones, en cumplimiento con las especificaciones técnicas de normativa nacional e internacional. Establece una clasificación para las estructuras de hormigón armado en función del mecanismo dúctil esperado en tablas y cuadros de aplicación al momento del diseño.

6. NEC-SE-MP: Estructuras de Mampostería Estructural: Contempla criterios y requisitos mínimos para el diseño y la construcción de estructuras de mampostería estructural en estrecha correlación con el resto de los capítulos contemplados en la NEC, para lograr un comportamiento apropiado bajo condiciones de carga vertical permanente o transitoria, bajo condiciones de fuerza laterales de viento o sismo y bajo estados ocasionales de fuerzas atípicas.

Normaativa tomada de las “Normas Ecuatorianas de la Construcción. 2015”

2.4.2 Constitución de la República del Ecuador

Art. 261. El estado central tendrá competencias exclusivas sobre:

- 6) Las políticas de educación, salud, seguridad social, vivienda. Planificar, construir y mantener la infraestructura física y los equipamientos correspondientes en educación y salud. (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Sección Novena

Art. 389.- “El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

El Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la Ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir la información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente y en forma transversal la gestión de riesgo en su planificación y gestión.
4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.
6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.
7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 390.- “Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico.

Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.4 Definición de Términos (Glosario)

Definiciones Tomadas textualmente de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, NEC-SE-DS (peligro sísmico).

Altura de Piso: “La distancia entre los diferentes niveles de piso de una estructura” (NEC, 2015).

Acelero gramas: “Serie temporal o cronológica de valores de aceleración que se han registrado durante un sismo. En el registro se puede notar una aceleración máxima y la duración de la excitación sísmica” (NEC, 2015).

Carga muerta: “Están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura” (NEC, 2015).

Carga Viva: “También llamada sobrecargas de uso, que se utilizara en el cálculo depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras” (NEC, 2015).

Coefficiente de importancia: “Coeficiente relativo a la consecuencia de un daño estructural y al tipo de ocupación” (NEC, 2015).

Cortante basal de diseño: “Fuerza total de diseño por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura resultado de la acción del sismo de diseño con o sin reducción, de acuerdo con las especificaciones de la presente norma” (NEC, 2015).

Estructuras esenciales: “Son las estructuras que deben permanecer operativas luego de un terremoto para atender emergencias” (NEC, 2015).

Daño sísmico: “Es el grado de destrucción a una acción externa. El daño en la estructura se evalúa tanto global como localmente. Desde el punto de vista estructural se califica el daño

sísmico, a partir de la deriva de piso y de la resistencia de los elementos estructurales” (Universidad Nacional de Colombia, 2011).

Deriva de piso: “Desplazamiento lateral relativo de un piso en particular por la acción de una fuerza horizontal con respecto al piso consecutivo, medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura. Se calcula restando del desplazamiento del extremo superior el desplazamiento del extremo inferior del piso” (NEC, 2015).

Ductilidad. “La ductilidad representa una medida de la capacidad de un edificio para tolerar cargas laterales en el rango post-elástico, disipando la energía del terremoto y creando daños de forma controlada, dispersa o concentrada localmente según el tipo de construcción y de sistema estructural” (Musson. Schwarz, & Stucchi, 2008, pág. 42).

CYPECAD: “Es un software que fue creado en España en la década de los 80s por la empresa CYPE Ingenieros S.A., para realizar el cálculo y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado, viviendas, edificios y proyectos de obra civil que pueden ser sometidos a acciones horizontales y verticales de cargas” (Vilema. C, 2014).

Además, está adaptada a las últimas normativas de varios países e incluyen las normas ecuatorianas con son: CEC-2001-NEC-2011-NEC 2015 (Vilema. C, 2014).

Licuación: “Fenómeno mediante el cual un depósito de suelo, sea ésta grava, arena, limo o arcillas de baja plasticidad saturadas, pierde gran parte de su resistencia al esfuerzo cortante debido al incremento de presión de poros bajo condiciones de carga no-drenada, sean monotónicas o cíclicas” (NEC, 2015).

Fisura: “Son roturas de distintas longitudes, espesores y profundidad, que aparecen en los elementos de la superficie o a su acabado y se manifiestan externamente como un desarrollo” (Pérez Del Río, 2014).

Grietas: “Son aberturas incontroladas que afecta a todo el espesor del muro” (Universidad Nacional de Colombia, 2011).

Modelamiento estructural: Es la distribución de los elementos verticales de soporte en una estructura, que permite elegir un sistema apropiado para el envigado, así mismo la distribución interna de espacios y funciones.

Peligrosidad sísmica: “Probabilidad de excedencia, dentro de un período específico de tiempo y dentro de una región determinada, de movimientos del suelo cuyos parámetros aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad son cuantificados” (NEC, 2015).

PGA (Peak Ground Acceleration): “Aceleración sísmica máxima en el terreno” (NEC, 2015).

Período de vibración: “Es el tiempo que transcurre dentro de un movimiento armónico ondulatorio, o vibratorio, para que el sistema vibratorio vuelva a su posición original considerada luego de un ciclo de oscilación” (NEC, 2015).

Z (factor): “El valor de Z de cada zona sísmica representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño expresada como fracción de la aceleración de la gravedad” (NEC, 2015).

Rigidez: “Es la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones y/o desplazamientos. Los principales parámetros que la definen son la longitud e inercia de los elementos estructurales, los tipos de uniones, los materiales utilizados” (NEC, 2015).

Sismo de diseño: “Evento sísmico que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años (período de retorno de 475 años), determinado a partir de un análisis de la peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento de la estructura o a partir de un mapa de peligro sísmico” (NEC, 2015).

Los efectos dinámicos del sismo de diseño pueden modelarse mediante un espectro de respuesta para diseño, como el proporcionado en esta norma.

ZONAS SÍSMICAS: “El Ecuador se divide en seis zonas sísmicas, caracterizada por el valor del factor de zona Z. Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica

alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta” (NEC, 2015)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Nivel de Investigación

En el proyecto se enmarca las siguientes metodologías de investigación adoptadas en el desarrollo del presente trabajo corresponde a la propuesta de Bernal Torres (Bernal C, 2006).

Investigación Descriptiva: “En este estudio tiene la capacidad de seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio y su descripción detallada de las partes, categorías o clases de dicho objeto” (Bernal C, 2006). Con el proyecto de investigación se trata de tomar datos reales, precisos y sistemáticos de la realidad del edificio y su comportamiento estructural ante amenaza sísmica.

Investigación Exploratoria: “Se explora un tema o problema de investigación poco estudiado, por lo tanto, “sirve para familiarizarse con fenómenos relativamente desconocidos, poco estudiados” (Jimenez, 1998). Por lo cual con el proyecto se estudiaron los aspectos estructurales ante amenazas sísmicas del edificio a través del modelamiento con el software CYPECAD.

Investigación Campo: En este tipo de investigación se apoyó el levantamiento de la información acerca de la resistencia de la columnas, vigas y losas del edificio de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, con la ayuda del esclerómetro.

3.2 Métodos de categorización o caracterización

“La caracterización de la vulnerabilidad sísmica de una estructura está estrechamente vinculada a los probables daños inducidos como consecuencia de un movimiento sísmico que depende fundamentalmente de tres factores; la severidad del movimiento en el emplazamiento, las características de la estructura y su vulnerabilidad sísmica” (Barbat, 1998).

“Clasifican las edificaciones según su tipología en clases de vulnerabilidad atendiendo a la experiencia sobre el desempeño sísmico que han tenido estructuras similares ante terremotos relevantes. El resultado suele ser bastante subjetivo por lo que generalmente es limitado a

evaluaciones preliminares. Un ejemplo de esta metodología es la clasificación de los tipos de estructuras según su clase de vulnerabilidad propuesta por la EMS-98” (Grunthal,1998).

Este tema es de nivel de investigación descriptivo, exploratorio y de campo, lo cual busca especificar las características a investigar, midiendo o recolectando información de cada una de ellas.

3.3 Diseño

El trabajo se basa en una investigación **cuasi-experimental** en lo cual “especifica los diseños de un grupo de medición antes y después” (Bernal, 2006), se realizó el modelamiento como se comporta la edificación antes y después de una amenaza sísmica utilizando el software CYPECAD.

Se aplicó un diseño **trasversal correcticional**, pues “esta se forma al describir la vinculación entre dos o mas variables en un período dado” (Chávez, 1998). En este caso se analizaron el comportamiento estructural y la configuración estructural ante la amenaza sísmica

METODOLOGIA ESPECÍFICA

El CYPECAD, es un software que fue creado en España en la década de los 80s por la empresa Cype Ingenieros S.A. para realizar el cálculo y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado, viviendas, edificios y proyectos de obra civil. Este programa permite al ingeniero calculista un análisis bi y tridimensional de elementos estructurales incluida la cimentación, el armado de acero de refuerzo de cada uno de ellos, cabe recalcar el programa es probabilístico en un análisis de resistencia sísmica.

3.4 Población y Muestra

El Edificio de la Facultad Ciencias de la Salud y del Ser humano de la Universidad Estatal de Bolívar, tiene una área de $3040 m^2$, el edificio en estudio fue construido en dos años aproximadamente, desde el 2007 hasta el 2009, por lo tanto tiene 10 años, es una estructura de hormigón armado de tres pisos, sin subsuelo, vigas de cimentación superficiales, losas de entrepiso, terraza y tapagrada, columnas, vigas descolgadas y escaleras, son de bloque de carga prefabricado cemento - arena, las puertas son de madera, pisos de porcelanato y cerámica, cielo raso de gypsum, instalaciones eléctricas y agua potable, esos son los

materiales que se encuentra en las diferentes áreas como son oficinas, aulas, laboratorios, auditorio, baños, corredores, también tiene un sistema de ascensor de uso exclusivo para personas con discapacidad.

Su estudio de suelo fue realizado por el laboratorio de mecánica de suelos y pavimentación de la facultad de ingeniería ciencias físicas y matemáticas de la Universidad Central del Ecuador, presente el informen técnico el 14 de octubre del 2006, suscrito por la Ing. Cecilia Flores V.M.Sc. Directora del Laboratorio, informando que el lugar donde se lo construirá el edificio de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano de la Universidad Estatal de Bolívar, se realizó tres perforaciones de 8.00m de profundidad, recobrar muestras alteradas cada 0.50m en el laboratorio, realizó la clasificación visual (normas INEN 693), determinación de humedad natural (normas INEN 690), límites de Atterberg (normas 691 y 692) y granulométrica (ASTM D 422). Los suelos son limos arenosos de plasticidad alta a media consistencia baja. Este estudio detalla cada parte de las perforaciones que se realizó describiendo el número de golpes en el ensayo, el porcentaje de humedad y la clasificación de SUCS. El informe de estudio de suelo se adjunta al final Anexo 2 .

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para la elaboración de este trabajo investigativo las técnicas e instrumentos que utilizamos son las siguientes:

- Diálogo con el Jefe del Departamento de Planificación de la Universidad Estatal de Bolívar.
- Levantamiento de información con el esclerómetro (es un instrumento de medición empleado para la determinación de la resistencia a compresión en hormigones) y cinta métrica.

3.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos (Estadístico utilizado), para cada uno de los objetivos específicos.

Mediante la elaboración del primer objetivo planteado; **Describir las patología del edificio**, empleamos la observación directa para conocer el estado real de la edificación y así poder conocer el comportamiento que presenta la estructura y la identificación de los daños

existentes de las columnas, vigas y losas, lo cual se evidenció fotográficamente en un documento.

En la elaboración del segundo objetivo planteado; **Modelar la estructura del edificio**, nos basamos en el diseño cuasi- experimental que nos permite una medición antes y después procediendo a ingresar los datos recopilados de la edificación y así poder determinar la vulnerabilidad sísmica aplicando el software CYPECAD de cálculo estructural que nos da el modelamiento de la estructura, obteniendo la geometría de la edificación, determinar los modos de vibración para de esa manera salvaguardar la vida de las personas y contribuir a un mejoramiento de la edificación.

En el tercer objetivo se estableció; **Medidas de reducción de riesgos**, se procedió a realizar un reforzamiento con muros de hormigón armado en la estructura, para que el edificio soporte los movimientos sísmicos y su liberación de energía sea de forma traslacional mejorando el comportamiento estructural reduciendo el nivel de vulnerabilidad sísmica.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS

4.1 Descripción de las patologías del edificio de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano

Mediante la observación directa de campo, con la ayuda de los planos arquitectónicos y estructural se pudo evidenciar los daños del edificio.

La edificación tiene una área por planta de aproximación 792 m² está ubicada en la parroquia Guanujo entre la Av. Alpachaca y Av. Ernesto Che Guevara S/N y Av. Gabriel Secaira, de la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar.

La edificación de estudio es una estructura de hormigón armado de tres pisos, sin subsuelo, vigas de cimentación superficiales, previa a la construcción del mencionado edificio se realizó un estudio de suelo, en lo cual el suelo corresponde a limos arenosos, de plasticidad alta a media y consistencia baja



Fotografía 1 : Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano.

Elaborado por: (Calero y Gaibor, 2019)

Fuente: Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano-UEB.

En la fotografía 1 se puede observar el sistema estructural de la edificación que consiste en una geometría compleja en planta, que son comunes en el diseño de edificios compuesta por columnas, vigas y losas de hormigón armado.

Patologías estructurales: Las patologías estructurales que se han registrado en estructuras de concreto armado, han surgido con la ocurrencias de eventos sísmicos en distintas localidades del mundo, por lo general las fallas en las edificaciones durante una acción sísmica se originan producto de los defectos en el diseño y configuración estructural, ya que es importante el análisis de los distintos tipos de daños y de las causas que los han originado para evitar mas daños en el futuro.

Tabla 1 : Tipos de Patologías en el sistema estructural.

| | Físicas | Alto nivel freático |
|------------------|----------------|-------------------------------------|
| Mecánicas | | Micro Fisuras Fisuras Grietas |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

En la siguiente tabla se puede evidenciar que la estructura cuenta con varios tipos de patologias como son microfisuras que el espesor es inferior a 0.05 mm y son visibles, las fisuras se trata de una rotura en la masa de hormigon que se manifiesta con un desarrollo lineal, y las grietas a la rotura que alcanza todo el espesor del elemento dejandole inutil para su posible función estructural, todas estas patologias son causas por motivos de movimientos del suelo, sobrecargas de las estructuras.

Distribución interna de paredes: En el sistema estructural es muy importante tener paredes internas que ayude en el corte basal y que propocionen rigidez en la estructura.



Fotografía 2 : Distribucion de paredes internas del edificio.

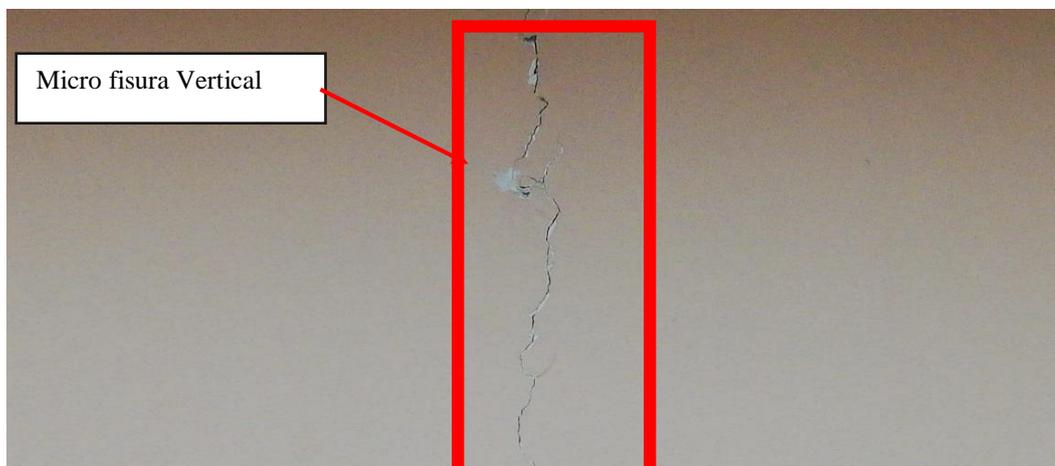
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente: Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano-UEB.

Humedad del suelo: Está referida al agua procedente del nivel freático a través de los capilares y que puede afectar a la cimentación de la estructura y a las partes bajas de las paredes en la edificación, como se observa en la estructura es notorio a simple vista que hay filtraciones de agua en las paredes eso hace vulnerable a la estructura como se puede observar en la fotografía 7.

Torsión en planta: Torsión en planta es el esfuerzo que sufre la estructura portante del edificio cuando es sometida a grandes esfuerzos horizontales ante un evento sísmico, la estructura del edificio de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano tiene grandes daños por esfuerzos horizontales debido a las fuerzas de inercia de un sismo.

Síntomas de la edificación. - En las siguientes imágenes que se pueden observar las sintomatologías de la edificación son las siguientes: micro fisuras, fisuras y grietas verticales y horizontales que se encuentran, en lo cual es muy importante determinar la extensión y la severidad de la afectación de los daños que ha sufrido y la realidad de la edificación.

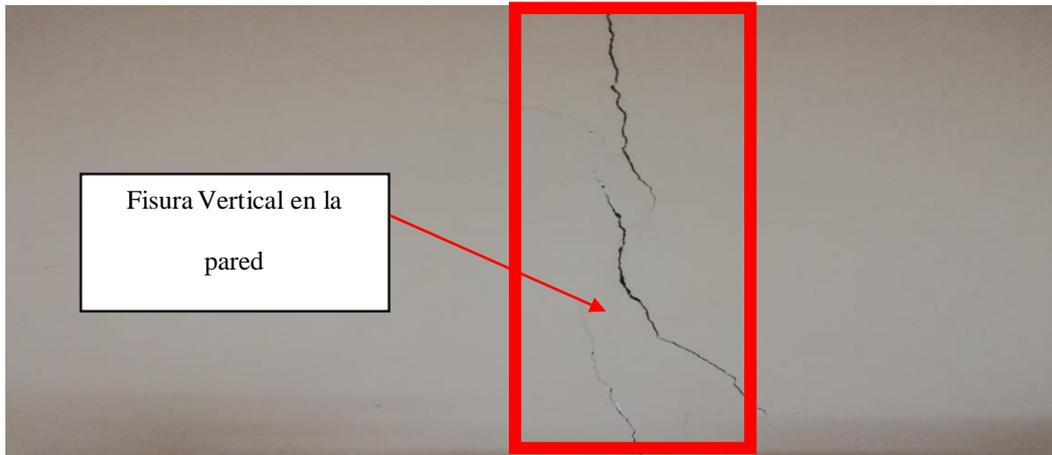


Fotografía 3 : Síntomas de las patologías micro fisura vertical planta baja.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente: Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano-UEB.

En la fotografía 3 se puede observar una micro fisura que se encuentra en la pared, con una longitud de 1.96 cm y un espesor de 0.08 mm, estas fisuras son producidas por los movimientos telurucos.



Fotografía 4 : Síntomas de las patologías estructurales en la pared fisuras verticales plata baja.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente: Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano-UEB.

En la fotograifa 4 se puede observar la sintomatología que presenta en la estructura, es una fisura vertical en la pared que tiene una longitud de 1.98 cm y un espesor de 0.2 mm, es el tipo de fallas que ocurre por la gran concentración de esfuerzos originados por las distintas cargar y fuerzas que induce el sismo.



Fotografía 5 : Síntomas de las patologías estructurales en la pared primera planta.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente: Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano-UEB.

En la fotografía 5 se observa una grieta horizontal de 45° que se encuentra en la planta baja en la pared frontal con un espesor 0.25 mm en forma de X así se evidencia de los daños y

las condiciones actuales en que se encuentra la edificación. Las fisuras que siguen una trayectoria horizontal se deben al desplazamiento horizontal de una parte del edificio respecto a otra como consecuencia de cargas sísmicas.



Fuente: Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano-UEB.

En la fotografía 6 se puede observar en la edificación un nivel freático alto que causa humedad que debilita los elementos estructurales, que proviene desde el exterior e ingresa mediante las fisuras.



Fotografía 7 : Síntomas de las patologías estructurales por grietas segunda planta.

Elaborado por: (Calero & Gaibor.2019)

Fuente: Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano-UEB.

En la fotografía 7 se puede observar una grieta horizontal que se encuentra en la segunda planta, con una longitud de 2 cm y un espesor 0.25 mm, causado por los movimientos sísmicos, también por que el suelo que es mejorado ya que es limo arcilloso.



Fotografía 8 : Síntomas de las patologías estructurales en la pared fuera del edificio primera planta.
Elaborado por: Calero y Gaibor,2019.
Fuente: Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano-UEB.

En la fotografía 8 se puede observar una fisura horizontal con una longitud de 1.45 cm por la humedad produciendo erosión en la pared.

4.2 Modelamiento estructura del edificio Ciencia de la Salud y del Ser Humano mediante el software CYPECAD 2017 .

4.2.1 Cargas permanentes y sobrecargas de uso: de acuerdo a la NEC-SE-CG.

Se puede observar el modelamiento del edificio Ciencias de la Salud y del Ser Humano a través del programa **CYPECAD**, en la cual se tomó en cuenta los planos arquitectónicos y estructurales.

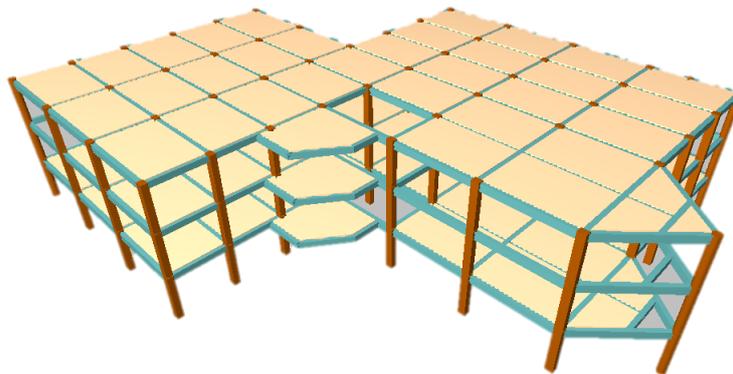


Figura 5 : Modelamiento Estructural.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente : Cypecad, v2017.

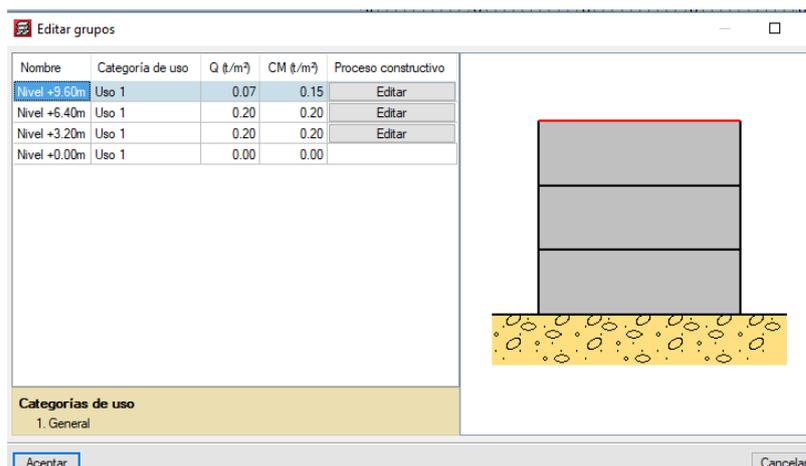


Figura 6 : Editar Grupos.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente : Cypecad, v2017.

4.2.2 Acción sísmica: según la NEC-SE-DS vigente

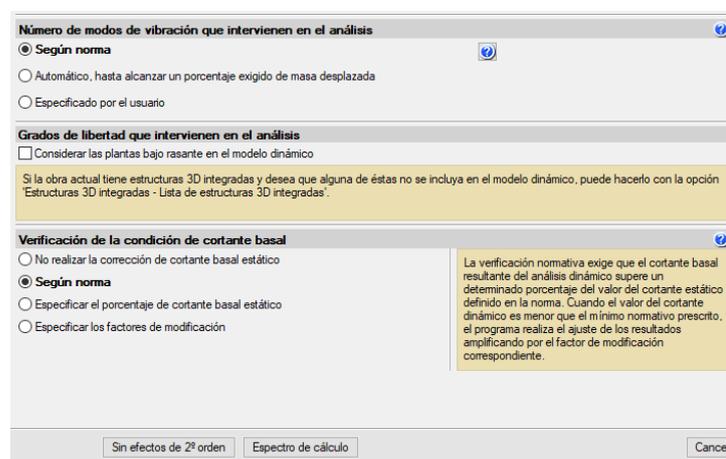
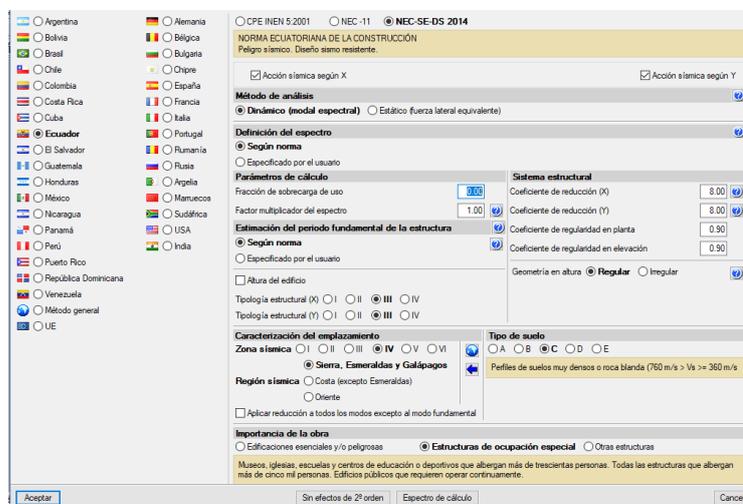


Figura 7 : Acción Sísmica.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente : Cypecad, v2017.

En la Figura 7 se puede observar que se trabaja con la Norma Ecuatoriana de la Construcción con las curvas de peligrosismo probabilístico para cada capital de provincia del Ecuador y Diseño sísmo resistente según la norma.

4.2.3 Datos del hormigón armado y acero

A través del esclerómetro fue tomada muestra de los tres elementos de la estructura (columnas, vigas, losas), donde se recopiló datos que se obtuvo un promedio total de 210 kg/cm², para ingresar en los datos generales del hormigón armado del edificio Ciencias de la Salud y del Ser Humano.

4.2.4 Selección de Normas

| Hormigón armado | |
|---------------------------|--------------------------|
| Hormigón | |
| Losas | f'c=210 |
| Fundación | f'c=210 |
| Pozos romanos | f'c=210 |
| Columnas | f'c=210 |
| Muros | f'c=210 |
| Características del árido | 15 mm |
| Acero | |
| Barras | Grado 60 (Latinoamérica) |
| Pernos | A-307 |

Figura 8 : Datos hormigón armado y acero.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

En la Figura 8 se observa la introducción de datos con los que se va a realizar a través del esclerómetro fue tomada muestra de los tres elementos de la estructura (columnas, vigas, losas), donde se recopiló datos que se obtuvo un promedio total de 210 kg/cm², con características del árido que tiene 15 mm, con barras de acero de grado 60.

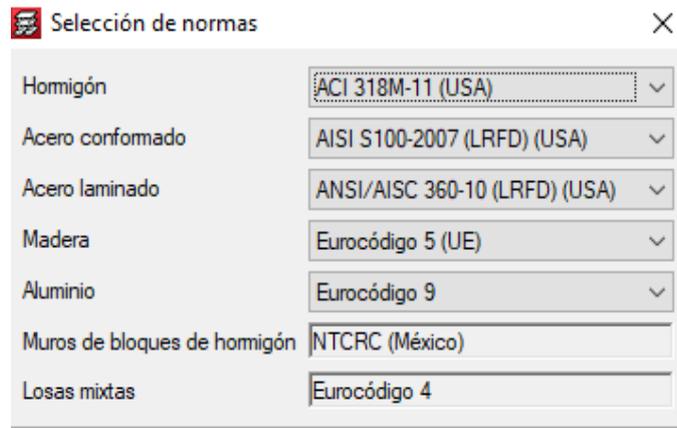


Figura 9 : Selección de normas.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente : Cypecad, v2017.

4.2.5 Resultados de los Análisis Estructurales

4.2.6 SISMO

Norma utilizada: NEC-SE-DS 2014

NORMA

ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN

Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

Método de cálculo: Análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e)

4.2.7 Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra,
 Esmeraldas y Galápagos

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): C

Sistema estructural

R_x: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y
 16)

R_x : 8.00

R_y: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y
 16)

R_y : 8.00

F_p: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS
 2014, 5.2.3a)

F_p : 0.90

F_E: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)

F_E : 0.90

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular

Estimación del periodo fundamental de la estructura:

Según norma

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

h: Altura del edificio

h : 9.60 m

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1):

Estructuras de ocupación especial

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso

: 0.00

Factor multiplicador del espectro

: 1.00

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

No se realiza análisis de los efectos de 2° orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Ninguno

Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6 b)

Vigas primarias frente a la acción sísmica: 0.5

Vigas secundarias frente a la acción sísmica: 0.01

Forjados primarios frente a la acción sísmica: 0.5

Forjados secundarios frente a la acción sísmica: 0.01

Columnas: 0.8

Tabiques: 0.6

Muros: 0.6

Muros de mampostería: 0.5

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y

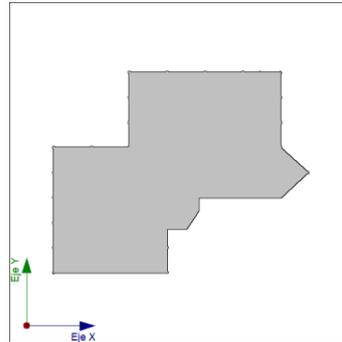


Figura 10 : Acción sísmica.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

En la Figura 10 se observa las direcciones de la acción sísmica con el cálculo de la rigidez y de las derivas máximas que se deben utilizar los valores de la inercia de los elementos estructurales a través de la modelación.

Proyección en planta de la obra

4.2.8 Espectro de cálculo

Espectro elástico de aceleraciones

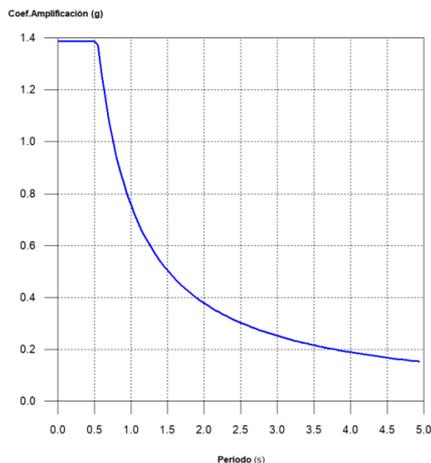


Figura 11 : Espectro de cálculo.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Coef. Amplificación:

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.388 g.

NEC-SE-DS 2014 (3.3.1)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

Z: Factor de zona (NEC-SE-DS 2014, Tabla 1)

Z: 0.35

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV

h: Relación de amplificación espectral (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)

h : 2.48

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos

F_a: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 3)

F_a : 1.23

F_d: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4)

F_d : 1.15

F_s: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5)

F_s : 1.06

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): C

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV

I: Factor de importancia (NEC-SE-DS 2014, Tabla 6)

I : 1.30

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Estructuras de ocupación especial

r: Exponente que define la rama descendente del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)

r : 1.00

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): C

T_C: Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)

T_C : 0.55 s

Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente ($R \cdot F_P \cdot F_E$) correspondiente a cada dirección de análisis.

Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad

R_X: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)

R_X : 8.00

R_Y: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)

R_Y : 8.00

F_P: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a)

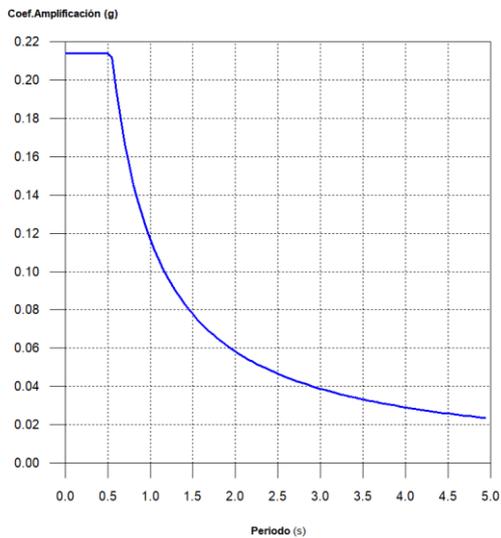
F_P : 0.90

F_E : Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)

F_E : 0.90

NEC-SE-DS 2014 (6.3.2)

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y

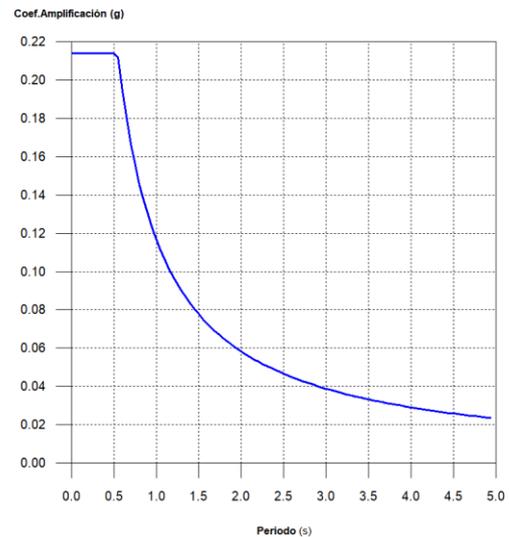


Figura 12 : Espectros en dirección x;y.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente : Cypecad, v2017.

En la Figura 12 se observa los espectros de diseño según X y según Y, expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel sismo de diseño en lo cual consiste con el factor Z dependiendo de la región del Ecuador como es provincia de la Sierra tiene un valor de 2.48, el tipo de suelo que se encuentra en el área de estudio.

Tabla 2 : Coeficientes de participación.

| Modo | T | L _x | L _y | L _{gz} | M _x | M _y | Hipótesis X(1) | Hipótesis Y(1) |
|--------------|-------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|--|--|
| Modo 1 | 0.535 | 0.0066 | 0.4358 | 0.9 | 0.02 % | 79.19 % | R = 6.48 A = 2.086 m/s ² D = 15.1299 mm | R = 6.48 A = 2.086 m/s ² D = 15.1299 mm |
| Modo 2 | 0.474 | 0.1016 | 0.0138 | 0.9947 | 52.81 % | 0.97 % | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 11.9795 mm | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 11.9795 mm |
| Modo 3 | 0.460 | 0.0539 | 0.0114 | 0.9985 | 28.18 % | 1.26 % | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 11.2711 mm | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 11.2711 mm |
| Modo 4 | 0.170 | 0.0002 | 0.4833 | 0.8754 | 0 % | 15.15 % | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 1.53473 mm | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 1.53473 mm |
| Modo 5 | 0.146 | 0.067 | 0.003 | 0.9977 | 7.2 % | 0.01 % | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 1.13383 mm | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 1.13383 mm |
| Modo 6 | 0.144 | 0.0784 | 0.003 | 0.9969 | 8.22 % | 0.01 % | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 1.1035 mm | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 1.1035 mm |
| Total | | | | | 96.43 % | 96.59 % | | |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad v2017.

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz} : Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

M_x, M_y : Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

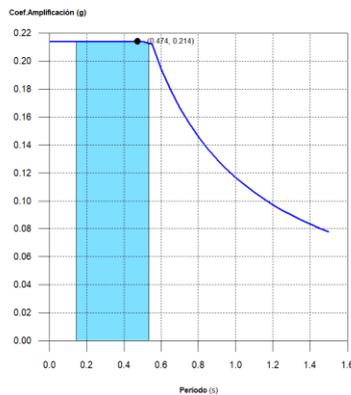
R : Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A : Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D : Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y

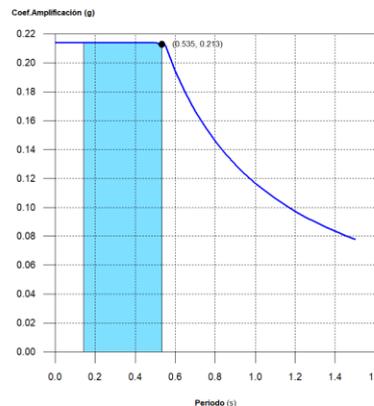


Figura 13 : Espectros en dirección.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente : Cypecad, v2017.

En la Figura 13 se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa como se establece en la Norma de Construcción Ecuatoriana.

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Tabla 3 : Hipótesis sismo .

| Hipótesis Sismo X1 | | | Hipótesis Sismo Y1 | | |
|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| Hipótesis modal | T (s) | A (g) | Hipótesis modal | T (s) | A (g) |
| Modo 2 | 0.474 | 0.214 | Modo 1 | 0.535 | 0.213 |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad v2017.

Tabla 4 : Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.

| Planta | c.d.m. (m) | c.d.r. (m) | e_x (m) | e_y (m) |
|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| Nivel +9.60m | (18.18, 16.76) | (17.61, 16.84) | 0.57 | -0.08 |
| Nivel +6.40m | (16.70, 16.94) | (17.61, 16.84) | -0.91 | 0.11 |
| Nivel +3.20m | (18.11, 16.77) | (17.61, 16.84) | 0.50 | -0.06 |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)

e_x : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

e_y : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta

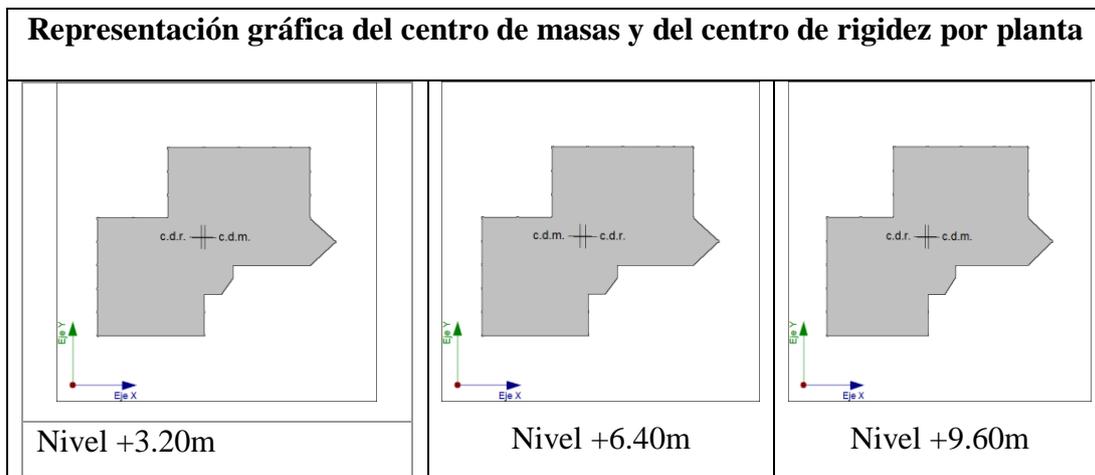


Figura 14 : Centro de masas y del centro de rigidez.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

En la Figura 14 se puede observar que el centro de masa donde la resultante de las fuerzas gravitacionales ejercidas por todos los cuerpos del sistema estructural y el centro de rigidez de la estructura en donde representa el centro geométrico de las rigideces de los elementos estructurales de un nivel es el punto del entrepiso.

4.2.9 Corrección por cortante basal

Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (V_d), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal.

Tabla 5 : Corrección Por Cortante Basal CQC.

| Hipótesis sísmica (X) | Hipótesis modal | V_x (t) | $V_{d,x}$ (t) |
|-----------------------|-----------------|-----------|---------------|
| Sismo X1 | Modo 1 | 0.0586 | 2.619.617 |
| | Modo 2 | 1.708.510 | |
| | Modo 3 | 911.714 | |
| | Modo 4 | 0.0000 | |
| | Modo 5 | 232.936 | |
| | Modo 6 | 265.849 | |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Tabla 6 : Corrección Por Cortante Basal.

| Hipótesis sísmica (Y) | Hipótesis modal | V_Y (t) | $V_{d,Y}$ (t) |
|-----------------------|-----------------|-----------|---------------|
| Sismo Y1 | Modo 1 | 2.538.256 | 2.613.400 |
| | Modo 2 | 31.337 | |
| | Modo 3 | 40.749 | |
| | Modo 4 | 489.205 | |
| | Modo 5 | 0.0471 | |
| | Modo 6 | 0.0395 | |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

$V_{d,x}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

4.2.10 Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

$V_{s,x}$: Cortante sísmico en la base (X) (NEC-SE-DS 2014,

6.3.2)

$$V_{s,x} : \frac{322.6177}{\quad} T$$

S_{d,x}(T_a): Aceleración espectral horizontal de diseño (X) **S_{d,x}(T_a) :** 0.214 G

T_{a,x}: Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a) **T_{a,x} :** 0.42 S

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

h: Altura del edificio **h :** 9.60 M

V_{s,y}: Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) **V_{s,y} :** 322.6177 T

S_{d,y}(T_a): Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) **S_{d,y}(T_a) :** 0.214 G

T_{a,y}: Periodo fundamental aproximado (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a) **T_{a,y} :** 0.42 S

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

h: Altura del edificio **h :** 9.60 M

W: Peso sísmico total de la estructura **W :** 1506.2427 T

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

w_i: Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Tabla 7 : Cálculo De La Acción Sísmica.

| Planta | w_i (t) |
|--------------------------------|-------------------|
| Nivel +9.60m | 4.814.259 |
| Nivel +6.40m | 4.711.891 |
| Nivel +3.20m | 5.536.277 |
| $W=\sum w_i$ | 15.062.427 |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.80 \cdot V_s / V_d$.

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular

NEC-SE-DS 2014 (6.2.2b)

Tabla 8 : Verificación De La Condición De Cortante Basal.

| Hipótesis sísmica | Condición de cortante basal mínimo | Factor de modificación |
|-------------------|--|------------------------|
| Sismo X1 | $V_{d,X1}^3$ 261.9617 t $0.80 \cdot V_{s,X}$ 3 258.0941 t | N.P. |
| Sismo Y1 | $V_{d,Y1}^3$ 261.3400 t $0.80 \cdot V_{s,Y}$ 3 258.0941 t | N.P. |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017

$V_{d,x}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,x}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

NP: No procede

4.2.11 Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

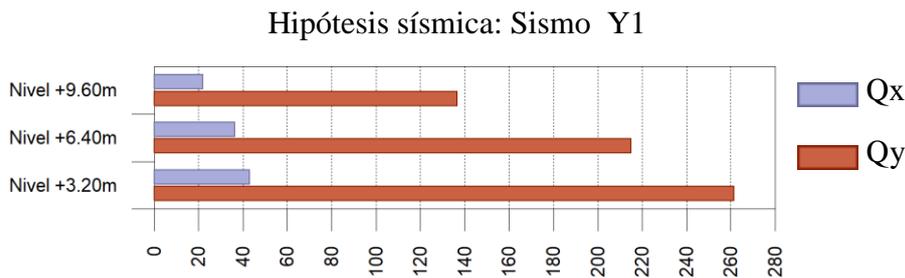
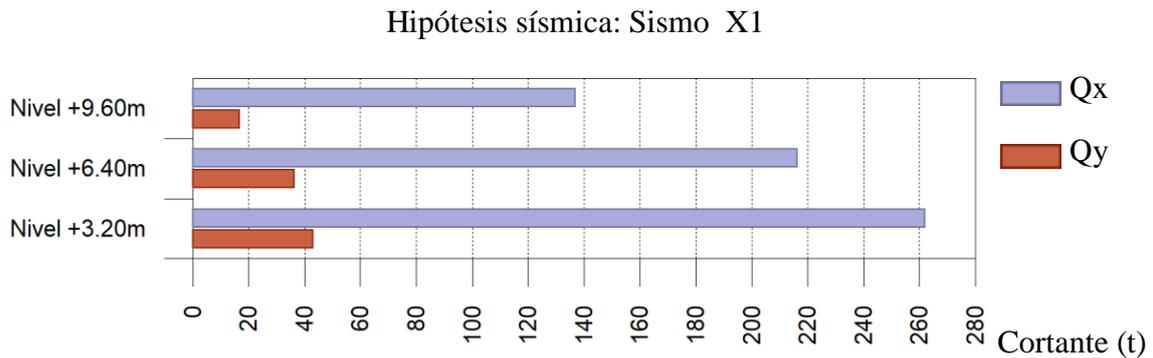


Figura 15 : Cortantes sísmicos máximos por planta.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, V2017.

Tabla 9 : Hipótesis Sísmica X1, Y1.

| Planta | Q _X (t) | F _{eq,X} (t) | Q _Y (t) | F _{eq,Y} (t) |
|--------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Nivel +9.60m | 1.368.299 | 1.368.299 | 166.569 | 166.569 |
| Nivel +6.40m | 2.162.062 | 930.882 | 363.957 | 210.692 |
| Nivel +3.20m | 2.619.617 | 654.354 | 431.274 | 67.928 |

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

| | | | | |
|--------------|---------|---------|-----------|---------|
| Nivel +6.40m | 362.554 | 143.470 | 2.150.388 | 917.932 |
| Nivel +3.20m | 431.518 | 71.698 | 2.613.400 | 657.388 |

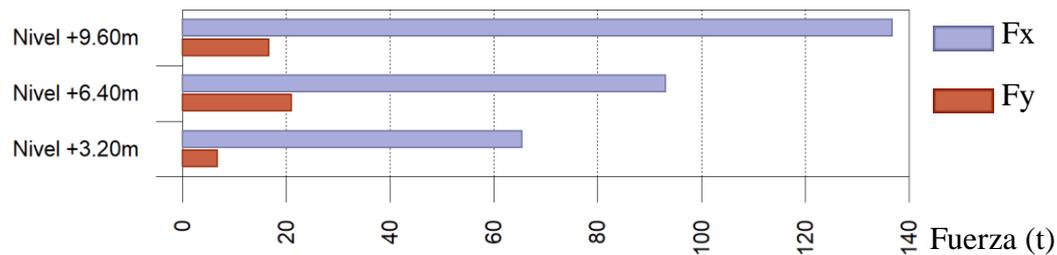
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Cortantes sísmicos máximos por planta

Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1

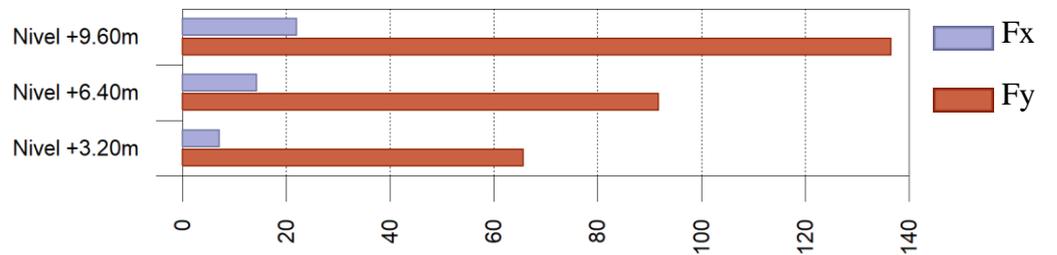


Figura 16 : Fuerzas sísmicas equivalentes por planta.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Fuerza (t)

Tabla 10 : Distorsión de Columnas Valores máximos.

| Desplome local máximo de los pilares (d / h) | | | | |
|--|---|-----------|-------------------------------------|-----------|
| Planta | Situaciones persistentes o transitorias | | Situaciones sísmicas ⁽¹⁾ | |
| | Dirección | Dirección | Dirección | Dirección |
| | X | Y | X | Y |
| Nivel +9.60m | ---- | ---- | 1/ 87 | 1/ 74 |
| Nivel +6.40m | ---- | ---- | 1/ 76 | 1/ 66 |
| Nivel +3.20m | ---- | ---- | 1 / 101 | 1/ 89 |

⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayor a dos por la ductilidad.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Tabla 11 : Total Máximo De Los Pilares.

| Desplome total máximo de los pilares (D / H) | | | | |
|---|-------------|-------------------------------------|-------------|--|
| Situaciones persistentes o transitorias | | Situaciones sísmicas ⁽¹⁾ | | |
| Dirección X | Dirección Y | Dirección X | Dirección Y | |
| ---- | ---- | 1/87 | 1/75 | |

Notas:

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

4.2.12 Modos de Vibración

Modelo de vibración 2 en X: Traslación

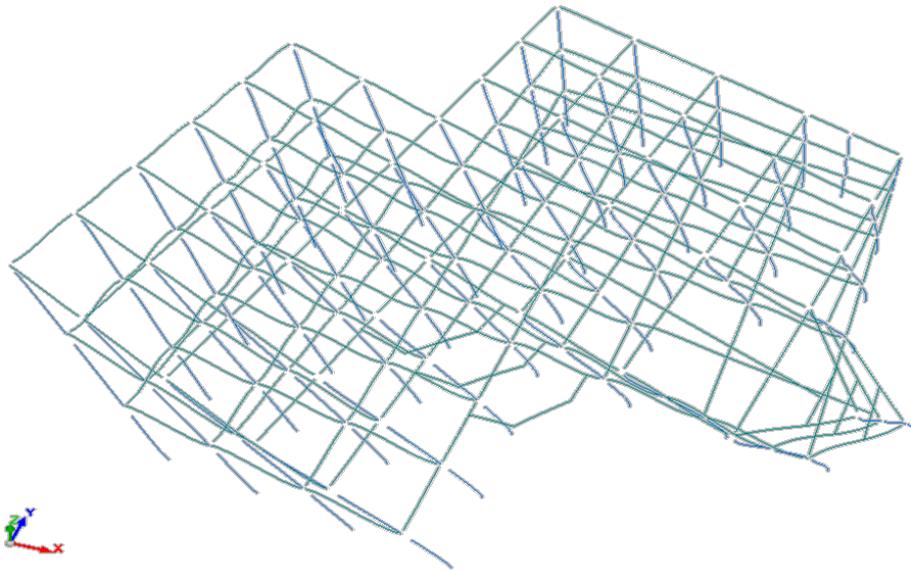


Figura 17 : Modelo de vibración 2 en X: Traslación.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Modelo de vibración 1 en Y: Traslación

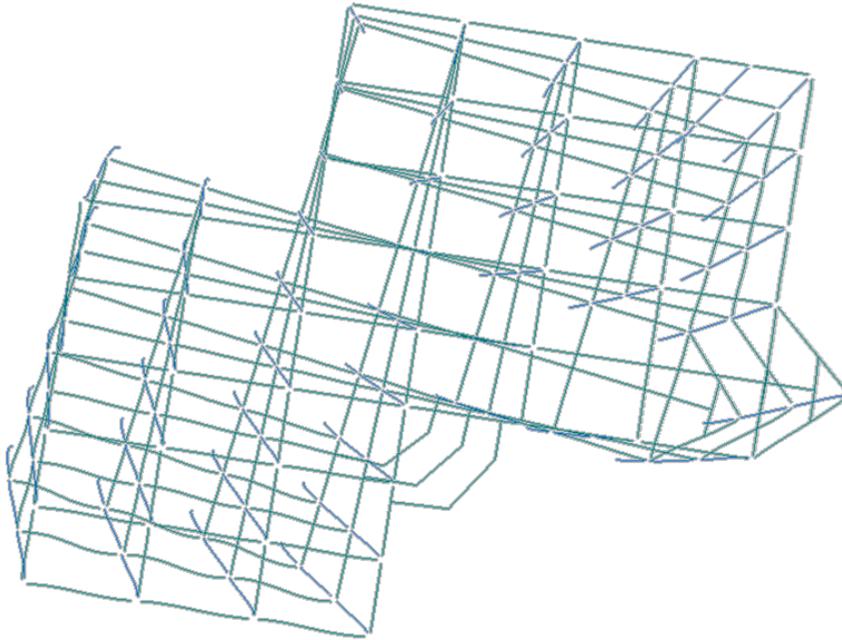


Figura 18 : Modelo de vibración 1 en Y: Traslación.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, V2017.

4.2.13 Analisis de la vulnerabilidad del edificio

ConFiguración estructural

La configuración estructural se compone de tres factores: el primero se refiere a la forma que va a tener la planta, altura y los componentes del sistema estructural. El segundo es a la naturaleza, tamaño y la ubicación de los elementos estructurales, donde se decidirá el sistema de resistencia como son las cargas gravitatorias, cargas laterales, columnas, muros y los materiales que se utilizarán en la construcción. El último es la naturaleza, tamaño y los elementos no estructurales a estos elementos no estructurales se refiere aquellos que no forman parte del sistema resistente de lo estructural sino están destinados a brindar el confort para que el edificio sea habitable como el aire acondicionado, ductos, luminarias, aislamiento e impermeabilización, ventanas, tabiquería, plafón, mobiliaria, tuberías, cerramiento son importantes ya que modifican las propiedades dinámicas del edificio.

La edificación Ciencias de la Salud y del Ser Humano tiene una forma asimétrica que causa efectos torsionales en planta, es una de las principales causantes de daños por los sismos, se deben al desequilibrio en la distribución de rigideces en las edificaciones.

La importancia de la configuración estructural: Es determinar el tipo de sistema resistente, influye en el patrón de transmisión de las fuerzas, determina la respuesta del edificio y influye en la seguridad e eficiencia que el edificio debe cumplir en una acción sísmica.

Simetría estructural se refiere a dos puntos centro de masa y centro de rigideces estos puntos deben intersectarse en un edificio. El centro de masa se intersecta en los ejes de simetría de la planta, donde actúan las fuerzas de inercia del edificio que se producen como consecuencia del evento sísmico. El centro de rigideces es un punto al cual se aplica una fuerza lo que va a ocurrir en la planta traslación de la dirección de la fuerza que se está aplicando.

Si no conciden estos dos puntos se producirán diferentes movimientos distintos a la traslación de la planta.

Vulnerabilidad sísmica de la edificación

Una vez realizado el modelamiento estructural en el software CYPECAD, aplicando las normas Ecuatorinas de Construcción sísmo resistente, se puede determinar la vulnerabilidad del edificio Ciencias de la Salud y del Ser Humano, en el cual los resultados nos indican que cumplen e incumplen con ciertos parámetros establecidos en las normas las cuales deben cumplir en la construcción del edificio mencionado. En los tres

primeros modos de vibración se obtiene una participación de movimiento de masa del edificio con el 80% en cada dirección. En el primer modo de vibración prevalece el sentido torsión con el 0,9% en el coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional ; en el segundo modo de vibración es desplazada en el sentido de torsión con el 0,99%; y el tercer modo de vibración prevalece en movimiento de rotación con el 0,99 % , lo cual nos indica que la estructura tiene un comportamiento no adecuado en un movimiento sísmico lo cual puede colapsar inmediatamente.

En cuanto a las derivas de piso, cumple con las normas establecidas con el valor mínimo del desplome local máximo de los pilares que es 1/50, la primera planta con 1/74, segunda planta 1/66, la tercera 1/89, estos parámetros nos permite identificar que si están cumpliendo con lo establecido por las norma vigente, se consideran de gran importancia estos valores porque nos permitiendo determinar si la estructura o la edificación tiene o no un comportamiento sísmico adecuado o deseable, es decir si o no es vulnerable ante un evento sísmico de gran magnitud.

4.3 Resultado según objetivo 3

4.3.1 Medidas de reducción de riesgos para el mejoramiento del desempeño estructural.

4.3.2 Análisis de los resultados

Con los resultados obtenidos de la modelación del edificio Ciencias de la Salud y del Ser Humano se ha realizado una propuesta de reforzamiento para mejorar el desempeño estructural, se implementó muros de hormigón armado con espesor de 0.15mm en diferentes orientaciones de sus plantas para que ayuden a resistir la rotación o torsión que produce los movimientos del suelo producto de los eventos adversos en el cual crean fuerzas de inercia teniendo en cuenta la aceleración y la masa del edificio produciendo movimientos en toda la estructura, situado en una falla superficial por lo cual produce grandes daños sin importar lo bien diseñado que este, dicho movimiento es resistido por los muros de hormigón armado y las fuerzas que se transmite a lo largo de la estructura.

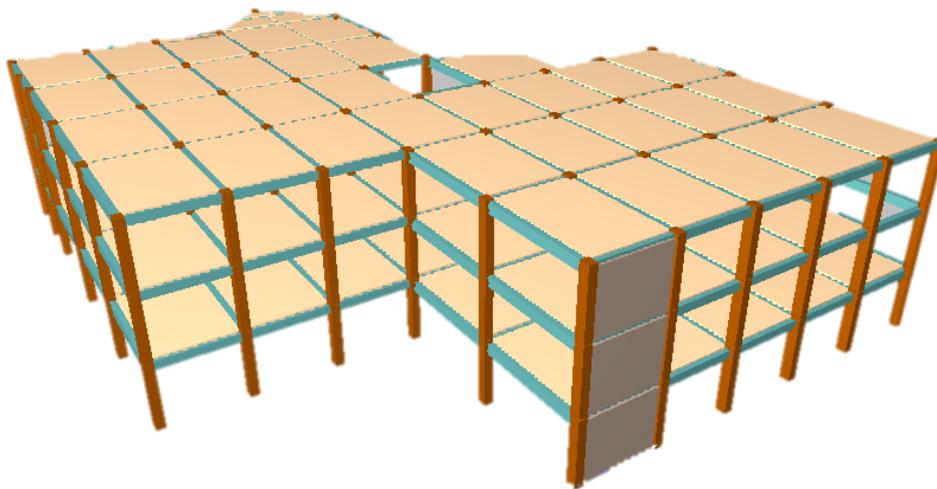
En el edificio el muro cortante resiste fuerzas dinámicas que están invirtiendo su dirección con la fuerza de inercia, el diafragma y lo movimientos del suelo con lo cual continua con movimientos fuertes, la misma que depende de las características del sismo que son tamaño y la localización de los muros de hormigón armado que son de mayor importancia. Las plantas con una medida de rigidez es la deflexión y para cargas verticales de gravedad que

se pueden concebir como conjunto de elementos resistentes con orientaciones para resistir las fuerzas de traslación

Los muros de hormigón armado son generalmente preferidos por diferentes proyectistas debido a su versatilidad, en la actualidad los elementos han sido adoptados ampliamente en

Muro de hormigón
armado en el tramo frontal

zonas de sismicidad en donde han dado grandes resultados con lo cual ayuda a minimizar las deformaciones que reduce daños en el edificio como al tamaño naturaleza y localización



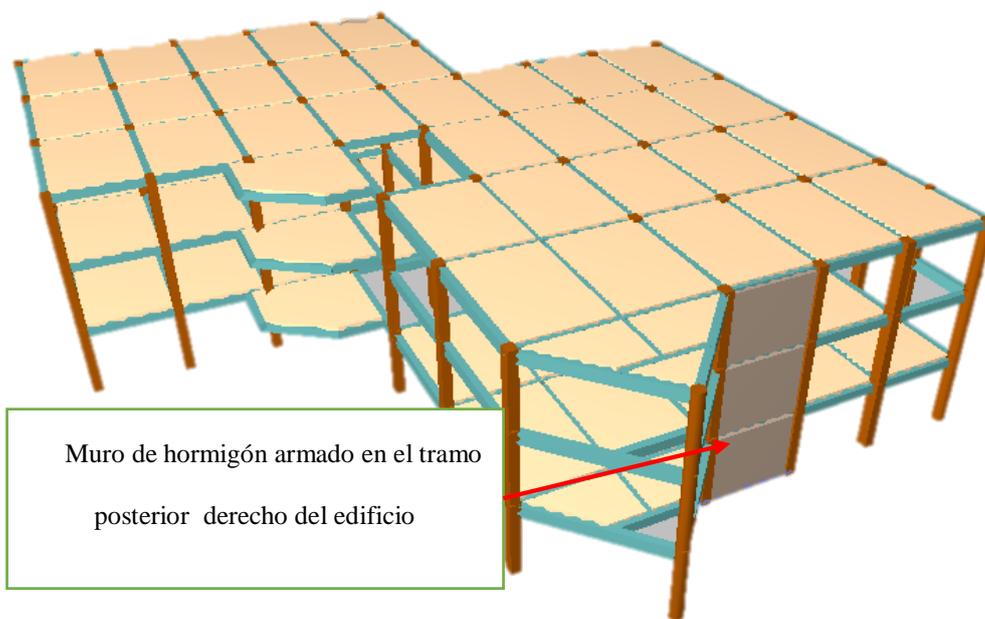
de los elementos resistentes y no estructurales dentro de él.

4.3.3 Modelamiento Estructural

Figura 19 : Objetivo 3 la propuesta modelamiento estructural.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.



4.3.4 Resultados del modelamiento estructural medidas de reducción

4.3.5 SISMOS

Norma utilizada: NEC-SE-DS 2014

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN

Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

Método de cálculo: Análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e)

4.3.6 Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): C

Sistema estructural

| | |
|---|-----------------------------|
| R_X : Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) | R_X : 8.00 |
| R_Y : Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) | R_Y : 8.00 |
| F_P : Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) | F_P : 0.90 |
| F_E : Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) | F_E : 0.90 |
| Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular | |

Estimación del periodo fundamental de la estructura: Según norma

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

h: Altura del edificio **h** : 9.60 m

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Estructuras de ocupación especial

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso : 0.00

Factor multiplicador del espectro : 1.00

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Ninguno

Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6 b)

Vigas primarias frente a la acción sísmica: 0.5

Vigas secundarias frente a la acción sísmica: 0.01

Forjados primarios frente a la acción sísmica: 0.5

Forjados secundarios frente a la acción sísmica: 0.01

Columnas: 0.8

Tabiques: 0.6

Muros: 0.6

Muros de mampostería: 0.5

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y

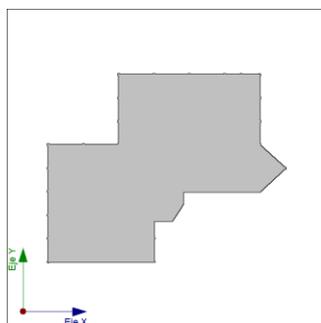


Figura 20 : Factores reductores de la inercia.

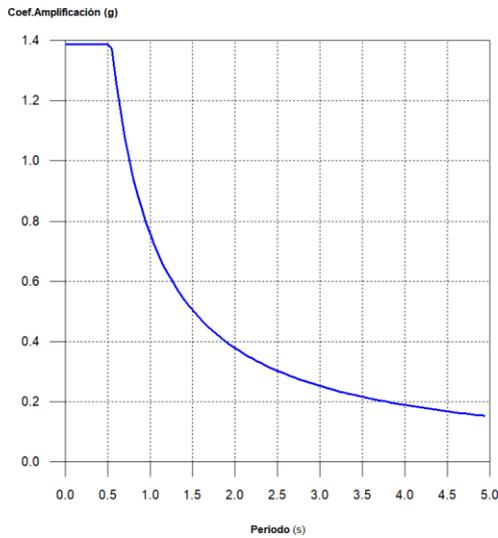
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, 2019.

Proyección en planta de la obra

4.3.7 Espectro de cálculo

Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.388 g.

Figura 21 : Espectro de cálculo.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente : Cypecad, v2017.

NEC-SE-DS 2014 (3.3.1)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

| | |
|--|------------------------------------|
| Z: Factor de zona (NEC-SE-DS 2014, Tabla 1) | Z : <u>0.35</u> |
| Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV | |
| h: Relación de amplificación espectral (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) | h : <u>2.48</u> |
| Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos | |
| F_a: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 3) | F_a : <u>1.23</u> |
| F_d: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4) | F_d : <u>1.15</u> |
| F_s: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5) | F_s : <u>1.06</u> |
| Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): C | |
| Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV | |

I: Factor de importancia (NEC-SE-DS 2014, Tabla 6) **I :** 1.30
 Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Estructuras de ocupación especial

r: Exponente que define la rama descendente del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) **r :** 1.00
 Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): C

T_c: Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) **T_c :** 0.55 s

Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente ($R \cdot F_P \cdot F_E$) correspondiente a cada dirección de análisis.

Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad

R_X: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **R_X :** 8.00
R_Y: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **R_Y :** 8.00
F_P: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) **F_P :** 0.90
F_E: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) **F_E :** 0.90

NEC-SE-DS 2014 (6.3.2)

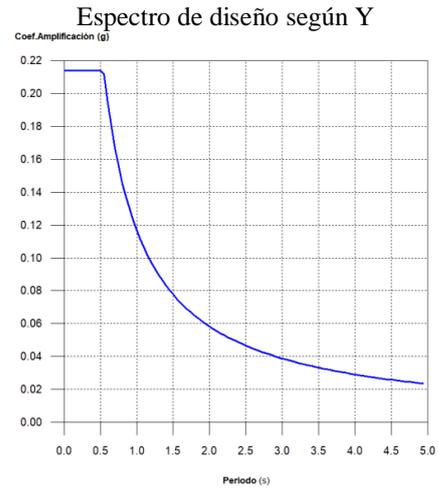
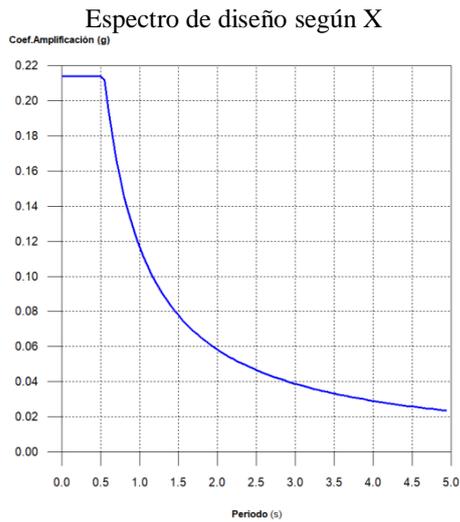


Figura 22 : Espectro de diseño según X y Y.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente : Cypecad, v2017.

Tabla 12 : Propuesta del objetivo 3 coeficientes de participación.

| Modo | T | L _x | L _y | L _{gz} | M _x | M _y | Hipótesis X(1) | Hipótesis Y(1) |
|--------|-------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|--|--|
| Modo 1 | 0.469 | 0.9999 | 0.0004 | 0.0154 | 80.9 % | 0 % | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 11.7266 mm | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 11.7266 mm |
| Modo 2 | 0.143 | 0.9194 | 0.004 | 0.3934 | 15.46 % | 0 % | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 1.08591 mm | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 1.08591 mm |
| Modo 3 | 0.113 | 0.0005 | 0.9483 | 0.3174 | 0 % | 82.51 % | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 0.67619 mm | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 0.67619 mm |
| Modo 4 | 0.088 | 0.0104 | 0.0092 | 1 | 0 % | 0.01 % | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 0.40826 mm | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 0.40826 mm |
| Modo 5 | 0.069 | 0.7369 | 0.0032 | 0.676 | 3.64 % | 0 % | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 0.25002 mm | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 0.25002 mm |

| Modo | T | L _x | L _y | L _{gz} | M _x | M _y | Hipótesis X(1) | Hipótesis Y(1) |
|--------|-------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|--|--|
| Modo 6 | 0.036 | 0.0001 | 0.8463 | 0.5328 | 0 % | 16.23 % | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 0.06858 mm | R = 6.48 A = 2.101 m/s ² D = 0.06858 mm |
| Total | | | | | 100 % | 98.75 % | | |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz}: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales

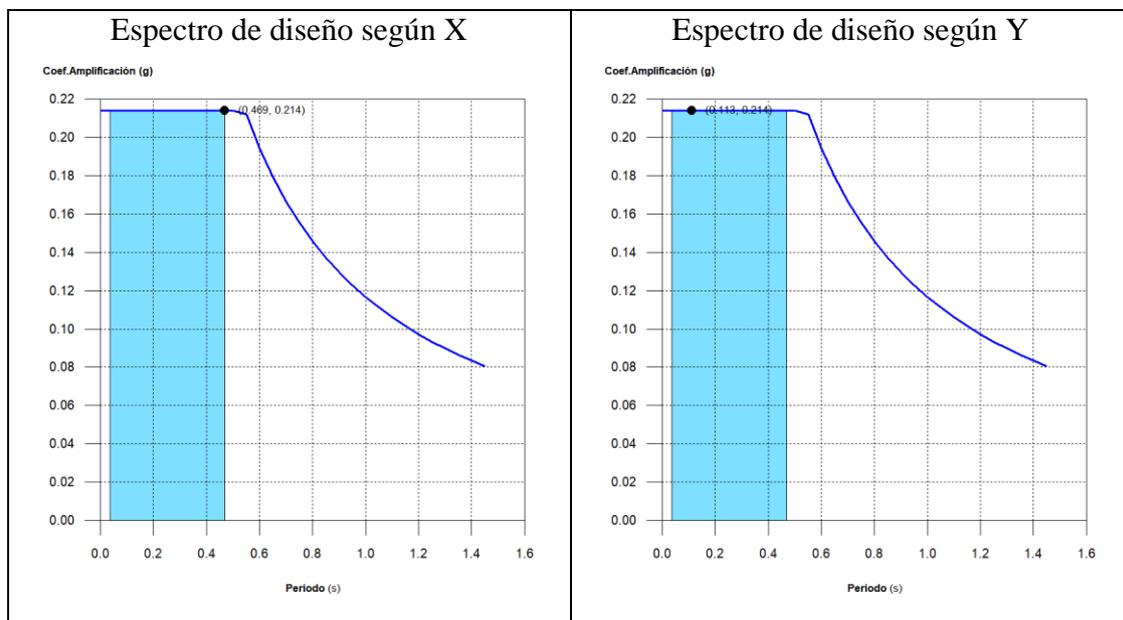


Figura 23 : Espectro de los periodos modales según X y Y.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Tabla 13 : Objetivo 3 hipótesis sismo X1, Y1.

| Hipótesis Sismo X1 | | | Hipótesis Sismo Y1 | | |
|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| Hipótesis modal | T (s) | A (g) | Hipótesis modal | T (s) | A (g) |
| Modo 1 | 0.469 | 0.214 | Modo 3 | 0.113 | 0.214 |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Tabla 14 : Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.

| Planta | c.d.m. (m) | c.d.r. (m) | e_x (m) | e_y (m) |
|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| Nivel +9.60m | (18.16, 16.85) | (17.91, 17.20) | 0.25 | -0.36 |
| Nivel +6,40m | (16.77, 17.12) | (17.91, 17.20) | -1.14 | -0.08 |
| Nivel +3.20m | (18.09, 16.93) | (17.91, 17.20) | 0.18 | -0.27 |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)

e_x : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

e_y : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

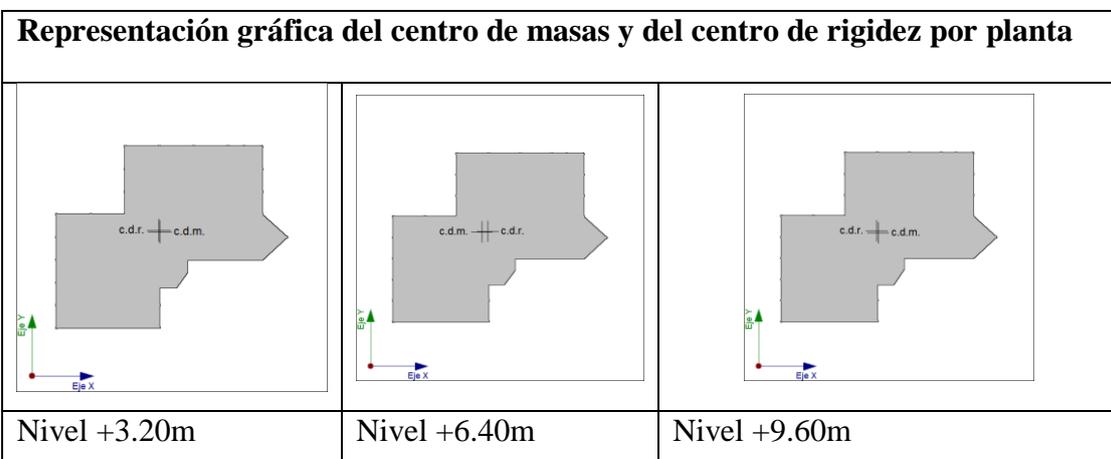


Figura 24 : Centro de masas y del centro de rigidez por planta.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

4.3.8 Corrección por cortante basal

Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (V_d), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal.

Tabla 15 : Cortante dinámico CQC, X1.

| Hipótesis sísmica (X) | Hipótesis modal | V_X (t) | $V_{d,X}$ (t) |
|-----------------------|-----------------|--------------|------------------|
| Sismo X1 | Modo 1 | 2.735.533 | 2.791.071 |
| | Modo 2 | 522.952 | |
| | Modo 3 | 0.0001 | |
| | Modo 4 | 0.2517 | |
| | Modo 5 | 122.946 | |
| | Modo 6 | 0.0000 | |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Tabla 16 : Cortante sísmico en la base Y1.

| Hipótesis sísmica (Y) | Hipótesis modal | V_Y (t) | $V_{d,Y}$ (t) |
|-----------------------|-----------------|--------------|------------------|
| Sismo Y1 | Modo 1 | 0.0000 | 2.837.068 |
| | Modo 2 | 0.0010 | |
| | Modo 3 | 2.780.179 | |
| | Modo 4 | 0.3577 | |
| | Modo 5 | 0.0002 | |
| | Modo 6 | 546.909 | |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

$V_{s,X}$: Cortante sísmico en la base (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2)

$V_{s,X} : 338.1070 \text{ t}$

$S_{d,x}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X) $S_{d,x}(T_a) : 0.214 \text{ g}$

$T_{a,x}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a) $T_{a,x} : 0.42 \text{ s}$

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

h : Altura del edificio $h : 9.60 \text{ m}$

$V_{s,y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) $V_{s,y} : 338.1070 \text{ t}$

$S_{d,y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) $S_{d,y}(T_a) : 0.214 \text{ g}$

$T_{a,y}$: Periodo fundamental aproximado (Y) (NECSE-DS 2014, 6.3.3a) $T_{a,y} : 0.42 \text{ s}$

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

h : Altura del edificio $h : 9.60 \text{ m}$

W : Peso sísmico total de la estructura $W : 1578.5598 \text{ t}$

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

w_i : Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Tabla 17 : Cortante Basal Estático.

| Planta | w_i |
|--------|-------|
|--------|-------|

| | (t) |
|-------------------------|-------------------|
| Nivel +9.60m | 4.952.096 |
| Nivel +6,40m | 5.005.929 |
| Nivel +3.20m | 5.827.573 |
| W=∑w_i | 15.785.598 |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.80 \cdot V_s / V_d$.

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular

NEC-SE-DS 2014 (6.2.2b)

Tabla 18 : Verificación De La Condición De Cortante Basal.

| Hipótesis sísmica | Condición de cortante basal mínimo | Factor de modificación |
|-------------------|------------------------------------|------------------------|
| Sismo X1 | $V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ | N.P. |
| | 279.1071 | |
| | t ³ | |
| Sismo Y1 | $V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ | N.P. |
| | 270.4856 | |
| | t | |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,X}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,Y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

4.3.9 Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

4.3.10 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Tabla 19 : Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta.

Hipótesis Sísmica: Sismo X1

| Planta | Q _X (t) | F _{eq,X} (t) | Q _Y (t) | F _{eq,Y} (t) |
|--------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Nivel +9.60m | 1.428.081 | 1.428.081 | 11.267 | 11.267 |
| Nivel +6,40m | 2.310.979 | 1.050.117 | 0.3386 | 0.9106 |
| Nivel +3.20m | 2.791.071 | 746.499 | 0.5460 | 0.2308 |

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

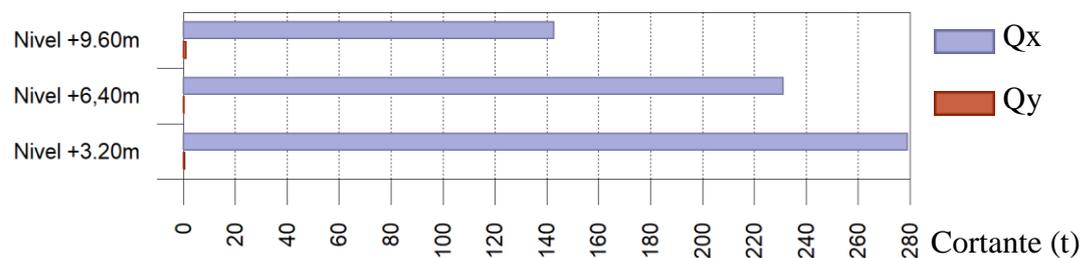
| Planta | Q _X (t) | F _{eq,X} (t) | Q _Y (t) | F _{eq,Y} (t) |
|--------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Nivel +9.60m | 0.3089 | 0.3089 | 1.448.042 | 1.448.042 |
| Nivel +6,40m | 0.3351 | 0.3942 | 2.310.051 | 972.978 |
| Nivel +3.20m | 0.4063 | 0.6850 | 2.837.068 | 787.038 |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1

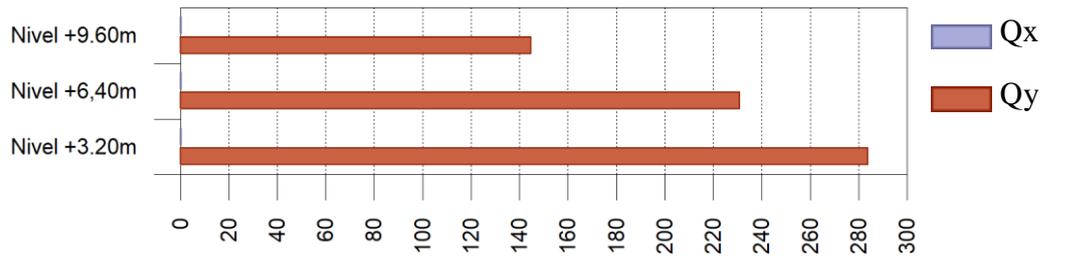


Figura 25 : Cortantes sísmicos máximos por planta.

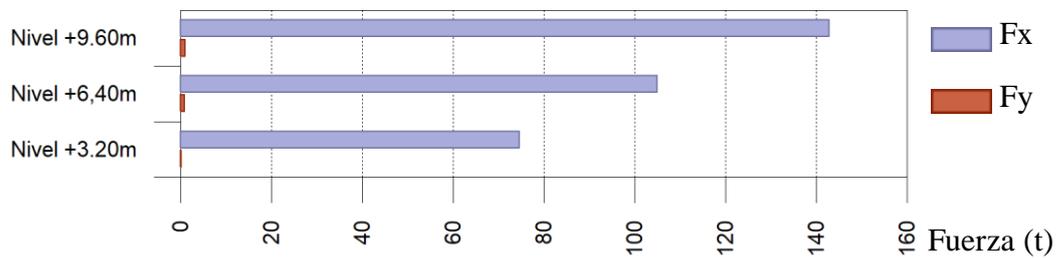
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Cortante (t)

Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1

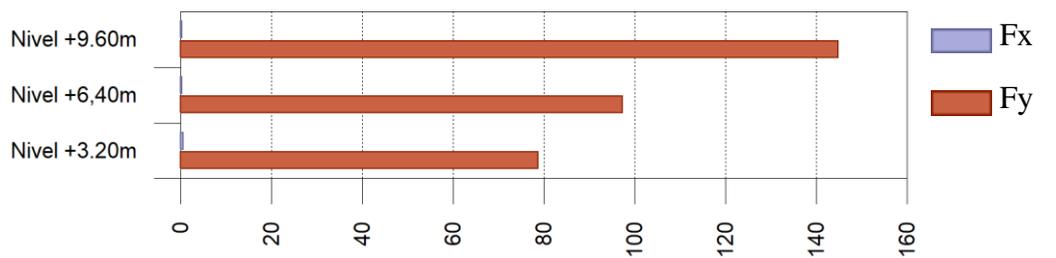


Figura 26 : Fuerzas sísmicas equivalentes por planta.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Fuerza (t)

Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Tabla 20 : Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

| Planta | % Q _X | | % Q _Y | |
|--------|------------------|-------|------------------|-------|
| | Columnas | Muros | Columnas | Muros |
| | | | | |

| | | | | |
|--------------|-------|------|-------|-------|
| Nivel +9.60m | 96.09 | 3.91 | 20.85 | 79.15 |
| Nivel +6,40m | 96.08 | 3.92 | 41.86 | 58.14 |
| Nivel +3.20m | 90.26 | 9.74 | 45.56 | 54.44 |

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

| Planta | % Q _X | | % Q _Y | |
|--------------|------------------|-------|------------------|-------|
| | Columnas | Muros | Columnas | Muros |
| Nivel +9.60m | 88.67 | 11.33 | 4.41 | 95.59 |
| Nivel +6,40m | 89.90 | 10.10 | 6.43 | 93.57 |
| Nivel +3.20m | 92.07 | 7.93 | 12.69 | 87.31 |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Tabla 21 : Porcentaje De Cortante Sísmico Resistido Por Tipo De Soporte En Arranques.

| Hipótesis sísmica | % Q _X | | % Q _Y | |
|-------------------|------------------|-------|------------------|-------|
| | Columnas | Muros | Columnas | Muros |
| Sismo X1 | 90.26 | 9.74 | 45.56 | 54.44 |
| Sismo Y1 | 92.07 | 7.93 | 12.69 | 87.31 |

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

4.3.11 Distorsión de columnas

Valores máximos

Tabla 22 : Desplome Local Máximo De Los Pilares.

| Desplome local máximo de los pilares (d / h) | | | | |
|--|---|-------------|-------------------------------------|-------------|
| Planta | Situaciones persistentes o transitorias | | Situaciones sísmicas ⁽¹⁾ | |
| | Dirección X | Dirección Y | Dirección X | Dirección Y |
| Nivel +9.60m | ---- | ---- | 1 / 126 | 1/2134 |
| Nivel +6,40m | ---- | ---- | 1 / 110 | 1/2000 |
| Nivel +3.20m | ---- | ---- | 1 / 147 | 1/2270 |

Notas:

⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayor a dos por la ductilidad.

Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

Fuente : Cypecad, v2017.

Dentro del programa CYPECAD tiene un listado que se llama “Distorsiones de pilares” ya que la deriva es el desplazamiento entre base y cabeza de un pilar o columna (distorsión absoluta en m) dividido por su altura libre entre base y cabeza (distorsión relativa) es lo que limita la normativa. También se llama desplome local.

4.3.12 Modos de Vibración

Modo de vibración en dirección en x: **traslacional**

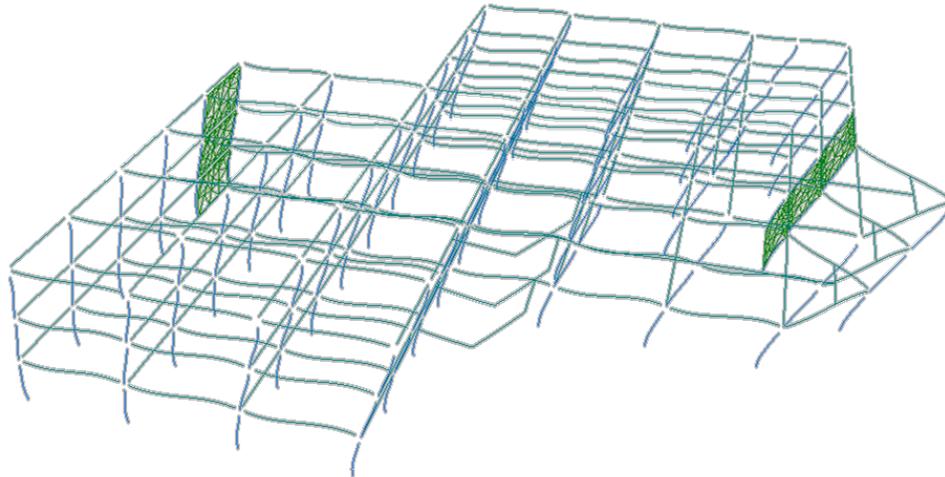


Figura 27 : Modo de vibración en dirección en x: translacional.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente : Cypecad, v2017.

Modo de vibración en dirección en y: Traslacional

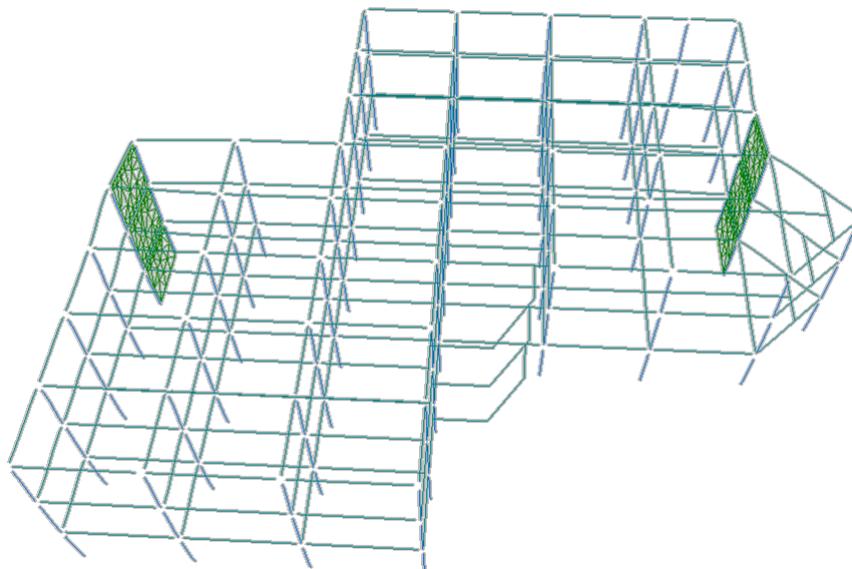


Figura 28 : Modo de vibración en dirección en y: Traslacional.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente : Cypecad, v2017.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se logro realizar un estudio patológico de la estructura, en donde identificamos muchos factores como: microfisuras, fisuras, grietas causadas por varios motivos por movimientos sísmicos, cambios de clima, sobre cargas en la estructura, fallas arquitectónicas, utilización de materiales inadecuados y nivel freático alto por la presencia de humedad en la edificación.

En el coeficiente de participación se establecen los modos de vibración, donde el primer modo es fundamental donde todos los pisos se desplazan en una misma dirección, es traslacional en el sentido x con 0.9 se, el segundo modo de vibración también es traslacional en el sentido y con 0.994 seg. en el tercer modo de vibración es torsional con 0.99 seg. se concluye que, a través de los elementos resistentes como vigas, columnas y losas, la estructura está diseñada para resistir fuerzas horizontales para una acción sísmica

El análisis del sistema estructural del edificio mediante la NEC-SD-DS peligro sísmico cumple con el periodo de vibración de la estructura, mismo que no debe sobre pasar el 30% del valor correspondiente con el método 1 (0.535 seg >0.474 seg), lo cual es una estimación inicial razonable que permite el cálculo de las fuerzas sísmicas, por lo cual nos permite determinar con la modelación y la rigidez de la edificación.

En cuanto en el análisis de las derivas en las situaciones sísmicas de la estructura permitió ver que tiene un desplome total de los pilares en el sentido x de 1/87 equivalente al 1.14%, en cambio en el sentido y el valor es de 1/75 equivalente a 1.33%, así comprobando con los resultados de la norma que es de 2% . Es evidentemente que la estructura influye masa y rigidez por lo tanto los desplazamientos horizontales de losas y columnas van disminuyendo las fuerzas de inercia de la edificación.

Los resultados obtenidos por el programa CYPECAD podemos concluir que la estructura tiene un comportamiento y desempeño aceptable de traslación no optimo de torsión.

5.2 RECOMENDACIONES

En el estado actual de la edificación, la vulnerabilidad del edificio también se determina por los posibles problemas y causas de las patologías y síntomas estructurales, se recomienda dar un seguimiento con un especialista en estructura para una remediación estructural si fuera del caso.

Por presentar torsión en los primeros modos de vibración, lo cual no permite un adecuado desempeño estructural, se recomienda la colocación de muros de hormigón armado o mampostería armada en determinados sitios y de manera simétrica que permita mayor rigidez lateral de la edificación y disminuir drásticamente el efecto torsional, esto permitirá disminuir el nivel de vulnerabilidad estructural.

La Universidad Estatal de Bolívar, deberá realizar un estudio muy específico sobre mecánica de suelo, su estratigrafía y composición del campus donde se encuentra la edificación, y que tanto puede influir el tipo del suelo y sus propiedades en su comportamiento sísmico; según los archivos, esta edificación está cimentada sobre un suelo mejorado.

Se recomienda utilizar procedimientos alternativos de cálculo sísmico que tenga un adecuado fundamento técnico, basado en los principios establecidos por la dinámica de estructuras, llevados a cabo por un profesional especializado en comportamiento dinámico de estructuras.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, A. (2018). *16 de abril de 2016: Lecciones Aprendidas*. Guayaquil Ecuador: Instituto Geofísico. Recuperado De <https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/1574-16-de-abril-de-2016-lecciones-aprendidas-dra-alexandra-alvarado>.

Barbat, A., & Lantada, N., & Pujades, L., & Carreño, L. (1998). *Evaluación del riesgo sísmico de Barcelona*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Alex_Barbat/publication/268325257_Evaluacion_d_el_riesgo_sismico_de_Barcelona/links/547469930cf2778985abdc41.pdf.

Amangandi, K., & Yasuma, E. (2017). *Análisis De Riesgos Ante Eventos Sísmicos En Las Edificaciones De La Parroquia Santa Fe, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar*. (tesis de pregrado). Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador.

Beneit, L., & Gómez, J. (2003). *Vulnerabilidad Y Riesgo Sísmico De Edificios. Aplicación A Entornos Urbanos En Zonas De Amenaza Alta Y Moderada*. (doctorado). Universidad Politécnica De Cataluña, Barcelona.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Universidad de La Sabana, Colombia: D.R. ©2010 por Pearson Educación de Colombia Ltda. Carrera 65B No. 13-62, Bogotá D.C., Colombia.

Chávez, D. (1998). *Conceptos y Técnicas de recolección de datos en la investigación. Cuba*. Recuperado de https://www.unifr.ch/ddp1/derechopenal/articulos/a_20080521_56.pdf.

Constitución de la Republica del Ecuador. (2008). Constitución 2008. Quito, Ecuador.

Egüez, A., Alvarado, A., Yepes, H., Machette, M.N., Costa, C. y Dart, R.L.(2003): *Map and database and of Quaternary faults and folds of Ecuador and its offshore regions. USGS Open-File Report 03-289*. Recuperado de <https://pubs.usgs.gov/of/2003/ofr-03-289/ofr-03-289.html>.

El comercio. (2018). *El sismo en Cumandá se produjo por la presión entre dos placas tectónicas*. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/sismo-cumanda-placastectonicas-ecuador-chimborazo.html>.

Diario el telégrafo. (2016). *Ecuador atraviesa por al menos 10 fallas geológicas*. Recuperado <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/ecuador/1/ecuador-atraviesa-por-al-menos-10-fallas-geologicas#>.

Jiménez R. (1998). *Metodología de la Investigación. Elementos básicos para la investigación clínica*. Editorial Ciencias Médicas, La Habana. Ciencias Médicas del Centro Nacional de información de Ciencias Médicas, Ciudad de La Habana, Cuba.

Mendoza, V & Guaranda, N. (2017). *Estudio De La Vulnerabilidad Estructural Ante Sismos Del Inmueble Patrimonial, Iglesia San Francisco, De La Unidad Educativa Santa Mariana De Jesús, Parroquia Central Del Cantón Chimbo* (tesis de pregrado). Universidad Estatal De Bolívar, Ecuador.

Musson, J., Schwarz, J., & Stucchi, M. (2008). *Escala Macrosísmica Europea 1998, EMS – 98*. Hamburgo: G. Grünthal, Edición española F. Lorenzo Martín .

NEC. (2015). Normas Ecuatorianas de Construcción. Quito.

Otálora, L. (2012). *Estudio de vulnerabilidad y reforzamiento de una estructura de tres pisos y cubierta en Placa* (tesis de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

Perez Del Rio, P. P.(2014). *Diagnóstico Patológico y de Vulnerabilidad del Antiguo Cartagena*". Cartagena

Ramos Q., Julio. "Análisis de la vulnerabilidad sísmica del edificio central bloque norte de la universidad de caldas", 2003

Russell, R. (2010). *Ventanas al Universo. Última visita* 31/04/2019:http://www.windows2universe.org/earth/geology/quake_4.html&lang=sp&edu=highPUCE. (2013). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de

[repositorio.puce.edu.ec:http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6007/CATA LOGO%20TERREMOTOS%20113-127.pdf?sequence=5&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6007/CATA%20LOGO%20TERREMOTOS%20113-127.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

Singh. (1995). *Understanding the Structure of Consumers' Satisfaction Evaluations of Service Delivery*.

Tamayo, M. Gomez de la Torre, J. & Azpiazu de Páez, P.(2004). *Geografía del Ecuador*, Madrid España.

Universidad Nacional de Colombia. (2011). *Estudio de Vulnerabilidad Sísmica y Patológico de la Institución Universitaria*, Tecnológico de Antioquia. Medellín.

Vasquez, J., Cabrera, E., & Torres, M. (2016) "*Estructuración de edificaciones esenciales y su comportamiento y vulnerabilidad estructural, mediante modelación dinámica de diferentes tipologías constructivas*

Vilema, C. (2014). *Análisis del factor de reducción de las fuerzas sísmicas (R) en un edificio de hormigón armado de 5 pisos con Cypecad para garantizar el cálculo y seguridad de sus habitantes ubicado en el barrio El Dorado. Provincia de Pastaza* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Puyo, Ecuador.

Zaruma, J & Acurio, Y. (2018) *Modelamiento de la vulnerabilidad sísmica del edificio del Hospital Básico IESS de la ciudad de Guaranda* (tesis de pregrado). Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador.

ANEXOS:

ANEXO 1 : Levantamiento de información en el edificio de la Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano.



Fotografía 9 : Objeto de estudio.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente: Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano-UEB.



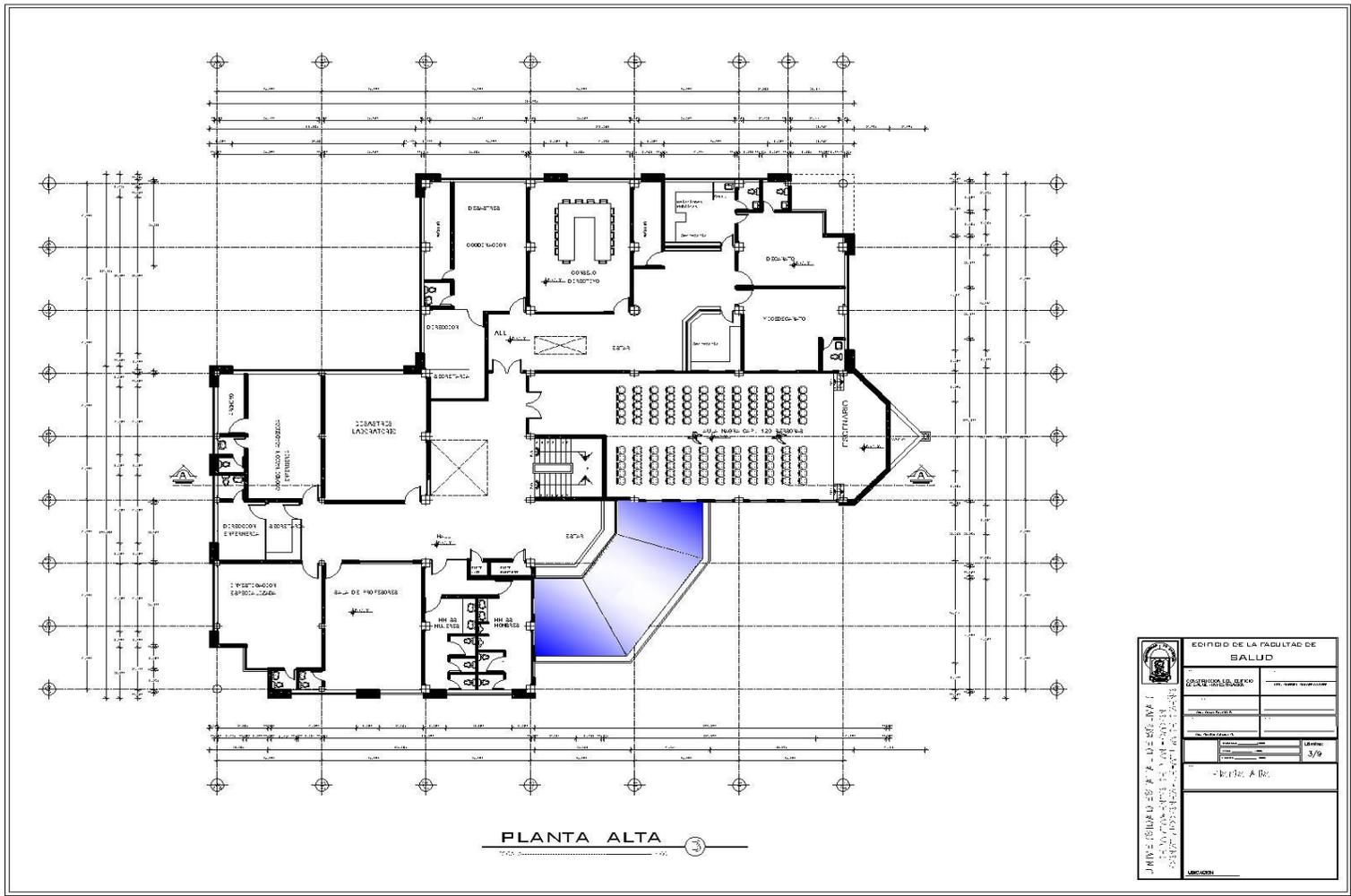
Fotografía 10 : Obteniendo valores con el esclerometro en los elementos estructurales.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente: Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano-UEB.



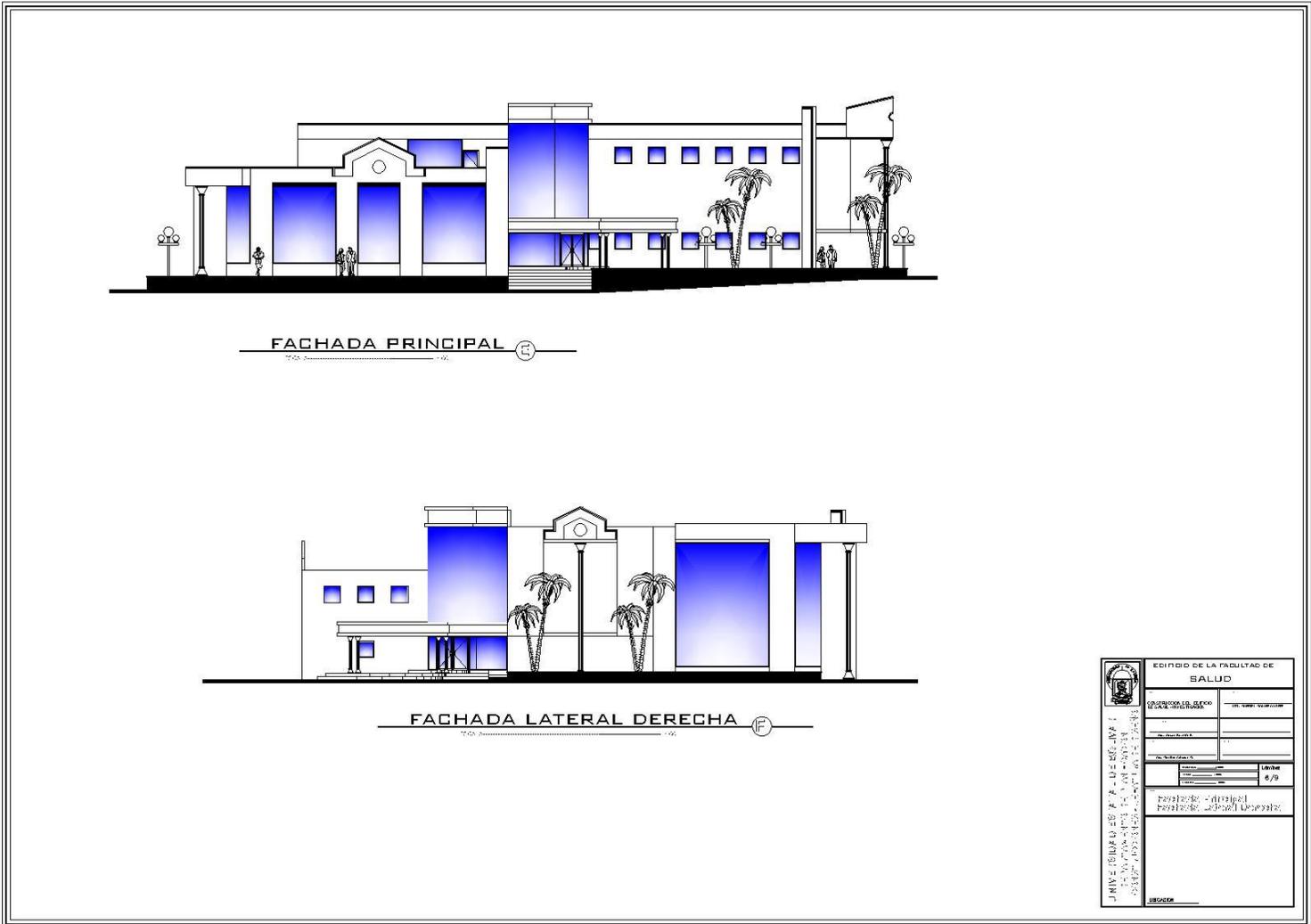
Fotografía 11 : Obteniendo valores con el esclerometro en los elementos estructurales.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente: Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano-UEB



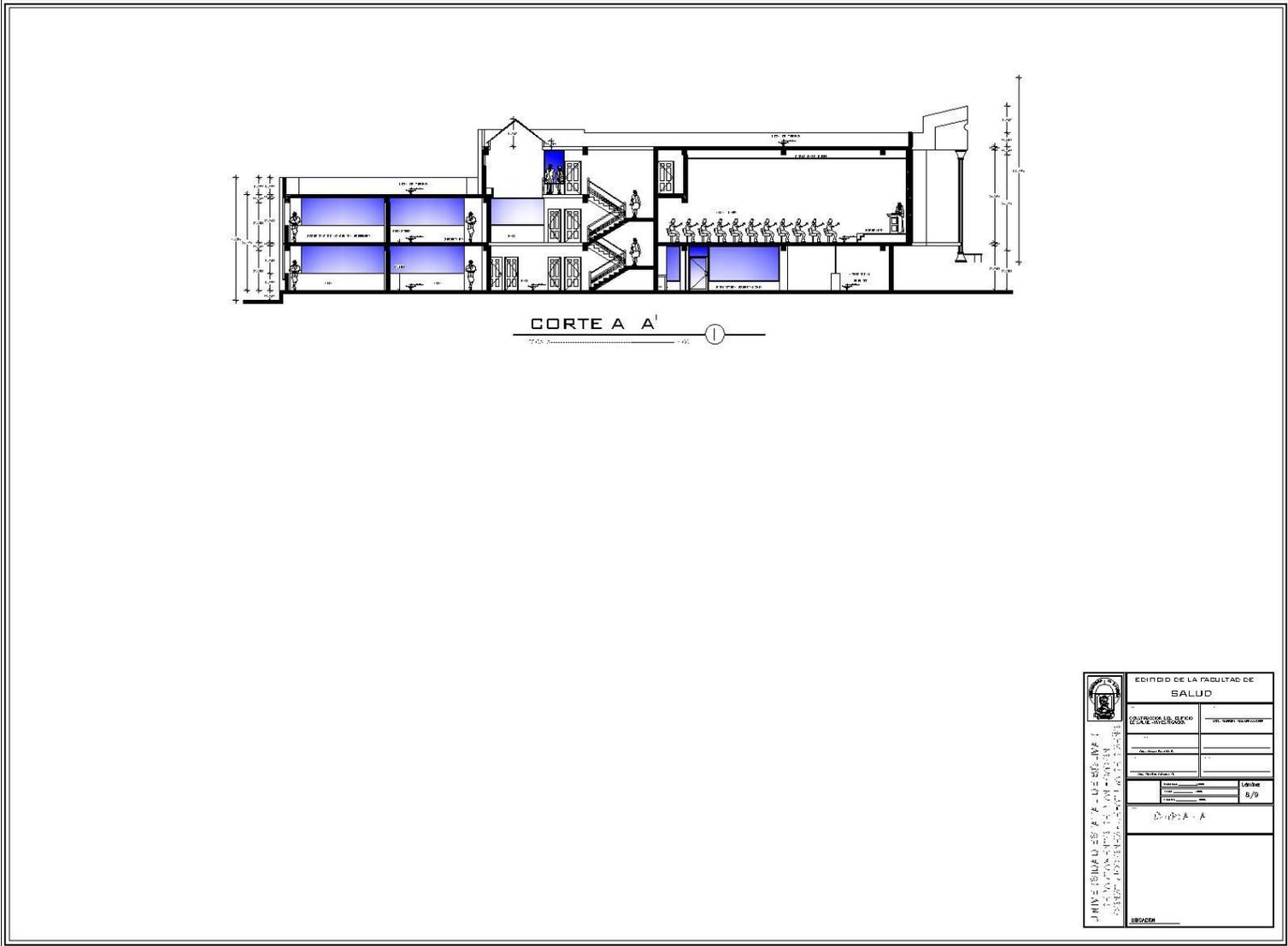
Fotografía 12 : Esclerometro herramienta para el levantamiento de información.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)
Fuente: Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano-UEB.



Fuente : Departamento de Planificación

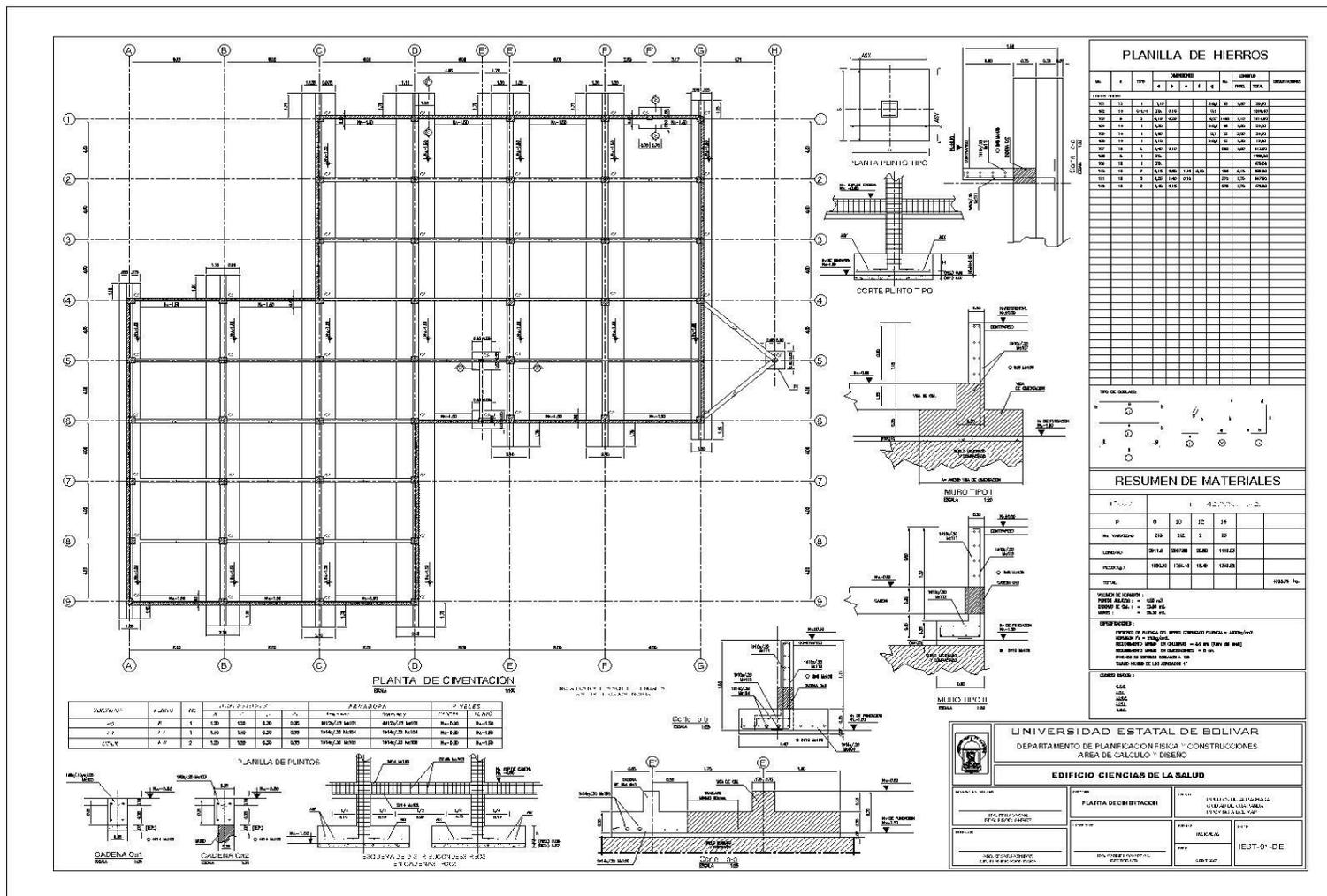


Fuente : Departamento de Planificación

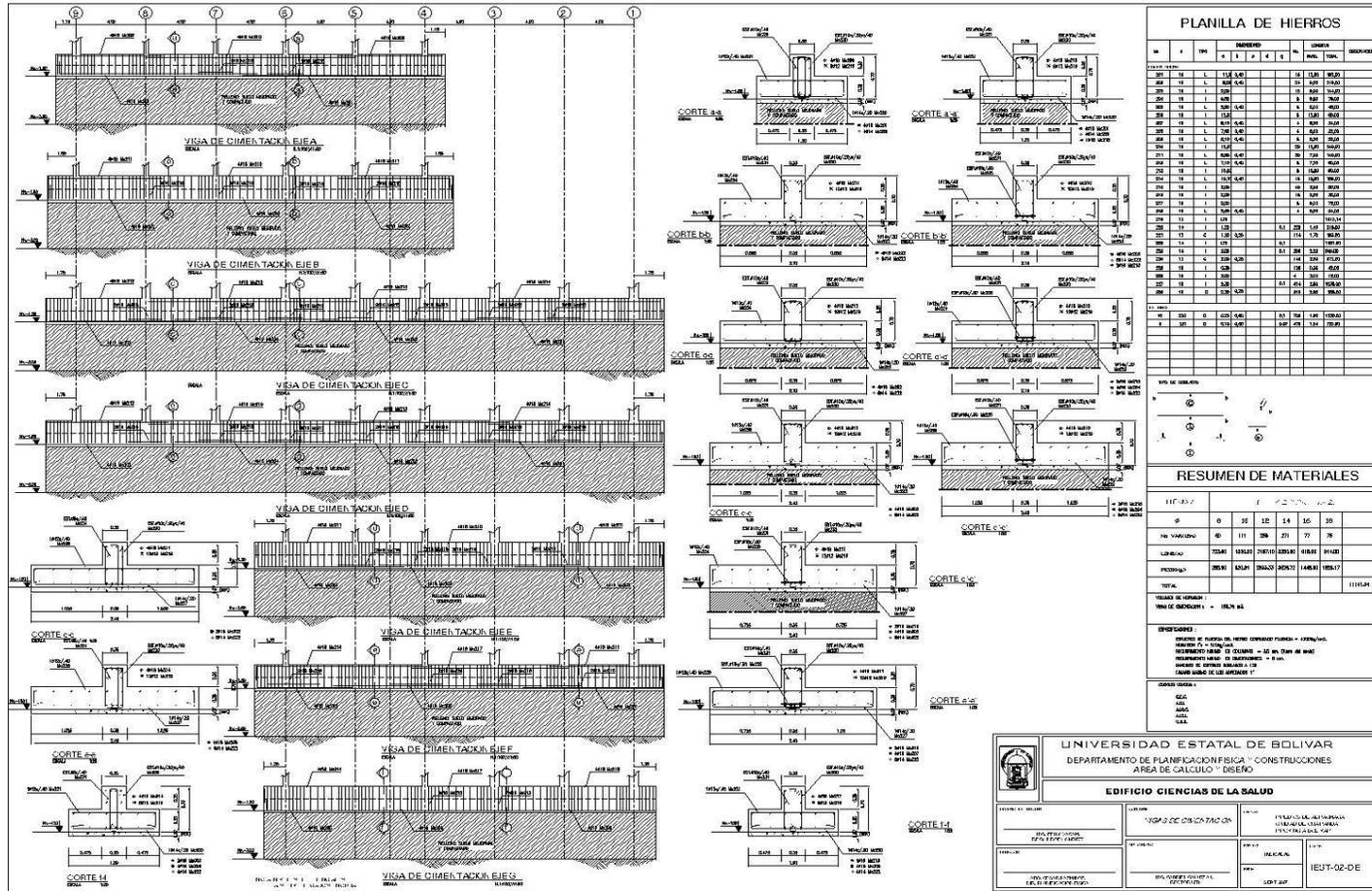


| | | |
|--|----------------------------------|-------------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA FACULTAD DE SALUD INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN SALUD | EDIFICIO DE LA FACULTAD DE SALUD | |
| | CATEDRA DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO | TÍTULO: DISEÑO ARQUITECTÓNICO |
| | ALUMNO: | ... |
| | ... | ... |
| | ... | ... |
| Fecha: 8/9 | | |
| CORTE A A | | |
| ESCALA: | | |

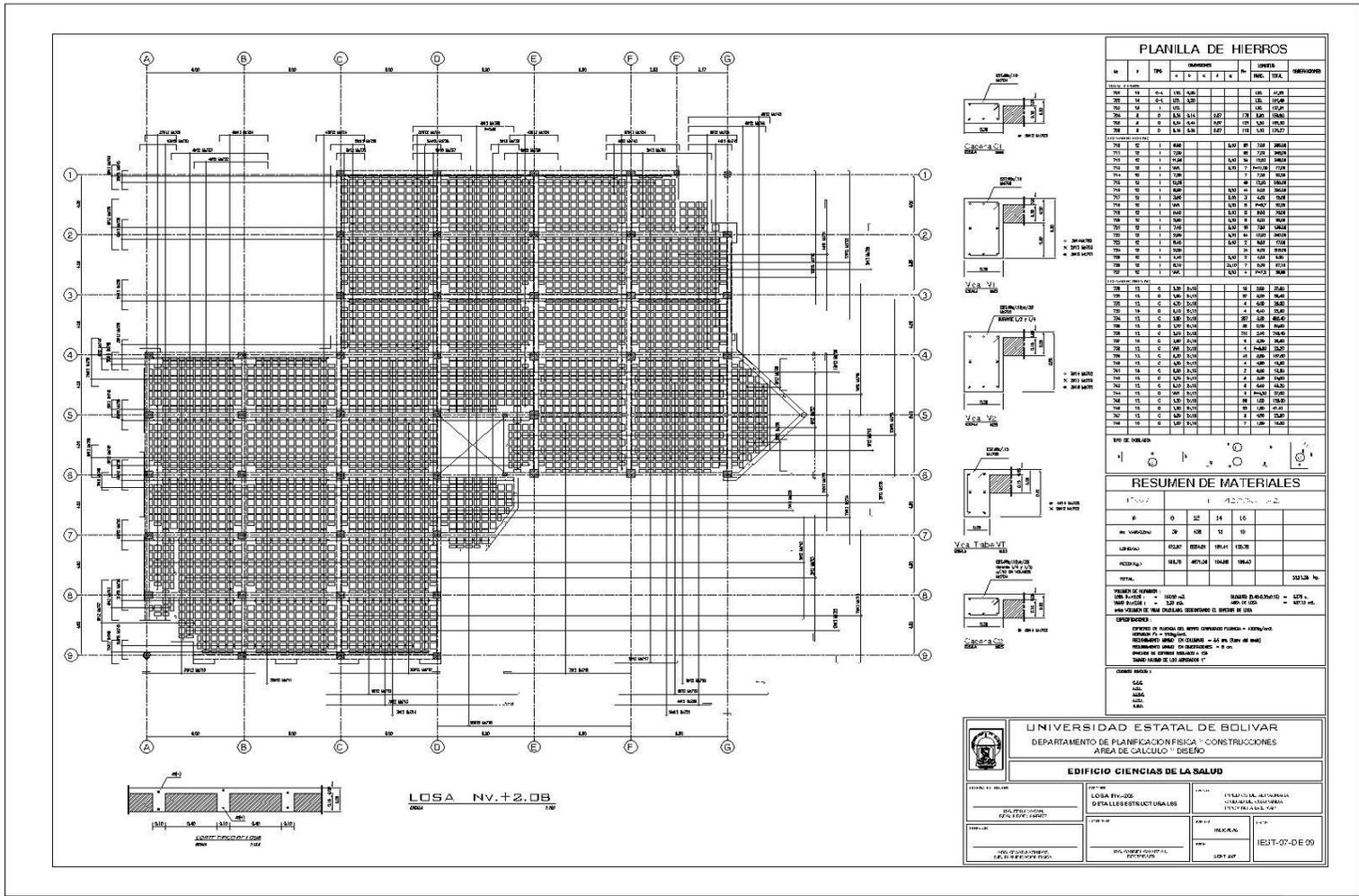
Fuente : Departamento de Planificación



Fuente : Departamento de Planificación



Fuente : Departamento de Planificación



Fuente : Departamento de Planificación

ANEXO 3 : Informe Técnico De Mecánica De Suelo.

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERIA

LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Teléfono 2238-744
Quito - Ecuador

INFORME N° 09 – 2006 - LMS

**INFORME TÉCNICO DE
MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO: UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

**UBICACION: PANAMERICANA NORTE KM ½ VIA
AMBATO**

ATENCIÓN: UNIVERSIDAD ESATAL DE BOLIVAR

FECHA: OCTUBRE - 2006

**UBICACIÓN DE LAS PERFORACIONES.....ANEXO 1
RESUMEN GRÁFICO DE ENSAYOS.....ANEXO 2
FORMULARIO DE ENSAYOS.....ANEXO 3**

Ing. Cecilia Flores V., M. Sc


**DIRECTORA DEL LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**



1.- ANTECEDENTES

Las autoridades de la Universidad Estatal de Bolívar han solicitado al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central, un estudio de suelos previa la construcción del edificio para la Facultad de Ciencias de la Salud de dicha universidad. El terreno de la Universidad Estatal de Bolívar está ubicado en Guaranda, Alpachaca Km 3.5 vía Ambato.

De la implantación general que se nos ha hecho llegar se tiene que la Facultad de Ciencias de la Salud tiene como linderos al este el edificio donde funciona el Rectorado. Al oeste la Panamericana Norte, al norte el hall de entrada principal a la Universidad, al sur área verde. Al momento de realizar el estudio, el terreno se encuentra desbancado y limpio con una ligera pendiente hacia el lado sureste.

Este terreno tiene una diferencia de nivel con respecto al edificio donde funciona el Rectorado de aproximadamente +5.00m y con respecto a la Panamericana Norte de aproximadamente -12.00m.

2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

De acuerdo a la información que ha sido entregada, se construirá un edificio de 3 plantas sin subsuelo.

El área por planta es de aproximadamente 792m².

Los pórticos tienen luces de 4m y 6m. La estructura se construirá en hormigón armado en su totalidad.

3.- TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO

El trabajo realizado en el campo, consistió en tres perforaciones de 8.0 m de profundidad, ubicadas conforme se indica en el anexo 1.

En las perforaciones se hicieron ensayos de penetración estándar cada 0.5 m y se recuperaron muestras alteradas con la misma frecuencia.

Los trabajos de Laboratorio consistieron en humedad natural (Norma INEN 690) y clasificación manual - visual (Norma INEN 693) de todas las muestras recuperadas; Límites de Atterberg (Norma INEN 691 y 692) y granulometría (ASTM D 422) en las muestras que se consideraron representativas de cada estrato.

4.- RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados del estudio se consignan en los anexos adjuntos los mismos que contienen: la descripción estratigráfica del subsuelo, las curvas de resistencia a la penetración, la humedad natural de las capas atravesadas y los ensayos adicionales de límites de Atterberg y granulometría.

En general los suelos detectados corresponden a limos arenosos, de plasticidad de alta a media y consistencia baja.

El nivel freático fue encontrado a 1.20m de profundidad a la altura de la perforación N°1; a 2.70m de profundidad en el sector de la perforación N° 2 y a 2.90m de profundidad en torno a la perforación N° 3.

A continuación se describen los estratos encontrados en la presente investigación, en los puntos donde se realizaron los sondeos.

4.1.- POZO N° 1

4.1.1.- PRIMER ESTRATO

Comienza en el nivel natural del terreno y llega hasta una profundidad de 1.20 m; esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, de color negro, humedad de media a alta, plasticidad media - alta, consistencia baja, existe presencia de raíces.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT es de 1 y su humedad varía entre 46% y 57%. Corresponde a un suelo tipo MH.

4.1.2.- SEGUNDO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 1,70m. Esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, de color gris, humedad de alta a media, plasticidad media, consistencia baja.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, varía entre 1 y 6, y la humedad entre 58% y 64%. En la clasificación SUCS es MH.

4.1.3.- TERCER ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 5.50m. Esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, de color café amarillento, humedad alta, plasticidad media-alta, consistencia media-baja.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, varia entre 6 y 20, y la humedad entre 60% y 82%. El contenido de finos es de 70%. En la clasificación SUCS es MH.

4.1.4.- CUARTO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 5.80m. Esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, de color café verdoso, humedad media-alta, plasticidad baja, consistencia baja.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, es de 26 y la humedad es de 56%. En la clasificación SUCS es MH.

4.1.5.- QUINTO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 6.0m. Esta constituido por una arena limosa, inorgánica, de color verde, humedad media-alta, plasticidad nula, consistencia baja.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, es de 26, la humedad es de 56%. En la clasificación SUCS es SM.

4.1.6.- SEXTO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 6.50m. Esta constituido por arena limosa, inorgánico, color café verdoso, humedad alta, plasticidad baja, consistencia baja.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, es de 26, y la humedad de 42%. En la clasificación SUCS es SM.

4.1.7.- SEPTIMO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 7.0m. Esta constituido por arena limosa, inorgánica, color café verdoso, humedad alta, plasticidad nula.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, es de 27, y la humedad de 49%. En la clasificación SUCS es SM.

4.1.8.- OCTAVO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 8.0m. Esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, color café verdoso, humedad media, plasticidad baja, consistencia de baja a media.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, varia entre 29 y 30, y la humedad entre 49% y 50%. En la clasificación SUCS es MH.

4.2.- POZO N° 2

4.2.1.- PRIMER ESTRATO

Comienza en el nivel natural del terreno, llega hasta una profundidad de 1,50m. Esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, color negro, humedad de baja a media, plasticidad media, consistencia media.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, varia entre 5 y 9, y la humedad entre 28% y 52%. En la clasificación SUCS es MH.

4.2.2 SEGUNDO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 4,00 m. Esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, color café, humedad de media a alta, plasticidad media-alta, consistencia baja-media.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, varia entre 4 y 15 y la humedad entre 60% y 67 %. El porcentaje de finos se aproxima al 60%. En la clasificación SUCS es MH.

4.2.3 TERCER ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 4,50m. Esta constituido por arena limosa, inorgánica, color café plomizo, humedad alta, plasticidad baja, consistencia baja.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, es de 20, y la humedad de 48%. En la clasificación SUCS es SM.

4.2.4 CUARTO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 4,60m. Esta constituido por arena limosa, inorgánico, color rojo, humedad alta, plasticidad baja, consistencia baja.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, es de 13, y la humedad 68%. Corresponde a un suelo SM.

4.2.5 QUINTO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 6,00m. Esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, color café amarillento, humedad alta, plasticidad media-alta, consistencia baja.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, varia entre 7 y 13, y la humedad entre 68% y 77 %. El contenido de finos es de 85%. En la clasificación SUCS es corresponde a MH.

4.2.6 SEXTO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 8,00 m. Esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, color café verdoso, humedad alta, plasticidad media-alta, consistencia baja.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, varia entre 12 y 26, y la humedad entre 64% y 75 %. Corresponde a un suelo tipo MH.

4.3.- POZO N° 3

4.3.1.- PRIMER ESTRATO

Comienza en el nivel natural del terreno y llega hasta una profundidad de 2.0 m. Esta constituido por material de relleno de tipo limo arenoso, inorgánico, color café, con presencia de ladrillo, pómez y raíces, plasticidad media.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT varia entre 13 y 17, y la humedad entre 20% y 22%. Corresponde a un suelo ML.

4.3.2 SEGUNDO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 3.70 m. Esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, color negro, humedad media, plasticidad media, consistencia media.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, varía entre 4 y 15 y la humedad entre 26% y 64 %. El contenido de finos es de 82.3%. En la clasificación SUCS es MH.

4.3.3.- TERCER ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 5,00 m. Esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, color café amarillento, humedad alta, plasticidad media, consistencia baja, con presencia de raíces.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, varía entre 7 y 9, y la humedad entre 60% y 71%. En suelo corresponde a MH.

4.3.4.- CUARTO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 5,50 m. Esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, color café claro, humedad alta, plasticidad media, consistencia baja.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, es de 3 y la humedad es 70 %. El contenido de finos es de 79.6%. En la clasificación SUCS es MH.

4.3.5.- QUINTO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 6.20 m. Esta constituido por limo arenosa, inorgánico, color café verdoso, humedad alta, plasticidad media, consistencia baja.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, varía entre 14 y 18, y la humedad entre 66% y 67 %. Corresponde a un suelo tipo MH.

4.3.6 SEXTO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 7.50 m. Esta constituido por limo arenoso, inorgánico, color verde azulado, humedad media, plasticidad media, consistencia media.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, varía entre 28 y 30, y la humedad entre 48% y 54%. Corresponde a un suelo MH.

4.3.7 SEPTIMO ESTRATO

Llega hasta una profundidad de 7.70 m. Esta constituido por un limo arenoso, inorgánico, color café amarillento, humedad alta, plasticidad baja, consistencia media.

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, es de 33 y la humedad de 57 %. Corresponde a un suelo MH.

4.3.8 OCTAVO ESTRATO

Llega hasta el fin de la investigación 8.00 m. Esta constituido por arena, inorgánica, color café amarillento, humedad alta, con presencia de pómez, suelta

El número de golpes en el ensayo de penetración estándar, NSPT, es de 33 y la humedad 57%. Corresponde a un suelo tipo SM.

5. RECOMENDACIONES.

Hemos encontrado en las tres perforaciones un suelo con nivel freático alto.

Tanto en la perforación N° 1 como en la N° 2 la resistencia del suelo en los metros iniciales es muy baja y su humedad aumenta en forma representativa a medida que aumenta la profundidad.

En la perforación N° 3 los dos primeros metros del suelo son suelo de relleno, a partir de esta profundidad aparece el suelo propio del terreno con resistencia baja y son una humedad que se incrementa en forma rápida.

Se trata de un suelo blando cuya dureza aumenta progresivamente con la profundidad.

Con lo expuesto se puede pensar que la cimentación tenga exigencias de orden técnico y económico.

5.1 TIPO DE CIMENTACION

Se recomiendo plintos asentados sobre pilotes. Por la forma de trabajo estos pilotes deberán ser mixtos, es decir su capacidad de carga se desarrolla con el apoyo directo en un estrato mas resistente y se incrementa por la fricción lateral que generan contra el suelo que los rodea.

5.2 COTA DE CIMENTACIÓN

Los pilotes se introducirán hasta una profundidad de 7.00m con respecto al nivel actual del terreno objeto de este estudio. Es decir sobre el estrato de limo café verdoso o verde azulado según la ubicación.

Para la colocación de plintos, mismos que van sobre los pilotes, se creará en el nivel 0.80m una base impermeabilizante que tiene por objeto evitar el contacto directo de la estructura con el suelo, el mismo que puede incrementar por efecto de capilaridad su humedad tanto plintos como cadenas deben envolverse en material epóxico impermeabilizante para su protección.

Los pilotes deben disponer de camisas que los protejan de humedad.

5.3 CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE

Tendrá un valor máximo de 1.5 Kg/cm². Su significado se detalla en el numeral 6.

5.4 CAPACIDAD DE CARGA DEL PILOTE

Para estimar la capacidad de carga del pilote se debe realizar pruebas de carga a escala natural, con esta prueba de carga se puede obtener información sobre los siguientes aspectos:

- 1) La capacidad de carga última por punta del pilote.
- 2) La capacidad de carga del pilote por fricción lateral.
- 3) El asentamiento total del pilote bajo la carga.

5.5 ALTERNATIVA

Se ha pensado como alternativa la construcción de una losa de cimentación a una profundidad de 2.0m con una capacidad portante de 0.30 Kg/cm². Esta losa no estaría sobre un estrato uniforme, requiere ser totalmente impermeabilizada a la altura del pozo1 y debería ser rigidizada con vigas en los dos sentidos, por esta razón no es muy recomendable.

6. CARGAS DE DISEÑO Y CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE.

La carga total de diseño (CT) se estimará en la forma siguiente:

$$CT = CM + CV, \quad \text{donde:}$$

CM = Carga muerta de la estructura y de la cimentación.

No se debe incluir el peso del suelo colocado nuevamente sobre el cimiento y hasta el nivel original del terreno.

Si por encima de este nivel se coloca relleno, el peso de éste debe ser incluido en el cálculo de la CM.

CV = Carga viva

De acuerdo a las acciones que se consideren para la evaluación de la CV se tendrá dos valores de la CT.

- En el primer caso se incluirá en la CV, las cargas vivas máximas normales que se presenten en la estructura, como resultado de la función a la que se dedique la estructura.

Los cimientos se diseñarán con el valor de capacidad portante admisible recomendado

- En el segundo caso se superpondrán las cargas de sismo a las descritas en el primer caso. En éste caso la capacidad portante admisible recomendada, se podrá incrementar en el 33% y con este nuevo valor se diseñará los cimientos.
- Para el diseño final se adoptará el caso más exigente y es el que determinará las mayores dimensiones.
- Si la cimentación transmite cargas excéntricas, el esfuerzo máximo que actúe sobre el suelo en el lado de la excentricidad no deberá exceder al valor de capacidad portante admisible recomendado.

7. COMPROBACIÓN DE LAS CONDICIONES EN LA CONSTRUCCIÓN

Las recomendaciones expuestas en este informe se basan en los estudios de campo, laboratorio y gabinete realizados con muestras que se consideran representativas de la zona.

Por lo anotado y sobre todo dada la naturaleza de toda investigación de suelos y las posibilidades de cambio en las condiciones del subsuelo, la presente investigación deberá ser comprobada cuando se haga las excavaciones para la cimentación de la estructura.

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERIA

LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Teléfono 2238-744
Quito - Ecuador

Por los motivos anotados, antes de fundir las cimentaciones se deberá comprobar las condiciones encontradas, con las conclusiones de ésta investigación y los diseños deberán ser confirmados.

Por el Laboratorio de Mecánica de Suelos.


Ing. Cecilia Flores Villalva
DIRECTORA



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERIA

LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS

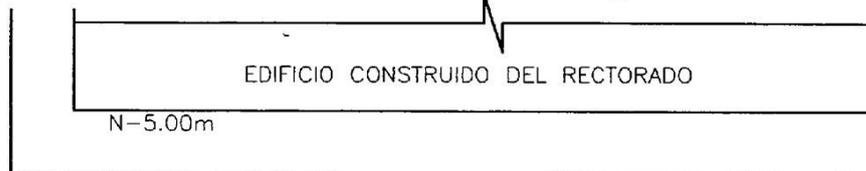
Teléfono 2238-744
Quito - Ecuador

ANEXO N° 1

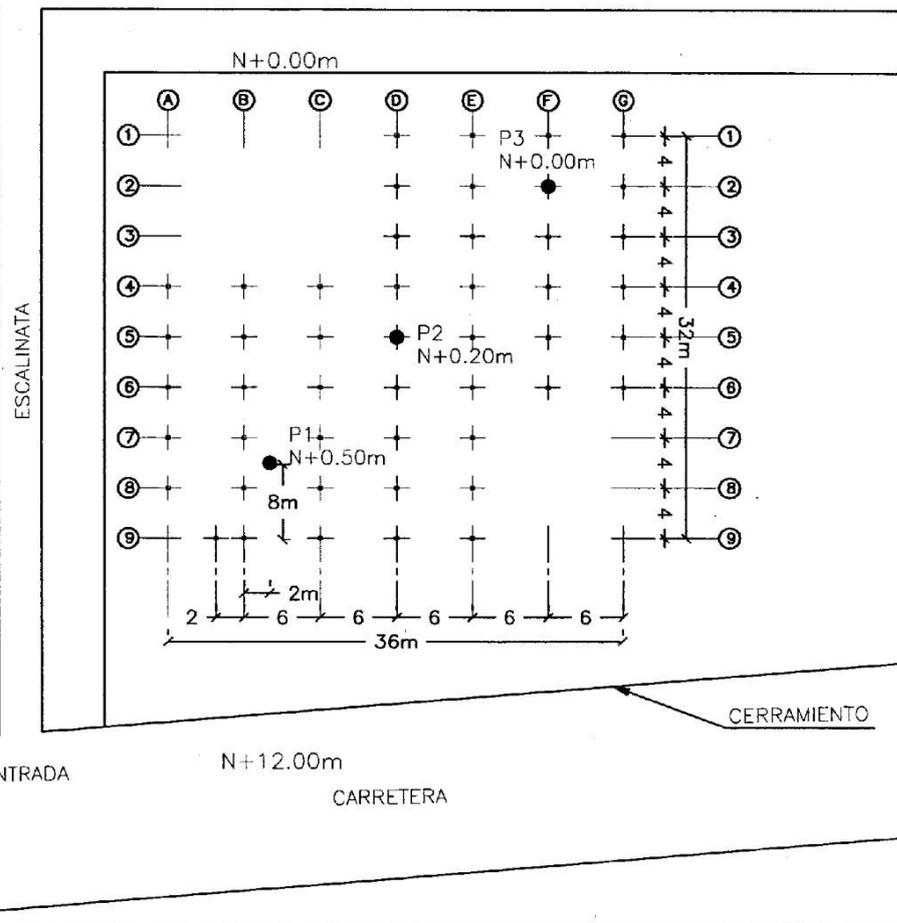
UBICACIÓN DE LAS PERFORACIONES

Fuente : Departamento de Planificación

PROYECTO : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
 OBRA : CIMENTACIÓN
 LOCALIZACION : PANAMERICANA NORTE KM 1/2 VIA AMBATO
 FECHA : 14 DE OCTUBRE DE 2006



ASCESO DE CESPED



Edificio Facultad de Salud, Universidad de Bolívar, Memoria de cálculo, F Vaca

EDIFICIO DE LA FACULTAD DE SALUD DE LA UNIVERSIDAD DE BOLÍVAR

MEMORIA DE CÁLCULO DEL ESTUDIO ESTRUCTURAL

Quito, octubre de 2007

Félix Vaca Moncayo
Prof. Ing. Civil MSc.

MEMORIA DE CALCULO DEL ESTUDIO ESTRUCTURAL DE LA FACULTAD DE SALUD DE LA UNIVERSIDAD DE BOLÍVAR

ANTECEDENTES

La Universidad Estatal de Bolívar, a través de su Departamento de Planificación Física y Construcciones, emprende en el proyecto de ampliación del edificio de ciencias de la Salud, para lo cual cuenta con los planos arquitectónicos y con unos planos estructurales, y se desea un rediseño de la cimentación y una revisión de la estructura, dado la importancia de la edificación.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Es un edificio de cuatro plantas con una área total aproximada de 3040 m² de construcción a ser construido con el sistema tradicional de hormigón armado; el edificio consta de aulas, laboratorios, Sala de Quirófano, una aula magna en dos niveles, área administrativa, anfiteatro y biblioteca

La primera planta se encuentra a una profundidad de -1.50 m desde el nivel de ingreso al edificio.

Se cuenta con el plano arquitectónico, y el estudio de suelos

CRITERIOS DE DISEÑO

Si se considera para el diseño de la estructura, que ésta debe ser capaz de resistir, sin daño, las solicitaciones por cargas de peso propio y ocupación, así como las acciones de un sismo que pueda afectar a la zona. Del mismo modo, deberá asegurarse que los daños producidos por eventos sísmicos más severos, no amenacen la prestación de servicios.

Para lograr lo propuesto, será muy importante estimar de manera realista, las cargas que debe resistir la estructura, realizar un cálculo estructural riguroso y asegurar un diseño de las secciones, de tal manera que se evite la posibilidad de falla frágil por flexión y evitar la falla por cortante.

Es igualmente importante tomar en cuenta los detalles de traslapes y, en especial, detalles de unión.

CÓDIGOS Y NORMAS:

Por ley, debe usarse el Código Ecuatoriano de la Construcción, promulgado por el INEN en el año de 2000 para la estimación de cargas vivas y cargas sísmicas y normas del código ecuatoriano de la construcción, el cual es un derivado del código americano de mampostería.

CARGA ADMISIBLE DEL SUELO

Con el fin de colocar zapatas corridas y en vista de que la capacidad portante del suelo es de 12 T/m^2 se recomienda construir una plataforma para uniformizar el suelo, ya que al ser un cimentación corrida casi superficial, debe garantizarse uniformidad para evitar asentamientos diferenciales.

CARGAS:

Cargas verticales

Se ha adoptado un valor de 2400 Kg./m^3 para el peso específico del hormigón y de un peso específico de la mampostería de 1600 Kg./m^3

CARGAS VERTICALES EN EL EDIFICIO

Se considera una carga muerta total de $.61 \text{ T/m}^2$ en todas las plantas del edificio.

CARGAS HORIZONTALES POR SISMO

Coefficientes sísmicos según CEC

$$V^s = \frac{ZIC}{R \phi_p \phi_E} W$$

$$C = \frac{1.25S^s}{T} \leq C_a; \geq 0.5$$

$$T = C_t (h_n)^{\frac{3}{4}}$$

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

| Zona sísmica | I | II | III | IV |
|----------------|------|-----|------|-----|
| Valor factor Z | 0.15 | 0.3 | 0.35 | 0.4 |

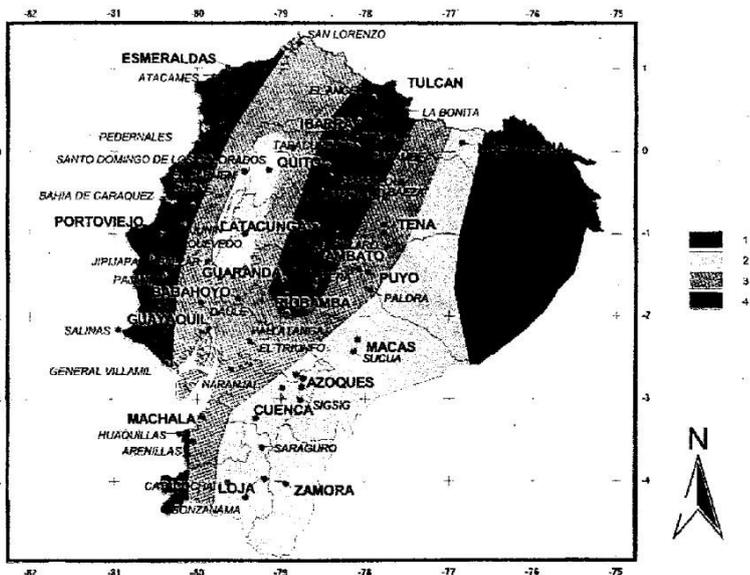


Figura 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño

| Categoría | Tipo de uso, destino e importancia | Factor I |
|--|--|----------|
| 1. Instalaciones esenciales y/o peligrosas | Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Estaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Centros o estacionamientos para vehículos y aviones que atiendan emergencias. Torres de control aéreo. Estaciones de centros de telecomunicaciones y otros centros de control de emergencias. Edificios que albergan equipo de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otros subproductos esenciales. Estaciones que albergan depósitos de gases, azúcares, químicos u otros subproductos explosivos. | 1.5 |
| 2. Estructuras de ocupación especial | Escuelas y centros de educación que albergan más de 300 personas. Todos los edificios que albergan más de 5000 personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente. | 1.3 |
| 3. Otros edificios | Todos los edificios de habitación y otros que no califican dentro de las categorías anteriores. | 1.0 |

Tabla 6. Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R

| Sistema Estructural | R |
|---|-----|
| Estructuras con pórticos espaciales sísmo-resistentes, de hormigón armado o de estructura de acero laminado en caliente. Sistemas de pórticos espaciales sísmo-resistentes de hormigón o de acero laminado en caliente, con muros estructurales de hormigón armado (sistemas duales). | 10 |
| Estructuras con pórticos espaciales sísmo-resistentes y diagonales rigidizadoras. Estructuras con vigas perdidas en las losas (losas planas) y con muros estructurales. | 8 |
| Estructuras con vigas perdidas en las losas (losas planas) y sin muros estructurales. Estructuras con pórticos espaciales sísmo-resistentes en conjunto con mampostería confinada. Estructuras de acero laminado en frío. Estructuras de madera. | 7 |
| Estructuras de mampostería reforzada | 4.5 |
| Estructuras de tierra | 1.5 |

muros de la estructura que aparecen como

Tabla 2. Coeficiente de suelo S y Coeficiente Ca

| Perfil tipo | Descripción | S | Ca |
|-------------|------------------------------------|------|-----|
| S1 | Roca o suelo firme | 1.0 | 2.5 |
| S2 | Suelos intermedios | 1.2 | 3.0 |
| S3 | Suelos blandos y estrata profundas | 1.5 | 2.8 |
| S4 | Condiciones especiales de suelo | 2.0* | 2.5 |

(*) Este valor debe tomarse como mínimo, y no substituye los estudios de detalle necesarios para construir sobre este tipo de suelos.

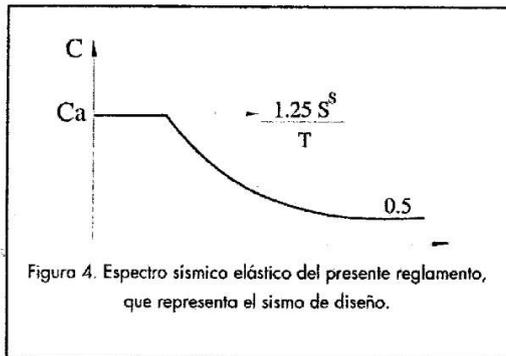


Figura 4. Espectro sísmico elástico del presente reglamento, que representa el sismo de diseño.

na

Tabla 7. Valores de Δ_M máximos, como porcentaje de la altura de piso

| Estructuras de: | Δ_M máxima |
|---|-------------------|
| Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera: | 0.020 |
| De mampostería | 0.010 |

Tabla 4. Coeficiente de configuración en planta

| Tipo | Descripción de la irregularidad en planta | ΦP_i |
|--|--|------------|
| Irregularidad torsional | | |
| 1 | Existe irregularidad por torsión cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura, calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1.2 veces la deriva promedio de los dos extremos de la estructura, con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el apartado 4.4 del presente reglamento. | 0.9 |
| Retracesos excesivos en las esquinas | | |
| 2 | La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta retracesos excesivos en sus esquinas. Un retraceso en una esquina se considera excesiva cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del retraceso, son mayores que el 15 por ciento de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del retraceso. | 0.9 |
| Discontinuidades en el sistema de piso | | |
| 3 | La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entradas, retracesos o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez efectiva del piso de más del 50%, entre niveles consecutivos. | 0.9 |
| Desplazamientos del plano de acción de elementos verticales | | |
| 4 | Una estructura se considera irregular cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente. | 0.9 |
| Ejes estructurales no paralelos | | |
| 5 | La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura. | 0.9 |

Tabla 5. Irregularidades en elevación

| Tipo | Descripción de la irregularidad en altura | ΦE_i |
|--|--|------------|
| Piso flexible (irregularidad en rigidez) | | |
| 1 | La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70 por ciento de la rigidez lateral del piso superior, o menor que el 80 por ciento del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores. | 0.9 |
| Irregularidad en la distribución de las masas | | |
| 2 | La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, exceptuando el caso de cubiertas que sean más livianas que el piso inferior. | 0.9 |
| Irregularidad geométrica | | |
| 3 | La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso. | 0.9 |
| Desalineamientos de ejes verticales | | |
| 4 | La estructura se considera irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento. Se exceptúa la aplicabilidad de este requisito cuando los elementos desplazados solo sostienen la cubierta de la edificación sin otras cargas adicionales de tanques o equipos. | 0.8 |
| Piso débil - Discontinuidad en la resistencia | | |
| 5 | La estructura se considera irregular cuando la resistencia del piso es menor del 70 por ciento de la del piso inmediatamente superior, (entendiéndose la resistencia del piso como la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada). | 0.8 |

CARGAS MUERTAS

Peso propio losa

| | |
|--------------------------|---------|
| peso/m2 | 0,35712 |
| espesor eqv | 0,1488 |
| Pesos adicionales | |
| techo falso | 0,08 |
| piso | 0,05 |
| mampostería | 0,2 |
| CM adicionales | 0,33 |

CM adicional sin paredes 0,13

| | | | |
|----------|---------|----------------------|---------|
| CM total | 0,68712 | CM total sin paredes | 0,48712 |
|----------|---------|----------------------|---------|

Carga Viva 350 Kg/m^2

COEFICIENTES SISMICOS

| | | | | | | |
|------------------------------|---------|---------|---------|----------|---|---|
| I | | | 1,25 | 1 | 1 | 1 |
| K | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | | |
| S | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | | |
| Ca | 2,5 | 3 | 3 | 3 | | |
| Ct | 0,0731 | 0,0753 | 0,0753 | 0,0753 | | |
| hn = | 19,04 | 19,04 | 19,04 | 19,04 | | |
| T = | 0,6663 | 0,5166 | 0,4929 | 0,5166 | | |
| C cal = | 2,33486 | 3,01143 | 3,15623 | 3,011432 | | |
| C cal = | 2,33486 | 3 | 3 | 3 | | |
| R = | 10 | 10 | 10 | 10 | | |
| $\phi_p =$ | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| $\phi_e =$ | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| Z I C/R $\phi_p \phi_e$ = | 0,11674 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | | |

Calculo de fuerzas sísmicas en los pisos y cargas distribuidas horizontales en la losa

| Piso | Area | Peso/m2 | hx | wx | wx hx | Fx | fx dist hor |
|-------|--------|---------|------|----------|------------|------------|-------------|
| 3 | 466,71 | 0,48712 | 10,8 | 227,3438 | 2455,31277 | 41,0446275 | 0,08794461 |
| 2 | 850,49 | 0,68712 | 7,92 | 584,3887 | 4628,35842 | 77,3706915 | 0,0909719 |
| 1 | 855,24 | 0,68712 | 5,04 | 587,6525 | 2961,76864 | 49,5108778 | 0,05789121 |
| PB | 855,24 | 0,68712 | 2,16 | 587,6525 | 1269,32942 | 21,2189476 | 0,02481052 |
| TOTAL | | | | 1399,385 | 10045,4398 | 167,926197 | |

| | |
|----|---------|
| V= | 167,926 |
|----|---------|

MATERIALES

Se ha considerado un valor de $f_c = 210 \text{ Kg./cm}^2$ para la resistencia nominal del hormigón en cimentación y en losas y $f_y = 4200 \text{ Kg./cm}^2$ como la resistencia de fluencia de acero de refuerzo y $f_y = 2400 \text{ Kg./cm}^2$, para los perfiles de acero.

ANALISIS

PROCESAMIENTO DE DATOS



ESTUDIOS TÉCNICOS Y ASESORÍAS EN CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - DISEÑO DE HORMIGONES
MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

| DATOS PREVIOS AL ENSAYO | | RESULTADO PROCTOR LABORATORIO | | | | | |
|---|-----------------------|---|--------------------|--------------|--------------|--------------|--|
| SUBGRANITE | | 1.89 g/cm³ | | | | | |
| CAPA DE FUNDADURA O ASFALTO | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| INFORMACIÓN DEL EMPLEADOR | | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | | | | | |
| DENSIDAD DE CAMPO METODO NUCLEAR | | FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD | | | | | |
| FORMA NO: | | GUARANDA BOLIVAR | | | | | |
| PROYECTO: | | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | | | | | |
| CANTONAL: | | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | | | | | |
| ARTIM O 2002: | | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | | | | | |
| ARTIM O 2002: | | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | | | | | |
| FECHA DE ELABORACION: | | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | | | | | |
| NOMBRE DEL TECNICO: | | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | | | | | |
| NOMBRE DEL TECNICO: | | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | | | | | |
| DATOS DE CAMPO | NUMERO DE MUESTRA | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| AREAS | X | X | X | X | X | X | |
| RELACION | ENTRADA DE MUESTRO | TRABAJO CENTRAL | TRABAJO COLUMNA | TRABAJO T | TRABAJO X | TRABAJO Z | |
| PROFUNDIDAD DE ENSAYO (cm) | 300 | 300 | 300 | X | X | X | |
| DIAMETRO DEL BELLO (cm) | 150 | 150 | 150 | X | X | X | |
| MOLEDA (s) | 50.5 | 73.7 | 57.2 | X | X | X | |
| RELACION DE MUESTRO (kg / m ³) | 1.442 | 1.790 | 1.890 | X | X | X | |
| RELACION DE MUESTRO (kg / cm ³) | 1.000 | 1.435 | 1.184 | X | X | X | |
| RELACION DE MUESTRO (kg / cm ³) | 0.137 | 0.153 | 0.136 | X | X | X | |
| CONTENIDO DE AGUA (porcentaje) | 158 | 202 | 181 | X | X | X | |
| INDICE DE DENSIDAD RELATIVA | 254 | 363 | 320 | X | X | X | |
| RELACION DENSIDAD (grain) | 2.29 | 2.09 | 2.18 | X | X | X | |
| RELACION DENSIDAD (grain) | 1.26 | 0.59 | 0.93 | X | X | X | |
| PERCENTAJE PROCTOR (N 60) | 143.29 | 84.08 | 106.60 | X | X | X | |
| RELACION (grain) | 1.03 | 1.52 | 1.72 | X | X | X | |
| PERCENTAJE RELACION (N 60) | 32.40 | 271.50 | 120.00 | X | X | X | |
| FIRMA Y SELLO | | ING. LABORATORIO | | | | | |
| LINA PAOLA RODRIGUEZ URBINA | | CONTROL DE CALIDAD | | | | | |
| INGENIERO CIVIL | | LINA PAOLA RODRIGUEZ URBINA | | | | | |
| RUC. 1714947536007 | | | | | | | |
| Lina Paola R.U. | | | | | | | |

GUARANDA: Guanujo Calle Pichincha entre Sucre y S. Bolívar Teléfonos: 032 980985 – 032 206 428 Cel: 094725502 – 094494766
 QUITO: Francisco Arévalo # 47 – 90 y Av. De las Malvas Teléfonos: 022 259236 – 094494766
 Email: linapaola9@yahoo.com



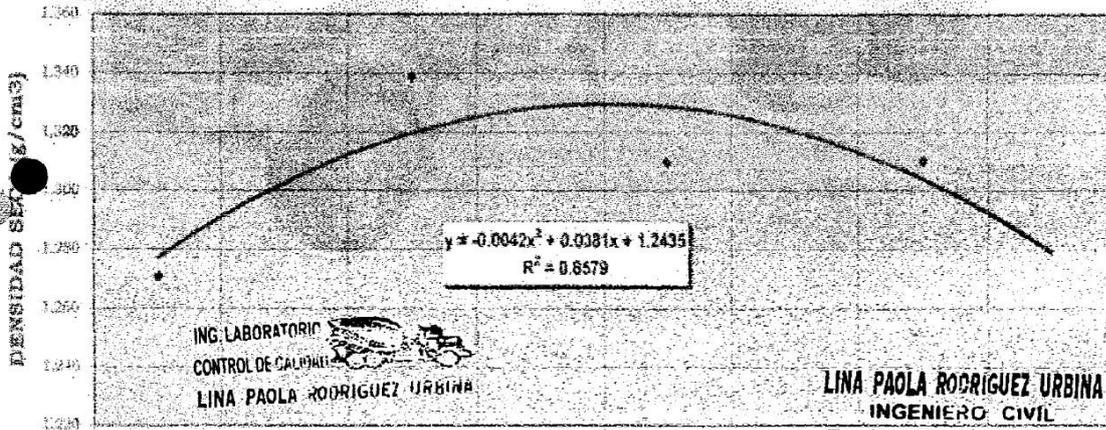
ESTUDIOS TÉCNICOS Y ASESORÍAS EN CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES – DISEÑO DE HORMIGONES
MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

| | | | |
|---------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------|
| INFORME DE ENSAYOS SOBRE: | | INSTITUCIÓN: | |
| COMPACTACIÓN | | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | |
| REALIZADO POR: | SEILOS | PROYECTO: | |
| FORMA No.: | ++-R-PR-006-006 | FACULTAD DE CIENCIAS | |
| PERFORACIÓN: | X | EDIFICACIÓN: | |
| MUESTRA: | MUESTRA No. 1 | GUARANDA - BOLIVAR | |
| PROFUNDIDAD: | X | FECHA: | 10 de junio de 2008 |

| | | | | | | | |
|-----------------|--|--------------------------------|--|------------------------|---|-----------|----|
| SOLICITADO POR: | | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | | CARACTERÍSTICAS ENSAYO | | | |
| FISCALIZA: | | ING. KESEAN NIÑO | | No. Cúps: | 2 | No. Cúps: | 20 |
| OBSERVACIONES: | | X | | Rece: | 3 | Mostr: | 20 |
| | | | | Mold: | 4 | Mold: | X |

| MUESTRA | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|--------|-------|--------|-------|
| Módulo No.: | | A | A | A | A | A | | | | | |
| Agua: | ml (W) | 600.00 | 600.00 | 600.00 | 600.00 | 600.00 | | | | | |
| Peso Total Humedo: | g | 5 561.00 | 5 648.00 | 5 731.00 | 5 818.00 | 5 811.00 | | | | | |
| Peso Neto Mold: | g | 4 225.00 | 4 225.00 | 4 225.00 | 4 225.00 | 4 225.00 | | | | | |
| Peso Neto Humedo: | g | 1 336.00 | 1 423.00 | 1 495.00 | 1 593.00 | 1 586.00 | | | | | |
| Volumen: | cm ³ | 927.00 | 927.00 | 927.00 | 927.00 | 927.00 | | | | | |
| Mostrador No.: | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | | | | | |
| Peso Humedo: | g | 34.33 | 33.08 | 29.75 | 33.84 | 27.89 | 37.94 | 25.99 | 25.23 | 25.88 | 30.51 |
| Peso Seco: | g | 32.60 | 29.58 | 27.68 | 30.80 | 24.80 | 34.71 | 21.53 | 21.77 | 25.60 | 28.79 |
| Contenido del Agua: | % | 1.70 | 3.50 | 3.30 | 3.04 | 3.99 | 7.22 | 3.40 | 3.96 | 1.28 | 3.83 |
| Peso del Proyectivo: | g | 13.05 | 10.89 | 10.78 | 11.21 | 10.96 | 11.21 | 11.14 | 10.88 | 10.85 | 10.80 |
| Peso Neto Seco: | g | 21.55 | 18.69 | 16.87 | 19.89 | 13.85 | 13.50 | 11.39 | 10.89 | 14.75 | 15.98 |
| Contenido del Agua: | % | 7.38 | 18.73 | 13.80 | 13.53 | 23.31 | 23.93 | 29.83 | 31.77 | 22.24 | 23.77 |
| Contenido de Agua Promedio: | % | 13.301 | | 14.858 | | 23.118 | | 30.812 | | 23.102 | |
| DENSIDAD HUMEDA: | t/cm ³ | 1.440 | | 1.538 | | 1.613 | | 1.714 | | 1.710 | |
| DENSIDAD SECA: | g/cm ³ | 1.271 | | 1.299 | | 1.310 | | 1.310 | | 1.289 | |

RELACION DENSIDAD SECA vs. % HUMEDAD



ING. LABORATORIO
 CONTROL DE CALIDAD
 LINA PAOLA RODRIGUEZ URBINA

LINA PAOLA RODRIGUEZ URBINA
 INGENIERO CIVIL
 RUC. 1714947536001

% HUMEDAD OPTIMA

HUMEDAD OPTIMA: 23.10 % **MAXIMA DENSIDAD: 1.39 g/cm³**

ESPECIFICACIONES Y FIRMA

Lina Paola R.U.

GUARANDA: Guanujo Calle Pichincha entre Sucre y S. Bolivar Teléfonos: 032 980985 – 032 206 428 Cel: 094725502 – 094494766
 QUITO: Francisco Arévalo # 47 – 90 y Av. De las Malvas Teléfonos: 022 259236 – 094494766
 Email: linapaola9@yahoo.com



ESTUDIOS TÉCNICOS Y ASESORÍAS EN CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - DISEÑO DE HORMIGONES
MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

FECHA DE EXPEDICION: 15-jul-08
 INSTITUCION: UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
 OBRA: EDIFICIO E LA FACULTAD DE LA SALUD
 RESISTENCIA SOLICITADA: 210 Kg/Cm2
 CONTRATISTA: UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
 FISCALIZADOR: INGENIERO HERNAN NIETO
 SECTOR: ALPACHACA CANTON: GUARANDA
 NUMERO DE MUESTRAS: 11

ELEMENTO ESTRUCTURAL: LOSA

| FECHA DE TOMA | DISEÑO f'c/Agre/Rev Mpa/S-M/mm | REVENI. ACTUAL (mm) | EDAD (dias) | DIAM (Cm) | CARGA Kg-F | RESISTENCIA Mpa | RESISTENCIA Kg/cm2 | F'c % | OBSERVACIONES |
|---------------|--------------------------------|---------------------|-------------|-----------|------------|-----------------|--------------------|-------|---------------|
| 30-jun-08 | 210 | 10.4 | 28 | 150.5 | 40973 | 22.73 | 231.88 | 100 | TOMA EN OBRA |
| 30-jun-08 | 210 | 10.6 | 28 | 150.2 | 40731 | 22.60 | 230.51 | 100 | TOMA EN OBRA |
| 01-jul-08 | 210 | 10.7 | 28 | 151.1 | 41852 | 23.22 | 236.85 | 100 | TOMA EN OBRA |
| 01-jul-08 | 210 | 10.9 | 28 | 151.1 | 41739 | 23.16 | 236.21 | 100 | TOMA EN OBRA |
| 01-jul-08 | 210 | 10.8 | 28 | 151.1 | 41411 | 22.98 | 234.36 | 100 | TOMA EN OBRA |
| 01-jul-08 | 210 | 10.4 | 28 | 151.1 | 41379 | 22.96 | 234.18 | 100 | TOMA EN OBRA |
| 01-jul-08 | 210 | 10.3 | 28 | 150.9 | 40212 | 22.31 | 227.57 | 100 | TOMA EN OBRA |
| 01-jul-08 | 210 | 10.1 | 28 | 150.9 | 40999 | 22.75 | 232.93 | 100 | TOMA EN OBRA |
| 01-jul-08 | 210 | 10.1 | 28 | 150.7 | 40323 | 22.37 | 228.20 | 100 | TOMA EN OBRA |
| 01-jul-08 | 210 | 10.8 | 28 | 150.6 | 40771 | 22.62 | 230.74 | 100 | TOMA EN OBRA |
| 01-jul-08 | 210 | 10.3 | 28 | 150.6 | 41975 | 23.28 | 237.55 | 100 | TOMA EN OBRA |

Comentarios:

1 Mpa = 10.2 Kg/cm2
 Area promedio de los cilindros 178.7 Cm2
 Muestras proporcionadas por el contratista

LINA PAOLA RODRIGUEZ URBINA
INGENIERO CIVIL
RUC. 1714947536001

Lina Paola R.U.
ING. LABORATORIO
CONTROL DE CALIDAD
LINA PAOLA RODRIGUEZ URBINA

El presente informe es propiedad del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Estatal de Bolívar. No se permite su reproducción total o parcial sin el consentimiento escrito del Laboratorio de Ensayo de Materiales.

Tabla 23 : Cronograma de actividades.
Elaborado por: (Calero & Gaibor, 2019)

| CRONOGRAMA PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|---|---|---|--------------|---|---|---|--------------|---|---|---|-------------|---|---|---|-------------|---|---|---|
| ACTIVIDADES | FEBRERO | | | | MARZO | | | | ABRIL | | | | MAYO | | | | JUÑO | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| CAPITULO I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1. Planteamiento del Problema | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2. Formulación del Problema | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.3. Objetivos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4. Justificación de la Investigación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.5. Limitaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1. Contexto del area de estudio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2. Antecedentes de la Investigación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.3. Bases Teóricas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.4. Marco Legal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.5. Definición de Términos (Glosario) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.6. Definición de Términos (Glosario) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1. Nivel de Investigación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.2. Diseño | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.3. Población y Muestra | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAPITULO 4: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.1. Resultados según objetivo 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.2. Resultado según objetivo 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.3. Resultados según objetivo 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.1. Conclusiones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.2. Recomendaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BIBLIOGRAFÍA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

