UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE DESASTRES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

"VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR, ANTE SISMOS E INCENDIOS, PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2024"

AUTORAS:

ALCOCER VELASCO ANGIE KATHERINE

CALUÑA CASPI DAYANA ELIZABETH

DIRECTOR:

ING. GINO ALONSO NOBOA FLORES

GUARANDA – ECUADOR
2025

TEMA

“VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR, ANTE SISMOS E INCENDIOS, PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2024”

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios, por guiarme en cada paso de mi camino y darme la perseverancia para alcanzar cada meta propuesta.

A mi madre, María Velasco, por ser la promotora de mis sueños y creer en mí, por anhelar lo mejor para mi vida y aconsejarme. A mi padre, José Alcocer (+)*, quien, siempre ha sido mi inspiración y motivación*

A mis hermanos, Edison y Paola, a Kelly Simbaña, a mis abuelos, tíos: que más que ello, son mis segundos padres y primos por su apoyo, su cariño y por estar siempre a mi lado. Su confianza en mí ha sido el impulso que me ha permitido seguir adelante. Todo lo que soy es gracias a mi familia, por su aliento, paciencia y esfuerzo, por estar presentes en cada uno de mis sueños y metas. Este logro también es suyo.

A Samy mi compañera de 4 patas, por su amor, sus recibimientos llenos de entusiasmo, su compañía silenciosa pero reconfortante y por ser una fuente constante de alegría y tranquilidad en mi vida.

A mi tutor de tesis, Ing. Gino Noboa, por su paciencia, orientación y valiosos aportes durante el desarrollo de este trabajo. Su guía ha sido fundamental para la culminación de esta etapa. A mis pares académicos, Arq. César Pazmiño e Ing. Numa Gaibor, por su tiempo, dedicación y apoyo incondicional, sobre todo, agradezco su amistad y confianza.

A mi gran amiga y compañera Dayana Caluña, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y por compartir conmigo cada momento de este proceso lleno de risas, anécdotas y dificultades, haciendo que el camino fuera más llevadero.

Finalmente, pero no menos importante a mi querida UEB, por ser el espacio donde he crecido tanto académica como personalmente, por permitirme aprender de grandes profesionales con quienes tuve el privilegio de compartir aulas y conocimientos, por regalarme grandiosas amistades entre ellas, Jessica Bayas y Alison Nuñez, porque en cada uno de los momentos más desafiantes de este camino siempre estuvieron ellas para levantarme, apoyarme y acompañarme.

A todos quienes, de una u otra forma, han sido parte de este logro, mis más sinceros agradecimientos, su nombre queda grabado en cada una de las páginas de esta tesis.

Angie Katherine Alcocer Velasco

Las palabras nunca serán suficientes para expresar todo lo que mi corazón siente en este momento. Nada en la vida se logra solo y al llegar a esta meta, solo puedo sentir gratitud infinita por todas las personas que han sido parte de este proceso.

*A **Dios**, por darme la vida, la fuerza y la oportunidad de seguir adelante y alcanzar esta meta.*

*A mis padres, **Norma y Marco**, porque su amor ha sido el cimiento más fuerte de mi vida, gracias por cada sacrificio silencioso. Este logro es tan suyo como mío, porque sin ustedes, nada de esto habría sido posible.*

*A mis hermanas, **Diana y Valentina**, y a mi prima hermana **Tatiana**, por su cariño, apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y cada momento compartido que me llenó de fuerzas para seguir adelante.*

*A mis abuelitos, con un cariño muy especial para **mi mamita Gloria** y para **mi papito Agustín (+)**, quien me acompaña desde el cielo, sé que desde allá arriba me cuidas y te sientes orgulloso de mí, gracias por sus valores, amor y enseñanzas, que siempre llevaré conmigo.*

*A mi sobrina, tíos y primos, y en especial a **mi ñaño Aníbal**, por ser más que familia, un segundo padre, un apoyo incondicional y un ejemplo de fortaleza y amor.*

*A mi esposo, **Darwin**, y a nuestro hijo, **Ian**, por ser mi mayor inspiración. Darwin gracias por ser mi compañero de vida, por cada palabra de ánimo, por cada abrazo que me devolvió la calma, por estar a mi lado cuando más lo necesitaba. Ian, la luz de mi vida, el motor que me impulsó a seguir adelante cuando todo parecía difícil. Todo esto también es por y para ti.*

*A mi director de tesis, **Ing. Gino Noboa**, por su paciencia y su invaluable guía, por creer en mi trabajo y ayudarme a perfeccionarlo con su conocimiento.*

*A mis pares académicos, **Ing. Numa Gaibor y Arq. César Pazmiño**, por sus aportes, consejos y por acompañarme en este proceso con su experiencia y dedicación.*

*A mi mejor amiga y compañera de tesis, **Angie Alcocer**, con quien he compartido este viaje lleno de retos, frustraciones, risas y triunfos. Gracias por ser mi compañera en esta travesía y por demostrarme que juntas somos más fuertes.*

*A **Jessica**, una amiga que ha estado ahí en los momentos más difíciles, brindándome su cariño y apoyo incondicional.*

*A mis profesores de la **Universidad Estatal de Bolívar**, por su guía y enseñanzas, que han sido fundamentales en mi formación.*

A todos los que, de alguna manera, han formado parte de este logro, mi más profundo y sincero agradecimiento.

Dayana Elizabeth Caluña Caspi

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado con todo mi amor a:

A Dios, por iluminar y guiar mi camino, dándome las fuerzas para continuar y acompañarme en cada paso que he dado.

A mi madre, mi apoyo incondicional. Ella ha sido mi motor, mi inspiración y el pilar que me ha impulsado a seguir adelante en cada una de mis metas propuestas

A mi padre, quien ya no está físicamente, pero cuya presencia sigue siendo un ejemplo en mi vida. Su sabiduría y enseñanzas siguen guiando mis pasos y su recuerdo será siempre un referente de fortaleza y amor.

A mis hermanos, por ser mi apoyo, su paciencia, sus palabras de aliento y por siempre estar allí para levantarme cuando más lo necesitaba.

A mi familia, por su amor, comprensión y por ser mi refugio en cada momento. Cada uno de ustedes ha sido parte esencial en la realización de este sueño.

A mis amigos, por su compañía sincera, por cada risa compartida y por hacer de este camino una experiencia aún más especial con su cariño y apoyo.

Finalmente, me dedico a mí misma, por haber tenido la valentía de soñar, luchar y no rendirme, aun cuando las circunstancias parecían difíciles. Este logro es el reflejo de mi esfuerzo, mi determinación y la creencia de que siempre es posible avanzar, no importa lo que cueste.

Angie Katherine Alcocer Velasco

Esta tesis es para mi familia, mi mayor fuente de fuerza y amor. A mis padres, Norma y Marco, que me han dado todo lo que soy, que siempre han creído en mí, incluso cuando yo misma no lo hacía. A mis hermanas, Diana y Valentina, y a mi prima Tatiana, por su amor incondicional, por ser mi refugio y mi energía. A mi sobrina, tíos y primos, que siempre han sido un apoyo incondicional en cada momento de mi vida, mostrándome el verdadero significado de la familia. A mis abuelos, especialmente a mi mamita Gloria, que siempre me mostró el poder del amor sin medida, y a mi papito Agustín, quien sigue guiándome desde el cielo.

A mi esposo, Darwin, el que ha estado a mi lado en cada paso de este proceso, celebrando mis victorias y apoyándome en mis momentos de duda. Y a mi pequeño Ian, que con su sonrisa y su cariño me da la fuerza para seguir adelante. Cada sacrificio ha sido por ustedes, por nuestra familia, por este amor que nos une.

A mis amigas, que son mucho más que eso, son mi familia elegida, que estuvieron conmigo en cada noche de estudio y en cada triunfo, por ser un pilar de apoyo, por brindarme su amistad sincera en cada paso del camino.

A todos ustedes, les dedico esta tesis con todo mi corazón. Porque sin su amor, su paciencia y su apoyo, nada de esto habría sido posible.

Dayana Elizabeth Caluña Caspi

CERTIFICADO DEL TUTOR

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.

Guaranda, 04 de febrero de 2025.

El suscrito Ingeniero Gino Alonso Noboa Flores. Director del Proyecto de Investigación de Pre-Grado de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: "VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR ANTE SISMOS E INCENDIOS, PERIODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE 2024."; realizado por las señoritas: **Alcocer Velasco Angie Katherine y Caluña Caspi Dayana Elizabeth** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo con el reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.

ING. GINO ALONSO NOBOA FLORES

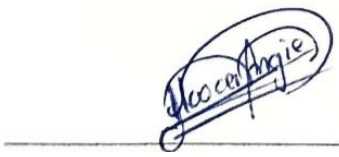
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE-GRADO

DERECHOS DE AUTOR

Nosotras **ALCOCER VELASCO ANGIE KATHERINE y CALUÑA CASPI DAYANA ELIZABETH**, portadoras de la Cédula de Identidad No. **172329972-1** y No. **020239559-6** en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **"VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR, ANTE SISMOS E INCENDIOS, PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2024",** modalidad **proyecto de investigación**, de conformidad con el **Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS CREATIVIDAD E INNOVACIÓN**, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.



ALCOCER VELASCO ANGIE KATHERINE
CI: 172329972-1



CALUÑA CASPI DAYANA ELIZABETH
CI: 020239559-6

Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira
Guaranda-Ecuador
Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec

ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA I
AGRADECIMIENTO II
DEDICATORIA IV
CERTIFICADO DEL TUTOR VI
DERECHOS DE AUTOR VII
ÍNDICE DE CONTENIDO VIII
ÍNDICE DE TABLAS XI
ÍNDICE DE FIGURAS XIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES XVI
ÍNDICE DE ANEXOS XVII
RESUMEN XIX
ABSTRACT XX
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 3
1.1. Planteamiento del Problema 3
1.2. Formulación del Problema 5
1.3. Justificación 5
1.4. Objetivos 6
1.4.1. Objetivo general 6
1.4.2. Objetivos específicos 6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 7
2.1. Referencial o Georreferencial 7
2.2. Antecedentes académicos y artículos de investigación 8

2.3. Científico 12
2.3.1. Vulnerabilidad 12
2.3.2. Ubicación Geográficas del Ecuador 15
2.3.3. Sismo 15
2.3.4. Incendio 18
2.3.7. CYPECAD 21
2.4. Legal 22
2.4.1. Normas Ecuatorianas de Construcción 22
2.4.2. Constitución de la República del Ecuador 24
2.4.3. Ley de Seguridad Pública y del Estado. 25
2.3.4. NEC-HSCI: Contra incendios de la norma ecuatoriana de la construcción . 26
2.4.4. Normas NFPA (National Fire Protection Association) 27
2.5. Conceptual 28
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA 31
3.1. Enfoque de la investigación 31
3.2. Alcance 31
3.2. Diseño 32
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos 32
3.5. Universo, Población y Muestra 34
3.6. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información 34

CAPITULO IV. RESULTADOS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANEADOS 36
4.1. Resultados según el objetivo 1 36
4.1.1. Sismos 39
4.1.2. Incendios 49
4.2. Resultados según el objetivo 2 63
4.2.1. CYPECAD 63
4.2.2. Metodología de Gretener 94
4.3. Resultados según el objetivo 3 116
4.3.1. Sismos 117
4.3.2. Incendios 118
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 119
5. CONCLUSIONES 119
RECOMENDACIONES 121
BIBLIOGRAFÍA 122
ANEXOS 126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución del edificio 50

Tabla 2: Material y mobiliario del edificio de Idiomas 56

Tabla 3: Información del peso del mobiliario del edificio 57

Tabla 4: Humedad en el mobiliario del edificio 60

Tabla 5: Determinación de carga muerta 66

Tabla 6: Resultado de los modos de vibración, periodo y porcentaje de participación de masa 77

Tabla 7: Periodo según los modos estudiados en X1 80

Tabla 8: Periodo según los modos estudiados en Y1 80

Tabla 9: Desplome local máximo de pilares 81

Tabla 10: Desplome total máximo de los pilares. 81

Tabla 11: Elementos del riesgo potencial 94

Tabla 12: Material combustible 95

Tabla 13: Valores de la carga térmica mobiliaria 97

Tabla 14: Valores de los factores "c", "r" y "k" 98

Tabla 15: Estructura y fachada 99

Tabla 16: Valor del coeficiente "i" 100

Tabla 17: Valores del factor "c" 100

Tabla 18: Medidas normales de protección 101

Tabla 19: Extintores portátiles 102

Tabla 20: Bocas de incendios equipadas 102

Tabla 21: Reserva de agua 103

Tabla 22: Distancia desde el hidrante externo a la entrada principal del edificio 103

Tabla 23: Personal capacitado 104

Tabla 24: Medidas especiales de protección 104

Tabla 25: Medidas de detección 105

Tabla 26: Monitoreo del panel central. 106

Tabla 27: Disponibilidad de brigadistas 106

Tabla 28: Tiempo de reacción y proximidad de la estación de bomberos más cercana 107

Tabla 29: Sistemas automáticos de protección contra incendios 108

Tabla 30: Instalación de evacuación de humo 108

Tabla 31: Protección estructural 108

Tabla 32: Resistencia de la construccion 109

Tabla 33: Resistencia de los elementos de la fachada 109

Tabla 34: Resistencia al fuego, separación entre plantas 110

Tabla 35: Dimensiones de las células cortafuegos 110

Tabla 36: Factor "A" 111

Tabla 37: Matriz de Gretener 114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zonas sísmicas del Ecuador y valor del factor Z 17

Figura 2: Triangulo de fuego 19

Figura 3: Fachada del edificio de Idiomas 40

Figura 4: Comprobación de las medidas de los elementos 40

Figura 5: Escaleras del edificio 49

Figura 6: Disponibilidad y almacenamiento de los extintores 51

Figura 7: Fuentes de ignición 53

Figura 8: Plano de riesgo de incendios en los laboratorios de radio, fotografía y televisión 55

Figura 10: Mayor concentración de calor, aula tercer piso 59

Figura 11: Extintores del edificio 61

Figura 12: Estación de Bomberos Guaranda 61

Figura 13: Vista frontal del edificio de Idiomas 63

Figura 14: Ventana de datos generales del programa 64

Figura 15: Normativa ecuatoriana de la acción sísmica 64

Figura 16: Espectro del diseño 65

Figura 17: Introducción de plantas 66

Figura 18: Ingreso de cargas muertas y vivas en cada planta 67

Figura 19: Dimensiones de los pilares 67

Figura 20: Pilares introducidos al programa 68

Figura 21: Ventana de selección de vigas 69

Figura 22: Muestra de las vigas en el programa 69

Figura 23: Ventana de entrada de muro 70

Figura 24: Dimensiones del muro 70

Figura 25: Visualización de los muros y vigas 71

Figura 26: Signo de interrogación de color amarrillo 71

Figura 27: Introducción de la losa 72

Figura 28: Colocación de paño y huecos en la estructura 73

Figura 29: Características de los escalones 73

Figura 30: Introducción de la escalera 74

Figura 31: Vista 3D del edificio 74

Figura 32: Comprobación de la geometría de los grupos 75

Figura 33: Calculo de la estructura 76

Figura 34: Visualización grafica del centro de masa y rigidez por cada planta 82

Figura 35: Cubierta del edificio 83

Figura 36: Datos generales del programa Cype3D 84

Figura 37: Selección de normas 85

Figura 38: Normativa ecuatoriana para el cálculo de la acción sísmica 85

Figura 39: Hipótesis adicionales de las cargas 86

Figura 40: Selección de perfiles 87

Figura 41: Creación de perfiles G 88

Figura 42: Creación de perfiles 2G 88

Figura 43: Vinculación exterior 89

Figura 44: Introduccion de paños 90

Figura 45: Vista de los paños añadidos 90

Figura 46: Comprobación de elementos 91

Figura 47: Vista 3D de la estructura 91

Figura 48: Cálculo de la estructura metálica 92

Figura 49: Calculo de la estructura cubierta metálica de las aulas..... 92

Figura 50: Calculo de la estructura metálica de las gradas 93

Figura 51: Vista 3D del edificio con las estructuras metálicas 93

Figura 52: Tamaño del compartimiento cortafuego 101

Figura 53: Distancia entre la estación de bomberos y el edificio..... 107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación del edificio de Idiomas 8

Ilustración 2: Plano Arquitectónico de la planta baja del edificio de Idiomas 36

Ilustración 3: Plano Arquitectónico de la primera planta alta del edificio de Idiomas. 37

Ilustración 4: Plano Arquitectónico de la segunda planta alta del edificio de Idiomas 37

Ilustración 5: Plano Arquitectónico de la vista superior del edificio de Idiomas 38

Ilustración 6: Plano estructural del entrepiso del edificio..... 38

Ilustración 7: Cimentación del edificio de idioma..... 41

Ilustración 8: Detalle de columnas..... 42

Ilustración 9: Viga horizontal 43

Ilustración 10: Viga vertical 43

Ilustración 11: Cadena C1 44

Ilustración 12: Viga porta grada 44

Ilustración 13: Viga V2 45

Ilustración 14: Estribos de las vigas 45

Ilustración 15: Losa de la edificación..... 46

Ilustración 16: Muro del ascensor..... 46

Ilustración 17: Escaleras de la edificación..... 47

Ilustración 18: Diafragmas centrales 48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Esclerómetro 126

Anexo 2: Piedra abrasiva 126

Anexo 3: Programa CYPECAD 2024, versión Campus 127

Anexo 4: Preparación del elemento estructural para tener una superficie lisa con la piedra afiladora 127

Anexo 5: Trazado de la cuadrícula para realizar el Ensayo del Esclerómetro 128

Anexo 6: Toma de muestras del rebote de los Pilares con el Esclerómetro 128

Anexo 7: Toma de muestras del rebote de los Pilares con el Esclerómetro 129

Anexo 8: Toma de muestras del rebote del muro del ascensor con el Esclerómetro ... 129

Anexo 9: Toma de muestras del rebote de los diafragmas verticales con el Esclerómetro 130

Anexo 10: Toma de muestras del rebote de las vigas con el Esclerómetro 130

Anexo 11: Gráfica de la cuadrícula que se encuentra en el Esclerómetro: 131

Anexo 12: Medición de los elementos estructurales del edificio de Idiomas 131

Anexo 13: Medición de la escalera 132

Anexo 14: Ensayo del esclerómetro 133

Anexo 15: Informe de la Justificación de la acción sísmica 136

Anexo 16: Informe de Distorsiones de pilares. 146

Anexo 17: Aplicación de las medidas de reducción de incendios, según la metodología de Gretener 153

Anexo 18: Toma de humedad en escritorios 155

Anexo 19: Toma de humedad en mesas 155

Anexo 20: Toma de humedad en archivadores 156

Anexo 21: Toma de humedad en sillas 156

Anexo 22: Toma de muestras de la humedad del mobiliario..... 157

Anexo 23: Reuniones virtuales con el tutor 158

Anexo 24: Elaboración del modelamiento y metodología..... 158

RESUMEN

La presente investigación evalúa la vulnerabilidad estructural del edificio de Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar ante sismos e incendios; ubicado en la ciudad de Guaranda, Av. Alpachaca, Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira. Este edificio, alberga actividades académicas y administrativas. En primera instancia se caracteriza el edificio en su componente estructural, mediante herramientas y metodologías especializadas para verificar el comportamiento de la estructura, su seguridad y así proponer medidas que garanticen la integridad de sus habitantes. La metodología de la investigación adopta un enfoque mixto, con un alcance descriptivo, su diseño es no experimental, transversal y de campo; utilizando el esclerómetro para estimar la resistencia de compresión del concreto de los elementos estructurales, el software Cypecad para modelar, simular su comportamiento, la metodología de Gretener permite el análisis del riesgo de incendio con la ayuda de herramientas como sensor térmico que detecta y visualiza la temperatura, higrómetro mide la humedad y flexómetro con medidas exactas. Los resultados obtenidos; el edificio presenta una configuración estructural de hormigón, diafragmas centrales, techos falsos de gypsum y deficiencias en los sistemas de detección y extinción de incendios. En el software Cypecad se pudo determinar que la estructura predomina la traslación en X, el periodo de vibración cumple con lo establecido en la NEC 2014, mediante el CYPE 3D se modela la cubierta metálica obteniendo los valores de resistencia presentes en las vigas y correas. La metodología de Gretener permitió conocer que el riesgo presente en el edificio de Idiomas no es aceptable con un valor de 0,37 por debajo del valor permisible que es de 1. Con lo mencionado se puede decir que el edificio de idiomas tiene una vulnerabilidad media ante sismos e incendios.

Palabras clave: *Vulnerabilidad estructural, sismos, incendios, cypecad, gretener.*

ABSTRACT

This research evaluates the structural vulnerability of the Languages building at the Bolívar State University to earthquakes and fires, located in the city of Guaranda, on Alpachaca Avenue, Ernesto Che Guevara Street, and Gabriel Secaira Street. This building houses academic and administrative activities. Initially, the building is characterized in its structural components, using specialized tools and methodologies to verify the behavior of the structure and its safety, and thus propose measures to guarantee the integrity of its inhabitants. The research methodology adopts a mixed approach, with a descriptive scope; its design is non-experimental, cross-sectional, and field-based. It uses a sclerometer to estimate the compressive strength of the concrete of the structural elements, Cypecad software to model and simulate their behavior, and the Gretener methodology allows for the analysis of fire risk with the help of tools such as a thermal sensor that detects and displays temperature, a hygrometer that measures humidity, and a tape measure with precise measurements. The results obtained; The building has a structural configuration of concrete, central diaphragms, false gypsum ceilings and deficiencies in the fire detection and extinguishing systems. In the Cypecad software it was possible to determine that the structure predominates the X translation, the vibration period complies with what is established in the NEC 2014, through CYPE 3D the metal roof is modeled obtaining the resistance values present in the beams and purlins. The Gretener methodology allowed to know that the risk present in the Language building is not acceptable with a value of 0.37 below the permissible value of 1. With the above mentioned, it can be said that the language building has a medium vulnerability to earthquakes and fires.

Keywords: Structural vulnerability, earthquakes, fires, cypecad, gretener.

INTRODUCCIÓN

"Ecuador ha sufrido varios 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. Dejando un saldo de 671 fallecidos y 80% de las viviendas y edificios destruidos. Es importante construir viviendas y edificios con normas sismo resistente para evitar el colapso de estas y con ella pérdidas de vidas" (IGEPN, 2018).

Además, en los últimos años se ha alcanzado más de 10,000 casos de incendios estructurales debido a factores prevenibles, como falta de precaución en el manejo del fuego y mantenimiento en el sistema eléctrico. Estos incidentes superan a otros eventos peligrosos frecuentes como deslizamientos e inundaciones, demostrando la importancia de implementar un adecuado sistema de prevención y mantenimiento en los hogares y edificios. Un caso específico fue el incendio del Mercado Mayorista de Quito en 2019, que afectó gravemente su infraestructura y expuso deficiencias en los sistemas contra incendios.

En áreas altamente sísmicas, el riesgo de daños estructurales se incrementa, especialmente en infraestructuras que no cumplen con estándares de diseño y seguridad. Asimismo, los incendios constituyen otro riesgo presente, en edificaciones que albergan grandes concentraciones de personas y utilizan materiales susceptibles al fuego en sus instalaciones.

La provincia de Bolívar está ubicada en un área con alto riesgo sísmico debido a presencia de fallas tectónicas activas y suelos poco consolidados. Por ello se destaca la importancia de garantizar que los edificios universitarios cumplan con las normativas

actuales de seguridad contra sismos e incendios, particularmente en instituciones públicas donde la aglomeración de personas es constante.

El edificio de Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar alberga tres importantes departamentos académicos: Idiomas, Comunicación y Áreas de Salud, por lo que su integridad estructural y la seguridad de sus habitantes son de gran importancia. Entre sus elementos constructivos destacan elementos de hormigón armado, techos falsos de gypsum, y dos diafragmas centrales entre las columnas, estas características demandan un análisis riguroso para evaluar su comportamiento ante situaciones de riesgo.

Se lleva a cabo un estudio integral utilizando herramientas avanzadas y metodologías específicas. El software Cypecad permite modelar y analizar la estructura bajo condiciones sísmicas. De igual manera, la metodología de Gretener fue aplicada para determinar el grado de aceptabilidad de riesgo del edificio frente a incendios.

Identificando las condiciones actuales que podrían comprometer la seguridad del edificio, se busca generar recomendaciones que permitan reducir los riesgos, optimizar el desempeño estructural y garantizar la seguridad de sus habitantes.

Los resultados obtenidos contribuirán a la mejora de la estructura del edificio y servirán como referencia para otras edificaciones de la universidad y el entorno de Guaranda, fortaleciendo la resiliencia y promoviendo un enfoque integral en la gestión del riesgo de desastres.

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. Planteamiento del Problema

Ecuador se encuentra situado en una de las áreas de mayor peligrosidad sísmica del mundo, donde los movimientos de las placas tectónicas desencadenan procesos naturales que ocasionan múltiples tragedias para las comunidades. Además de esto la limitada cultura de gestión de riesgos en políticas o leyes que amparen y obliguen a las construcciones cumplir con normativas básicas frente a la protección de sismos e incendios conllevan escenarios de riesgos que tienen mayor afectación en las infraestructuras. (Theurer et al., 2017).

Entre los riesgos asociados se generan interrupciones de los servicios esenciales, pérdidas humanas y económicas, así como la posible destrucción de infraestructuras, entre otros factores de gran impacto.

La limitada cultura de gestión de riesgo, la insuficiente implementación de normas es esencial tanto para la construcción y mantenimiento adecuado de las infraestructuras y de las instalaciones eléctricas son las principales causas que puedan materializar un incendio.

En el trabajo de tesis denominado “Levantamiento Geológico de la Depresión de Guaranda”, realizado por Luis Escorza, menciona que la ciudad de Guaranda, se encuentra asentada en la denominada zona de “Depresión de Guaranda”, la misma que está limitada por tres fallas geológicas: la primera es la Falla de Rio Salinas (RS), una extensión de la Falla de Río Chimbo, que tiene un rumbo norte sur, y esta falla a su vez puede ser considerada un ramal de la Falla Regional Puná – Pallatanga – Riobamba; la

segunda es la Falla Río Guaranda (RG) o Falla Illangama-Guaranda que se localiza paralela a la Cordillera de Chimbo y al flanco oeste de la Cordillera Occidental; la tercera Falla la de Negroyacu (NG), según el esquema de tectónica de la Depresión de Guaranda (Amangandi et al., 2018).

Además, se encuentra compuesto por pendientes de materiales poco consolidados o rellenos compactados, con un deficiente drenaje superficial, lo que genera gradientes elevados de infiltración en el flujo subterráneo, provocando que la zona responda de manera desfavorable ante la presencia de una amenaza.

Identificar las posibles deficiencias en el diseño o estructura que pueden incrementar la vulnerabilidad a sismos (diseño estructural apropiado, calidad de los materiales, cumplimiento de regulaciones, consideraciones geográficas y evaluación de riesgos sísmicos específicas para el sitio) e incendios (diseño estructural adecuado, utilización de materiales resistentes al fuego, medidas de seguridad contra incendios y cumplimiento de regulaciones), permite determinar las acciones preventivas y correctivas en caso de ser necesario ante la materialización de estos eventos peligrosos.

A través de este análisis se podrá determinar con precisión el nivel de vulnerabilidad estructural del edificio de Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar, ante sismos e incendios, utilizando el software informático Cypecad, y la metodología Gretener, con el fin de que los responsables de la institución adapten e identifiquen las posibles medidas de reducción de riesgos de la edificación para proteger la integridad de las personas y la estructura.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad estructural del edificio de Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar ante sismos e incendios?

1.3. Justificación

La evaluación de la vulnerabilidad estructural es fundamental para garantizar la seguridad de las edificaciones frente a eventos peligrosos, como sismos e incendios. En el caso del edificio de Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar, es crucial determinar si su diseño y construcción cumplen con los estándares necesarios para soportar estas amenazas y asegurar la continuidad de sus actividades académicas y administrativas.

Dado que las instituciones educativas son espacios de alta concurrencia, cualquier situación de emergencia podría tener consecuencias graves, incluso catastróficas, afectando la integridad de las personas y la operatividad de la institución. En particular, la ciudad de Guaranda se encuentra en una zona de alta amenaza sísmica, lo que incrementa la necesidad de un estudio detallado de la edificación.

Para abordar esta problemática, se propone realizar un análisis estructural utilizando el software CYPECAD, permitiendo obtener cálculos precisos del comportamiento del edificio ante eventos sísmicos. Asimismo, se aplicará la metodología GRETENER para evaluar el riesgo de incendios de manera integral, proporcionando información clave sobre el nivel de vulnerabilidad de la infraestructura.

Este estudio representa un aporte significativo al conocimiento científico y a la gestión del riesgo, mediante la evaluación de la vulnerabilidad estructural del edificio de

Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar, ante sismos e incendios, ya que no solo permitirá identificar las debilidades estructurales del edificio. La investigación fomentará la concienciación sobre la importancia de la evaluación estructural en instituciones educativas, promoviendo la adopción de medidas preventivas y correctivas que fortalezcan la resiliencia ante sismos e incendios.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la vulnerabilidad estructural del edificio de Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar, ante sismos e incendios.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el edificio de Idiomas en su componente estructural, ante sismos e incendios.
- Realizar un diagnóstico de la situación de vulnerabilidad estructural del edificio de Idiomas.
- Proponer medidas de reducción de riesgos de la vulnerabilidad encontrada ante sismos e incendios.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Referencial o Georreferencial

Nuestro país está situado en un territorio altamente propenso a sismos, ya que forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico y se encuentra atravesado por al menos 10 fallas tectónicas, lo que provoca la ocurrencia frecuente de movimientos sísmicos. Además, se ubica en la zona de convergencia de varias placas tectónicas, principalmente la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana y la presencia de fallas geológicas locales contribuyen a la generación de sismos de diversas magnitudes en el territorio nacional.

Con los antecedentes sísmicos y las fallas geológicas presentes en el país, especialmente en la provincia de Bolívar, es fundamental evaluar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones. En este sentido, los ingenieros estructurales deben diseñar los edificios teniendo en cuenta que la acción sísmica es un factor crucial para considerar, asegurando estructuras capaces de resistir estos eventos y proteger la vida de sus ocupantes.

La NEC-2014 establece seis zonas sísmicas en Ecuador, y la provincia de Bolívar se encuentra en las zonas sísmicas IV y V. La ciudad de Guaranda, situada en la zona IV de peligro sísmico, es especialmente vulnerable ante la ocurrencia de un sismo.

Actualmente la Universidad Estatal de Bolívar, no ha presenciado un incendio de gran magnitud que haya puesto en peligro a los docentes y estudiantes; sin embargo, nadie está libre a sufrir algún tipo de incidente ya sea de carácter interno natural o humano, generadas por las actividades diarias del entorno, falta del mantenimiento de este, el cual puede afectar a la salud y puede causar pérdidas de vidas humanas.

Edificio de idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar

El edificio de Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar está ubicado en la ciudad de Guaranda en las siguientes coordenadas geográficas (UTM) 17M 721843.32E 9826178.46S.

Ilustración 1: Ubicación del edificio de Idiomas



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Ubicación: Ciudadela Universitaria Gabriel Galarza López, Km 3/5 vía Guaranda - Ambato, entre la Av. Alpachaca y Gabriel Secaira, de la ciudad de Guaranda provincia Bolívar

2.2. Antecedentes académicos y artículos de investigación

En la actualidad, existen diversos estudios sobre el modelamiento de edificaciones para evaluar la vulnerabilidad estructural en Ecuador, como estudios de caso y trabajos de titulación. Cypecad es un software utilizado para diseñar, calcular y

dimensionar estructuras de hormigón armado y mixtas, tanto en direcciones horizontales como verticales, permitiendo realizar un análisis bidimensional y tridimensional de la estructura. Por otro lado, la metodología de Gretener facilita la evaluación de los riesgos de incendios en las edificaciones, ayudando a reducir los tiempos de respuesta, optimizar los recursos y disminuir costos, sin comprometer la seguridad.

En Perú se realizó el proyecto "Modelamiento y análisis estructural del hospital challhuahuacho, bloque "A" mediante el software CYPECAD." Por ello se llevó a cabo el pre-dimensionamiento de los elementos estructurales, incluyendo vigas, columnas y losas, considerando los parámetros de la norma peruana E. 030. Se hizo un análisis sísmico a la zona de estudio. Después del modelamiento se procedió a interpretar los datos obtenidos como momento y cortantes de los diferentes elementos estructurales, siendo la columna de análisis C-8 la más crítica, el resultado de sus momentos es considerable; por ello se propone aplicar placas de concreto armado en sitios estratégicos para contrarrestar las fuerzas laterales (Huamani, 2019).

En Bucaramanga, con el proyecto "Utilización del Software CYPECAD en el análisis y diseño de un edificio de ocho pisos en concreto reforzado ubicado en Bucaramanga" se realizó el análisis y diseño de una estructura utilizando CYPECAD, un software especializado en arquitectura, ingeniería y construcción. Este programa permite el diseño, cálculo y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado, metálicas y mixtas, así como forjados, placas y losas. Además, incluye el diseño de cimentaciones mediante losas o vigas de cimentación y zapatas. También se integran obras de CYPE 3D, que abarcan perfiles de acero, aluminio y madera, permitiendo la optimización de las secciones. (Camaro, et al, 2023)

(Escobar et al.,2019) en su proyecto denominado “Modelamiento informático del comportamiento de la estructura del Edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar ante amenaza sísmica” Se utilizó el software CYPECAD, el cual analiza y diseña estructuras conforme a la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC, 2014). Con este programa, se logró identificar cómo se comporta la estructura bajo las fuerzas y esfuerzos de un evento sísmico. Los resultados revelaron que la distorsión de las columnas excede lo permitido por la NEC. En el primer modelado, se obtuvo un desplazamiento de 1/30, lo que indica que la estructura se desplaza más de lo esperado, lo que podría llevar a un colapso. El desplazamiento óptimo debería ser de 1/50. Además, se concluyó que el edificio administrativo presenta un comportamiento y desempeño inaceptable, lo que lo convierte en una estructura vulnerable ante sismos.

En Barcelona, mediante el proyecto: “Evaluación del desempeño de estructuras de hormigón frente a incendio y sismo”, se realiza el análisis utilizando distintos escenarios de fuego y desempeño sísmico de una estructura de hormigón armado mediante fallos locales y globales. Todo este proceso se lleva a cabo mediante un software de análisis no lineal, el cual facilita la simulación de un análisis secuencial. Este análisis comienza con un estudio gravitacional, seguido de un análisis sísmico y, por último, un análisis termo-mecánico. Dando como resultado que las condiciones de sismo y fuego son de carácter no lineal y con un grado de complejidad alto debido a la temperatura y las propiedades de los materiales. (Sánchez, 2023)

Otra investigación es la “Vulnerabilidad físico- estructural ante incendios del mercado 10 de noviembre de la ciudad de Guaranda”, su objetivo principal es determinar el nivel de vulnerabilidad físico-estructural ante incendios. En el mercado,

hay aproximadamente 350 beneficiarios, y el área de administración destacó la relevancia del trabajo de investigación realizado, ya que busca concientizar sobre la magnitud del problema. Aplicando la metodología DIAMANTE, el cual califica mediante colores (verde, amarillo y rojo) e identifica amenazas y vulnerabilidades evaluando la situación actual, dando como resultado a una interpretación de MEDIO a las amenazas de movimientos sísmicos, caída de ceniza y ALTO a inundaciones e incendios. (Guaranga & Toapanta, 2019)

Según Almeida en su tesis "Evaluación de riesgo de incendio a través del método Gretener y una propuesta de medidas de control que minimicen el riesgo para la empresa MENESES E HIJOS CÍA. LTDA" que, la evaluación permite conocer y determinar el riesgo real de incendio de la empresa Meneses e Hijos puede evaluarse utilizando el método Gretener, que considera diversas características del edificio que podrían favorecer la propagación de un incendio y las capacidades de mitigación de un conato de incendio. La evaluación reveló que el riesgo del restaurante es inaceptable, debido a las actividades del negocio, su infraestructura de madera, elementos que se encuentran dentro de la edificación y las escasas medidas de prevención contra incendios que dispone el restaurante. (Almeida, 2015)

Con las referencias de investigación citadas, relacionadas con la evaluación de la vulnerabilidad estructural, nuestro estudio se basa en estos proyectos para ofrecer una respuesta rápida frente a eventos peligrosos que podrían afectar las instalaciones, causar pérdidas económicas o incluso la muerte del personal administrativo, estudiantes y visitantes que se encuentran frecuentemente en las instalaciones por lo que se va a realizar en el edificio de Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar utilizando el

software informático Cypecad y la metodología de Gretener ante la amenaza de sismos e incendio.

2.3. Científico

2.3.1. Vulnerabilidad

Es aquel riesgo que una persona, comunidad, objeto e infraestructuras tienden a sufrir daños ya sean económicos, sociales o psicológicos ante un evento peligroso. Con lo mencionado, podemos destacar algunos conceptos relacionados con la vulnerabilidad:

La vulnerabilidad es la imposibilidad de reponerse después de que ha ocurrido un evento peligroso ya que sobrepasa la capacidad de respuesta disponibles para afrontar una amenaza.

La vulnerabilidad definida desde el punto de vista de la construcción sería la incapacidad de resistencia, que presentan los elementos estructurales de las edificaciones, ante una amenaza. (GEOGRAPHIC, 2012)

2.3.1.1. Vulnerabilidad estructural

La vulnerabilidad se define como la tendencia de un sistema a ser afectado debido a su interacción con procesos externos e internos que pueden ser potencialmente peligrosos. Hace referencia a todos los materiales empleados en la construcción, considerando las características de la amenaza a la que están expuestos. El grado de vulnerabilidad varía según el tipo de amenaza al que esté sometido el sistema, lo que significa que puede ser más susceptible a ciertos eventos peligrosos que a otros. (Vielma, 2014).

2.3.1.2. Evaluación de la Vulnerabilidad

Es el proceso que nos permite identificar las vulnerabilidades presentes en un sistema, utilizando herramientas tecnológicas, para que puedan ser abordadas de manera inmediata, reduciendo así el riesgo frente a la exposición de una amenaza. Desde el punto de vista de (Sibaja et al., 2016), la evaluación de la vulnerabilidad consiste en establecer cuál es el grado de daño aceptable en un edificio. El análisis se realiza a través de la relación de la intensidad de la amenaza con el daño ocurrido en las edificaciones. En muchos casos las funciones de vulnerabilidad también incorporan las consecuencias del daño en términos de pérdidas humanas y materiales (NEC, 2014)

En esta investigación se evalúa la vulnerabilidad mediante el diagnóstico de aspectos estructurales como vigas, muros, tipología estructural, irregularidad en planta y altura y las dimensiones de los diferentes elementos estructurales, dicha información se obtendrá a partir del levantamiento en terreno de la distribución de los sistemas estructurales y al final se podrá contar con un modelamiento a través del software CYPECAD para su respectivo análisis.

Gretener proporciona un cálculo detallado del riesgo de incendio, otorgando un valor que indica si el riesgo en la instalación es aceptable o no.

2.3.1.3. Niveles de vulnerabilidad

Para determinar el nivel de vulnerabilidad de un edificio ante sismos e incendios implica una evaluación detallada de diversos factores estructurales, constructivos y de protección contra incendios. A continuación, se describen los criterios para clasificar la vulnerabilidad en tres niveles:

Vulnerabilidad Sísmica:

Nivel Bajo: El edificio cumple con las normativas sísmicas vigentes, presenta un diseño estructural adecuado y regular, utiliza materiales de alta calidad y se encuentra en un terreno con condiciones geotécnicas favorables. Estas características permiten que la estructura resista eventos sísmicos sin sufrir daños significativos.

Nivel Medio: El edificio cumple parcialmente con las normativas sísmicas, presenta algunas irregularidades en su diseño estructural, utiliza materiales de calidad y muestra signos leves de deterioro. Estas condiciones pueden resultar en daños moderados durante un sismo, pero generalmente la estructura mantiene su funcionalidad.

Nivel Alto: El edificio no cumple con las normativas sísmicas, presenta un diseño estructural deficiente o con irregularidades significativas, utiliza materiales de baja calidad y se encuentra en un terreno con condiciones geotécnicas desfavorables. Estas características aumentan la probabilidad de daños severos o colapso durante un evento sísmico. (Echevarría et al., 2022).

Vulnerabilidad ante incendios:

Nivel Bajo: El edificio cuenta con sistemas de detección y extinción de incendios adecuados y en buen estado, dispone de rutas de evacuación bien señalizadas y libres de obstáculos, utiliza materiales de construcción con baja inflamabilidad y realiza mantenimientos preventivos de manera regular. Estas condiciones minimizan el riesgo de propagación de incendios.

Nivel Medio: El edificio cuenta con sistemas de detección o extinción de incendios presentes, pero con algunas deficiencias o falta de mantenimiento, las rutas de evacuación presentan señalización deficiente o algunos obstáculos, utiliza una

combinación de materiales de construcción con diferentes niveles de inflamabilidad y realiza mantenimientos preventivos de manera esporádica. Estas condiciones pueden resultar en un riesgo moderado en caso de incendio.

Nivel Alto: El edificio carece de sistemas de detección y extinción de incendios o estos son inadecuados, las rutas de evacuación están mal señalizadas o bloqueadas, utiliza materiales de construcción altamente inflamables y no realiza mantenimientos preventivos. Estas características aumentan significativamente el riesgo de propagación rápida del fuego y dificultan la evacuación. (Extintores Guadalajara, 2023)

2.3.2. Ubicación Geográficas del Ecuador

Ecuador forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico y se encuentra en la región noroccidental de América del Sur, atravesado por la línea ecuatorial. Debido a su ubicación geográfica, el país está situado en una zona de alto riesgo sísmico y volcánico. Además, la Cordillera de los Andes recorre gran parte de su territorio en dirección norte-sur.

2.3.3. Sismo

Un sismo es un movimiento brusco de la corteza terrestre, causado por el desplazamiento de las placas tectónicas y la acumulación de energía. En algún momento, esta energía se libera cuando una de las placas se desplaza de manera abrupta contra la otra, generando el sismo. Este fenómeno es común en Ecuador debido a la interacción entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana. (ETSAC, 2015)

2.3.3.1. Escalas Sísmicas

2.3.3.1.1. Escala de Mercalli.

La Escala de Intensidad o Mercalli es una medición cualitativa que estima los daños causados por un sismo. Aunque la escala mide la intensidad del sismo, no evalúa la cantidad de energía liberada, ni la distancia desde el epicentro al lugar del desastre, ni la profundidad del hipocentro. Basada en observaciones en el lugar del evento, esta escala permite evidenciar el daño provocado por el sismo. Sin embargo, permite identificar los daños que se presentan según su intensidad y orienta para determinar el riesgo de daños que sufrían las viviendas, determinando el grado de vulnerabilidad, aunque actualmente ya no se utiliza. (ETSAC, 2015)

2.3.3.1.2. Escala de Richter.

La escala de Richter, también conocida como escala de magnitud local (ML), mide la cantidad de energía liberada en la corteza terrestre durante un sismo. Esta escala es utilizada mundialmente para evaluar la intensidad de los sismos, que pueden variar desde 2.0 a 6.9 grados, y ocurren a profundidades que van de 0 a 400 kilómetros (Raffino, 2020).

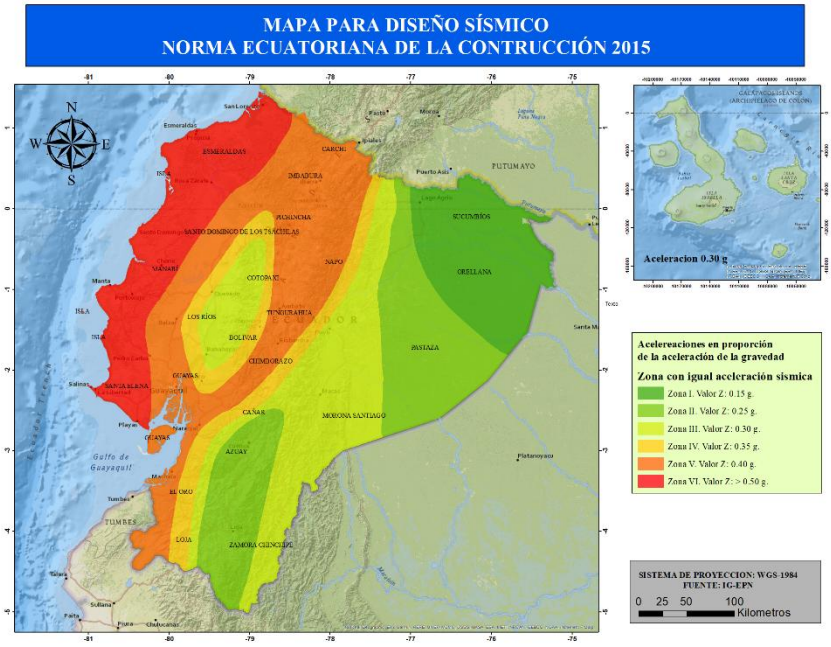
En Ecuador y en otros países, muchas veces se encuentran construcciones informales en las que no intervienen profesionales en las fases de diseño y construcción, lo que provoca que estas viviendas no cumplan con las normas sismo-resistentes. Esto eleva la vulnerabilidad sísmica, haciéndolas más propensas a sufrir daños. Sin embargo, cuando las infraestructuras se diseñan de acuerdo con las normas sismo-resistentes y se ejecutan correctamente, los daños derivados de un sismo son considerablemente

menores en comparación con las edificaciones que no siguen las normativas. (Secretaría de Gestión de Riesgo MIDUVI, SGR, 2016)

2.3.3.2. Riesgo Sísmico

La estimación del riesgo sísmico es crucial para reducir las pérdidas humanas, daños materiales y los impactos sociales y económicos provocados por los sismos. Un análisis detallado del riesgo sísmico ofrece una base sólida para mejorar los códigos de construcción, los planes de emergencia y el refuerzo de infraestructuras críticas. Cada sismo que ocurre en el mundo demuestra que, cuanto más completos sean los diseños arquitectónicos y estructurales, mejor será el desempeño de un edificio frente a un evento sísmico. (Secretaría de Gestión de Riesgo MIDUVI, SGR, 2016)

Figura 1: *Zonas sísmicas del Ecuador y valor del factor Z*



Fuente: *NEC, 2014 – IG EPN*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

La imagen muestra el mapa de zonas sísmicas del Ecuador, categorizado según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015. Estas zonas están clasificadas en seis

niveles (I a VI), dependiendo del peligro sísmico, y se asocian con un valor del factor sísmico Z, que varía entre 0.15 y ≥0.50. Este factor es fundamental en el diseño estructural, ya que determina la magnitud de las fuerzas sísmicas que las edificaciones deben resistir.

2.3.4. Incendio

Se puede definir como un fuego descontrolado y de gran magnitud, capaz de causar daños materiales, provocar lesiones o la pérdida de vidas humanas, además de generar impactos negativos en el medio ambiente.

2.3.4.1. Triángulo de fuego

El triángulo del fuego es un modelo que ilustra los tres elementos esenciales necesarios para que se produzca y mantenga un incendio.

El combustible es cualquier material que puede arder, como madera, papel, gasolina, entre otros, cuando entra en contacto con calor y oxígeno, inicia la combustión. El oxígeno es un componente del aire que actúa como oxidante en el proceso de combustión, este elemento es fundamental ya que sin él el fuego no puede sostenerse. Finalmente, el calor es la energía necesaria para iniciar y mantener el proceso de combustión, que puede provenir de diversas fuentes, como chispas, fricción o llama.

La interacción de estos tres elementos en las proporciones adecuadas da lugar al fuego. Es importante resaltar que, si se elimina cualquiera de estos tres factores, el incendio se extinguiría.

Además del triángulo del fuego, se ha propuesto un cuarto elemento, conocido como reacción en cadena. Este describe el proceso auto sostenible de la combustión una vez que ha comenzado.

Figura 2: *Triangulo de fuego*



2.3.4.2. Causas de los incendios

Los incendios pueden originarse por diversas causas, entre las cuales se encuentran:

- Conexiones eléctricas defectuosas o sobrecargadas.
- Almacenamiento incorrecto de materiales.
- Uso de sustancias inflamables sin seguir los procedimientos adecuados.
- Material inflamable y combustible ubicados cerca de fuentes de calor.
- Distribución inadecuada de los espacios
- Líquidos de limpieza altamente inflamables

2.3.4.3. Prevención de incendios

La prevención y control del riesgo de incendio puede abordarse desde aspectos clave como:

- Sistemas de detección y extinción de incendios.

- Brigadas de emergencia.

- Plan de emergencias que defina los protocolos de actuación.

2.3.5. Plan de Emergencia

Un plan de emergencia se refiere a la planificación y capacitación de los miembros de una empresa para asegurar una actuación correcta y el uso adecuado de los recursos ante una amenaza. El objetivo es minimizar los efectos derivados de una situación de emergencia y proteger la vida de las personas.

2.3.5.1. Clasificación de las situaciones de emergencia

Las situaciones de emergencia pueden clasificarse de la siguiente manera:

- **Conato de emergencia**: Se trata de un accidente que puede ser controlado utilizando los recursos y medios de protección disponibles en la institución, así como la rápida actuación del personal capacitado.
- **Emergencia parcial**: Es un accidente que requiere ayuda externa para ser controlado. Sin embargo, los efectos no afectan a los colindantes ni a terceros, ya que los daños están limitados a la zona afectada.
- **Emergencia general**: Un accidente grave que demanda todos los equipos y recursos de protección de la institución, además de la colaboración de organismos de apoyo externo. En este tipo de emergencia, se requiere la evacuación de personal de ciertos sectores.
- **Evacuación**: En esta situación, es necesario desalojar total o parcialmente el centro de trabajo de forma ordenada para garantizar la seguridad de las personas.

2.3.6. Método Gretener.

Es un método ampliamente reconocido y utilizado ya que tiene una amplia gama de adaptabilidad en diversas construcciones al cual se puede aplicar.

El método se puede aplicar tanto al edificio en su totalidad como a las áreas específicas que componen los compartimentos de este. Este enfoque permite realizar una estimación detallada del riesgo de incendio en su totalidad, proporcionando un valor que indica si el riesgo es aceptable o no.

Tiene un abanico de medidas de protección que lo convierte en un método completo para la seguridad contra incendios.

2.3.7. CYPECAD

CYPECAD es una herramienta informática creada en España por la empresa Cype Ingenieros S.A., diseñada para el cálculo y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado, susceptibles a ser afectados por acciones sísmicas en direcciones horizontales y verticales. Este programa obtiene un análisis bidimensional y tridimensional de la estructura, considerando todos sus elementos estructurales, incluida la cimentación, y genera planos estructurales detallados junto con la correspondiente memoria de cálculo.

Para utilizar CYPECAD, es necesario considerar las propiedades que vienen predefinidas en el software, tales como el peso del material, el módulo de elasticidad del hormigón, el módulo de elasticidad del acero, y las cargas muertas y vivas, las cuales se pueden obtener según la longitud de los elementos. Posteriormente, se realiza un análisis para verificar la resistencia y mejorar posibles fallas en la infraestructura.

2.4. Legal

El marco normativo orienta la evaluación y permite establecer criterios técnicos adecuados para su seguridad. En este sentido, las regulaciones nacionales e internacionales desempeñan un papel fundamental en la determinación de los estándares de diseño, construcción y mantenimiento de edificaciones.

Este marco legal no solo proporciona los criterios técnicos para la evaluación de la vulnerabilidad estructural, sino que también permite identificar posibles deficiencias normativas y estructurales que puedan comprometer la seguridad de los ocupantes.

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 relacionada 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, 2015)

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. (NEC, 2015)

2. NEC-SE-DS: Cargas Sísmicas y Diseño Sismo Resistente: Contiene los requerimientos técnicos y las metodologías que deben ser aplicadas para el diseño sismorresistente 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. (NEC, 2015)

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. (NEC, 2015)

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. (NEC, 2015)

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. (NEC, 2015)

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, condiciones de fuerza laterales de viento o sismo y estados ocasionales de fuerzas atípicas. (NEC, 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 (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Art. 390.- Los riesgos se gestionan bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implica 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, 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)

2.4.3. Ley de Seguridad Pública y del Estado.

Artículo No. 11, Literal d) De la Gestión de Riesgos. - La prevención y las medidas para contrarrestar, reducir y mitigar los riesgos de origen natural y antrópico o para reducir la vulnerabilidad, corresponden a las entidades públicas y privadas, nacionales, regionales y locales. La rectoría la ejercerá el Estado a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (Asamblea, 2009).

Reglamento de prevención, mitigación, y protección contra incendios Capitulo 1: Ámbito de Aplicación

Art. 1.- Las disposiciones del Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, serán aplicadas en todo el territorio nacional, para los proyectos arquitectónicos y de ingeniería, en edificaciones a construirse, así como la modificación, ampliación, remodelación de las ya existentes, sean públicas, privadas o mixtas, y que su actividad sea de comercio, prestación de servicios, educativas, hospitalarias, alojamiento, concentración de público, industrias, transportes, almacenamiento y expendio de combustibles, explosivos, manejo de productos químicos peligrosos y de toda actividad que represente riesgo de siniestro.

Adicionalmente esta norma se aplicará a aquellas actividades que, por razones imprevistas, no consten en el presente reglamento, en cuyo caso se someterán al criterio técnico profesional del Cuerpo de Bomberos de su jurisdicción en base a la Constitución Política del Estado, Normas INEN, Código Nacional de la Construcción, Código Eléctrico Ecuatoriano y demás normas y códigos conexos vigentes en nuestro país. Toda persona natural y/o jurídica, propietaria, usuaria o administrador, así como profesionales del diseño y construcción, están obligados a cumplir las disposiciones contempladas en el presente Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, basados en Normas Técnicas Ecuatorianas INEN. (MINISTERIO DE INCLUSIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL, 2009).

2.3.4. NEC-HSCI: Contra incendios de la norma ecuatoriana de la construcción

Artículo 1.- Expídase la actualización de la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo NEC-HS-CI: Contra Incendios, con el objeto de establecer los requisitos mínimos para el diseño, la instalación, operación y mantenimiento del sistema contra incendios de todas las edificaciones, con el objetivo de precautelar la seguridad de la vida humana contra el fuego. Dichos requerimientos mínimos se refieren a los medios de egreso, sistemas de detección, alarma, medios de extinción para cada tipo de ocupación y uso, brindando condiciones de aplicabilidad, efectividad acorde a nuestra realidad y avances tecnológicos. (Corte Constitucional del Ecuador, 2019)

NTE INEN 731 Extintores portátiles y estacionarios contra Incendios. Definiciones y clasificación. Esta norma establece las definiciones y la clasificación de los extintores portátiles y estacionarios en general. Los términos definidos en esta

norma se aplican a todas las Normas INEN sobre extintores portátiles y estacionarios contra incendios (INSTITUTO ECUATORIANA DE NORMALIZACIÓN, 2009).

2.4.4. Normas NFPA (National Fire Protection Association)

NFPA 1 Código de prevención de incendios.

NFPA 10 Extintores Portátiles.

NFPA 15 Sistemas fijos aspersores de agua.

NFPA 20 Instalación de bombas estacionarias.

NFPA 25 Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de protección a base de agua.

NFPA 30 Código de líquidos inflamables y combustibles.

NFPA 70 Código Eléctrico Nacional.

NFPA 70B Prácticas Recomendadas de Mantenimiento para Equipo Eléctrico.

NFPA 70E Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo.

NFPA 72 Código Nacional de Alarmas.

NFPA 77 Seguridad con Electricidad Estática.

NFPA 88A Standard for Parking Structures.

NFPA 101 Código de Seguridad Humana, el Fuego en Estructuras y Edificios.

NFPA 600 Recomendaciones para la organización de Brigadas contra incendios. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015)

2.5. Conceptual

Amenaza: fenómeno o evento potencial de origen natural o antrópico que tiene la capacidad de causar daño o impacto negativo sobre personas, bienes, infraestructura, recursos naturales y el medio ambiente.

Calor: Es la energía que se transfiere entre cuerpos o sistemas debido a una diferencia de temperatura, moviéndose de los cuerpos más calientes a los más fríos hasta alcanzar el equilibrio térmico.

Capacidad: Es la habilidad o recurso disponible dentro de un sistema o comunidad para manejar, gestionar o responder a situaciones de riesgo, garantizando que se puedan mitigar o reducir los impactos de amenazas.

Combustión: Es una reacción química en la que un combustible reacciona con un comburente (como el oxígeno) liberando calor y, generalmente, luz, junto con la formación de productos como dióxido de carbono, vapor de agua y gases.

Combustible: Es cualquier sustancia que, al entrar en contacto con oxígeno y alcanzar una temperatura adecuada, puede arder, liberando energía en forma de calor y, en muchos casos, luz.

Desastre: Es un evento o conjunto de sucesos que interrumpe el funcionamiento normal de una comunidad o sociedad, causando daños significativos y superando la capacidad de respuesta, lo que lleva a pérdidas humanas, materiales o ambientales.

Esclerómetro: Es un instrumento utilizado para medir la dureza de un material, especialmente el hormigón, y evaluar su resistencia a la presión, permitiendo detectar la calidad del concreto utilizado en la construcción.

Estructura: Es un sistema de elementos interconectados que, al ser diseñados y distribuidos de forma adecuada, proporcionan estabilidad y resistencia para soportar cargas y fuerzas externas, garantizando la seguridad de un edificio o infraestructura.

Edificio: Es una construcción diseñada para cumplir diversas funciones, como vivienda, comercio, educación o actividades recreativas, fabricada con materiales duraderos y resistentes para proporcionar espacios funcionales.

Incendio. Es la combustión descontrolada de materiales que genera fuego, humo, calor y gases, y que puede provocar daños materiales, lesiones o pérdidas de vidas y afectar el medio ambiente.

Incendio estructural: Es un incendio que ocurre dentro de una construcción, donde el fuego consume materiales inflamables, poniendo en peligro la integridad de la estructura y la seguridad de las personas dentro del edificio.

Propagación: Proceso en el cual una amenaza se extiende a zonas lejanas de donde se originó.

Reducción de Riesgos: Es el proceso mediante el cual se implementan medidas y estrategias para minimizar la probabilidad o los efectos negativos de un evento peligroso, protegiendo a las personas, los bienes, y el medio ambiente.

Riesgo: Se refiere a la pérdida o daño potencial dado por eventos peligrosos que son provocados por factores naturales, socio naturales, técnicos, biosanitarios o humanos durante un período de tiempo específico, según lo determinado por la susceptibilidad de los factores expuestos. Como resultado, las vulnerabilidades y los peligros interactúan para crear un riesgo de desastre.

Sismos: Son movimientos bruscos de la Tierra causados por la liberación repentina de energía en la corteza terrestre debido al deslizamiento de placas tectónicas o actividad volcánica.

Sismo resistente: Se considera que los edificios son resistentes si están diseñados, construidos correctamente con materiales y componentes estructuralmente sólidos que son lo suficientemente fuertes para soportar las fuerzas producidas por los movimientos frecuentes.

Vulnerabilidad: una sensibilidad que afecta negativamente a una comunidad si ocurre un evento peligroso a nivel físico, económico, social, ambiental o institucional.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la investigación

Enfoque mixto: Combinación de enfoques cualitativo y cuantitativo, que permite una comprensión más completa del fenómeno en estudio:

Cuantitativo: Tiene que ver con el uso de magnitudes, unidades de análisis, muestreo y tratamiento estadístico, para obtener información expresada en datos numéricos. Este enfoque recolecta datos numéricos a través de herramientas tecnológicas y metodologías (como Cypecad y la metodología Gretener) para evaluar la vulnerabilidad estructural del edificio ante sismos e incendios.

Cualitativo: Consiste en reunir datos no numéricos que ayuden a describir, comprender y explicar los fenómenos de manera más detallada. A través de este enfoque, se buscará definir, identificar y analizar las variables relacionadas con el comportamiento de los elementos estructurales y su respuesta ante situaciones adversas.

3.2. Alcance

Descriptiva: Según (Hernández et al, 2014), tiene como finalidad describir las propiedades, características y comportamientos de personas, grupos, comunidades, procesos, sistemas u otro fenómeno en estudio. Se basa en la recopilación y análisis de información relevante sobre la infraestructura del edificio, considerando normativas de construcción, estudios previos y observaciones.

3.2. Diseño

No experimental: Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos (Hernández et al., 2014), pero se realiza un modelamiento virtual.

Investigación Transversal:

La presente investigación es de tipo transversal, ya que se desarrolla en un período de tiempo determinado y busca analizar el estado actual de la vulnerabilidad estructural del edificio de Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar ante sismos e incendios, facilita la identificación de deficiencias estructurales y de seguridad, proporcionando una base sólida para la formulación de estrategias de mitigación de riesgos y la toma de decisiones orientadas a mejorar la resiliencia del edificio frente a eventos peligrosos.

Investigación de Campo: En este tipo de investigación implica la recolección de datos de fuentes primarias. Esta investigación es fundamental para obtener información precisa y contextualizada sobre las condiciones estructurales y de seguridad del edificio. Se llevarán a cabo visitas in situ para inspeccionar físicamente el edificio, observar el estado de la infraestructura, materiales de construcción y sistemas de seguridad contra incendios.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

Inspección Estructural: Se realiza una evaluación detallada del edificio, registrando las condiciones físicas, materiales de construcción, cualquier deterioro o daño visible y sistemas de protección contra incendios, obteniendo una caracterización precisa del edificio.

Esclerómetro: El esclerómetro es un instrumento utilizado para medir la dureza y la resistencia a la compresión del hormigón. Funciona mediante la medición del rebote de un martillo sobre la superficie del material, lo que permite evaluar la calidad del concreto.

Sensor térmico (Marca FLIR): El sensor térmico es una herramienta de medición que permite detectar y visualizar las temperaturas superficiales de diversos objetos y áreas mediante imágenes térmicas. Su uso facilita la identificación de puntos de calor, zonas con posibles acumulaciones térmicas y otros problemas relacionados con la temperatura, lo cual es especialmente útil en estudios de análisis estructural y prevención de incendios.

Higrómetro: El higrómetro es un instrumento utilizado para medir la humedad en los materiales combustibles, dado que altos niveles de humedad pueden influir en el comportamiento de estos materiales, es importante determinar las condiciones climáticas internas que pueden favorecer o reducir el riesgo de combustión.

Flexómetro: El flexómetro digital es una herramienta de medición que combina la funcionalidad de una cinta métrica convencional con la precisión de un sistema digital. Este instrumento proporciona mediciones exactas de longitudes, alturas y anchos, permitiendo registrar datos con mayor rapidez y precisión, además de ofrecer funciones como el almacenamiento de valores medidos y conversión de unidades.

Esta técnica e instrumentos permiten categorizar la vulnerabilidad del edificio frente a sismos e incendios y proponer medidas de reducción de riesgos adecuadas.

3.5. Universo, Población y Muestra

La muestra de estudio que se toma en cuenta para esta investigación es el edificio de Idiomas, que se encuentra ubicado en la ciudad de Guaranda en la Av. Alpachaca, Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira, se trata de un edificio que es apto para la evaluación, por ello la muestra son los componentes estructurales constituido por columnas, vigas, losas, escalera y sistema de protección y extinción de incendios.

3.6. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información

Para elaborar el Objetivo 1: “Caracterizar el edificio de Idiomas en su componente estructural, ante sismos e incendios.”, en primer lugar, se realizó un análisis de los planos arquitectónicos y estructurales del edificio. Mediante la observación directa y la investigación de campo se determinan las características del edificio, material de construcción y sistemas de protección y extinción de incendios.

Para elaborar el Objetivo 2: “Realizar un diagnóstico de la situación de vulnerabilidad estructural del edificio de Idiomas" fue alcanzado mediante el uso de la investigación transversal, descriptiva, y no experimental. Se adoptó un enfoque mixto, utilizando el método cuantitativo para abordar los daños y evaluar tanto la capacidad sísmica como la resistencia contra incendios. Este proceso incluyó la evaluación de la vulnerabilidad estructural a través de la introducción de datos en el programa CYPECAD para modelar el comportamiento sísmico del edificio. Además, se empleó la metodología GRETENER la cual recolecta información, realizando una inspección y evaluación del riesgo de incendios en el lugar.

Para elaborar el Objetivo 3: “Proponer medidas de reducción de riesgos de la vulnerabilidad encontrada ante sismos e incendios”, mediante este objetivo se define las

medidas que permitan reducir los riesgos ante la posibilidad de presencia de eventos peligrosos en función de los resultados obtenidos.

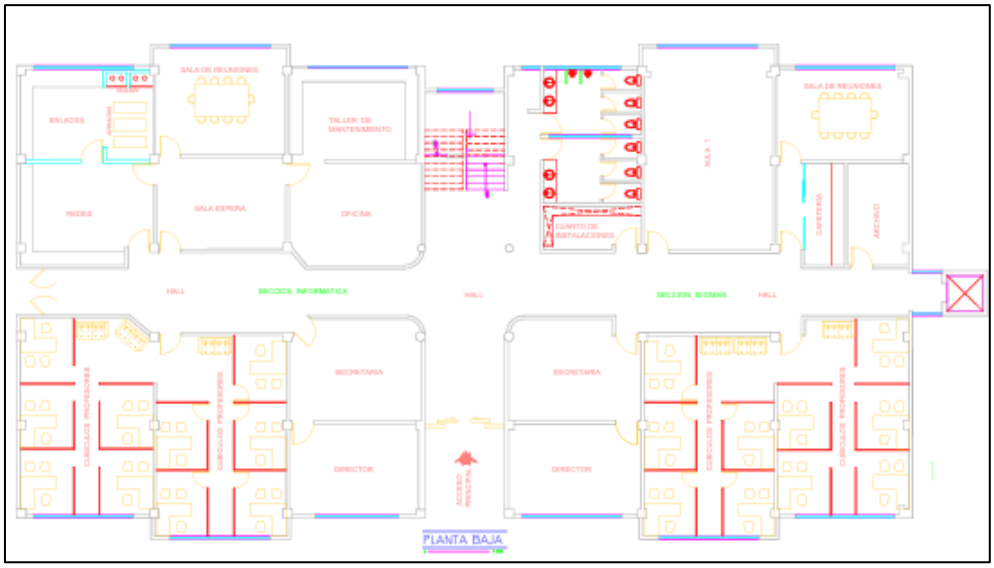
CAPITULO IV. RESULTADOS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANEADOS

4.1. Resultados según el objetivo 1

"Caracterizar el edificio de Idiomas en su componente estructural, ante sismos e incendios."

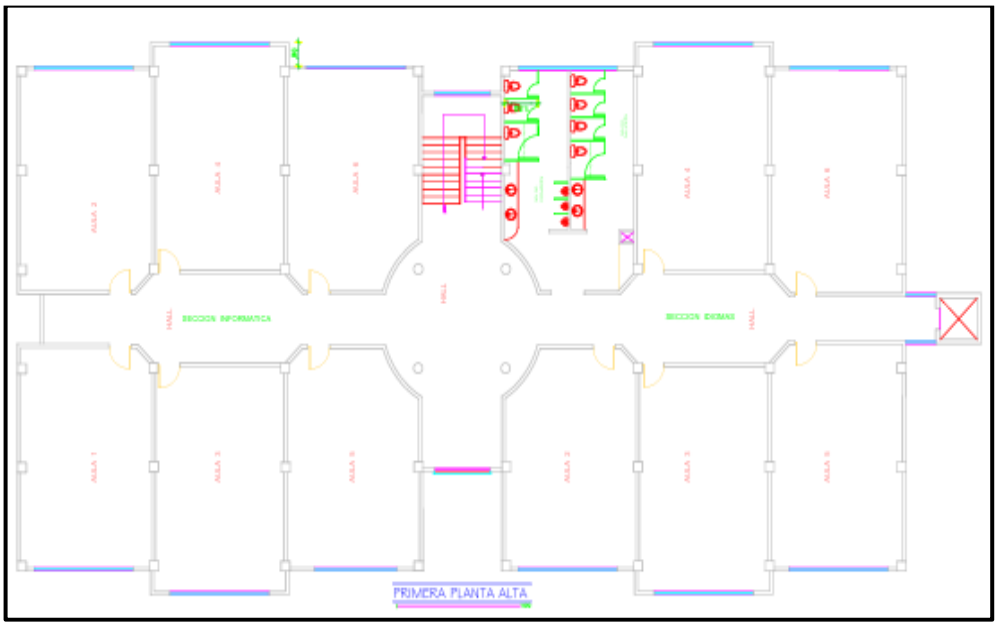
Para identificar los elementos estructurales, se realiza un análisis de los planos del edificio de Idiomas, con el objetivo de determinar la ubicación de los elementos que serán evaluados, así como su distribución espacial dentro de la estructura.

Ilustración 2: *Plano Arquitectónico de la planta baja del edificio de Idiomas*



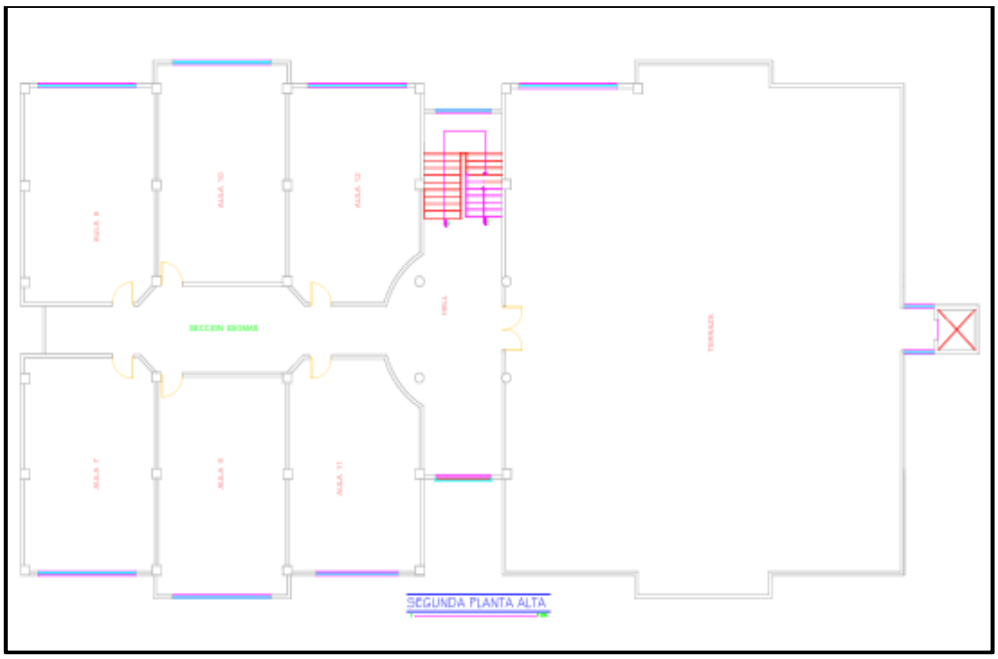
Fuente: *Departamento de Servicios Institucionales*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Ilustración 3: *Plano Arquitectónico de la primera planta alta del edificio de Idiomas*



Fuente: *Departamento de Servicios Institucionales*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Ilustración 4: *Plano Arquitectónico de la segunda planta alta del edificio de Idiomas*



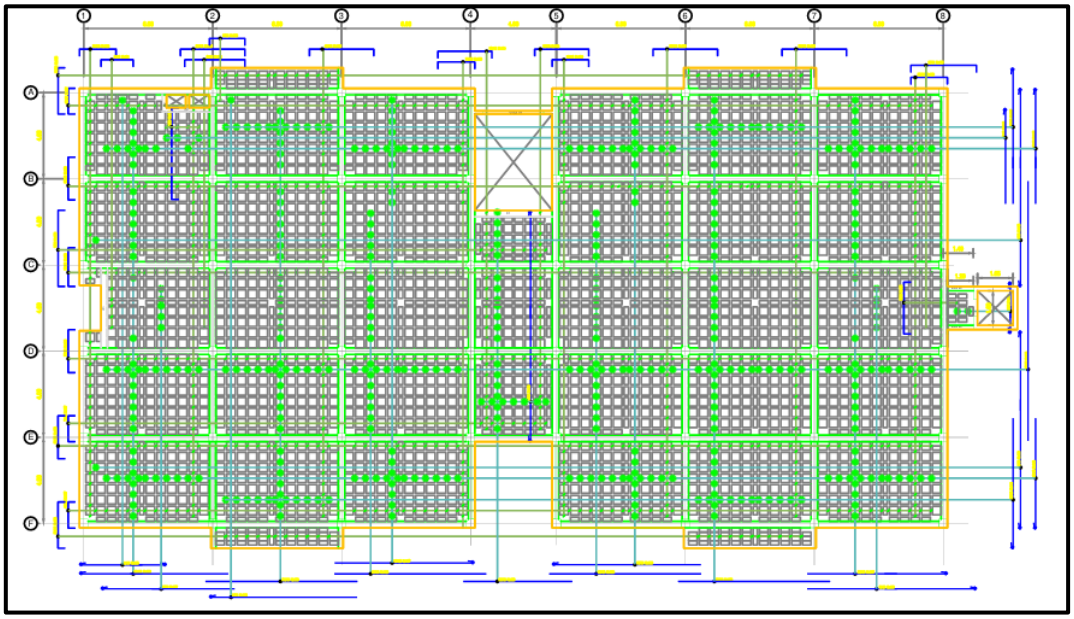
Fuente: *Departamento de Servicios Institucionales*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Ilustración 5: *Plano Arquitectónico de la vista superior del edificio de Idiomas*



Fuente: *Departamento de Servicios Institucionales*
Elaborado por*: Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Ilustración 6: *Plano estructural del entrepiso del edificio*



Fuente: *Departamento de Servicios Institucionales*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

El edificio de Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar es una estructura destinada a actividades académicas y administrativas relacionadas con el aprendizaje de idiomas, salud y tecnología. Construido en varias fases, finalizada en el año 2011, el edificio cuenta con una estructura de hormigón armado proyectado para cumplir con las normativas ecuatorianas de construcción. Sus instalaciones incluyen áreas como aulas, oficinas y laboratorios, con sistemas eléctricos y de seguridad diseñados bajo estándares internacionales.

Componente Estructural

4.1.1. Sismos

El edificio de Idiomas está compuesto por una estructura de hormigón armado. Los elementos estructurales como columnas, vigas y losas de hormigón tienen una resistencia de compresión de f'c=210 Kg/cm² y el acero de refuerzo utilizado es de tipo corrugado con una resistencia a la fluencia de fy=4200 kg/cm².

Posee de cuatro diafragmas estratégicamente ubicados en las columnas centrales del edificio, tiene como funciones principales: resistir significativamente las cargas de gravedad y la rigidez lateral, mejorando la resistencia sísmica al proporcionar fuerzas laterales hacia los elementos verticales, mitigando los efectos de torsión en la estructura, transfiriendo las cargas inerciales de manera uniforme.

La estructura sigue las regulaciones del Código Ecuatoriano de Construcción (CEC-2000) y las normas internacionales ACI. Se considera una construcción diseñada para soportar cargas gravitacionales y sísmicas según las especificaciones técnicas.

Se incluyen estribos y refuerzos de acero con amarres adecuados, los cuales son críticos para la resistencia a cargas dinámicas como las provocadas por sismos.

Se utilizan cemento tipo Pórtland, agregados que cumplen las normas INEN y agua libre de contaminantes, asegurando la durabilidad de la estructura.

Se evaluará la capacidad de deformación de los elementos estructurales para garantizar que puedan absorber la energía sísmica sin colapsar. Mediante análisis dinámicos para determinar la respuesta estructural bajo estas condiciones.

Figura 3: *Fachada del edificio de Idiomas*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Figura 4*: Comprobación de las medidas de los elementos*

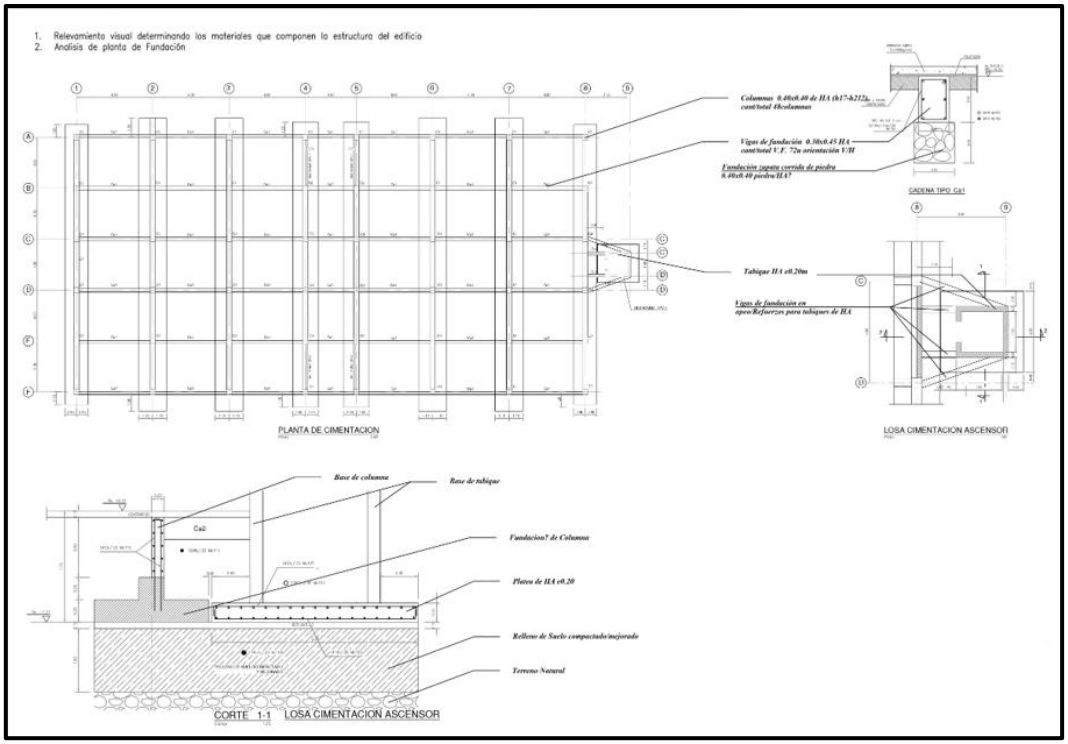




Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Cimentación

Ilustración 7: *Cimentación del edificio de idioma*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Vigas de cimentación:

Tiene dimensiones de 30 x 45 cm, con 77 vigas distribuidas en orientación vertical, horizontal y diagonal con refuerzo longitudinal: barras de Ø16 mm, con al menos 4 barras inferiores y 2 superiores. Estribos: Ø10 mm, con separación de 10 cm.

Losas de cimentación:

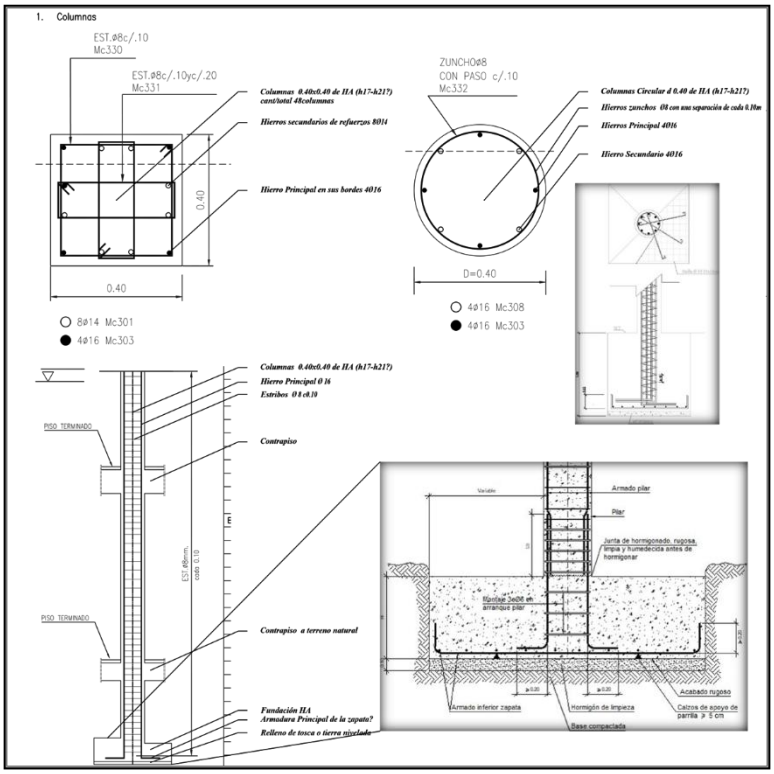
Tiene un espesor de 20 cm, mallado con barras de Ø12 mm y Ø10 mm como refuerzo secundario, con zapatas corridas que tienen dimensiones de 40 x40 cm

Columnas

El edificio cuenta con 44 columnas cuadradas y 4 columnas circulares de concreto armado, las cuales tienen dimensiones de 40 x 40 cm con barras longitudinales

de Ø14 mm y Ø16 mm y estribos de Ø8 mm con separación de 10 cm en los extremos y 15 cm en el tramo intermedio.

Ilustración 8: *Detalle de columnas*



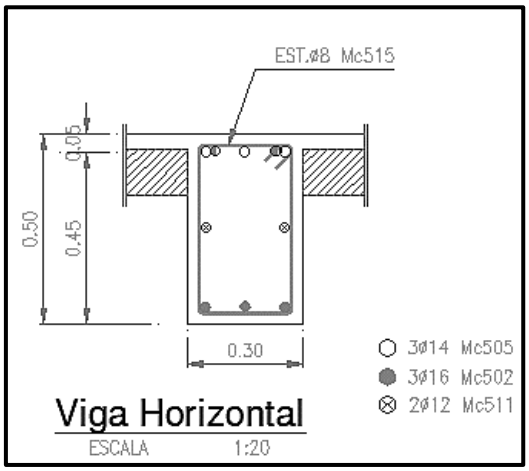
Elaborado por: Alcocer A. & Caluña D., 2024

Vigas

Vigas horizontales

Cuenta con 92 vigas horizontales, con dimensiones de 30 x 50 cm, tiene refuerzo longitudinal: 2 barras de Ø12 mm en el intermedio, 3 de Ø14 mm en la superior y 3 de Ø16 mm en capa inferior.

Ilustración 9: *Viga horizontal*

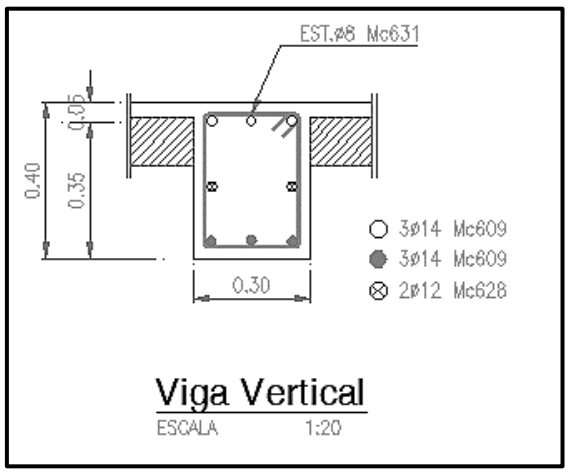


Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Vigas verticales

Cuenta con 81 vigas verticales, con dimensiones de 30 x 40 cm, tiene refuerzo longitudinal con 6 barras Ø14 mm en capa inferior como en la superior y 2 de Ø12 mm en el intermedio.

Ilustración 10: *Viga vertical*

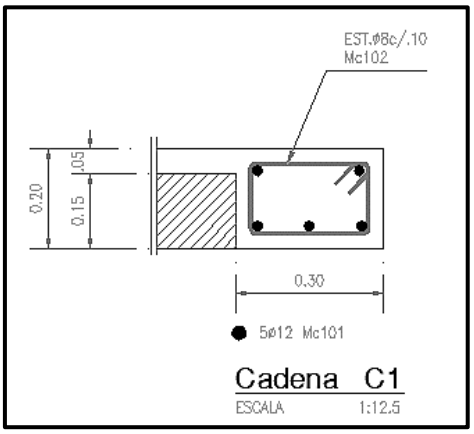


Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Vigas Cadena 1

Cuenta con 4 cadenas ubicadas en el eje C1 y D1 y entre los ejes B 4 - 5 Y C 4 – 5 conectando vigas y distribuyendo esfuerzos, con dimensiones de 30 x 20 cm, tiene refuerzo longitudinal con 5 barras de Ø12 mm.

Ilustración 11: *Cadena C1*

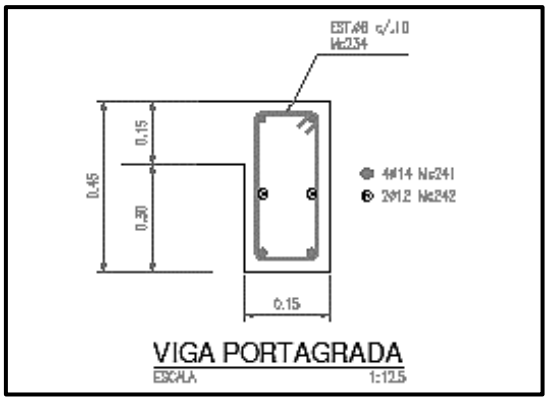


Elaborado por*: Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Viga porta grada o V1

Cuenta con 2 vigas ubicadas en los ejes A4 y A5, con dimensiones de 15 x 40 cm, tiene refuerzos longitudinales de 4 barras de Ø14 mm en la capa inferior y superior, ademas 2 barras de Ø12 mm en el intermedio.

Ilustración 12: *Viga porta grada*

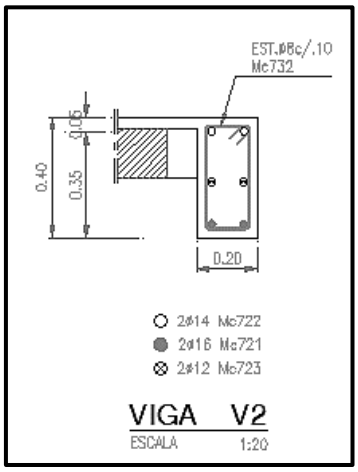


Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Vigas V2

Cuenta con 4 vigas ubicadas entre los ejes C8 y D8 que conectan con el ascensor, con dimensiones de 20 x 40 cm, tiene refuerzo longitudinal de 2 barras de Ø14 mm, 2 de Ø16 mm y 2 de Ø12 mm.

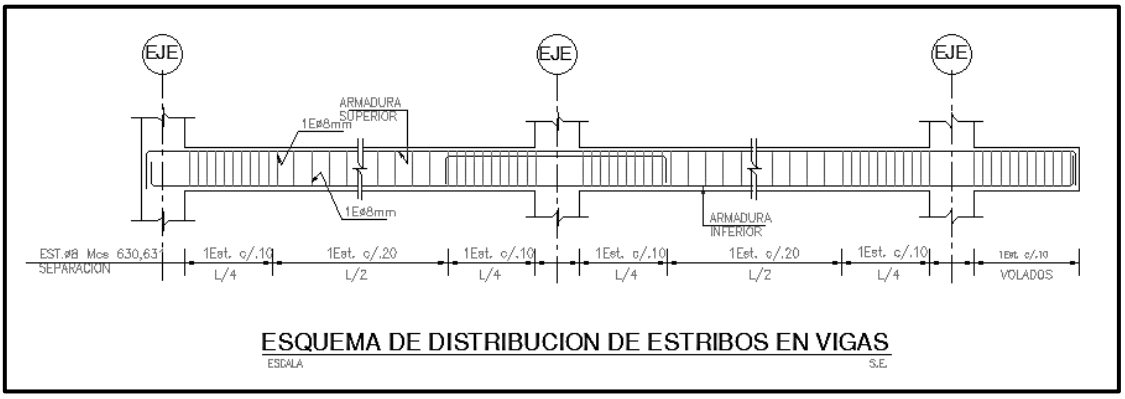
Ilustración 13: *Viga V2*



Elaborado por*: Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Los estribos de las vigas son de Ø8 mm con separación de 10 cm en los extremos y 20 cm en el tramo intermedio.

Ilustración 14: *Estribos de las vigas*

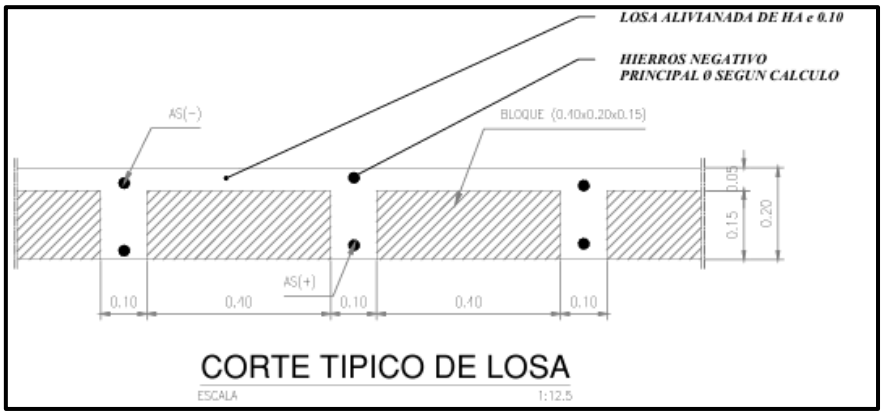


Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Losas

La losa tiene un espesor de 20 cm, con una capa de compresión de 5 cm un inter eje de 40 cm (con bloques de 40x20x15cm) y un ancho del nervio de 10 cm.

Ilustración 15: *Losa de la edificación*

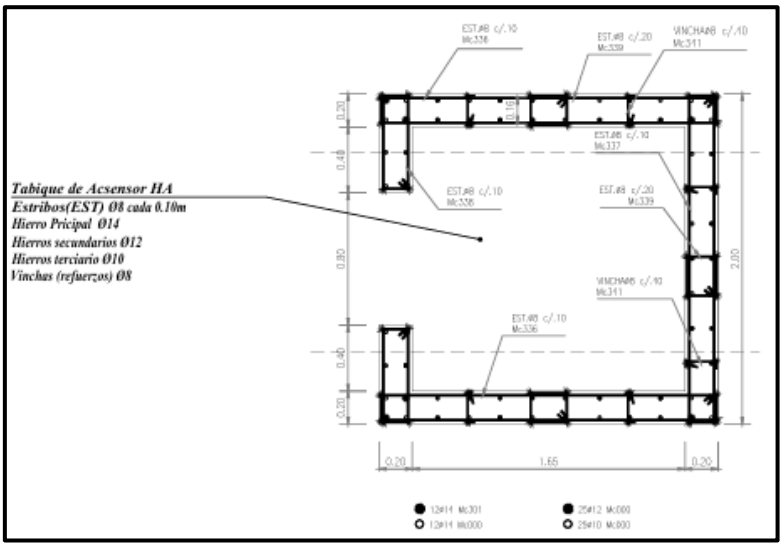


Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Muro del ascensor

El muro del ascensor tiene un ancho de 20 cm de mallas dobles con 25 barras de Ø12 mm, 24 de Ø14 mm, 25 de Ø10 mm, estribos de Ø8 mm cada 10 y 20cm, cuenta con 6 vinchas de Ø8 mm cada 40 cm

Ilustración 16: *Muro del ascensor*

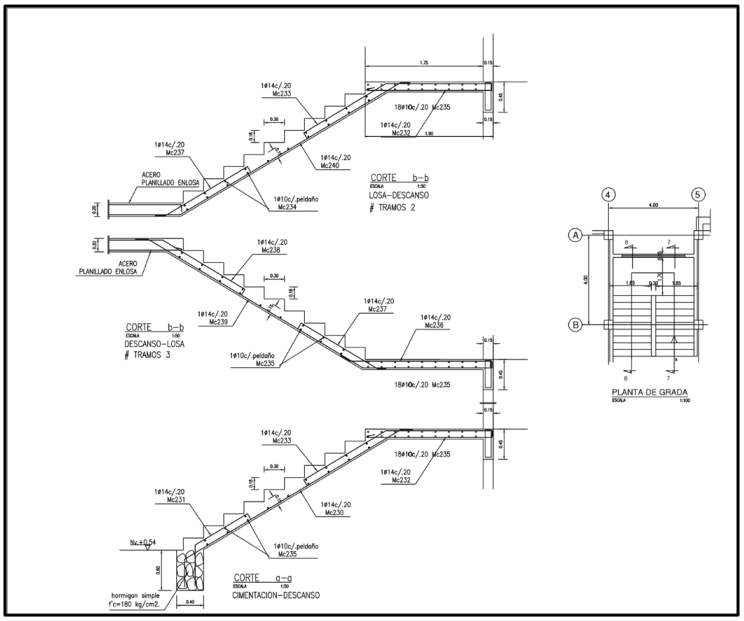


Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Escaleras

Las escaleras están formadas por losas de descanso y tramos inclinados, con un espesor uniforme de 20 cm. Las huellas tienen una dimensión de 30 cm, mientras que las contrahuellas miden 18 cm. Con 18 barras de Ø10 mm en cada descanso y barras Ø14 mm de forma diagonal cada 20 cm

Ilustración 17: *Escaleras de la edificación*

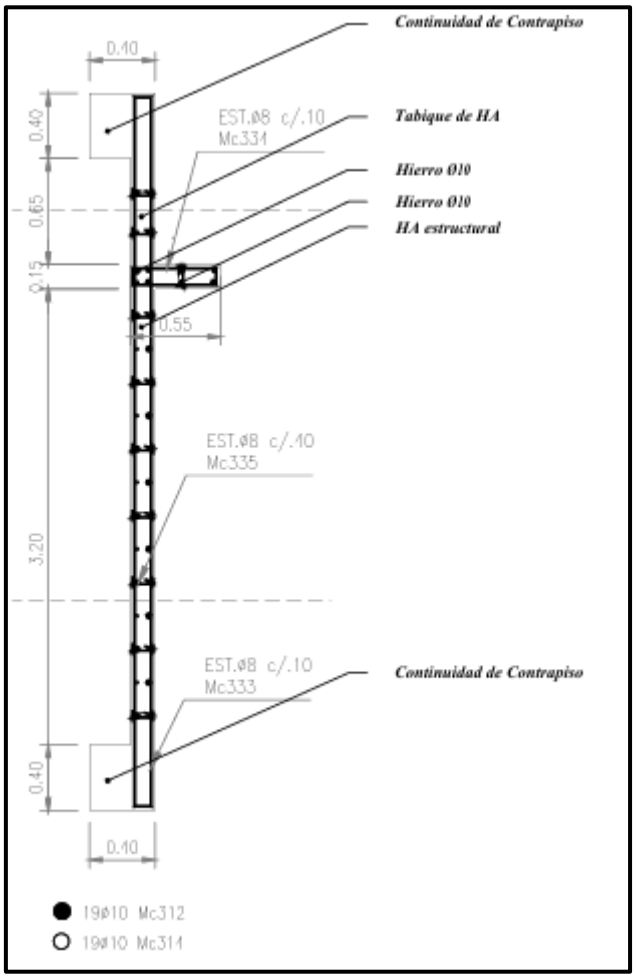


Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Diafragma

Tiene un espesor de 15 cm, con 38 barras de Ø10 mm en cada diafragma, estribos de Ø8 mm cada 10 cm

Ilustración 18: *Diafragmas centrales*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

4.1.2. Incendios

Para la caracterización del edificio se toma en cuenta tres aspectos, fuentes de ignición, material combustible y condiciones ambientales.

Construcción

El edificio de idiomas tiene un área de construcción de aproximadamente 2114m² de 3 plantas. La estructura es de gran volumen, no existen separaciones definidas entre plantas cuyas conexiones verticales están abiertas por escaleras de concreto.

Figura 5: *Escaleras del edificio*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Áreas del edificio

El edificio de Idiomas está compuesto por las siguientes áreas:

1. **Coordinación de Idiomas**: Área donde se organiza, planifica, coordina, gestiona los recursos y atiende a estudiantes en temas relacionados con el departamento.

2. **Sala de profesores de comunicación:** Área para realizar reuniones, preparar clases, revisar trabajos y proyectos académicos de investigación.

3. **Laboratorio de Televisión:** Área de práctica y enseñanza de la producción

audiovisual.

4. **Laboratorio de Radio:** Área de locución, producción de programas radiales, edición de audio y producción fotográfica.

5. **Laboratorio de Terapia Física:** Área de formación práctica de los estudiantes de la Facultad de Salud

6. **Bodegas:** Área de almacenamiento de materiales y equipos**.**

7. **Aulas:** Área donde se imparte clases teóricas.

Las áreas antes mencionadas se encuentran al interior de la infraestructura distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 1: *Distribución del edificio*

INFORMACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL EDIFICIO	
Descripción general	
Piso	**Área**
1	Oficinas, bodegas, laboratorios y aulas
2	Aulas y bodega
3	Aulas y laboratorio

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

El uso de hormigón armado proporciona una resistencia moderada al fuego; sin embargo, es fundamental evaluar el impacto de las altas temperaturas en el acero de refuerzo, ya que este material puede experimentar una pérdida significativa de resistencia, lo que podría debilitar la estructura en caso de incendio.

En cuanto a las especificaciones eléctricas del edificio incluyen el uso de conductores de cobre y sistemas de puesta a tierra diseñados para minimizar los riesgos eléctricos. Además, las instalaciones eléctricas cumplen con normativas reconocidas, como el Código Eléctrico Americano (NEC) y las directrices de la National Electrical Manufacturers Association (NEMA), lo que contribuye a un entorno más seguro.

No obstante, el edificio de Idiomas presenta una grave deficiencia en sus sistemas de protección contra incendios, lo que representa un alto riesgo en situaciones de emergencia. Carece de elementos esenciales para la prevención, detección y control de incendios. Entre las carencias más críticas se encuentran la ausencia de sistemas de alarma que alerten oportunamente a los ocupantes, detectores de humo ubicados estratégicamente en áreas claves y extintores que estén en condiciones óptimas, sean fácilmente accesibles y estén debidamente señalizados. Además, la falta de instalaciones adicionales, como escaleras y salidas de emergencia, podría agravar las consecuencias en caso de un incendio.

Figura 6: *Disponibilidad y almacenamiento de los extintores*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

La ausencia de sistemas automáticos de extinción, como rociadores contra incendios, limita la capacidad para contener y controlar la propagación del fuego antes de que se vuelva incontrolable. Asimismo, la falta de rutas de evacuación claramente

señalizadas e iluminación de emergencia pone en riesgo la seguridad de los ocupantes, dificultando una evacuación ordenada y rápida durante situaciones críticas.

Fuentes de ignición.

El edificio de Idiomas al ser una estructura de educación no se evidencia fuentes de ignición, sin embargo, en la primera planta se encuentran los laboratorios de radio y televisión donde se evidencia conexiones incorrectas, lo que puede ocasionar sobrecarga en las conexiones, ya que este espacio es diseñado inicialmente para sala de espera, reuniones, enlace y redes, no obstante, están siendo ocupadas para que funcionen equipos de radio, fotografía y televisión.

Figura 7: *Fuentes de ignición*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

En la FI 1 se muestra un espacio con una regleta sobrecargada y varios cables desordenados conectados a dispositivos electrónicos y fuentes de poder, lo que incrementa el riesgo de sobrecalentamiento, cortocircuitos y fallas eléctricas. La falta de fijación y ventilación adecuada puede provocar accidentes eléctricos o físicos.

La FI 2 se observa un área bajo una mesa con cables eléctricos acumulados y una caja eléctrica. Un riesgo crítico en esta imagen es la presencia de humedad y deterioro en la pared cercana, lo cual puede ocasionar cortocircuitos al entrar en contacto con los cables o la caja eléctrica. La falta de organización del cableado expone los conductores a daños físicos, aumentando el riesgo de chispas o arcos eléctricos que podrían desencadenar un incendio. Además, la caja eléctrica parece antigua o mal restauradas, lo que sugiere que podría no cumplir con las normas de seguridad eléctrica.

En la FI 3 indica una mesa con múltiples cables desordenados colgando y cruzándose, lo que representa un riesgo de incendio debido a conexiones deficientes, acumulación de polvo y posibles sobrecargas eléctricas. La falta de organización con canaletas o sujeciones agrava la situación.

En la FI 4 evidencia gran cantidad de cables eléctricos desorganizados esparcidos por el suelo. La falta de orden en el cableado representa un riesgo significativo de incendio, ya que los cables pueden sufrir daños mecánicos al ser pisoteados o halados, lo que puede generar cortocircuitos. Además, el uso de múltiples extensiones eléctricas y regletas en un mismo espacio incrementa las probabilidades de sobrecalentamiento debido a la sobrecarga.

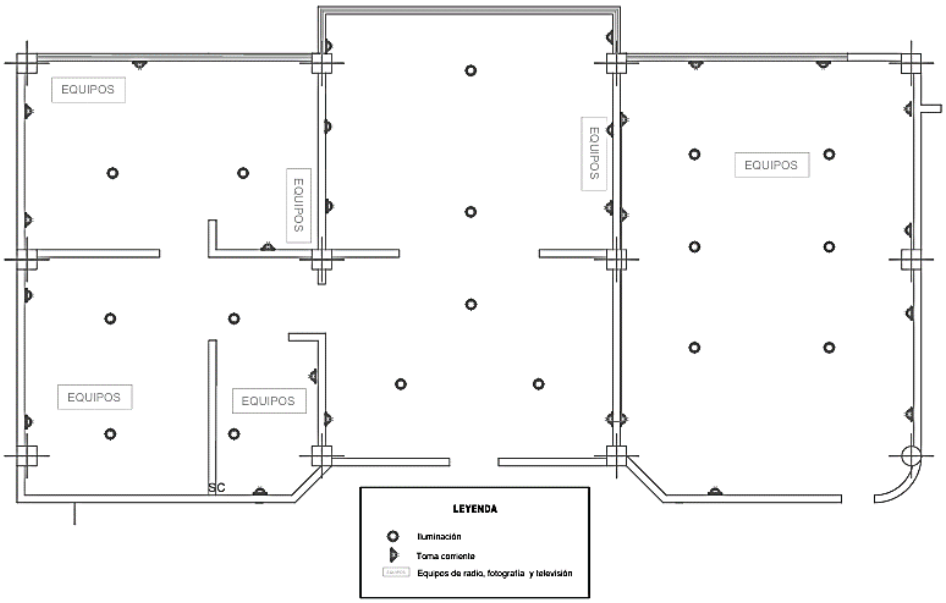
La FI 5 presenta un techo con lámparas fluorescentes y equipos de iluminación profesional suspendidos. Se evidencia una posible exposición del entramado del techo, lo cual requiere evaluación estructural para soportar las cargas y verificar la seguridad eléctrica ante el uso intensivo de energía en luces y equipos.

Por último, en la FI 6 se observa un sistema eléctrico instalado en el techo con cables correctamente canalizados dentro de conductos metálicos. A diferencia de los otros casos, no hay cables expuestos ni colgando fuera de las canaletas, lo cual reduce

considerablemente el riesgo de daños al aislamiento o contacto peligroso con otros materiales. Sin embargo, es importante garantizar que las conexiones dentro de las canaletas sean seguras y que los conductos metálicos estén correctamente aislados para evitar fallos eléctricos o calentamiento.

Las imágenes presentan riesgos significativos de incendio relacionados con la desorganización del cableado, la sobrecarga eléctrica, la falta de mantenimiento y la presencia de humedad. Por otro lado, los materiales presentes en el estudio podrían ser inflamables, facilitando la rápida propagación del fuego en caso de una ignición. Finalmente, la obstrucción de accesos con el desorden dificulta la evacuación en una emergencia, lo que agrava aún más el riesgo general del área.

Figura 8: *Plano de riesgo de incendios en los laboratorios de radio, fotografía y televisión.*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Material combustible

La composición de la estructura del edificio es de hormigón y gypsum, detalles a continuación en cada una de las áreas.

Tabla 2: *Material y mobiliario del edificio de Idiomas*

INFORMACIÓN DE MATERIAL Y MOBILIARIO DEL EDIFICIO									
PISO	**INFRAESTRUCTURA**						**MOBILIARIO**		
	ÁREA	**Material de estructura**	**Material de fachada y tejado**	**Material de puertas**	**Material de techos**	**Material de pisos**	**Escritorios**	**Sillas**	**Mesas**
1	Coordinación idiomas	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica	4	29	8
	Sala de profesores Comunicación	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica	3	24	14
	Laboratorio televisión	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica	1	8	6
	Laboratorio radio	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica	4	32	25
	Aulas	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica	2	197	212
	Bodega	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica	0	0	0
2	Aulas	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica	4	450	424
	Bodegas	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica	0	0	0
3	Aulas	Hormigón	Galvalumen	Madera	Gypsum	Cerámica	3	174	142
	Laboratorio	Hormigón	Galvalumen	Madera	Gypsum	Cerámica	1	24	1
Total							**13**	**938**	**832**

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Tabla 3: *Información del peso del mobiliario del edificio*

PISO		Peso del mobiliario								
	ÁREA	Escritorios	Peso unitario (Kg)	Peso total (Kg)	Sillas	Peso unitario (Kg)	Peso total (Kg)	Mesas	Peso unitario (Kg)	Peso total (Kg)
1	Coordinación idiomas	4	16	64,00	29	5	145	8	20	160
	Sala de profesores Comunicación	3	16	48,00	24	5	120	14	15	210
	Laboratorio televisión	1	25	25,00	8	5	40	6	15	90
	Laboratorio radio	4	20	80,00	32	5	160	25	15	375
	Aulas	2	25	50,00	197	5	985	212	8	1696
	Bodega	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
2	Aulas	4	20	80,00	450	5	2250	424	8	3392
	Bodega	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
3	Aulas	3	25	75,00	174	5	870	142	8	1136
	Laboratorio	1	25	25,00	24	5	120	1	8	8
		22		447,00	938		4690	832		7067
TOTAL	**12204,00**									

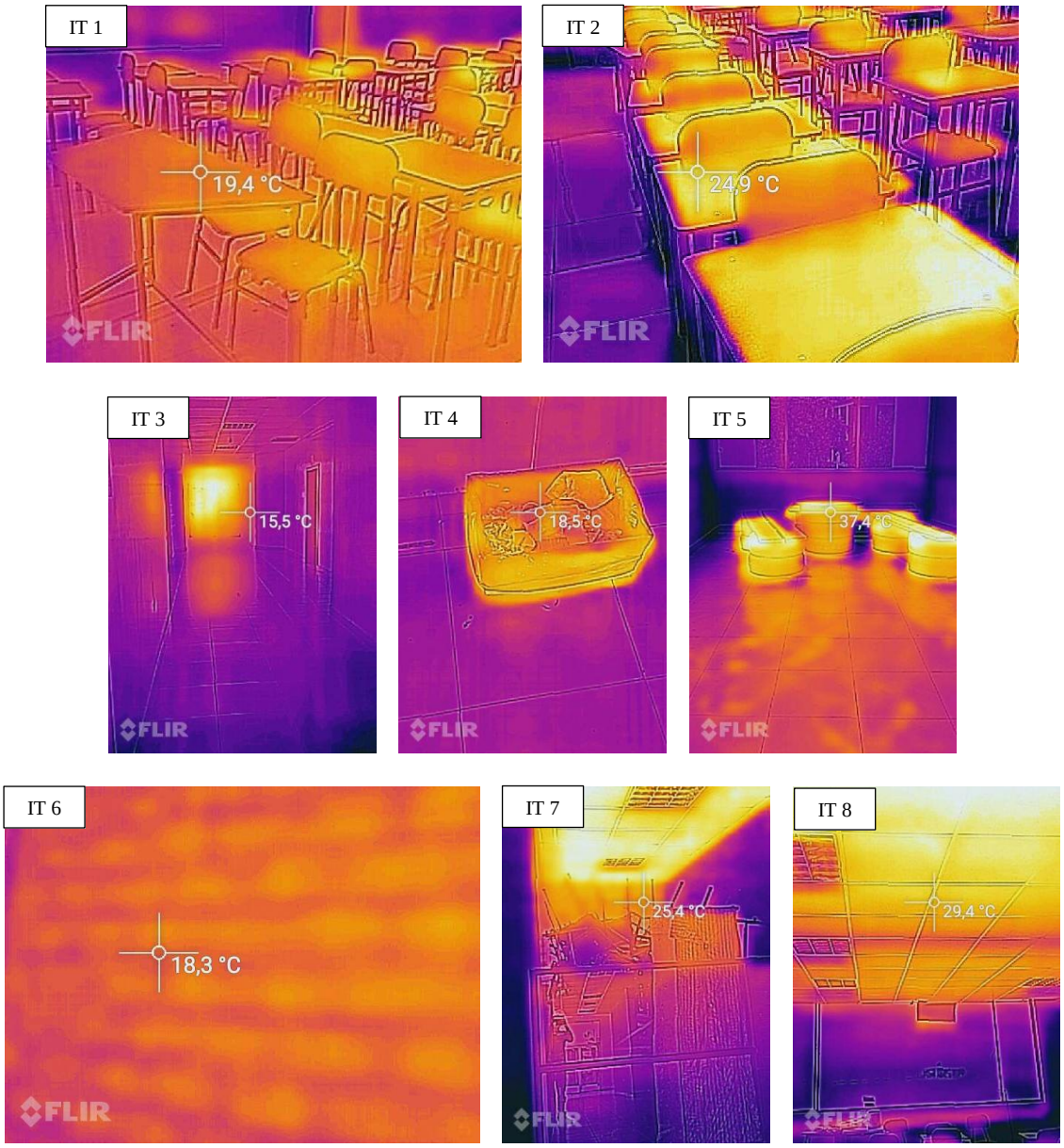
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

La tabla muestra el peso del mobiliario distribuido en tres pisos del edificio, considerando escritorios, sillas y mesas en distintas áreas funcionales. El peso total del mobiliario es **12,204 Kg**.

Condiciones ambientales

En la visita de campo, realizada el día el miércoles 16 de octubre de 2024 al medio día se tomaron muestras de la temperatura presente en el edificio, ya que la estructura presenta grandes ventanales favoreciendo que los materiales absorban mayor cantidad de radiación solar, calentando las superficies expuestas directamente a los rayos solares. Es por esta razón que se observa distribuciones térmicas en los diferentes materiales combustibles.

Condiciones ambientales



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

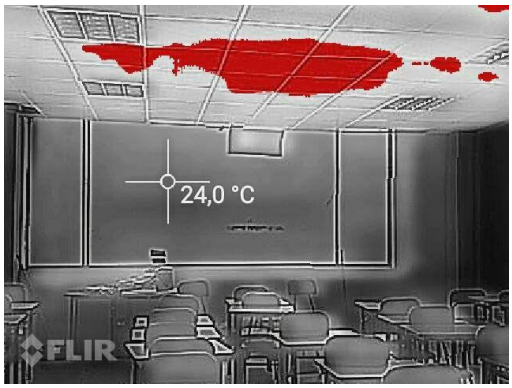
En la imagen IT 1 y 2 que muestra la temperatura en las aulas, dado que el edificio tiene ventanales grandes, la luz solar entra y calienta áreas cercanas a las ventanas, como es el caso de las sillas y mesas.

En IT 3 en el pasillo no recibe tanta luz solar directa a través de los ventanales, la temperatura es más baja en comparación con las aulas. Al estar aislado de las fuentes de calor permite una temperatura más estable y fresca.

En el IT5 hace referencia al análisis del material combustible ubicado en el tercer piso del edificio, que es considerado como un área de descanso y estos son materiales combustibles de caucho y de madera. Podemos observar que existe mayor cantidad de temperaturas debido a que está más expuesto a una fuente externa de calor, como es la cubierta de policarbonato, que hace que todo material combustible que esté debajo de esta zona, incremente su temperatura.

En el IT 8 refleja la acumulación de calor en el techo, cabe mencionar que el aula se encuentra en el tercer piso con la cubierta metálica. El metal es un excelente conductor térmico, y al estar expuesto al sol o al calor, aumenta la temperatura del área debajo de él, incluyendo la zona donde se encuentran los materiales combustibles.

Figura 9: *Mayor concentración de calor, aula tercer piso*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Se presentan condiciones favorables para que si se materialice una fuente de ignición los materiales ardan con facilidad.

Las imágenes reflejan cómo la luz solar que entra a través de los grandes ventanales afecta a las temperaturas internas del edificio, especialmente en áreas como

las aulas y la zona de recreación. Las áreas más expuestas a la luz solar tienden a mostrar temperaturas más altas, lo que puede incrementar el riesgo de incendio en zonas con materiales combustibles.

Humedad

Asimismo, se tomó muestras de la humedad de las mesas, sillas y escritorios, donde se pudo evidenciar que todos los elementos tienen un porcentaje de humedad menor al 10%, sabiendo que los elementos que tienen humedad menos al 10% arden con facilidad.

Tabla 4: *Humedad en el mobiliario del edificio*

INFORMACIÓN DE HUMEDAD EN EL MOBILIARIO DEL EDIFICIO									
PISO		**HUMEDAD DEL MOBILIARIO**							
	ÁREA	**Escritorios**	**Humedad**	**Sillas**	**Humedad**	**Mesas**	**Humedad**	**Puertas**	**Humedad**
1	Coordinación idiomas	4	0%	29	4%	8	4%	4	0%
	Sala de profesores Comunicación	1	0%	24	7%	14	5%	1	0%
	Laboratorio televisión	1	0%	8	0%	6	1%	1	0%
	Laboratorio radio	1	6%	32	8%	25	6%	1	0%
	Aulas	1	0	197	6%	212	6%	5	0%
	Bodega	0	0	0	0	0	0	1	0%
2	Aulas	2	6%	450	7%	424	8%	11	0%
	Bodega	0	0	0	0	0	0	1	0%
3	Aulas	3	6%	174	4%	142	5%	1	0%
	Laboratorio	1	0%	24	6%	1	0%	1	0%

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Sistemas de protección contra incendios

Extintores de incendios

En el levantamiento de información en campo del edificio se determina que el edificio cuenta con 2 extintores de incendios, sin embargo, estos se encuentran caducados en el 2018, no dispone de rociadores contra incendios y no existen capacitaciones al personal ante una emergencia.

Figura 10: *Extintores del edificio*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Estación de bomberos

La estación de bomberos más cercana a la Universidad Estatal de Bolívar es la Estación de Bomberos de Guaranda ubicado en el Parque 9 de octubre.

Figura 11: *Estación de Bomberos Guaranda*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Factores humanos

La carencia de un plan de emergencia, junto con la falta de capacitación del personal y simulacros periódicos, incrementa significativamente los riesgos. Esto implica que los ocupantes no están adecuadamente preparados para responder ante un evento peligroso, lo que aumenta la probabilidad de lesiones, daños materiales y posibles pérdidas humanas.

4.2. Resultados según el objetivo 2

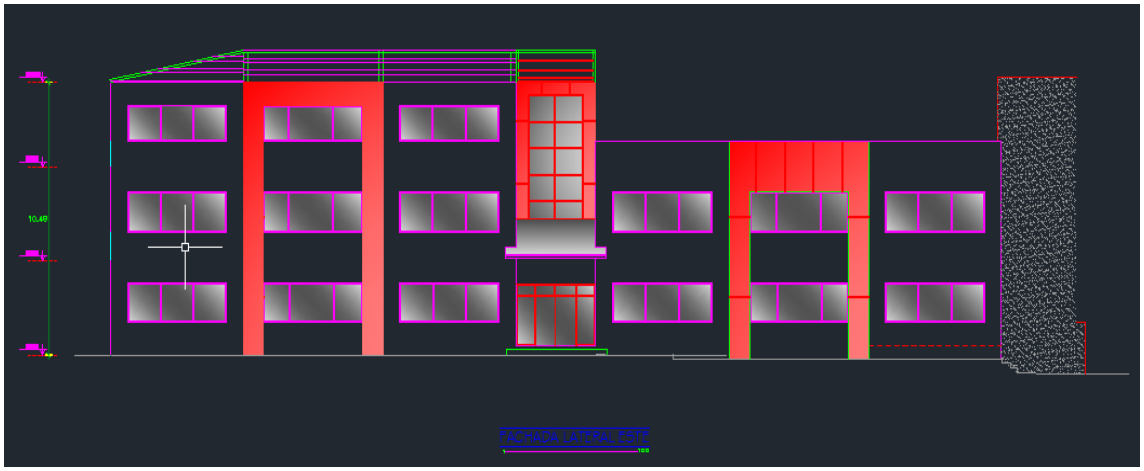
"Realizar un diagnóstico de la situación de vulnerabilidad estructural del edificio de Idiomas"

4.2.1. CYPECAD

Se llevó a cabo el análisis del comportamiento estructural, ingresando los datos de resistencia obtenidos mediante el esclerómetro para el modelamiento del edificio y la evaluación de su vulnerabilidad, siguiendo los lineamientos establecidos en las normas NEC 2014.

El edificio de Idiomas cuenta con tres niveles, donde los dos primeros tienen una altura de 3,62 m y el tercero de 3,24 m, sumando una altura total de 10,49 m. Su estructura está construida en hormigón armado y posee una cubierta metálica.

Figura 12: *Vista frontal del edificio de Idiomas*



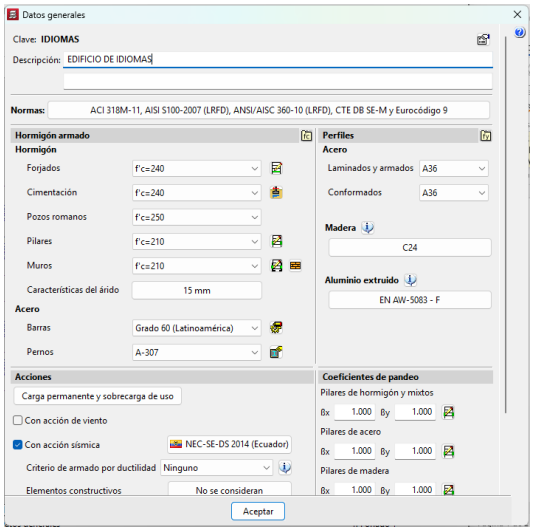
Fuente: *AutoCAD versión 2022*

El modelo estructural del edificio se realiza con una serie de pasos, considerando los planos del AutoCAD, los cuales son detallados a continuación:

1. Datos generales

Primero se introducen los datos generales de la obra, en la ventana principal se crea un proyecto nuevo con el nombre “Edifico de Idiomas”. Se considera también el tipo de concreto, mediante valores que se obtienen con el ensayo del esclerómetro de los forjados, pilares y muros.

Figura 13: *Ventana de datos generales del programa*

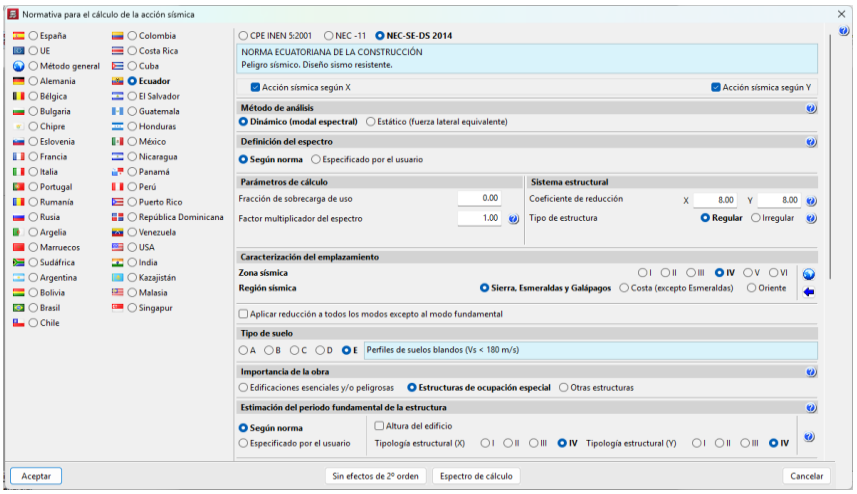


Fuente: *CYPECAD*

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

1.1 Datos generales de la acción sísmica

Figura 14: *Normativa ecuatoriana de la acción sísmica*

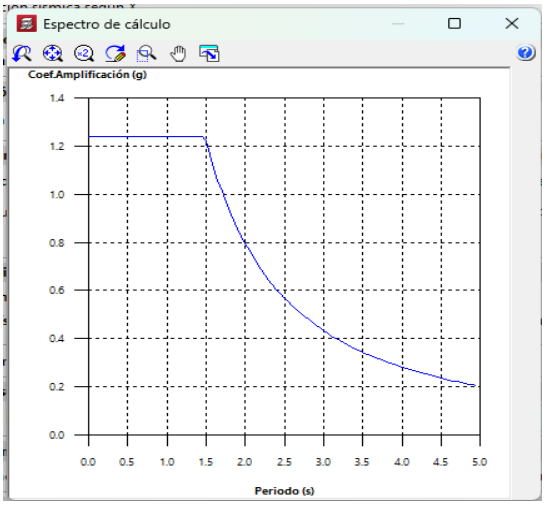


Fuente: CYPECAD

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

El análisis estructural del edificio de IDIOMAS se realiza conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS, 2014), utilizando el método de análisis dinámico modal espectral. El edificio, compuesto por pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales, se ubica en la zona sísmica IV y está asentado en un tipo de suelo E, caracterizado por suelos blandos. Presenta coeficientes de regularidad en planta y elevación. Clasificado como una estructura de ocupación especial.

Figura 15: *Espectro del diseño*

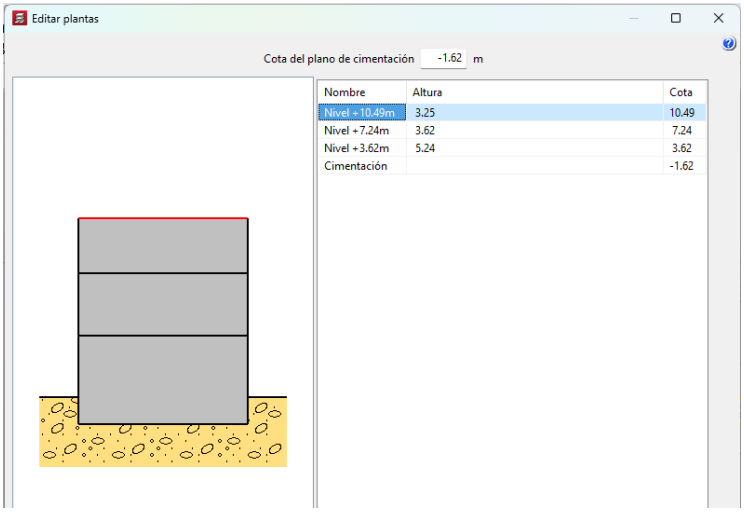


Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

2. Plantas

Se introduce la cantidad de plantas que tiene el edificio, sus respectivas alturas y la profundidad del suelo, además de las cargas vivas y muertas.

Figura 16: *Introducción de plantas*



Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Una vez añadidas la altura de las plantas, en la opción de editar los grupos se introducen las cargas propuestas en la (NEC 2014), las cargas muertas se refieren a los elementos que generan una inercia ante un evento sísmico (mampostería, cielo raso, masillado, acabados, etc.) y las cargas vivas se refiere a las cargas superficiales que según norma el valor mínimo para aulas es de 0.20.

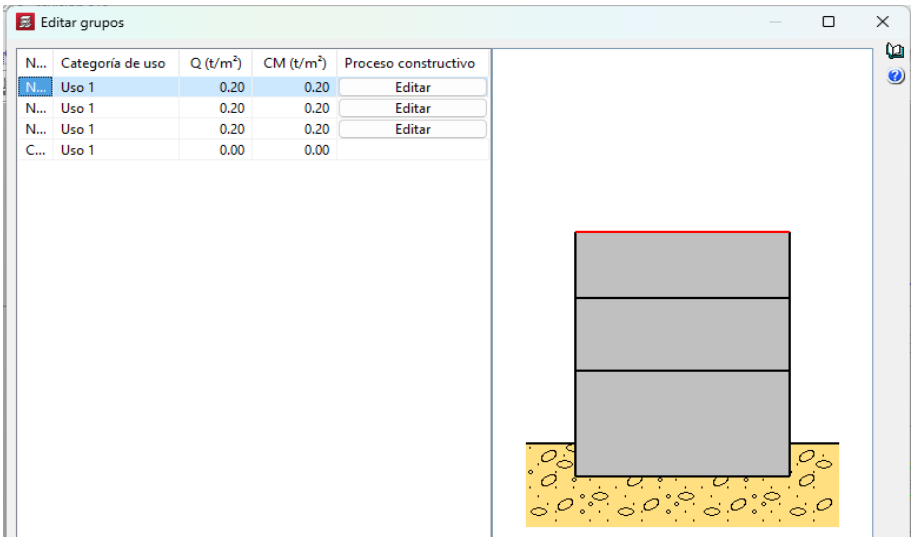
Carga muerta

Tabla 5: *Determinación de carga muerta*

Elemento	Espesor (m)	Densidad (t/m³)	Carga (t/m²)
Revestimiento de piso	0.02	2.0	0.04
Enlucido de techo/pared	0.01	1.8	0.018
Falso techo (gypsum)	-	-	0.03
Mampostería ligera	0.10	1.2	0.12
Total			**0.208 t/m²**

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Figura 17: *Ingreso de cargas muertas y vivas en cada planta*

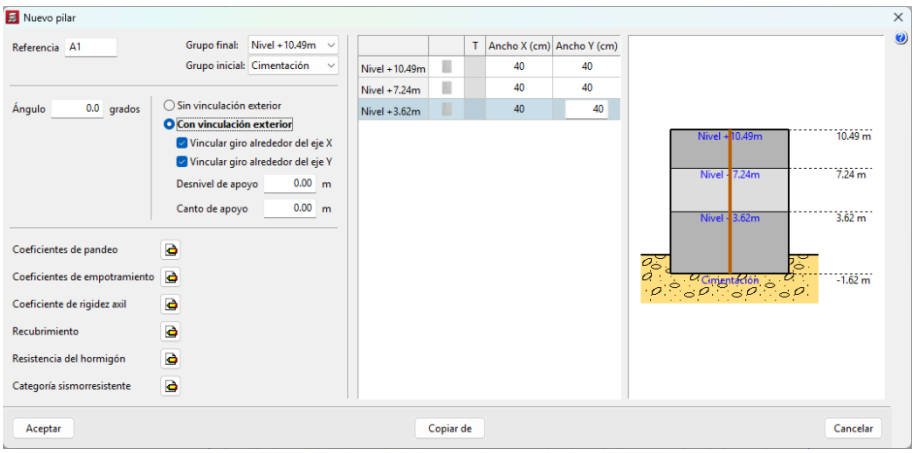


Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

3. Introducción de pilares

Los pilares son elementos estructurales verticales que conectan las diferentes plantas del edificio. Su incorporación se realiza a través del menú de pilares en la parte inferior del software, utilizando como referencia la plantilla de los planos estructurales importados desde AutoCAD. Cada pilar es definido con sus respectivas dimensiones de ancho y altura, además de ajustarse su grado de inclinación en caso de ser necesario.

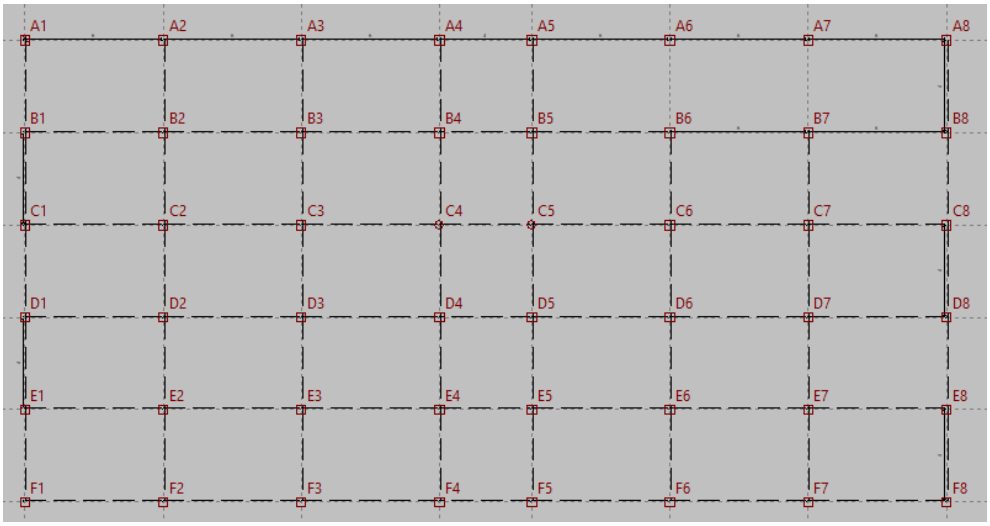
Figura 18: *Dimensiones de los pilares*



Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Una vez ingresados todos los pilares, se puede observar las columnas generadas de acuerdo con el orden introducido, como se muestra a continuación:

Figura 19: *Pilares introducidos al programa*

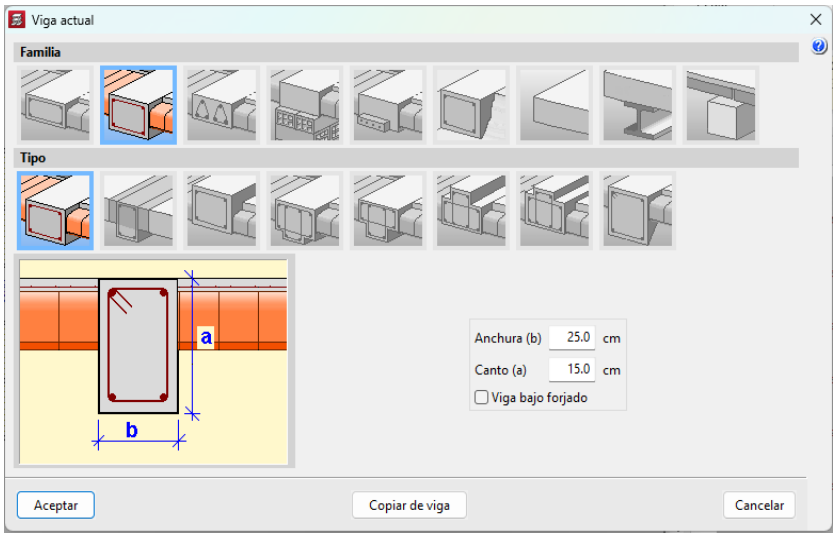


Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

4. Vigas

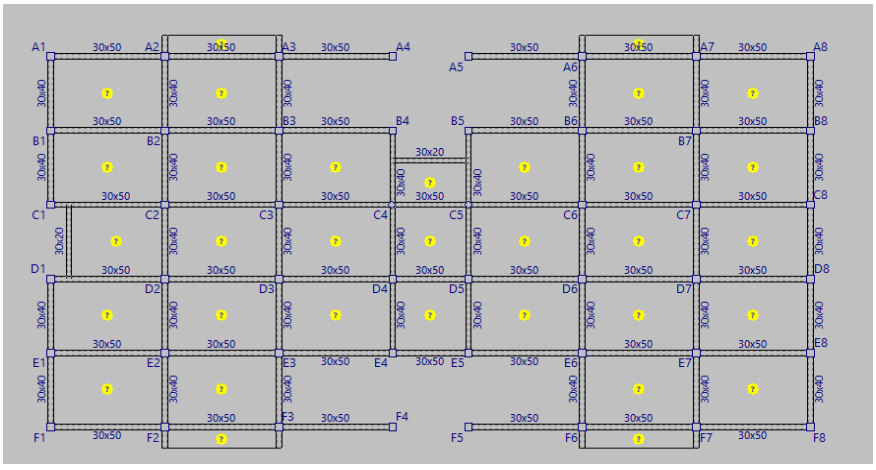
Las vigas son componentes estructurales horizontales diseñados para soportar cargas, proporcionando estabilidad a la estructura y sosteniendo los techos. Su incorporación se realiza a través de la opción de entrada de vigas, donde se selecciona el tipo adecuado para el edificio y se asignan las dimensiones correspondientes a cada nivel. En este caso, se optó por vigas descolgadas rectangulares.

Figura 20: *Ventana de selección de vigas*



Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Figura 21: *Muestra de las vigas en el programa*

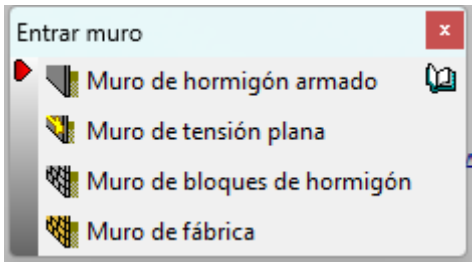


Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

5. Muros

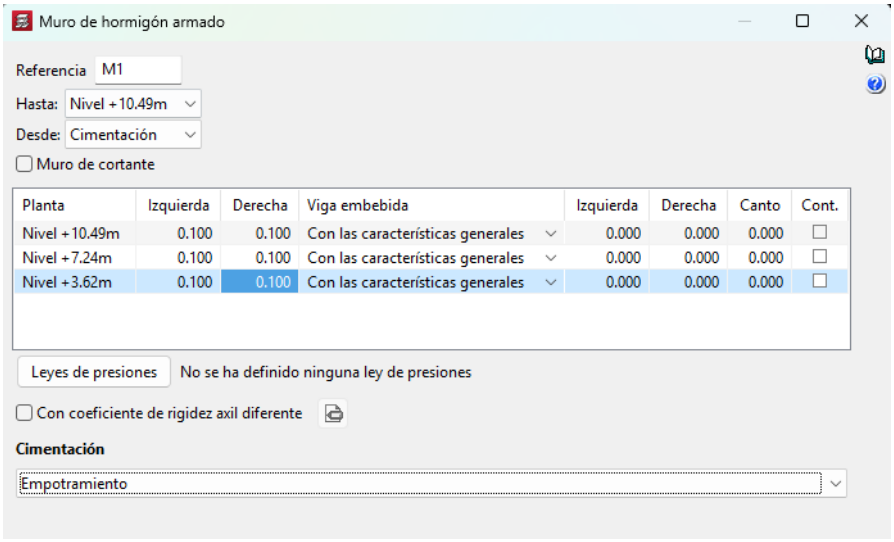
Los muros son diagramas que dan soporte adicional para las columnas centrales, ayudando a estabilizar la estructura y muros del ascensor. Para ello añadimos un muro de hormigón armado.

Figura 22: *Ventana de entrada de muro*



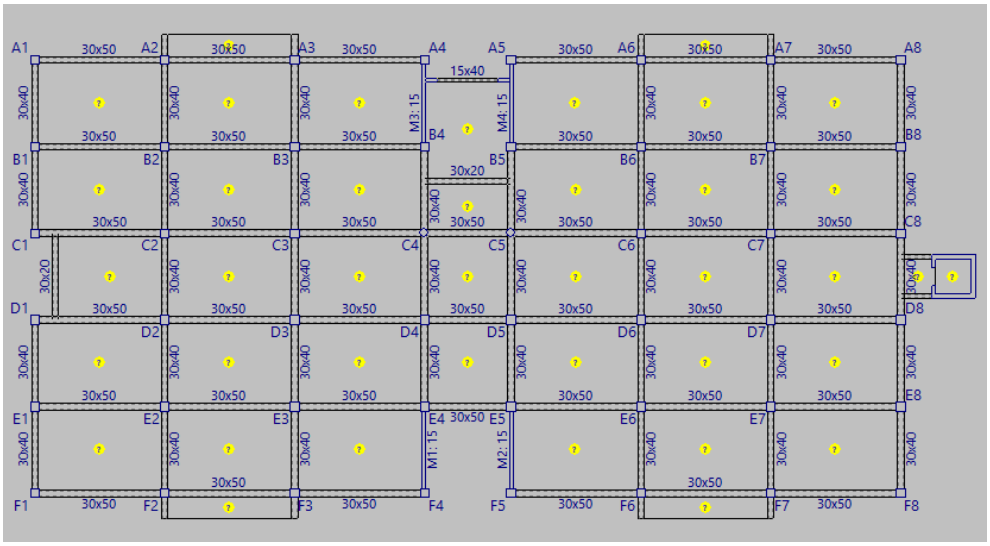
Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Figura 23: *Dimensiones del muro*



Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Figura 24: *Visualización de los muros y vigas*

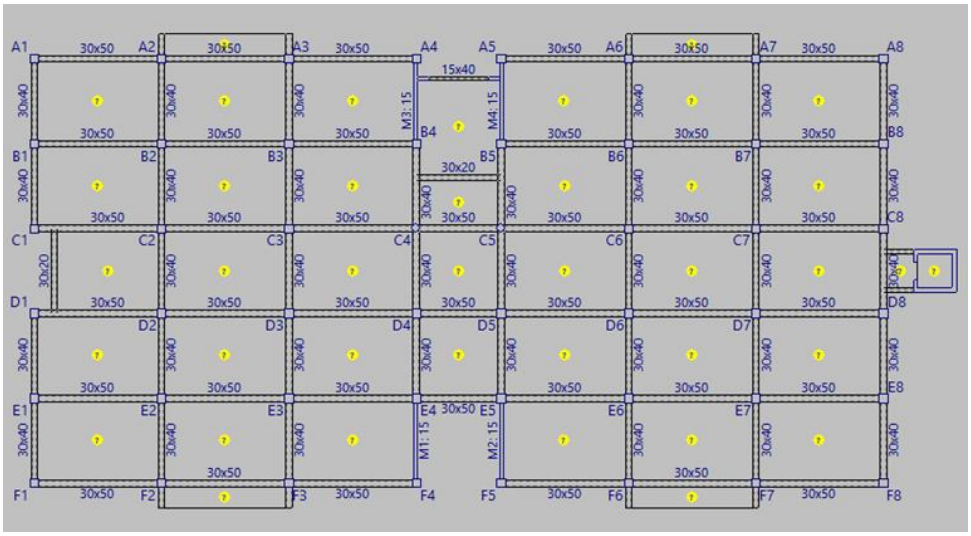


Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por*: Alcocer A. & Caluña D., 2024*

6. Losas.

Las losas son elementos estructurales que se utilizan para crear superficies horizontales planas como pisos o techos, la interrogación con color amarrillo indica la necesidad de paños o huecos en el lugar.

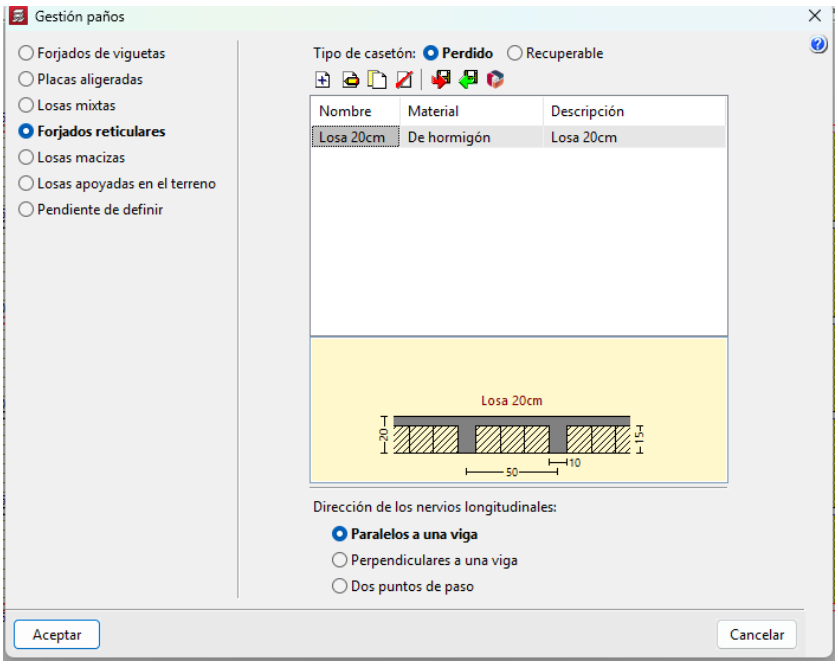
Figura 25: *Signo de interrogación de color amarrillo*

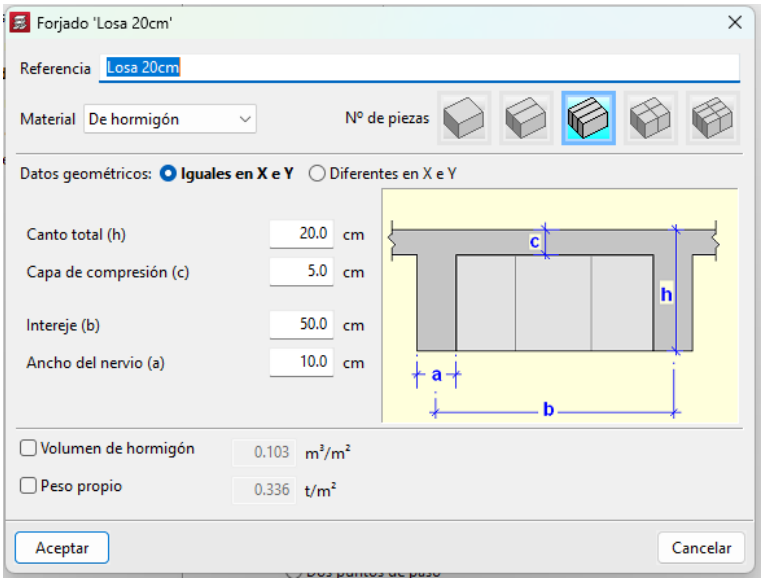


Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Para las losas se añade Forjados reticulares donde se observa la discretización de los paños y se añade huecos en los sectores correspondientes con un espesor de 20cm.

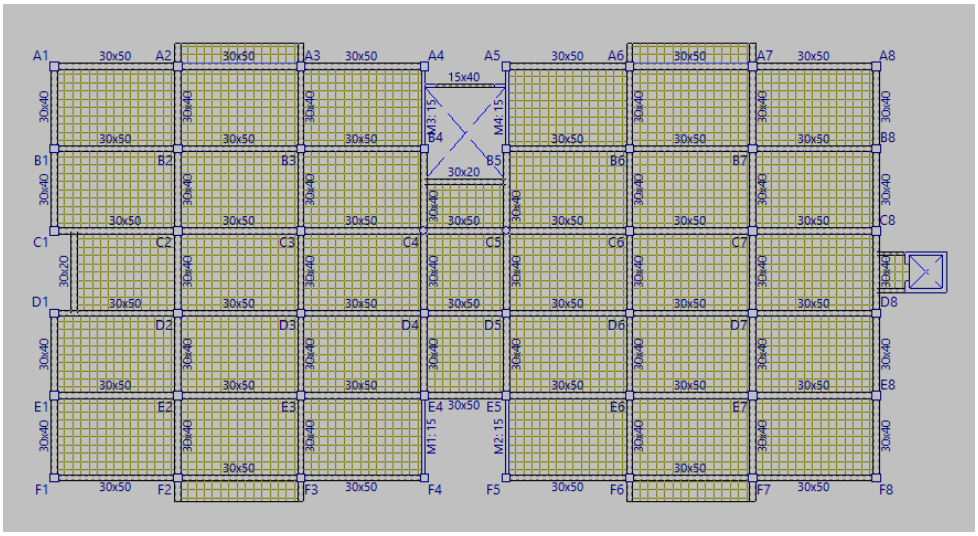
Figura 26: *Introducción de la losa*





Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Figura 27: *Colocación de paño y huecos en la estructura*

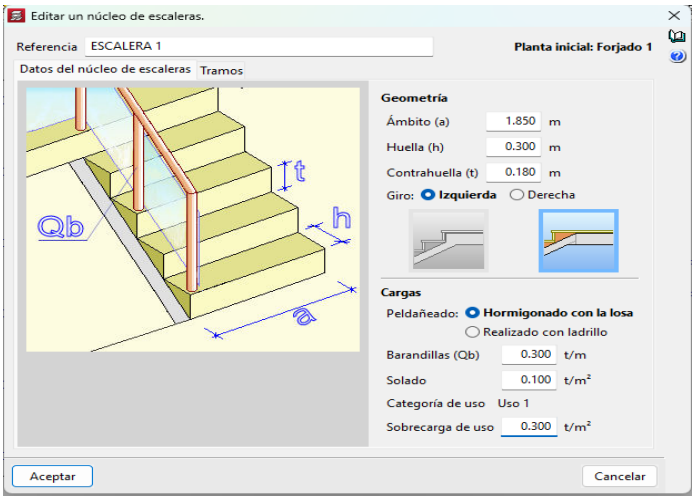


Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

7. Escaleras.

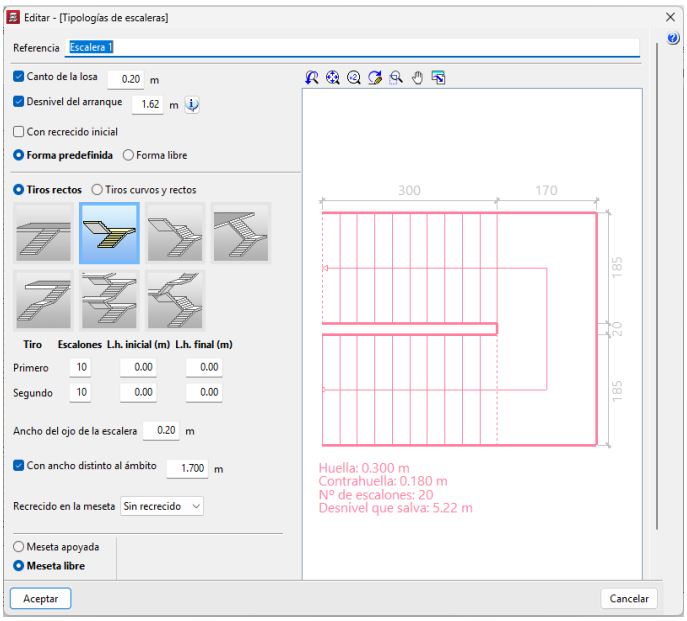
Se trata de una estructura compuesta por una sucesión de peldaños y soportes paralelos, cuya función es permitir el desplazamiento entre distintos niveles de una edificación. Para su diseño, se selecciona el tipo de escalera adecuado, que en este caso consta de dos tramos con 10 escalones cada uno.

Figura 28: *Características de los escalones*



Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

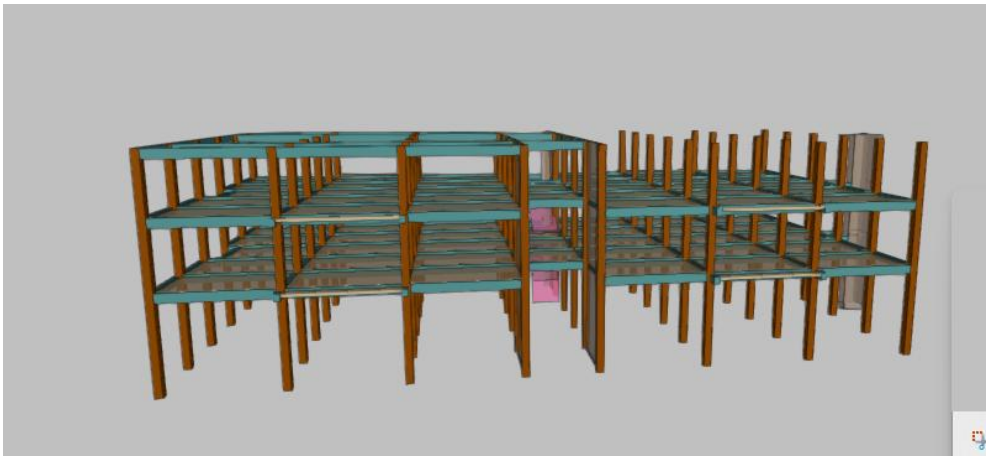
Figura 29: *Introducción de la escalera*



Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Luego de colocar todos los elementos, se puede visualizar modo tridimensional la estructura, mediante la opción vista 3D.

Figura 30: *Vista 3D del edificio*

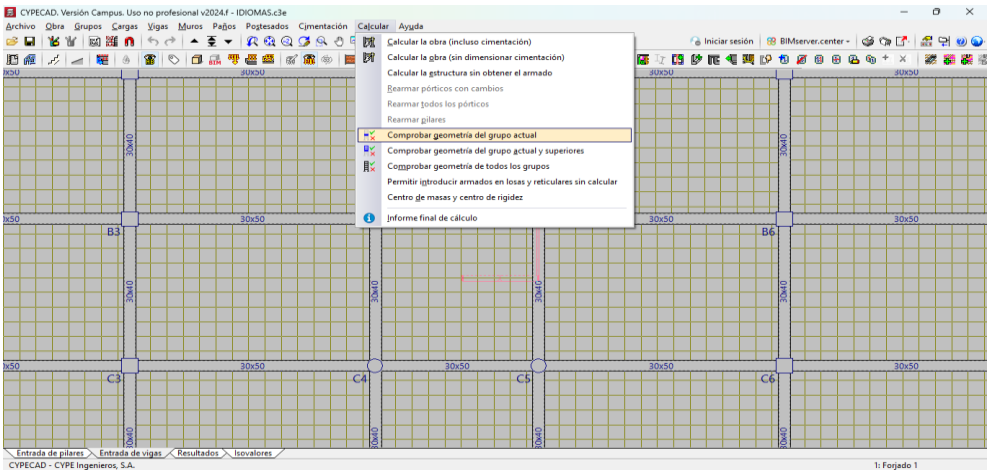


Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

8. Corrección de errores

Antes de mandar a calcular la obra en necesario realizar la comprobación de la geometría de los elementos estructurales para evidenciar los errores y rectificarlos, de lo contrario no es posible calcular.

Figura 31: *Comprobación de la geometría de los grupos*

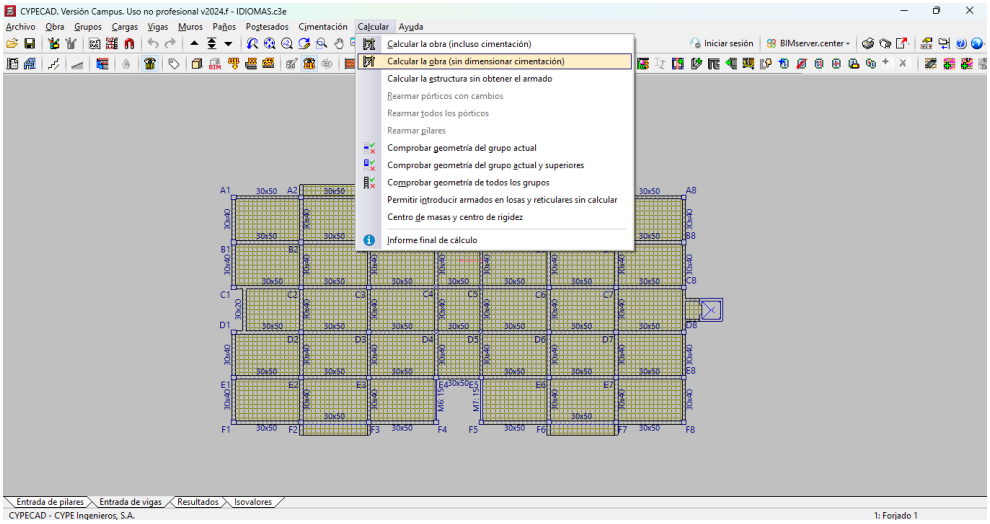


Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

9. Cálculo de la estructura

Una vez introducido los elementos estructurales y revisado los errores en el programa se realiza el cálculo estructural para su respectivo análisis, mediante la opción calcular la obra (sin dimensionar cimentación).

Figura 32: *Calculo de la estructura*



Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

10. Análisis de los resultados

A continuación, se realiza el análisis de los reportes de Justificación de la acción sísmica y Distorsión de pilares.

10.1. Modos de vibración

Según la NEC 2014, sección 6.2.2 literal e, dice que se debe de considerar lineamientos para el análisis de los siguientes números de modos.

Todos los modos de vibración que contribuyan significativamente a la respuesta total de la estructura, mediante los varios periodos de vibración. (NEC SE DS Peligro Sísmico, 2014)

Todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas. (NEC SE DS Peligro Sísmico, 2014)

Tabla 6: *Resultado de los modos de vibración, periodo y porcentaje de participación de masa*

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X (1)	Hipótesis Y (1)
Modo 1	**0.456**	**0.6673**	**0.0046**	**0.7447**	**90.03 %**	**0 %**	**R = 8** **A = 1.522 m/s²** **D = 8.00619 mm**	**R = 8** **A = 1.522 m/s²** **D = 8.00619 mm**
Modo 2	**0.416**	**0.0074**	**0.0066**	**1**	**0.61 %**	**0.75 %**	**R = 8** **A = 1.522 m/s²** **D = 6.66519 mm**	**R = 8** **A = 1.522 m/s²** **D = 6.66519 mm**
Modo 3	0.195	0.0002	0.4948	0.869	0 %	85.45 %	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 1.46207 mm	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 1.46207 mm
Modo 4	0.144	0.0133	0.0502	0.9987	0.17 %	2.42 %	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.79493 mm	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.79493 mm
Modo 5	0.136	0.3058	0.0263	0.9517	4.5 %	0.03 %	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.70814 mm	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.70814 mm
Modo 6	0.099	0.4447	0.1759	0.8782	3.2 %	0.5 %	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.37611 mm	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.37611 mm
Modo 7	0.095	0.168	0.1406	0.9757	1.37 %	0.96 %	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.34884 mm	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.34884 mm
Total					**99.88 %**	**90.11 %**		

Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Leyenda

- **T:** Periodo de vibración en segundos.
- **Lx, Ly:** Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.
- **Lgz:** Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.
- **Mx, My:** 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.

El total del porcentaje de masa desplazada en Mx= 99,88% y My= 90,11% lo que demuestra que se cumple con el valor establecido por la NEC 2014.

En el primer modo de vibración muestra un movimiento predominante en la dirección X, ya que moviliza el 90.03% de su masa modal. Esto indica que el comportamiento sísmico del edificio se encuentra altamente concentrado en este primer modo. Además, los coeficientes Lx = 0.6673 y Lv = 0.0046 muestran que el movimiento es predominantemente traslacional en el eje X, con una participación vertical prácticamente nula. El valor de Lgz = 0.7447 sugiere que, aunque el modo es mayormente traslacional, existe una pequeña torsión, pero no es alarmante. Por otro

lado, la participación de masa en la dirección Y (My) es del 0%, confirmando que este modo es casi exclusivamente en el eje X.

En el modo 2, con un período de 0.416 segundos, la masa modal movilizada en la dirección X es muy baja (0.61%) y en Y también es mínima (0.75%), lo cual indica que no es un modo significativo para la traslación principal del edificio. Sin embargo, el valor de Laz = 1.0 demuestra que se trata de un modo torsional, con una rotación clara alrededor del eje vertical. Sin embargo, los valores son muy bajos de Lx = 0.0074 y Lv = 0.0066, lo que refuerzan que este modo tiene muy poca participación en traslación o en dirección vertical.

10.2.Periodos de vibración

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) — **$V_{S,X}$** : *216.8490* t

$S_{d,X}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X) — **$S_{d,X}(T_a)$** : *0.155* g

$T_{a,X}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a) — **$T_{a,X}$** : ***0.32*** **s**

$$T_a = 0{,}055 \cdot 10{,}49^{0.75}$$

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

h: Altura del edificio — **h** : *10.49* m

Tabla 7: *Periodo según los modos estudiados en X1*

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.456	0.155

Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Tabla 8: *Periodo según los modos estudiados en Y1*

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 3	0.195	0.155

Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

El periodo de vibración en segundos del edificio es de 0,456, comparado con el periodo fundamental que es de 0.32 del cortante basal estático, la NEC 2014 permite que un aumento de un 30% al periodo de vibración fundamental dando como resultado 0,416, se aproxima el periodo de vibración del suelo con el periodo de vibración de la estructura. Con lo anteriormente mencionado podemos decir que la estructura no es vulnerable.

10.3. Distorsiones de plantas y pilares

Valores máximos

Tabla 9: *Desplome local máximo de 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 +10.49m	1 / 1945 (B8, E8)	1 / 5000 (A6, ...)	1 / 158 (F5)	1 / 346 (A1, ...)
Nivel +7.24m	----	----	1 / 138 (F1, ...)	1 / 594 (A1, ...)
Nivel +3.62m	----	----	1 / 156 (F1, ...)	1 / 617 (A8, ...)
Notas: *[1] Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.*				

Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por*: Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Tabla 10: *Desplome total máximo de los pilares.*

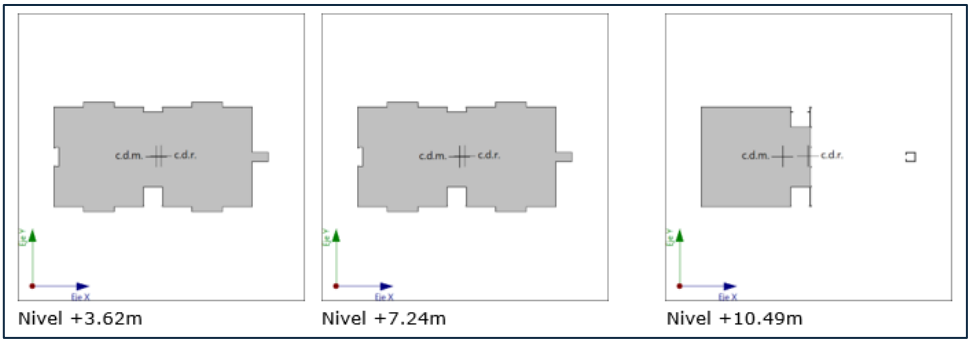
Desplome total máximo de los pilares (D / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ([1])	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 6728 (B8, E8)	----	1 / 152 (F5)	1 / 638 (A1, ...)
Notas: *[1] Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.*			

Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: Alcocer A. & Caluña D., 2024

Los resultados obtenidos demuestran que los datos priorizan la ductilidad, es decir, que las distorsiones no exceden y cumplen con la deriva del valor mínimo que es 1/50, establecido por la NEC, evidenciando que el edificio no es vulnerable.

Centro de masa y rigidez de cada planta

Figura 33: *Visualización grafica del centro de masa y rigidez por cada planta*



Fuente: *CYPECAD*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Cuando el centro de masa se encuentra más distante del centro de rigidez, se genera un efecto de torsión en la estructura, como ocurre en el nivel +10,49 m.

Al analizar los parámetros de modos, periodo de vibración y distorsión de pilares, se puede mencionar que el edificio no es vulnerable

CYPE 3D

CYPE 3D es una herramienta que facilita el modelado de estructuras metálicas utilizando perfiles de acero o aluminio. Además, permite el cálculo y diseño tridimensional considerando elementos estructurales, tipos de barra y nudos de intersección. Su funcionalidad permite calcular, dimensionar y verificar la estabilidad de manera independiente, gracias a la incorporación de nudos de apoyo con vinculación exterior. Este software es útil para evaluar la resistencia de las estructuras metálicas.

Figura 34: *Cubierta del edificio*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D.,2024*

La cubierta del edificio de Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar tiene una estructura metálica, es por esa razón que se utilizó el CYPE 3D el cual ayuda con el modelamiento de esta.

Para empezar con la realización de la cubierta se debe cumplir los siguientes parámetros:

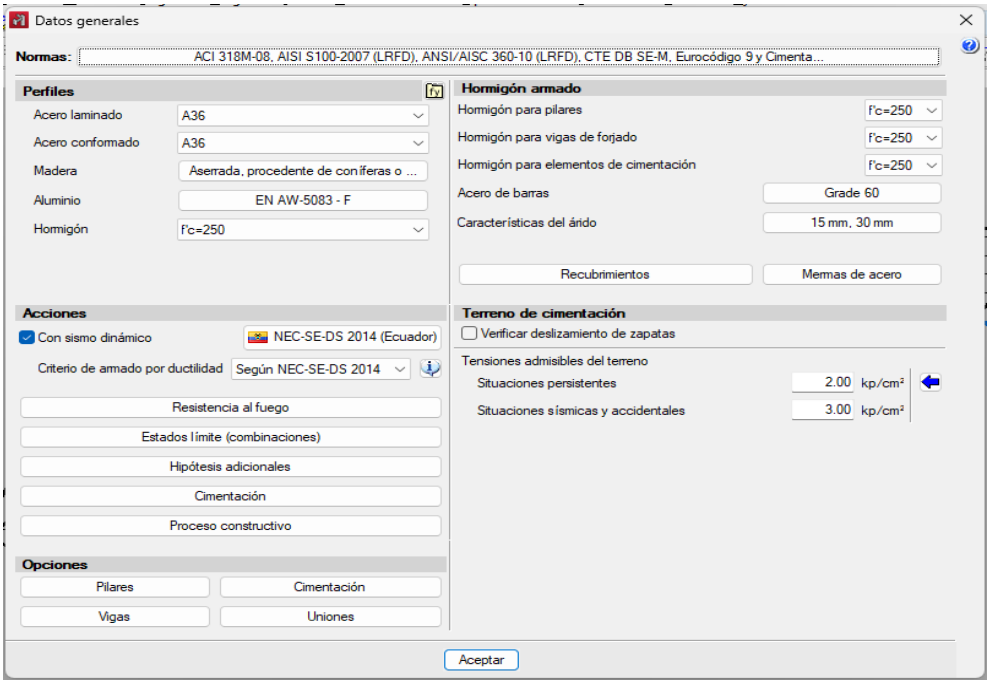
1. Selección de Perfiles

Para conformar los elementos de la cubierta se definieron los respectivos perfiles con sus mediciones, se ingresaron los elementos geométricamente y se diseñó cada barra.

2. Datos Generales

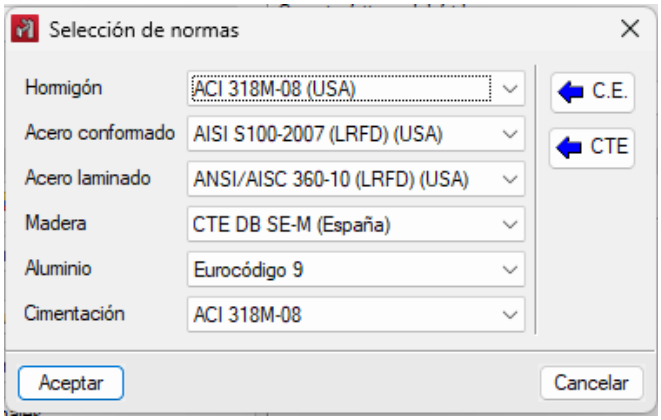
En esta parte del procedimiento se toma la información con la que se va a trabajar en la estructura metálica, por lo que en primer lugar se selecciona la norma para aceros laminados (ACI 318M – 08(USA)).

Figura 35: *Datos generales del programa Cype3D*



Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

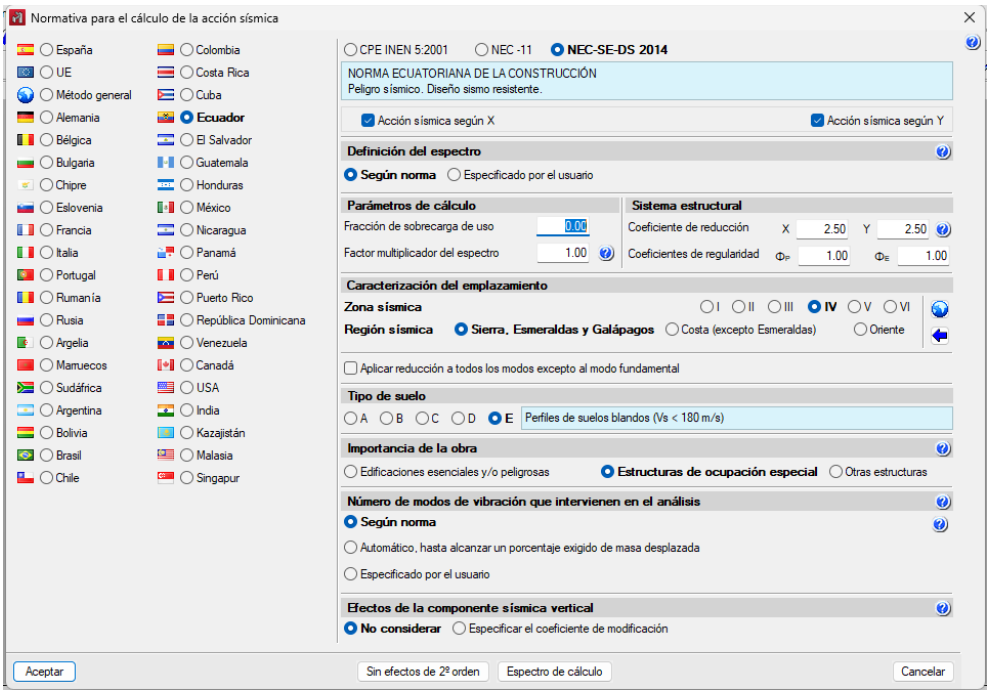
Figura 36: *Selección de normas*



Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

De la misma forma se escoge la opción sismo dinámico con la ubicación del territorio en donde se encuentra, la zona sísmica IV representa la región Sierra de acuerdo con la NEC 2014.

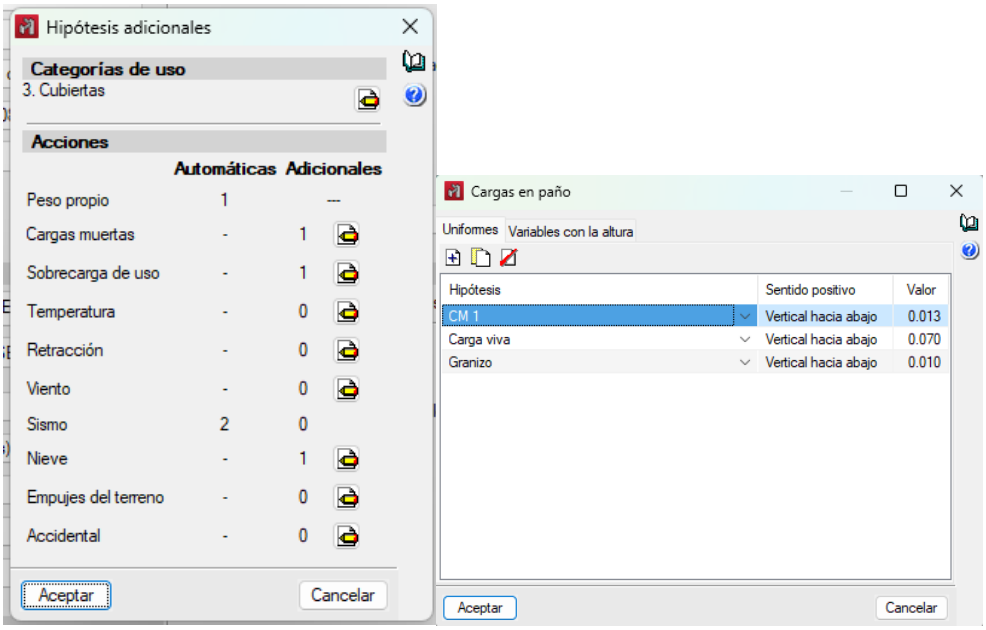
Figura 37: *Normativa ecuatoriana para el cálculo de la acción sísmica*



Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

De igual manera se agregan las hipótesis adicionales y las cargas que se van a trabajar en la estructura (Carga viva, carga muerta y granizo).

Figura 38: *Hipótesis adicionales de las cargas*



Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

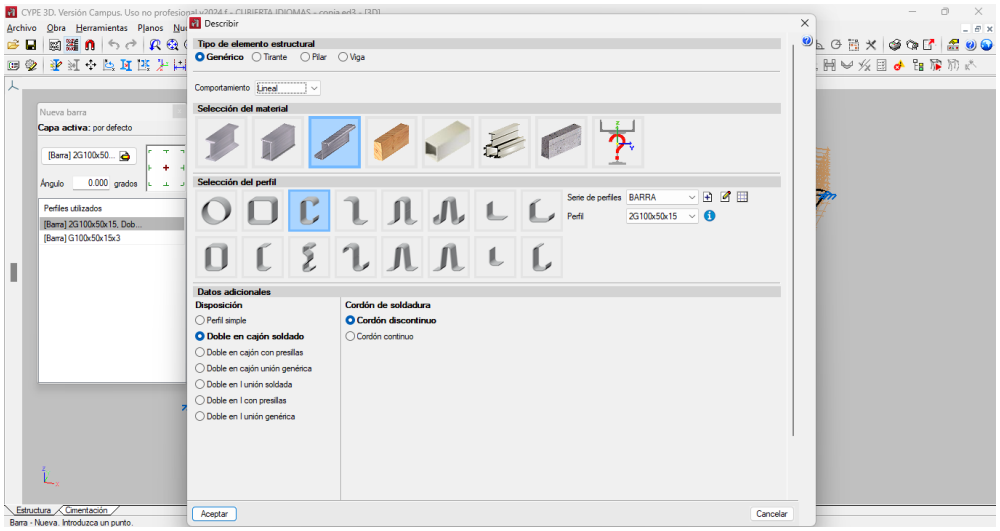
Los datos de introducción de las cargas que se muestra en la figura 39, se calculan en toneladas, para la carga muerta se revisó la (NEC 2014) en donde el material Galvalumen pesa alrededor de 7.44 kg y otros materiales que tienen el peso de 6kg dando un total de 13.44 kg/$cm2$ lo que convertido a toneladas tiene un valor de 0.013. Por otro lado, la carga viva se estimó considerando el peso de una persona de 70 kg, lo que equivale a 0.070 toneladas. Este valor representa la presencia de una única persona en la cubierta para realizar labores de mantenimiento. Para las cargas de granizo se debe de tomar en cuenta la región con más de 2000 metros sobre el nivel del mar, al igual que se toma en cuenta la (NEC 2014) de las cargas no sísmicas, literal (B4.8.3.1) donde el valor de la carga del granizo es de 1.0 kN/$m2$.

3. Perfiles

Para la estructura se diseña dos tipos de perfiles o barras según corresponda: Barra G 100x50x3 y barra 2G 100x50x3.

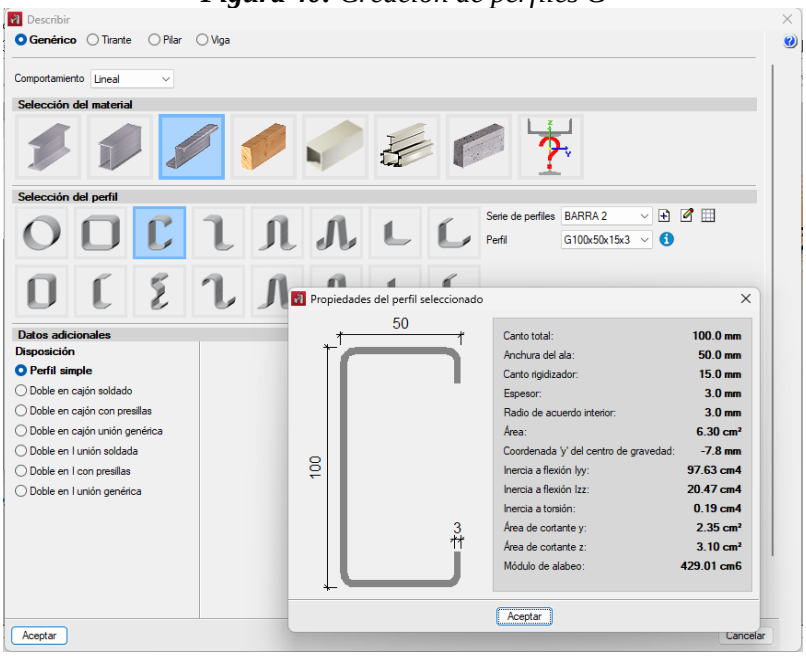
Para cada uno de los perfiles se selecciona el material de acero, el tipo de perfil, su disposición y medidas.

Figura 39: *Selección de perfiles*



Fuente: CYPE 3D
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

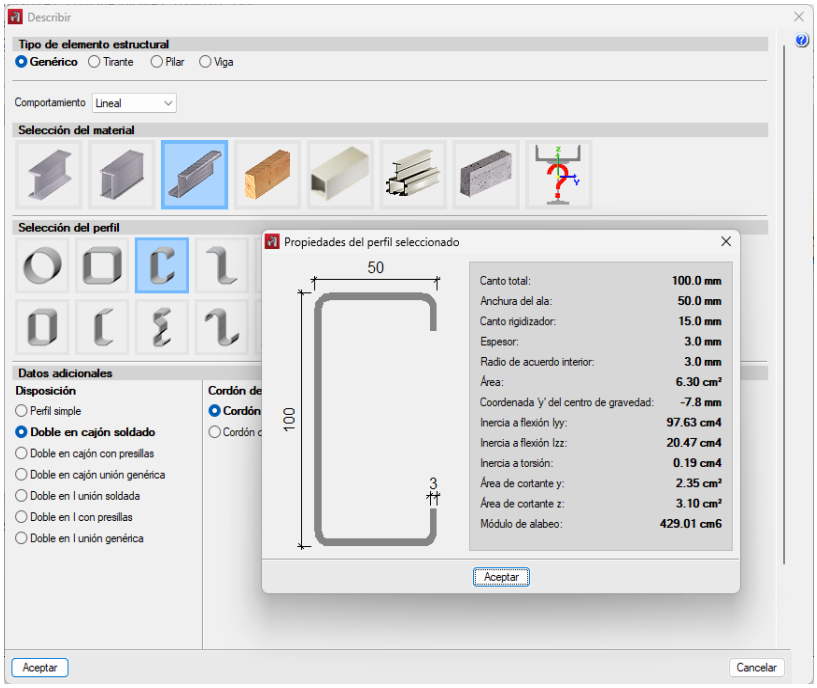
Figura 40: *Creación de perfiles G*



Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

El perfil G corresponde a las correas que mantienen a la estructura, realiza uniones de un perfil a otro.

Figura 41: *Creación de perfiles 2G*



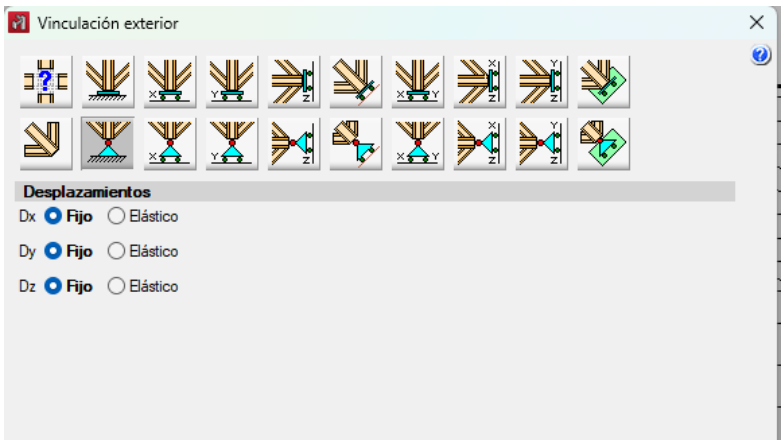
Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

El perfil 2G es la unión de dos perfiles, unidos entres sí mediante soldaduras que se emplean para la formación de columnas, vigas, o refuerzos a la estructura.

4. Puntos fijos

En los puntos fijos se selecciona el empotramiento que sirve para la vinculación exterior tomando en cuenta el punto fijo de articulación, que es el apoyo que impide el desplazamiento en cualquier dirección.

Figura 42: *Vinculación exterior*

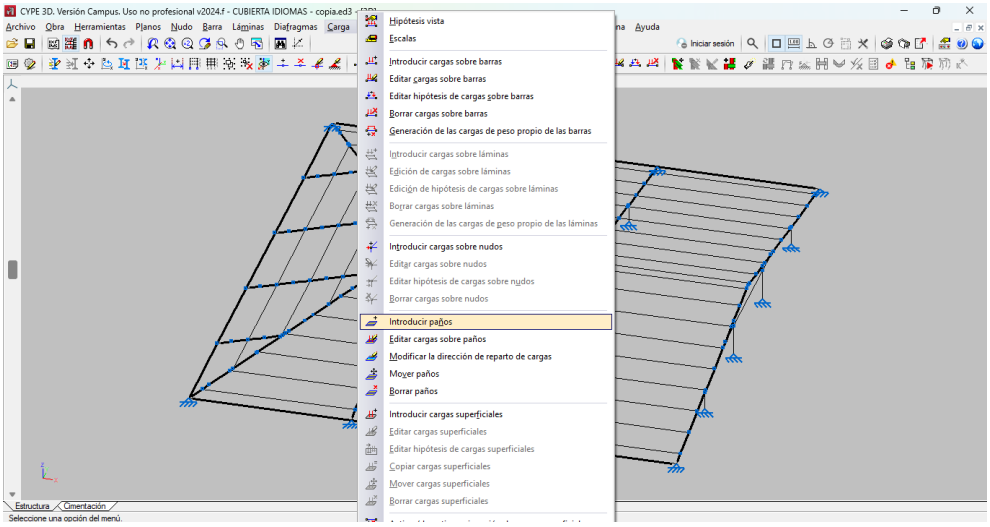


Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

5. Paños

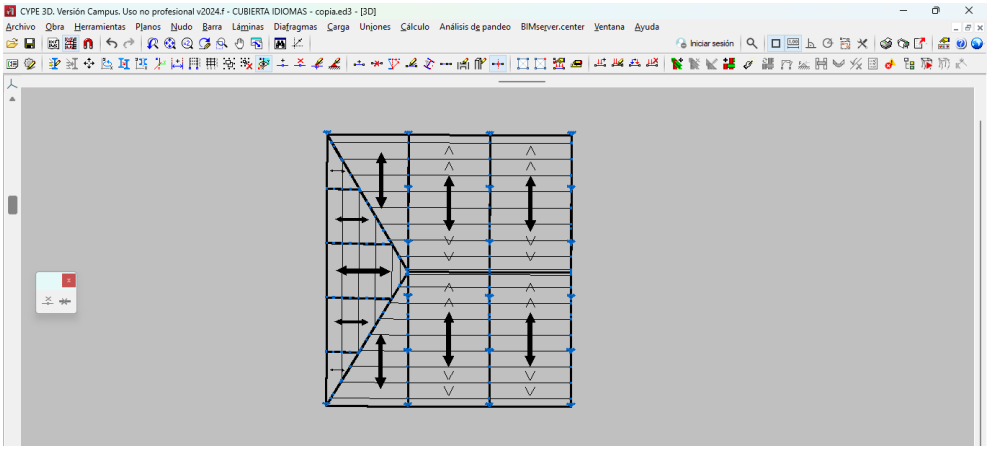
En la opción de cargas, es posible definir los paños ajustándolos mediante un polígono, especificando así la distribución de las cargas sobre la superficie.

Figura 43: *Introduccion de paños*



Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Figura 44: *Vista de los paños añadidos*

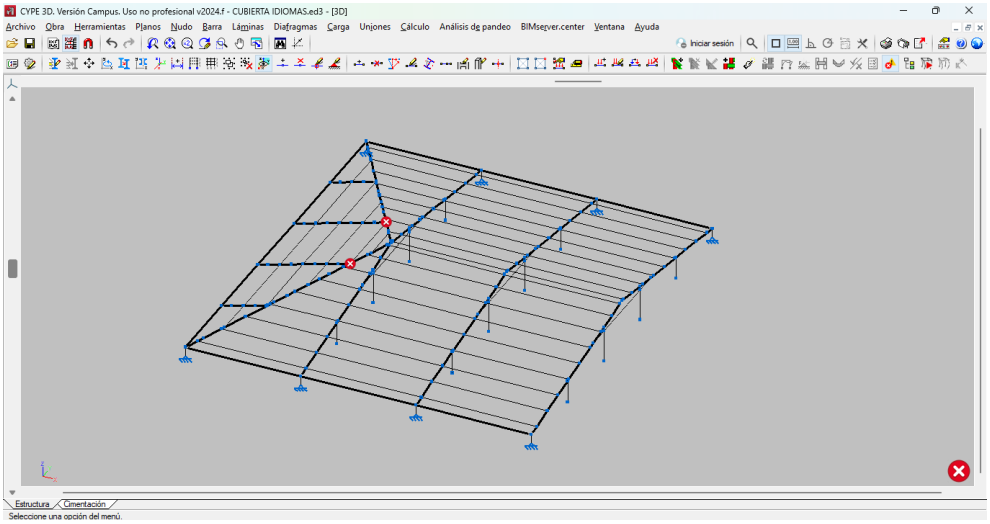


Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

6. Comprobación de Elementos

Una vez colocada la información de la estructura metálica se procede a comprobar y observar si existe errores, al tener un error se visualiza una x en color rojo y no permite realizar el cálculo.

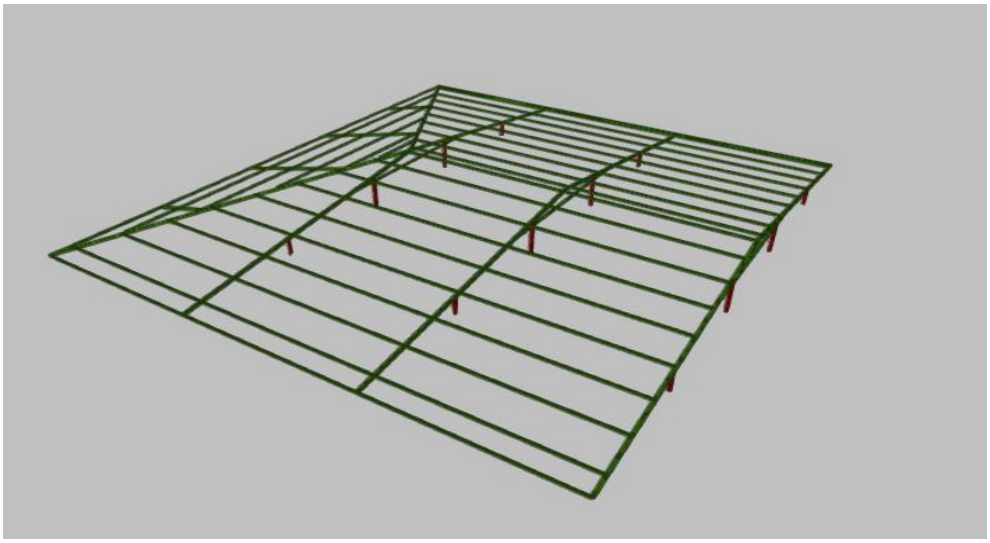
Figura 45: *Comprobación de elementos*



Fuente: CYPE 3D
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Vista 3D

Figura 46: *Vista 3D de la estructura*

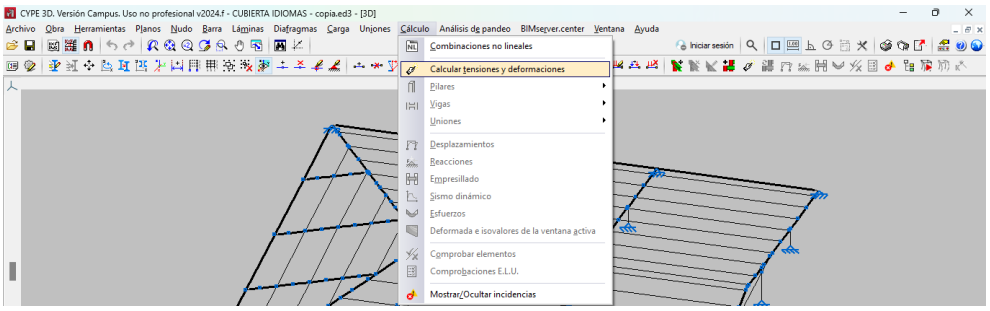


Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

7. Calculo Final

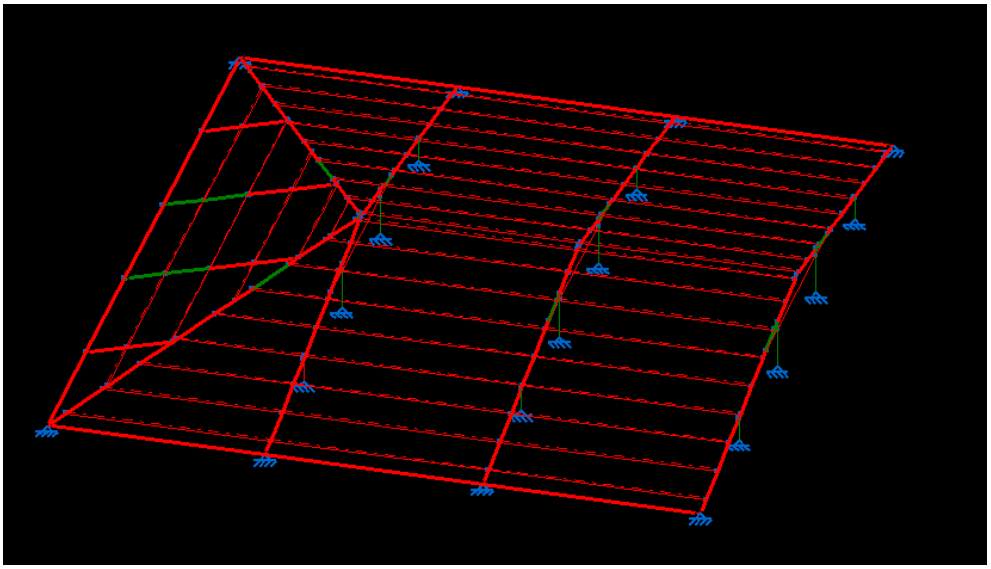
Como paso final, después de comprobar y corregir los errores, se procede a calcular la estructura para analizar su resistencia sísmica.

Figura 47: *Cálculo de la estructura metálica*



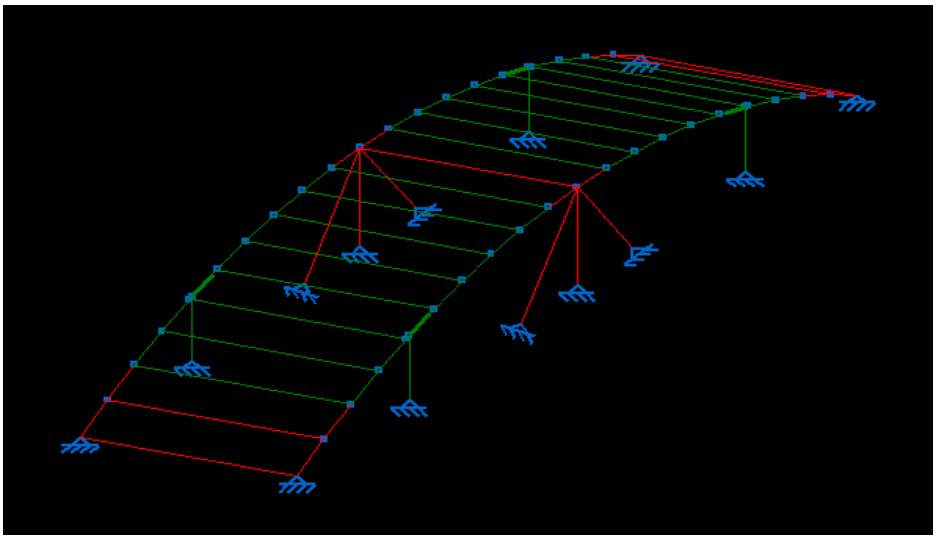
Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Figura 48: *Calculo de la estructura cubierta metálica de las aulas*



Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

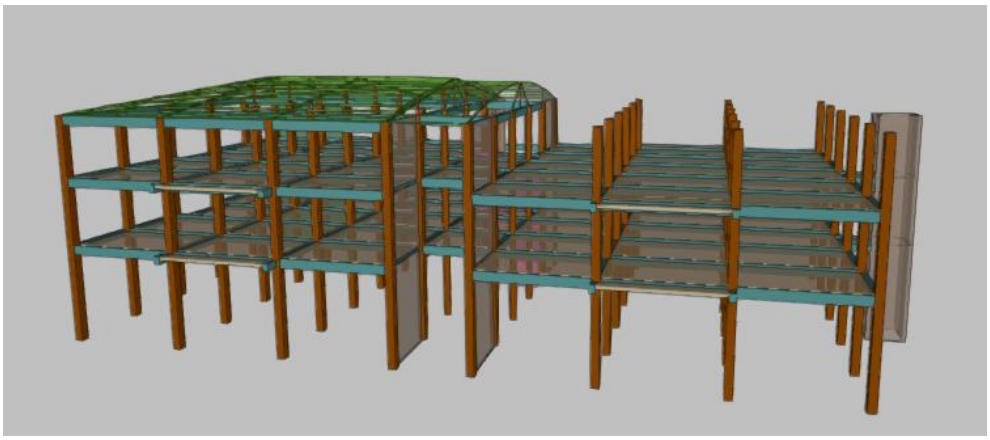
Figura 49: *Calculo de la estructura metálica de las gradas*



Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Los elementos estructurales de color verde cumplen con la resistencia de lo contrario los que se encuentran de color rojo no cumplen. En su análisis se da como resultado final que la mayoría de los elementos estructurales no cumplen con los requisitos excediendo el 100% de su resistencia.

Figura 50: *Vista 3D del edificio con las estructuras metálicas*



Fuente: *CYPE 3D*
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

La imagen muestra el edificio con las estructuras metálicas añadidas, sin embargo, se analiza las estructuras por separado, para una mejor evaluación.

4.2.2. Metodología de Gretener

La evaluación del riesgo de incendio se lleva a cabo aplicando la metodología adecuada con el objetivo de determinar el nivel de riesgo. Este se calcula multiplicando los factores de exposición al riesgo por la evaluación del grado de probabilidad. La exposición al riesgo de incendios se obtiene dividiendo los factores de peligro entre los factores de protección.

Factores de peligro: relacionado con el mobiliario y la construcción del edificio. En cuanto al mobiliario, se consideran elementos como mesas, sillas, escritorios, etc. Estas influyen en el desarrollo y propagación de un incendio y pueden generar humo y acción corrosiva, dificultando la intervención de equipos de emergencia. Respecto a construcción del edificio, se evalúan elementos estructurales, que pueden influir en la gravedad y manejo de un incendio.

Cálculo de la exposición de riesgo de incendio

Riesgo potencial presente

Tabla 11: *Elementos del riesgo potencial*

Peligros inherentes al mobiliario del edificio		
q	Carga térmica mobiliaria	Qm
c	Combustibilidad	Fe
r	Formación de humo	Fu
k	Peligro de corrosión - toxicidad	Co
Peligros inherentes al edificio		
i	Carga térmica inmobiliaria	Qi
e	Nivel de planta o altura del local	E, H
g	Tamaño de compartimentos cortafuego y la relación con la longitud y altura	A B

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D.,2024*

Para evaluar el peligro de incendios, es esencial conocer el comportamiento y los resultados de los elementos tanto del mobiliario como de la edificación en sí.

Peligros inherentes al contenido de la edificación

Carga térmica mobiliaria "q"

Este método permite conocer la cantidad de calor liberado durante la combustión de materiales mobiliarios, como papel, escritorios, sillas, plásticos, telas, entre otros.

Es por lo que se ha levantado información identificando materiales combustibles por cada área existente en el edificio.

Tabla 12: *Material combustible*

MATERIALES COMBUSTIBLES POR AREA						
PISO	**MATERIALES COMBUSTIBLES**					**Foto**
	Área	**Plástico**	**Madera**	**Tela**	**Papel**	
1	Coordinación idiomas	SI	SI	SI	SI	
	Sala de profesores Comunicación	SI	SI	SI	SI	
	Laboratorio televisión	SI	SI	SI	SI	

	Laboratorio radio	SI	SI	SI	SI	
	Aulas	NO	SI	SI	SI	
	Bodega	SI	NO	NO	SI	
2	Aulas	NO	SI	SI	SI	
	Bodegas	SI	NO	NO	SI	
3	Aulas	NO	SI	SI	SI	

	Laboratorio	SI	SI	SI	SI	

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Una vez identificado los materiales combustibles en cada una de las áreas podemos determinar que el material que predomina en el edificio es la madera por lo que le asignamos los siguientes valores

Tabla 13: *Valores de la carga térmica mobiliaria*

ACTIVIDAD	FABRICACION / VENTA							ALMACENAMIENTOS				
	Qm MJ/m²	q	c	r	k	A	p cat	Qm MJ/m²	c	r	k	A
Leche en polvo	200	1.0	1.0	1.0	1.0	1.00	—	10.500	1.0	1.0	1.0	0.85
Legumbres frescas, venta	200	1.0	1.0	1.0	1.0	0.85	—					
Legumbres secas	1.000	1.5	1.2	1.0	1.0	1.00	—	400	1.2	1.0	1.0	0.85
Leña								2.500	1.2	1.0	1.0	0.85
Levadura	800	1.4	1.2	1.0	1.0	1.20	—					
Librerías	1.000	1.5	1.2	1.0	1.0	0.85	—					
Licores	400	1.2	1.6	1.0	1.0	1.45	—	800	1.2	1.0	1.0	1.00
Licores, venta	700	1.4	1.2	1.0	1.0	1.00	—					
Limpieza química	300	1.1	1.2	1.0	1.0	1.45	1					
Linoleo	500	1.3	1.2	1.2	1.0	1.20	—					
Locales de deshechos para diversas mercancías	500	1.3	1.2	1.2	1.0	1.00	—					
Lúpulo								1.700	1.2	1.0	1.0	0.85
Madera en troncos								6.300	1.0	1.0	1.0	0.85
Madera, artículos de, barnizado	500	1.3	1.6	1.2	1.0	1.80	—					
Madera, artículos de, carpintería	700	1.4	1.2	1.0	1.0	1.20	—					
Madera, artículos de, ebanistería	700	1.4	1.2	1.0	1.0	1.20	—					
Madera, artículos de, expedición	600	1.3	1.2	1.0	1.0	1.00	—					
Madera, artículos de, impregnación	3.000	1.8	1.0	1.0	1.0	1.00	—					
Madera, artículos de, marquetería	500	1.3	1.2	1.0	1.0	1.45	—					
Madera, artículos de, pulimentado	200	1.0	1.2	1.0	1.0	1.20	—					
Madera, artículos de, secado	800	1.4	1.0	1.0	1.0	1.00	—					
Madera, artículos de, serrado	400	1.2	1.2	1.0	1.0	1.00	—					
Madera, artículos de, tallado	600	1.3	1.2	1.0	1.0	1.20	—					
Madera, artículos de, torneado	500	1.3	1.2	1.0	1.0	1.20	—					
Madera, artículos de, troquelado	700	1.4	1.2	1.0	1.0	1.20	—					
Madera, mezclada o variada	800	1.4	1.2	1.0	1.0	1.20	—	4.200	1.2	1.0	1.0	0.85

Elaborador por: *CEPREVEN (Centro Nacional de Prevención de Daños y Pérdidas).*

Combustibilidad "c"; peligro de formación de humos "r" y peligro de corrosión "k"

Primero, se determina el material combustible predominante en las instalaciones del edificio. En este caso, madera, ya que en la mayoría de las áreas del edificio se hallaron muebles como mesas, sillas, escritorios y archivadores. Por lo tanto, se concluye que la madera es el material mobiliario más presente en el interior del edificio.

El factor "c" mide la inflamabilidad y la velocidad de combustión de los materiales.

El factor "r" hace referencia a los materiales que arden generando humo denso.

El factor "k" indica los materiales que, al arder, producen grandes cantidades de gases tóxicos o corrosivos.

Una vez identificado la madera como material predominante al interior del edificio se ha asignado para cada factor los siguientes valores:

Tabla 14: *Valores de los factores "c", "r" y "k"*

c.- Combustibilidad	1,20
r.- Peligro de formación de humos	1,00
k.- Peligro corrosión, combustión/toxicidad	1,00

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Peligros inherentes al contenido de la edificación

Carga térmica inmobiliaria "i"

Se consideran los elementos estructurales del edificio, como los pisos, techos, paredes y fachadas, evaluando la resistencia y composición de cada uno, ya que estos factores influyen directamente en la propagación o contención de un incendio.

Para un mejor entendimiento de cada una de las áreas se elabora el siguiente cuadro mismo que desglosa los materiales del edificio:

Tabla 15: *Estructura y fachada*

INFORMACIÓN DE MATERIAL DEL EDIFICIO						
PISO	**INFRAESTRUCTURA**					
	ÁREA	**Material de estructura**	**Material de fachada y tejado**	**Material de puertas**	**Material de techos**	**Material de pisos**
1	Coordinación idiomas	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica
	Sala de profesores Comunicación	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica
	Laboratorio televisión	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica
	Laboratorio radio	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica
	Aulas	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica
	Bogada	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica
2	Aulas	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica
	Bodegas	Hormigón	Hormigón	Madera	Gypsum	Cerámica
3	Aulas	Hormigón	Galvalumen	Madera	Gypsum	Cerámica
	Laboratorio	Hormigón	Galvalumen	Madera	Gypsum	Cerámica

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

El coeficiente “i”, representa la carga térmica inmobiliaria del edificio de Idiomas, se determina utilizando los valores proporcionados en la tabla de carga de incendio mobiliaria de AEA/SPI.

Tabla 16: *Valor del coeficiente "i"*

Elementos de fachadas, tejados / Estructura portante		Hormigón Ladrillos Metal	Componentes de fachadas multicapas con capas exteriores incombustibles	Maderas Materias sintéticas
		Incombustible	Combustible protegida	Combustible
Hormigón, ladrillo, acero, otros metales	Incombustible	1,0	1,05	1,1
Construcción en madera: - Revestida - Contrachapada* - Maciza*	Combustible Protegida Combustible	1,1	1,15	1,2
Construcción en madera: - Ligera	Combustible	1,2	1,25	1,3

Elaborado por: *CEPREVEN*

En la mayoría de las áreas, las fachadas y techos son de hormigón (incombustible), manteniendo el factor en 1.0

Nivel de planta o altura del local "e"

Se determina el número de plantas del edificio y las posibles dificultades que podrían presentar los habitantes, así como los organismos de respuesta al momento de la presencia de un evento peligroso.

El edificio de idiomas tiene 3 plantas, para el factor se toma en cuenta los valores de la Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos, que son los siguientes:

Tabla 17: *Valores del factor "c"*

EDIFICIOS DE VARIAS PLANTAS		
Planta	E° Cota de la planta Respecto a la Rasante	*E*
Planta 11 y superiores	≤ 34 m	2,00
Plantas 8, 9 y 10	≤ 25 m	1,90
Planta 7	≤ 22 m	1,85
Planta 6	≤ 19 m	1,80
Planta 5	≤ 16 m	1,75
Planta 4	≤ 13 m	1,65
Planta 3	≤ 10 m	1,50
Planta 2	≤ 7 m	1,30
Planta 1	≤ 4 m	1,00
Planta baja		1,00

Elaborado por: *CEPREVEN*

Como se muestra en la tabla para el edificio se determina un valor de **1.50**

Superficie de los compartimentos cortafuego "g"

El factor cuantifica la probabilidad de que un incendio se propague de manera horizontal. A mayor tamaño del área, más difícil será controlar la propagación. De acuerdo con la tabla propuesta por la Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos, para una relación de 2:1 y un área de 2114 m², el factor dimensional correspondiente es 0,4.

Figura 51: *Tamaño del compartimiento cortafuego*

TAMAÑO DEL COMPARTIMENTO CORTAFUEGO

l:b Relación longitud/anchura del compartimento cortafuego								Factor Dimensional
8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	g
800	770	730	680	630	580	500	400	0,4
1200	1150	1090	1030	950	870	760	600	0,5
1600	1530	1450	1370	1270	1150	1010	800	0,6
2000	1900	1800	1700	1600	1450	1250	1000	0,8
2400	2300	2200	2050	1900	1750	1500	1200	1,0
4000	3800	3600	3400	3200	2900	2500	2000	1,2
6000	5700	5500	5100	4800	4300	3800	3000	1,4
8000	7700	7300	6800	6300	5800	5000	4000	1,6
10000	9600	9100	8500	7900	7200	6300	5000	1,8
12000	11500	10900	10300	9500	8700	7600	6000	2,0

Elaborado por: *CEPREVEN*

Factores de protección: se refiere a las medidas implementadas en un edificio para prevenir, detectar, controlar y mitigar los efectos de un incendio, protegiendo a las personas, los bienes y la estructura.

Tabla 18: *Medidas normales de protección*

MEDIDAS NORMALES DE PROTECCIÓN	n1.- Extintores portátiles
	n2.- Hidrantes interiores: BIEs (Bocas de Incendio Equipadas)
	n3.- Fuentes agua
	n4.- Conducción de agua
	n5.- Personal instruido en materia de extinción de incendios

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Extintores portátiles “n1”

Para determinar si la cantidad de extintores es suficiente en un área específica, se sigue la normativa legal vigente en Ecuador, que establece que debe haber un extintor de 10 libras por cada 100 m² de área, con una distancia máxima de recorrido de 15 metros.

La Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos proporciona una tabla en la que, si los extintores son adecuados según el área, se asigna un factor de 1.00. De lo contrario, si no son suficientes, el factor se ajusta a 0.90.

Se evidencia la presencia de 2 extintores de 10lbras de PQS, caducados en el 2018, ubicados en un mueble con candado en el área de coordinación de Idiomas, por lo que al factor se lo cuantifica con un valor de 0.90

Tabla 19: *Extintores portátiles*

	MEDIDAS NORMALES	n
n_1	*Extintores portátiles según RT2-EXT*	
	Suficientes	1,00
	Insuficientes o inexistentes	0,90

Elaborado por: *CEPREVEN*

Hidrantes interiores – BIE (Bocas de incendio equipadas) “n2”

El factor se refiere al sistema hídrico como las bocas de incendio equipadas que debería contar la edificación para controlar un posible incendio.

El edificio no cuenta con esas bocas de incendio por tal razón y en función a la tabla asignaremos un valor de 0.80.

Tabla 20: *Bocas de incendios equipadas*

n_2	*Hidrantes interiores (BIE) Según RT2-BIE*	
	Suficientes	1,00
	Insuficientes o inexistentes	0,80

Elaborado por: *CEPREVEN*

Fuentes de agua "n3"

Este factor mide la fiabilidad de la presión en las bocas de incendios y la disponibilidad de una reserva de agua para el sistema hídrico. Dado que el edificio no cuenta con una reserva de agua ni bocas de incendios, se asigna el valor más bajo proporcionado por la tabla, que es 0.50.

Tabla 21: *Reserva de agua*

	Fiabilidad de la aportación de agua	*Reserva de agua***		
	Condiciones mínimas de caudal*			
	Riesgo alto / más de 3.600 l/min.	min. 240 m^3		
	Riesgo medio / más de 1.800 l/min.	min. 480 m^3		
	Riesgo bajo / más de 900 l/min.	min. 120 m^3		
		Presión – Hidrante		
		< 2 bar	> 2 bar	> 4 bar
n_3	Depósito elevado con reserva de agua para extinción o bombeo de aguas subterráneas, independiente de la red eléctrica, con depósito.	0,70	0,85	1,00
	Depósito elevado sin reserva de agua para extinción, con bombeo de aguas subterráneas, independiente de la red eléctrica.	0,65	0,75	0,90
	Bomba de capa subterránea independiente de la red, sin reserva.	0,60	0,70	0,85
	Bomba de capa subterránea dependiente de la red, sin reserva.	0,50	0,60	0,70
	Aguas naturales con sistema de impulsión.	0,50	0,55	0,60

Elaborado por: *CEPREVEN*

Conducción de agua "n4"

Se toma en cuenta la presencia de hidrantes exteriores y la distancia desde estos hasta el acceso principal de la edificación. En las proximidades de la Universidad Estatal de Bolívar no se han identificado hidrantes a menos 100 metros, por lo que se asignará un valor de 0.90.

Tabla 22: *Distancia desde el hidrante externo a la entrada principal del edificio*

	Longitud de la manguera de aportación de agua	
n_4	Long. del conducto < 70 m	1,00
	Long. del conducto 70 –100 m (Dist. entre el hidrante y la entrada al edificio)	0,95
	Long. Del conducto > 100 m	0,90

Elaborado por: *CEPREVEN*

Personal capacitado “n5”

Se refiere a la formación que han recibido los ocupantes de la institución en cuanto al manejo de extintores y bocas de incendios, además del conocimiento sobre el plan de emergencia y las responsabilidades de cada persona. Si la institución cuenta con personal capacitado y disponible, el valor para este factor será de 1.00; de lo contrario, será de 0.80.

En el caso del edificio de Idiomas, no se han encontrado registros de capacitaciones ni existe un plan de emergencia, por lo que se asignará un valor de 0.80.

Tabla 23: *Personal capacitado*

n5	***Personal instruido***	
	Disponible y formado	1,00
	Inexistente	0,80

Elaborado por: *CEPREVEN*

Medidas especiales de protección: son aquellas que detectan y contrarrestan el fuego de manera complementaria.

Tabla 24: *Medidas especiales de protección*

MEDIDAS ESPECIALES DE PROTECCIÓN	s1.- Detección fuego
	s2.- Transmisión alarmas
	s3.- Disponibilidad de bomberos
	s4.- Tiempo intervención del cuerpo de bomberos oficial
	s5.- Instalaciones de extinción
	s6.- Instalaciones de evacuación de calor y de humo

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Detección del fuego "s1"

Existen 3 alternativas las cuales son la vigilancia es decir el personal que se encuentra realizando rondas o controlando por dispositivos, la detección automática la cual debe estar monitoreada a un panel central y los rociadores automáticos que actúan al momento que el sensor detecte alguna temperatura elevada.

Para el edificio de idiomas en los 3 pisos y sus áreas no cuenta con un sistema similares a los mencionados, por lo que se asigna un valor de **1,00**

Tabla 25: *Medidas de detección*

MEDIDAS ESPECIALES					S
Detección	S_1	10	Detección del fuego		
		11	Vigilancia :	Al menos 2 rondas durante la noche, y los días festivos rondas cada 2 horas.	1,05 1,10
		12	Inst. detección:	Automática (según RT3-DET)	1,45
		13	Inst. rociadores:	Automática (según RT1-DET)	1,20

Elaborador por: *CEPREVEN*

Trasmisión de alarmas "s2"

Pueden darse mediante, 1) un puesto de control ocupado durante la noche por una persona con acceso a comunicación telefónica y registro de incidencias; 2) una alarma conectada a un panel central que transmita la señal mediante líneas telefónicas monitoreadas por personal especializado; 3) una alarma conectada al panel central que retransmita el evento a un puesto oficial de alarma contra incendios; y 4) una alarma que transmita directamente a un puesto oficial mediante una línea telefónica exclusiva, evitando interrupciones en la comunicación.

El edificio no cuenta con un sistema de transmisión de alarmas por la cual el coeficiente del factor es de **1,00**

Tabla 26: *Monitoreo del panel central.*

Transmisión de alarma	S_2	20	Transmisión de la alarma al puesto de alarma contra fuego.	
		21	Desde un puesto ocupado permanentemente (p.ej.:portería) y teléfono	1,05
		22	Desde un puesto ocupado permanentemente (de noche al menos 2 personas) y teléfono.	1,10
		23	Transmisión de la alarma automática por central de detección o de rociadores a puesto de alarma contra el fuego mediante un tele transmisor.	1,10
		24	Transmisión de la alarma automática por central de detección o sprinkler al puesto de alarma contra el fuego mediante línea telefónica vigilada permanentemente (línea reservada o TUS)	1,20

Elaborador por: *CEPREVEN*

Brigadistas "s3"

En este factor se analiza la formación de brigadas dentro del edificio capacitadas en el combate de incendios, lamentablemente en el caso del edificio de Idiomas no se dispone de brigadas que actúen en caso de presentarse un evento peligroso por lo que se pondera al factor con un valor de 1,00

Tabla 27: *Disponibilidad de brigadistas*

Intervención	S_3	30	Cuerpos de Bomberos oficiales (SP) y de empresa (SPE) Oficiales SP	SPE Nivel 1	SPE Nivel 2	SPE Nivel 3	SPE Nivel 4	Sin SPE
		31	Cuerpos SP	1,20	1,30	1,40	1,50	1,00
		32	SP+alarma simultánea	1,30	1,40	1,50	1,60	1,15
		33	SP+alarma simultánea+TP	1,40	1,50	1,60	1,70	1,30
		34	Centro B*	1,45	1,55	1,65	1,75	1,35
		35	Centro A*	1,50	1,60	1,70	1,80	1,40
		36	Centro A+ retén	1,55	1,65	1,75	1,85	1,45
		37	SP profesional	1,70	1,75	1,80	1,90	1,60

Elaborador por: *CEPREVEN*

Tiempo de intervención del cuerpo de bomberos "s4"

Para este factor se consideran dos variables; el tiempo de llegada del cuerpo de bomberos de la estación más cercana, considerando las rutas y el tráfico; y la distancia entre el edificio y la estación de bomberos.

El edificio de Idiomas se encuentra Campus Matriz: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira, mientras que la estación de bomberos más cercana se encuentra en la Calle Espejo 112 y Coronel García, parque 9 de octubre.

Figura 52: *Distancia entre la estación de bomberos y el edificio*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

La distancia entre la estación y el edificio es de unos 4 kilómetros y dadas las dificultades de tráfico, el tiempo que tarda el equipo de respuesta en llegar al edificio es de unos 11 minutos.

Considerando que el tiempo de respuesta es inferior a 15 min y la distancia es de 5 km, según la tabla asignaremos un calor de **1,00**

Tabla 28: *Tiempo de reacción y proximidad de la estación de bomberos más cercana*

			Escalones de intervención de los cuerpos locales de bomberos	
			Escalón Tiempo/distanc.	Sin SPE
Escalones de intervención	S_4	41	E_1 < 15 min. < 5 Km.	1,00
		42	E_2 < 30 min. > 5 Km.	0,80
		43	E_3 > 30 min.	0,60

Elaborador por: *CEPREVEN*

Instalaciones de extinción "s5"

Determina la presencia de rociadores de agua, detectores de incendios que sofocan oportunamente un incendio. Como se menciona anteriormente el edificio de Idiomas carece de sistemas automáticos de detección y sofocación de incendios, por lo que en este factor de asigna un valor de **1,00**

Tabla 29: *Sistemas automáticos de protección contra incendios*

Instalación extinción	S_5	50	Instalaciones de extinción	
		51	Sprinkler cl. 1 (abastecimiento)	2,00
		52	Sprinkler cl. 2 (abastecimiento sencillo o superior) o inst. de agua pulverizada	1,70
		53	Protección automática de extinción por gas (protección de local), etc.	1,35

Elaborador por: *CEPREVEN*

Instalaciones de evacuación de calor y humo "s6"

Se considera las instalaciones que permiten evacuar el calor y humo a través de un sistema mecánico, sin embargo, la edificación no dispone de estos sistemas que permitan la ventilación, determinando un valor de **1,00.**

Tabla 30: *Instalación de evacuación de humo*

60	Instalación de evacuación de humos (ECF) (automática o manual)	1,20

Elaborador por: *CEPREVEN.*

Protección estructural: Se analiza el peligro de propagación ya sea de forma vertical u horizontal dependiendo de los materiales de la estructura.

Tabla 31: *Protección estructural*

PROTECCIÓN ESTRUCTURAL	f1.- Resistencia al fuego (Estructura portante del edificio)
	f2.- Resistencia al fuego (De las Fachadas del edificio)
	f3.- Resistencia al fuego. - Separación de las plantas (comunicación vertical.)
	f4.- Dimensiones Células Cortafuegos
	Superficies vidrio

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Estructura portante "f1"

Analizaremos el conjunto de elementos estructurales y la resistencia al fuego, es decir, el tiempo que el área puede someterse al fuego.

Como la estructura del edificio es de hormigón, la resistencia es alta por lo que en este factor se determina un valor de **1.30.**

Tabla 32: *Resistencia de la construccion*

MEDIDAS INHERENTES A LA CONSTRUCCION			
F		$F = f_1.f_2.f_3.f_4$	f
		Estructura portante (elementos portantes: paredes, dinteles, pilares)	
f_1	11	F90 y más	1,30
	12	F30 / F60	1,20
	13	< F30	1,00

Elaborador por: *CEPREVEN*

Fachadas del edificio "f2"

Se analiza la resistencia al fuego de los elementos de la fachada en minutos, tomando en cuenta la altura de los ventanales.

Las fachadas del edificio de idiomas están construidas con **hormigón**, que es incombustible; con revestimientos o ventanas, puede reducirse ligeramente dando un valor estimado de **90 minutos,** entregando un valor de **1,15**

Tabla 33: *Resistencia de los elementos de la fachada*

		Fachadas	
		Altura de las ventanas ≤ 2/3 de la altura de la planta	
f_2	21	F90 y más	1,15
	22	F30 / F60	1,10
	23	< F30	1,00

Elaborador por: *CEPREVEN*

Separaciones entre plantas "f3"

Se toma en cuenta las partes del techo que tienen menor resistencia, las gradas, accesos protegidos y la cantidad de pisos de la edificación.

El edificio de Idiomas es clasificado como TIPO V, ya que se trata de una construcción de gran volumen, cuyas conexiones verticales están completamente abiertas. Los techos falsos pueden crear un espacio oculto que facilite la propagación de fuego y humo, por lo que podría considerarse **60-90 minutos**, asignando un valor de 1,00

Tabla 34: *Resistencia al fuego, separación entre plantas*

		Suelos y Techos Separación horizontal entre niveles	Número de pisos	Aberturas verticales Z+G Ninguna u obturada	V Protegida	V No protegidas
F3	31	F90	<=2	1,20	1,10	1,00
			>2	1,30	1,15	1,00
	32	F90/F60	<=2	1,15	1,05	1,00
			>2	1,20	1,10	1,00
	33	<F30	<=2	1,05	1,00	1,00
			>2	1,10	1,05	1,00

Elaborador por: *CEPREVEN*

Superficie de las células cortafuegos "f4"

Se toma en cuenta la distribución interna del edificio y la resistencia al fuego de los elementos que separan las conexiones verticales, como los tabiques o puertas.

El edificio de Idiomas compuesto por tres plantas no tiene tabiques o puertas cortafuegos, se le asigna un valor de **1,00**

Tabla 35: *Dimensiones de las células cortafuegos*

		Superficie de células Cortafuegos provistas de tabiques F30 puertas cortaf. T30. Relación de las superficies AF/AZ.	≤10%	<10%	<5%
F_4	41	AZ< 50 m^2	1,40	1,30	1,20
	42	AZ< 100 m^2	1,30	1,20	1,10
	43	AZ≤ 200 m^2	1,20	1,10	1,00

Elaborador por: *CEPREVEN*

Peligro de activación "A"

Se evalúan las posibles fuentes de iniciación que la energía calórica puede permitir para que se materialice un proceso de combustión, esta depende de los factores del edificio por ejemplo mecánicos, eléctricos o químicos; o aquellas que pueden ser originadas por el hombre como la falta de orden, limpieza o mantenimiento. Para cuantificar el peligro necesitamos conocer la relación entre activación y factor que se expresa en la siguiente tabla:

Tabla 36: *Factor "A"*

FACTOR A	PELIGRO DE ACTIVACION
0,85	Débil
1,00	Normal
1,20	Medio
1,45	Alto
1,80	Muy elevado

Elaborador por: *CEPREVEN*

En el edificio, el nivel de peligro de activación puede clasificarse como medio, basado en los materiales parcialmente combustibles (Gypsum y madera), el uso de equipos electrónicos en laboratorios y la falta de medidas de protección contra incendios. Asignándole un valor de **1.20**

Riesgo de incendio efectivo "R"

Se determina mediante algunas características del edificio, y se calcula multiplicando los factores de exposición al riesgo (2,96) por el peligro de activación (1,2), lo que da como resultado un valor de 3,56.

Riesgo de incendio aceptado "Ru"

El riesgo normal de incendio (Rn), según el método, tiene un valor de **1.3,** el cual representa el nivel de riesgo base, asociado a la naturaleza y uso del edificio.

El factor PH, E, el cual se calcula en función del tipo de ocupación, el número de personas presentes y la facilidad de evacuación.

En el caso del edificio de Idiomas, se clasifica como una construcción P:1, ya que corresponde a una escuela y es un establecimiento de concurrencia pública. Caracterizándose dentro del rango de peligro normal para las personas, ya que el flujo de estudiantes y personal es moderado. Por ello, el valor de PH, E asignado es igual a 1.00.

Para determinar el riesgo de incendio aceptado (Ru), se aplica la fórmula:

$$Ru = Rn \times PH, E$$

Asumiendo los valores, se obtiene:

$$Ru = 1.3 \times 1.00 = \mathbf{1.30}$$

Comprobación de la seguridad del edificio.

Para determinar si el riesgo es aceptable o no en el edificio, comparamos el resultado obtenido al dividir el riesgo aceptado (1,3) entre el riesgo de incendio efectivo (3,56), lo que nos da un valor de 0,37.

El riesgo se considera aceptable si el valor obtenido es superior a uno, lo que indica que las medidas de seguridad implementadas cumplen con los objetivos de protección. Si el valor es inferior a uno, se deben implementar medidas adicionales para reducir el riesgo. En este caso, el valor es menor a uno, por lo que podemos concluir que la seguridad contra incendios en el edificio de Idiomas no es aceptable, debido a la presencia de materiales combustibles y la falta de medidas adecuadas de extinción y

protección contra incendios, aunque no se deben a la existencia de elementos que generen ignición.

Tabla 37: *Matriz de Gretener*

MATRIZ GRETENER		**Centro de trabajo:** Edificio de Idiomas de la UEB		
Tipo edificio		V		
Actividad		Administrativo y educativo		
DESCRIPCIÓN: B= [P] ÷ [N x S x F]		**ÁREA/PISO:**		Primer piso
				Segundo piso
				Tercer piso
RIESGO POTENCIAL PRESENTE	q.- Carga térmica mobiliaria [MJ/m2]	Qm	INHERENTES AL MOBILIARIO DEL EDIFICIO	1,30
	c.- Combustibilidad	Fe		1,60
	r.- Peligro de formación de humos	Fu		1,20
	k.- Peligro corrosión, combustión/toxicidad	Co/Tx		1,00
	i.- Carga térmica inmobiliaria	Qi	INHERENTES AL EDIFICIO	1,00
	e.- Nivel de planta o altura del local	E, H		1,50
	g.- Superficie de los compartimentos cortafuego Relación largo/ancho	AB 1: b		
	PELIGRO POTENCIAL [P]			**1,50**
MEDIDAS NORMALES DE PROTECCIÓN	n1.- Extintores portátiles			0,90
	n2.- Hidrantes interiores: BIEs (Bocas de Incendio Equipadas)			0,80
	n3.- Fuentes agua			0,50
	n4.- Conducción de agua			0,90
	n5.- Personal instruido en materia de extinción de incendios			0,80
	MEDIDAS NORMALES [N]			**0,26**
MEDIDAS ESPECIALES DE PROTECCIÓN	s1.- Detección fuego			1,00
	s2.- Transmisión alarmas			1,00
	s3.- Disponibilidad de bomberos			1,00
	s4.- Tiempo intervención del cuerpo de bomberos oficial			1,00
	s5.- Instalaciones de extinción			1,00

	s6.- Instalaciones de evacuación de calor y de humo			1,00
	MEDIDAS ESPECIALES [S]			**1,00**
PROTECCIÓN ESTRUCTURAL	f1.- Resistencia al fuego (Estructura portante del edificio)		F =	**1,30**
	f2.- Resistencia al fuego (De las Fachadas del edificio)		F =	**1,50**
	f3.- Resistencia al fu. -o.- Separaciones entre plantas teniendo en cuenta las comunicaciones verticales		F =	**1,00**
	f4.- Dimensiones Células Cortafuegos	AZ =	NO	**1,00**
	Superficies vidrio =	AF/AZ		
	MEDIDAS CONSTRUCTIVAS [F]			**1,95**
FUNDAMENTO METODOLÓGICO	**EXPOSICIÓN AL RIESGO [B]**			**2,96**
	PELIGRO DE ACTIVACIÓN [A]			**1,20**
	RIESGO DE INCENDIO EFECTIVO [R]			**3,56**
CRITERIO DE VALORACIÓN: Ru. Riesgo Incendio Aceptado Rn = 1.3. Riesgo Incendio Normal PH. Situación de peligro personas **Ru = Rn x PH**	PH: Situación de peligro de las personas=			1,00
	Ru =			1,30
	SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS [γ = Ru/R]			**0,37**
	NO ACEPTABLE			

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

4.3. Resultados según el objetivo 3

"Proponer medidas de reducción de riesgos de la vulnerabilidad encontrada ante sismos e incendios."

Una vez evaluada la vulnerabilidad del edificio, ante la amenaza de sismos e incendios se propone las siguientes medidas de reducción con el fin de minimizar el riesgo, al ser una institución publica el encargado de implementar las medidas es la misma Institución en coordinación con el departamento de Servicios institucionales.

- Instalar señalización de seguridad que indique claramente las rutas de evacuación y la dirección hacia las salidas, de acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN – ISO 3864-1: 2013
- Utilizar luces de emergencia que indiquen las rutas de evacuación en caso de cortes de suministros de luz.
- Establecer un plan de emergencia mediante el cual se determinen las medidas a tomar.
- Capacitar al personal en temas de sismos e incendios, conformar brigadas de emergencia de acuerdo con los planes establecidos según las normas.
- Realizar simulacros periódicos para evaluar los tiempos de respuesta y las acciones a tomar por parte del personal, optimizando los recursos y protegiendo la seguridad de las personas.
- Mantener el orden y la limpieza en todas las áreas del edificio, especialmente en aulas con mesas y sillas, para evitar obstrucciones y garantizar una evacuación segura en caso de emergencia.

4.3.1. Sismos

Al establecer la vulnerabilidad del edificio de idiomas, mediante el programa CYPECAD se propone las siguientes medidas.

- Intervenir estructuralmente la edificación ya sea en paredes u otros elementos, rigidizando la estructura.
- Revisar frecuentemente la estructura para detectar a tiempo posible desgaste o condiciones que incrementen el riesgo funcional del edificio.
- Al comprobar que algunos elementos de la cubierta exceden el 100% de la resistencia de sus esfuerzos se recomienda reforzar los elementos que están fallando.
- Realizar mantenimiento a la cubierta para evitar la corrosión y el hundimiento de las uniones, además de mantener los sistemas de drenaje en buen estado para prevenir la acumulación de agua lluvia o granizo que pueda causar fallas.

4.3.2. Incendios

Una vez evaluada y determinado que el riesgo de incendios en el edificio no es aceptable, mediante la metodología de Gretener, se plantean las siguientes medidas no estructurales ante la amenaza.

- Adquirir extintores portátiles, sistemas de detección y trasmisión de alarmas automática para evitar que estos lleguen a mayores proporciones que afecten la integridad de las personas y su entorno.
- Establecer sistemas automáticos de protección contra incendios como sprinkler cl.2, con el fin de reducir las consecuencias de un incendio.
- Formar y capacitar brigadistas en temas de detección y extinción oportuno de incendios.
- Evitar realizar conexiones o adaptaciones eléctricas incorrectas en los laboratorios, ya que podrían generar chispas y ocasionar un incendio
- Solucionar los problemas de humedad, organizar, proteger el cableado, y revisar el funcionamiento adecuado de las cajas eléctricas para reducir el riesgo de incendios.

Si se aplican las medidas propuestas se puede decir que el riesgo de incendios se vuelve aceptable con una valoración 1,40

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES

5.1. El edificio de Idiomas de la Universidad Estatal de Bolívar presenta una estructura de hormigón armado diseñada para cumplir con normativas como el CEC-2000 y ACI. Los elementos estructurales, incluidos los diafragmas estratégicamente ubicados, juegan un papel crucial en la distribución uniforme de las cargas.

5.2. La resistencia al fuego de los elementos estructurales es limitada debido a la falta de elementos cortafuegos y la ausencia de sistemas de detección y extinción de incendios, rutas de evacuación señalizadas e iluminación de emergencia, incrementa el riesgo en eventos peligrosos. La falta de un plan de emergencias y la carencia de simulacros periódicos también exponen a los habitantes a mayores consecuencias en un incendio.

5.3. CYPECAD analiza la acción sísmica mediante una serie de pasos que incluyen la introducción de los elementos estructurales. El análisis modal muestra que el modo 1 representa un movimiento predominantemente traslacional en la dirección X, con un total de 90.03% de la masa modal en dicho eje, con coeficientes Lx = 0.6673 y Laz = 0.7447 que indican una respuesta mayormente lineal con una leve torsión y en el segundo modo aunque el valor de torsión es de 1, la cantidad de masa desplazada es escasa con 0.61 % en X y 0.75 % en Y, lo que indica que este modo no contribuye al movimiento del edificio. El periodo de vibración del suelo coincide con el periodo de vibración de la estructura y el desplome de los pilares cumplen con la deriva del valor mínimo que es 1/50. El uso del CYPE 3D permite modelar la estructura metálica del

edificio aplicando la NEC 2014, ingresando datos de perfiles, cargas vivas y muertas, así como granizo y viento; el cálculo de la resistencia de los elementos estructurales determina que existen problemas con la resistencia en la mayoría de las vigas y correas, por consiguiente, se puede decir que la vulnerabilidad del edificio ante sismos es media.

5.4. Mediante del método Gretener se determina que la seguridad contra incendios del edificio de Idiomas es de 0,37 valor que se encuentra bajo el permisible por el método que es de 1, debido a que las medidas normales y especiales de protección que cuenta el edificio son escasas y se convierten en el factor influyente de la propagación de un incendio debido a la presencia de gran material combustible, con lo mencionado anteriormente se puede determinar que el edificio tiene una vulnerabilidad media ante incendios, ya que no tiene presencia de elementos que puedan ocasionar un incendio.

5.5. Las medidas de reducción frente a sismos están diseñadas para mitigar los posibles efectos de un evento sísmico y los problemas de resistencia en la cubierta, que afectan principalmente a las vigas y correas.

5.6. Al implementar medidas y acciones que contribuyan a la prevención del riesgo de incendio y al ser ponderadas nuevamente por el método da un valor de 1,40 (Anexo 17) garantizando la seguridad contra incendios del edificio.

RECOMENDACIONES

- Actualizar los planos estructurales y arquitectónicos As-Built de los edificios de la Universidad Estatal de Bolívar, para que reflejen fielmente las condiciones actuales de las edificaciones.
- Emplear equipos funcionales y calibrarlos de manera periódica, garantizando la fiabilidad y precisión de los ensayos.
- Revisar los sistemas de drenaje subterráneo del edificio, diseñar e implementar un plan de mantenimiento regular para evitar acumulaciones de agua, verificar las conexiones, identificando obstrucciones, deterioros o fugas, que previene problemas estructurales.
- Aplicar las medidas de mitigación propuestas para reducir la vulnerabilidad estructural, garantizando la seguridad de los ocupantes, la conservación del edificio y el cumplimiento de las normativas vigentes, con el objetivo de crear un entorno académico más seguro y resiliente.
- Fortalecer la prevención y protección contra incendios mediante la implementación de estrategias específicas, como sistemas de detección y extinción adecuados, rutas de evacuación eficientes y capacitación del personal.

BIBLIOGRAFÍA

Amangandi, K., Yasuma, E., & Barragán, G. (2018). Análisis de riesgos ante eventos sísmicos en las edificaciones de la provincia de Santa Fe, cantón Guaranda, provincia Bolívar, Ecuador. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, I*V (*3), 50-88.

Almeida, S. (2015). *Evaluación de riesgo de incendio a traves del metogo Gretener y una propuesta de medidas de control que minimicen el riesgo para la Empresa Meneses e Hijos CIA. LTDA.* Trabajo de investigación.

A2J Extintores Guadalajara. (2023). *Evaluación de riesgos de incendio en edificios*. Recuperado de https://extintoresguadalajara.com/evaluacion-de-riesgos-de-incendio-en-edificios/

Bunge, M. (1985). "La investigación científica: su estrategia y su filosofía".

Camargo Vega, G. R., Guevara Rizo, L. A., & Martínez Rojas, S. M. (2023). Utilización del software cypecad en el análisis y diseño de un edificio de ocho pisos en concreto reforzado ubicado en Bucaramanga.

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

Corte Constitucional del Ecuador. (2019). Actualización de la Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo NEC-HS-CI: Contra Incendios. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 26 de mayo de 2021, de https://www.ecp.ec/wpcontent/uploads/2020/07/070_29-cm-Transitoria-NEC-HS-INCENDIOS.pdf

Echevarría, A., Figueras, S., Goula, X., Irizarry, J., Jara, J. A., Martín, C., Negulescu, C., Olivier, D., Raucoules, D., Trapero, L., & Welemane, H. (2022). *Guía para*

la evaluación de la vulnerabilidad sísmica. POCRISC. Recuperado de https://pocrisc.eu/sites/default/files/documents/E4_2_1_GUIA_EVAL_VULN_2022_03_24.pdf

Escobar, K. M., & Andrade Lara, J. P. (2019). *Modelamiento informático del comportamiento de la estructura del Edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar ante amenaza sísmica* (Bachelor's tesis, Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano. Carrera de Gestión del Riesgo).

ETSAC. (2015). Obtenido de https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Investigacion/Terremotos/QUE_ES.htm

Falconí, D. I. (2008). ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICIOS. Quito (Ecuador): Centro de Investigaciones Científicas.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). "Metodología de la investigación".

GEOGRAPHIC, N. (2012). PLACAS TECTÓNICAS. NATIONAL GEOGRAPHIC, 1.

Giménez, A., Olavarrieta, M. A., Acero, A., Chong, J., Ramones, K., & Reinoza, L. (2020).

Estudio de la vulnerabilidad sísmica cualitativa en edificaciones e instituciones

escolares de concreto armado del estado Falcón. Revista Gaceta Técnica, 21(1), 64-75.

Guillermo Huamani, J. O. (2019). Modelamiento y análisis estructural del hospital challhuahuacho, bloque “A” mediante el software CYPECAD.

INSTITUTO ECUATORIANA DE NORMALIZACIÓN. (2009). Extintores Portátiles y Estacionarios Contra Incendios. Definiciones y Clasificación. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 27 de mayo de 2021, de https://www.trabajo.gob.ec/wpcontent/uploads/2012/10/NTE-INEN-731-EXTINTORES-PORT%C3%81TILES-YESTACIONARIOS-CONTRA-INCENDIOS.-DEFINICIONES-YCLASIFICACI%C3%93N.pdf?x42051

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción: Contra Incendios (CI). Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 27 de mayo de 2021, de https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2018/02/NEC_HS_CI_CONTRAINCENDIOS.pdf

Ministerio de Inclusión Económica y Social. (2 de abril de 2009). https://www.ecp.ec. Recuperado el 20 de marzo de 2021, de https://www.ecp.ec/wpcontent/uploads/2017/10/AC_01257_Reglas_Prev.pdf

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

NEC. (2014c). NEC-SE-RE-RIESGO sísmico, evaluación, rehabilitación de estructuras. Norma Ecuatoriana de Construcción. https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec10.pdf

Pimienta, J. y De la Orden, A. (2017). Metodología de la Investigación. Ciudad de México: Pearson Educación

Secretaría de Gestión de Riesgo MIDUVI, SGR. (2016). Guía práctica para evaluación sísmica. Quito: Diseño, diagramación e impresión, imprenta activa.

Theurer, M. M., Velasco, G., Mora, C., Montenegro, M., & Cordova, J. (2017). Terremotos mayores a 6.5 en escala Richter ocurridos en Ecuador desde 1900 hasta 1970. Ingeniería, 21(2), https://www.redalyc.org/journal/467/46753192005/movil/

Raffino, M. E. (2020). "Escala de Richter". Argentina.

Secretaría de Gestión de Riesgo MIDUVI, SGR. (2016). Guía práctica para evaluación sísmica. Quito: Diseño, diagramación e impresión, imprenta activa.

ANEXOS

Anexo 1: *Esclerómetro*



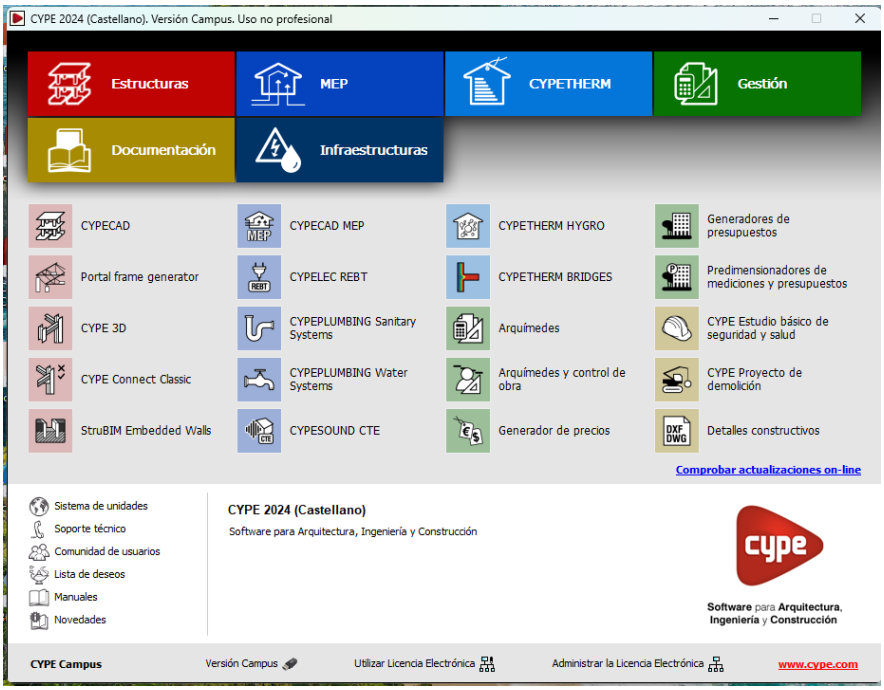
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 2: *Piedra abrasiva*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 3: *Programa CYPECAD 2024, versión Campus*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 4: *Preparación del elemento estructural para tener una superficie lisa con la piedra afiladora*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 5: *Trazado de la cuadrícula para realizar el Ensayo del Esclerómetro*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 6: *Toma de muestras del rebote de los Pilares con el Esclerómetro*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 7: *Toma de muestras del rebote de los Pilares con el Esclerómetro*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 8: *Toma de muestras del rebote del muro del ascensor con el Esclerómetro*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 20*

Anexo 9: *Toma de muestras del rebote de los diafragmas verticales con el Esclerómetro*



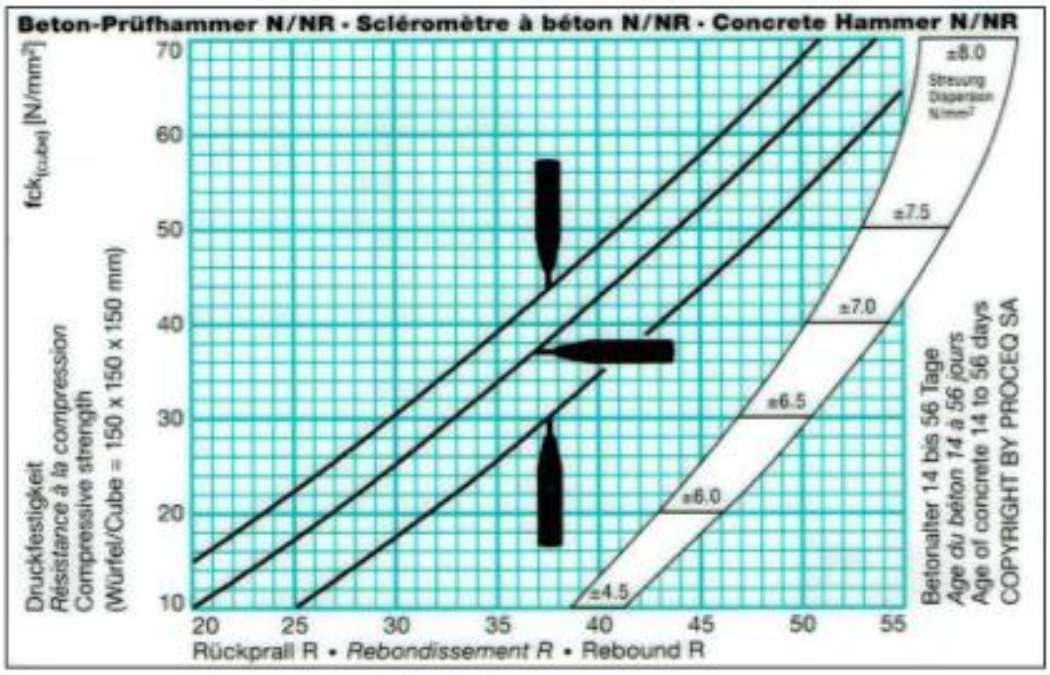
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 1*

Anexo 10: *Toma de muestras del rebote de las vigas con el Esclerómetro*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2*

Anexo 11: *Gráfica de la cuadrícula que se encuentra en el Esclerómetro:*



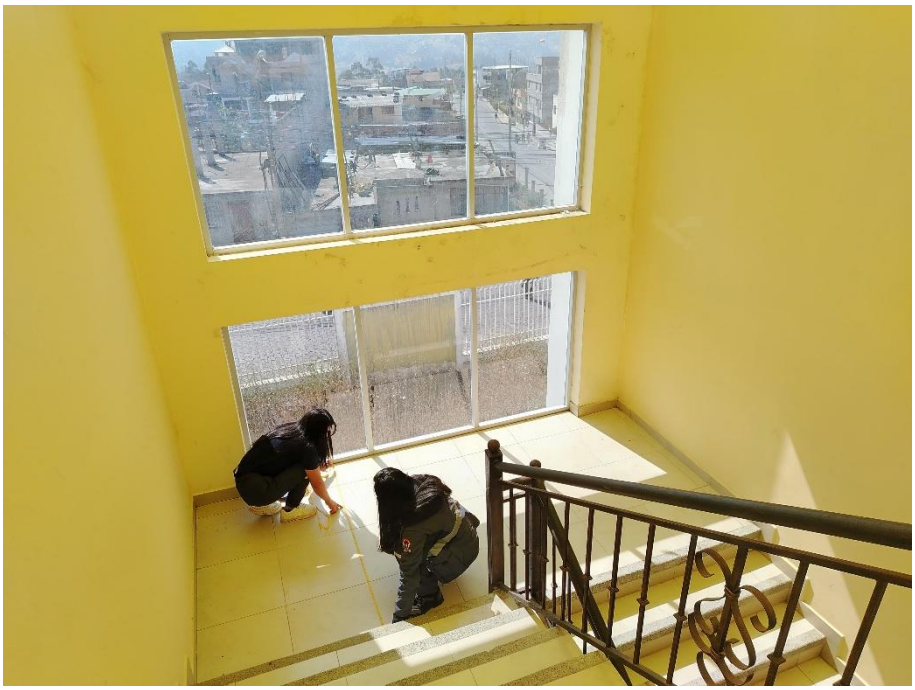
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 12: *Medición de los elementos estructurales del edificio de Idiomas*



Elaborado por*: Alcocer A. & Caluña D., 3*

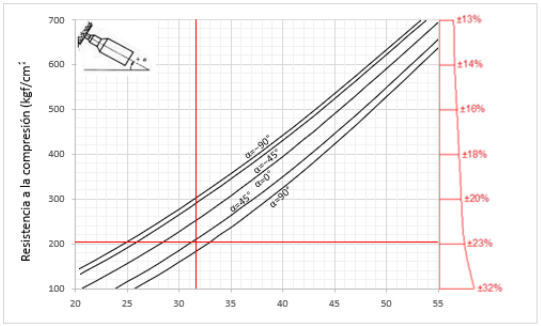
Anexo 13: *Medición de la escalera*

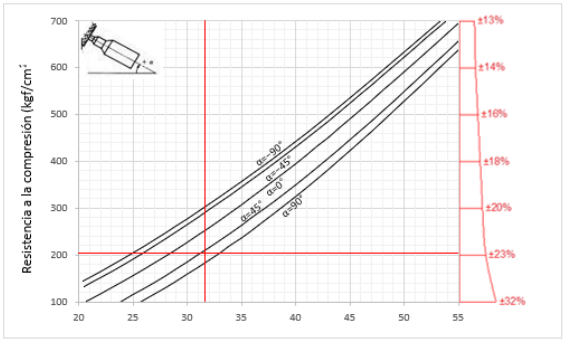
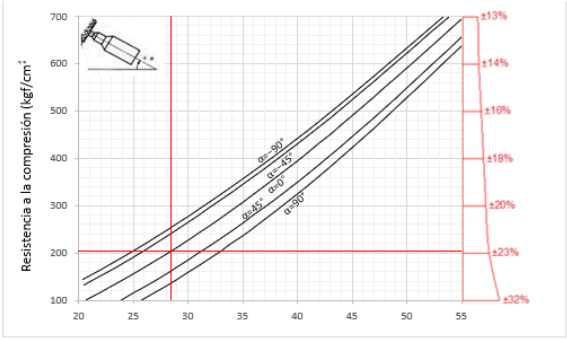


Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 4*

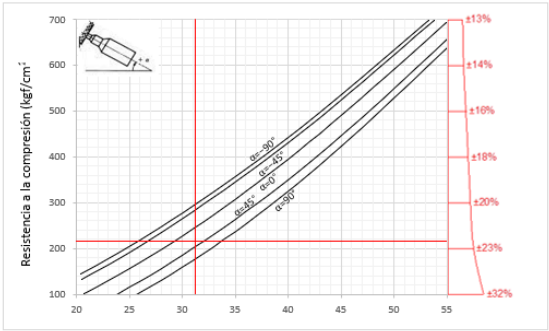
Anexo 14: *Ensayo del esclerómetro*

ENSAYO ESCLEROMETRO																		
Proyecto	ELABORACION DE ENSAYO DE ESCLEROMETRO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO																	
Solicita	Tesis																	
Equipo:	Esclerómetro, ZC3-A SERIE 1520																	
Norma AASHTO	C-39	**Fecha de ensayo**												23/10/2024				
Norma ASTM																		
Equipo																		
Datos de la Muestra																		
Código (Abs.)	**Elemento**	**Posición**	**TOMA**									**Lectura Promedio Índice de Rebote**	**Forma**	**F. Forma**	**F. carbonatación**	**RESISTENCIA Kg f/cm2**	**Resistencia corregida Kg f/cm2**	**VALOR PROMEDIO kg f /cm2**
E-5	3PISO, Columna 40*40	0	32	34	33	34	32	35	34	36	34	33,78	Rectangular	0,90	1,0	260,00	234,00	204,80
E-4	3PISO, CIRCULAR	0	35	30	34	31	28	30	28	31	31	30,89	CIRCULAR	0,85	1,0	220,00	187,00	
A-7	3PISO, Columna 40*40	0	29	30	31	29	30	30	33	34	32	30,89	Rectangular	0,90	1,0	220,00	198,00	
B-6	3PISO, Columna 40*40	0	32	32	35	32	33	28	33	30	31	31,78	Rectangular	0,90	1,0	230,00	207,00	
F-8	3PISO, Columna 40*40																	



LOSAS																	
LOSA 3	3PISO, LOSA	-90	28	24	22	22	22	20	20	22	22	22,44	PLANA	1,00	1,0	145,00	145,00	162,50
LOSA 1	1PISO, LOSA																	
																	
VIGAS																	
V7	3PISO, VIGA	-90	24	22	27	25	25	27	25	25	23	24,78	Rectangular	0,90	1,0	180,00	162,00	204,00
V17	3PISO, VIGA	-90	25	28	25	24	27	24	26	25	25	25,44	Rectangular	0,90	1,0	180,00	162,00	
V38	2PISO, VIGA																	
																	
MUROS																	

M1	3PISO, MURO	0	30	32	32	34	32	29	34	32	34	32,11	PLANA	1,00	1,0	230,00	230,00	
M2	3PISO, MURO	0	30	35	30	30	35	30	32	38	32	32,44	PLANA	1,00	1,0	230,00	230,00	215,00
MA 1	3PISO, MURO	0	32	31	28	30	27	30	31	31	28	29,78	PLANA	1,00	1,0	190,00	190,00	
MA 2	1PISO, MURO A																	



NOTA: Este método de ensayo no remplaza el método para aceptación o eliminación de Hormigón

Observaciones: Como observación algunas de las columnas ya presentan grietas en columna en la columna circular, también no se realizó análisis de carbonatación, sulfatación del hormigón.

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

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)

1.1. 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): E

Sistema estructural

$\mathbf{R_X}$: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)	$\mathbf{R_X}$:	*8.00*
$\mathbf{R_Y}$: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)	$\mathbf{R_Y}$:	*8.00*
Φ_P: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a)	Φ_P :	*1.00*
Φ_E: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)	Φ_E :	*1.00*

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): IV

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

h: Altura del edificio — **h** : *10.49* 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

Grados de libertad que intervienen en el análisis: No se han considerado las plantas bajo rasante en el modelo dinámico

Fracción de sobrecarga de uso	:	*0.00*
Factor multiplicador del espectro	:	*1.00*

Efectos de la componente sísmica vertical
No se consideran

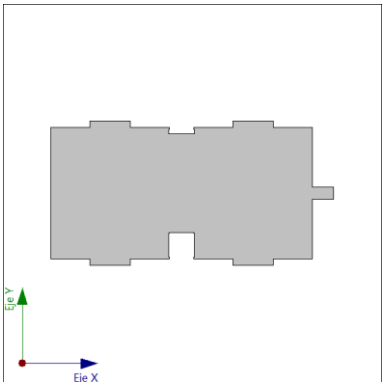
Verificación de la condición de cortante basal:
Según norma

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
Forjados primarios frente a la acción sísmica: 0.5
Pilares primarios frente a la acción sísmica: 0.8
Pantallas: 0.6
Muros: 0.6
Muros de fábrica: 0.5

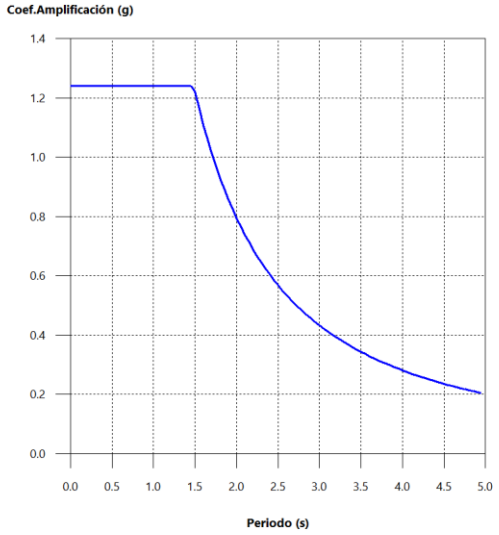
Direcciones de análisis
Acción sísmica según X
Acción sísmica según Y



Proyección en planta de la obra

1.2. Espectro de cálculo

1.2.1. Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.241 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)
Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV

η: Relación de amplificación espectral (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)
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 : *1.10*
F_d: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4) F_d : *1.65*
F_s: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5) F_s : *1.80*
Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E
Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): IV

I: Factor de importancia (NEC-SE-DS 2014, Tabla 6)
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)
Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E

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

1.2.2. Espectro de diseño de aceleraciones

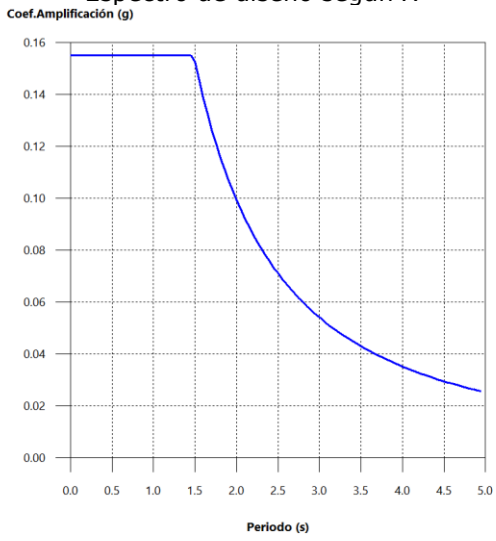
El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente ($R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E$) correspondiente a cada dirección de análisis.

Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad

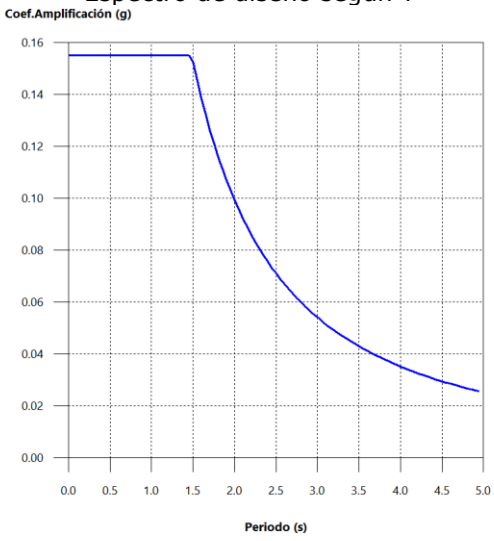
R_X: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)	**R_X :**	*8.00*
R_Y: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)	**R_Y :**	*8.00*
Φ_P: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a)	**Φ_P :**	*1.00*
Φ_E: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)	**Φ_E :**	*1.00*

NEC-SE-DS 2014 (6.3.2)

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



1.3. Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.456	0.6673	0.0046	0.7447	90.03 %	0 %	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 8.00619 mm	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 8.00619 mm
Modo 2	0.416	0.0074	0.0066	1	0.61 %	0.75 %	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 6.66519 mm	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 6.66519 mm

Modo	T	L_x	L_y	L_{qz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 3	0.195	0.0002	0.4948	0.869	0 %	85.45 %	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 1.46207 mm	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 1.46207 mm
Modo 4	0.144	0.0133	0.0502	0.9987	0.17 %	2.42 %	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.79493 mm	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.79493 mm
Modo 5	0.136	0.3058	0.0263	0.9517	4.5 %	0.03 %	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.70814 mm	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.70814 mm
Modo 6	0.099	0.4447	0.1759	0.8782	3.2 %	0.5 %	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.37611 mm	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.37611 mm
Modo 7	0.095	0.168	0.1406	0.9757	1.37 %	0.96 %	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.34884 mm	R = 8 A = 1.522 m/s² D = 0.34884 mm
Total					99.88 %	90.11 %		

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.

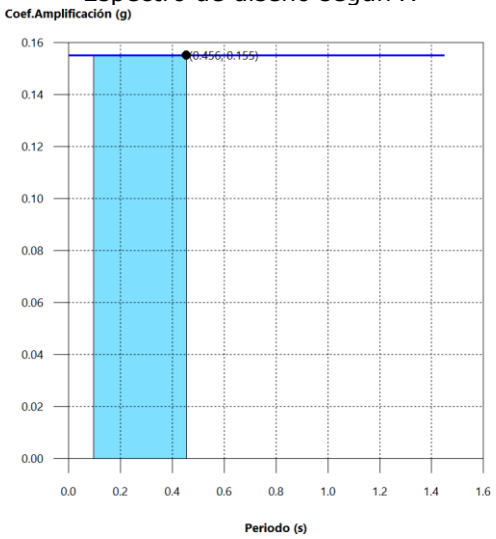
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

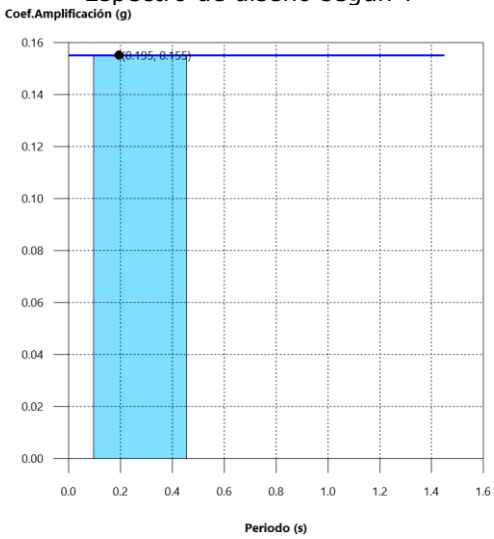
D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



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:

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.456	0.155

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 3	0.195	0.155

1.4. 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 +10.49m	(16.36, -9.93)	(21.57, -9.81)	-5.21	-0.12
Nivel +7.24m	(20.55, -9.95)	(21.63, -9.82)	-1.08	-0.13
Nivel +3.62m	(20.62, -9.90)	(21.63, -9.83)	-1.00	-0.07

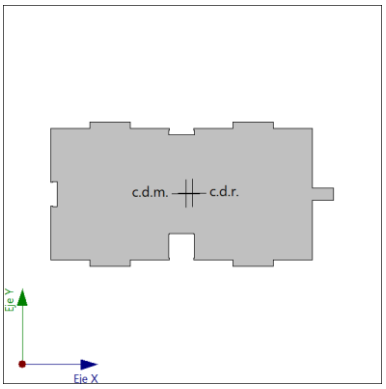
c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

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

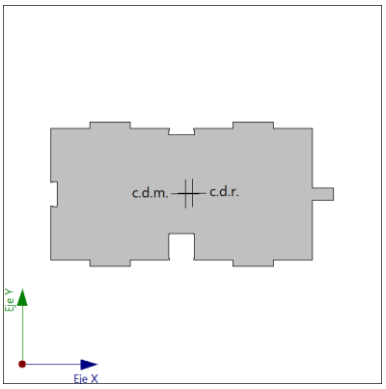
e_X: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

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

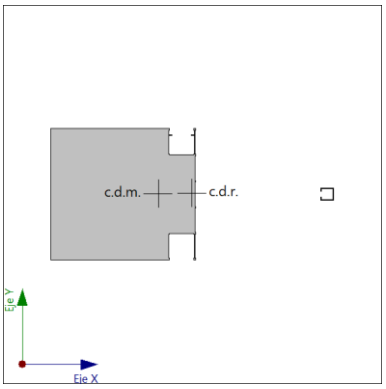
Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta



Nivel +3.62m



Nivel +7.24m



Nivel +10.49m

1.5. Corrección por cortante basal

1.5.1. 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.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_X (t)	$V_{d,X}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	193.8090	195.3075
	Modo 2	1.6301	
	Modo 3	0.0000	
	Modo 4	0.3628	
	Modo 5	9.6879	
	Modo 6	6.8964	
	Modo 7	2.9425	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_Y (t)	$V_{d,Y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	0.0090	184.6133
	Modo 2	1.6066	
	Modo 3	183.9193	
	Modo 4	5.2004	
	Modo 5	0.0719	
	Modo 6	1.0794	
	Modo 7	2.0589	

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

1.5.2. 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) — **$V_{S,X}$** : *216.8490* t

$S_{d,X}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X) — **$S_{d,X}(T_a)$** : *0.155* g

$T_{a,X}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a) — **$T_{a,X}$** : *0.32* s

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

h: Altura del edificio

$V_{S,Y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) — **$V_{S,Y}$** : *216.8490* t

$S_{d,Y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) — **$S_{d,Y}(T_a)$** : *0.155* g

$T_{a,Y}$: Periodo fundamental aproximado (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a) — **$T_{a,Y}$** : *0.32* s

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

h: Altura del edificio

W: Peso sísmico total de la estructura — **W** : *1397.6283* 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.

Planta	w_i (t)
Nivel +10.49m	95.0733
Nivel +7.24m	635.4779
Nivel +3.62m	667.0771
$W=\sum w_i$	**1397.6283**

1.5.3. 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)

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo		Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$	195.3075 t ≥ 173.4792 t	N.P.
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$	184.6133 t ≥ 173.4792 t	N.P.

$V_{d,X}$: 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
N.P.: No procede

1.6. 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.

1.6.1. 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

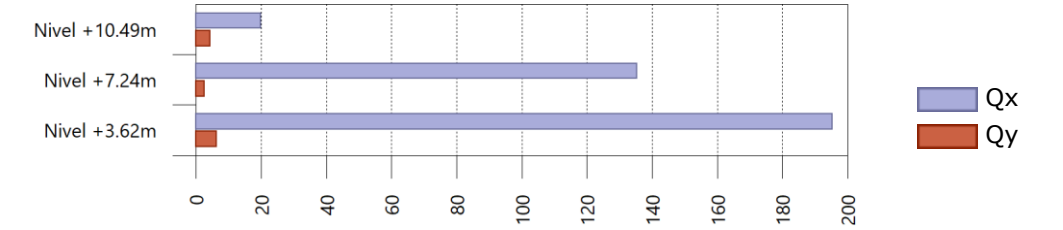
Planta	Q_X (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_Y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
Nivel +10.49m	19.7923	19.7923	4.3342	4.3342
Nivel +7.24m	135.2124	118.3691	2.4812	4.9720
Nivel +3.62m	195.3075	67.1311	6.2386	4.7391

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

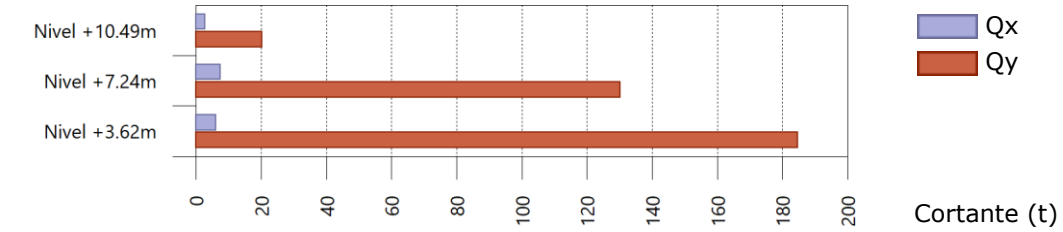
Planta	Q_X (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_Y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
Nivel +10.49m	2.6986	2.6986	20.2382	20.2382
Nivel +7.24m	7.3432	8.8221	130.1662	110.7796
Nivel +3.62m	6.1078	12.7014	184.6133	54.5016

Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1

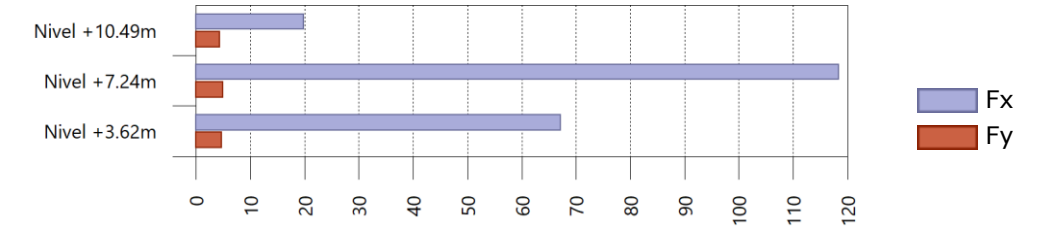


Hipótesis sísmica: Sismo Y1

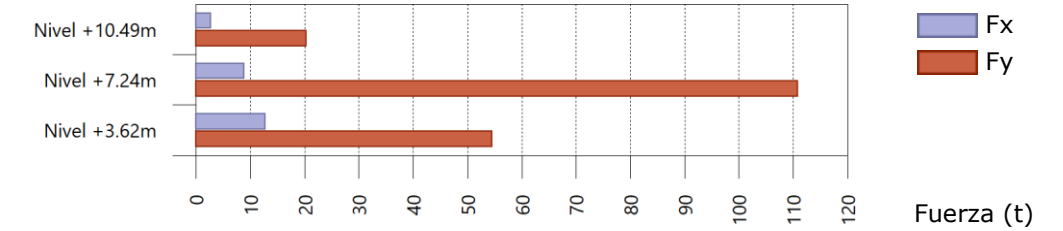


Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1



1.6.2. 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

Planta	$\%Q_X$		$\%Q_Y$	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Nivel +10.49m	88.98	11.02	57.79	42.21
Nivel +7.24m	80.33	19.67	19.46	80.54
Nivel +3.62m	26.21	73.79	34.17	65.83

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	$\%Q_X$		$\%Q_Y$	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Nivel +10.49m	86.80	13.20	14.09	85.91
Nivel +7.24m	46.47	53.53	12.03	87.97
Nivel +3.62m	21.20	78.80	17.23	82.77

1.6.3. 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.

Hipótesis sísmica	$\%Q_X$		$\%Q_Y$	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Sismo X1	26.21	73.79	34.17	65.83
Sismo Y1	21.20	78.80	17.23	82.77

Fuente: *CYPECAD*

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 16: Informe de Distorsiones de pilares.

- h: Altura del nivel respecto al inmediato inferior

- Distorsión:
  - Absoluta: Diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior
  - Relativa: Relación entre la altura y la distorsión absoluta

- Origen:
  - G: Sólo gravitatorias
  - GV: Gravitatorias + viento

■ Nota:

Las diferentes normas suelen limitar el valor de la distorsión relativa entre plantas y de la distorsión total (desplome) del edificio.

El valor absoluto se utilizará para definir las juntas sísmicas. El valor relativo suele limitarse en función de la altura de la planta 'h'. Se comprueba el valor 'Total' tomando en ese caso como valor de 'h' la altura total.

Situaciones sísmicas(1)									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
A1	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0146	h / 223	----	0.0094	h / 346	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0243	h / 149	----	0.0061	h / 594	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0282	h / 177	----	0.0076	h / 657	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0664	h / 179	----	0.0186	h / 638	----
A2	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0146	h / 223	----	0.0075	h / 434	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0243	h / 149	----	0.0055	h / 659	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0282	h / 177	----	0.0054	h / 925	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0664	h / 179	----	0.0165	h / 719	----
A3	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0146	h / 223	----	0.0057	h / 571	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0243	h / 149	----	0.0050	h / 724	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0282	h / 177	----	0.0043	h / 1161	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0664	h / 179	----	0.0147	h / 807	----
A4	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0146	h / 223	----	0.0040	h / 813	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0243	h / 149	----	0.0046	h / 787	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0282	h / 177	----	0.0047	h / 1062	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0664	h / 179	----	0.0132	h / 899	----
A5	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0202	h / 174	----	0.0032	h / 1094	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0243	h / 149	----	0.0045	h / 805	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0282	h / 177	----	0.0051	h / 979	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0724	h / 168	----	0.0127	h / 954	----
A6	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0102	h / 344	----	0.0032	h / 1094	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0243	h / 149	----	0.0044	h / 823	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0282	h / 177	----	0.0060	h / 832	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0625	h / 194	----	0.0134	h / 904	----
A7	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0106	h / 331	----	0.0033	h / 1061	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0243	h / 149	----	0.0045	h / 805	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0282	h / 177	----	0.0070	h / 713	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0629	h / 193	----	0.0144	h / 841	----
A8	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0156	h / 225	----	0.0033	h / 1061	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0243	h / 149	----	0.0048	h / 755	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0282	h / 177	----	0.0081	h / 617	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0680	h / 179	----	0.0154	h / 787	----

Situaciones sísmicas(1)									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
B1	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0146	h / 223	----	0.0094	h / 346	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0244	h / 149	----	0.0061	h / 594	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0285	h / 176	----	0.0076	h / 657	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0670	h / 178	----	0.0186	h / 638	----
B2	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0146	h / 223	----	0.0075	h / 434	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0244	h / 149	----	0.0055	h / 659	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0285	h / 176	----	0.0054	h / 925	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0670	h / 178	----	0.0165	h / 719	----
B3	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0146	h / 223	----	0.0057	h / 571	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0244	h / 149	----	0.0050	h / 724	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0285	h / 176	----	0.0043	h / 1161	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0670	h / 178	----	0.0147	h / 807	----
B4	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0146	h / 223	----	0.0040	h / 813	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0244	h / 149	----	0.0046	h / 787	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0285	h / 176	----	0.0047	h / 1062	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0670	h / 178	----	0.0132	h / 899	----
B5	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0146	h / 223	----	0.0030	h / 1084	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0244	h / 149	----	0.0045	h / 805	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0285	h / 176	----	0.0051	h / 979	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0670	h / 178	----	0.0125	h / 949	----
B6	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0098	h / 358	----	0.0019	h / 1843	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0244	h / 149	----	0.0044	h / 823	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0285	h / 176	----	0.0060	h / 832	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0627	h / 194	----	0.0121	h / 1001	----
B7	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0102	h / 344	----	0.0020	h / 1750	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0244	h / 149	----	0.0045	h / 805	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0285	h / 176	----	0.0070	h / 713	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0630	h / 193	----	0.0131	h / 925	----
B8	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0160	h / 219	----	0.0022	h / 1591	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0244	h / 149	----	0.0048	h / 755	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0285	h / 176	----	0.0081	h / 617	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0688	h / 177	----	0.0144	h / 841	----
C1	Nivel +10.49m	10.29	3.30	0.0147	h / 225	----	0.0094	h / 352	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0246	h / 148	----	0.0061	h / 594	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0289	h / 173	----	0.0076	h / 657	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.91	0.0676	h / 177	----	0.0186	h / 641	----
C2	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0102	h / 344	----	0.0024	h / 1459	----

Situaciones sísmicas(1)									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0246	h / 148	----	0.0055	h / 659	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0289	h / 173	----	0.0054	h / 925	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0636	h / 191	----	0.0117	h / 1036	----
C3	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0107	h / 328	----	0.0022	h / 1591	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0246	h / 148	----	0.0050	h / 724	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0289	h / 173	----	0.0043	h / 1161	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0640	h / 190	----	0.0113	h / 1072	----
C4	Nivel +10.49m	10.29	3.30	0.0147	h / 225	----	0.0040	h / 825	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0246	h / 148	----	0.0046	h / 787	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0289	h / 173	----	0.0047	h / 1062	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.91	0.0676	h / 177	----	0.0132	h / 903	----
C5	Nivel +10.49m	10.29	3.30	0.0147	h / 225	----	0.0030	h / 1100	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0246	h / 148	----	0.0045	h / 805	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0289	h / 173	----	0.0051	h / 979	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.91	0.0676	h / 177	----	0.0125	h / 953	----
C6	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0107	h / 328	----	0.0019	h / 1843	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0246	h / 148	----	0.0044	h / 823	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0289	h / 173	----	0.0060	h / 832	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0641	h / 189	----	0.0121	h / 1001	----
C7	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0103	h / 340	----	0.0019	h / 1843	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0246	h / 148	----	0.0045	h / 805	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0289	h / 173	----	0.0070	h / 713	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0636	h / 191	----	0.0131	h / 925	----
C8	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0151	h / 232	----	0.0063	h / 556	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0246	h / 148	----	0.0048	h / 755	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0289	h / 173	----	0.0081	h / 617	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0685	h / 177	----	0.0168	h / 721	----
D1	Nivel +10.49m	10.29	3.30	0.0148	h / 223	----	0.0094	h / 352	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0248	h / 146	----	0.0061	h / 594	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0295	h / 170	----	0.0076	h / 657	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.91	0.0686	h / 174	----	0.0186	h / 641	----
D2	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0103	h / 340	----	0.0024	h / 1459	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0248	h / 146	----	0.0055	h / 659	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0295	h / 170	----	0.0054	h / 925	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0646	h / 188	----	0.0118	h / 1027	----
D3	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0106	h / 331	----	0.0022	h / 1591	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0248	h / 146	----	0.0050	h / 724	----

Situaciones sísmicas(1)									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0295	h / 170	----	0.0043	h / 1161	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0648	h / 187	----	0.0113	h / 1072	----
D4	Nivel +10.49m	10.29	3.30	0.0148	h / 223	----	0.0040	h / 825	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0248	h / 146	----	0.0046	h / 787	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0295	h / 170	----	0.0047	h / 1062	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.91	0.0686	h / 174	----	0.0132	h / 903	----
D5	Nivel +10.49m	10.29	3.30	0.0148	h / 223	----	0.0030	h / 1100	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0248	h / 146	----	0.0045	h / 805	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0295	h / 170	----	0.0051	h / 979	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.91	0.0686	h / 174	----	0.0125	h / 953	----
D6	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0106	h / 331	----	0.0019	h / 1843	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0248	h / 146	----	0.0044	h / 823	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0295	h / 170	----	0.0060	h / 832	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0649	h / 187	----	0.0121	h / 1001	----
D7	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0104	h / 337	----	0.0019	h / 1843	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0248	h / 146	----	0.0045	h / 805	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0295	h / 170	----	0.0070	h / 713	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0646	h / 188	----	0.0131	h / 925	----
D8	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0151	h / 232	----	0.0048	h / 730	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0248	h / 146	----	0.0048	h / 755	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0295	h / 170	----	0.0081	h / 617	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0694	h / 175	----	0.0142	h / 853	----
E1	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0153	h / 213	----	0.0094	h / 346	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0256	h / 142	----	0.0061	h / 594	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0308	h / 163	----	0.0076	h / 657	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0711	h / 167	----	0.0186	h / 638	----
E2	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0153	h / 213	----	0.0075	h / 434	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0256	h / 142	----	0.0055	h / 659	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0308	h / 163	----	0.0054	h / 925	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0711	h / 167	----	0.0165	h / 719	----
E3	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0153	h / 213	----	0.0057	h / 571	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0256	h / 142	----	0.0050	h / 724	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0308	h / 163	----	0.0043	h / 1161	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0711	h / 167	----	0.0147	h / 807	----
E4	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0153	h / 213	----	0.0040	h / 813	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0256	h / 142	----	0.0046	h / 787	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0308	h / 163	----	0.0047	h / 1062	----

Situaciones sísmicas(1)									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0711	h / 167	----	0.0132	h / 899	----
E5	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0153	h / 213	----	0.0030	h / 1084	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0256	h / 142	----	0.0045	h / 805	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0308	h / 163	----	0.0051	h / 979	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0711	h / 167	----	0.0125	h / 949	----
E6	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0106	h / 331	----	0.0019	h / 1843	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0256	h / 142	----	0.0044	h / 823	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0308	h / 163	----	0.0060	h / 832	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0668	h / 182	----	0.0122	h / 993	----
E7	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0106	h / 331	----	0.0020	h / 1750	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0256	h / 142	----	0.0045	h / 805	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0308	h / 163	----	0.0070	h / 713	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0668	h / 182	----	0.0131	h / 925	----
E8	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0165	h / 213	----	0.0022	h / 1591	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0256	h / 142	----	0.0048	h / 755	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0308	h / 163	----	0.0081	h / 617	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0728	h / 167	----	0.0144	h / 841	----
F1	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0159	h / 205	----	0.0094	h / 346	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0263	h / 138	----	0.0061	h / 594	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0321	h / 156	----	0.0076	h / 657	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0737	h / 161	----	0.0186	h / 638	----
F2	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0159	h / 205	----	0.0075	h / 434	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0263	h / 138	----	0.0055	h / 659	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0321	h / 156	----	0.0054	h / 925	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0737	h / 161	----	0.0165	h / 719	----
F3	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0159	h / 205	----	0.0057	h / 571	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0263	h / 138	----	0.0050	h / 724	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0321	h / 156	----	0.0043	h / 1161	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0737	h / 161	----	0.0147	h / 807	----
F4	Nivel +10.49m	10.24	3.25	0.0159	h / 205	----	0.0040	h / 813	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0263	h / 138	----	0.0046	h / 787	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0321	h / 156	----	0.0047	h / 1062	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		11.86	0.0737	h / 161	----	0.0132	h / 899	----
F5	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0222	h / 158	----	0.0032	h / 1094	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0263	h / 138	----	0.0045	h / 805	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0321	h / 156	----	0.0051	h / 979	----
	Cimentación	-1.62							

Situaciones sísmicas(1)									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Total		12.11	0.0801	h / 152	----	0.0127	h / 954	----
F6	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0110	h / 319	----	0.0032	h / 1094	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0263	h / 138	----	0.0044	h / 823	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0321	h / 156	----	0.0060	h / 832	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0693	h / 175	----	0.0134	h / 904	----
F7	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0113	h / 310	----	0.0032	h / 1094	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0263	h / 138	----	0.0045	h / 805	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0321	h / 156	----	0.0070	h / 713	----
	Cimentación	-1.62							
	Total		12.11	0.0697	h / 174	----	0.0143	h / 847	----
F8	Nivel +10.49m	10.49	3.50	0.0167	h / 210	----	0.0033	h / 1061	----
	Nivel +7.24m	6.99	3.62	0.0263	h / 138	----	0.0048	h / 755	----
	Nivel +3.62m	3.37	4.99	0.0321	h / 156	----	0.0081	h / 617	----
	Cimentación	-1.62							

Notas:
(1) Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.

Valores máximos

Desplome local máximo de los pilares (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmi cas(1)	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Nivel +10.49m	1 / 1945 (B8, E8)	1 / 5000 (A6, ...)	1 / 158 (F5)	1 / 346 (A1, ...)
Nivel +7.24m				
Nivel +3.62m	----	----	1 / 156 (F1, ...)	1 / 617 (A8, ...)

Notas:
(1) Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmi cas(1)	
Dirección X			
1 / 6728 (B8, E8)	----	1 / 152 (F5)	1 / 638 (A1, ...)

Notas:
(1) Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Fuente: *CYPECAD*

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 17: *Aplicación de las medidas de reducción de incendios, según la metodología de Gretener*

MATRIZ GRETENER		**Centro de trabajo:**	Edificio de Idiomas	
Tipo edificio		V		
Actividad		Administrativo y educativo		
DESCRIPCIÓN: B= [P] ÷ [N x S x F]		**ÁREA/PISO:**		Primer piso Segundo piso Tercer piso
RIESGO POTENCIAL PRESENTE	q.- Carga térmica mobiliaria [MJ/m2]	Qm	INHERENTES AL MOBILIARIO DEL EDIFICIO	1,30
	c.- Combustibilidad	Fe		1,60
	r.- Peligro de formación de humos	Fu		1,20
	k.- Peligro corrosión, combustión/toxicidad	Co/Tx		1,00
	i.- Carga térmica inmobiliaria	Qi	INHERENTES AL EDIFICIO	1,00
	e.- Nivel de planta o altura del local	E, H		1,50
	g.- Superficie de los compartimentos cortafuego Relación largo/ancho	AB 1: b		0,40
	PELIGRO POTENCIAL [P]			**1,5**
MEDIDAS NORMALES DE PROTECCIÓN	n1.- Extintores portátiles			1,00
	n2.- Hidrantes interiores: BIEs (Bocas de Incendio Equipadas)			0,80
	n3.- Fuentes agua			0,70
	n4.- Conducción de agua			0,90
	n5.- Personal instruido en materia de extinción de incendios			1,00
	MEDIDAS NORMALES [N]			**0,50**
MEDIDAS ESPECIALES DE PROTECCIÓN	s1.- Detección fuego			1,45
	s2.- Transmisión alarmas			1,20
	s3.- Disponibilidad de bomberos			1,30
	s4.- Tiempo intervención del cuerpo de bomberos oficial			1,00
	s5.- Instalaciones de extinción			1,70
	s6.- Instalaciones de evacuación de calor y de humo			1,00
	MEDIDAS ESPECIALES [S]			**3,85**
PROTECCIÓN ESTRUCTURAL	f1.- Resistencia al fuego (Estructura portante del edificio)		F =	**1,00**
	f2.- Resistencia al fuego (De las Fachadas del edificio)		F =	**1,00**
	f3.- Resistencia al fuego.- Separaciones entre plantas teniendo en cuenta las comunicaciones verticales		F =	**1,00**

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td colspan="2">f4.- Dimensiones Células Cortafuegos</td><td>AZ =</td><td>NO</td><td>1,00</td></tr>
<tr><td colspan="2">Superficies vidrio =</td><td>AF/AZ</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">MEDIDAS CONSTRUCTIVAS [F]</td><td>1,00</td></tr>
<tr><td rowspan="4">FUNDAMENTO METODOLÓGICO</td><td colspan="4">EXPOSICIÓN AL RIESGO [B]</td><td>0,77</td></tr>
<tr><td colspan="4">PELIGRO DE ACTIVACIÓN [A]</td><td>1,20</td></tr>
<tr><td colspan="4">RIESGO DE INCENDIO EFECTIVO [R]</td><td>0,93</td></tr>
<tr><td rowspan="4">CRITERIO DE VALORACIÓN:

Ru. Riesgo Incendio Aceptado
Rn = 1.3. Riesgo Incendio Normal
PH. Situación de peligro personas
Ru = Rn x PH</td><td colspan="4">PH: Situación de peligro de las personas =</td><td>1,00</td></tr>
<tr><td colspan="4">Ru =</td><td>1,30</td></tr>
<tr><td colspan="4">SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS [γ = Ru/R]</td><td>1,40</td></tr>
<tr><td colspan="4">ACEPTABLE</td></tr>
</table>

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 18: *Toma de humedad en escritorios*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 19: *Toma de humedad en mesas*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 20: *Toma de humedad en archivadores*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 21: *Toma de humedad en sillas*



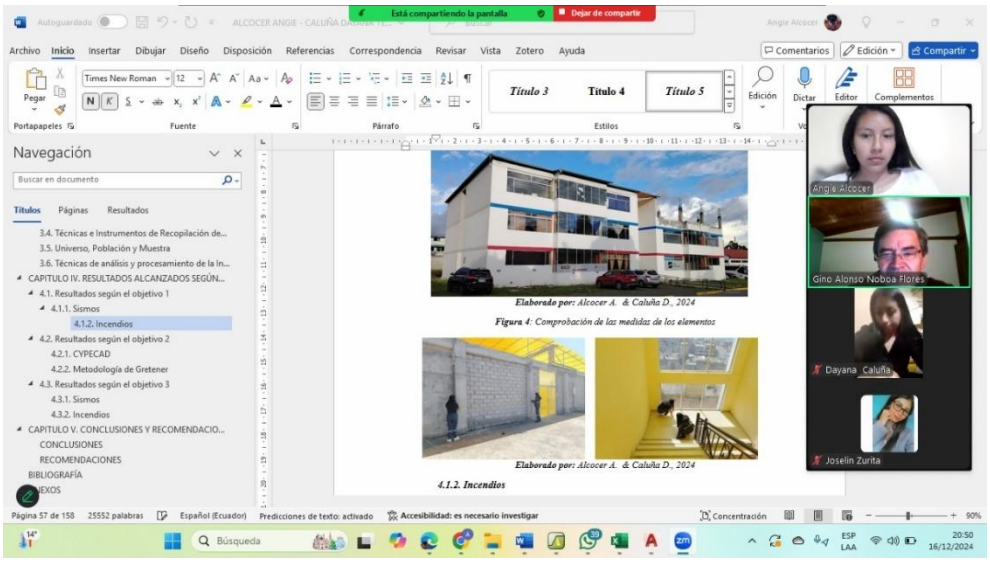
Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 22: *Toma de muestras de la humedad del mobiliario*

INFORMACIÓN DE HUMEDAD EN EL MOBILIARIO DEL EDIFICIO									
PISO		**HUMEDAD DEL MOBILIARIO**							
	ÁREA	**Escritorios**	**Humedad**	**Sillas**	**Humedad**	**Mesas**	**Humedad**	**Puertas**	**Humedad**
1	Coordinación idiomas	4	0%	29	4%	8	4%	4	0%
	Sala de profesores Comunicación	1	0%	24	7%	14	5%	1	0%
	Laboratorio televisión	0	0%	8	0%	6	1%	1	0%
	Laboratorio radio	1	6%	32	8%	25	6%	1	0%
	Aula 1	0	0	41	6%	40	6%		
	Aula 2	0	0	36	6%	45	3%	1	0%
	Aula 3	0	0	43	8%	42	0%	1	0%
	Aula 4	1	0%	41	6%	40	6%	1	0%
	Aula 5	0	0	36	6%	45	3%	1	0%
	Bodega	0	0	0	0	0	0	1	0%
2	Aula 1	1	6%	41	7%	40	3%	1	0%
	Aula 2	0	0	36	6%	45	3%	1	0%
	Aula 3	1	6%	42	4%	39	5%	1	0%
	Aula 4	0	0	36	6%	45	3%	1	0%
	Aula 5	0	0	44	3%	44	3%	1	0%
	Aula 6	0	0	43	8%	42	0%	1	0%
	Aula 7	0	0	45	0%	22	1%	1	0%
	Aula 8	0	0	36	6%	45	3%	1	0%
	Aula 9	0	0%	41	6%	40	6%	1	0%
	Aula 10	0	0	45	0%	22	1%	1	0%
	Aula 11	1	6%	41	7%	40	3%	1	0%
	Bodega	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Aula 1	0	0	42	4%	39	5%	1	0%
	Aula 2	0	0	43	8%	42	0%	1	0%
	Aula 3	0	0	45	0%	22	1%	1	0%
	Aula 4	0	0	44	0%	39	6%	1	0%
	Aula 5	1	6%	42	0%	45	6%	1	0%
	Laboratorio	1	0%	24	6%	1	0%	1	0%

Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 23: *Reuniones virtuales con el tutor*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*

Anexo 24: *Elaboración del modelamiento y metodología*



Elaborado por: *Alcocer A. & Caluña D., 2024*