



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Estado actual de la estructura del bloque principal de la
Unidad Educativa La Asunción**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

**INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Autor

DANIEL FRANCISCO CALLE CARRASCO

Director

JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ CALERO

CUENCA - ECUADOR

2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a toda mi familia, por el apoyo moral y material que de ellos he recibido

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad del Azuay y en especial al Ing. José Fernando Vázquez Calero por haberme confiado sus conocimientos sin egoísmo alguno y haberme guiado profesionalmente para terminar de manera exitosa este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE MAPAS Y LÁMINAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I.....	13
GENERALIDADES	13
1.1 Antecedentes	13
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo general.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Metodología	16
1.4 Estado del arte y marco teórico	16
1.5 Alcances y resultados esperados	19
1.6 Supuestos y riesgos	19
1.7 Área de estudio.....	20
1.7.1 Nombre del cantón	20
1.7.2 Provincia.....	20
1.7.3 País	20
1.7.4 Fundación e independencia	20
1.7.5 Localización, ubicación y límites.....	22
1.7.6 Extensión territorial y división.....	22
1.7.7 Hidrología.....	22
1.7.8 Suelos	23
1.7.9 Cultura.....	23
1.7.10 Institución a aplicarse el estudio	26
1.8 Conceptos y Definiciones	27
CAPÍTULO II	32
LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	32
2.1 Recopilar información arquitectónica y de ingeniería	33
2.2 Aplicación con Dron	33
2.3 Información visual de la unidad educativa.....	43
2.4 Información arquitectónica y de ingeniería.....	44

2. 5 Información de mapas de riesgos generales y riesgos específicos.....	46
2.5.1 Mapas de riesgos generales	47
2.5.2 Mapa de amenaza sísmica	48
2.5.3 Peligrosidad sísmica (peligro sísmico).....	49
2.5.4 Mapa preliminar de zonas de amenazas por movimientos en masa descripción general – Movimientos en masa	49
2.5.5 Mapa preliminar de zonas seguras, por movimientos en masa	50
2.5.6 Mapa preliminar de zonas propensas a inundaciones descripción general - Inundaciones	51
2.5.7 Mapa de riesgos específico inundación.....	52
2.5.8 Mapa preliminar de zonas seguras, propensas a inundaciones	52
2.5.9 Mapa de isoyetas	52
2.5.10 Mapa de isotermas.....	53
2.5.11 Mapas de riesgos específicos	53
2.5.12 Mapa de riesgos específico (Árboles- Radios de Caída).....	54
2.6 Ejecución de ensayos no destructivos (END)	54
2.6.1. Inspección visual.....	55
2.6.2. Esclerómetro.....	55
2.6.3. Detector de armaduras.....	56
2.7 Características geotécnicas del suelo	57
2.7.1 Determinación del índice de seguridad de la estructura de ocupación especial en las áreas estructurales y las no estructurales	59
2.7.2 Normas y criterios para el diseño de Establecimientos Escolares	60
2.8 Información general del establecimiento de educación	61
CAPÍTULO III.....	62
AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE ESPECIFICA LA NORMA	62
3.1 Cargas gravitacionales	63
3.1.1 Carga permanente o carga muerta.....	63
3.1.2 Sobrecargas de uso o carga viva	63
3.2 Cargas ambientales.....	64
3.2.1 Carga por viento	64
3.2.2 Determinación de la presión del viento.....	64
3.2.3 Carga sísmica	65
3.3 Análisis dinámico espectral.....	66
3.3.1 Características del emplazamiento de la estructura.....	66

3.3.2 Sistema estructural	67
3.4 Espectro de cálculo	67
3.4.1 Espectro elástico de aceleraciones	67
3.4.2 Espectro de diseño de aceleraciones	69
3.5 Fuerzas laterales equivalentes	70
3.5.1 Estimación del periodo fundamental de la estructura	70
3.5.2 Cortante basal de diseño.....	71
3.5.3 Distribución vertical del cortante basal.....	72
3.6 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.....	74
3.7 Combinación de cargas	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
Conclusiones	81
Recomendaciones.....	83
Bibliografía	84
Anexos	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dron Phantom	33
Figura 2. Foto área con dron	35
Figura 3. Foto aérea.....	36
Figura 4. Foto aérea.....	37
Figura 5. Foto aérea.....	38
Figura 6. Modelo 3D procesado de la "Unidad Educativa La Asunción"	39
Figura 7. Ortofoto	40
Figura 8. Ortofoto Nro. 2	42
Figura 9. Unidad Educativa "La Asunción"	43
Figura 10. Curva para resistencia del hormigón.	55
Figura 11. Detección de resistencia del hormigón.....	56
Figura 12. Detección de armaduras.....	56
Figura 13. Radio de cobertura.....	60
Figura 14. Proyección en planta de la obra	66
Figura 15. Espectro elástico de aceleraciones.....	68
Figura 16. Espectro de diseño según X.....	69
Figura 17. Espectro de diseño según Y	70
Figura 18. Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta.....	77

ÍNDICE DE MAPAS Y LÁMINAS

Mapa 1. Epicentros de sismicidad.....	13
Mapa 2. Mapa político de Cuenca.....	21
Mapa 3. Mapa general de ubicación de Cuenca.....	45
Mapa 4. División geográfica de Cuenca	46
Mapa 5. Mapas de riesgos generales.....	47
Mapa 6. Mapa de zonas sísmicas	47
Mapa 7. Mapa de zonas sísmicas	48
Mapa 8. Mapa movimientos de masa de suelo	50
Mapa 9. Mapa de zonas de inundación	51
Mapa 10. Isoyetas	53
Mapa 11. Mapa de probabilidad de incendios forestales	54
Mapa 12. Mapa de peligrosidad geotécnica de la Universidad del Azuay	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Carga permanente o carga muerta.....	63
Tabla 2. Sobrecargas de uso o carga viva	63
Tabla 3. Anchos de banda	64
Tabla 4. Cargas de viento.....	65
Tabla 5. Coeficiente de importancia	66
Tabla 6. Factor R.....	67
Tabla 7. Peso sísmico de la estructura	71
Tabla 8. Factor de distribución vertical.....	73
Tabla 9. Distribución de las fuerzas laterales y cortantes equivalentes por planta	74
Tabla 10. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.....	74
Tabla 11. Combinación de cargas	78

RESUMEN

Estado actual de la estructura del bloque principal de la Unidad Educativa La Asunción

Esta investigación se basa en la evaluación detallada de la estructura del bloque principal de la Unidad Educativa “La Asunción” ubicada en la ciudad de Cuenca. Se presentan diferentes estrategias para la recolección de datos, tales como: análisis geotécnico donde se determinó las características geológicas que presentaba la edificación, encuestas, mapas de riesgos y ensayos no destructivos para cuantificar las amenazas y vulnerabilidad que tenía la estructura. El objetivo es demostrar a través de este proyecto el grado de vulnerabilidad del bloque estudiado y si la condición de la institución es óptima para brindar seguridad a todos los ocupantes.

Palabras claves: Evaluación, vulnerabilidad, estructura, cuantificar, amenaza.

José Fernando Vázquez Calero

Director de la Escuela

José Fernando Vázquez Calero

Director trabajo de titulación

Daniel Francisco Calle Carrasco

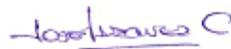
Autor

ABSTRACT

Current status of the structure of the main block of the Unidad Educativa La Asunción

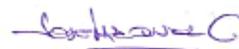
This investigation is based on the detailed structure evaluation of the main block of the Unidad Educativa "La Asunción" in Cuenca. Different strategies were used to collect data such as: surveys, risk maps, non-destructive tests to quantify the threats and vulnerability of the structure and a geotechnical analysis where the geological characteristics of the building were determined. The objective of the research is to demonstrate the degree of vulnerability of the studied block to determine if the condition of the institution is optimal to provide security to all occupants.

Keywords: Evaluation, vulnerability, structure, quantify, threat.



José Fernando Vázquez Calero

Faculty Director



José Fernando Vázquez Calero

Thesis Director



Daniel Francisco Calle Carrasco

Author



Translated by
Ing. Paúl Arpi

INTRODUCCIÓN

La presente investigación muestra los resultados de la evaluación detallada de la estructura del bloque principal de la Unidad Educativa “La Asunción” ubicada en la ciudad de Cuenca, como parte del “Plan Institucional de Emergencias de Centros Educativos”.

Se recopiló información fundamental, variada y específica como la geotecnia de la zona emplazada del centro educativo, la distribución arquitectónica de la construcción del bloque principal, la ubicación del mismo, las amenazas tanto externas como internas, que significan riesgo para la vida de los estudiantes, personal docente y administrativo y el estado actual de la estructura.

Una vez obtenida la evaluación de la edificación y el índice de seguridad se procedió a modelar las líneas vitales, de acuerdo con la normativa actual y luego de realizar las comprobaciones se presenta una propuesta de atenuación de las estructuras.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Ecuador, al ser parte del noroeste de Sudamérica está expuesto a una actividad sísmica considerada de riesgo, con sismos de magnitud mayor a 5,0 pues pertenece a la región denominada Cinturón de Fuego del Pacífico zona, “donde se libera el 85% de la energía sísmica que libera el planeta, en forma de terremotos, principalmente” (Yépez, s/f), dentro de un arco volcánico, entre otras características geodinámicas.

Su ubicación dentro del Cinturón o Anillo de Fuego del Pacífico concentra algunas de las zonas de subducción (choque de placas tectónicas) más importantes del mundo, asociadas a la convergencia de las placas de Nazca y Sudamérica.

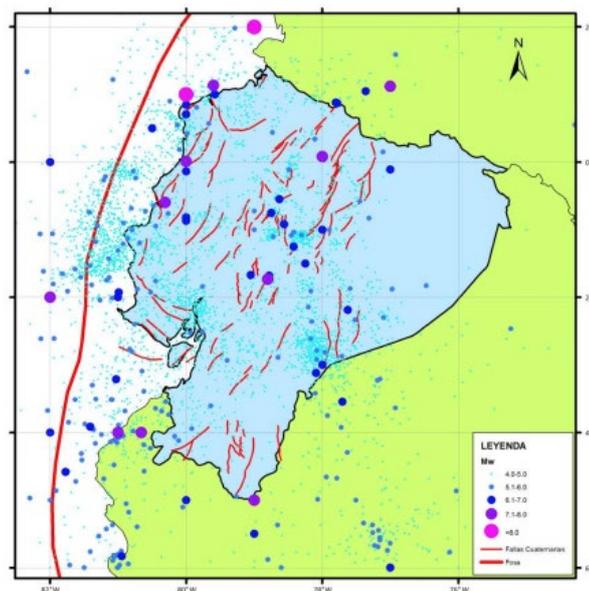


Figura 10. Mapa de epicentros sismicidad superficial (<40 Km)

Mapa 1. Epicentros de sismicidad

Fuente: Ortiz, Oscar, 2013.

Como se puede observar en este mapa de epicentros elaborado por Ortiz (2013), la ciudad de Cuenca no tiene carácter de epicentro y está un tanto alejada de las zonas sismotectónicas de riesgo en Ecuador. Según el mismo autor, Cuenca estaría dentro de la zona del Valle Interandino Sur, que no presenta un arco volcánico reciente. Las fallas de esta zona corresponderían al Cuaternario.

Es necesario considerar el peligro y el riesgo en el análisis sísmico. El peligro hace referencia a la amenaza, a los acontecimientos asociados con los terremotos tales como sacudidas de tierra, ruptura de falla o licuefacción del suelo. A algo que está latente por la conformación geológica. Mientras que el riesgo se refiere a la probabilidad de ocurrencia o no de un colapso estructural, con pérdida de vidas humanas, consecuencias sociales, económicas, de diseño urbanístico, etc.

En este sentido, la ciudad de Cuenca es especialmente vulnerable, pues se encuentra dentro de la conocida Falla de Girón, de movimiento Holoceno (Ortiz, 2013), registrando movimientos sísmicos frecuentes los últimos años, desde 2016. En 2018, la zona austral registró un aumento de la actividad telúrica en la zona sur del país, con seis sismos por día e incluso, 12 temblores pequeños cada 24 horas.

Las Redes Nacionales de Sismógrafos y Acelerógrafos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (RENSIG y RENAC) registraron y localizaron 5622 eventos de origen tectónico de los cuales 92 tuvieron una magnitud igual o superior a 4 grados en el 2017; en el 2016 la actividad sísmica fue llamativa, con 6493 sismos localizados en el Ecuador continental y en la Islas Galápagos, con magnitudes entre 2 y 7.8 grados. Para este año, hasta febrero de 2019 se han registrado 1500 movimientos sísmicos en Ecuador, registrados en los 180 sensores del Instituto Geofísico (El telégrafo, 2019).

Estas consideraciones hacen que los gobiernos locales y nacional hayan tomado medidas como políticas públicas, para mitigar los peligros, riesgos y daños que puedan ocasionar las actividades sísmicas por el movimiento de las placas tectónicas, pero también otro tipo de incidencias como inundaciones, falta de previsión en las construcciones con características antisísmicas.

Sobre todo, el terremoto de 2016 con epicentro en Pedernales dejó una clara lección de las prevenciones que se deben tomar en regular las construcciones futuras, con conocimiento claro de las posibilidades sísmicas del país, en general, y de cada región, en particular. (cfr. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2019; Guamán y Vásquez, 2017; Yépez, Chatelain, Guillier, 1994, Jiménez, Cajamarca y Sánchez, 2018).

Estos peligros y riesgos inminentes han traído como consecuencia una serie de Diagnósticos, Manuales, Cartografías, etc. para determinar las zonas de riesgo y recomendar medidas para prevenir, remediar o paliar los desastres naturales. Ha sido importante la asunción de políticas públicas en torno a edificaciones de tipo sensible para la población como hospitales, centros educativos, etc. para proveerles de una normativa como la actualización de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015) y adecuaciones para el pre, durante y post evento geofísico. (cfr. Demoraes, F. D'ercole, R. 2001; Paredes, 2014).

En este sentido, este trabajo viene a sumarse a los diferentes empeños por diagnosticar y volver las unidades educativas sitios seguros, tomando en cuenta la cantidad de población que albergan, sobre todo, población vulnerable, como son los niños y niñas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Cuantificar la capacidad resistente de los miembros estructurales del bloque principal de la unidad educativa La Asunción, ante el efecto de un evento sísmico extremo.

1.2.2 Objetivos específicos

- A través de encuestas poder conocer y evaluar las amenazas existentes de la edificación.
- Evaluar los miembros estructurales del bloque principal de la Unidad Educativa “La Asunción” utilizando fichas de evaluación.
- Agrupar y modelar las cargas que especifica la norma utilizando un software especializado y comparar con el diseño estructural existente.
- Cuantificar la vulnerabilidad y el riesgo de la edificación de salud basándonos en los resultados obtenidos.
- Proponer medidas de mitigación y reforzamiento.

1.3 Metodología

Se evaluará las amenazas identificadas y por definir al entorno de la instalación educativa, apoyándonos en mapas de riesgo de la Dirección Nacional de Riesgo (DNR), Sistemas de Información Geográfica (SIG) y entrevistas a diferentes funcionarios de la entidad educativa.

Seleccionar y establecer la información referente al establecimiento educativo, como planificación arquitectónica, estudios de ingenierías, estado actual de miembros estructurales, con procedimientos visuales y apoyo de ensayos no destructivos (END), con la ayuda de equipos de precisión: dron con cámara de alta definición, esclerómetro, scanner, ultrasonido.

Evaluar en primera instancia, la estructura del bloque principal de la Unidad Educativa “La Asunción” con la norma vigente dentro del rango elástico.

Modelación de la estructura existente atendiendo a la geometría, la carga y el material que se emplearon en la misma.

La modelación, se llevará a cabo empleando las especificaciones establecidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Una vez obtenido los resultados, en el diseño de los miembros estructurales aplicando la norma actual, se compararán con el diseño de los miembros estructurales sin el efecto establecidos por la norma anterior.

Una vez establecida la comparación entre lo existente y los resultados de la comparación se propondrán medidas de mitigación o de reforzamiento.

1.4 Estado del arte y marco teórico

En relación al último acontecimiento vivido en nuestro país, específicamente el 16 de abril del 2016 en el terremoto que azotó la provincia de Manabí, se pudo constatar que las construcciones educativas que funcionaban de manera “eficiente y segura” se vinieron al piso.

Un equipo de técnicos integrado por profesionales de la Ingeniería Civil y Arquitectura de la planta central del Ministerio de Educación llegó hasta la ciudad de Esmeraldas para evaluar los daños de los establecimientos educativos que fueron afectados con el sismo de 7.8 grados que se produjo en el territorio ecuatoriano. Ítalo Quintero, director distrital de Educación de Esmeraldas, explicó que el diagnóstico de la situación de los establecimientos educativos del cantón, dio como resultado que 22 de ellos están afectados, entre el 1% y hasta el 80%. Demostrando así la falta de aplicación de normas de seguridad para ese tipo de edificaciones.

Según Manifiesta la UNESCO en referencia a las Normas para Construcciones Escolares proporcionan, en cierto sentido, una postdata a los anteriores Módulo y Manuales sobre Adaptación y Espacio para Escuelas Secundarias. El método incluye información currículo, grupos de enseñanza y ubicación de cada espacio. El área necesaria para cada actividad permite calcular el área total de la escuela y, por lo tanto, sus costos. El costo final, así como el área total de la escuela, dependen de acuerdo a las normas de la UNESCO.

Elección del área por actividad, que depende de las funciones a realizarse, posibilidades de construcción que dependen del elemento humano, los materiales; y recursos financieros para construcciones escolares, dependen de la selección que hagan los planificadores educativos, de acuerdo con la información que dispongan. La selección del área por actividad, método de construcción y costo, llega a ser, cuando se adopta formalmente, las normas de espacio, costo y construcción para las escuelas de este tipo específico de acuerdo a la División de Políticas y Planeamiento de la Educación UNESCO.

Hay un número de elecciones similares que deben hacerse y que establecerán las normas para otros componentes del edificio, tan diversos como niveles de iluminación, número de baños, etc., medidas para control de incendios, inundaciones y demás. Para cada una de las elecciones que se hagan, debe establecerse una. Las opiniones sobre lo que se requiere, varían sorpresivamente. Es muy raro que aparezca una norma absoluta sobre la que todo el mundo esté de acuerdo. Esto se ilustra perfectamente en Europa, por ejemplo, en donde en ocho

países con una economía similar, e iguales y eficientes sistemas educativos, las normas de espacio en aulas de escuelas primarias varían de metros cuadrados. Así pues, al decidir sobre las normas, el planificador no está tratando de alcanzar algún estado imaginario de perfección, sino más bien, decidiendo lo que sea mejor dada la situación imperante en su propio país. La mayoría estará de acuerdo en que, de un modo u otro, los siguientes criterios son importantes de acuerdo a las normas y estándares para las construcciones escolares proporcionadas por la UNESCO:

1. Que se cumplan los requerimientos del usuario, de espacio y equipo, de acuerdo a los recursos económicos.
2. Que las construcciones sean estructuralmente sólidas.
3. Que los ocupantes obtengan condiciones aceptables de confort y bienestar.
4. Que se respete el medio ambiente local; y
5. Que el costo represente el equilibrio óptimo entre el capital y los costos en uso en una economía determinada.

La discusión de las normas para las construcciones escolares nos lleva, inevitablemente, a incluir la consideración de una gran cantidad de material de naturaleza cuantitativa. Este material, en la práctica, se divide frecuentemente, entre aquel que afecta la seguridad, las condiciones sanitarias y la construcción, por un lado, y la comodidad, por otro.

Las normas y estándares de confort muy frecuentemente tienen como resultado el eventual amontonamiento de alumnos en un aula, de tal manera que se dificulta la posibilidad de una educación efectiva, mientras que, al mismo tiempo, las normas estructurales aseguran que bajo ninguna circunstancia podrá desplomarse el piso del aula. Esta es la ironía de cientos de escuelas en decenas de países.

Muchas de las construcciones escolares resultan insatisfactorias; esto se debe directamente a la dicotomía entre las reglas que afectan la construcción y las que afectan el confort, que comúnmente es limitado.

Los establecimientos educativos son edificaciones de ocupación especial (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014), es por esto que el nivel de análisis en el diseño de los miembros estructurales y no estructurales es más exigente; se pretende realizar un estudio de vulnerabilidad que “busca determinar la

susceptibilidad a daños que presentan los diferentes componentes de una institución educativa ante la ocurrencia de un desastre.

Por otro lado, el riesgo que se considera como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad, da cuenta que para el Austro Ecuatoriano las amenazas de tipo: sísmicas, hidrometeorológicas y geotécnicas son las principales a tomar en cuenta al momento de la calificación.

1.5 Alcances y resultados esperados

Se detallarán y cuantificarán las amenazas existentes en el entorno.

- Contribuir en la determinación de la vulnerabilidad estructural.
- Con este trabajo se pretende dejar sentadas las bases para un futuro análisis de mitigación de amenazas.

1.6 Supuestos y riesgos

- Disponibilidad de equipos digitales para ensayos no destructivos (END) como: scanner, esclerómetro, ultrasonido para realizar la evaluación estructural. Es indispensable el uso de estos equipos debido a que sin estos no se podría obtener las características de los miembros estructurales, constituye un riesgo en caso de que la información no sea precisa debido al funcionamiento de los equipos por impericia en el manejo de los mismos.
- Disponibilidad de drones para la toma de fotografías aéreas de las fallas en la estructura y la determinación de amenazas, ya que sin estos equipos no se podría llegar a un nivel de detalle minucioso en lugares difíciles de acceder afectando el trabajo (Villota, 2016).

1.7 Área de estudio

La información básica del cantón Cuenca será especificada y detallada a continuación:

1.7.1 Nombre del cantón

Santa Ana de los Cuatro Ríos de Cuenca.

1.7.2 Provincia

Azuay

1.7.3 País

Ecuador

1.7.4 Fundación e independencia

Fundación española 12 de abril de 1557 Gil Ramírez Dávalos

Independencia 3 de noviembre de 1820.



Mapa 2. Mapa político de Cuenca

Fuente: https://www.google.com/search?q=parroquias+urbanas+del+canton+cuencia&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiSi8yHo8rdAhUR2FMKHWiMD5sQ_AUICigB&biw=1366&bih=632#imgcr=FaT7hQCzMK7fPM:

1.7.5 Localización, ubicación y límites

El Cantón Cuenca está ubicado geográficamente entre las coordenadas 2°39' a 3°00' de latitud sur y 78°54' a 79°26' de longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar que varía de 100 a 4560 m., la zona urbana se encuentra a una altitud de 2560 msnm aproximadamente. Limita al norte con la Provincia del Cañar, al sur con los cantones Camilo Ponce Enríquez, San Fernando, Santa Isabel y Girón, al oeste con las Provincias del Guayas y hacia el este con los cantones Paute, Gualaceo y Sígsig.

1.7.6 Extensión territorial y división

El Cantón Cuenca está dividido en quince parroquias urbanas y 21 parroquias rurales. Al conjunto de las quince parroquias urbanas se les denomina la Ciudad de Cuenca, con un área de 72.32 km². El área total del cantón es de 3086 km², ocupando el área urbana apenas el 2.34%.

1.7.7 Hidrología

La ubicación de la ciudad se vio favorecida por los cuatro principales ríos que pasan por la urbe, el Tomebamba, el Yanuncay, el Tarqui y el Machángara que se forman a partir de las lagunas de origen glacial del Parque nacional El Cajas ubicado a 30 km al oeste de la ciudad.

El río Tomebamba es el mayor de los cuatro ríos y destaca por su belleza paisajista especialmente por su recorrido por el sector del Vado.

Debido al crecimiento de la ciudad los ríos al igual que en otras partes del mundo se fueron contaminando, debido a que tenían que recolectar las aguas servidas de la ciudad, sin embargo desde la década de 1980, se emprendió un programa a cargo de la empresa municipal ETAPA para mejorar la calidad del agua de los ríos, construyéndose alrededor 70 Km de interceptores en las márgenes de los cuatro ríos y de dos quebradas que atraviesan la ciudad, y luego la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la misma que entra en funcionamiento en el mes de noviembre de 1999. Desde entonces la calidad del agua de los ríos ha mejorado mucho, al punto que se puede ver pescar a la gente a las orillas de éstos.

Los ríos y riachuelos del cantón pueden desembocar en la cuenca del Jubones, que se dirige al Océano Pacífico, o a la cuenca del Paute, como es el caso de los cuatro principales ríos de la ciudad, y que desemboca en el río Amazonas.

1.7.8 Suelos

Características del territorio Basados en los estudios del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón.

Cuenca 2011 (PDOT- CC-2011), el territorio se divide y clasifica en cuatro zonas con características similares en función de su geomorfología, estas zonas se diferencian entre sí por su clima y su vegetación, condicionadas por la altitud y la ubicación del cantón dentro de la Cordillera de los Andes:

Zona1: Valle interandino con altura entre 2300 msnm a 2900 msnm a una temperatura promedio entre 13° y 19° C. con una superficie de 20.7% del Cantón.

Zona2: Cima Fría de la Cordillera Occidental con altitudes entre 2900 msnm y 4560 msnm temperatura entre 7° a 13° C. siendo su superficie el 46.4% del área del Cantón.

Zona3: Vertiente Externa de la Cordillera Occidental con altitud entre 320 msnm y 2,900 msnm y temperatura entre 13° y 25° C. ocupando el 27.6% de la superficie del Cantón.

Zona4: Piedemonte altitudes entre 20 msnm y 320 msnm con temperaturas entre 23° a 26° C. y representa el 5.3% de la superficie del Cantón.

1.7.9 Cultura

El fondo genético de la población procede de las culturas precolombinas: Cañari, Huancavilca y Machalilla.

Cuenca, oficialmente bautizada como Santa Ana de los Cuatro Ríos de Cuenca, es una ciudad del centro austral de la República del Ecuador y es la capital de la provincia del Azuay. Está situada en la parte meridional de la Cordillera Andina Ecuatoriana. Su Centro Histórico fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el año 1999, por plasmar tres requisitos para ser declarado como tal:

- a) la instauración de los principios de planificación urbana propios del Renacimiento en el continente americano, visibles hasta la fecha;
- b) por una simbiosis cultural que se manifiesta en el diseño y paisaje urbanístico, haciendo de la ciudad un lugar con características propias que le dan una identidad exclusiva, tales como la bajada de Todos Santos, donde se evidencian los asentamientos cañari, inca y español, y
- c) por ser la muestra viviente de una ciudad de tierra adentro, organizada como ciudad colonial española, con una distribución de espacios de administración, propios de la colonia.

Es llamada la Atenas del Ecuador por su arquitectura, su diversidad cultural, su aporte a las artes, ciencias y letras ecuatorianas. Sobre todo, reconocida y criticada a la vez, por la Fiesta de la Lira, un certamen de creatividad poética, que rememoraba la Arcadia griega (Martínez, 2004) de donde surgieron poetas que le cantaron a la ciudad; y, por ser el lugar de nacimiento de muchos personajes ilustres de la sociedad ecuatoriana. En general, el paisaje urbanístico guarda armonía con el entorno geográfico, destacando en medio su Centro Histórico, uno de los mejores conservados y más grandes del país, sembrado de iglesias, que imprimieron un carácter conventual a la ciudad, hasta bien entrado el siglo XX.

La ciudad lleva el nombre de "Santa Ana de los Cuatro Ríos de Cuenca" en honor a la ciudad de Cuenca en España, pues sus accidentes geográficos tienen similitud con los de la ciudad española, y por ser el lugar de nacimiento del virrey español del Perú, Don Andrés Hurtado de Mendoza, quien mandó a fundar la ciudad, al español Don Gil Ramírez Dávalos. La cruzan cuatro ríos, que son: el Tomebamba, el Tarqui, el Yanuncay y el Machángara. La tradición española de dedicar las nuevas ciudades a un santo o santa de la iglesia católica, para su protección, en este caso a la madre de la Virgen María, Santa Ana, como patrona de la ciudad, principia el nombre de esta ciudad de encantos, sin embargo, no exenta de riesgos geofísicos, por lo que el patrocinio de la Santa, tiene también sus razones.

Para el año 2000 ya contaba con una población de más de 270.000 personas en todo el cantón y durante el transcurso de la década inició un proceso de recuperación de su patrimonio, en especial del Centro Histórico, y se inició un proceso de modernización, de extensión de barrios residenciales a zonas aledañas, expansión de institutos de educación, universidades, etc. Las remesas enviadas por los inmigrantes han tenido un fuerte impacto en el crecimiento económico y la transformación de la sociedad hacia el comercio y el mundo exterior, tanto positivo como negativo, en la ciudad, en especial en la parte rural.

Durante los siguientes años, Cuenca también se va consolidando como un atractivo turístico internacional. El 12 de abril de 2007, en el ambiente creado por la celebración de los 450 años de fundación de la ciudad, y como parte de la agenda de la reunión de los Alcaldes de la Red de Ciudades Patrimoniales, Universitarias y Saludables, la Organización Panamericana de la Salud, declaró a Cuenca como ciudad saludable. Además, en enero de 2011, Cuenca fue declarada por la Asamblea Nacional del Ecuador como una ciudad universitaria, por la presencia de entidades como la Universidad del Azuay, la Universidad Politécnica Salesiana, a más de la ya famosa Universidad de Cuenca.

La ciudad está situada a 432 km por carretera al sur de Quito, capital de la República y a 191 km por carretera al este de la ciudad de Guayaquil, principal puerto ecuatoriano.

Se encuentra en la Región Interandina del Ecuador (Región Sierra) en la parte sur. Está dividida naturalmente en tres terrazas y subdividida en dos partes por el río Tomebamba, demarcando el Centro Histórico; en él se encuentra en la terraza media en donde se hallan sus majestuosas y vistosas iglesias, estrechas calles dominando el paisaje por las celestes cúpulas de la Catedral Nueva y, hermosas casas coloniales y republicanas hasta el "Barranco" accidente natural y límite entre el Centro Histórico y la parte moderna de Cuenca esto ya en la terraza baja en donde encontramos modernos edificios, barrios residenciales, centros comerciales y amplias avenidas, amplias áreas verdes.

Los cuatro ríos que la atraviesan se unen al noreste de la ciudad y forman el río Cuenca. Su plaza central está situada a 2.550 msnm. Los ríos y riachuelos del cantón

pueden desembocar en la cuenca del Jubones, que se dirige al Océano Pacífico, o a la cuenca del Paute, como es el caso de los cuatro principales ríos de la ciudad, y que desemboca en el río Amazonas.

1.7.10 Institución a aplicarse el estudio

Unidad Educativa La Asunción.

En octubre de 1963, la Comunidad de las Madres de la Asunción fundaron la Escuela –para niños y niñas– y el “Colegio Asunción” –sólo para señoritas– en la ciudad de Cuenca. La Institución se presentó como un centro de educación particular, dirigida a estudiantes de alta posición económica de la ciudad. Desde un comienzo, fue novedoso este proyecto educativo porque implementó métodos activos de enseñanza-aprendizaje acordes con las exigencias y necesidades de la época.

En 1973, el Colegio se transformó en Fiscomisional con Acuerdo Ministerial N° 1160 a fin de ampliar la cobertura de servicio. A partir de ese momento, se implantó el SISTEMA DE EDUCACIÓN PERSONALIZADA, modelo pedagógico de la Escuela Activa que respondía a los requerimientos de las últimas décadas del siglo XX.

En 1981, las Madres de la Asunción deciden subrogar la regencia de la Unidad Educativa a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede en Cuenca. En 1983, adquiere el carácter de EXPERIMENTAL. En octubre de 1988, el Colegio acoge a estudiantes de ambos sexos y se organiza como Unidad Educativa Mixta. En febrero de 1991 entra en vigencia el proyecto experimental “Nueva estructura y orientación del nivel medio dentro del sistema educativo”; se mantiene el sistema de educación personalizada, tanto en su filosofía como en su metodología y se adopta la modalidad de quimestres. Asimismo, se implementan las “guías de curso” que reemplazan a los inspectores de curso y dirigentes.

El 3 de abril de 2000, mediante el Acuerdo N° 026 emitido por la Subsecretaría Regional de Educación del Austro, adquiere la calidad de Unidad Educativa “La Asunción” integrada por la Escuela y el Colegio (Alcaldía de Cuenca, 2018) y en el año 2002 se implementa el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2000 y obtiene la Certificación el 26 de junio de 2006. En ese año se elabora y se aprueba un nuevo

Proyecto Educativo denominado “Reingeniería Curricular por Competencias en la Educación Básica y el Bachillerato en Ciencias de la Unidad Educativa La Asunción”; éste inicia durante el año lectivo 2006-2007, con un enfoque por competencias que responde a las necesidades del perfil del bachiller preuniversitario y de la sociedad del siglo XXI. Durante el 2007-2008, la Unidad Educativa “La Asunción” adquiere nuevamente el carácter de particular, adscrita a la Universidad del Azuay.

En la actualidad tiene aprobado un nuevo Proyecto Educativo Institucional de acuerdo con las referentes y normas curriculares del Ministerio de Educación.

1.8 Conceptos y Definiciones

Amenaza o peligro (A).- Es la posibilidad de que un evento potencialmente desastroso ocurra en cierto período de tiempo en un sitio determinado.

Riesgo Específico (Rs).- Es la cuantificación de los daños y pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento en función de la amenaza y la vulnerabilidad.

Elementos Expuestos a Riesgo (E). - Personas y bienes muebles e inmuebles públicos y privados expuestos en el tiempo y espacio determinado.

Riesgo Total (Rt).- Estimativo o cuantificación total de pérdidas totales o parciales en seres humanos y bienes materiales con la eventual ocurrencia del evento.

Una vez conocida la amenaza o peligro A_i , entendida como la probabilidad de que se presente un evento con una intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t , y conocida la vulnerabilidad V_e , entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto bien a ser afectado o de ser susceptible de sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento con una intensidad, el riesgo se puede entender como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento e , como consecuencia de la ocurrencia de un evento con una intensidad mayor o igual a i , $R_{ie} = (A_i, V_e)$.

Es decir, la probabilidad de exceder unas consecuencias sociales y económicas durante un tiempo y espacio determinado.

La organización de Naciones Unidas determina a la amenaza como peligro evento físico, potencialmente perjudicial, fenómeno y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.

Estos incluyen las amenazas inminentes que pueden derivar en futuras amenazas y/ o peligros, los cuales pueden tener diferentes orígenes: natural (geológico, hidrometeorológico y biológico) o antrópico (degradación ambiental y amenazas tecnológicas). Las amenazas pueden ser individuales, combinadas o secuenciales en su origen y efectos. Cada una de ellas se caracteriza por su localización, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad.

Gestión del riesgo de desastres. - Constituyen el conjunto de decisiones administrativas públicas o privadas autorizadas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas, estrategias y fortalecer sus capacidades a fin de reducir los daños que puede ocurrir por el impacto de las amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos consecuentes.

Esto incluye todo tipo de actividades, incluyendo medidas estructurales y no estructurales para evitar (prevención) o limitar (mitigación y preparación) los efectos adversos de los desastres.

Evaluación del riesgo. - Es el método para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de amenazas potenciales y evaluación de condiciones existentes de vulnerabilidad que pudieran representar una amenaza potencial o daño a la población, propiedades, medios de subsistencia y al ambiente del cual dependen. El método se basa en una revisión tanto de las características técnicas de amenazas, así tenemos: su ubicación, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad; así como en el análisis de las dimensiones físicas, sociales, económicas y ambientales de la

vulnerabilidad y exposición; con especial consideración a la capacidad de enfrentar los diferentes escenarios del riesgo.

Desarrollo sostenible. - Desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de cubrir sus propias necesidades.

Incluye dos conceptos fundamentales: “necesidades”, en particular aquellas inherentes a los sectores vulnerables, a quienes se debe dar prioridad; y la idea de “limitaciones” de la capacidad del ambiente para resolver necesidades presentes y futuras, impuestas por el estado de la tecnología y la organización social. El desarrollo sostenible se basa en el desarrollo sociocultural, la estabilidad y decoro político, el crecimiento económico y la protección del ecosistema, todo ello relacionado con la reducción de daños que puede darse por desastres sísmicos.

Vulnerabilidad estructural. - Consiste en la susceptibilidad que la estructura presenta frente a posibles daños en aquellas partes del establecimiento educativo que lo mantienen en pie incluso ante un sismo intenso. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas y losas.

Nivel de operación permanente. - El edificio permanece en condiciones aptas para su uso normal, aunque tal vez con algunas limitaciones. Todos los sistemas de abastecimiento y servicios básicos deben quedar operando. Para cumplir con este nivel, es necesario contar con sistemas redundantes o equipos de emergencia, y se requiere una inspección rigurosa de los sistemas eléctricos y mecánicos para garantizar su correcto funcionamiento después de que han sido fuertemente sacudidos.

Nivel de ocupación inmediata. - De no presentar daños o, únicamente se presentan daños muy limitados en la estructura y en los componentes no estructurales. Los sistemas resistentes a cargas laterales y verticales conservan casi toda la capacidad que tenían antes del evento. El daño no estructural es mínimo, de modo que los accesos y los sistemas de protección tales como puertas, escaleras, ascensores, luces de emergencia, alarmas contra incendio, etc., permanecen operacionales, siempre que se garantice el suministro de electricidad.

Podría presentarse la ruptura de vidrios y pequeños daños en conexiones o lámparas. Se espera que los ocupantes puedan permanecer dentro del edificio, aunque el uso normal del establecimiento podría estar limitado y se hace necesaria la limpieza e inspección.

En general, los componentes electromecánicos se encuentran seguros y deberán operar si se lo requiere. Algunos de estos componentes podrían quedar descalibrados o sufrir desalineamientos o daños internos que imposibilitan su uso. Podría haber falta de electricidad, de agua, problemas con las líneas de comunicación y tuberías de gas. El riesgo de lesiones severas es bajo y el edificio puede ser ocupado; sin embargo, es posible que no sea apto para su funcionamiento normal hasta que se hayan efectuado reparaciones.

Nivel de protección de la vida. - Constituye el estado post-sísmico en el cual se presenta daño significativo en la estructura, aunque se cuenta con un cierto rango de protección contra el colapso parcial o total.

El daño es mayor que en el caso anterior. La mayoría de los componentes estructurales y no estructurales no han caído, y por lo tanto no constituyen una amenaza dentro o fuera del edificio.

Las rutas de evacuación permanecen operacionales, aunque limitadas por acumulaciones de escombros no significativas. Se pueden presentar heridos durante el sismo, pero se espera que las lesiones no sean de magnitud tal que puedan cobrar la vida de los afectados. Es posible reparar la estructura, aunque en algunos casos esto podría resultar poco práctico desde el punto de vista económico.

Nivel de prevención del colapso. - El daño post-sísmico es tal que la edificación puede sufrir un colapso parcial o total como consecuencia de la degradación de la rigidez o de la resistencia del sistema portante ante las fuerzas laterales, la deformación lateral permanente de la estructura o la disminución de su capacidad para soportar cargas verticales. No obstante, todos los componentes básicos del sistema resistente a cargas gravitacionales pueden continuar funcionando y, aunque el edificio puede mantener su estabilidad, existe un riesgo grave de heridos debido a la caída de objetos.

Es probable que no sea práctico reforzar la estructura, y el edificio no es seguro para su ocupación inmediata, puesto que las actividades consecuentes pueden inducir su colapso.

Dejo entrever en este capítulo, que la tesis se proyecta al estudio de una obra física específicamente de su estructura, siendo necesario conocer primero su contexto, como la historia, geografía y asentamientos humanos que posee el cantón Cuenca, para así tener una referencia ciertos aspectos y desarrollar brevemente una búsqueda elemental y relevante; además se detalla los objetivos generales y específicos trazados y cumplidos para el desarrollo de este trabajo de titulación, todo este procedimiento se realizará con una metodología de evaluación de amenazas que son apoyadas en mapas de riesgos y entrevistas a funcionarios de la unidad educativa, para luego continuar con los procesos especificados en cada capítulo.

En primera instancia se procedió a levantar la información básica del área de estudio como límites y extensiones territoriales, población, información de las hidrografías, suelos, entre otras. Se definieron conceptos básicos que se presentaran a lo largo del estudio de todo el trabajo para conocimiento general y así tener una idea clara de estas percepciones.

CAPÍTULO II

LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Como es lógico y de acuerdo a las normativas todo proyecto, diseño, estudio o evaluación referente a la construcción de obras civiles se debe contar con información esencial antes o después de la construcción de la obra sea de manera física o digital. Para realizar este trabajo de evaluación estructural del bloque principal de la Unidad Educativa La Asunción, se logrará cuantificar las amenazas y vulnerabilidad de la edificación, la misma que está ubicada en la parroquia Yanuncay, el cantón Cuenca, provincia del Azuay, se ha tenido que recurrir a varias fuentes, como es información primaria de tipo: arquitectónico, estructural, hidrosanitario, eléctrico, líneas vitales, entre otras. Mientras que para la recopilación de información complementaria o secundaria y su respectivo análisis: se realizaron: registros fotográficos y visual de la instalación, además se conoció las amenazas externas para así realizar los mapas generales de riesgos, apoyándome con información obtenida de la Secretaría de Gestión de Riesgos y demás instituciones afines que mantienen información al respecto; se aplicó encuestas (Calle, 2013), entrevistas para identificar riesgos específicos de la unidad educativa, dirigida al personal de planta que labora en la institución, se realizó ensayos no destructivos (END) para conocer resistencia del hormigón, armado de hierros y ultrasonido para conocer las fisuras. Se obtuvo información de planos arquitectónicos, estructurales, líneas vitales mediante la coordinación con la secretaria de la Institución.

La autorización y trámites se dieron a través del Arquitecto Leonardo Bustos que brindó todas las aperturas y ayudas pertinentes.

Con toda esta información se ha podido analizar y señalar que es necesario el levantamiento de información de las amenazas y riesgos que afectan a la unidad educativa.

2.1 Recopilar información arquitectónica y de ingeniería

- Nombre de la institución: Unidad Educativa “La Asunción”.
- Categoría/Tipo: A.
- Dirección: avenida 24 de mayo.
- Servicios que brinda: educativa.
- Equipamiento/Unidades: Jardín, Escuela, Colegio y Universidad
- Personal: docente administrativo y estudiantes.

El área de construcción es de 3965 m² que se encuentra distribuida en 11 plantas en total distribuidas en 2 bloques.

2.2 Aplicación con Dron

El Dron o vehículo aéreo no tripulado (*Unmanned Aerial Vehicle, UAV*), su uso comenzó en la década de los 90, después se usó el término vehículo aéreo pilotado remotamente (*Remotely Piloted Vehicle, RPV*) y así un sin número de terminologías que ha recibido hasta llegar finalmente al nombre conocido como Dron (1930-1940). Los avances más significativos para el desarrollo del Dron fueron y son en el campo de la guerra con sistemas más sofisticados con control de navegación y control de giro, sistema autónomo de control de vuelo y sensores para su navegación, gracias a estas tecnologías novedosas y de constante evolución se ha llevado al campo civil y uso profesional. Todo esto lleva a otro punto el uso y control de aeronaves no tripulados mediante reglamentos y leyes que dependerán del espacio aéreo y de cada estado. El principal ente regulador es la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) y las normativas nacionales que rigen en el país (Villota, 2016)



Figura 1. Dron Phantom

Las principales tipologías de aeronaves no tripuladas son dos: las civiles y las de uso militar, estas últimas tienen un desarrollo y madurez de alto grado. Por otro punto las de uso civil poseen sistemas de ala rotatoria que son las más generalizadas y superan ampliamente a otros sistemas, sus costos llegan a ser significativamente bajos partiendo desde la fabricación, mantenimiento y operación traduciendo en un ahorro. Dentro del campo de ingeniería civil, el principal uso es en aplicaciones cartográficas para el manejo de datos y su elaboración mediante programas CAD y Sistemas de Información Geográfica, derivado de esto es la fotogrametría determinar propiedades geométricas a partir de fotografías obteniendo información bidimensional del área analizada.

Por ello, el uso del Dron ha servido en este trabajo para obtención de ortofotos y pendientes. Como se puede observar en los siguientes Figuras.



Figura 2. Foto área con dron



Figura 3. Foto aérea



Figura 4. Foto aérea



Figura 5. Foto aérea



Figura 6. Modelo 3D procesado de la "Unidad Educativa La Asunción"

Fuente: (Universidad del Azuay, 2018)

Una vez obtenida una retrospectiva de la historia y conceptos de la aplicación del dron, se procede al uso del equipo un Phantom de tercera generación para realizar un control visual y poder obtener las ortofotos y video y así poder analizar los riesgos y fallas específicas que son propias de la unidad educativa. Recogidos los datos se exportan a software especializado, se realizará el procesamiento fotogramétrico creando una nube de puntos con coordenadas X, Y, Z, crean un modelo con orto imágenes georreferenciadas. Obtenido el Modelo Digital de Terreno (DTM por sus siglas en español) se podrá exportar a programas para una obtención de diferentes factores por ejemplo curvas de nivel, elevaciones o pendientes, otro uso es la exportación a programas SIG para manejar información geográfica. Como resultados finales es la representación del espacio geográfico mediante la escala y los métodos de proyección, permite la creación de mapas de elevación, mapas topográficos y usos del suelo, entre otras.

La ejecución del vuelo se siguió a través de un procedimiento:

- Revisiones del equipo, accesorios y repuestos del dron.
- Planificación del Vuelo que depende de varios factores como altura y velocidad de vuelo, el clima (nubosidad), distancias entre pasadas.
- Tomar puntos de apoyo como las coordenadas de GPS, altura (m.s.n.m).
- Datos del Vuelo, se sistematiza en la siguiente ficha:



Figura 7. Ortofoto

Fuente: Foto aérea con Dron

INFORME:

Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images: 176

Flying altitude: 28.1 m

Ground resolution: 1.02 cm/pix

Coverage area: 0.01 km²

Camera stations: 176

Tie points: 65,265

Projections: 544,631

Reprojection error: 0.988 pix

FC300X (3.61 mm)

176 images

Resolution Focal Length Pixel Size Precalibrated

4000 x 3000 3.61 mm 1.56 x 1.56 μm No

Type: F:

Cx: B1:

Cy: B2:

K1: P1:

K2: P2:

K3: P3:

K4: P4:

Frame

0.55673

3.6029

-0.00414374

-0.0228491

0.0536951

-0.0237068

2312.74

-5.66214

0.411077

9.40934e-05

-0.000335700



Figura 8. Ortofoto Nro. 2

Fuente: Foto aérea con dron

INFORME

Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X, Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (cm) Y error (cm) Z error (cm) XY error (cm) Total error (cm)

59.6077 62.1992 45.1102 86.15 97.2458

Table 2. Average camera location error.

2.3 Información visual de la unidad educativa



Figura 9. Unidad Educativa "La Asunción"

Fuente: El autor

La información se recopiló de diferentes maneras para la obtención de datos, la principal fue un registro fotográfico de todas las instalaciones internas como: aulas, oficinas, laboratorios, baños, cielos rasos, entre otras. En relación a las instalaciones externas se tomó en cuenta lo principal de las fachadas, losas, mampostería perimetral, debido que aquí todas las instalaciones de líneas de comunicación concurren en este bloque, hay que tener un cuidado especial, conocer la distribución de las tuberías, y bombas, cisternas, graderíos, zonas de evacuación, toda esta infraestructura proporciona una excelente fuente de información y datos primarios para su posterior proceso de análisis y valoración.

2.4 Información arquitectónica y de ingeniería

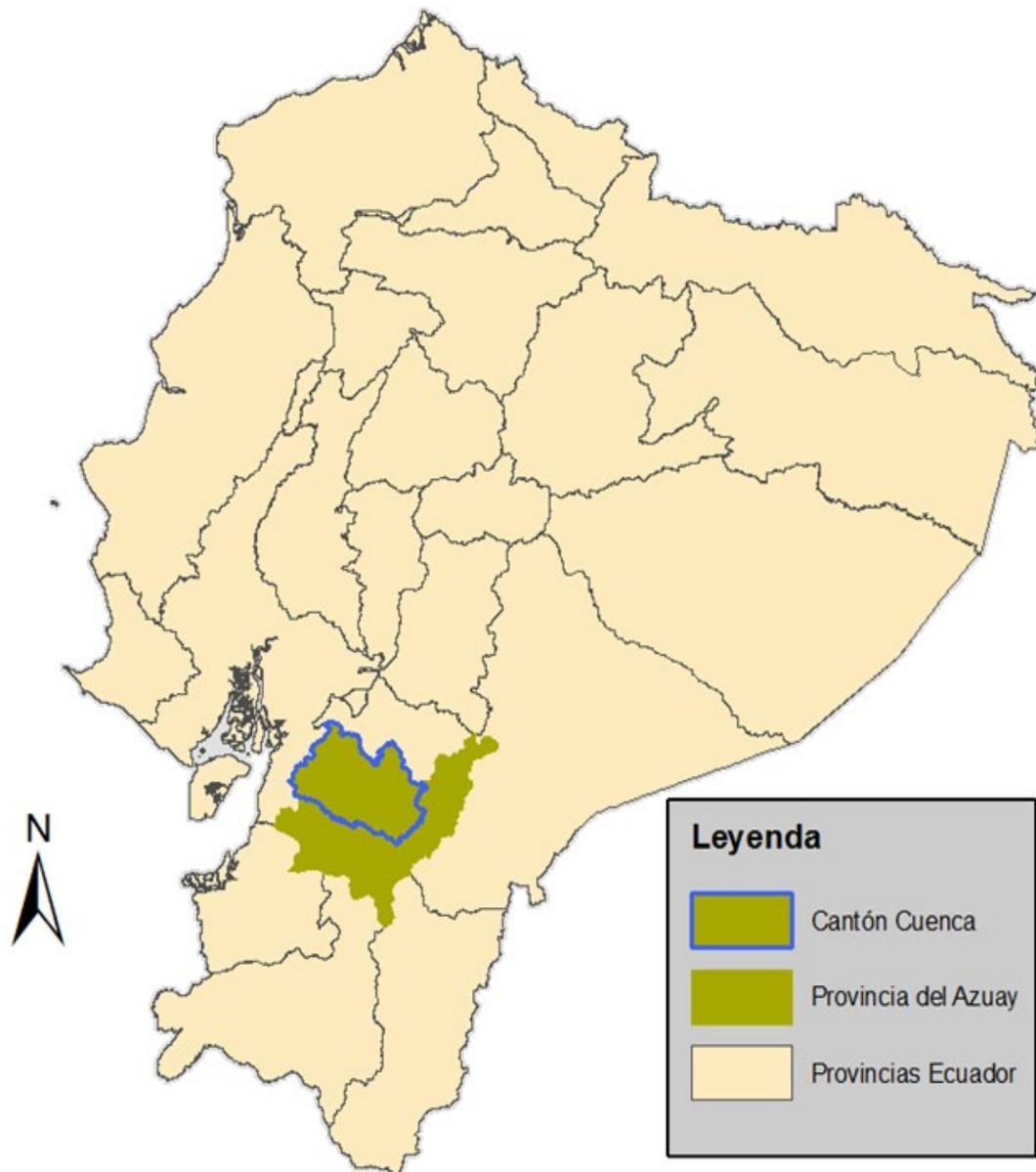
La información arquitectónica ha sido trabajada en base a los planos estructurales que fueron facilitados por el área de secretaría y bodega de la Institución. En la construcción de la edificación se respetaron los diseños, sin realizar modificaciones ni cambios a los mismos, constituido por sus bloques de diez plantas, bloques ya especificados. Los miembros estructurales principales como: vigas, columnas, losas macizas y zapatas son de hormigón armado fundidas in situ, la mampostería son muros portantes, etc.

A medida de seguridad se procedió a la toma de medidas con el uso de un flexómetro para comprobar algunos elementos arquitectónicos de las caras de columnas, anchos de columnas y muros, entre otros. Las únicas variantes que se presentaron fue el espesor del enlucido y colocación de cerámica en paredes y columnas lo cual aumenta su espesor obviamente.

Con respecto a la información de ingeniería, se consiguieron los planos estructurales los cuales detallan las secciones, cotas, armados de acero transversal y longitudinal de las vigas, losas, columnas las planillas de los hierros, el dimensionamiento de los cimientos (zapatas) y plintos, el detalle de las escaleras, detalles de armados como los volados en losas y vigas perimetrales, la separación de juntas de dilatación de cada bloque.

Se examinaron los planos de líneas vitales, las instalaciones de las mismas dentro del edificio, retirando en ciertos sectores el cielo raso para poder observar y fotografiar las tuberías de agua, medir sus diámetros para comprobación, como las instalaciones eléctricas su estado.

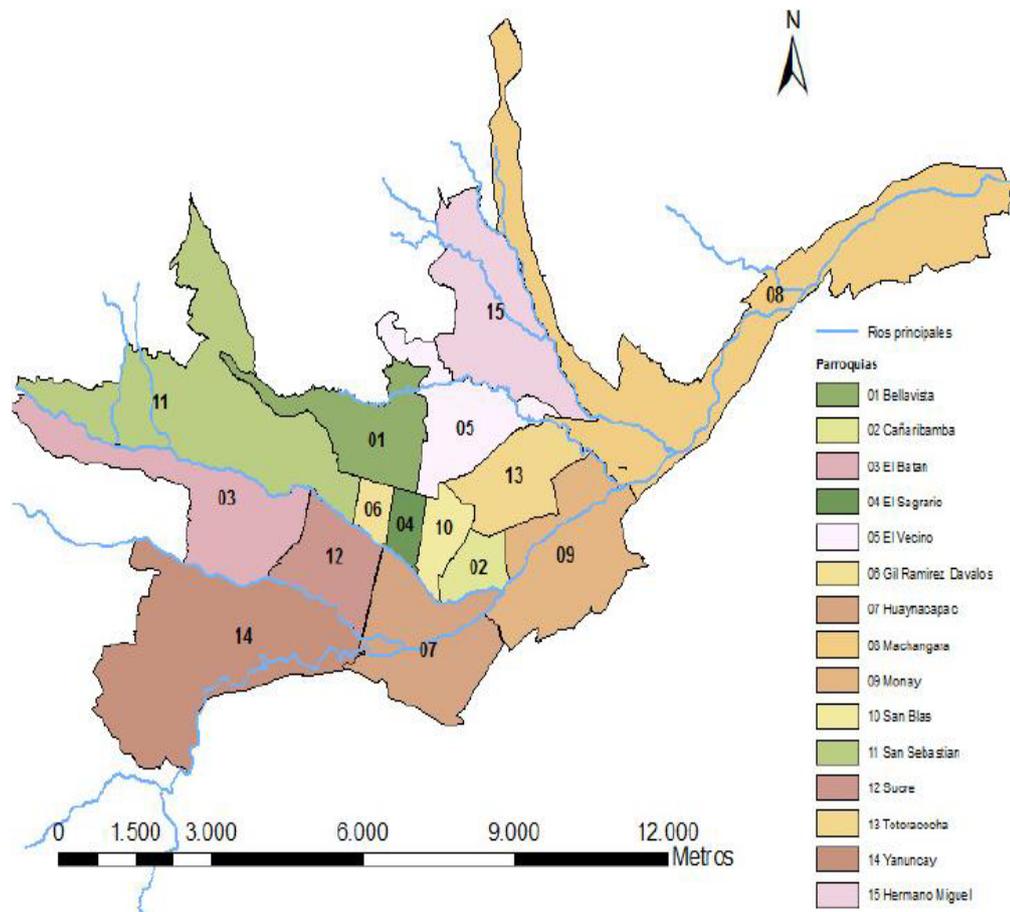
Unas de las principales áreas fueron las losas macizas, ya que estas sirven de cubierta y en ellas se encuentran las instalaciones de energía eléctrica y agua potable.



Mapa 3. Mapa general de ubicación de Cuenca

Fuente: (Cuenca U. D., 2018)

Los siguientes mapas representan las divisiones geográficas y administrativas del territorio. Ayuda a obtener una visión general de las divisiones políticas del cantón Cuenca.



Mapa 4. División geográfica de Cuenca

Fuente: (Cuenca U. D., 2018)

2. 5 Información de mapas de riesgos generales y riesgos específicos

Debido a que toda sociedad es vulnerable a fenómenos naturales, generando consecuencias que producen peligros y riesgos que a su vez se derivan en emergencias o desastres naturales, es necesario conocer estos riesgos que afectan y destruyen obras, bienes, servicios o pérdidas humanas en el peor de los casos. Estar al tanto de los riesgos y entenderlos es una prioridad, por esta razón se procede a la recopilación de esta información de manera digital a través de la SGR (Secretaría de Gestión de Riesgos) y también del SNI (Sistema Nacional de Información), para la elaboración de mapas de riesgos.

2.5.1 Mapas de riesgos generales

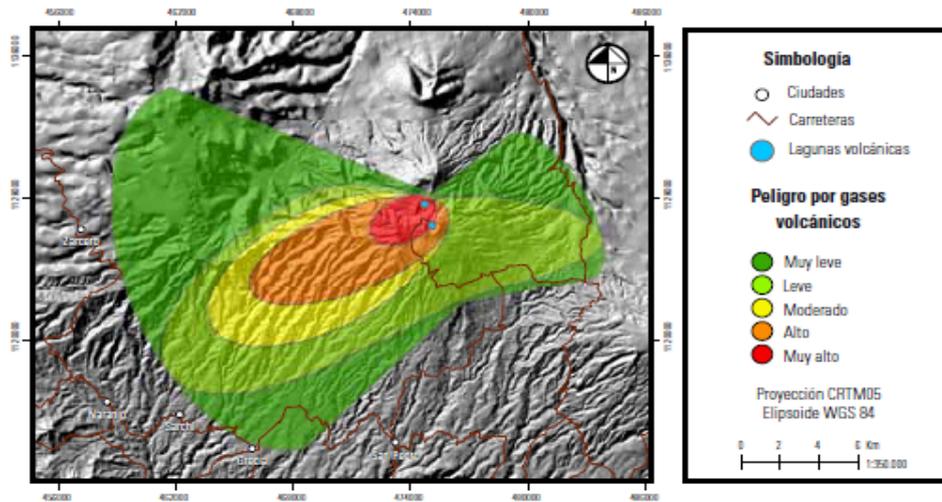
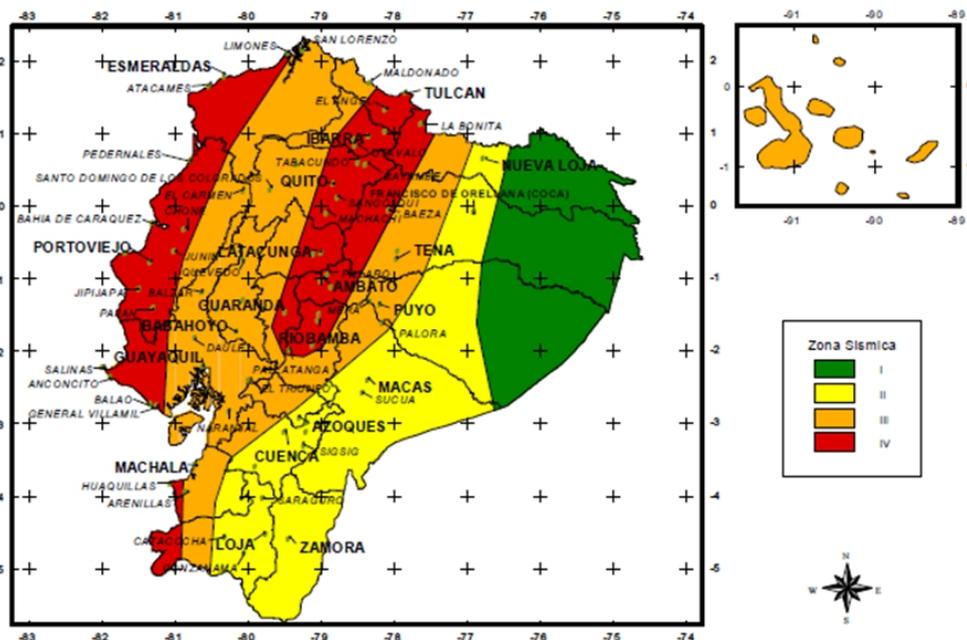


Figura 4. Peligro de acidificación por gases volcánicos.
 Datos: base cartográfica *Atlas digital de Costa Rica* (Escuela de Ingeniería Forestal 2008).
 Nota: el cráter principal es el que se encuentra emanando gases (laguna ubicada más al norte) y el cráter Botos no presenta actividad de este tipo (laguna sur).

Mapa 5. Mapas de riesgos generales

Fuente: (Azuay U. d., 2018)



Mapa 6. Mapa de zonas sísmicas

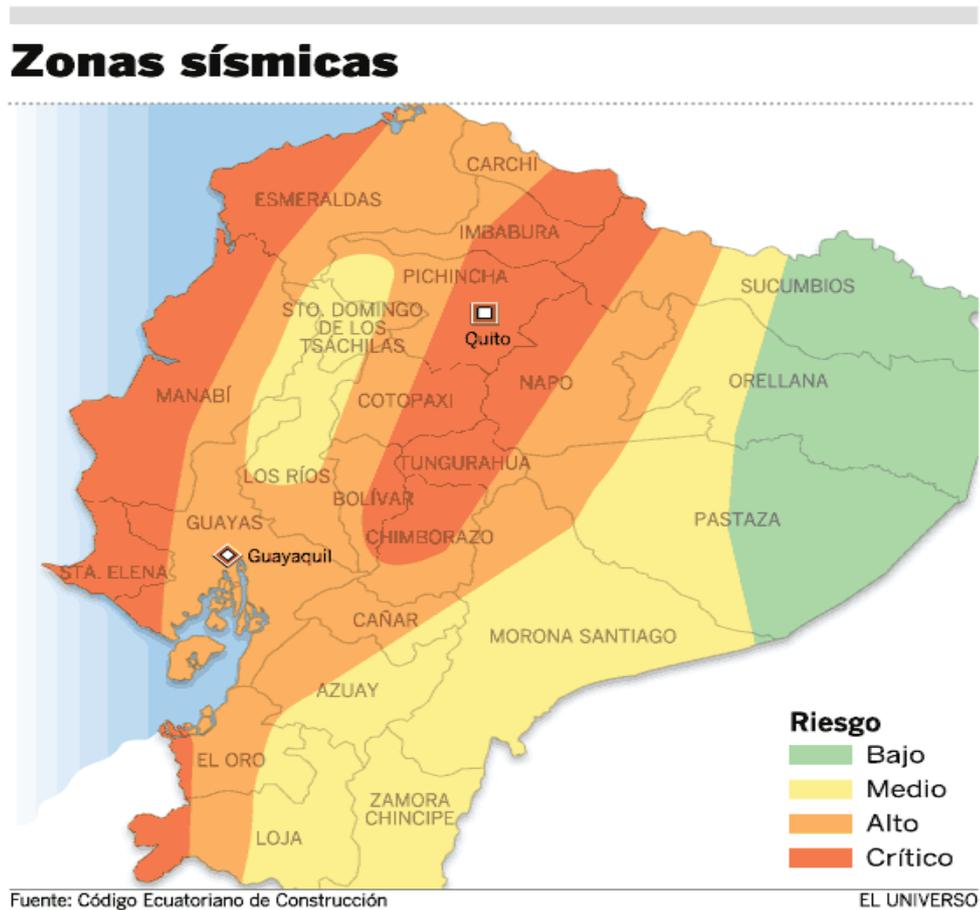
Fuente: (Noticias, 2018)

Básicamente son los riesgos provenientes de la naturaleza que son identificados y son de alguna manera recurrentes en el cantón Cuenca, el mismo que está

permanentemente expuesto a varios fenómenos naturales causantes de catástrofes. Para la elaboración de los mapas se utilizó Sistemas de Información Geográfica (SIG), que nos sirve para la modelización de datos obtenidos para procesar y elaborar los mapas.

2.5.2 Mapa de amenaza sísmica

Es de conocimiento general que el Ecuador se encuentra en una zona de alto peligro sísmico y es necesario conocer las diferentes zonas de peligro sísmico, especialmente donde se encuentra la institución, por esta razón se procede a la elaboración del mapa.



Mapa 7. Mapa de zonas sísmicas

Fuente: (Univero, 2018)

2.5.3 Peligrosidad sísmica (peligro sísmico)

Es la “Probabilidad de excedencia, dentro de un período específico de tiempo y dentro de una región determinada, de movimientos del suelo cuyos parámetros aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad son cuantificados.” El mapa de amenaza sísmica sirve para identificar el peligro que se encuentra y ante esta realidad se analiza la ubicación de la unidad educativa que permita analizar la amenaza sísmica que se encuentra expuesta en función de los antecedentes o datos históricos de sismos que han ocurrido en la zona.

2.5.4 Mapa preliminar de zonas de amenazas por movimientos en masa descripción general – Movimientos en masa

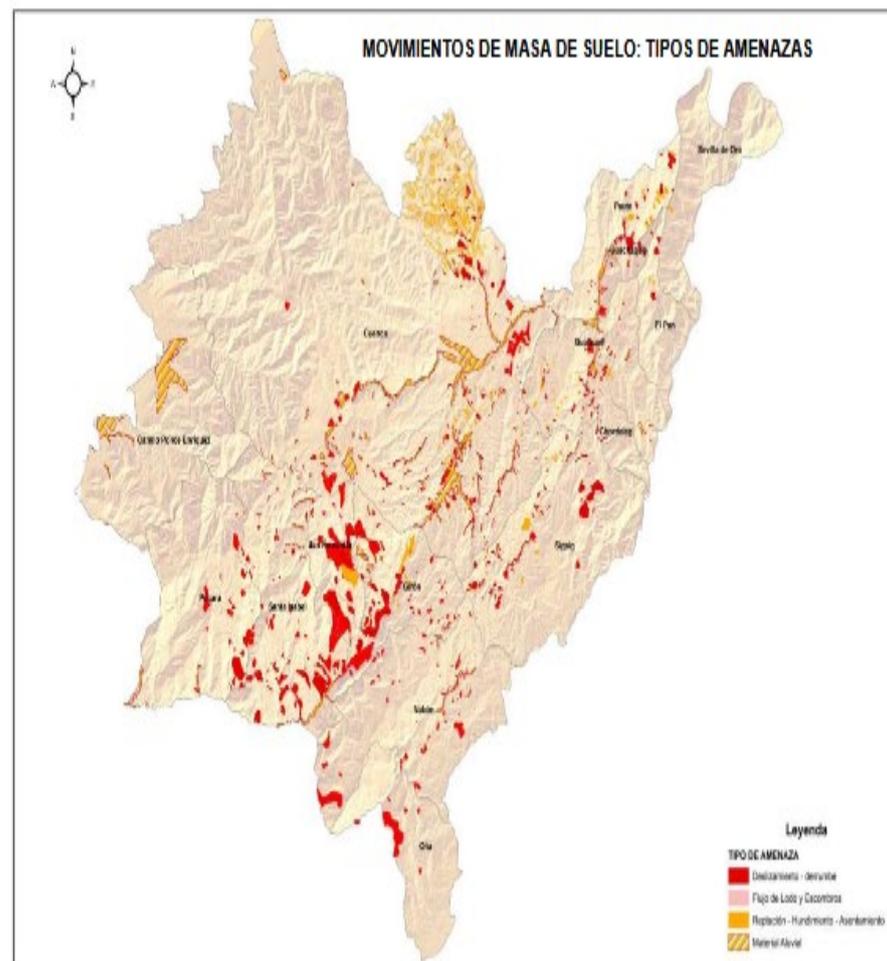
El “Movimiento en masa, es un fenómeno natural, definido como el movimiento pendiente abajo, lento o súbito de una ladera, formado por materiales naturales, roca, suelo, vegetación, rellenos artificiales o una combinación de estos. Se presentan sobre todo en la época lluviosa o durante períodos de actividad sísmica causando serios daños materiales y pérdida de vidas. El término movimiento en masa hace referencia a desplazamientos de terreno y no incluye los procesos erosivos denudacionales (Vargas, 1999).”

Unas de las principales fuentes de desastres en el Ecuador son debido a los movimientos de masa los cuales se presentan de manera recurrente, principalmente en zonas que son de altura considerable o con pendientes pronunciadas en región andina, oriente y las cuencas de la zona costa, causado por la precipitación en cierto periodo invernal.

Debido que en el Ecuador es sector montañoso los deslizamientos de tierra son bastante comunes por factores como pendientes del terreno, que no posee suficiente vegetación que permita oponer resistencia a fuertes precipitaciones, dependerá de las características del suelo poco estable de la zona, sismos y geología inestable. Con la ayuda del mapa se identificará las zonas por amenaza de movimientos de masa, así se logrará tener un plan de mitigación y control para desastres.

2.5.5 Mapa preliminar de zonas seguras, por movimientos en masa

Las principales zonas seguras especificadas en el mapa van a ser centros educativos como: escuelas y colegios, los albergues también se encuentran especificados en el mapa todo esto ante la amenaza por movimientos de masa. Ubicados estos puntos seguros ante una posible amenaza, ya que aquí las personas encontrarán refugio por cualquier catástrofe, conociendo las 3 zonas de seguridad que dependerán de: procesos de geodinámica externos intensos, zonas de inestabilidad física, zonas muy tectonizadas y con intensa intervención antrópica.



Mapa 1.1.7.A-MOVIMIENTOS DE MASA DE SUELO
Fuente: ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y
RIESGO POR MOVIMIENTOS DE MASA

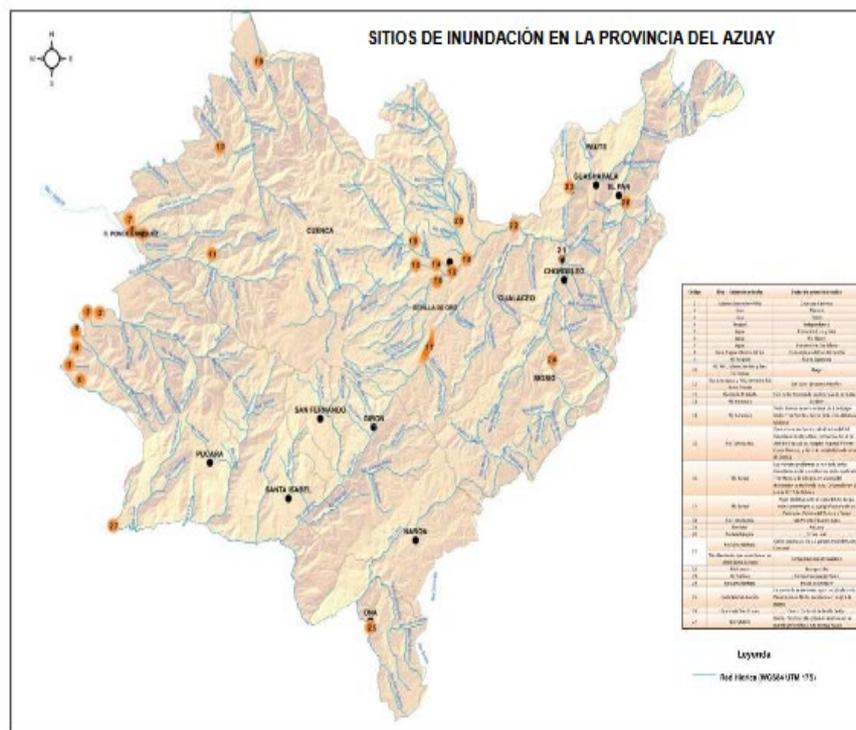
Mapa 8. Mapa movimientos de masa de suelo

Fuente: (Azuay G. P., 2018)

2.5.6 Mapa preliminar de zonas propensas a inundaciones descripción general - Inundaciones

“Las inundaciones son un evento natural que se genera por fenómenos meteorológicos o hidrológicos. Se producen principalmente por lluvias intensas o prolongadas que sobrepasan la capacidad de retención e infiltración del suelo.”

En la zona de Cuenca no es la principal amenaza ya que su periodo de recurrencia es anual, únicamente se dan inundaciones parciales por desbordamiento, en la estación de lluvias (época de invierno) donde las precipitaciones alcanzan alturas considerables, las pendientes también influyen como en ciertos sectores donde son pronunciadas.



Mapa 2.1.7.8-SITIOS DE INUNDACIÓN
Fuente: ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGOS 2012, UNIDAD DE RIESGOS DEL G.P.A.
Elaboración: DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN G.P.A.

Mapa 9. Mapa de zonas de inundación

Fuente: <https://lh3.googleusercontent.com/qnDB4yHgnhXpPQxRL1zA2GssMCVNazHxOgt1pEJUSnH-a0LZWjIyACBHKdIDW4uK34e-g8=s152>

2.5.7 Mapa de riesgos específico inundación

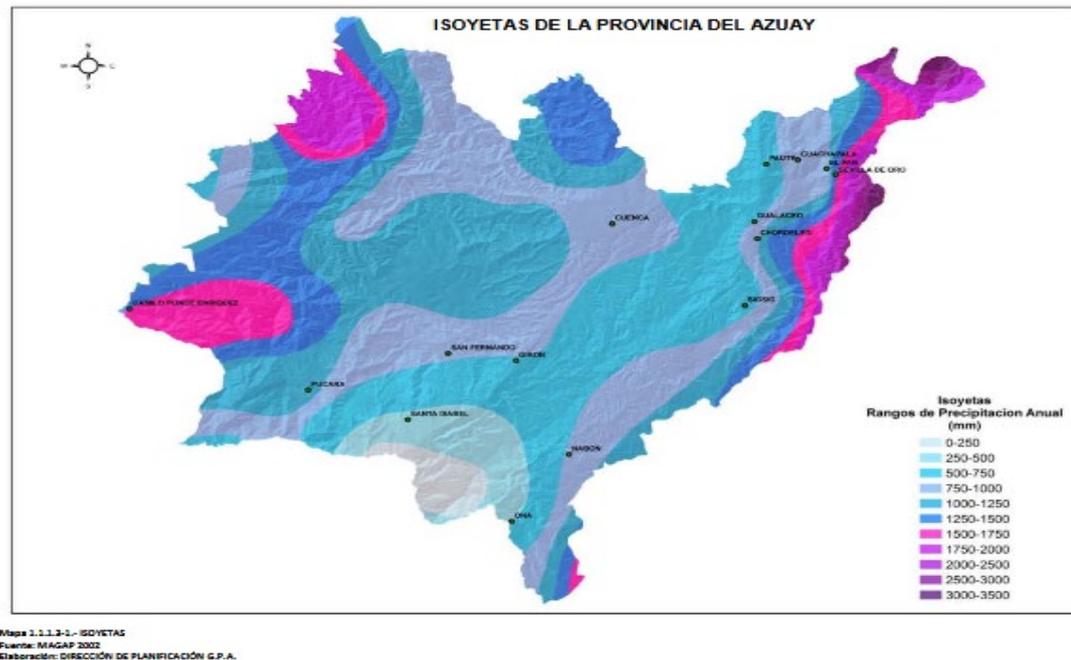
En los mapas de amenazas generales ya se habló del peligro de inundación causados por las precipitaciones especialmente en época de invierno, la afectación a la institución no tiene área de influencia.

2.5.8 Mapa preliminar de zonas seguras, propensas a inundaciones

Las principales zonas seguras especificadas en el mapa van a ser centros educativos como: escuelas y colegios, los albergues también se encuentran especificados en el mapa, todo esto ante la amenaza por inundación. Ubicadas estos puntos seguros ante una posible amenaza, ya que aquí las personas encontrarán resguardo por cualquier catástrofe, conociendo las 3 zonas de seguridad que dependerán de la inestabilidad física evidenciada y comprobada en la ocurrencia de procesos de inundación por desbordamiento de ríos y zonas de acumulación de agua.

2.5.9 Mapa de isoyetas

Es de importancia conocer las isoyetas que se presentan en Cuenca, tener presente las precipitaciones en una unidad de tiempo. Esto ayuda especialmente en época de invierno donde las lluvias afectan cada año a los poblados del cantón.



Mapa 10. Isoyetas

Fuente: <https://lh3.googleusercontent.com/3VoTDLQK1Sunok0OwyfCY3Z2BEkfKvDVL5236TpqGqeoSB7-Vdh-sSOz3hbiYbO3isde9Q=s152>

2.5.10 Mapa de isotermas

El mapa de Isotermas proporciona información sobre la temperatura de la ciudad de Cuenca en época de verano e invierno especialmente en estación de sequía o invierno cuando alcanza temperaturas elevadas, ya que su ubicación está en el centro-sur del Ecuador.

2.5.11 Mapas de riesgos específicos

Los riesgos específicos se refieren a los peligros del entorno de la unidad educativa, estas amenazas pueden ser provenientes de fenómenos naturales, instalaciones de equipos o maquinaria, epidemias, sociales, fuga de materiales peligrosos, explosiones, entre otras. Estos riesgos ocasionan un bajo o alto nivel de defunciones, otros en cambio pueden afectar las instalaciones y comprometer la seguridad del edificio y sufrir daños en su estructura, estos riesgos si no son prevenidos o controlados causan daño, por eso se debe tomar las medidas pertinentes para evitar o disminuir su grado de afectación.

2.6.1. Inspección visual

Es la primera actividad a realizar, a simple vista no se observan fisuras, desprendimientos de enlucidos, etc.

2.6.2. Esclerómetro

Es el instrumento más utilizado para medir la resistencia del hormigón ($f'c$); su funcionamiento se basa en una pesa tensada con un muelle, la misma que es lanzada contra el hormigón y mide el rebote.

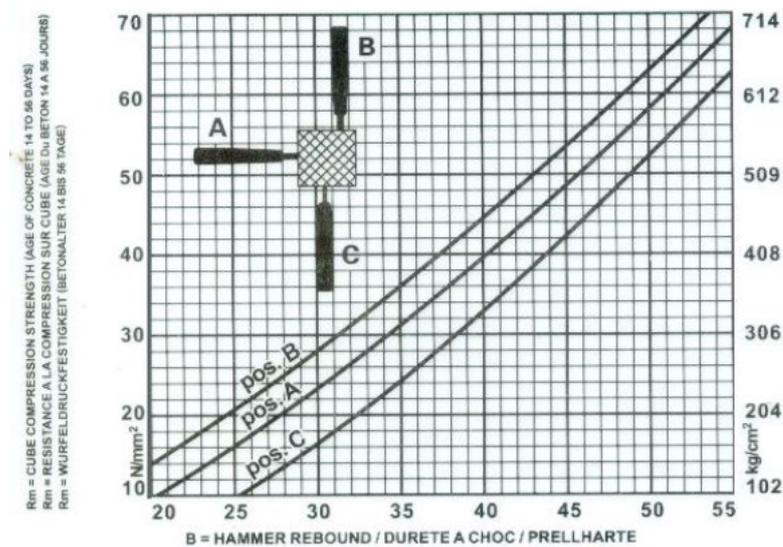


Figura 10. Curva para resistencia del hormigón.

Fuente: Resistencia del hormigón mediante esclerómetro

Los elementos estructurales medidos mediante el uso del esclerómetro fueron las losas, vigas y columnas; cuyas superficies deben ser planas y libres de recubrimiento para así obtener un resultado más fiable.

Obteniéndose así una resistencia promedio a compresión del hormigón ($f'c$) de 300 Kg/cm².



Figura 11. Detección de resistencia del hormigón

Fuente: El autor

2.6.3. Detector de armaduras

Esta herramienta utiliza un sistema de inducción de pulsos, con la finalidad de localizar el acero de refuerzo tanto longitudinal como vertical en los elementos estructurales, se pueden obtener datos no tan precisos pero admisibles como diámetros de las varillas, el espaciamiento y ubicación de las mismas. Se utilizó principalmente para determinar la distribución de estribos en las columnas, así como el diámetro de los aceros transversales y longitudinales.



Figura 12. Detección de armaduras

Fuente: El autor

2.7 Características geotécnicas del suelo

Los datos fueron obtenidos de un estudio de suelos realizado en el año 2014, el mismo que fue solicitado por la Universidad del Azuay y facilitado para la realización de esta investigación.

El subsuelo a nivel de desplante del proyecto está conformado por dos estratos, uno fino cohesivo y uno grueso friccional.

De donde se obtiene que la capacidad admisible del suelo (q_{adm}) es:

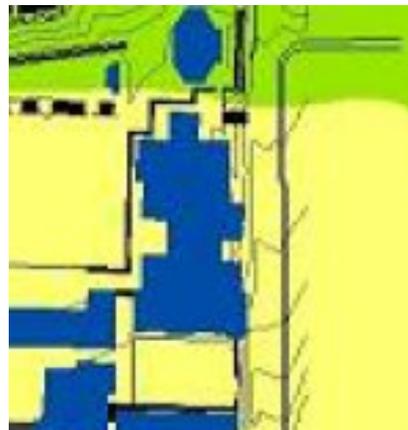
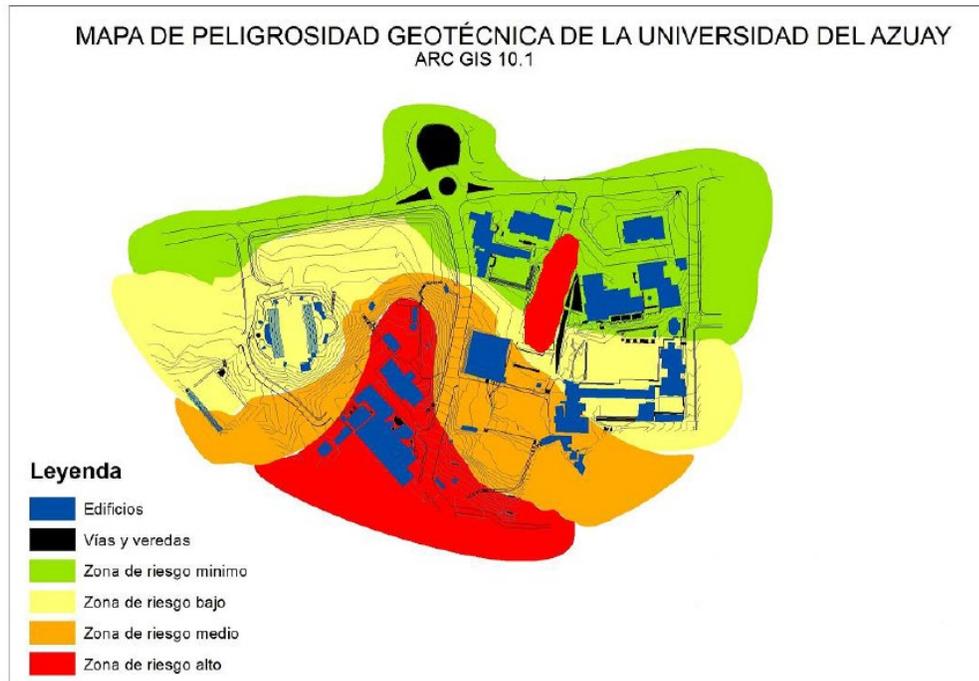
Para cuando se cimente sobre suelo fino, clasificado como CH arcillas de alta compresibilidad.

$$q_{adm} = 1.49 \text{ Kg/cm}^2$$

Para cuando se cimente sobre suelo grueso, clasificado como GC gravas arcillosas.

$$q_{adm} = 2.34 \text{ Kg/cm}^2$$

MAPA DE PELIGROSIDAD GEOTÉCNICA



Mapa 12. Mapa de peligrosidad geotécnica de la Universidad del Azuay

Fuente:

https://lh3.googleusercontent.com/53R6j1q3gGbfIgrTINmI1_c1G_4aPH3S3iR3LWQhcl3ERUMSjflcj1JW0HRU9YO2ZMWWCc=s152

2.7.1 Determinación del índice de seguridad de la estructura de ocupación especial en las áreas estructurales y las no estructurales

Las Funciones de Planeación, Programación, Ejecución y Evaluación de las construcciones escolares públicas serán rectoradas y coordinadas por las Unidades designadas por el Ministerio de Educación de acuerdo a su nivel de competencia: División de Infraestructura Escolar y División General de Educación y Delegaciones.

Los Establecimientos Escolares de dependencia privada deberán contar con el correspondiente aval para su funcionamiento, extendido por el Ministerio de Educación por medio de las instancias correspondientes como son: Dirección General de Educación y Delegaciones a través del Departamento de Centros Privados y Subvencionados y la División de Infraestructura Escolar.

La Planeación de las construcciones escolares estará basada en:

- A.- Último censo poblacional y vivienda realizado por INEC
- B.- Inventario de establecimientos escolares del MINED
- C.- Estadísticas educativas del MINED
- D.- Estudios realizados por autoridades o Gobiernos municipales y/o regionales.

En la planeación de las construcciones escolares se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- A.- Capacidad instalada: se determinará del análisis de la infraestructura existente tomando en cuenta el estado físico de los inmuebles, número y tipo de ambientes y turnos de operación de estos inmuebles.
- B.- Construcción nueva: se deberá construir nuevo edificio para nuevos establecimientos escolares cuya demanda se justifique a través de los estudios adecuados de factibilidad.
- C.- Ampliación: previa evaluación, se completarán los establecimientos escolares existentes con los espacios faltantes de acuerdo con la norma.

2.7.2 Normas y criterios para el diseño de Establecimientos Escolares

A.- Estructura educativa aprobada, para garantizar la operación integral del establecimiento escolar.

B.- Reemplazo: Infraestructura Escolar que haya iniciado operaciones en sitios que no cumplen las condiciones o inadecuados para la función.

C.- Reparación o rehabilitación: atención de aquellos Establecimientos Escolares que se encuentran en malas condiciones físicas con el fin de no disminuir la capacidad instalada.

Cuidado y Mantenimiento Preventivo: Acciones correctivas para garantizar la vida útil del establecimiento escolar.

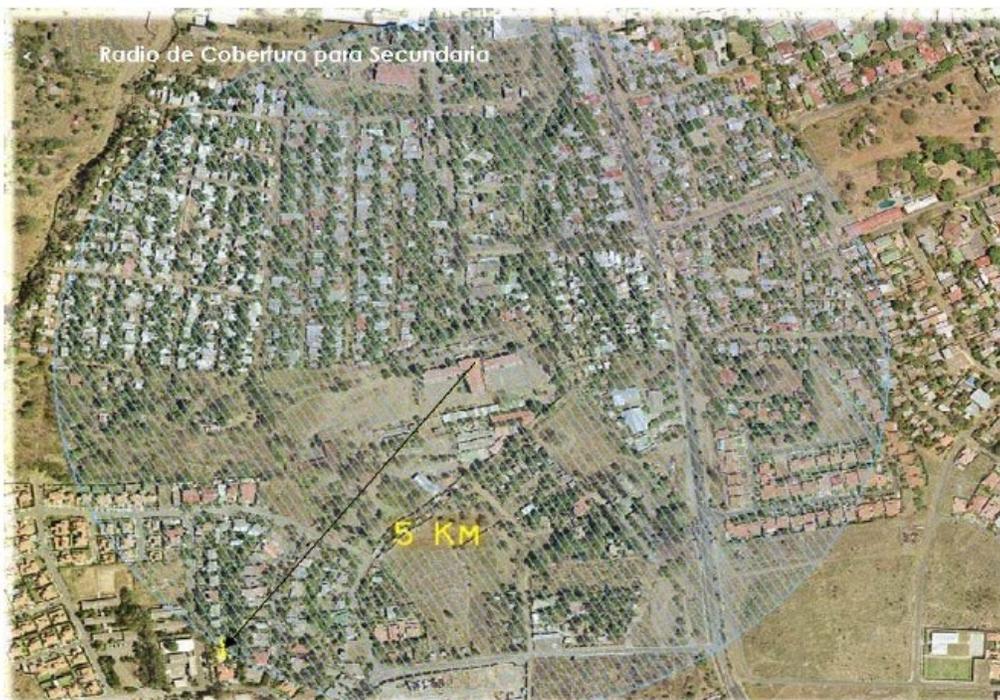


Figura 13. Radio de cobertura

Fuente:

https://lh3.googleusercontent.com/AHVHeg6xB9ytl4Z4bVrXq6FS3frZE1icyrF6JDoQvVA8sPErCcAbKjHLAhCADKpRInNpi_0=s101

2.8 Información general del establecimiento de educación

Nombre del Establecimiento: Unidad Educativa “La Asunción”

Dirección: Avenida 24 de mayo Cuenca

Teléfono: 072816998.

Página web: www.laasuncion.@.edu.ec

Número total de Aulas: 53 entre aulas y áreas administrativas.

Descripción de la Institución:

La Unidad Educativa “La Asunción” se encuentra dentro del campus de la Universidad del Azuay en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay.

Distribución Física:

Planta baja: Corresponde al área administrativa.

Primera planta alta: Corresponde a 5 aulas.

Segunda planta alta: Corresponde a 4 aulas más baños para hombres y mujeres.

Tercera planta alta: Corresponde a 5 aulas.

Cuarta planta alta: Corresponde a 4 aulas más baños para hombres y mujeres.

Quinta planta alta: Corresponde a 5 aulas.

Sexta planta alta: Corresponde a 4 aulas más baños para hombres y mujeres.

Séptima planta alta: Corresponde a 5 aulas.

Octava planta alta: Corresponde a 4 aulas más baños para hombres y mujeres.

Novena planta alta: Corresponde a 4 aulas más cubierta.

Décima planta alta: Corresponde a 5 aulas más baños para hombres y mujeres, y cubierta.

CAPÍTULO III

AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE ESPECIFICA LA NORMA

Para el diseño de cualquier estructura de ocupación especial siempre se considerarán las cargas que actúan en acción directa, ya sea como una fuerza distribuida o concentrada en los diferentes elementos de la estructura. Para ello dichas cargas se agrupan mediante combinaciones para el cálculo. Las principales cargas que se aplican en el cálculo de la estructura son: carga muerta o peso propio, cargas vivas que son las que varían según su función y las cargas de viento y sísmicas, también llamadas cargas accidentales. Hay que tener en cuenta la normativa vigente en el país para el cálculo, sobre todo ante las fuerzas externas que puedan afectar la estructura.

En primera instancia es importante conocer las características de los materiales utilizados.

Los materiales de construcción deben cumplir ciertos requisitos según especifica la norma:

- Resistencias mecánicas acordes con el uso que recibirán.
- Estabilidad química (resistencia a agentes agresivos).
- Estabilidad física (dimensional).
- Seguridad para su manejo y utilización.
- Protección de la higiene y salud de obreros y usuarios.
- No conspirar contra el ambiente.
- Aislamiento térmico y acústico.
- Estabilidad y protección en caso de incendio.
- Comodidad de uso, estética y economía.

3.1 Cargas gravitacionales

Las principales cargas gravitacionales son:

3.1.1 Carga permanente o carga muerta

Estas cargas permanecen constantes tanto en magnitud como en posición durante toda la vida útil de la edificación. En esta categoría se puede clasificar las cargas que corresponden al peso propio de la estructura, es decir columnas, vigas, mamposterías, losas, etc. y por otra parte al peso de los materiales utilizados para cubiertas, fachadas, acabados, también hay que considerar los elementos no estructurales como las instalaciones eléctricas y sanitarias.

Tabla 1. Carga permanente o carga muerta

Material	Peso Unitario (Kn/m ²)
Baldosa de cerámica, con mortero de cemento; por cada cm, de espesor	0.2

Fuente: NEC-2014 Capítulo: Cargas no sísmicas

3.1.2 Sobrecargas de uso o carga viva

Son todas las cargas cuya magnitud o posición cambia en función del uso para el que está destinada la estructura, dentro de estas cargas se encuentran: el peso de las personas, el mobiliario y todos los equipos destinados para una unidad educativa.

Tabla 2. Sobrecargas de uso o carga viva

Ocupación o uso	Carga uniforme (KN/m ²)	Carga concentrada (KN/m ²)	
Unidades educativas	Aulas	2.00	4.50
	Corredores segundo piso y superior	4.00	4.50
	Corredores primer piso	4.80	4.50

Fuente: NEC-2014 Capítulo: Cargas no sísmicas

3.2 Cargas ambientales

Estas cargas son provocadas por la naturaleza, como el viento o los sismos.

3.2.1 Carga por viento

El viento provoca un empuje en la estructura, es de muy poca importancia en estructuras de baja altura y en estructuras más altas es importante, ya que la fuerza de empuje y la velocidad del viento aumenta con la altura de la estructura.

3.2.2 Determinación de la presión del viento

La presión del viento se calcula con la fórmula:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot C_e \cdot C_f$$

En donde:

- **P:** presión de cálculo expresada en Pa (N/m²).
- **ρ:** densidad del aire (Kg/m³). 1.25
Kg/m³
- **V_b:** velocidad corregida del viento (m/s). 21.00 m/s
- **C_e:** coeficiente de entorno de altura.
- **C_f:** coeficiente de forma

Tabla 3. Anchos de banda

Anchos de banda		
Plantas	Ancho de banda Y (m)	Ancho de banda X (m)
En todas las plantas	21.00	43.00

Fuente: CYPECAD

Con todos los valores obtenidos se determina el empuje en cada nivel de la unidad educativa.

Tabla 4. Cargas de viento

Cargas de viento		
Planta	Viento en X (t)	Viento en Y (t)
N= +17.66	1.213	2.484
N= +15.98	2.658	5.442
N= +13.98	2.585	5.294
N= +12.40	2.239	4.584
N= +10.88	2.239	4.584
N= +9.30	2.239	4.584
N= +7.78	2.239	4.584
N= +6.2	2.239	4.584
N= +4.68	2.239	4.584
N= +3.10	2.239	4.584
N= +1.58	2.239	4.584

Fuente: CYPECAD

3.2.3 Carga sísmica

Los sismos son movimientos repentinos transmitidos en el terreno lo que provoca fuerzas de empuje que actúan en varias direcciones, el sismo es una liberación de energía producida por la ruptura y fractura de las rocas en las capas de la corteza terrestre; Ecuador se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico como es el Cinturón de Fuego del Pacífico.

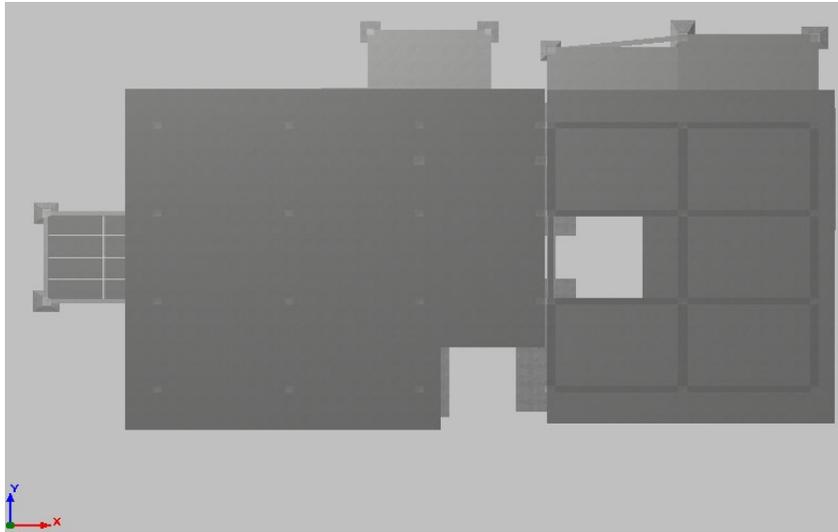


Figura 14. Proyección en planta de la obra

Fuente: CYPECAD

3.3 Análisis dinámico espectral

3.3.1 Características del emplazamiento de la estructura

- Zona Sísmica: **II** (NEC-2014, 3.1.1)
- Región Sísmica: **SIERRA** (NEC-2014, 10.5.3)
- Tipo de suelo: **C** (NEC-2014, 3.2.1)
- Caracterización del peligro sísmico: **ALTA** (NEC-2104, 3.1.1)
- Factor de importancia de la obra: (NEC-2014, 4.1 Tabla 6)

Tabla 5. Coeficiente de importancia

Categoría	Tipo de uso, destino o importancia	Coeficiente I
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3

Fuente: NEC, 2014

3.3.2 Sistema estructural

Parámetros de cálculo

Fracción de sobrecarga de uso:	0.25
Factor multiplicador del espectro:	1.00

Factor de reducción de resistencia sísmica (R)

Tabla 6. Factor R

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda	5

Fuente: CYPECAD

- Rx: 5.00

- Ry: 5.00

Coefficiente de regularidad “F”

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

ϕ_P : coeficiente de regularidad en planta $\phi_P=0.90$ (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a)

ϕ_E : coeficiente de regularidad en elevación $\phi_E=0.90$ (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)

3.4 Espectro de cálculo

Es un valor utilizado para medir como reacciona una estructura frente al movimiento del suelo en donde se encuentra emplazada, producido por un sismo.

3.4.1 Espectro elástico de aceleraciones

Para el cálculo del espectro hay que determinar ciertos parámetros:

Z: Factor de zona (NEC-SE-DS 2014, Tabla 1)	Z: 0.40
Zona sísmica:	II
η: Relación de amplificación espectral (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)	η : 2.48
Región sísmica:	Sierra

F_a : Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 3)	F_a : 1.30
F_d : Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4)	F_d : 1.28
F_s : Comportamiento no lineal del suelo (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5)	F_s : 0.94
Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1)	C
r : factor usado en el espectro de diseño elástico (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)	r : 1.00
T_0 : Período límite inferior de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)	

$$T_0 = 0.10 F_s \frac{F_d}{F_a} = 0.09 \text{ s}$$

T_c : Período límite superior de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a} = 0.51 \text{ s}$$

Con estos parámetros obtenemos el espectro de diseño:

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.048 g.

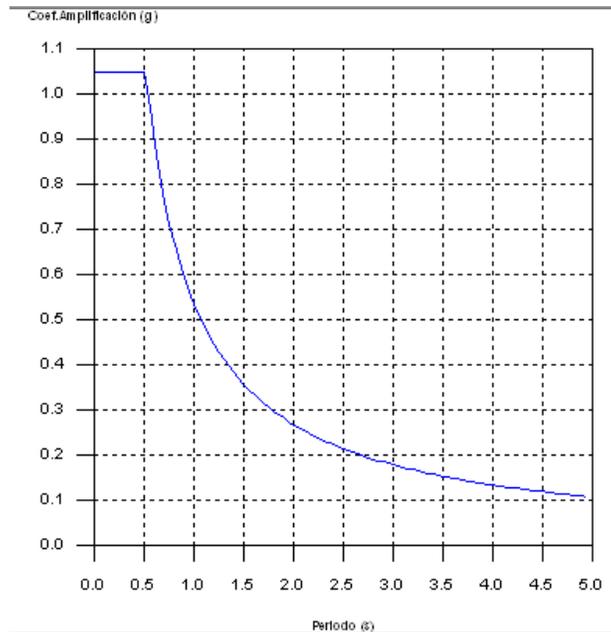


Figura 15. Espectro elástico de aceleraciones

Fuente: CYPECAD

3.4.2 Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por los coeficientes correspondientes a cada dirección del análisis.

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E} \text{ (Ecuación Nro.)}$$

Espectro de diseño según X

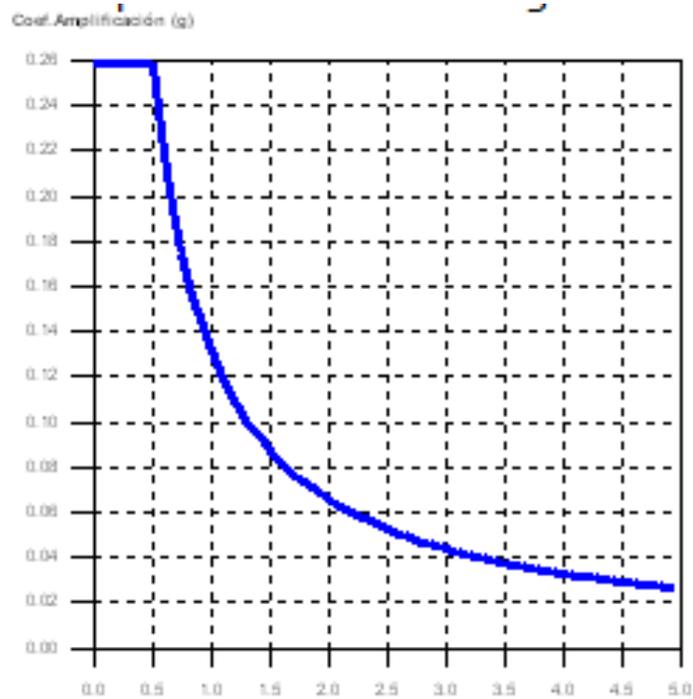


Figura 16. Espectro de diseño según X

Fuente: CYPECAD

Espectro de diseño según Y

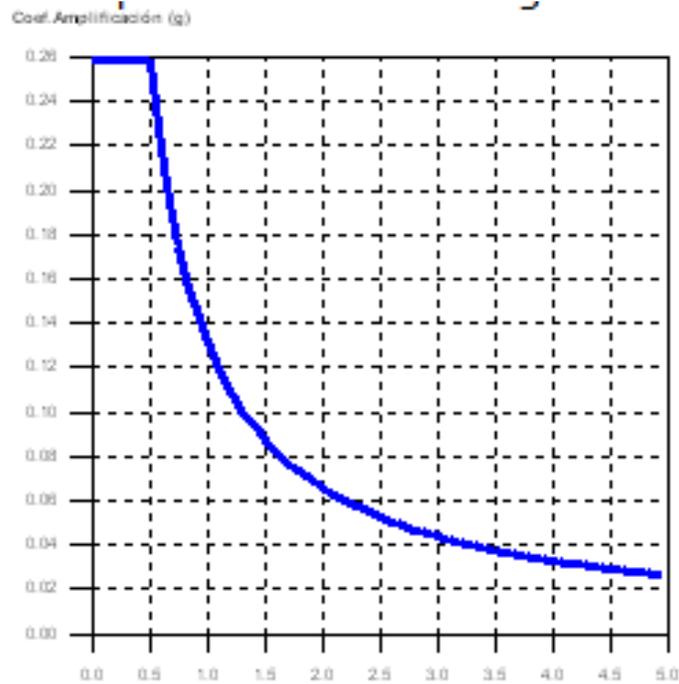


Figura 17. Espectro de diseño según Y

Fuente: CYPECAD

3.5 Fuerzas laterales equivalentes

3.5.1 Estimación del periodo fundamental de la estructura

El periodo fundamental aproximado de la estructura se estima para cada una de las direcciones de análisis:

$T_{a,x}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS 2014,6.3. 3a) $T_{a,x}$: 0.73s

$$T_a = 0.055 \cdot h^{0.9} \quad \text{Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3. 3ª): III}$$

h: Altura del edificio h: 17.66m

$T_{a,y}$: Periodo fundamental aproximado (Y) (NEC-SE-DS 2014,6.3. 3a) $T_{a,y}$: 0.73s

$$T_a = 0.055 \cdot h^{0.9} \quad \text{Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3. 3ª): III}$$

h: Altura del edificio h: 17.66m

3.5.2 Cortante basal de diseño

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) $V_{S,X}$: 506.86 t

$$V_{S,X} = S_{d,X}(T_a) \cdot W$$

$S_{d,X}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal (X) $S_{d,X}(T_a)$: 0.181 g

$V_{S,Y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NEC SE-DS 2014,6.3.2) $V_{S,Y}$: 506.86 t

$$V_{S,Y} = S_{d,Y}(T_a) \cdot W$$

$S_{d,Y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal (Y) $S_{d,Y}(T_a)$: 0.181 g

W: W : 2801.9045 t

Es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

Tabla 7. Peso sísmico de la estructura

Planta	Wi (t)
+17.66	84.3009
+15.98	367.8802
+13.98	249.0465
+12.40	342.8131
+10.88	219.7233
+9.30	331.8763
+7.78	242.6206
+6.20	332.7543
+4.68	272.2925
+3.10	358.5967
+1.58	0.0000
W=ΣWi	2801.9045

Fuente: CYPECAD

3.5.3 Distribución vertical del cortante basal

Factor de distribución vertical. - El cortante sísmico en la base de la estructura se distribuye a lo largo de la altura del edificio mediante fuerzas laterales equivalentes que se obtienen al multiplicar el cortante basal por un factor de distribución vertical por planta (NEC-SE-DS 2014, 6.3.5):

$$C_i = \frac{w_i \cdot h_i^k}{\sum_{j=1}^n w_j \cdot h_j^k}$$

C_i : Factor de distribución vertical de la planta "i"

w_i : Peso sísmico total de la planta "i"

h_i : Altura de la planta "i", medida desde la rasante

n : Número de plantas sobre rasante

k : Exponente relacionado con el periodo fundamental

$$k = 2.0 \quad T_s > 2.5s$$

$$k = 1.0 \quad T_s \leq 0.5s$$

$$k = 0.75 + 0.5 \cdot T_s \quad 0.5 < T_s \leq 2.5s$$

k_X : Exponente relacionado con el periodo fundamental (X)

$$k_X : 1.11$$

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

$$T_{a,X} : 0.73 \text{ s}$$

k_Y : Exponente relacionado con el periodo fundamental (Y)

$$k_Y : 1.11$$

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

$$T_{a,Y} : 0.73 \text{ s}$$

Tabla 8. Factor de distribución vertical

Planta	w_i (t)	h_i (m)	C_i
+17.66	84.3009	17.66	0.058
+15.98	367.8802	15.98	0.228
+13.98	249.0465	13.98	0.133
+12.40	342.8131	12.40	0.160
+10.88	219.7233	10.88	0.089
+9.30	331.8763	9.30	0.113
+7.78	242.6206	7.78	0.068
+6.2	332.7543	6.20	0.072
+4.68	272.2925	4.68	0.043
+3.10	358.5967	3.10	0.036
+1.58	0.0000	1.58	0.000
PB	215.2514	0.00	0.000

Fuente: CYPECAD

Distribución de las fuerzas laterales y cortantes equivalentes por planta

$Q_{i,x}$: Fuerza lateral equivalente de diseño de la planta "i" (X)

$Q_{i,y}$: Fuerza lateral equivalente de diseño de la planta "i" (Y)

$$Q_{i,x} = C_i \cdot V_{s,x}$$

$$Q_{i,y} = C_i \cdot V_{s,y}$$

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

$$V_{s,x}: 506.8600 \text{ t}$$

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

$$V_{s,y}: 506.8600 \text{ t}$$

$V_{i,x}$: Cortante equivalente de diseño en la planta "i" (X)

$V_{i,y}$: Cortante equivalente de diseño en la planta "i" (Y)

Tabla 9. Distribución de las fuerzas laterales y cortantes equivalentes por planta

Planta	C _i	Q _{i, X} (t)	V _{i, X} (t)	Q _{i, Y} (t)	V _{i, Y} (t)
+17.66	0.058	29.642	29.642	29.642	29.642
+15.98	0.228	115.718	145.360	115.718	145.360
+13.98	0.133	67.493	212.852	67.493	212.852
+12.40	0.160	81.281	294.134	81.281	294.134
+10.88	0.089	45.031	339.165	45.031	339.165
+9.30	0.113	57.105	396.270	57.105	396.270
+7.78	0.068	34.218	430.487	34.218	430.487
+6.2	0.072	36.440	466.927	36.440	466.927
+4.68	0.043	21.795	488.722	21.795	488.722
+3.10	0.036	18.138	506.860	18.138	506.860
+1.58	0.000	0.000	506.860	0.000	506.860
PB	0.000	0.000	506.860	0.000	506.860

Fuente: CYPECAD

3.6 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Tabla 10. 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)	e _{d, X} (m)	e _{d, Y} (m)	b _x (m)	b _y (m)
+17.66	(33.15, 11.44)	(32.29, 11.41)	0.86	0.03	e _{d, X1} = 1.68 e _{d, X2} = 0.04	e _{d, Y1} = 0.89 e _{d, Y2} = -0.83	16.40	17.20
+15.98	(17.20, 11.84)	(26.16, 12.01)	-8.97	-0.17	e _{d, X1} = -7.00 e _{d, X2} = -10.93	e _{d, Y1} = 0.80 e _{d, Y2} = -1.13	39.37	19.25
+13.98	(38.10, 11.45)	(33.06, 11.40)	5.05	0.05	e _{d, X1} = 6.98 e _{d, X2} = 3.11	e _{d, Y1} = 0.99 e _{d, Y2} = -0.89	38.73	18.85
+12.40	(16.51, 11.83)	(24.68, 12.16)	-8.17	-0.32	e _{d, X1} = -5.96 e _{d, X2} = -10.38	e _{d, Y1} = 0.60 e _{d, Y2} = -1.25	44.12	18.58

+10.88	(38.12, 11.44)	(32.60, 11.40)	5.51	0.03	$e_{d, X1} = 7.76$ $e_{d, X2} = 3.27$	$e_{d, Y1} = 0.95$ $e_{d, Y2} = -0.88$	44.90	18.28
+9.30	(16.88, 11.84)	(23.74, 12.25)	-6.86	-0.41	$e_{d, X1} = -4.65$ $e_{d, X2} = -9.06$	$e_{d, Y1} = 0.52$ $e_{d, Y2} = -1.34$	44.12	18.58
+7.78	(38.39, 12.48)	(32.86, 11.82)	5.52	0.67	$e_{d, X1} = 7.77$ $e_{d, X2} = 3.28$	$e_{d, Y1} = 1.75$ $e_{d, Y2} = -0.42$	44.90	21.78
+6.2	(16.87, 11.84)	(23.68, 12.33)	-6.82	-0.49	$e_{d, X1} = -4.61$ $e_{d, X2} = -9.02$	$e_{d, Y1} = 0.61$ $e_{d, Y2} = -1.59$	44.12	22.08
+4.68	(37.83, 13.20)	(32.22, 12.05)	5.62	1.15	$e_{d, X1} = 7.86$ $e_{d, X2} = 3.37$	$e_{d, Y1} = 2.24$ $e_{d, Y2} = 0.07$	44.90	21.78
+3.10	(17.16, 12.69)	(21.43, 12.82)	-4.26	-0.14	$e_{d, X1} = -2.05$ $e_{d, X2} = -6.47$	$e_{d, Y1} = 0.98$ $e_{d, Y2} = -1.26$	44.17	22.40
+1.58	(-, -)	(-, -)	0.00	0.00	$e_{d, X1} = 2.21$ $e_{d, X2} = -2.21$	$e_{d, Y1} = 1.04$ $e_{d, Y2} = -1.04$	44.22	20.73
PB	(26.21, 13.50)	(25.71, 13.27)	0.49	0.23	$e_{d, X1} = 2.71$ $e_{d, X2} = -1.72$	$e_{d, Y1} = 1.26$ $e_{d, Y2} = -0.81$	44.32	20.73

Fuente: CYPECAD

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)**e_{d,x}:** Excentricidad de diseño "X" para la acción sísmica actuando en la dirección Y

$$e_{d,x} = \begin{cases} e_x + 0.05 \cdot b_{x1} \\ e_x - 0.05 \cdot b_{x2} \end{cases}$$

b_x: Dimensión de la planta, medida en la dirección perpendicular a la acción sísmica Y**e_{d,y}:** Excentricidad de diseño "Y" para la acción sísmica actuando en la dirección X

$$e_{d,Y} = \begin{cases} e_Y + 0.05 \cdot b_Y \\ e_Y - 0.05 \cdot b_Y \end{cases}$$

b_Y : Dimensión de la planta, medida en la dirección perpendicular a la acción sísmica X

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

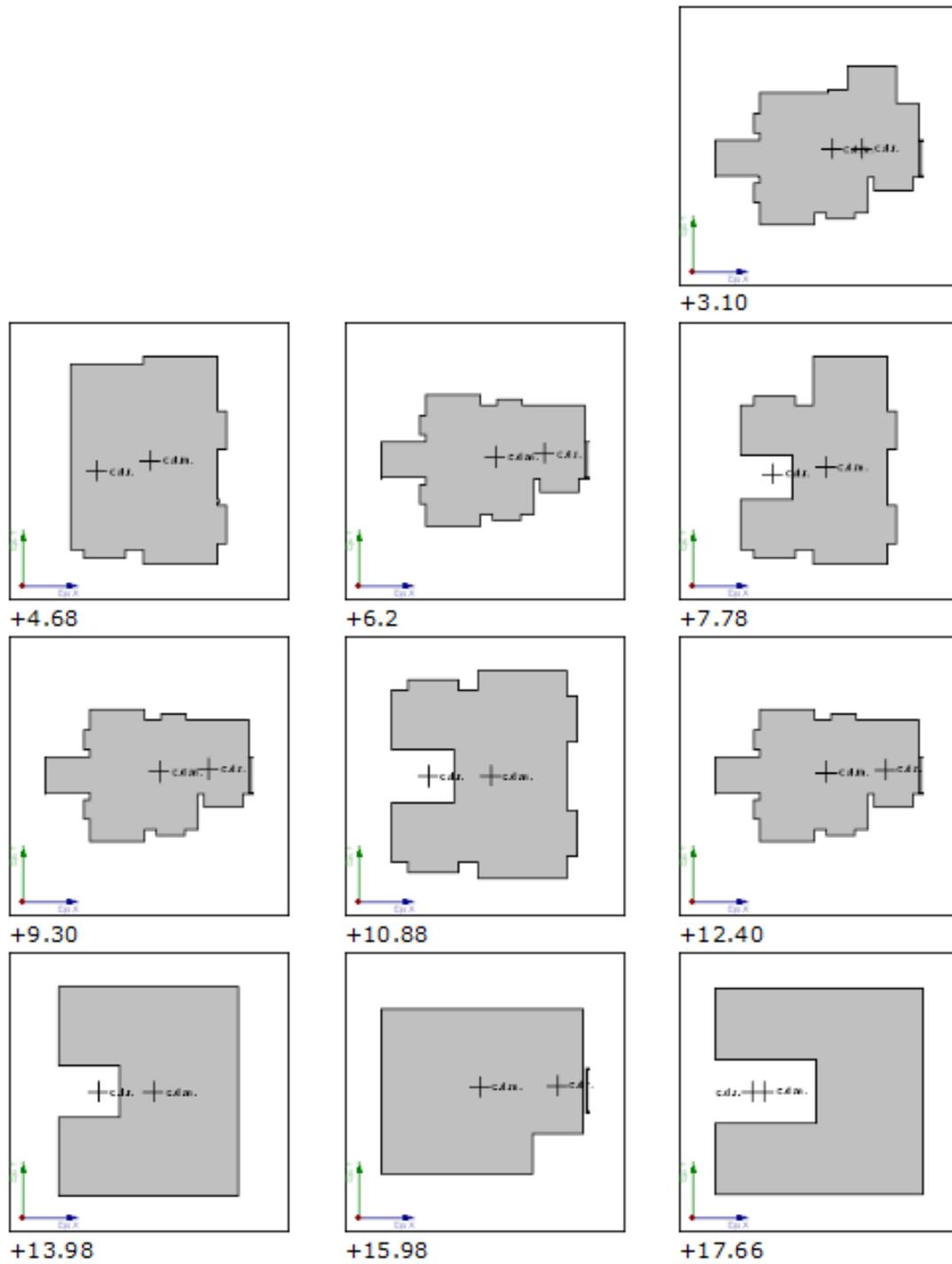


Figura 18. Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta

Fuente: CYPECAD

3.7 Combinación de cargas

La resistencia de cada elemento estructural necesaria para su diseño y el cálculo de la estructura en general se debe determinar de acuerdo a combinaciones de cargas aumentadas, esto se debe a la inexactitud en la estimación de las cargas. Las combinaciones utilizadas están dadas en (NEC,2014).

Combinación 1:	1.4 D
Combinación 2:	1.2 D + 1.6 L
Combinación 3:	1.2 D + L + Sx
Combinación 4:	1.2 D + L + Sy
Combinación 5:	0.9 D + Sx
Combinación 6:	0.9 D + Sy

Donde:

D = Carga Muerta

L = Carga Viva

Sx = Sismo en dirección “X”

Sy = Sismo en dirección “Y”

Mediante el manejo del software especializado CYPECAD se obtiene la siguiente tabla con las diferentes combinaciones de carga:

Tabla 11. Combinación de cargas

Comb	PP	CM	Qa	V(+X)	V(-X)	V(+Y)	V(-Y)	SX 1	SX 2	SY 1	SY 2
1	1.400	1.400									
2	1.200	1.200									
3	1.200	1.200	1.600								
4	1.200	1.200		1.000							
5	1.200	1.200	0.500	1.000							
6	1.200	1.200			1.000						
7	1.200	1.200	0.500		1.000						
8	1.200	1.200				1.000					

9	1.200	1.200	0.500			1.000					
10	1.200	1.200					1.000				
11	1.200	1.200	0.500				1.000				
12	1.200	1.200						-1.000			
13	1.200	1.200	0.500					-1.000			
14	1.200	1.200						1.000			
15	1.200	1.200	0.500					1.000			
16	1.200	1.200							-1.000		
17	1.200	1.200	0.500						-1.000		
18	1.200	1.200							1.000		
19	1.200	1.200	0.500						1.000		
20	1.200	1.200								-1.000	
21	1.200	1.200	0.500							-1.000	
22	1.200	1.200								1.000	
23	1.200	1.200	0.500							1.000	
24	1.200	1.200									-1.000
25	1.200	1.200	0.500								-1.000
26	1.200	1.200									1.000
27	1.200	1.200	0.500								1.000
28	0.900	0.900									
29	0.900	0.900		1.000							
30	0.900	0.900			1.000						
31	0.900	0.900				1.000					
32	0.900	0.900					1.000				
33	0.900	0.900						-1.000			
34	0.900	0.900						1.000			
35	0.900	0.900							-1.000		
36	0.900	0.900							1.000		
37	0.900	0.900								-1.000	
38	0.900	0.900								1.000	
39	0.900	0.900									-1.000
40	0.900	0.900									1.000

Fuente: CYPECAD

Hipótesis:

- PP: peso propio
- CM: cargas permanentes
- Qa: sobrecarga de uso
- V(+X): viento +X
- V(-X): viento -X
- V(+Y): viento +Y
- V(-Y): viento -Y
- SX1: sismo X1
- SX2: sismo X2
- SY1: sismo Y1
- SY2: sismo Y2

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La concepción de un proyecto estructural se encuentra directamente ligado a los requisitos arquitectónicos propuestos, el estructuralista está en la capacidad de modelar cada elemento que compone una estructura, y es quien define si sus características geométricas son las adecuadas. El criterio que emite el ingeniero civil obedece a un amplio trabajo bibliográfico e investigativo, principalmente en la línea del cumplimiento de normas y códigos, su trabajo es definir si los elementos están sobre los límites de su geometría, deformación y resistencia requeridos. En virtud de lo expuesto, se determina que se tomaron medidas de diseño estructural, con códigos anteriores.
- El proyecto del presente trabajo de investigación se enmarca en definir si sus elementos estructurales fueron correctamente dimensionados tanto geométricamente, así como en su resistencia; para ello se plantea un modelo tridimensional compuesto por dos bloques separados por una junta de construcción “junta sísmica”, de varios niveles a medio piso, aspectos que son prohibidos en la nueva norma NEC.

Se definió el nivel de la cimentación a -1.50m compuesto por zapatas aisladas, combinadas y vigas de atadura, la resistencia del suelo de cimentación se asume conforme el estudio realizado en la zona del proyecto “de 1.5 a 2.34 kg/cm²”, la dimensión de las columnas son de 50x40 cm en toda su altura, las sección de vigas longitudinales es de 40x25 cm y transversales de 50x25 cm, de la misma forma la sección de las losas son del tipo alivianada con bloque pómez bidireccional en 25 cm de espesor, la estructura de la cubierta es de acero mediante secciones cuadradas y rectangulares armadas con 2G en varios espesores y dimensiones.

El sistema constructivo es de medios pisos, esto genera columnas cortas, muy vulnerable ante acciones sísmicas. La estimación de las cargas fue: **Carga muerta** compuesta por peso de instalaciones sanitarias, eléctricas, sistema contra incendios,

señalética, acabados, etc. **Carga viva** definida según la norma ecuatoriana de la construcción para aulas, terrazas y pasillos entre 2.0 y 4.8 KN/m². **Carga sísmica** definida según la normativa vigente, método de análisis estático (fuerza lateral equivalente), sistema estructural con un coeficiente de reducción 5 (pórticos sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda), tipología estructural tipo III (sin muros ni diagonales), zona sísmica II (Sierra), tipo de suelo C (suelos densos o roca blanda), Criterio de importancia de la obra del tipo estructuras especiales (centros educativos). **Carga de viento**, se asume ancho de banda de X:43m, Y:21m, velocidad 21m/s, categoría del terreno única tipo B (zonas suburbanas con edificaciones bajas, menor a 10m.). Resistencia cilíndrica del hormigón $f^c=300 \text{ kg/cm}^2$, acero barras grado 60 ($f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$). Acciones aplicadas con sus respectivos coeficientes de mayoración, que dieron resultados de vulnerabilidad, ante amenazas sísmicas.

- Del análisis y modelación estructural se concluye que las secciones de las columnas en la planta baja y primera planta alta se requieren una dimensión superior a la sección de 40x50 cm, en efecto y según los esfuerzos generados la sección que cumple con las solicitaciones es de 50x70 cm. La sección de vigas es insuficiente, sin embargo, son vigas banda perdidas en la losa, que por norma deberían ser descolgadas, presentándose problemas de flecha excesiva “deformación”, como por ejemplo en una viga la flecha mínima es de 0.44 cm y actualmente se tiene 1.96 cm, adicionalmente tenemos problemas de cuantía de acero por la cantidad de acero requerido con las dimensiones actuales, presentándose inconvenientes en el sistema constructivo, en especial la separación entre cada refuerzo y el vertido del hormigón.
- Por otro lado, se concluye que la edificación del bloque principal de la Unidad Educativa “La Asunción” tiene alta vulnerabilidad sísmica y es importante definir a corto y mediano plazo un programa integral de mitigación y reforzamiento que dé cuenta de la utilización de dispositivos de amortiguamiento, así como fibras de carbono y complemento de secciones con acero estructural entre otras medidas posibles.

Recomendaciones

- La norma ecuatoriana de la construcción establece normas para el diseño y construcción de estructuras de ocupación especial como lo es esta unidad educativa, con la finalidad de asegurar el funcionamiento de la misma ante cualquier amenaza, es indispensable pensar en un plan de disminución de la vulnerabilidad sísmica.
- El presente trabajo se calculó dentro del rango elástico por lo que se recomienda realizar análisis más profundos con el apoyo de ensayos no destructivos y modelación dinámica no lineal, para así conocer con mayor exactitud el comportamiento real de la estructura ante un evento sísmico.
- Realizar e implementar planes estratégicos y de intervención en el entorno ante amenazas para mejorar la capacidad de reacción y disminuir la vulnerabilidad que pueda tener la edificación y sus ocupantes ante las amenazas identificadas.
- Esta investigación podrá ser utilizada como fundamento para investigaciones que se pueden llevar a cabo en la estructura de ocupación especial, cuya finalidad es mantener a salvo a las personas que frecuentan dicha edificación.

Bibliografía

- Alcaldía de Cuenca. (2018, Octubre 18). Retrieved from Disponible en: <http://www.cuencaecuador.com.ec/>
- Alvarado, A. (2016). Lecciones aprendidas. Escuela Politécnica Nacional. Instituto Geofísico.
- Azuay, G. P. (2018, Octubre 18). Retrieved from http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0160000190001_PDyOT_AZUAY%20%202015_17-08-2015_10-02-34.pdf
- Azuay, U. d. (2018, Octubre 18). Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2015000200009
- Calle, D. (2013). *Estructura*. Ambato: Cervantes.
- Creixell M., J. (1992). Estabilidad de las construcciones Reverté ediciones S.A. México.
- Cuenca, U. D. (2018, Octubre 18). Retrieved from <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/842/1/Perfil%20territorial%20C UENCA.pdf>
- Cuenca, U. D. (2018, Octubre 18). Retrieved from <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/842/1/Perfil%20territorial%20C UENCA.pdf>
- El Mercurio. (2019). Proponen plan de gestión de riesgos ante terremotos. <https://ww2.elmercurio.com.ec/2019/02/07/proponen-plan-de-gestion-de-riesgos-ante-terremotos/>
- Demoraes, F. D'ercole, R. (2001). Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en el Ecuador. Primera Parte. in *Diagnóstico previo a planes de intervención de las ONG's*. Prevención, mitigación, preparación ante desastres. Evaluación de capacidades y reducción de vulnerabilidad. Mapas de amenazas, vulnerabilidad y

capacidades en el Ecuador. Los desastres, un reto para el desarrollo. COOPI, OXFAM International, SIISE. Quito.

Gernot Minke. (2001). Manual de construcción para viviendas antisísmicas. Universidad de Kassel , Alemania 2001

Guamán, Adrián. (2017). *Análisis dinámico no lineal del “Hospital Aida León de Rodríguez Lara” (Girón), medidas de mitigación y refuerzo para disminuir su vulnerabilidad estructural*. Tesis. Universidad del Azuay. Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones. Cuenca.

IGEPN. Informes sísmicos. Disponible en

<https://www.igepn.edu.ec/informes-sismicos/sismicos-anales/20518-informe-sismico-para-el-ecuador-ano-2016/file>

Jiménez Pacheco, J, Cabrera Cajamarca J. Sánchez Beltrán, J. y Avilés Tenorio, F (2018). Vulnerabilidad sísmica del patrimonio edificado del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca: lineamientos generales y avances del proyecto. Red Sísmica del Austro, Universidad de Cuenca. Cuenca.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2011). Norma Ecuatoriana de la construcción <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2015). Acuerdo para Actualizar y Oficializar la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Disponible en http://www.cicp-ec.com/documentos/NEC_2015/nec_registro_oficial_413.pdf

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Retrieved Agosto 31, 2015, from Disponible en: <http://www.normaconstruccion.ec/>

Noticias, P. d. (2018, Octubre 18). Retrieved from <https://noticias.usfq.edu.ec/2011/01/nuevo-codigo-ecuatoriano-de-la.html>

Paredes R., Gabriela. (2014). *La gestión local del riesgo en las unidades educativas del Distrito Metropolitano de Quito*. Tesis Maestría en Gestión Local, con mención en Proyectos de Desarrollo Endógeno. Universidad Politécnica Salesiana. Unidad de Posgrados, Quito.

Quinde Martínez, P. y Reinoso Angulo, E. Estudio de peliro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la ciudad de Cuenca. in. *Ingeniería sísmica*, No. 94 México, enero/junio 2016. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2016000100001#B11

Riesgos, S. D. (2018, Octubre 18). Retrieved from <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/incendios-forestales-azuay/>

Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S y Yépez, H. Breves fundamentos sobre terremotos en el Ecuador. Corporación Editoria Nacional 2007.

Universidad del Azuay. (2018, Octubre 18). Retrieved from <https://www.google.com/search?q=foto+del+campus+de+la+universidad+del+azuay&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=2ahUKEwi63anAo8rdAhXFuVMKHUoxCFMQ7A16BAGFEBS&biw=1366&bih=632#imgrc=xdUKDUqYXyDbYM>

Universo, P. E. (2018, Octubre 18). Retrieved from <https://www.eluniverso.com/2010/01/31/1/1447/sismo-haiti-alerta-alta-vulnerabilidad-ecuador.html>

Universidad del Azuay (2016). *Evaluacion Estructural de la Entidad*. Cuenca: Universidad del Azuay.

Yépez, H., Chatelain, J.L., Guillier, B. (1994). *Estudio del riesgo sísmico en el Ecuador*. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional (EPN), ORSTOM, Institut Français de Recherche Scientifique pur le Développement en Coopération. Conference

Paper. Disponible en
https://www.researchgate.net/publication/236143718_Estudio_del_riesgo_sismico_en_el_Ecuador

Yépez Moya, F. (s/f). Últimos avances en la evaluación del riesgo sísmico de Quito y futuros proyectos de mitigación. Flacso-Andes.

Disponible en <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=24693>

Anexos