



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO**

**ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DE  
RIESGOS**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DE  
RIESGOS**

**TEMA:**

**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO DE LA  
EMAPA-G, CANTÓN GUARANDA. PERÍODO NOVIEMBRE 2022 - FEBRERO  
2023.**

**AUTOR(ES)**

**DIEGO GEOVANNY CHIMBORAZO CISNEROS**

**MARIANA MIKAELA VASCO ANALUISA**

**TUTOR(A)**

**ING. GINO NOBOA**

**GUARANDA- ECUADOR**

**2023**

---

## **DEDICATORIA I**

Dedico este trabajo de investigación primeramente a Dios por siempre darme todo lo necesario para lograr mis objetivos.

Al ser más importante de mi vida mi hija Danna Valentina por ser mi fuerza y mi motor para luchar por mis sueños.

Quiero dedicar este proyecto con el mayor respeto y admiración a mis queridos padres Raquel Analuisa, Freddy Vasco por el sacrificio que realizan día a día para ayudarme a cumplir mis metas y por el apoyo que he recibido de ellos, les dedico a ustedes este logro amados padres, como una meta más conquistada, orgullosa de haberlos elegido como mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante.

A mi esposo, César Del Pozo, quien siempre me demuestra su amor y paciencia, quien ha sido mi apoyo incondicional y mi pilar fundamental para seguir cumpliendo mis metas.

A mis familiares quienes me brindaron sus consejos y me alentaron para seguir adelante.

**Mariana Mikaela Vasco Analuisa.**

---

## **DEDICATORIA II**

El presente proyecto de investigación la dedico a Dios y sobre todo a mi querido Padre quien a lo largo de mi vida ha sido mi mayor ejemplo y motivación para cumplir mis anhelos, a mi madre quien me supo inculcar los valores de responsabilidad, respeto y empatía, a mi hermano Joseph Nain que desde el cielo me cuida, protege y guía mi camino.

A mis queridos tíos paternos José, Juan y Ángel Chimborazo, quienes me han apoyado económica y moralmente en mi proceso de formación académica. A mi tía Lorena Cisneros quien me ha apoyado constantemente brindándome su cariño y confianza.

**Diego Geovanny Chimborazo Cisneros**

---

## AGRADECIMIENTO I

Le agradezco muy profundamente a mi tutor Ing. Gino Noboa por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

De igual manera agradecer al Arq. César Pazmiño y al Ing. Numa Gaibor que con sus experiencias, profesionalismo conocimientos y motivación me orientaron en la investigación.

Agradecer a todos los docentes que han sido parte de mi camino universitario, por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Gracias por sus orientaciones.

**Mariana Mikaela Vasco Analuisa.**

---

## AGRADECIMIENTO II

Agradezco a Dios y a la Virgen de Agua Santa, por darme salud y sabiduría para alcanzar cada una de mis metas.

Agradezco a mis padres por los años invertidos en mí, por cobijarme bajo su manto cumpliéndome todos mis caprichos, a mis hermanos quienes han sido mi mayor fuente de motivación para culminar mi carrera y ser una buena persona y profesional.

Agradezco a la Universidad Estatal de Bolívar, a la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, a la Escuela de Gestión de Riesgos, y a la Carrera de Administración para Desastres y Gestión de Riesgos, por haberme acogido en este arduo camino de preparación y formación académica profesional.

Agradezco a cada uno de los docentes quienes durante la carrera universitaria me impartieron sus conocimientos, mención especial a la Ingeniera: Anita Serrano, Martha Gonzales, Eva Gavilánez, Grey Barragán, al Ingeniero Gino Noboa y al Arquitecto Cesar Pazmiño, quienes fueron mis mayores mentores de disciplina, talento y profesionalismo.

Agradezco a mi grupo de amigos y compañeros universitarios “La Gallada” con quienes compartí innumerables anécdotas que fortalecieron nuestra formación tanto personal como profesional.

**Diego Geovanny Chimborazo Cisneros**



**CERTIFICADO DE AVALIZACIÓN DE PROYECTO INVESTIGATIVO, EMITIDO  
POR EL TUTOR.**

Guaranda, 05 de octubre del 2023

El suscrito Ingeniero Civil Gino Noboa Flores, en calidad de **TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, docente de la Universidad Estatal De Bolivar.

**CERTIFICA**

Que el Sr. **Diego Geovanny Chimborazo**, portador de la cedula de ciudadanía N°.0202549523, y la Srta. **Mariana Mikaela Vasco Analuisa**, portadora de la de cédula de ciudadanía N°. 0250057114, estudiantes de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO**, culminados en la **Carrera Administración para Desastres y Gestión de Riesgos**, modalidad presencial, una vez revisado el documento: **“ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO DE LA EMAPA-G, CANTÓN GUARANDA. PERÍODO NOVIEMBRE 2022 - FEBRERO 2023.”**, pueden proceder a realizar el proceso del empaste de su proyecto de investigación.

Atentamente,



---

**Ingeniero Civil Gino Noboa Flores.**  
**Tutor del Proyecto de Investigación.**

### DERECHOS DE AUTOR

Nosotros MARIANA MIKAELA VASCO ANALUISA y DEIGO GEOVANNY CHIMBORAZO CISNEROS portadores de la Cédula de Identidad No 0250057114 y 0202549523 en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **“ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO DE LA EMAPA-G, CANTÓN GUARANDA. PERÍODO NOVIEMBRE 2022 - FEBRERO 2023”** modalidad PRESENCIAL, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

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

El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Nombres y Apellidos

Mariana Mikaela Vasco Analuisa

Nombres y Apellidos

Diego Geovanny Chimborazo Cisneros

## Tabla de Contenido

DEDICATORIA I.....	ii
DEDICATORIA II.....	iii
AGRADECIMIENTO I.....	iv
AGRADECIMIENTO II.....	v
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
1    CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	1
1.1    Planteamiento del Problema.....	1
1.2    Formulación del Problema.....	2
1.3    Objetivos.....	2
<b>1.3.1    Objetivo General.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.2    Objetivos Específicos.....</b>	<b>2</b>
•    Levantar la información arquitectónica, estructural del edificio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda para el ingreso de datos al software de modelamiento (CYPECAD).....	2
1.4    Justificación de la Investigación.....	3
1.5    Limitaciones.....	4
2    CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1    Antecedentes de la investigación.....	5

---

2.2	Antecedentes Históricos .....	6
2.3	BASES TEÓRICAS.....	8
2.3.1	<b>Sismo</b> .....	8
2.3.2	<b>Vulnerabilidad</b> .....	11
2.3.3	<b>Riesgo sísmico</b> .....	13
2.3.4	<b>Daño sísmico</b> .....	14
2.3.5	<b>Análisis Estructural</b> .....	14
2.3.5.1	CYPECAD .....	15
2.3.5.2	FEMA-154 .....	15
2.3.6	<b>Contexto del área de estudio</b> .....	17
2.4	Marco Legal.....	17
2.5	Términos a conocer.....	20
2.6	Sistema de variables.....	23
3	CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	24
3.1	Nivel de Investigación .....	24
3.2	Diseño .....	24
3.2.1	<b>Descriptivo</b> .....	24
3.2.2	<b>Campo</b> .....	24
3.2.3	<b>Explicativo</b> .....	24
3.3	Población y Muestra .....	25
3.4	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	25
3.5	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos .....	25
4	CAPÍTULO V: RESULTADOS .....	27

---

4.1	Resultados obtenidos según el objetivo específico 1. Levantamiento de información arquitectónica, estructural del edificio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda. ....	27
4.2	Resultados obtenidos según el objetivo específico 2: Evaluar el desempeño estructural del edificio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, mediante la matriz FEMA-154 y el modelamiento informático a través del Software CYPECAD. ....	31
✓	FEMA-154.....	31
✓	SOFTWARE CYPECAD .....	35
4.3	Resultados obtenidos según el objetivo específico 3: Establecimiento de medidas para reducir el riesgo de desastre ante eventos sísmicos del edificio, a partir de los datos obtenidos en la investigación.....	77
5	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
5.1	Conclusiones.....	85
5.2	Recomendaciones .....	86
6	Bibliografía.....	88
	Anexos.....	93
	Anexos fotográficos.....	93
	Espectro elástico Guaranda .....	98

### Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Fuente de un sismo.....	9
<b>Figura 2.</b> Arquitectónico de la planta subsuelo N-3.40 .....	27
<b>Figura 3.</b> Arquitectónico de la planta baja N +0.20.....	28
<b>Figura 4.</b> Arquitectónico de la planta alta N+3.80 .....	29
<b>Figura 5.</b> Arquitectónico de la planta alta N+7.40 .....	30
<b>Figura 6.</b> Esquema estructural del edificio EMAPA-G .....	32
<b>Figura 7.</b> Esquema en planta .....	32
<b>Figura 8.</b> Fachada frontal del edificio EMAPA-G.....	33
<b>Figura 9.</b> Tipos de usos de las oficinas .....	35
<b>Figura 10.</b> Tipos de cubiertas .....	36
<b>Figura 11.</b> Cargas vivas y muertas de las plantas del edificio EMAPA-G .....	36
<b>Figura 12.</b> Combinaciones de carga según ACI 318-11 Y NEC-14 .....	37
<b>Figura 13.</b> Proyección de la planta en obra .....	40
<b>Figura 14.</b> Zonas sísmicas del Ecuador .....	54
<b>Figura 15.</b> Periodo fundamental aproximado .....	55
<b>Figura 16.</b> Centros de masa y centro de rigidez de la estructura .....	58
<b>Figura 17.</b> Segundo modo de vibración en el programa CYPECAD.....	60
<b>Figura 18.</b> Tercer modo de vibración en el programa CYPECAD.....	60

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Tipología del Sistema Estructural .....	15
<b>Tabla 2.</b> Tipología del Sistema Estructural .....	16
<b>Tabla 3.</b> Datos Generales del edificio EMAPA-G .....	31
<b>Tabla 4.</b> Modificadores del FEMA-154.....	33

---

<b>Tabla 5.</b> Observaciones de la matriz FEMA-154.....	34
<b>Tabla 6.</b> Grado de vulnerabilidad sísmica.....	35
<b>Tabla 7.</b> Modos de vibración de la edificación .....	56
<b>Tabla 8.</b> Rango de periodo según los modos estudiados en X, Y .....	57
<b>Tabla 9.</b> Límites permisibles de las derivas de los pisos .....	62
<b>Tabla 10.</b> Situaciones persistentes o transitorias.....	63
<b>Tabla 11.</b> Distorsión de pilares.....	69
<b>Tabla 12.</b> Desplome local máximo de los pilares .....	75

---

## RESUMEN

Los eventos sísmicos son impredecibles, su capacidad de afectación a las edificaciones depende de la intensidad con la que se presentan y las condiciones de las construcciones, sin embargo, su naturaleza destructiva afecta a las edificaciones de forma leve, parcial, total e incluso en algunos casos lleva a su colapso.

Con el pasar de los años y las experiencias sobre los niveles de afectación de los sismos en los territorios, se han ido incorporando metodologías para evaluar el comportamiento de las edificaciones frente a eventos sísmicos, en tal razón el propósito de la investigación es modelar el comportamiento del edificio de la EMAPA-G frente a eventos sísmicos, haciendo uso de la metodología FEMA-154 y CYPECAD.

Se obtuvo como resultado que el edificio tiene un nivel de vulnerabilidad alta, además frente a la vibración T con un factor  $Z=0.35$  se estimó un  $T_a=0.41$  con un porcentaje de 30%, además de un porcentaje de desplazamiento en el módulo 1 de 11.58% además que en el valor  $LGZ=0.998$ , esto debido a la configuración arquitectónica del edificio y en las derivas con un  $R=8$  resultó con valores menores a  $1/50$  lo que significa que el edificio se encuentra dentro de los valores permitidos en la NEC.

Palabras claves: Colapso, Destructivo, Intensidad, Modelamiento, Sísmico

---

## ABSTRACT

Seismic events are unpredictable, their ability to affect buildings depends on the intensity with which they occur and the conditions of the buildings, however, their destructive nature affects buildings slightly, partially, totally and even in some cases leads to their collapse.

With the passing of the years and the experiences on the levels of affectation of the earthquakes in the territories, methodologies have been incorporated to evaluate the behavior of the buildings against seismic events, for this reason the purpose of the investigation is to model the behavior of the EMAPA-G building against seismic events, using the Cypecad methodology.

It was obtained as a result that the building has a high level of vulnerability, in addition to vibration T with a factor  $Z= 0.35$  a  $T_a= 0.41$  with a percentage of 30% was estimated, in addition to a displacement percentage in module 1 of 11.58% in addition to the value  $LGZ= 0.998$ , this due to the architectural configuration of the building and in the drifts with  $R=8$  resulted in values less than  $1/50$ , which means that the building is within the values allowed in the NEC.

Keywords: Collapse, Destructive, Intensity, Modeling, Seismic

---

## INTRODUCCIÓN

Las pérdidas a causa de los terremotos son tanto humanas como materiales, como ejemplo se puede recordar los eventos catastróficos más recientes a nivel mundial, entre los cuales se destaca los terremotos de: Haití y Chile en el 2010, la India en 2013, Taiwán e Italia en el año 2016, Siria 2023.

Ecuador es un país altamente propenso a sismos. Esto significa que, si bien los terremotos pequeños ocurren con frecuencia, existe una alta probabilidad de que también se registren eventos de gran magnitud en el futuro, puesto que la historia ha registrado varios terremotos cuyos resultados han sido considerablemente destructivos, entre los cuales el más reciente es del 2016 en Pedernales, Manabí (Instituto Geofísico).

Desde el inicio del presente año 2023, al revisar la página oficial del Instituto Geofísico de Ecuador, se puede evidenciar que, hasta febrero del presente año, se han registrado veintiún sismos a nivel nacional.

Con el pasar de los años, los hechos ocurridos a escala mundial y la frecuencia con la que se producen los sismos en Ecuador, es notorio que los movimientos sísmicos registrados hasta la actualidad, afectan las estructuras físicas, tanto de viviendas como de edificios a nivel nacional, por lo tanto, los sismos constituyen uno de los factores principales del derrumbe de estas estructuras, esto, conjuntamente con la mala calidad de los materiales y, en particular, el incumplimiento de las normas de resistencia sísmica.

La ciudad de Guaranda, no es excepción de las afectaciones sísmicas, por lo tanto, es preciso iniciar estudios encaminados a determinar la vulnerabilidad de las estructuras físicas de sus edificaciones, siendo una de ellas la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (EMAPA-G).

Además, cabe indicar que esta Empresa Pública, al ser la encargada de brindar el servicio de agua potable y alcantarillado a la ciudadanía guarandeña, en sus instalaciones no solo se encuentra el personal administrativo de la empresa, sino también, las personas usuarias del servicio que brinda, ya que también se encarga de recaudar los valores por el servicio.

## 1 CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del Problema

Los eventos sísmicos ocurren de manera imprevista, esto debido a la variabilidad intrínseca de la actividad tectónica del planeta. Los sismos por su naturaleza destructiva ocasionan daños en los elementos estructurales de las edificaciones, por lo cual es importante realizar evaluaciones post sismos para identificar los daños causados y establecer soluciones prácticas, con la finalidad de precautelar la integridad de las personas.

En el Ecuador se evidencia la carencia de profesionales al momento de construir las edificaciones el cual no se rigen a las normativas generando un alto costo de reparación ante un evento sísmico, es por esto que debido a los efectos del sismo que se han manifestado en los últimos años, se han actualizado las normativas de construcción que cumplan con los requerimientos establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), con el afán de disminuir las pérdidas económicas y sociales mediante procesos de control, revisión, inspección y fiscalización permanente para constatar el cumplimiento de la misma.

La ciudad de Guaranda está delimitada por tres fallas geológicas y asentada en un terreno conformado por laderas y rellenos, estos aspectos generan un peligro sísmico e incertidumbre sobre la vulnerabilidad de las edificaciones a la población, esto se puede evidenciar en los daños estructurales en las torres de la Iglesia Catedral por el sismo ocurrido del 16 de abril del 2016.

Todos estos antecedentes expuestos permiten realizar un análisis de la vulnerabilidad sísmica del edificio de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPA-G) de la ciudad de Guaranda, debido a que es una edificación relativamente nueva, donde se administra la gestión del agua de la ciudad, catalogado como un elemento esencial para la ciudad.

Si bien es cierto que la construcción de la edificación corresponde a las necesidades del gobierno cantonal, es necesario realizar un modelamiento informático del desempeño de la estructura ante eventos sísmicos, con la finalidad de identificar la resistencia que posee

el edificio, determinar los sectores más vulnerables y proponer medidas de reducción de riesgo de desastres.

Para lo cual se hará uso del software CYPECAD que permite dentro de sus funciones, determinar el comportamiento de la edificación ante eventos sísmicos y con la matriz FEMA-154 se analizará el nivel de vulnerabilidad estructural para precautelar la integridad de los trabajadores y los usuarios.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica del Edificio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Analizar el nivel de vulnerabilidad sísmica del edificio de la EMAPG de la ciudad de Guaranda.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Levantar la información arquitectónica, estructural del edificio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda para el ingreso de datos al software de modelamiento (CYPECAD).
- Evaluar el desempeño estructural del edificio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, mediante la matriz FEMA-154 y el modelamiento informático a través del Software CYPECAD.
- Establecer medidas para reducir el riesgo de desastre ante eventos sísmicos del edificio, a partir de los datos obtenidos en la investigación.

#### 1.4 Justificación de la Investigación

La presencia de la Cordillera de los Andes en el contexto de la geografía ecuatoriana determina ser un país evidentemente de alto riesgo sísmico dado la presencia de las zonas de subducción entre la placa de Nazca y la Sudamericana que tiene lugar frente a las costas ecuatorianas, misma que han sido causas del registro histórico de sismos de variadas magnitudes, entre el más recordado el suscitado el 16 de Abril del 2016 cuya magnitud fue de 7.8 (Aguiar-Falconí, 2017; Criado-Rodríguez et al., 2020; Yepes et al., 1994).

En este sentido, existe una necesidad de realizar estudios de vulnerabilidad sísmica, más aún, en estructuras catalogadas como elementos esenciales, como es el caso del edificio de la EMAP-G, donde se administra y controla el abastecimiento del servicio de agua potable para la ciudad de Guaranda.

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica surge de la importancia de identificar el desempeño estructural ante un evento sísmico, por ello es necesario conocer las condiciones de los elementos físico-estructurales del edificio para así poder establecer medidas de reducción de riesgos, siendo indispensable realizar un modelamiento informático estructural.

El desarrollo de la investigación continuara con el proceso de uso de herramientas tecnológicas e implementación de metodologías, que permiten evaluar y analizar más detalladamente las estructuras y sus vulnerabilidades. Así también servirá de base para futuras investigaciones en estructuras similares dentro de la ciudad y el cantón.

En la actualidad existen varias metodologías que ayudan a diferentes procesos de evaluación, entre ellos; la matriz FEMA-154 que permite realizar una inspección visual del peligro sísmico de las edificaciones y en la inteligencia artificial se utiliza uno de los software que está ayudando a la ingeniería para la evaluación de estructuras es el CYPECAD, mismo que sirve para conocer el desempeño estructural de un edificio ante un evento sísmico, dando un análisis de los resultados obtenidos que permitirá generar medidas de reducción de riesgos y finalmente la investigación contribuirá a la concientización de la vulnerabilidad a la que está expuesta el edificio.

---

## 1.5 Limitaciones

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación las limitaciones que se presentaron fueron las siguientes:

- Escasos estudios de sistemas análogos que sirvan para la comparación y análisis de los procesos a realizarse.
- Conseguir de forma oportuna los datos, para el análisis estructural y arquitectónico y el proceso constructivo del edificio.
- Los cambios de autoridades en la administración del GAD determino que se demore en la obtención de documentos.

---

## 2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

Con el fin de encontrar experiencias previas que puedan ser utilizadas como referencias técnicas e investigativas para la presente investigación, se realizó una búsqueda preliminar de estudios relacionados a la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de edificios, de entre los cuales se destaca los siguientes:

Estudio sobre la “Vulnerabilidad Sísmica en Edificios de Hormigón Armado. Estudio de Casos Prácticos”, elaborado por (Rosalin, 2016): en el cual se enfoca en el análisis de las estructuras de edificios de; nueve, seis y tres plantas, y expone sobre los refuerzos que se debe aplicar a cada uno de estos tipos de edificaciones, así, entre sus conclusiones señala que para las edificaciones de seis plantas se debe aplicar refuerzos mediante hormigón armado, es decir, muros de espesor (0,15m) en toda la edificación, lo cual mejora la capacidad del sistema de resistencia de fuerzas laterales de la edificación, evitando el derrumbe entre plantas y reduce los desplazamientos, dando como resultado un edificio con menores daños y reduciendo su vulnerabilidad, además, señala que como acompañamiento al hormigón armado se debe usar las vigas descolgadas ya que aportan rigidez y refuerzo a la estructura.

En la investigación realizada por (Vilema, 2014) sobre el “Análisis del factor de reducción de las fuerzas sísmicas (R), enfocado en un edificio de hormigón armado de 5 pisos ubicado en el barrio El Dorado, Ciudad Puyo, Provincia Pastaza”, realizó su estudio usando el software CYPED para garantizar el cálculo y seguridad del edificio y sus habitantes. Estudio en el cual, se realizan procedimientos analíticos y de diseño sísmico de estructuras, incluyendo simplificaciones o aproximaciones para estudiar la equivalencia entre el análisis elástico calculado y el comportamiento elástico diseñado, que es el comportamiento de las estructuras reales ante eventos sísmicos, con el propósito de diseñar la estructura para que tenga una resistencia lateral menor que la resistencia elástica mediante la aplicación de cargas calculadas a partir del espectro de diseño

inelástico, que no es más que el espectro de diseño elástico sujeto al factor de reducción Fuerza sísmica R.

En el estudio realizado por (Acurio & Zaruma, 2018) denominado, “Modelamiento de la Vulnerabilidad Sísmica del edificio del hospital Básico IESS de la Ciudad de Guaranda, Provincia Bolívar”, investigación en la cual se emplea el software CYPECAD y ETABS como programas que trabajan con sistemas de datos ingresados, a fin de analizar el diseño estructural del Hospital Básico IESS y evaluar su vulnerabilidad, para lo cual, realizaron visitas de campo, la observación de las afectaciones presentes en la estructura, y la realización del levantamiento arquitectónico de bloque, posterior y los datos obtenidos del cálculo con apego a las Normas Ecuatorianas de Construcción, ingresan los datos en el sistema ETABS para así realizar el modelamiento y evaluar el comportamiento del edificio frente a la ocurrencia de un sismo. Inclusive, el mencionado trabajo presenta un plan de reducción de riesgos, el cual considera otras vulnerabilidades adicionales que afectan directamente al Hospital Básico del IESS. Se toma en consideración este estudio, debido a que, coinciden en el lugar y en la aplicación del software, con este presente trabajo investigativo será de utilidad para analizar la vulnerabilidad del edificio de la empresa pública EMAPA-G.

## **2.2 Antecedentes Históricos**

Como (Guachilema, 2019) señala: El territorio del Ecuador está atravesado principalmente por fallas geológicas, unas más activas que otras, donde, su número, tamaño y la frecuencia de los sismos causados por estas fallas varían, por lo que algunas regiones del Ecuador son más activas que otras.

El principal sistema de fallas está situado en el noreste hasta el Golfo de Guayaquil, que resulta ser el causante de la mayoría de los grandes sismos en los Andes, otro sistema importante es la llamada falla inversa al pie de la Cordillera Real.

Los terremotos de fallas tectónicas varían en profundidad, es decir, va desde poco profundo a intermedio, siendo este último, el rango de profundidad de la mayoría de los terremotos en Ecuador.

Debido a nuestra ubicación geográfica y su incidencia directa en el Cinturón de Fuego del Pacífico, es decir, la subducción de la placa tectónica más grande del mundo, conduce a la actividad sísmica y volcánica intensa, que produce una prolongación en nuestro territorio debido al impacto de un terremoto en sí mismo, creando una acumulación de energía y tensión al liberarse; a causa de los diferentes climas y sus accidentes geográficos nuestro país está expuestos a diferentes tipos de peligros ya sea de origen natural o de origen antropogénico que en conjunto generan factores que aumentan la vulnerabilidad en diferentes regiones del Ecuador, siendo los responsables de que exista un riesgo potencial. Además, es necesario considerar que en el asentamiento de Ecuador existen al menos 10 fallas geológicas que hacen que el movimiento telúrico se repita en ciudades como Quito, Ambato, Cuenca, Latacunga y Riobamba. (El Telégrafo, 2016)

Así, se puede afirmar que la razón por la cual Ecuador es un país expuesto a sufrir riesgos sísmicos que pueden suscitarse en cualquier momento, debido a la ubicación y a las fallas tectónicas mencionadas, hecho que justifica la cantidad de un sismo significativo ocurridos en el territorio ecuatoriano.

Así, el Ecuador, tiene un promedio anual de sismicidad de 2.600 eventos, esto se evidencia en los registros de los sismos, mismos que datan desde 1941 hasta la actualidad, llegando a una cantidad considerable, ya que, más de 30 terremotos de gran intensidad, se han producido desde la mencionada fecha hasta la actualidad, así lo menciona. (Rivadeneira, Segovia, & otros, 2007)

Los autores indican que, históricamente entre las zonas de mayor afectación por sismos en Ecuador, está la Provincia Bolívar, en la cual los movimientos telúricos más impactantes datan de los años 1645 con intensidad máxima de IX, 1797, (XI de intensidad), y 1911 (VIII de intensidad), es decir, años en que la Provincia Bolívar, aunque no fue epicentro de fuertes terremotos, se ha visto afectada por sismos originarios de provincias vecinas.

La justificación a estos acontecimientos responde a uno de los tres sistemas de fallas principales, la falla del Pallatanga, la cual atraviesa a la Provincia Bolívar hasta la provincia de Chimborazo. (El Comercio, 2014)

La ciudad de Guaranda ya ha sido históricamente afectada por fuertes sismos, según el catálogo sísmico de la EPN del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional - IG/2007. La ciudad ha sido deteriorada por sismos al menos cuatro veces, con efectos severos en la ciudad y sus alrededores.

Según el Código de Construcción Ecuatoriano, el cantón tiene dos zonas de amenaza sísmica: la Zona IV de Muy Alta Intensidad Sísmica, que cubre aproximadamente el 79% de la superficie del cantón, y la Zona III de Alta Intensidad Sísmica, que cubre el 21% del área. Estas zonas muestran la intensa actividad sísmica del área y de la región.

## **2.3 BASES TEÓRICAS**

### **2.3.1 Sismo**

Para (Colina & Ramírez, Características de los Sismos y sus efectos en construcciones, 1999) “un sismo o temblor de tierra es un movimiento vibratorio del suelo que modifica el estado de reposo relativo de los cuerpos que se apoyan directamente sobre él”.

(Chuy, 2013), señala que los sismos, son fenómenos geológicos netamente naturales, que ocurren de forma repentina debido a la liberación súbita de energía acumulada en una zona de la Tierra.

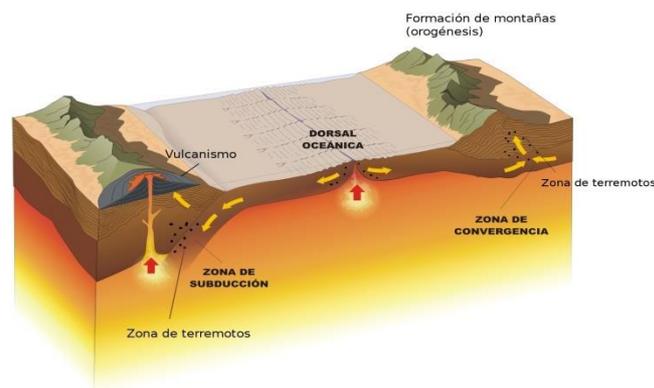
Para los autores, el origen de los sismos proviene tanto de la relación entre la corteza terrestre delgada con el tamaño del globo terrestre, es decir su radio, como de la escala de tiempo geológica, ya que los sismos, históricamente son provocados por meteoritos, desplazamiento de material al interior de la tierra a diferentes temperaturas y densidades, interacción de las placas, refiriéndose a estos como sismos de origen tectónico.

En tal sentido, conforme (Chuy, 2013) refiere, estos fenómenos naturales no guardan relación alguna con el calor, el frío u otros procesos meteorológicos.

**Sus parámetros son:**

- **Foco, Centro o Hipocentro:** Punto donde inicia la ruptura de la falla. Es el lugar donde se libera la energía del sismo cuya profundidad se representa como “h” y se da en km. (Chuy, 2013)
- **Epicentro o Epifoco:** Distancia: proyección del hipocentro sobre la superficie terrestre o también conocido como el punto de la superficie que resulta ser perpendicular al Foco.
- **Distancia Focal y Epicentral:** Representa la distancia desde el foco y del epicentro hacia el lugar de observación del sismo respectivamente.

*Figura 1. Fuente de un sismo*



*Fuente:* Arqhys.com

*Nota:* La Figura 1. indica la producción de los sismos

- **Magnitud:** Refiere a la energía liberada durante un terremoto, se registra en forma de ondas en las estaciones sísmicas. La fuerza de un terremoto se determina en proporción a la amplitud y el período de estas ondas. En Ecuador, el valor se suele dar en la Escala de Richter. (Chuy, 2013) Llamada así por que originariamente fue propuesta por Charles Richter en 1935.

- **Intensidad:** Es una medida no instrumental, de los efectos producidos por el movimiento del suelo, es decir el sismo, sobre las construcciones, estructuras y en la naturaleza. (Astroza, Ruiz, Astroza, & Molina, 2010)

(Vilema, 2014), afirma que el interior del planeta está perturbado por sismos y terremotos, que dan como resultado vibraciones o movimientos del suelo; la causa principal de los sismos es la ruptura de rocas en la corteza terrestre como resultado de la acumulación de energía geofísica que deforma la superficie y da lugar a las grandes cordilleras montañosas. Estas rupturas tienen lugar en el interior del globo cuando la energía acumulada supera la resistencia de la roca.

### **Efectos de un sismo**

Un sismo puede tener consecuencias graves para el desarrollo sostenible de las comunidades, inclusive si el terremoto es moderado, es decir, siendo leves, pueden tornarse catastróficos cuando se suscitan en lugares que tienen una alta concentración de población y principalmente cuando las estructuras no están preparadas para recibir el impacto de los sismos. (Chuy, 2013)

Esto ocurre cuando el epicentro es muy cercano a un centro de población importante y además, los diseños estructurales de las edificaciones no son realizados previa una debida preparación; así lo indica (Colina & Ramirez de Alba, 1999) y ejemplifica tal circunstancia al referirse al temblor de ocurrido en Marruecos en 1960, donde pese a que la magnitud fue solo de 5,7, la ciudad quedó totalmente destruida y dejó como saldo 12.000 fallecidos de una población total de 33.000 habitantes.

El autor indica además que, otros efectos de los sismos son las modificaciones en la superficie, es decir, las elevaciones o hundimientos del terreno, cambios en el cauce de los ríos etc, así como también daños materiales y las pérdidas tanto económicas como de vidas, mismas que pueden ser evitables siempre y cuando la población esté preparada para este tipo de eventualidades y puedan tomar las debidas precauciones, resaltando que para que exista tal preparación es necesario contar con reglamentos de construcción que contengan información actualizada sobre la ingeniería sísmica, la reversión y

fortalecimiento de estructuras principalmente de hospitales, edificios públicos, entre otros.

El efecto de los sismos sobre las estructuras está estrechamente ligado a las características dinámicas de la estructura y del movimiento:

- En cuanto a las características dinámicas de la estructura señala que para estimarlas correctamente existe dificultades, esto debido a la poca exactitud con la que se determina las propiedades elástico magnéticas de los materiales por los cuales se compone la estructura, la capacidad de resistencia y rigidez de los elementos no estructurales que participan en la respuesta sísmica, y, la variación de las propiedades ante un comportamiento inelástico.
- En cuanto a las características del movimiento señala:
  - La duración del sismo, es decir el tiempo correspondiente al inicio y fin del movimiento telúrico.
  - **Amplitud:** valores máximos alcanzados durante el sismo, correspondientes a desplazamiento, velocidad o aceleración del suelo
  - **Frecuencia:** corresponde al número de ciclos de oscilación del movimiento por unidad de Tiempo.

### 2.3.2 Vulnerabilidad

Según Cardona (2001), citado por (Hamón, 2021), la vulnerabilidad de un elemento es el grado en que está expuesto al riesgo potencial de ocurrencia de un desastre natural, mientras que, según Corominas (2014), “vulnerabilidad es el grado en que se pierde un elemento o un grupo de elementos en la zona afectada por el respectivo desastre”.

Para (Benjamín & Sidney, 2011), la vulnerabilidad “no es más que la debilidad que presenta una edificación u objeto frente a un evento que representa una peligrosidad, el cual al presentarse le generará daños”.

### Vulnerabilidad Física

Para (Silva, 2018) la vulnerabilidad física de los edificios está vinculada a factores naturales explosivos que pueden causar un evento, como la geología del lugar, las montañas cercanas, los vientos simbióticos, las precipitaciones, sismos, la erosión de las riberas de los ríos y los errores geotécnicos como fallas en la construcción, métodos de construcción, calidad de los materiales y factores humanos.

### **Vulnerabilidad Estructural**

El término "vulnerabilidad" se refiere a qué tan susceptibles son los elementos estructurales de un edificio o estructura a ser dañados o afectados cuando están sujetos a fuerzas sísmicas y actúan en conjunto con otros componentes de esa estructura. (Santos, 2019)

Como (Melone, 2002), refiere: la susceptibilidad que presenta la estructura no solo es frente a la afectación probable en partes esenciales de la estructura, sino que también incluye elementos estructurales como fundaciones, vigas, columnas, etc.

En cuanto a los elementos estructurales de un edificio, son las partes que soportan su estructura y son responsables de resistir las fuerzas sísmicas provocadas por el peso del edificio y su contenido, así como las fuerzas sísmicas provocadas por las interacciones entre estos elementos (Buitrago, 2017).

Puede decirse que un buen diseño estructural es fundamental para que la integridad del edificio perdure incluso frente a desastres naturales severos como los sismos de gran magnitud.

### **Vulnerabilidad Sísmica**

Para (Alonso, 2014), la vulnerabilidad: “es el límite en el que sobrepasa el grado de reserva o el nivel de capacidad de respuesta previsto ante una amenaza sísmica conocida”.

Al respecto, (Gimenez, Olavarrieta, & otros, 2019) menciona que es crucial entender la vulnerabilidad sísmica de una estructura ya que funciona como uno de los factores de riesgo sísmico junto con su zona sísmica.

Señala además que, esta vulnerabilidad depende de la antigüedad de la obra, el tipo de estructura, el número de pisos, la profundidad de depósito del suelo, y el grado de deterioro.

### **2.3.3 Riesgo sísmico**

(Abadías, González, & Pacheco, 2016), señalan que el riesgo sísmico es un factor de riesgo que expresa el movimiento sísmico esperado de la tierra, un factor de vulnerabilidad que ilustra el punto en el que una estructura se vuelve sísmicamente vulnerable, un factor de exposición que se refiere a la dispersión de personas, propiedades y negocios/servicios que son vulnerables a un terremoto y, finalmente, un factor de costo que representa las pérdidas económicas relacionadas con el sismo. Entonces, al estudiar el riesgo sísmico de una estructura, se tendrá en cuenta la evaluación de cada uno de estos componentes y su interacción.

Bajo esta definición de riesgo sísmico, (Espinoza & Orellana, 2022) señala que, es una consecuencia tanto de carácter social, económico, provocado por los sismos, como secuela de la falla en las estructuras cuya capacidad de resistencia es superada por la actividad sísmica.

Conforme la UNESCO, y su propuesta de ecuación para definir el riesgo sísmico (1980), éste es el resultado del cálculo: peligrosidad por vulnerabilidad y por costo. (Muñoz, 1989)

### **Peligro Sísmico**

(Rosalin, 2016), manifiesta que la peligrosidad se define como la probabilidad de que se exceda un valor específico de la intensidad del movimiento del suelo causado por terremotos dentro de un período de tiempo específico. Los cálculos de hoy dependen de valores como el desplazamiento, la velocidad y/o la aceleración del suelo. Solía ser habitual describirlo en términos de intensidad macroscópicamente alta, correlacionándolo con el potencial destructivo del terremoto.

(Vilema, 2014), menciona que, para determinar el riesgo sísmico, se debe considerar la probabilidad de que durante un período de tiempo específico y dentro de un área geográfica específica, ocurran movimientos de tierra cuyos parámetros incluyen aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud e intensidad.

#### **2.3.4 Daño sísmico**

En general, el daño es el grado de degradación o de destrucción ocasionado en las personas, bienes o en los sistemas de prestación de servicios y los sistemas naturales o sociales, debido a un fenómeno peligroso. Así, al referirnos a daño sísmico y a las estructuras, se comprende que el daño es una cantidad de deformación irrecuperable (inelásticas) sobre la estructura o edificación.

Para su evaluación e interpretación, es decir, en el caso de sismos, es necesario cuantificar los efectos del fenómeno sobre cada tipo de estructura, pues el daño es influenciado acorde a la calidad de la construcción de la estructura, esto mediante procedimientos de análisis o estudios encaminados a determinar el comportamiento de la estructura ante un sismo.

#### **2.3.5 Análisis Estructural**

(Gonzales, 2012), describe al análisis de una forma de estructura como el procedimiento planificado que llega al entendimiento de la manera en que se comportan en la presencia de un cierto nivel de carga. Incluyendo, normalmente, en la denominación común de la conducta humana, en tanto se preocupa por el estudio de la estructura de los estados de ansiedad y cambiar los parámetros físicos del objeto, tiene la forma de obtener una conclusión acerca de la influencia mutua con el usuario o sobre las delimitaciones de su ámbito de utilización.

Es por esto que el objetivo del estudio de un patrón, la expectativa de cómo se comportará en diferentes circunstancias, acciones que se quieran realizar o que se necesite que tenga la capacidad de dar respuesta. Algunos procedimientos de análisis son la siguiente: El Método de la Fuerza Horizontal comparable con procedimientos de estudio elásticos, procedimientos de estudio inelástico y métodos de estudio diferentes.

### **2.3.5.1 CYPECAD**

“Es el software para el proyecto de edificios de hormigón armado y metálicos que permite el análisis espacial, el dimensionado de todos los elementos estructurales, la edición de las armaduras y secciones y la obtención de los planos de construcción de la estructura. Con el cual se puede realizar el cálculo de estructuras tridimensionales formadas por soportes y forjados, incluida la cimentación, y el dimensionado automático de los elementos de hormigón armado y metálicos”. (CYPE Ingenieros S.A.)

Es decir, el software constituye una herramienta para que el proyectista pueda resolver aspectos relativos al cálculo de las estructuras de hormigón de cualquier tipo.

Este software fue creado en 1991, por la Sociedad Anónima CYPE ingenieros en España con la finalidad de diseñar y calcular las dimensiones de estructuras de hormigón armado y metálico.

### **2.3.5.2 FEMA-154**

Es una evaluación visual del peligro sísmico para edificaciones, conocida como Agencia Federal para el Manejo de Emergencias por sus siglas en inglés (FEMA-154), este método se divide en tres categorías: edificios con baja vulnerabilidad en cuanto a daños y seguridad de los ocupantes frente a un sismo, los que representan una vulnerabilidad media que están dentro de los parámetros aceptables y los que tiene una vulnerabilidad alta los cuales necesitan un estudio más detallado. (MIDUVI, 2015)

El objetivo principal de esta evaluación es recolectar información para identificar los parámetros del formulario establecido y de esta manera obtener un índice de vulnerabilidad de las edificaciones más vulnerables frente a eventos sísmicos.

De acuerdo con él (MIDUVI, 2015), esta evaluación clasifica a los tipos de estructuras que se presentan en la mayoría el territorio ecuatoriano en 13 grupos para este sistema de evaluación y se los presenta a continuación con sus respectivos códigos:

*Tabla 1. Tipología del Sistema Estructural*

Madera	<b>W1</b>	Pórtico Hormigón Armado	<b>C1</b>	Pórtico Acero Laminado	<b>S1</b>
Mampostería sin refuerzo	<b>URM</b>	Pórtico H. Armado con muros estructurales	<b>C2</b>	Pórtico Acero Laminado con diagonales	<b>S2</b>
Mampostería reforzada	<b>RM</b>	Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	<b>C3</b>	Pórtico Acero Doblado en frío	<b>S3</b>
				Pórtico Acero Laminado con muros estructurales de hormigón armado	<b>S4</b>
Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón	<b>MX</b>	H. Armado prefabricado	<b>PC</b>	Pórtico Acero con paredes mampostería	<b>S5</b>

*Fuente: (MIDUVI, 2015)*

La matriz FEMA-154 clasifica diferentes modificadores, cada uno tiene un valor de ponderación y depende del tipo de estructura para determinar el nivel de vulnerabilidad de la edificación en estudio.

*Tabla 2. Tipología del Sistema Estructural*

<b>PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL</b>													
Tipología del sistema estructural	<b>W1</b>	<b>URM</b>	<b>RM</b>	<b>MX</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>PC</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
<b>ALTURA DE LA EDIFICACIÓN</b>													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN</b>													
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
<b>CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN</b>													
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1

TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
<b>PUNTAJE FINAL S</b>													

*Fuente: (MIDUVI, 2015)*

### 2.3.6 Contexto del área de estudio

#### Localización de la Empresa Pública EMAPAG

Los siguientes datos fueron obtenidos de la (Dirección de Comunicación, 2022):

- La Empresa Pública EMAPA-G se encuentra ubicada en la Av. Guayaquil, al norte de la Ciudad de Guaranda, Provincia Bolívar. Su superficie es de 1.050 metros cuadrados, y su construcción es de 1.020 metros cuadrados.
- Sus oficinas están distribuidas en 3 niveles, además cuenta con parqueaderos en la planta baja.
- Su construcción inició en el 2018 y su inauguración fue en el año 2022. (Dirección de Comunicación, 2022)

### 2.4 Marco Legal

#### Constitución de la República del Ecuador (Asamblea Costituyente, 2008)

*“Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado: 7. Proteger el patrimonio natural y cultural del país”*

Así, este deber estatal constituye uno de los fundamentos de la unidad histórica y geográfica del Ecuador.

*“Art. 57.- Se reconoce y garantizará a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas (...) los siguientes derechos colectivos: (...) 13.*

*Mantener, recuperar, proteger, desarrollar y preservar su patrimonio cultural e histórico como parte indivisible del patrimonio del Ecuador. El Estado proveerá los recursos para el efecto”*

*“Art. 83.- Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley: (...) 13. Conservar el patrimonio cultural y natural del país, y cuidar y mantener los bienes públicos.”*

**Art. 389.-** El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo (...) Tendrá como funciones principales, entre otras: 1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano. 2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo (...) Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre. 6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.”

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

**Código Orgánico de Organización Territorial Autonomías y Descentralización (COOTAD)** (Asamblea Nacional, 2019)

*“Art. 140.- La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al territorio se gestionarán*

---

*de manera concurrente y de forma articulada por todos los niveles de gobierno de acuerdo con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley”*

**Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo** (Asamblea Nacional, 2016)

**Art. 6.-** “(...) la función social y ambiental de la propiedad en el suelo urbano y rural de expansión urbana implica: (...) 6. Conservar el suelo, los edificios, las construcciones y las instalaciones en las condiciones adecuadas para evitar daños al patrimonio natural y cultural, y a la seguridad de las personas (...).

### **2.1.1 Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC)**

Estas normas contienen los requisitos y métodos que deben utilizarse para el diseño de edificios resistentes a los sismos, y otras estructuras en posición secundaria, que se complementan con normas de construcción internacionales reconocidas.

Sirve como un documento de continua actualización que se requiere para el cálculo y diseño de estructuras resilientes teniendo en cuenta el potencial de crecimiento del Ecuador. Calculadores, diseñadores y profesionales de la industria en el campo de la construcción pueden utilizar herramientas de cálculo basadas en conceptos de ingeniería sísmica que les permitan comprender las hipótesis de cálculo que están utilizando para tomar decisiones a lo largo de la fase de diseño.

## 2.5 Términos a conocer

**Altura de Piso:** Es la distancia entre los diferentes niveles de piso de una estructura. (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2015)

**Capacidad de Carga:** La capacidad de carga de un suelo es la condición en la cual fallará en una cimentación. Esta condición está indicada por la circunstancia que corresponde al deterioro de la capacidad portante del suelo o por la ocurrencia de daños irreparables que afectan la resistencia del suelo a nuevas aplicaciones de peso. (Medrano, 2007)

**Carga Permanente:** Se refiere a todos los elementos estructurales que operan permanentemente sobre la superficie de una estructura constituyen el peso de las cargas permanentes. Estos incluyen elementos como paredes, cercas, contenedores de basura, baños, instalaciones eléctricas, mecánicas y otros objetos adheridos permanentemente a la estructura. (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2015)

**Carga viva:** La carga viva, también conocida como carga de sobrecarga, que se utilizará en el cálculo depende del uso al que se destine la edificación y está compuesta por los pesos de personas, muebles, equipos, accesorios temporales, bienes de transición y otros. (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2015)

**COE-I:** El Comité de Operaciones de Emergencia Institucional, es responsabilidad de la entidad asumir el control y tomar las decisiones y acciones necesarias para atender los casos cuando ocurra una emergencia o desastre que tenga un impacto en la vida de las personas y empleados que se encuentren presentes en la institución en ese momento. (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2018)

**Emergencia:** Es un incidente que pone en peligro a las personas, la propiedad o la continuación de los servicios y requiere una respuesta inmediata y efectiva por parte de las agencias locales. (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2018)

**Espectro de Respuesta para Diseño:** El espectro de diseño se puede representar como un espectro de respuestas basadas en las propiedades geofísicas, tectónicas,

sedimentológicas y del suelo asociadas con la ubicación de la construcción de la estructura. Es un espectro elástico para una fracción de amortización relativa al valor crítico del 5% que se utiliza en el diseño para ilustrar los efectos dinámicos del sistema de diseño. (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2015)

**Estructura:** Se define como el conjunto de elementos estructurales ensamblados para soportar cargas verticales, sísmicas y de otro tipo. Las estructuras se pueden dividir en estructuras de edificios y otras estructuras que no son edificios. (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2015)

**Evaluación de Daño:** (Bustanza, 2022) señala que se logra evaluar el daño cuantitativamente mientras se tiene de soporte algunos parámetros de respuesta estructural, como distorsiones de entrada, demandas de ductilidad y rigidez, cantidad de energía disipada, limitador de velocidad de entrada, etc.

**Gestión de Riesgo de Desastres:** Se refiere al uso de políticas y estrategias de reducción con el objetivo de prevenir nuevos riesgos de desastres, reducir los riesgos de desastres existentes y gestionar los riesgos de desastres residuales, fortaleciendo la resiliencia y reduciendo las pérdidas por desastres. (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2016)

**Nivel de Desempeño Estructural:** Es la descripción del estado límite de daño que puede tener la estructura, y se usa en la definición de los objetivos de desempeño.

**Nivel de Desempeño no Estructural:** Es la descripción del estado límite correspondiente a daños no estructurales sobre los componentes de un edificio que de igual forma se usa para determinar los objetivos de desempeño.

**Objetivo de Desempeño:** Es el estado de daño estructural y no estructural que se espera ante un sismo.

**Preparación ante Desastres:** Conocimientos y habilidades que los gobiernos, las organizaciones de respuesta y recuperación, las comunidades y las personas desarrollan

para anticipar, abordar y recuperarse de manera efectiva de los efectos de desastres potenciales, inminentes o en curso. (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2016)

**Simulacro:** Ejercicio de gestión práctica de acciones operativas que se realiza mediante la simulación de daños y lesiones en una situación de emergencia donde los participantes se enfrentan a situaciones hipotéticas mientras emplean las habilidades y técnicas que necesitarían para manejar casos reales. Esto implica el movimiento y operación real del personal, así como el uso de recursos materiales. (Organización Panamericana de la Salud, 2010)

**Sismo:** “Sacudida de la superficie terrestre por dislocación (deformación) de la corteza. Las fuentes son de varios tipos siendo más comunes las tectónicas”. (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2018)

**Sistema de Alerta Temprana:** (SAT) Consiste en un sistema integrado de vigilancia, predicción y evaluación de amenazas, evaluación del riesgo de desastres, actividades, sistemas de comunicación y procesos de preparación que permite a las personas, comunidades, gobiernos, empresas y otras partes interesadas tomar las precauciones necesarias antes de eventos potencialmente peligrosos. (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2016)

**Sistema Aportillado:** Es un sistema de uniones, conexiones o nudos entre vigas y columnas, mediante nudos rígidos cuya finalidad es transferir momentos flectores y cargas axiales hacia las columnas. (Cevallos & Rivera, 2020)

### **Tipos de suelos**

En la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), se representan los requerimientos metodológicos que deberán ser aplicados para el diseño sismo resistente de edificaciones, en el cual se definen seis tipos de perfil de suelo:

- Tipo: A, B, C, D, E y F

**Tipo A:** Perfil de roca competente.

**Tipo B:** Perfil de roca de rigidez.

**Tipo C:** Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante. Perfiles de suelos que cumplan con cualquiera de dos criterios.

**Tipos D:** Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante. Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones.

**Tipo E:** Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante. Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas.

**Tipo F:** Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o debidamente cementados, etc.

- Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ( $H > 3$  m para la turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).
- Arcillas de muy de muy alta plasticidad ( $H > 7.5$ m con índice de plasticidad  $IP > 75$ ).
- Suelos con constantes de independencia ha ocurrido dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelos, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.
- Rellenos colocados sin control ingenieril.

## 2.6 Sistema de variables

**Variable Dependiente:** Vulnerabilidad sísmica del edificio

**Variable independiente:** Eventos sísmicos

### **3 CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Nivel de Investigación**

En concordancia con la naturaleza de la investigación, corresponde a un enfoque mixto, cuantitativo y cualitativo, cuantitativo debido a la expresión numérica del modelamiento sísmico del edificio de la EMAP-G, cualitativo porque se determinara los parámetros de la matriz FEMA-154 ya que según la ponderación de esta inspección será catalogada en niveles de vulnerabilidad. No corresponde a un nivel experimental ya que no se posee control sobre las variables en estudio, sino más bien a un nivel descriptivo, ya que tal cual las condiciones actuales de la edificación, se introducirán en el programa CYPECAD (Alashker et al., 2019; Nayak & Thakare, 2019).

#### **3.2 Diseño**

##### **3.2.1 Descriptivo**

Corresponde al descriptivo en primera instancia, ya que se realizará una descripción arquitectónica y estructural de la composición del edificio en planos y a través de la observación visual y registro fotográfico, se hará un contraste, esta información se presentara en un bloque donde se describe la funcionalidad de cada unidad constructiva (Sampieri, 2014).

##### **3.2.2 Campo**

Se realizará una inspección detallada del edificio para recolectar información detallada del sistema estructural y por ende llenar el formulario del FEMA-154. Necesariamente se requiere la movilización de los investigadores hacia el nuevo edificio del EMAP-G, ya que es en sitio donde se realizara una inspección para verificar el estado físico del edificio, reconocer la funcionalidad de cada una de las áreas, además de ir verificando si corresponde a los planos arquitectónicos o si se han realizado modificaciones (Fernández & Pértegas, 2002).

##### **3.2.3 Explicativo**

Con la información levantada, añadiendo a esto la procesada por el software, se elaborará un bloque explicativo donde a través de los resultados del modelamiento se reconoce la

reputa estructural del edificio ante eventos sísmicos, además de elaborar guías complementarias con las pautas para evitar pérdida de vidas humanas y reducir gastos económicos por motivos de reparaciones y rehabilitación (Sampieri, 2014).

### **3.3 Población y Muestra**

La población que se representa para este proyecto de investigación es el edificio de la EMAP-G, que tiene un área constructiva de alrededor de 370 m<sup>2</sup> divididos en tres plantas: Sub Suelo, Planta Baja, Primera Planta y área de terraza, además por tal motivo se considera que la muestra son los elementos estructurales que constan de; vigas de cimentación, losas entre pisos, columnas, vigas descolgadas, gradas y caja de ascensor, así también se puede constatar el uso de cielo raso de gypsum y porcelanato en varias de sus áreas como: oficinas, bodegas, atención al cliente y sala de reuniones. (Otzen & Manterola, 2017).

### **3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Se seguirá el procedimiento normal de solicitud al Gobierno Autónomo Descentralizado la información requerida para desarrollar el presente estudio, entre ellos se solicitará; planos arquitectónicos, planos estructurales, avalúo catastral del bien inmueble y el número del personal que laborará en las instalaciones.

Se llenara el formulario de la matriz FEMA-154 y se elaborará una ficha de observación, la cual contará con un registro fotográfico para ir identificando según los planos arquitectónicos la construcción de la misma, además de ir colocando las áreas funcionales por cada piso.

### **3.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos**

El procesamiento de la información estructural será pre procesado en AutoCad versión 2018, dado que el formato de los planos proporcionados por la institución municipal será en DWG. A través del cual se ira visualizando todo el diseño del edificio, además de las características técnicas del componente estructural.

Posterior a esto el procesamiento de la información se realizará en el software CYPECAD, en el cual se introducirá la información estructural, elementos

---

arquitectónicos y constructivos, para finalmente obtener el modelamiento y reconocer el grado de vulnerabilidad sísmica que presenta dicha edificación.

CYPECAD es un software que permite la introducción e información estructural y memorias de cálculo de una determinada construcción, con la finalidad de identificar la resistencia estructural que presenta el edificio frente a eventos sísmicos. La aplicación del software puede hacerse en dos sentidos, el primer sentido es previo al inicio de una construcción y posterior a ella, esto con la finalidad de reconocer las condiciones de la edificación y sus posibles medidas de ingeniería para subsanar algunos imperfectos

El funcionamiento de cada una de las dependencias dentro del edificio del EMAP-G, además de consecutivamente analizar el comportamiento estructural ante eventos sísmicos, de forma secuencial y apuntando a la reducción de riesgos de desastres, precautelando la integridad física de los funcionarios y usuarios de dicha entidad, se procede a establecer protocolos de seguridad para evacuación en caso de un evento sísmico.

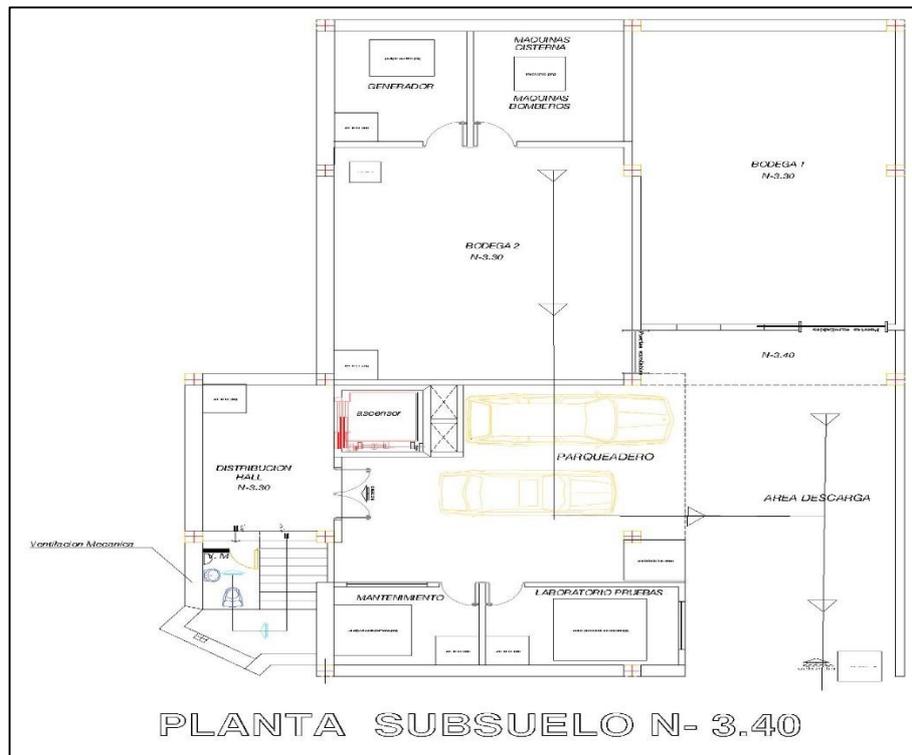
## 4 CAPÍTULO V: RESULTADOS

### 4.1 Resultados obtenidos según el objetivo específico 1. Levantamiento de información arquitectónica, estructural del edificio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda.

El edificio de la empresa pública de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Guaranda se encuentra en la dirección Av. Guayaquil y Pedro Tobar, frente al destacamento de policía junto al CNEL, aproximadamente a 2km desde el centro de la ciudad.

La EMAPA-G goza de independencia desde el año 2003, mediante ordenanza municipal le reconocen con autonomía administrativa, económica y orgánica funcional, esto con la finalidad de llevar a cabo con eficiencia una administración propicia que permita garantizar el normal abastecimiento de agua de calidad a los más de 7 mil usuarios catastrados.

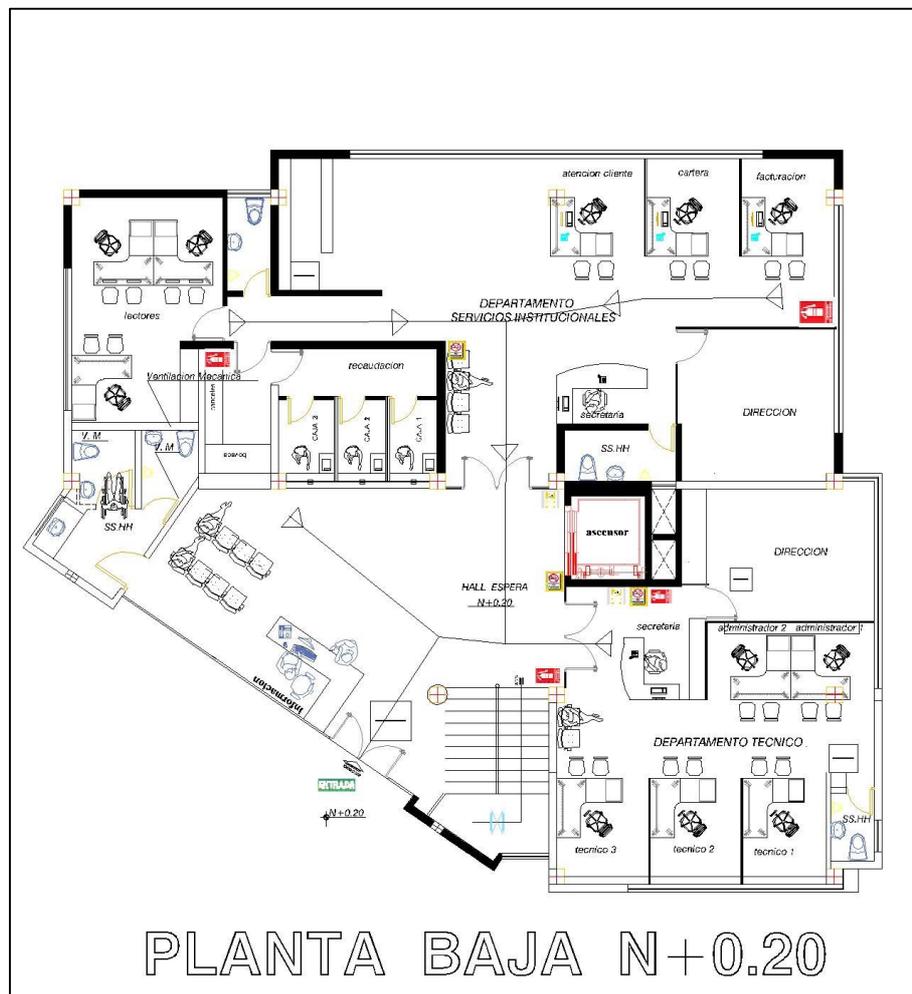
*Figura 2. Arquitectónico de la planta subsuelo N-3.40*



**Nota:** La Figura 2 muestra la composición arquitectónica de la planta Sub Suelo

En la figura anterior se puede observar que en la planta del Sub Suelo que corresponde al Nivel -3.40 funciona lo que es el laboratorio de pruebas químicas, físicas y biológicas, además de un cuarto de mantenimiento para todo el edificio, seguido de esto está el ingreso al ascensor que se encuentra dentro de un espacio al que se le utiliza como parqueadero, además de 2 bodegas, un cuarto para el generador y otro cuarto para la máquina de los bomberos, todo lo mencionado anteriormente corresponde a la planta del Sub Suelo.

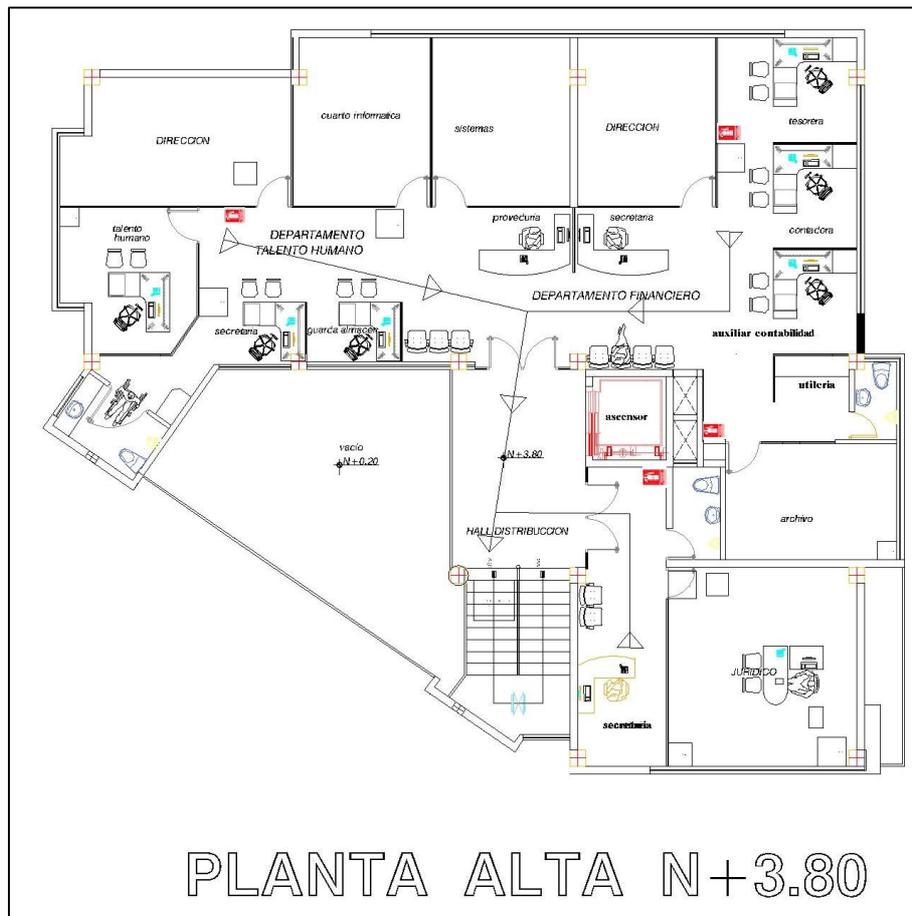
**Figura3.** Arquitectónico de la planta baja N +0.20



**Nota:** La Figura 3 muestra la composición arquitectónica de la planta baja N+0.20

La planta baja del nivel N +0.20 posee un mayor dimensionamiento que la del subsuelo, es en esta planta donde funcionan los servicios institucionales, de primera asistencia, en esta se encuentra el departamento técnico, secretaría, dirección, recaudación, atención al cliente, facturación además de servicios higiénicos y un espacio para la atención y estar de los usuarios.

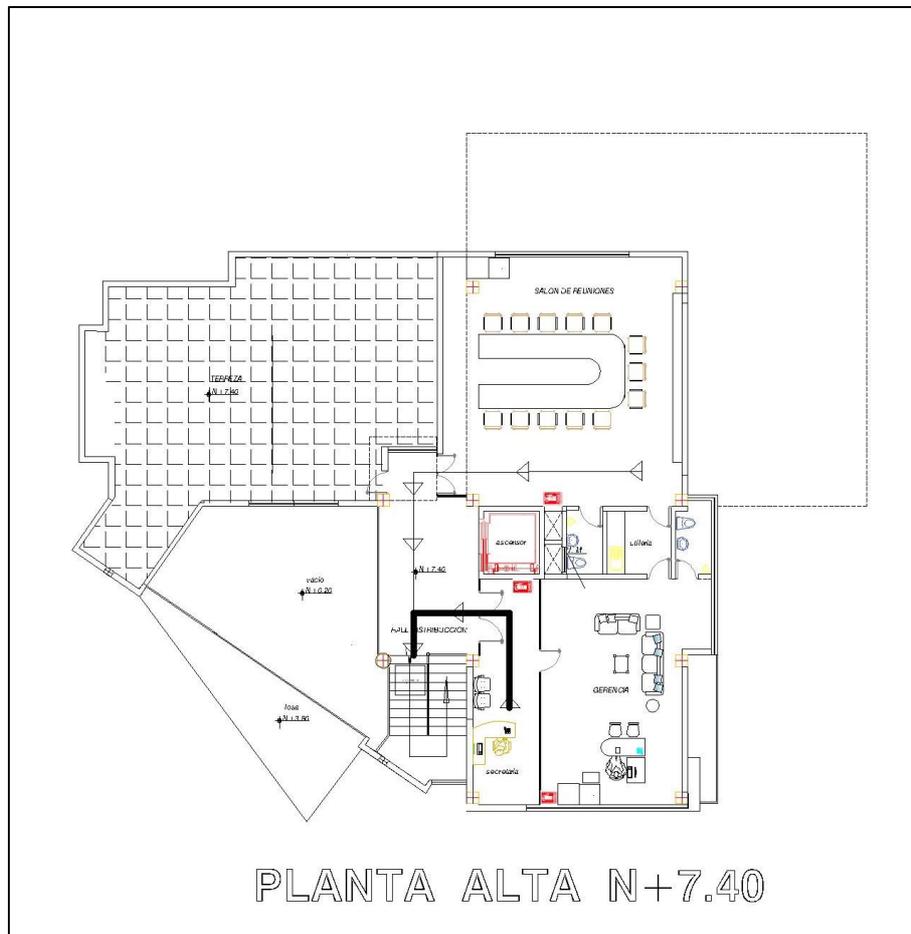
**Figura 4.** Arquitectónico de la planta alta N+3.80



**Nota:** La Figura 4 muestra la composición arquitectónica de la planta N+3.80

La primera planta se caracteriza por que se ubican las oficinas financieras entre ellas secretaría, jurídico, archivo, contabilidad, sistemas, informática, tesorería, talento humano y dirección, además de un espacio amplio en donde se encuentran los usuarios y los servicios higiénicos.

*Figura 5. Arquitectónico de la planta alta N+7.40*



**Nota:** La Figura 5 muestra la composición arquitectónica N +740

La planta N +7.40 se caracteriza por que es aquí donde se ubican las oficinas de gerencia secretaría, utilería y una sala de reuniones, además de un espacio amplio en donde se encuentran los usuarios y los servicios higiénicos.

**4.2 Resultados obtenidos según el objetivo específico 2: Evaluar el desempeño estructural del edificio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, mediante la matriz FEMA-154 y el modelamiento informático a través del Software CYPECAD.**

✓ **FEMA-154**

Para determinar el nivel de vulnerabilidad de la edificación se utilizó el método del FEMA-154, además se recolecto la información en campo y se determinó los siguientes parámetros:

Para los datos generales se realiza la identificación del edificio como su nombre, ubicación, y tipo de uso. Así como también se añade los datos de los evaluadores del edificio.

*Tabla3. Datos Generales del edificio EMAPA-G*

DATOS GENERALES DE LA EDIFICACIÓN			
<b>Nombre de la Edificación:</b>		EMAPAG- Empresa Eléctrica de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda	
<b>Dirección:</b>		Av. Guayaquil y calle Pedro Tobar	
<b>Sitio de referencia:</b>		Frente al Comando de la Policía Nacional	
<b>Tipo de uso:</b>		Gobierno	
<b>Año de construcción:</b>	2018	<b>Fecha de evaluación:</b>	17/8/2023
<b>Área Construida:</b>	1.020 m <sup>2</sup>	<b>Año de remodelación:</b>	N/A
		<b>Número de pisos:</b>	4
DATOS DEL PROFESIONAL			
<b>Nombre del evaluador:</b>		Diego Chimborazo	Mikaela Vasco
<b>CI:</b>		0202549523	0250057114
<b>Registro SENESCYT.</b>		Estudiante	Estudiante

**Nota:** En la siguiente tabla se puede observar las especificaciones de los datos generales de la edificación y datos del evaluador

El formulario nos indica el esquema estructural y la fotografía de la parte frontal del edificio de la EMAPA-G:



*Figura 8. Fachada frontal del edificio EMAPA-G*



*Nota:* La Figura 8 muestra la fotografía de la parte frontal edificio EMAPA-G

Se reconoce todos los elementos estructurales que tiene el edificio considerándolo, así como C1 que corresponde a pórticos de hormigón armado con una altura mediana de 4 a 7 pisos, manteniéndose con irregularidades tanto vertical como en planta, su año de construcción siendo un post código moderno construido en el año 2018, de igual manera tomando en cuenta todos los puntajes que están estandarizados para su respectivo cálculo.

*Tabla 3. Modificadores del FEMA-154*

PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL.														
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5	
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2	
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN														
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN														

Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
<b>CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN</b>													
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1
<b>TIPO DE SUELO</b>													
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
<b>PUNTAJE FINAL S</b>					<b>1.9</b>								

*Nota:* La siguiente tabla nos muestra las ponderaciones de los modificadores

Una vez realizado el cálculo específico nos arroja un valor de **1.9** siendo esta una vulnerabilidad alta que corresponde al valor de  $<2.0$ .

En esta parte se considera todas las observaciones que tiene el edificio durante la evaluación visual entre ellos se mencionó que no existe el año de remodelación y especificar porque tenemos las dos irregularidades, así como también detallamos si el edificio necesita una evaluación más detallada o no.

*Tabla 4. Observaciones de la matriz FEMA-154*

*Nota:* En la tabla de observaciones se detallan lo que no se ha logrado obtener de la

<b>EVLUACION DETALLADA REQUERIDA</b>		<b>OBSERVACIONES:</b> Se puede evidenciar que no existe el año de remodelación debido a que el edificio es recientemente realizado en los últimos 5 años, sin embargo, su vulnerabilidad nos arroja un resultado de 1.9 siendo alto debido a que el edificio consta de dos irregularidades tanto planta como vertical, en planta por que no genera una geometría perfecta en forma de cubo y en vertical porque tiene varias figuras a lo largo del edificio, considerándose así que el edificio necesita una inspección más especializada.
<b>SI</b>	<b>X</b>	
<b>NO</b>		

construcción, uso y circunstancia que presente la edificación

El grado de vulnerabilidad nos indica una vulnerabilidad alta del edificio EMAPA-G, lo que quiere decir que pese a que el edificio es netamente nuevo puede sufrir problemas en su sistema estructural debido a la presencia de las dos irregularidades tanto en vertical como en planta y sobre el tipo de suelo que está asentado.

*Tabla 5. Grado de vulnerabilidad sísmica*

GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA		
S<2.0	Alta vulnerabilidad	X
2.0>S>2.5	Media vulnerabilidad	
S>2.5	Baja vulnerabilidad	

*Nota:* En la siguiente tabla podemos determinar el grado de vulnerabilidad que tiene el edificio de la EMAPA-G

✓ **SOFTWARE CYPECAD**

**DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA**

**Proyecto:** Comportamiento sísmico del edificio EMAPAG

**Normas consideradas**

Concreto: ACI 318M-11 formados en frío: AISI S100-2007 (LRFD)

**Cargas utilizadas**

Según norma NEC\_SE\_CG (Cargas no sísmicas)

- **Carga viva**

Uso oficinas

*Figura 9. Tipos de usos de las oficinas*

Edificios de oficinas		
Salas de archivo y computación (se diseñará para la mayor carga prevista)		
Áreas de recepción y corredores del primer piso	4.80	9.00
Oficinas	2.40	9.00
Corredores sobre el primer piso	4.00	9.00

*Nota:* La Figura 8 muestra los tipos de uso de oficinas que tiene un edificio

Cubiertas

*Figura 10. Tipos de cubiertas*

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> )	Carga concentrada (kN)
<b>Cubiertas</b>		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		

*Nota:* La Figura 10 muestra los tipos de cubiertas que posee un edificio

- **Carga muerta o carga permanente**

Se considera el peso de:

- Peso propio (calculado automáticamente por el programa)
- Pisos (cerámicas o recubrimientos)
- Cielo Raso
- Instalaciones
- Carga muerta en cubierta

*Figura 11. Cargas vivas y muertas de las plantas del edificio EMAPA-G*

**ACCIONES CONSIDERADAS**

- Gravitatorias

Planta	Carga viva		Cargas muertas (t/m <sup>2</sup> )
	Categoría	Valor (t/m <sup>2</sup> )	
N+14.60	3	0.10	0.15
N+11.00	3	0.10	0.15
N+7.40	1	0.24	0.30
N+3.80	1	0.24	0.30
N+0.20	1	0.24	0.30
N-3.40	1	0.40	0.30
N-5.90	1	0.40	0.30

*Nota:* La Figura 11 muestra los valores que posee cada planta del edificio en estudio

---

### Combinaciones de carga según ACI 318-11 Y NEC-14

Nombres de las hipótesis

**PP** Peso propio

**CM** Cargas muertas

**H 1** H 1 Empuje suelo

**Qa (1)** Carga viva (Uso General)

**Qa (3)** Carga viva (Uso Cubiertas)

**SX** Sismo X

**SY** Sismo Y

*Figura 12. Combinaciones de carga según ACI 318-11 Y NEC-14*

Comb.	PP	CM	H 1	Qa (1)	Qa (3)	SX	SY
1	1.400	1.400					
2	1.200	1.200	0.900	1.600			
3	1.200	1.200	0.900	1.600	0.500		
4	1.200	1.200	1.600				
5	1.200	1.200	1.600	1.600			
6	1.200	1.200	1.600		0.500		
7	1.200	1.200	1.600	1.600	0.500		
8	1.200	1.200					
9	1.200	1.200		0.500			
10	1.200	1.200			1.600		
11	1.200	1.200		0.500	1.600		
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	0.900	0.900	0.900				
21	0.900	0.900	1.600				
22	0.900	0.900	0.900			-1.000	
23	0.900	0.900	1.600			-1.000	
24	0.900	0.900	0.900			1.000	
25	0.900	0.900	1.600			1.000	
26	0.900	0.900	0.900				-1.000
27	0.900	0.900	1.600				-1.000
28	0.900	0.900	0.900				1.000
29	0.900	0.900	1.600				1.000

*Nota:* La Figura 12 señala los valores que posee las combinaciones de carga según ACI 318-11 Y NEC-14

## SISMO

**Norma utilizada:** NEC-SE-DS 2014

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN

Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

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

**Datos generales de sismo**

### Caracterización del emplazamiento

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

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

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

### Sistema estructural

**R<sub>X</sub>**: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **R<sub>X</sub>** : 8.00

**R<sub>Y</sub>**: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **R<sub>Y</sub>** : 8.00

**F<sub>P</sub>**: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) **F<sub>P</sub>** : 0.90

**F<sub>E</sub>**: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) **F<sub>E</sub>** : 0.90

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

**Estimación del periodo fundamental de la estructura:** Según norma

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

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

**h**: Altura del edificio **h** : 14.60 m

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

### Parámetros de cálculo

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

Fracción de sobrecarga de uso : 0.00

Factor multiplicador del espectro : 1.00

**Verificación de la condición de cortante basal:** Según norma

Se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Valor para multiplicar los desplazamientos 1.00

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Según NEC-SE-DS 2014

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

Vigas primarias frente a la acción sísmica: 0.5

Vigas secundarias frente a la acción sísmica: 0.01

Forjados primarios frente a la acción sísmica: 0.5

Forjados secundarios frente a la acción sísmica: 0.01

Columnas: 0.8

Muros de cortante: 0.6

Muros: 0.6

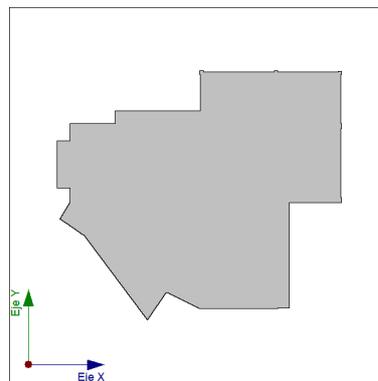
Muros de mampostería: 0.5

**Direcciones de análisis**

Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y

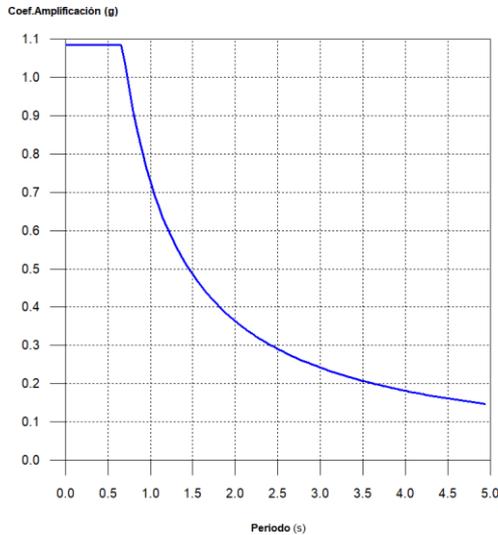
*Figura 13. Proyección de la planta en obra*



**Nota:** La Figura 13. muestra la proyección del edificio EMAPA-G en planta

## Espectro de cálculo

### Espectro elástico de aceleraciones



**Coef. Amplificación:**

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.085 g.

NEC-SE-DS 2014 (3.3.1)

### Parámetros necesarios para la definición del espectro

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

**Z** : 0.35

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

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

**h** : 2.48

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

**F<sub>a</sub>:** Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 3)

**F<sub>a</sub>** : 1.25

**F<sub>d</sub>:** Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4)

**F<sub>d</sub>** : 1.28

**F<sub>s</sub>:** Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5)

**F<sub>s</sub>** : 1.19

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

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

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

**I** : 1.00

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

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

**r** : 1.00

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

**T<sub>C</sub>**: Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)

**T<sub>C</sub>** : 0.67 s

### Espectro de diseño de aceleraciones

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

### Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad

**R<sub>X</sub>**: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)

**R<sub>X</sub>** : 8.00

**R<sub>Y</sub>**: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)

**R<sub>Y</sub>** : 8.00

**F<sub>P</sub>**: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a)

**F<sub>P</sub>** : 0.90

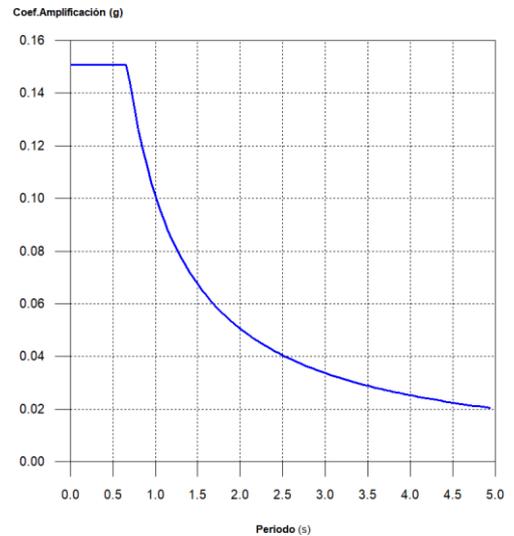
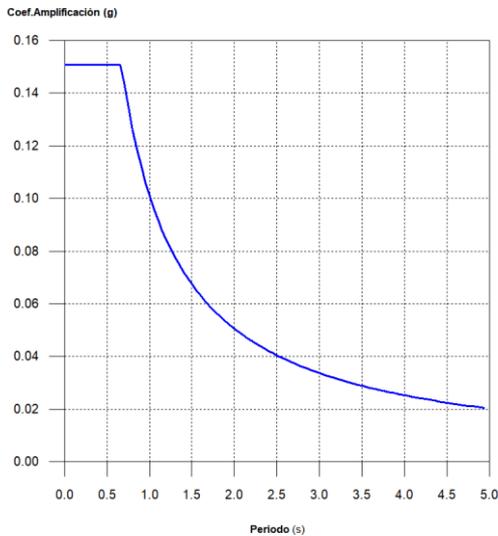
**F<sub>E</sub>**: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)

**F<sub>E</sub>** : 1.00

Espectro de diseño según X

NEC-SE-DS 2014 (6.3.2)

Espectro de diseño según Y



### Coeficientes de participación

Modo	T	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	L <sub>gz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Condición X(1)	Condición Y(1)
Modo 1	0.481	0.0126	0.0626	0.998	0.47 %	11.58 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 8.65536 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 8.65536 mm
Modo 2	0.352	0.3734	0.1484	0.9157	43.97 %	6.97 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 4.62851 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 4.62851 mm
Modo 3	0.321	0.2372	0.4447	0.8637	10.44 %	36.82 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 3.86827 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 3.86827 mm
Modo 4	0.176	0.0007	0.0717	0.9974	0 %	2.37 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 1.16263 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 1.16263 mm
Modo 5	0.097	0.0159	0.0436	0.9989	0.05 %	0.38 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.35587 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.35587 mm
Modo 6	0.084	0.04	0.3974	0.9168	0.11 %	11.15 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.26344 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.26344 mm

Modo 7	0.081	0.6703	0.0608	0.7396	17.66 %	0.15 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.24734 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.24734 mm
Modo 8	0.046	0.0664	0.4551	0.8879	0.07 %	3.09 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.08005 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.08005 mm
Modo 9	0.039	0.6376	0.0404	0.7693	7.37 %	0.03 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.05805 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.05805 mm
Modo 10	0.034	0.0222	0.4205	0.907	0 %	0.35 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.04456 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.04456 mm
Modo 11	0.028	0.9638	0.0104	0.2664	18.35 %	0 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.03014 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.03014 mm
Modo 12	0.027	0.0032	0.2706	0.9627	0 %	27.04 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.02802 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.02802 mm
Total					98.49 %	99.93 %		

**T:** Periodo de vibración en segundos.

**L<sub>x</sub>, L<sub>y</sub>:** Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

**L<sub>gz</sub>:** Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

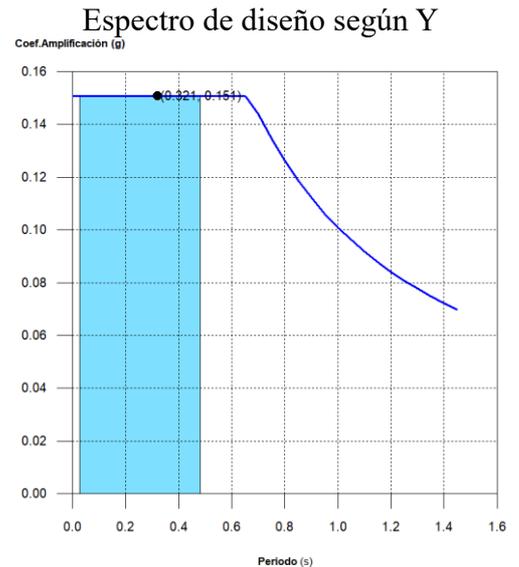
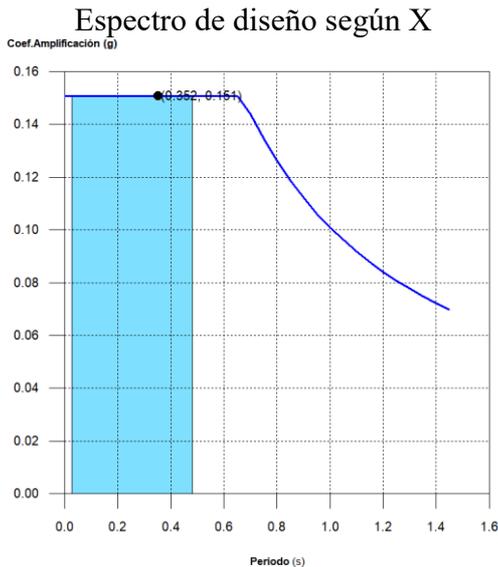
**M<sub>x</sub>, M<sub>y</sub>:** Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

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

**A:** Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

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

### Representación de los periodos modales



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

Condición Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.352	0.151

Condición Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 3	0.321	0.151

### 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)
N+14.60	(13.44, -0.88)	(14.10, -0.92)	-0.66	0.04
N+11.00	(13.02, -1.41)	(13.52, -1.10)	-0.51	-0.31
N+7.40	(11.17, 0.49)	(12.57, -1.09)	-1.40	1.57
N+3.80	(10.83, 0.06)	(11.95, -0.94)	-1.12	1.01

N+0.20	(15.64, 1.98)	(16.63, 3.44)	-0.99	-1.46
N-3.40	(16.40, 2.65)	(16.94, 3.58)	-0.54	-0.92

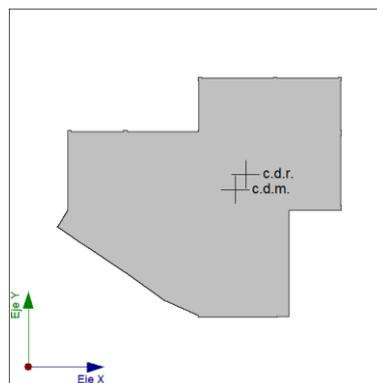
**c.d.m.:** Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

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

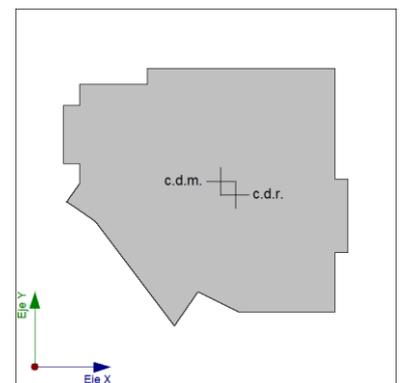
**ex:** Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

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

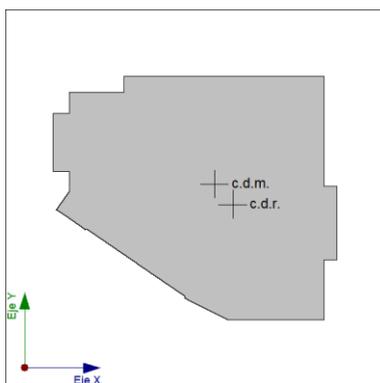
### Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta



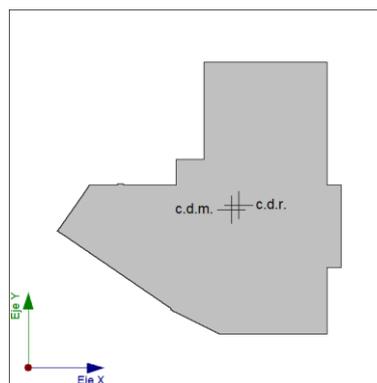
N+0.20



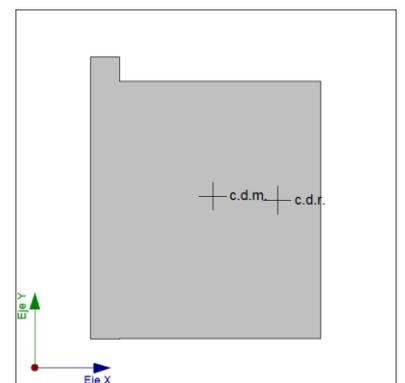
N+3.80



N+7.40



N+11.00



N+14.60

### Corrección por cortante basal

### Cortante dinámico CQC

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

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	$V_x$ (t)	$V_{d,X}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	0.7641	94.0807
	Modo 2	71.9880	
	Modo 3	17.0974	
	Modo 4	0.0004	
	Modo 5	0.0826	
	Modo 6	0.1843	
	Modo 7	28.9062	
	Modo 8	0.1074	
	Modo 9	12.0715	
	Modo 10	0.0016	
	Modo 11	30.0458	
	Modo 12	0.0061	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	$V_y$ (t)	$V_{d,Y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	18.8897	86.1549
	Modo 2	11.3758	
	Modo 3	60.0679	
	Modo 4	3.8648	
	Modo 5	0.6244	
	Modo 6	18.1843	
	Modo 7	0.2376	
	Modo 8	5.0426	
	Modo 9	0.0485	
	Modo 10	0.5661	
	Modo 11	0.0035	
	Modo 12	44.1088	

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

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

### Cortante basal estático

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

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

$$V_{s,x} : \underline{163.4374} \text{ t}$$

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

$$S_{d,x}(T_a) : \underline{0.151} \text{ g}$$

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

$$T_{a,x} : \underline{0.41} \text{ s}$$

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

$h$ : Altura del edificio

$$h : \underline{14.60} \text{ m}$$

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

$$V_{s,y} : \underline{163.4374} \text{ t}$$

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

$$S_{d,y}(T_a) : \underline{0.151} \text{ g}$$

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

$$T_{a,y} : \underline{0.41} \text{ s}$$

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

$h$ : Altura del edificio

$$h : \underline{14.60} \text{ m}$$

$W$ : Peso sísmico total de la estructura

$$W : \underline{1084.5615} \text{ t}$$

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

$w_i$ : Peso sísmico total de la planta "i"

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

Planta	$W_i$ (t)
N+14.60	12.1732
N+11.00	171.9435
N+7.40	262.2853
N+3.80	278.7883
N+0.20	359.3712
<b><math>W=\sum W_i</math></b>	<b>1084.5615</b>

### Verificación de la condición de cortante basal

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

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

*NEC-SE-DS 2014 (6.2.2b)*

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1}^3$ 94.0807 t <sup>3</sup> $0.80 \cdot V_{s,X}$ 130.7499 t	1.39
Sismo Y1	$V_{d,Y1}^3$ 86.1549 t <sup>3</sup> $0.80 \cdot V_{s,Y}$ 130.7499 t	1.52

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

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

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

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

### Cortante sísmico combinado por planta

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

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

### **Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta**

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

Hipótesis sísmica: Sismo X1

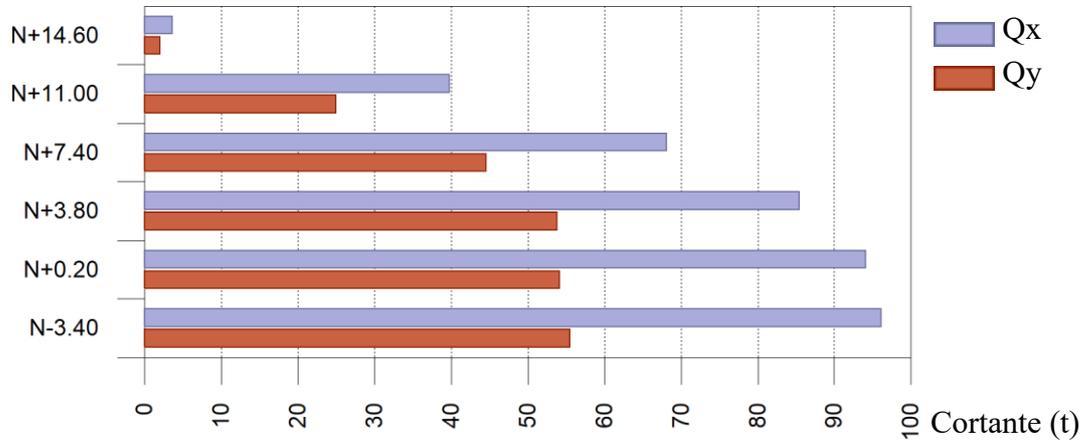
Planta	Q <sub>X</sub> (t)	F <sub>eq,X</sub> (t)	Q <sub>Y</sub> (t)	F <sub>eq,Y</sub> (t)
N+14.60	3.6160	3.6160	1.9770	1.9770
N+11.00	39.7357	36.3724	24.9674	23.0259
N+7.40	68.0829	37.5811	44.5749	19.9774
N+3.80	85.4048	33.6713	53.7999	10.1908
N+0.20	94.0807	38.9961	54.1559	1.3656
N-3.40	96.0727	2.3387	55.4422	2.2398

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

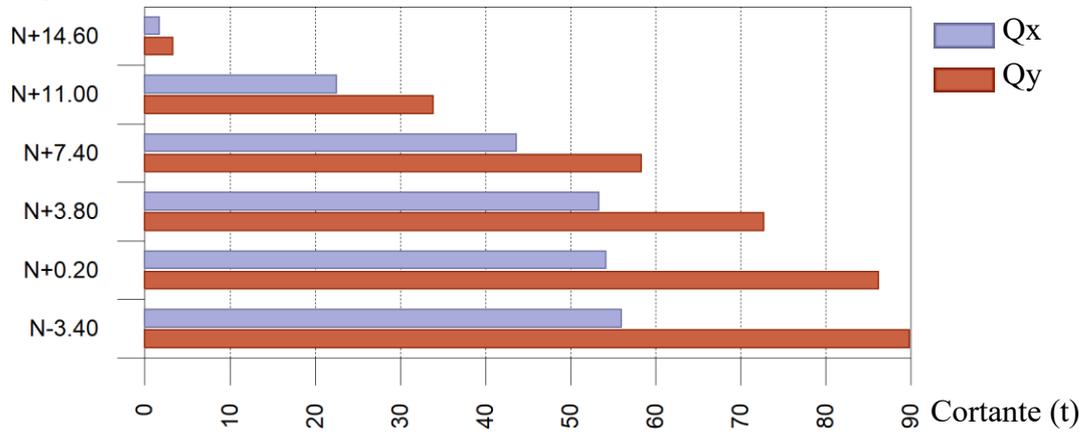
Planta	Q <sub>X</sub> (t)	F <sub>eq,X</sub> (t)	Q <sub>Y</sub> (t)	F <sub>eq,Y</sub> (t)
N+14.60	1.7276	1.7276	3.3180	3.3180
N+11.00	22.5180	20.8111	33.8730	30.9667
N+7.40	43.6318	21.7108	58.3360	30.2012
N+3.80	53.3116	10.4564	72.7139	24.7022
N+0.20	54.1638	1.5866	86.1549	48.5441
N-3.40	55.9563	2.0010	89.8494	9.7448

### Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1

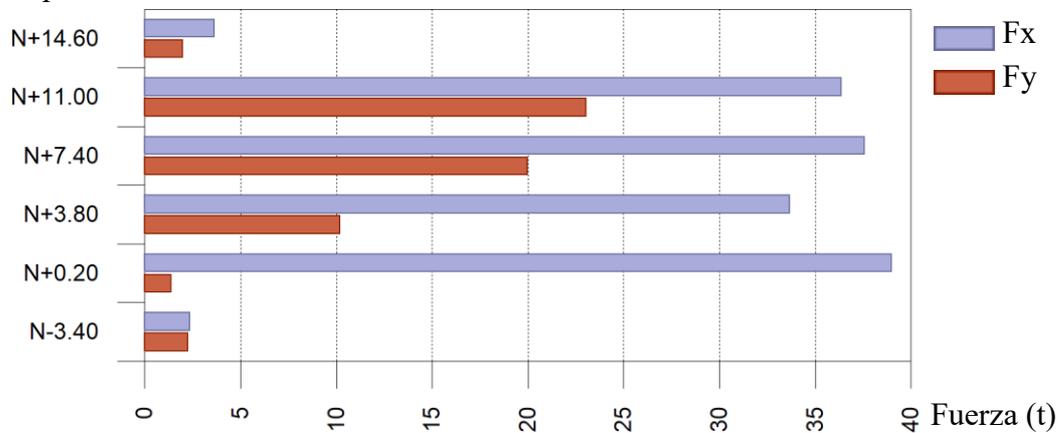


Hipótesis sísmica: Sismo Y1

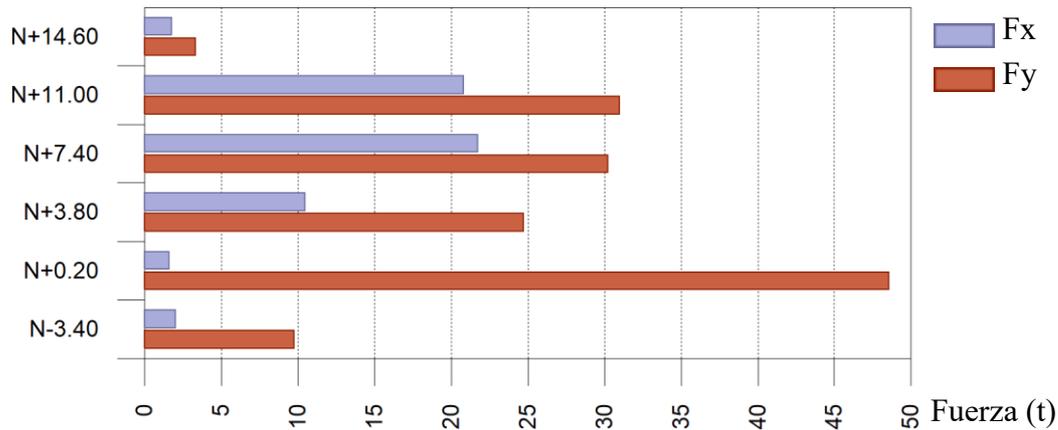


### Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1



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

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

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	%Q <sub>X</sub>		%Q <sub>Y</sub>	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
N+14.60	31.07	68.93	17.63	82.37
N+11.00	37.08	62.92	28.76	71.24
N+7.40	32.28	67.72	22.21	77.79
N+3.80	49.47	50.53	36.87	63.13
N+0.20	2.66	97.34	4.43	95.57
N-3.40	5.06	94.94	8.16	91.84

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	%Q <sub>X</sub>		%Q <sub>Y</sub>	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
N+14.60	35.83	64.17	26.23	73.77
N+11.00	35.78	64.22	33.75	66.25
N+7.40	31.99	68.01	31.55	68.45
N+3.80	50.50	49.50	41.77	58.23
N+0.20	3.33	96.67	8.65	91.35
N-3.40	4.53	95.47	7.46	92.54

### Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

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

Hipótesis sísmica	%Q <sub>X</sub>		%Q <sub>Y</sub>	
	Columnas	Muros	Columnas	Muros
Sismo X1	3.42	96.58	7.19	92.81
Sismo Y1	3.03	96.97	10.56	89.44

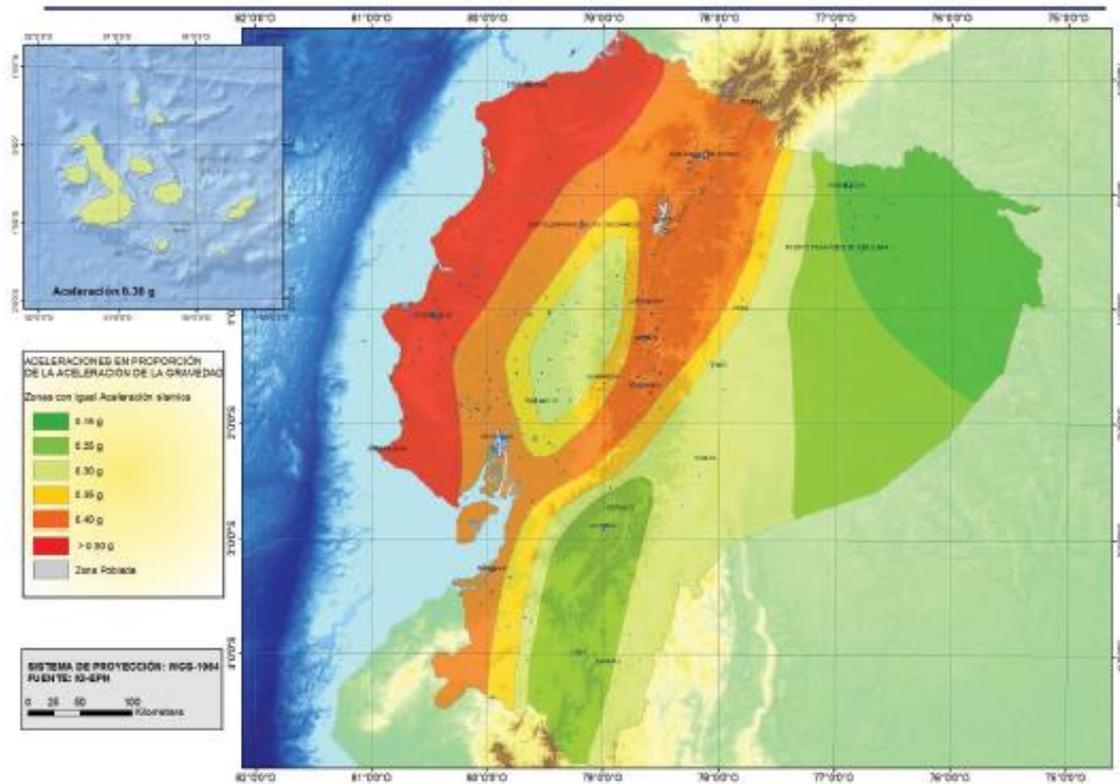
### COMPROBACIONES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de la edificación se hace en base a un análisis espectral que se encuentra dado en función de características del sitio partiendo de un mapa de zonificación sísmica del Ecuador y que dependen del factor de zona Z, que para la ciudad de Guaranda es  $Z= 0.35$  con zona sísmica **IV**, lo cual se caracteriza como una zona de peligro sísmico **Alto**.

Se consideró en el área del proyecto un suelo tipo C que prevalece en la ciudad de Guaranda, cabe recalcar que este dato nos proporciona un estudio de suelos en el sitio. Los suelos se clasifican en función de la velocidad de propagación de una onda geosísmica por los estratos del suelo. En base a la velocidad de la onda en m/s, se cataloga el suelo en **tipo rígido**.

Para que una edificación se comporte adecuadamente frente a acciones sísmicas, se realiza las siguientes comprobaciones, las cuales se encuentran normadas bajo la regulación NEC-14 que rige actualmente y que previamente fueron configuradas.

*Figura 2. Zonas sísmicas del Ecuador*



*Nota:* La Figura 16 muestra las zonas sísmicas del Ecuador según el diseño y valor del factor de zona  $Z$ , *NEC, 2014*

Los objetivos a analizar de la estructuración de las edificaciones son los siguientes:

### 1. PERIODO DE VIBRACION (T)

Es el tiempo que la estructura tarda en hacer un ciclo completo de vibración mecánica, podemos decir que en otras palabras es el tiempo de recuperación de la estructura tras el sismo, a mayor tiempo de recuperación, significa que nuestra estructura no absorbe bien el esfuerzo sísmico.

El valor de  $T$  obtenido al utilizar estos métodos es una estimación inicial razonable del período estructural que permite el cálculo de las fuerzas sísmicas a aplicar sobre la estructura y realizar su dimensionamiento,  $T$  permite determinar el valor  $S_a$  del espectro de aceleraciones.

*Figura 3. Periodo fundamental aproximado*

Tipología estructural	Periodo fundamental aproximado ( $T_a$ )
I. Estructuras de acero sin arriostramientos	$T_a = 0.072 \cdot h^{0.80}$
II. Estructuras de acero con arriostramientos	$T_a = 0.073 \cdot h^{0.75}$
III. Pórticos espaciales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	$T_a = 0.055 \cdot h^{0.9}$
IV. Pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales o diagonales rigidizadoras, y otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	$T_a = 0.055 \cdot h^{0.75}$

**Nota:** Según la tipología estructural la edificación pertenece al **tipo III con una altura de 14.60 m**

**Donde el periodo estático de la estructura:  $T_a = 0.41$  s**

Este periodo estático viene dado por el Cortante basal estático de la estructura que depende de la tipología estructural y de la altura  $h$ . El cortante basal es la resultante de las fuerzas horizontales sísmicas, aplicada en la base de la edificación.

Es importante entender que los modos de vibración es una posible manera de vibrar o deformarse de la estructura y que existen diferentes formas de comportamiento de la estructura ante el sismo.

En la Tabla 4 de modos de vibración del edificio la suma de coeficientes de participación de masa en el sentido (X, Y) debe **ser el 90%** como mínimo, en la tabla observamos un 98.49 % en X y 99.93 % en Y, lo cual nos indica que existen 12 diferentes modos de vibración para que se cumpla el 90% de la masa del edificio desplazada.

A continuación, analizamos los modos de vibración que desplazan más masa de la edificación analizada.

**Tabla 6.** Modos de vibración de la edificación

Modo	T	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	L <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Condición X(1)	Condición Y(1)
Modo 1	0.481	0.0126	0.0626	0.998	0.47 %	11.58 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 8.65536 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 8.65536 mm
Modo 2	0.352	0.3734	0.1484	0.9157	43.97 %	6.97 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 4.62851 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 4.62851 mm
Modo 3	0.321	0.2372	0.4447	0.8637	10.44 %	36.82 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 3.86827 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 3.86827 mm
Modo 4	0.176	0.0007	0.0717	0.9974	0 %	2.37 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 1.16263 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 1.16263 mm
Modo 5	0.097	0.0159	0.0436	0.9989	0.05 %	0.38 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.35587 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.35587 mm
Modo 6	0.084	0.04	0.3974	0.9168	0.11 %	11.15 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.26344 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.26344 mm
Modo 7	0.081	0.6703	0.0608	0.7396	17.66 %	0.15 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.24734 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.24734 mm
Modo 8	0.046	0.0664	0.4551	0.8879	0.07 %	3.09 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.08005 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.08005 mm
Modo 9	0.039	0.6376	0.0404	0.7693	7.37 %	0.03 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.05805 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.05805 mm
Modo 10	0.034	0.0222	0.4205	0.907	0 %	0.35 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.04456 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.04456 mm
Modo 11	0.028	0.9638	0.0104	0.2664	18.35 %	0 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.03014 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.03014 mm
Modo 12	0.027	0.0032	0.2706	0.9627	0 %	27.04 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.02802 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.02802 mm
Total					98.49 %	99.93 %		

**Nota:** En la siguiente tabla se muestra los modos de vibración que se desplaza la edificación

Según la tabla los periodos dinámicos que más masa mueven son el modo 2 en X, así como el modo 3 en Y.

*Tabla 7. Rango de periodo según los modos estudiados en X, Y*

Condición Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.352	0.151

Condición Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 3	0.321	0.151

**Nota:** La Tabla 9 representa el rango de periodo abarcado por los modos estudiados

En la norma se especifica que los periodos dinámicos calculados permiten tener un incremento de hasta el 30% del Periodo estático de la estructura:

$T_a = 0.41 \times 1.3 = 0.533$  s comparando este valor calculado con los periodos dinámicos que más masa mueven en los dos sentidos X e Y.

**Modo 2 X T=0.352 < 0.533 OK**

**Modo 3 Y T=0.321 < 0.533 OK**

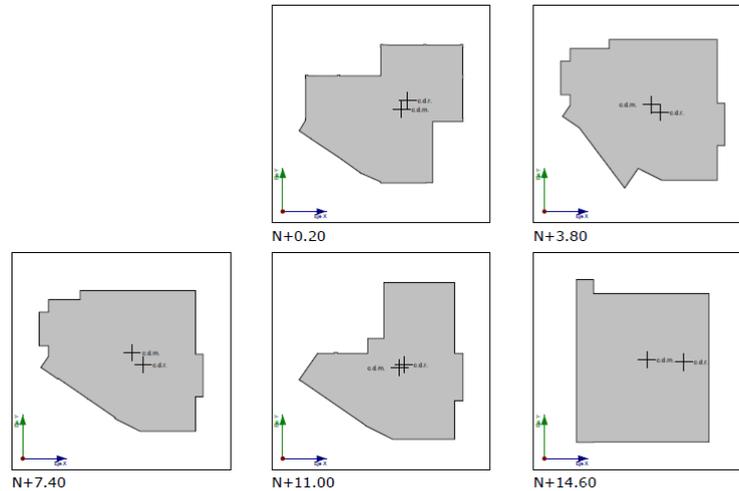
En conclusión, podemos dar por bueno los periodos dinámicos que posee la estructura de esta forma se puede decir que el edificio disipara la energía del sismo de forma uniforme y saludable.

## 2. TORSIÓN

La torsión se define como un desplazamiento incorrecto de la estructura como una especie de aleteo dado por el centro de rigidez y el centro de masa de la estructura. La torsión es penalizada por las entidades colaboradoras y es indispensable detectar cuando se tiene torsión en la estructura.

A continuación, se presenta los centros de masa y centro de rigidez de la estructura.

*Figura 4. Centros de masa y centro de rigidez de la estructura*



**Nota:** Se observa que el centro de masa este desplazado del centro de rigidez por lo cual se genera una excentricidad que puede dar lugar a generarse torsión.

A continuación, se presenta cuanta excentricidad existe en unidades métricas.

**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)
N+14.60	(13.44, -0.88)	(14.10, -0.92)	-0.66	0.04
N+11.00	(13.02, -1.41)	(13.52, -1.10)	-0.51	-0.31
N+7.40	(11.17, 0.49)	(12.57, -1.09)	-1.40	1.57
N+3.80	(10.83, 0.06)	(11.95, -0.94)	-1.12	1.01
N+0.20	(15.64, 1.98)	(16.63, 3.44)	-0.99	-1.46
N-3.40	(16.40, 2.65)	(16.94, 3.58)	-0.54	-0.92

**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)

Analizando la tabla de modos de vibración:

Modo	T	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	L <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Condición X(1)	Condición Y(1)
Modo 1	0.481	0.0126	0.0626	0.998	0.47 %	11.58 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 8.65536 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 8.65536 mm
Modo 2	0.352	0.3734	0.1484	0.9157	43.97 %	6.97 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 4.62851 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 4.62851 mm
Modo 3	0.321	0.2372	0.4447	0.8637	10.44 %	36.82 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 3.86827 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 3.86827 mm
Modo 4	0.176	0.0007	0.0717	0.9974	0 %	2.37 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 1.16263 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 1.16263 mm
Modo 5	0.097	0.0159	0.0436	0.9989	0.05 %	0.38 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.35587 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.35587 mm
Modo 6	0.084	0.04	0.3974	0.9168	0.11 %	11.15 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.26344 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.26344 mm
Modo 7	0.081	0.6703	0.0608	0.7396	17.66 %	0.15 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.24734 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.24734 mm
Modo 8	0.046	0.0664	0.4551	0.8879	0.07 %	3.09 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.08005 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.08005 mm
Modo 9	0.039	0.6376	0.0404	0.7693	7.37 %	0.03 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.05805 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.05805 mm
Modo 10	0.034	0.0222	0.4205	0.907	0 %	0.35 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.04456 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.04456 mm
Modo 11	0.028	0.9638	0.0104	0.2664	18.35 %	0 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.03014 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.03014 mm
Modo 12	0.027	0.0032	0.2706	0.9627	0 %	27.04 %	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.02802 mm	R = 7.2 A = 1.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.02802 mm
Total					98.49 %	99.93 %		

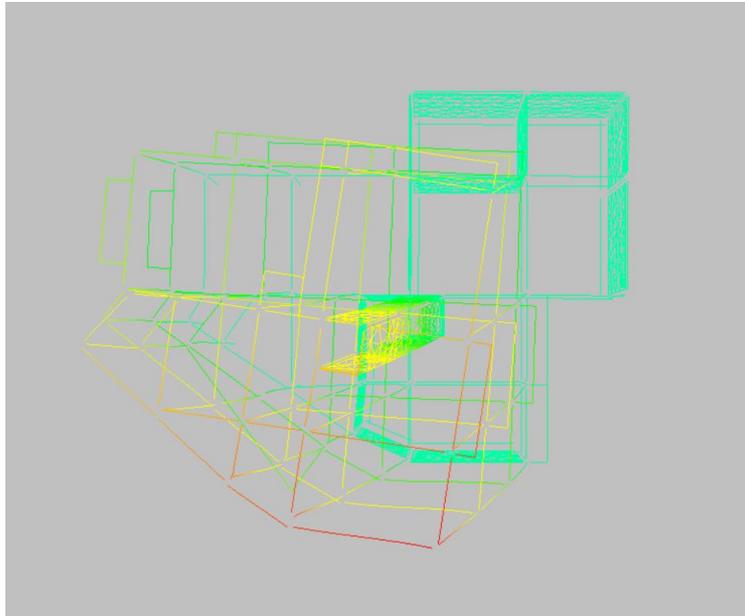
Se tiene dos modos traslacionales Modo 2, Modo 3 ya que desplazan más masa en sentido X,Y; además que presentan un bajo porcentaje de masa desplazada 43,97% y 36.82 % respectivamente, estos valores se encuentran por debajo del 70% que se recomienda para que no exista torsión, por consecuencia este parámetro interpreta que existirá torsión en el edificio, en los modos 2 y 3, además los valores de LGZ son elevados.

Por otro lado, al analizar el valor LGZ, un valor entre 0 y 1 que nos indica cuanta masa de la estructura está rotando, es decir, torsional. Se tiene un valor de **LGZ**= 0.998 en el Modo 1 de la tabla de modos de vibración, es un valor muy cercano a 1, por lo tanto, existe mucha torsión. Eso equivale a decir que en el Modo 1, tenemos un 11.58% de la masa, torsionando a la estructura. Se puede concluir que el Modo 1 es el modo rotacional de la estructura.

A continuación, chequeamos en la deformada con un factor exagerado de 100% los modos de vibración indicados anteriormente para determinar su grado de peligrosidad y deformaciones.

### MODO 2 EN X

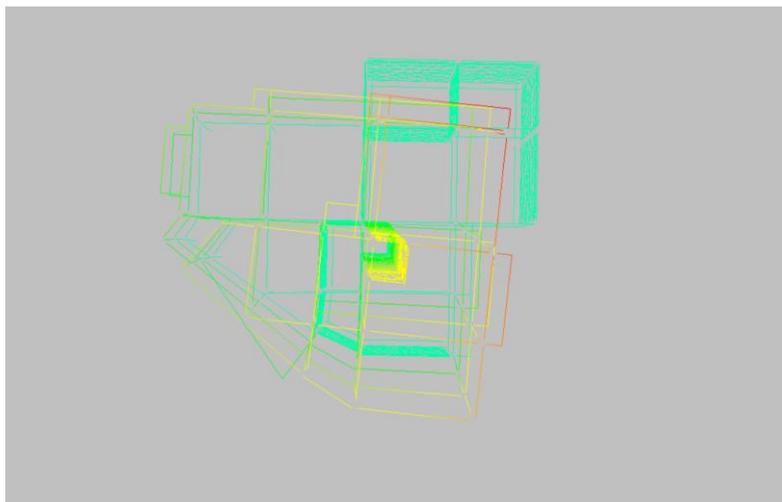
*Figura 5. Segundo modo de vibración en el programa CYPECAD*



**Nota:** La siguiente figura muestra que el segundo modo de vibración es en X

### MODO 3 EN Y

*Figura 6. Tercer modo de vibración en el programa CYPECAD*



**Nota:** La siguiente figura muestra que el tercer modo de vibración es en Y

En conclusión, existe torsión en el edificio principalmente por la configuración arquitectónica debido a que el diafragma está ubicado en el ascensor, lo que hace que en ese punto aumente la rigidez, además algo adicional de que existe una redundancia mucho más grande de columnas en ese punto con relación a las esquinas del lado ESTE del edificio donde se tiene pocas columnas lo que ocasiona ese efecto de bisagra debido a la rigidez en planta.

Cabe mencionar que las deformaciones son muy bajas en las esquinas afectadas del edificio tanto en el sentido X del sismo como en Y, al analizar los valores de deformada de 43.58 mm en X con el modo 2 y 33.46 mm en Y con el modo 3.

### 3. DERIVAS

La deriva se puede definir como una deformación relativa de piso, las derivas se encuentran enfocadas al tema de mampostería (paredes) cuando se tiene estas paredes de piso a piso, es indispensable evaluar estas derivas ya que si son demasiado grandes la mampostería puede colapsar y ocasionar pérdidas humanas.

La deriva que pide cumplir las entidades colaboradoras o municipios es la deriva inelástica la cual la obtenemos multiplicando la deriva elástica por la ductilidad del edificio, dado en este caso por  $R=8$ , además se debe calcular las derivas inelásticas con secciones agrietadas.

Los desplazamientos se calculan debido a los efectos de modos traslacionales y rotacionales.

**Existen límites de normativa ecuatoriana de deriva dado por:  $\Delta/h = 0.02$  o  $1/50$**

**Tabla 8.** Límites permisibles de las derivas de los pisos

#### 4.2.2. Límites permisibles de las derivas de los pisos

La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos en la tabla siguiente, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso:

Estructuras de:	$\Delta_M$ máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

**Nota:** Valores de  $\Delta_M$  máximos, expresados como fracción de la altura de piso

Se presenta las derivas por situaciones persistentes y sísmicas.

■ **h:** Altura del nivel respecto al inmediato inferior

■ **Distorsión:**

Absoluta: Diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior

Relativa: Relación entre la altura y la distorsión absoluta

■ **Origen:**

G: Sólo gravitatorias

GV: Gravitatorias + viento

■ **Nota:**

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

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

*Tabla 9. Situaciones persistentes o transitorias*

Situaciones persistentes o transitorias									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
A1	N+7.40	7.15	3.60	0.0001	----	G	0.0002	----	G
	N+3.80	3.55	3.55	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N-3.40	-3.40							
	Total		10.55	0.0001	----	G	0.0003	----	G
A2	N+7.40	7.15	3.60	0.0000	----	G	0.0002	----	G
	N+3.80	3.55	3.55	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N-3.40	-3.40							
	Total		10.55	0.0001	----	G	0.0003	----	G
A'3'	N+11.00	10.78	3.60	0.0000	----	G	0.0004	h / 9000	G
	N+7.40	7.18	3.68	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N+3.80	3.50	3.50	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N-3.40	-3.40							
	Total		14.18	0.0001	----	G	0.0002	----	G
A''2'	N+7.40	7.18	3.60	0.0000	----	G	0.0002	----	G
	N+3.80	3.57	3.58	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N-3.40	-3.40							
	Total		10.58	0.0001	----	G	0.0003	----	G
B1	N+7.40	7.15	3.60	0.0001	----	G	0.0001	----	G

	N+3.80	3.55	3.55	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N-3.40	-3.40							
	Total		10.55	0.0001	----	G	0.0002	----	G
B2	N+11.00	10.75	3.60	0.0001	----	G	0.0003	----	G
	N+7.40	7.15	3.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N+3.80	3.55	3.55	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N-3.40	-3.40							
	Total		14.15	0.0001	----	G	0.0001	----	G
B3	N+11.00	10.75	3.60	0.0001	----	G	0.0003	----	G
	N+7.40	7.15	3.65	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N+3.80	3.50	3.50	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N-3.40	-3.40							
	Total		14.15	0.0001	----	G	0.0001	----	G
B'2	N+11.00	10.78	3.60	0.0001	----	G	0.0004	h / 9000	G
	N+7.40	7.18	3.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N+3.80	3.57	3.58	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N-3.40	-3.40							
	Total		14.18	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C0	N+0.20	-0.05	3.35	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.40	2.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		5.85	0.0000	----	G	0.0000	----	G
C1	N+11.00	10.75	3.60	0.0002	----	G	0.0002	----	G
	N+7.40	7.15	3.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G

	N+3.80	3.55	3.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.05	3.35	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.40	2.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.65	0.0002	----	G	0.0001	----	G
C3	N+11.00	10.78	3.60	0.0001	----	G	0.0002	----	G
	N+7.40	7.18	3.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N+3.80	3.57	3.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.03	3.58	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C4	N+11.00	10.78	3.60	0.0002	----	G	0.0002	----	G
	N+7.40	7.18	3.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N+3.80	3.57	3.63	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.05	3.55	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C'2	N+11.00	10.78	3.60	0.0001	----	G	0.0002	----	G
	N+7.40	7.18	3.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N+3.80	3.57	3.63	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.05	3.35	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.40	2.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C'3	N+11.00	10.78	3.60	0.0001	----	G	0.0002	----	G
	N+7.40	7.18	3.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G

	N+3.80	3.57	3.63	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.05	3.55	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
C'4'	N+11.00	10.78	3.60	0.0001	----	G	0.0002	----	G
	N+7.40	7.18	3.68	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N+3.80	3.50	3.55	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.05	3.35	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N-3.40	-3.40	2.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
D0	N+0.20	-0.05	3.35	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.40	2.50	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		5.85	0.0000	----	G	0.0000	----	G
D1	N+11.00	10.75	3.60	0.0002	----	G	0.0000	----	G
	N+7.40	7.15	3.60	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N+3.80	3.55	3.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.05	3.55	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.65	0.0002	----	G	0.0001	----	G
D2	N+11.00	10.75	3.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N+7.40	7.15	3.60	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	N+3.80	3.55	3.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.05	3.55	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G

	N-5.90	-5.90							
	Total		16.65	0.0001	----	G	0.0001	----	G
D3	N+11.00	10.78	3.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N+7.40	7.18	3.60	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N+3.80	3.57	3.60	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.03	3.58	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
D4	N+11.00	10.78	3.60	0.0002	----	G	0.0000	----	G
	N+7.40	7.18	3.60	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N+3.80	3.57	3.63	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.05	3.55	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.68	0.0001	----	G	0.0001	----	G
E0	N+0.20	-0.05	3.35	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.40	2.50	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		5.85	0.0000	----	G	0.0000	----	G
E1	N+0.20	-0.05	3.55	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		5.85	0.0000	----	G	0.0000	----	G
E2	N+0.20	-0.05	3.55	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							

	Total		5.85	0.0000	----	G	0.0000	----	G
M3	N+14.60	14.35	3.57	0.0000	----	G	0.0002	----	G
	N+11.00	10.78	3.60	0.0000	----	G	0.0002	----	G
	N+7.40	7.18	3.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N+3.80	3.57	3.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.03	3.58	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		20.25	0.0001	----	G	0.0003	----	G
M4	N+14.60	14.35	3.60	0.0001	----	G	0.0002	----	G
	N+11.00	10.75	3.60	0.0001	----	G	0.0002	----	G
	N+7.40	7.15	3.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N+3.80	3.55	3.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.05	3.55	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		20.25	0.0002	----	G	0.0003	----	G
M5	N+14.60	14.35	3.57	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N+11.00	10.78	3.60	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	N+7.40	7.18	3.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N+3.80	3.57	3.60	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N+0.20	-0.03	3.58	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	N-5.90	-5.90							
	Total		20.25	0.0002	----	G	0.0002	----	G

*Tabla 10. Distorsión de pilares*

Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>									
Columna	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
A1	N+7.40	7.15	3.60	0.0228	h / 158	----	0.0319	h / 113	----
	N+3.80	3.55	3.55	0.0181	h / 197	----	0.0256	h / 139	----
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0008	h / 4250	----	0.0008	h / 4250	----
	N-3.40	-3.40							
	Total		10.55	0.0411	h / 257	----	0.0579	h / 183	----
A2	N+7.40	7.15	3.60	0.0150	h / 240	----	0.0319	h / 113	----
	N+3.80	3.55	3.55	0.0108	h / 329	----	0.0256	h / 139	----
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0010	h / 3400	----	0.0008	h / 4250	----
	N-3.40	-3.40							
	Total		10.55	0.0267	h / 396	----	0.0579	h / 183	----
A'3'	N+11.00	10.78	3.60	0.0172	h / 210	----	0.0284	h / 127	----
	N+7.40	7.18	3.68	0.0158	h / 233	----	0.0298	h / 124	----
	N+3.80	3.50	3.50	0.0113	h / 310	----	0.0239	h / 147	----
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0011	h / 3091	----	0.0008	h / 4250	----
	N-3.40	-3.40							
	Total		14.18	0.0452	h / 314	----	0.0809	h / 176	----
A''2'	N+7.40	7.18	3.60	0.0154	h / 234	----	0.0338	h / 107	----
	N+3.80	3.57	3.58	0.0110	h / 325	----	0.0271	h / 132	----
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0010	h / 3400	----	0.0009	h / 3778	----
	N-3.40	-3.40							
	Total		10.58	0.0274	h / 386	----	0.0613	h / 173	----

B1	N+7.40	7.15	3.60	0.0227	h / 159	----	0.0223	h / 162	----
	N+3.80	3.55	3.55	0.0181	h / 197	----	0.0177	h / 201	----
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0008	h / 4250	----	0.0007	h / 4858	----
	N-3.40	-3.40							
	Total		10.55	0.0410	h / 258	----	0.0405	h / 261	----
B2	N+11.00	10.75	3.60	0.0161	h / 224	----	0.0216	h / 167	----
	N+7.40	7.15	3.60	0.0150	h / 240	----	0.0223	h / 162	----
	N+3.80	3.55	3.55	0.0108	h / 329	----	0.0177	h / 201	----
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0010	h / 3400	----	0.0007	h / 4858	----
	N-3.40	-3.40							
Total		14.15	0.0427	h / 332	----	0.0610	h / 232	----	
B3	N+11.00	10.75	3.60	0.0185	h / 195	----	0.0215	h / 168	----
	N+7.40	7.15	3.65	0.0167	h / 219	----	0.0223	h / 164	----
	N+3.80	3.50	3.50	0.0120	h / 292	----	0.0177	h / 198	----
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0012	h / 2834	----	0.0007	h / 4858	----
	N-3.40	-3.40							
Total		14.15	0.0480	h / 295	----	0.0609	h / 233	----	
B'2	N+11.00	10.78	3.60	0.0161	h / 224	----	0.0250	h / 144	----
	N+7.40	7.18	3.60	0.0151	h / 239	----	0.0262	h / 138	----
	N+3.80	3.57	3.58	0.0108	h / 332	----	0.0209	h / 172	----
	N+0.20	-0.00	3.40	0.0010	h / 3400	----	0.0008	h / 4250	----
	N-3.40	-3.40							
Total		14.18	0.0428	h / 332	----	0.0712	h / 200	----	
C0	N+0.20	-0.05	3.35	0.0004	h / 8375	----	0.0004	h / 8375	----
	N-3.40	-3.40	2.50	0.0002	----	----	0.0002	----	----
	N-5.90	-5.90							
Total		5.85	0.0007	h / 8358	----	0.0006	h / 9750	----	

C1	N+11.00	10.75	3.60	0.0210	h / 172	----	0.0140	h / 258	----
	N+7.40	7.15	3.60	0.0227	h / 159	----	0.0140	h / 258	----
	N+3.80	3.55	3.60	0.0181	h / 199	----	0.0109	h / 331	----
	N+0.20	-0.05	3.35	0.0005	h / 6700	----	0.0004	h / 8375	----
	N-3.40	-3.40	2.50	0.0003	h / 8334	----	0.0002	----	----
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.65	0.0614	h / 272	----	0.0391	h / 426	----
C3	N+11.00	10.78	3.60	0.0184	h / 196	----	0.0140	h / 258	----
	N+7.40	7.18	3.60	0.0167	h / 216	----	0.0139	h / 259	----
	N+3.80	3.57	3.60	0.0119	h / 303	----	0.0109	h / 331	----
	N+0.20	-0.03	3.58	0.0009	h / 3973	----	0.0005	h / 7150	----
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0002	----	----	0.0002	----	----
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.68	0.0478	h / 349	----	0.0391	h / 427	----
C4	N+11.00	10.78	3.60	0.0207	h / 174	----	0.0140	h / 258	----
	N+7.40	7.18	3.60	0.0199	h / 181	----	0.0140	h / 258	----
	N+3.80	3.57	3.63	0.0164	h / 222	----	0.0109	h / 333	----
	N+0.20	-0.05	3.55	0.0010	h / 3550	----	0.0005	h / 7100	----
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0003	h / 7667	----	0.0002	----	----
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.68	0.0545	h / 306	----	0.0392	h / 426	----
C'2	N+11.00	10.78	3.60	0.0161	h / 224	----	0.0163	h / 221	----
	N+7.40	7.18	3.60	0.0150	h / 240	----	0.0164	h / 220	----
	N+3.80	3.57	3.63	0.0108	h / 336	----	0.0129	h / 282	----
	N+0.20	-0.05	3.35	0.0008	h / 4188	----	0.0004	h / 8375	----
	N-3.40	-3.40	2.50	0.0002	----	----	0.0002	----	----
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.68	0.0427	h / 391	----	0.0455	h / 367	----

C'3	N+11.00	10.78	3.60	0.0184	h / 196	----	0.0163	h / 221	----
	N+7.40	7.18	3.60	0.0167	h / 216	----	0.0164	h / 220	----
	N+3.80	3.57	3.63	0.0119	h / 305	----	0.0129	h / 282	----
	N+0.20	-0.05	3.55	0.0009	h / 3945	----	0.0005	h / 7100	----
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0002	----	----	0.0002	----	----
	N-5.90	-5.90							
Total		16.68	0.0478	h / 349	----	0.0455	h / 367	----	
C'4'	N+11.00	10.78	3.60	0.0199	h / 181	----	0.0166	h / 217	----
	N+7.40	7.18	3.68	0.0177	h / 208	----	0.0168	h / 219	----
	N+3.80	3.50	3.55	0.0138	h / 258	----	0.0132	h / 269	----
	N+0.20	-0.05	3.35	0.0008	h / 4188	----	0.0005	h / 6700	----
	N-3.40	-3.40	2.50	0.0004	h / 6250	----	0.0002	----	----
	N-5.90	-5.90							
Total		16.68	0.0511	h / 327	----	0.0465	h / 359	----	
D0	N+0.20	-0.05	3.35	0.0004	h / 8375	----	0.0004	h / 8375	----
	N-3.40	-3.40	2.50	0.0002	----	----	0.0002	----	----
	N-5.90	-5.90							
Total		5.85	0.0007	h / 8358	----	0.0006	h / 9750	----	
D1	N+11.00	10.75	3.60	0.0210	h / 172	----	0.0183	h / 197	----
	N+7.40	7.15	3.60	0.0227	h / 159	----	0.0197	h / 183	----
	N+3.80	3.55	3.60	0.0181	h / 199	----	0.0161	h / 224	----
	N+0.20	-0.05	3.55	0.0008	h / 4438	----	0.0004	h / 8875	----
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0001	----	----	0.0001	----	----
	N-5.90	-5.90							
Total		16.65	0.0614	h / 272	----	0.0540	h / 309	----	
D2	N+11.00	10.75	3.60	0.0160	h / 225	----	0.0183	h / 197	----
	N+7.40	7.15	3.60	0.0150	h / 240	----	0.0197	h / 183	----
	N+3.80	3.55	3.60	0.0108	h / 334	----	0.0161	h / 224	----

	N+0.20	-0.05	3.55	0.0009	h / 3945	----	0.0004	h / 8875	----
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0002	----	----	0.0001	----	----
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.65	0.0426	h / 391	----	0.0540	h / 309	----
D3	N+11.00	10.78	3.60	0.0184	h / 196	----	0.0182	h / 198	----
	N+7.40	7.18	3.60	0.0167	h / 216	----	0.0196	h / 184	----
	N+3.80	3.57	3.60	0.0119	h / 303	----	0.0160	h / 225	----
	N+0.20	-0.03	3.58	0.0009	h / 3973	----	0.0004	h / 8938	----
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0002	----	----	0.0001	----	----
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.68	0.0478	h / 349	----	0.0538	h / 310	----
D4	N+11.00	10.78	3.60	0.0208	h / 174	----	0.0183	h / 197	----
	N+7.40	7.18	3.60	0.0204	h / 177	----	0.0197	h / 183	----
	N+3.80	3.57	3.63	0.0168	h / 216	----	0.0161	h / 226	----
	N+0.20	-0.05	3.55	0.0010	h / 3550	----	0.0004	h / 8875	----
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0003	h / 7667	----	0.0001	----	----
	N-5.90	-5.90							
	Total		16.68	0.0556	h / 300	----	0.0540	h / 309	----
E0	N+0.20	-0.05	3.35	0.0005	h / 6700	----	0.0004	h / 8375	----
	N-3.40	-3.40	2.50	0.0002	----	----	0.0002	----	----
	N-5.90	-5.90							
	Total		5.85	0.0007	h / 8358	----	0.0006	h / 9750	----
E1	N+0.20	-0.05	3.55	0.0008	h / 4438	----	0.0004	h / 8875	----
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0001	----	----	0.0002	----	----
	N-5.90	-5.90							
	Total		5.85	0.0008	h / 7313	----	0.0006	h / 9750	----
E2	N+0.20	-0.05	3.55	0.0009	h / 3945	----	0.0004	h / 8875	----
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0002	----	----	0.0002	----	----

	N-5.90	-5.90							
	Total		5.85	0.0010	h / 5850	----	0.0006	h / 9750	----
M3	N+14.60	14.35	3.57	0.0166	h / 216	----	0.0142	h / 252	----
	N+11.00	10.78	3.60	0.0170	h / 212	----	0.0140	h / 258	----
	N+7.40	7.18	3.60	0.0156	h / 231	----	0.0140	h / 258	----
	N+3.80	3.57	3.60	0.0112	h / 322	----	0.0109	h / 331	----
	N+0.20	-0.03	3.58	0.0009	h / 3973	----	0.0005	h / 7150	----
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0002	----	----	0.0002	----	----
	N-5.90	-5.90							
	Total		20.25	0.0612	h / 331	----	0.0531	h / 382	----
M4	N+14.60	14.35	3.60	0.0161	h / 224	----	0.0142	h / 254	----
	N+11.00	10.75	3.60	0.0161	h / 224	----	0.0140	h / 258	----
	N+7.40	7.15	3.60	0.0150	h / 240	----	0.0140	h / 258	----
	N+3.80	3.55	3.60	0.0108	h / 334	----	0.0109	h / 331	----
	N+0.20	-0.05	3.55	0.0009	h / 3945	----	0.0005	h / 7100	----
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0002	----	----	0.0002	----	----
	N-5.90	-5.90							
	Total		20.25	0.0587	h / 345	----	0.0531	h / 382	----
M5	N+14.60	14.35	3.57	0.0161	h / 223	----	0.0129	h / 278	----
	N+11.00	10.78	3.60	0.0161	h / 224	----	0.0137	h / 263	----
	N+7.40	7.18	3.60	0.0150	h / 240	----	0.0139	h / 259	----
	N+3.80	3.57	3.60	0.0108	h / 334	----	0.0110	h / 328	----
	N+0.20	-0.03	3.58	0.0009	h / 3973	----	0.0005	h / 7150	----
	N-3.40	-3.60	2.30	0.0002	----	----	0.0001	----	----
	N-5.90	-5.90							
	Total		20.25	0.0588	h / 345	----	0.0517	h / 392	----
Notas:									
<sup>(1)</sup> Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.									

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

**Valores máximos**

*Tabla 11. Desplome local máximo de los pilares*

<b>Desplome local máximo de los pilares (d / h)</b>				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
N+14.60	----	----	1 / 216	1 / 252
N+11.00	----	1 / 9000	1 / 172	1 / 127
N+7.40	----	----	1 / 158	1 / 107
N+3.80	----	----	1 / 197	1 / 132
N+0.20	----	----	1 / 2834	1 / 3778
N-3.40	----	----	1 / 6250	----

*Notas:*  
<sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

<b>Desplome total máximo de los pilares (D / H)</b>			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
----	----	1 / 257	1 / 173

*Nota:*  
<sup>(1)</sup> Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

En conclusión, analizadas las derivas dadas en situaciones sísmicas de las columnas en todas las plantas del edificio tanto en X como en Y, se observa que en todos los casos presentan **valores mayores a 1/50** que exige la norma ecuatoriana para edificaciones de hormigón, cabe recalcar que el programa calcula automáticamente estos desplazamientos mayorados por la ductilidad R y el valor de 0.75. (Factores de reducción de inercia de la NEC).

Límites de la deriva: la deriva máxima inelástica  $\Delta_M$  de cada piso debe calcularse mediante:

$$\Delta_M = 0.75R\Delta_E$$

Dónde:

$\Delta_M$  Deriva máxima inelástica

$\Delta_E$  Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas

R Factor de reducción de resistencia (véase la sección [6.3.4](#))

Con respecto a las derivas máximas con secciones agrietadas que pide la norma llamadas desplome total máximo aplicando efectos de segundo orden, **los valores en todas las plantas del edificio son mayores a 1/50**. Por lo tanto, se mantiene controlado las derivas de piso ya que los resultados están totalmente sobrados y existe muy poco desplazamiento entre pisos, lo que evita que se desprenda material que por lo general es mampostería con el fin de que no desplome encima de personas lo cual es indeseable en un comportamiento sismorresistente.

Por consecuencia tenemos un edificio que cumple derivas tiene poco desplazamiento, pero se encuentra torsionado.

**4.3 Resultados obtenidos según el objetivo específico 3: Establecimiento de medidas para reducir el riesgo de desastre ante eventos sísmicos del edificio, a partir de los datos obtenidos en la investigación.**

En este sentido se aborda dos enfoques, el enfoque organizativo social y el enfoque a nivel estructural y arquitectónico.

<b>Institución:</b>	Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado
<b>Proceso al que pertenece:</b>	Procedimiento de actuación en caso de sismos
<b>Objetivo:</b>	Determinar el accionar por parte del personal del edificio del EMAPA-G en caso de un sismo
<b>Alcance del procedimiento:</b>	Desde el momento que ocurre el sismo, evacuación el personal hasta disposiciones para su reintegro laboral
<b>Responsables de la ejecución:</b>	Departamento de Talento Humano

Base legal para la sustentación de incorporar acciones de reducción de riesgos de desastres a nivel institucional:

<b>Constitución de la República del Ecuador</b>	
<b>Sección Novena: Gestión de Riesgos</b>	
<b>Artículo 389:</b>	“El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad
<b>Artículo 390:</b>	“Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad”.

<p><b>Artículo 2 Plan Nacional de Respuesta ante Desastres</b></p>	<p>De la política de la Gestión de Riesgos es evitar o reducir las pérdidas humanas y los daños que pueden ocurrir sobre los fines públicos, materiales y ambientes de los ciudadanos, como consecuencias de los riesgos existentes y desastres de origen natural o causados por el hombre que se pueden presentar en territorio nacional, textualmente del Comité de Operaciones de Emergencia.</p>
--	--

### **Políticas del procedimiento**

- Todo el personal que labora en el edificio del EMAPA-G deben conocer la ejecución de este procedimiento, ya que a través de ellos los usuarios que se encuentren presentes en la edificación deben seguir a la par la ejecución del procedimiento.
- Cualquier situación que suceda durante la ejecución del procedimiento se debe informar inmediatamente al departamento de Talento Humano.
- No se aceptará que ningún funcionario de la entidad se quede dentro de las instalaciones, ya que es propenso a poner en riesgo su integridad física.
- El departamento de Talento Humano junto a la oficina técnica procede a realizar una revisión de las instalaciones para conocer si existe alguna afectación, en caso de no existir, los funcionarios se re integran a sus labores normales.
- En caso de existir alguna afectación de mayor dimensión, reportar a gerencia para tomar cartas al asunto.

### **Descripción del procedimiento previo a su ejecución**

- El departamento de talento humano debe conformar el comité de operaciones de emergencia institucional.
- A través de sus funcionarios determinar las tres brigadas indispensables: la de evacuación, la de seguridad y primeros auxilios.
- Es responsabilidad de los coordinadores de cada brigada, reportar la situación al inmediato superior
- Los jefes de cada brigada deben mantener un inventario actualizado y constantemente monitoreado de las condiciones y el número de equipos de protección personal.

- El jefe de la brigada de evacuación debe asegurarse que todo el edificio tenga señalética informativa y preventiva acorde a la normativa 439 e ISO 7010.
- Jefe de brigada de seguridad debe inspeccionar que en las rutas de evacuación no haya objetos que debido al movimiento puedan caer y obstruir su paso.
- El departamento de Talento Humano debe mantener actualizados los conocimientos de todo el personal y con mayor énfasis en los jefes de cada brigada, con capacitaciones según las normativas existentes.
- A través de la gerencia de la EMAPA-G deben desarrollarse 2 simulaciones de evento sísmico durante el año, además de rotar las coordinaciones de cada brigada.
- En trabajo en conjunto los jefes de cada brigada deben ir identificando los puntos seguros así mismo los más inseguros por planta, estos deben estar plasmados dentro de un plano que esté al alcance de la lectura de los funcionarios y usuarios.
- El departamento de Talento Humano debe prever la instalación y el normal funcionamiento de un sistema de alerta temprana, además de insumos necesarios como extintores, detectores de humo y botiquines de emergencia.

#### **Descripción del procedimiento durante su ejecución**

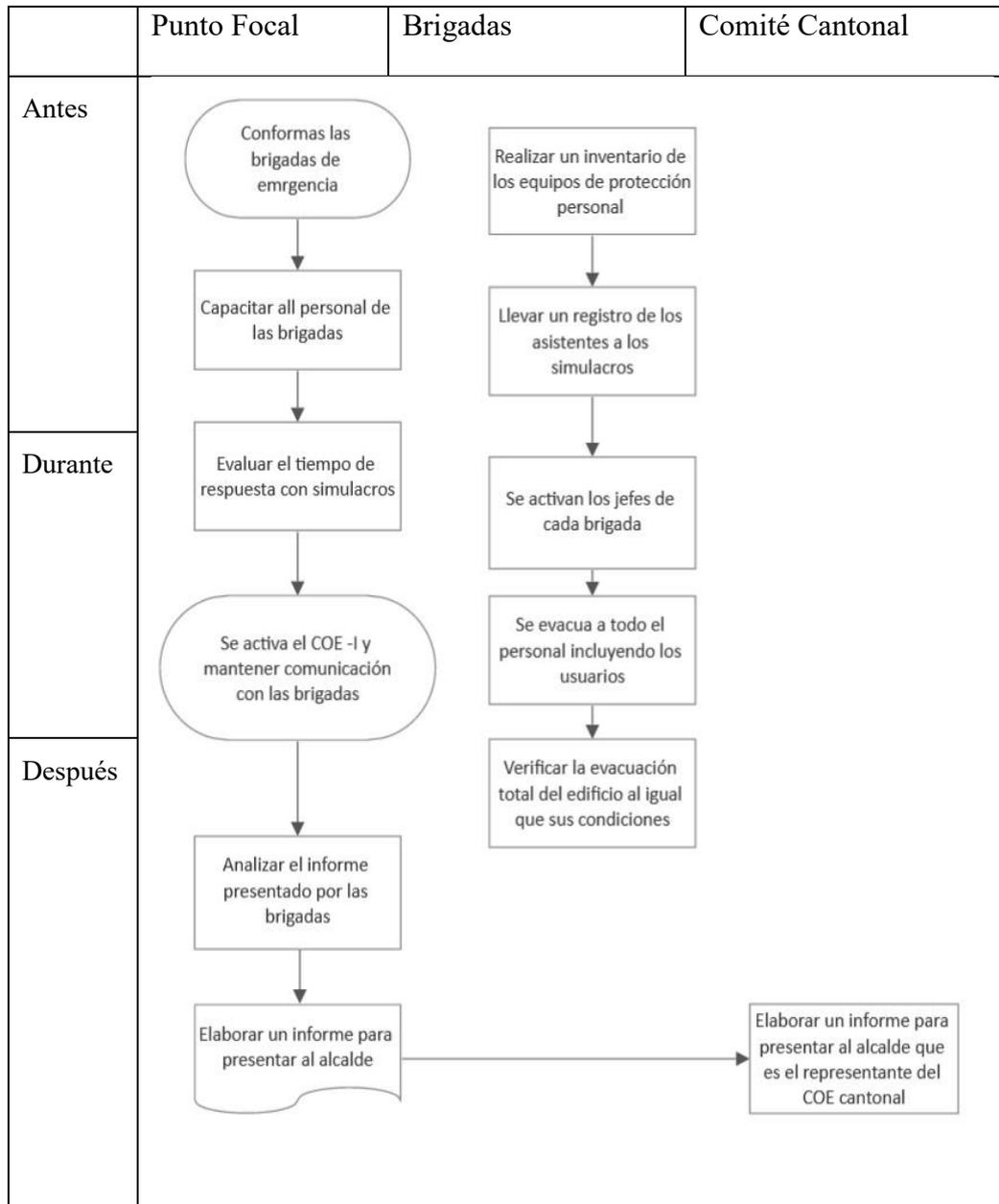
- Las brigadas se activan inmediatamente y cada jefe con responsabilidad ejecuta las actividades asignadas.
- Se activan las alarmas y el jefe de la brigada de evacuación realiza un barrido desde las plantas superiores, asegurándose que ningún funcionario y usuarios se quede en las instalaciones.
- El jefe de brigada de seguridad acudirá aquellos puntos identificados como débiles y procederá a realizar un reporte de las condiciones.
- El jefe de brigada de primeros auxilios procede a revisar al personal como a los usuarios, en caso de requerir atención de primeros auxilios la brindará, si resulta la intervención de médicos, llamar al ECU 911 para su asistencia inmediata.
- Durante el evento sísmico es importante transmitir calma entre los trabajadores y usuarios, ya que el pánico y la preocupación, impedirá un buen accionar.

- Identificar los lugares seguros y en caso de no poder evacuar el edificio mantenerse ahí hasta que los movimientos sísmicos cesen.
- Es importante que todos los trabajadores incluyendo los usuarios, que no ha logrado salir del edificio, cubrirse, agacharse y sujetarse de algo seguro, hasta que el sismo pase y poder evacuar.
- Hay que tener en cuenta que elementos como vidrios, mezas, ventanas, espejos, puertas y demás objetos cuyo material sea de cristal, en un movimiento sísmico se pueden romper.
- El jefe de brigada de evacuación deberá verificar que todo el personal haya evacuado hacia la zona segura que es el patio exterior.
- El jefe de la brigada de primeros auxilios con los funcionarios y usuarios procede a revisar que todos se encuentren bien, en caso de pánico, estrés, golpes o caídas, propiciar una atención de primeros auxilios, en caso de requerir asistencia médica llamar al ECU 911.

### **Descripción del procedimiento después del evento**

- Una vez que el sismo haya acabado, el jefe de brigada de evacuación y seguridad proceden a realizar una evaluación EDAN en el edificio del EMAPA-G con la finalidad de determinar los sitios y sus niveles de afectación, garantizar que el reintegro de las normales funciones se lo realizará correctamente.
- Una vez terminada la evaluación, el jefe de la brigada presentará su respectivo informa hacia Talento Humano, para que con ellos tomen las decisiones más asertivas según sea el caso, reanudar las funciones o a su vez postergar la atención hacia días posteriores
- El jefe de brigada debe mantener actualizado y monitoreado el uso y disposición de los equipos de protección personal, insumos de botiquines y demás.
- El representante del Comité de Operaciones Institucional COE – I, informara a través de canales oficiales las condiciones de la situación actual.
- Si a través de las revisiones, supervisiones el edificio no posee daños, se deberá de igual forma a través de medios oficiales, informar la atención de todos los servicios

- Si el edificio posee afectaciones que pueden perjudicar la integridad física de los trabajadores, se deberá limitar la atención hasta subsanar aquellos desperfectos.



Otras medidas para reducir la vulnerabilidad sísmica a nivel estructural según otros autores que refieren lo siguiente:

A través del tiempo los eventos sísmicos han provocado grandes afectaciones en las estructuras de las viviendas, por ello surge la necesidad de reducir su vulnerabilidad y por ende garantizar la seguridad estructural. En este sentido, se han desarrollado diversos estudios con la finalidad de evaluar el estado de la edificación y reducir los daños que puedan suscitarse ante el impacto negativo de un sismo.

El presente ensayo se enfoca en la reducción de vulnerabilidad sísmica estructural, ya que las edificaciones del País se construyen sin normas técnicas, sumado a esto la falta de intervención por parte de los municipios para hacer cumplir la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), además de la construcción deficiente de infraestructuras y la ubicación en zonas de alto riesgo como pendientes o suelos inestables.

Un ejemplo de dichas edificaciones con una limitada resistencia a la tensión se lo encuentra en viviendas patrimoniales, es por ello que es indispensable que se regularice la planta y elevación, evitar apéndices o formas alargadas, evitar concentración de peso en niveles superiores. Por otro lado, en las construcciones de mampostería se debe confinar con castillos y cadena según las recomendaciones de un profesional.

Si alguien va a construir o comprar un inmueble, es indispensable que invierta en la seguridad tanto de su familia como de su patrimonio. No puede dejar la responsabilidad de una situación así en manos de cualquiera, por ello es conveniente buscar la asesoría de un arquitecto o de un ingeniero civil, ya que de otra manera se corre peligro innecesario ante la presencia de sismos (Méndez, 2020, p. 11)

La vulnerabilidad sísmica de una estructura se precisa como su predisposición intrínseca a sufrir daños ante la ocurrencia de un movimiento sísmico relacionada con las características físicas estructurales de las construcciones (Díaz, 2017, p. 34).

Las principales causas de los daños en las edificaciones se deben a los eventos sísmicos, la acción humana al darle un uso inapropiado y la incorrecta construcción, por ello para que las estructuras obtengan un comportamiento satisfactorio frente a sismos es indispensable que su diseño resista niveles de deformación más altos que los límites elásticos, debiendo suceder que ante la ocurrencia de sismos moderados no sufra daños

considerables la estructura y ante sismos de mayor magnitud la edificación no colapse (Quinde y Reinoso, 2018, p. 23).

Según Smyrou (2021), el daño que puede sufrir una estructura puede ser de dos tipos; estructural y no estructura, entendiéndose el primero como el daño que presenta el sistema resistente de la edificación y en el segundo que se refiere a los daños arquitectónicos, sistemas mecánicos, sanitarios, eléctricos, entre otros.

Así mismo, Pujades et al (2021), la vulnerabilidad es una característica intrínseca de las estructuras dependiendo de su diseño pero muy aparte de la peligrosidad sísmica del sitio en donde se encuentra situada (p. 2), por tanto, cada tipo de estructura posee su propia función de vulnerabilidad, cuyo método de evaluación varía en medida de su comportamiento estructural.

Dentro de las medidas de reducción de vulnerabilidad sísmica estructural, es indispensable que el diseño estructural sea sismo resistente para impedir el colapso de la edificación, de esta manera se está cumpliendo con el nivel de prevención de colapso, protegiendo la vida de los ocupantes ante un evento telúrico, no obstante, en Ecuador la aplicación de criterios de diseños sismo resistente no se han aplicado de manera correcta (Erazo, 2022, p. 60).

Cabe mencionar que, hoy en día existe diversidad de literatura sobre el estudio de vulnerabilidad de algunos elementos en riesgo como líneas de conducción de energía, red de distribución de agua, puentes, edificaciones, etc. En su gran mayoría se enfocan en la valoración de los elementos constructivos que se someten a procesos sísmicos, no obstante, pocos son los que se tratan de comprender el nivel de conocimiento y manejo de las normas que rigen la construcción en los profesionales dedicados a dicha actividad.

De acuerdo a Jiménez (2022), es importante implementar acciones estructurales y no estructurales para reducir los efectos negativos de un sismo a los bienes expuestos y sociedad en general (p. 23), en esa misma línea es importante planificar el uso de suelo acorde a los escenarios de riesgo sísmico y fenómenos perturbadores relacionados a la ocurrencia de un sismo.

Para Morocho et al (2022), los reglamentos de construcción y norma de diseño deben ser actualizados, tomando en cuenta los escenarios de riesgo sísmico, también se debe implementar los planes de estudio de las carreras relacionadas al diseño y construcción de infraestructura, de esta manera se podrá generar una cultura de transferencia del riesgo sísmico y fenómenos relacionados a la ocurrencia de un sismo.

Las edificaciones deben ser construidas a través de criterios de diseño arquitectónico adecuados, de esta forma se podrá incrementar la seguridad estructural en sismo resistencia para que no se va comprometida su estructura ante la ocurrencia de un sismo. El uso de la tecnología se ha convertido en una herramienta indispensable para la reducción de la vulnerabilidad sísmica estructural, entre ellas se puede mencionar los dispositivos disipadores de energía, sistemas de rigidización a base de contraventeos en las estructuras o aisladores de base.

Para Cunalata y Caiza (2022), reducir la vulnerabilidad sísmica involucra una serie de medidas que deben estar enfocadas en los elementos verticales, como pilares o muros apeados, otras veces es necesario crear juntas de dilatación para transformar el edificio irregular a regular teniendo en cuenta el impacto entre estructuras colindantes (p. 9).

Para Rondón y Chio (2019), los disipadores de energía es una medida de reducción muy apropiada, ya que de esta manera se evita las deformaciones de la estructura, estos pueden ser amortiguadores hidráulicos, placas de cadencia, cojines de fricción (p. 1-20). Según Socarrás y Álvarez (2021), en el caso de que los pilares de hormigones sufran algún tipo de daño, se puede reforzar pletina de acero para mejorar el confinamiento y la capacidad a cortante, así mismo, los muros de hormigón y mampostería pueden ser reforzados con capaz de hormigón, placas de acero y compuestos de fibras (p. 1-14).

De acuerdo a Rodríguez (2021), para reducir el peligro por fenómenos naturales como amplificación del movimiento sísmico, es indispensable determinar las características de los suelos y evitar obras en zonas peligrosas (p. 34), es por ello que actualmente los materiales modernos de construcción permiten a las edificaciones una gran capacidad de deformación, mecerse y luego retomar su posición normal, lo que no sucedía

anteriormente cuando al suscitarse un evento telúrico la edificación era destruida en su totalidad, debido a su poca resistencia a la tensión y capacidad de deformación.

Este tipo de información debe ser tomada en cuenta por la población y las propias autoridades, pues así se podrían regular los asentamientos y vigilar el cumplimiento de los lineamientos de construcción, ya que buena parte de la población, especialmente la de escasos recursos, ha construido sus casas habitación en zonas peligrosas y sin asesoramiento profesional, lo que incrementa el riesgo.

## 5 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- El edificio del EMAPA-G posee una infraestructura moderna, su construcción de tipo mixta constituida en 4 niveles, el primer nivel N-3.40 denominada la planta sub suelo donde funciona el garaje, laboratorios, máquinas de bomberos, cuarto de mantenimiento y dos bodegas. El segundo nivel N+0.20 denominada planta baja donde funcionan los servicios institucionales, recaudación, dos direcciones, departamento técnico, servicio al cliente, cartería, facturación y un amplio hall de espera. El nivel N+3.80 denominado planta alta donde funciona el departamento financiero, talento humano y jurídico, el siguiente nivel N + 4.70 que corresponde a la planta alta donde únicamente funciona la gerencia, secretaría y un salón amplio para reuniones.
- La metodología FEMA-154 permite realizar una inspección detallada para la obtención de datos en campo y de esta manera identificar los parámetros establecidos en el formulario, dando como resultado un valor de 1.9 lo que quiere decir una vulnerabilidad alta debido a que existe dos irregularidades tanto en vertical como en planta, esto quiere decir que cuando exista un sismo de magnitud aceptable pueda generar daños al sistema estructural.
- El nivel de peligrosidad sísmica de Guaranda según su factor  $Z=0.35$  que se categoriza en la zona sísmica IV cuyo peligro es alto, adicionalmente el tipo de

suelo que prevalece es tipo rígido, la construcción fue realizada según la norma NEC 14 que actualmente se encuentra vigente, se observó que en la vibración T el edificio resultó  $T_a=0.41s$  con un porcentaje de incremento de 30% el edificio posee una estructura de tal forma que disipa la energía de forma uniforme y saludable.

- Con respecto a la torsión resultó que el edificio según el porcentaje de desplazamiento en sentido X y Y; con un porcentaje de 43.97% y 36.82% respectivamente, además el valor  $LGZ=0.998$ , equivalente en el modo 1 a 11.58% lo que significa que la estructura tiene torsión, esto debido a la configuración arquitectónica implica que el edificio en la parte del ascensor aumente la rigidez además que existen redundancia en las columnas del lado este del edificio.
- Las derivas según la normativa ecuatoriana por  $\Delta/h = 0.02$  o  $1/50$  y para el edificio de  $R=8$  resultó que los valores de las columnas en todas las plantas tanto para x como en y presentaron valores menores a  $1/50$  lo que significa que está dentro del rango permisible de la Norma Ecuatoriana de Construcción.
- Los procedimientos de seguridad establecidos tienen tres enfoques, esto con la finalidad de abordar una situación de riesgo desde la parte preventiva, la reactiva y la de recuperación o rehabilitación, tomando en consideración los papeles que desempeñan el punto focal y cada una de las brigadas.

## 5.2 Recomendaciones

- Cuando se realicen construcciones de edificaciones consideradas como elementos esenciales para la ciudad de Guaranda, más aún aquellas que brindan servicios elementales para la vida, la escuela de gestión de riesgos por parte de la coordinación debe ofertar el contingente del talento humano para aportar con el conocimiento técnico para su modelamiento.
- La escuela de riesgos debe contratar licencias profesionales de diferentes softwares que permitan modelar el comportamiento y respuesta de los elementos esenciales expuestos a diferentes amenazas y, a través de educación continua, actualizar conocimientos certificados sobre el uso de determinados programas que

---

permitan ejercer de manera eficiente el trabajo de la reducción de riesgos de desastres en el territorio.

- Los simulacros y capacitaciones continuas pueden ofertarse por parte de la escuela de Gestión de Riesgos, de esta forma a los estudiantes se les brinda la experiencia de administrar la ejecución de un simulacro en una institución real, esto beneficiaría a ambas partes.

## 6 Bibliografía

- Abadías, N., González, J., & Pacheco, A. (2016). Nuevo modelo. *Revista*, 121-134.
- Acurio, Y., & Zaruma, J. (2018). Modelamiento de la Vulnerabilidad Sísmica del edificio del hospital Básico IESS de la Ciudad de Guaranda, Provincia Polívar. *Tesis*. Guaranda, Ecuador: Universidad Estatal de Bolívar.
- Alonso, J. (2014). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones*. Caracas: Marketing Solutions Edición Digital.
- Asamblea Costituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2016). Indicadores y terminología relacionados con la reducción del riesgo de Desastres. *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de Naciones Unidas*. Ginebra, Suiza: UNISDR.
- Asamblea Nacional. (30 de Junio de 2016). Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo. *Ley Organica*. Quito, Ecuador: Registro Oficial.
- Asamblea Nacional. (31 de diciembre de 2019). Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD. *Ley*. Quito, Ecuador: Registro Oficial.
- Astroza, M., Ruiz, S., Astroza, R., & Molina, J. (2010). Intensidades Sismínca. En *Terremoto en Chile*. Chile: Universidad de Chile.
- Benjamín, J., & Sidney, L. (2011). Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de Hormigón armado Existente. *Ciencia y Sociedad Redalyc.org*, 256-275.
- Buitrago, A. (2017). Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural de las Edificaciones Indispensables del Grupo Iiiy Iven el Municipio de Viterbo. *Tesis de Grado*. Pereira: Universidad Libre Seccional Pereira.

- Bustinza, M. (2022). Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de edificaciones de concreto armado y albañilería de la “Urbanización Enace”. Perú: Universidad nacional del.
- Cevallos, A., & Rivera, L. (2020). *Estudio tipológico, constructivo de viviendas antiguas en el sector Chingazo Alto, Ela y Valparaiso, cantón Guamo*. Obtenido de Dspace:  
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6822/2/PROYECTO%20DE%20I>
- Chuy, T. (13 de Enero de 2013). Sismos Ciencia Comunidad en la gestion de los Riesgos Naturales. *Folleto*. Habana, Cuba: CENAIS.
- Colina, J., & Ramirez de Alba, H. (1999). Caracteristicas de los sismos y sus efectos en las construcciones. *CIENCIA ergo sum*, 169-175.
- Colina, J., & Ramirez, H. (1999). Características de los Sismos y sus efectos en construcciones. *Ciencia Ergo Sum*, 6, 83-90.
- Cunalata y Caiza. (2022). Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador. *Revista Politécnica*, 9.
- CYPE Ingenieros S.A. (s.f.). Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Madrid, España: CYPE.
- El Comercio. (agosto de 2014). Los sismos en Ecuador. *El Comercio*, pág. 1.
- El Telégrafo. (julio de 2016). Ecuador atraviesa por al menos 10 fallas geologicas. *El Telégrafo*, pág. 1.
- Espinoza, D., & Orellana, P. (29 de abril de 2022). Análisis de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones patrimoniales del centro histórico de Cuenca mediante análisis modal: Caso de estudio Catedral Vieja. *Trabajo de Titulación*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Gimenez, A., Olavarrieta, M., & otros, &. (2019). Estudio de la Vulnerabilidad Sismica Cualitativa en Instituciones escolares de concreto armado del estado Falcón. *Revista Gaceta técnica.*, 64-75.

- Gonzales, O. (2012). *Análisis Estructural*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Guachilema, J. A. (2019). MODELAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL ANTE AMENAZA SÍSMICA EN LA UNIDAD EDUCATIVA ROBERTO ALFREDO. *Tesis*. Ecuador: Universidad Estatal de Bolívar.
- Hamón, H. (2021). Evaluación de la vulnerabilidad física de estructuras impactadas. Colombia: TM Universidad Nacional de Colombia.
- Instituto Geofísico. (s.f.). *Generalizaciones - Publicaciones para la comunidad*. Obtenido de Instituto Geofísico: <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/16479-triptico-sismos-generalidades/file>
- Jiménez, G. (2022). *Reducción de la Vulnerabilidad sísmica de estructuras ocupacionales de acero en el cantón Ambato*. Obtenido de file:///D:/Escritorio/Maestr%C3%ADa%20E.M.%2005%20-%20Jimenez%20L%C3%B3pez%20Geovanny%20Gabriel.pdf
- Medrano, R. (2007). Mecánica de suelos II. *Talleres*. Puebla.
- Melone, S. (Diciembre de 2002). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución. *Tesis Doctoral*. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- MIDUVI. (2015). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Quito: Primera edición.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). Norma Ecuatoriana de Construcción. *NEC-SE-DS*. Ecuador .
- Morocho et al. (2022). Vulnerabilidad sísmica en edificaciones educativas ecuatorianas evaluadas. *Revista Polo del Conocimiento*, 16.
- Muñoz, D. (1989). Conceptos básicos en riesgo sísmico. Cátedra de Geofísica. Madrid, España: Univ. Computense .

- Organizacion Panamericana de la Salud. (Junio de 2010). Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y Desastres. *Guía*. Panamá.
- Pujades et al. (2021). *Guía para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica*. Obtenido de [https://pocrisc.eu/sites/default/files/documents/E4\\_2\\_1\\_GUIA\\_EVAL\\_VULN\\_2022\\_03\\_24.pdf](https://pocrisc.eu/sites/default/files/documents/E4_2_1_GUIA_EVAL_VULN_2022_03_24.pdf)
- Rivadeneira, F., Segovia, M., & otros, A. A. (2007). *Breves Fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador*. Quito-Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- Rodríguez, A. (2021). Reducción del peligro por fenómenos naturales como amplificación del movimiento sísmico. *Revista de Ciencias y desarrollo*, 34.
- Rondón y Chio. (2019). Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra. *Revista de Ingeniería y Desarrollo*, 1-20.
- Rosalin, D. (2016). Vulnerabilidad Sísmica en Edificios de Hormigón Armado. Estudio de casos prácticos. Cartagena: Universidad Politecnica de Cartagena.
- Santos, D. (2019). Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en el distrito de Chilca en el 2017. Perú: Universidad Continental.
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2018). Glosario de términos de Gestión de riesgo de Desastres. *Glosario*. Ecuador.
- Silva, M. (2018). Percepción social del peligro y vulnerabilidad física y ambiental ante desastres en la zona ribereña del río Seco de la ciudad de Huaraz en el año 2015. Santiago Antúnez de Mayolo: Universidad Nacional.
- Smyrou, E. (2021). *Implementation and verification of a masonry panel model for nonlinear dynamic analysis of infilled RC frames*. Obtenido de Bulletin of Earthquake Engineering. 9, 1519–1534. DOI 10.1007/s10518-011-9262-6.
- Socarrás y Álvarez. (2021). Vulnerabilidad sísmica del sistema estructural prefabricado gran panel Soviético en edificios deteriorados y transformados. *Revista Obras y Proyectos*, 1-14.

---

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

## Anexos

### Anexos fotográficos



**Foto 1:** Observación que no hay señalética ni informativa ni tampoco preventiva



**Foto 2:** Visita hacia las instalaciones del EMAPA-G



**Foto 3:** Recolección de información a los trabajadores



**Foto 4:** Medición del edificio



**Foto 5:** Medición del edificio



**Foto 6:** Recolección de información del Formulario FEMA-154 en el edificio



**Foto 7:** Fachada frontal del edificio

**Formulario del FEMA-154**

EVALUACION VISUAL DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES												
<b>Esquema estructural en planta y en elevacion</b>	<b>DATOS GENERALES DE LA EDIFICACIÓN</b>											
	<b>Nombre de la Edificación:</b>											
	<b>Dirección:</b>											
	<b>Sitio de referencia:</b>											
	<b>Tipo de uso:</b>											
	Asamblea						Industrial					
	Comercial						Oficina					
	Servicios de Emergencia						Residencial					
	Gobierno						Educativo					
	Historico											
<b>Año de construcción:</b>					<b>Fecha de evaluación:</b>							
<b>Área Construida:</b>					<b>Año de remodelación:</b>							
					<b>Numero de pisos:</b>							
<b>DATOS DEL PROFESIONAL</b>												
<b>Nombre del evaluador:</b>												
<b>CI:</b>												
<b>Fotografía</b>												
<b>TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL</b>												
Madera	W1	Pórtico Hormiçón Armado			C1	Pórtico Acero Laminado					S1	
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H. Armado con muros estructurales			C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales					S2	
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo			C3	Pórtico Acero Doblado en frío					S3	
Mixta acero-hormiçón o	MX	H. Armado prefabricado			PC	Pórtico Acero Laminado con muros estructurales de					S4	
						Pórtico Acero con paredes mampostería					S5	
<b>PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL</b>												
Tipología del sistema estructural	W1	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5	
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2	
<b>ALTURA DE LA EDIFICACIÓN</b>												
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	0.3	0.6	0.8	0.3	0.4	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	
<b>IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN</b>												
Irregularidad vertical	-2.5	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
<b>CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN</b>												
Pre-código (construido antes de 1977)	0	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2	
Construido en etapa de transición	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Post código moderno (construido a	1	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1	
<b>TIPO DE SUELO</b>												
Tipo de suelo C- Suelo rigido	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Tipo de suelo D- Suelo denso	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	
Tipo de suelo E- Suelo suave	0	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	
<b>PUNTAJE FINAL S</b>												
<b>EVLUACION DETALLADA REQUERIDA</b>					<b>OBSERVACIONES</b>							
<b>SI</b>												
<b>NO</b>												

**Espectro elástico Guaranda**

PROVINCIA: **BOLIVAR**  
CANTON: **GUARANDA**

**Paso 1:** Determinar Zona sísmica y valor Z, COSTA=C SIERRA=S ORIENTE=O

Tabla -----> 3 Zona sísmica Z= **0,35** **S**  $\eta = 2,48$

**Paso 2:** Determinar coeficientes de sitio Fa , Fd y Fs.

CLASE DE SUELO	Tabla ----->	T4 - T5 - T6	<b>Fa</b>	<b>Fd</b>	<b>Fs</b>	<b>r</b>
	<b>Clase A:</b>	Roca dura	0,90	0,90	0,75	1,00
	<b>Clase B:</b>	Roca	1,00	1,00	0,75	1,00
	<b>Clase C:</b>	Suelo muy duro y roca blanda	1,23	1,15	1,06	1,00
	<b>Clase D:</b>	Suelo rígido	1,25	1,28	1,19	1,50
	<b>Clase E:</b>	Suelo arcilloso blando	1,10	1,65	1,80	1,50

**Paso 3:** Determinar los periodos de control To , Tc y Tl  
Fa= 1,25 Fd= 1,28

**Clase:** **C** <----- INGRESE CLASE DE SUELO  
Fs= 1,19 r= 1,50

To=0.10.Fs.Fd/Fa = 0,122

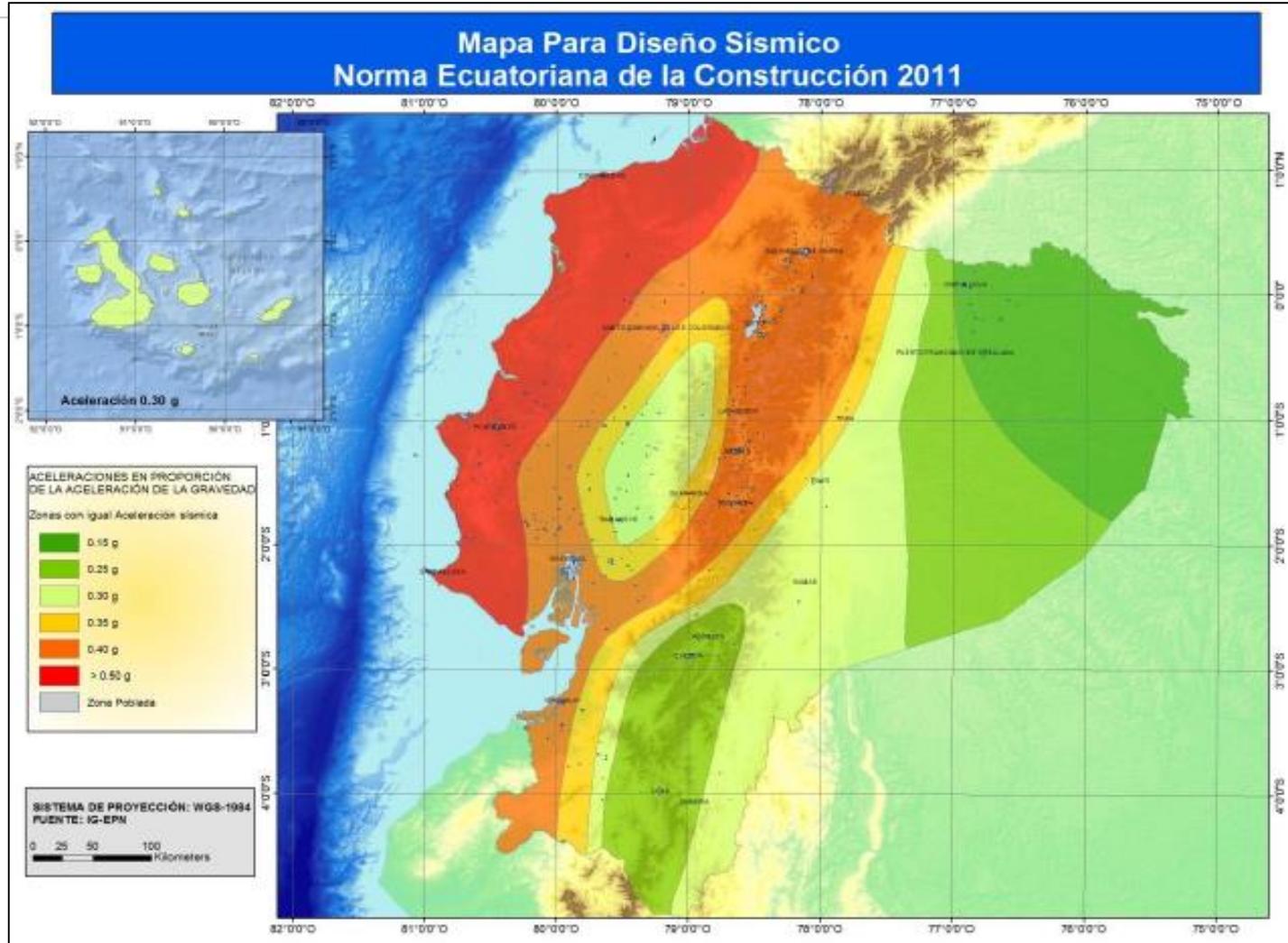
---

$$T_c = 0.55 \cdot F_s \cdot F_d / F_a = 0,670$$

**Paso 5:** Espectro de respuesta de diseño (NEC\_SE\_DS) CAP. 3.3.1

Región 1:  $T_0 < T \leq T_c$   
 $S_a = n \cdot Z \cdot F_a$

Región 2:  $T_c \leq T \leq T_l$   
 $S_a = n \cdot z \cdot F_a \cdot (T_c / T)^r$



**DEFINICION DE LA GRAFICA DEL ESPECTRO SISMICO ELASTICO E INELASTICOS DE ACELERACIONES (Sa Vs T):**

Clase: C				ELASTICO	REDUCIDO
T		Región 1	Región 2	Grafico	Grafico
(s)		Sa (g)	Sa (g)	Sa (g)	(Sa*I*g)/ (R*fe*fp)
0,000		0,44		0,438	0,061
<b>0,122</b>	To	1,09		1,085	0,151
<b>0,670</b>	Tc	1,09	1,09	1,085	0,151
0,700			1,02	1,016	0,141
0,750			0,92	0,917	0,127
0,850			0,76	0,760	0,106
0,950			0,64	0,643	0,089
1,100			0,52	0,516	0,072
1,250			0,43	0,426	0,059
1,400			0,36	0,359	0,050
1,550			0,31	0,308	0,043
1,700			0,27	0,269	0,037
1,850			0,24	0,237	0,033
2,000			0,21	0,210	0,029
2,150			0,19	0,189	0,026
2,300			0,17	0,171	0,024
2,450			0,16	0,155	0,022
2,600			0,14	0,142	0,020

2,750	0,13	0,131	0,018
2,900	0,12	0,121	0,017
3,050	0,11	0,112	0,016
3,200	0,10	0,104	0,014
3,350	0,10	0,097	0,013
3,500	0,09	0,091	0,013
3,650	0,09	0,085	0,012
3,800	0,08	0,080	0,011
3,950	0,08	0,076	0,011
4,100	0,07	0,072	0,010
4,300	0,07	0,067	0,009
4,500	0,06	0,062	0,009
4,700	0,06	0,058	0,008
4,900	0,05	0,055	0,008
5,100	0,05	0,052	0,007
5,300	0,05	0,049	0,007
5,500	0,05	0,046	0,006
5,750	0,04	0,043	0,006
6,000	0,04	0,041	0,006
6,250	0,04	0,038	0,005
6,500	0,04	0,036	0,005
6,800	0,03	0,034	0,005
7,100	0,03	0,031	0,004
7,400	0,03	0,030	0,004
9,600	0,02	0,020	0,003

