



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA PARA LA  
REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL BLOQUE 1 DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**

**GOMEZ MORENO ANTONIO EDUARDO  
INGENIERO CIVIL**

**VACA MOREIRA BRYAN JAZMANY  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA PARA LA  
REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL BLOQUE 1 DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**

**GOMEZ MORENO ANTONIO EDUARDO  
INGENIERO CIVIL**

**VACA MOREIRA BRYAN JAZMANY  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA PARA LA  
REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL BLOQUE 1 DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**

**GOMEZ MORENO ANTONIO EDUARDO  
INGENIERO CIVIL**

**VACA MOREIRA BRYAN JAZMANY  
INGENIERO CIVIL**

**ORDOÑEZ FERNANDEZ JOSE LUIS**

**MACHALA  
2023**

# TRABAJO GOMEZ - VACA

*por Antonio Gomez*

---

**Fecha de entrega:** 28-feb-2024 04:29p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2307284834

**Nombre del archivo:** TRABAJO\_Gomez\_-\_Vaca.pdf (1.72M)

**Total de palabras:** 14519

**Total de caracteres:** 73734

# TRABAJO GOMEZ - VACA

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

10%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

---

< 1%

★ orbi.uliege.be

Fuente de Internet

---

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

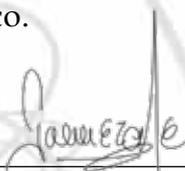
Los que suscriben, GOMEZ MORENO ANTONIO EDUARDO y VACA MOREIRA BRYAN JAZMANY, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA PARA LA REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL BLOQUE 1 DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



GOMEZ MORENO ANTONIO EDUARDO

0707068623



VACA MOREIRA BRYAN JAZMANY

0706994639

## INDICE

DEDICATORIA .....	6
AGRADECIMIENTO .....	7
RESUMEN .....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
Importancia del tema.....	10
Actualidad de la problemática.....	10
1. CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1. Antecedentes (Línea base del proyecto) .....	11
1.2. Descripción de la situación problemática (Causas y efectos).....	12
1.3. Formulación del problema (Causas y efectos).....	13
1.4. Alcance del proyecto.....	14
1.5. Justificación.....	14
1.6. Objetivos: general y específicos.....	15
2. CAPITULO II MARCO TEORICO.....	16
2.1. Antecedentes contextuales .....	16
2.2. Antecedentes referenciales.....	18
2.3. Antecedentes conceptuales.....	19
2.3.1. Rehabilitación sísmica .....	19
2.3.2. Amenaza sísmica .....	19
2.3.3. Niveles de amenaza sísmica .....	20
2.3.4. Estrategias de rehabilitación .....	20
2.3.5. Vulnerabilidad estructural.....	20
2.3.6. Peligro sísmico.....	20
2.3.7. Derivas .....	21
2.3.8. Riesgo sísmico .....	21
2.3.9. Análisis lineal .....	21
2.3.10. Análisis no lineal .....	21
2.3.11. Requerimientos para el análisis no lineal .....	21
2.3.12. Niveles de desempeño (ATC 40 – FEMA 440).....	22
2.3.13. Ductilidad.....	22
2.3.14. Rotulas plásticas .....	22

2.3.15. Curva de capacidad .....	23
2.3.16. Puntal equivalente .....	23
3. CAPITULO III: METODOLOGÍA .....	24
3.1. Modalidad básica de la investigación .....	24
3.2. Tipo de investigación .....	24
3.2.1. Documental .....	24
3.2.2. Descriptiva .....	24
3.2.3. De Campo .....	24
3.3. Objeto de estudio.....	24
3.4. Métodos teóricos con los materiales utilizados.....	25
3.4.1. Modelación .....	25
3.4.2. Métodos empíricos con los materiales utilizados .....	45
4. CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	45
4.1. Análisis e interpretación de resultados.....	45
4.1.1. Análisis dinámico espectral .....	45
4.1.2. Análisis no estático lineal (PUSHOVER) .....	55
CONCLUSIONES .....	61
RECOMENDACIONES:.....	62
BIBLIOGRAFÍA .....	63
ANEXOS .....	66

### **INDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1: Árbol de problemas .....	13
Ilustración 2: Ubicación de la investigación, Universidad Técnica de Machala .....	14
Ilustración 3: Planta Alta 1 .....	28
Ilustración 4: Planta Alta 2 .....	28
Ilustración 5: Planta Alta 3 .....	29
Ilustración 6: Pórtico 1:.....	29
Ilustración 7: Pórtico 2 al 5:.....	30
Ilustración 8: Pórtico 6:.....	30
Ilustración 9: Pórtico 7:.....	31
Ilustración 10: Pórtico 8:.....	31
Ilustración 11: Pórtico A:.....	32
Ilustración 12: Pórtico B: .....	32
Ilustración 13: Pórtico C: .....	33
Ilustración 14: Pórtico D:.....	33

Ilustración 15. Definir el ancho equivalente del puntal diagonal .....	37
Ilustración 16: Espectro elástico e inelástico de diseño en aceleraciones de la ciudad de Machala.....	47
Ilustración 17: Máxima deriva de sismo en X .....	51
Ilustración 18: Máxima deriva elástica de sismo en Y .....	52
Ilustración 19: Máxima deriva de sismo en X Losa Reticulada .....	53
Ilustración 20: Máxima deriva de sismo en Y Losa Reticulada .....	54
Ilustración 21: Curva de capacidad eje X .....	56
Ilustración 22: Curva de capacidad eje X .....	57
Ilustración 23: Daño de la estructura en rotulas .....	58
Ilustración 24: Daño de la estructura en vigas y columnas .....	58
Ilustración 25: Curva de capacidad eje X edificio 2 .....	59
Ilustración 26: Curva de capacidad eje Y edificio 2 .....	60

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población cantón Machala.....	11
Tabla 2: Clasificación del suelo por su taxonomía .....	12
Tabla 3: Elementos estructurales en Pórtico Principal Edificio 1 .....	26
Tabla 4: Elementos estructurales en Pórtico Principal Edificio 2 .....	27
Tabla 5: Cargas permanentes y cargas vivas Edificio 1 .....	34
Tabla 6: Cargas permanentes y cargas vivas Edificio 2 .....	34
Tabla 7: Determinación del coeficiente k.....	35
Tabla 8: Ecuación de cortante basal .....	35
Tabla 9. Expresiones obtenidas para el cálculo del ancho equivalente del puntal según el objetivo de calculo .....	36
Tabla 10: Puntales equivalente Planta Baja Edificio 1 .....	37
Tabla 11: Puntales equivalente Primer Planta alta Edificio 1.....	39
Tabla 12: Puntales equivalente Segunda Planta alta Edificio 1 .....	39
Tabla 13: Puntales equivalente Planta baja Edificio 2.....	40
Tabla 14: Puntales equivalente Primera Planta alta Edificio 2.....	41
Tabla 15: Puntales equivalente Segunda Planta alta Edificio 2.....	43
Tabla 16: Coeficientes de perfil de suelo.....	46
Tabla 17: Coeficientes para el espectro inelástico.....	46
Tabla 18: Periodos fundamentales y participación de masa Edificio 1 Losa tipo Membrana .....	48
Tabla 19: Periodos fundamentales y participación de masa Edificio 1 Losa Reticulada	48
Tabla 20: Periodos fundamentales y participación de masa Edificio 2 Losa tipo Membrana .....	49
Tabla 21: Periodos fundamentales y participación de masa Edificio 2 Losa Reticulada	49
Tabla 22: Derivas máximas .....	51
Tabla 23: Derivas máxima de entre pisos sismo dinámico en X .....	51
Tabla 24: Derivas máxima de entre pisos sismo dinámico en Y .....	52
Tabla 25: Derivas máximas sismo dinámico en X Losa Reticulada .....	53

Tabla 26: Derivas máximas sismo dinámico en Y Losa Reticulada .....	54
Tabla 27:Elaboración de la curva de capacidad X.....	56
Tabla 28: Elaboración de la curva de capacidad Y.....	57
Tabla 29: Elaboración de la curva de capacidad X edificio 2 .....	59
Tabla 30: Elaboración de la curva de capacidad Y edificio 2 .....	60

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres quienes me apoyaron durante toda mi formación a ser un profesional.

Gómez Moreno Antonio Eduardo

El presente trabajo está dedicado para: Mis padres y demás familiares quienes durante mi proceso de formación en la carrera me brindaron su apoyo incondicional para cumplir mis metas siendo una de ellas el ser ingeniero civil.

Vaca Moreira Bryan Jazmany

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia y seres queridos, quienes han sido mi constante apoyo e inspiración para ser la persona que me he convertido hoy en día, a mí tutor, al ingeniero José Luis Ordoñez Fernández por su orientación invaluable durante la realización de este trabajo, y a todos quienes crean merecer estar aquí.

Gómez Moreno Antonio Eduardo

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi tutor Ing. José Luis Ordoñez, por su orientación y apoyo durante este proceso. Agradezco a mis familiares principalmente a mi padres quienes me brindaron su apoyo constante para alcanzar mi objetivo.

Vaca Moreira Bryan Jazmany

## RESUMEN

La evaluación de la respuesta sísmica conlleva vario aspecto con respecto al análisis del modelo lineal y no lineal con el fin de proponer la rehabilitación estructural del edificio bloque 1 de la Universidad Técnica de Machala. El método del puntal diagonal equivalente se puede utilizar para modelar la respuesta sísmica de estructuras de concreto con mampostería no reforzada, lo que permite tener en cuenta la influencia de la mampostería en el comportamiento inelástico de los edificios. Además, se pueden utilizar otros métodos de modelación simplificada de pórticos de concretos rellenos con mampostería no reforzada. La evaluación de la vulnerabilidad sísmica es importante para asegurar un adecuado diseño contra los terremotos. El presente trabajo lleva como objetivo analizar la respuesta sísmica mediante un análisis estático lineal y no lineal para la propuesta de la rehabilitación estructural del bloque 1 de la Universidad Técnica de Machala. Para ello, se llevará a cabo un análisis estático lineal y no lineal utilizando software para obtener datos específicos que se interpretarán para dar paso a la propuesta de rehabilitación. Los resultados obtenidos fueron los esperados puesto que mediante en análisis estático no lineal se pudo obtener la curva de capacidad la cual me indica el estado de la estructura y la aparición de rotulas plásticas generando posibles lugares donde la estructura podría sufrir daño.

**Palabras claves:** Vulnerabilidad, rehabilitación, Curva de capacidad.

## **ABSTRACT**

The evaluation of the seismic response involves several aspects with respect to the analysis of the linear and nonlinear model in order to propose the structural rehabilitation of the building block 1 of the Technical University of Machala. The equivalent diagonal strut method can be used to model the seismic response of concrete structures with unreinforced masonry, which allows taking into account the influence of the masonry on the inelastic behavior of the buildings. In addition, other methods for simplified modeling of concrete frames filled with unreinforced masonry can be used. The evaluation of seismic vulnerability is important to ensure adequate earthquake design. The present work aims to analyze the seismic response by means of a linear and nonlinear static analysis for the proposed structural rehabilitation of block 1 of the Technical University of Machala. For this purpose, a linear and nonlinear static and dynamic analysis will be carried out using software to obtain specific data that will be interpreted to give way to the rehabilitation proposal. The results obtained were as expected since by means of the nonlinear static analysis it was possible to obtain the capacity curve which indicates the state of the structure and the appearance of plastic patellas generating possible places where the structure could suffer damage.

**Keywords:** Vulnerability, rehabilitation, capacity curve.

## INTRODUCCIÓN

### **Importancia del tema**

La respuesta de las edificaciones ante un evento sísmico puede generar situaciones donde la integridad de la estructura se vea afectada, a menudo ocasionando daños importantes, los cuales pueden ser efectos de múltiples causas como la rigidez de la estructura, elementos estructurales, materiales de construcción, resultando en desplazamientos y deformaciones no deseadas. Según Mahmoudi y Tehrani (Mahmoudi & Tehrani, 2020) Después de un terremoto es importante que la estructura sea rehabilitada en poco tiempo y finalmente con un menor costo.

Se puede considerar a la falta de mantenimiento también una de las causas por las cuales pueden ocurrir estas situaciones, como menciona (Santa-Cruz et al., 2021) que una gran cantidad de edificios públicos en Perú construidos en zonas sísmicas se encuentran en situación de riesgo porque fueron diseñados con criterios obsoletos o que actualmente se encuentran en una condición precaria o de poco mantenimiento. Cuando ocurren estas situaciones, dependiendo el nivel de daño de la estructura, se procede con una rehabilitación estructural para reestablecer su integridad y prolongar su vida útil.

### **Actualidad de la problemática**

El Ecuador se encuentra en una zona de alto riesgo ante eventos de movimiento de tierra, considerándolo potencialmente sísmico donde todo su territorio exhibe un nivel de amenaza alto a excepción de su zona costera que presenta un nivel muy alto y su nororiente un intermedio como lo menciona (*NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN*, 2015) por lo que lo que las estructuras deben ser diseñadas y construidas con la filosofía de diseño sismo-resistente.

En la ciudad de Machala, parte de la zona costera de Ecuador, se analizan los riesgos a los que está siendo afectados, todo esto mencionados en su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, donde presenta que en relación a la seguridad e integridad de la ciudad como a sus habitantes los riesgos son la intensidad de los eventos sísmicos, deslizamientos y volcamientos de tierra, erosión e inundaciones (Machala Alcaldía, 2022), por consiguiente, las edificaciones en la ciudad de Machala son susceptibles a estos riesgos. El último sismo registrado hasta la fecha de esta investigación fue el evento registrado el 18 de marzo del 2023 a las 12h12, con una magnitud de 6.64 Mw a una profundidad de 63.1 km, sismo que repercutió en varias estructuras en Machala, siendo una de las

afectadas el edificio bloque 1 de la Universidad técnica de Machala (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2023)

## 1. CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes (Línea base del proyecto)

La ciudad de Machala se encuentra ubicada en la zona costera del Ecuador, al suroeste del país, cuenta con una extensión de 37.292,38 hectáreas aproximadamente, de las cuales están distribuidas en 7 parroquias urbanas. Machala es el cantón principal de la provincia de El Oro ya que es la ciudad de la provincia con más habitantes, convirtiéndose en su centro administrativo, económico, financiero y comercial.

Se presenta a continuación información importante obtenida del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la ciudad de Machala (Machala Alcaldía, 2022). De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, en Machala existían 256.022 habitantes, pero el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador en 2017 estimaba que en 2020 la población sea 289.141 personas. El Área Urbana del Cantón (la Ciudad de Machala) tiene una población aproximada de 277.575 personas, que representa el 96 % del Cantón y el Área Rural (Zonas Rurales: Parroquia MACHALA y de la Parroquia El Retiro), el 4%.

Tabla 1: Población cantón Machala

Sexo	Área urbana	Área rural	Total
Hombre	136.234	5.676	141.910
Mujer	141.341	5.889	150.196
Total	277.575	11.566	289.141

*Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Machala 2019-2030*

Podemos observar que el área urbana es donde se encuentra una mayor concentración de la población, de las cuales todo su territorio se encuentra ocupado por infraestructuras de tipo habitacional, comercial, gubernamental entre otros.

Por otra parte, en Machala existe un solo tipo de litología la cuales son Arcillas marinas de estuario, del periodo Cuaternario. El análisis de este componente permite determinar las cualidades del suelo, con las que se puede definir el potencial de uso que este recurso puede tener. En la siguiente tabla encontramos la descripción de la taxonomía del suelo

del cantón Machala y podemos observar que la taxonómica dominante en Machala es el Entisol, con una extensión de 17.220 ha, correspondiente al 46,20 % del área total del cantón.

Tabla 2: Clasificación del suelo por su taxonomía

<b>TAXONOMÍA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>%</b>
Entisol	17.220,96	46,20
Inceptisol	5,457.78	14,69
No Aplicable	12.817,75	34,39
Cuerpos de Agua	1.778,74	4,77
<b>TOTAL</b>	<b>37.275,23</b>	<b>100</b>

*Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Machala 2019-2030*

En cambio, analizando la intensidad sísmica, la energía que es liberada durante estos eventos se extiende en forma de ondas, donde en zonas cercanas a la fractura su intensidad será mayor. Se entiende que la totalidad de la superficie del cantón Machala se encuentra ubicada en una zona de peligro sísmico alto por lo que esto implica planificar la ubicación de las edificaciones y zonas seguras para viviendas tomando en cuenta los aspectos geológicos y sísmicos con el objetivo de reducir el impacto de posibles terremotos y proteger la seguridad de la población. También se destaca la importancia de contar con planes de emergencia y sistemas de alerta temprana que permitan hacer frente de manera eficiente a cualquier evento sísmico o desastre natural que pueda presentarse.

### **1.2. Descripción de la situación problemática (Causas y efectos)**

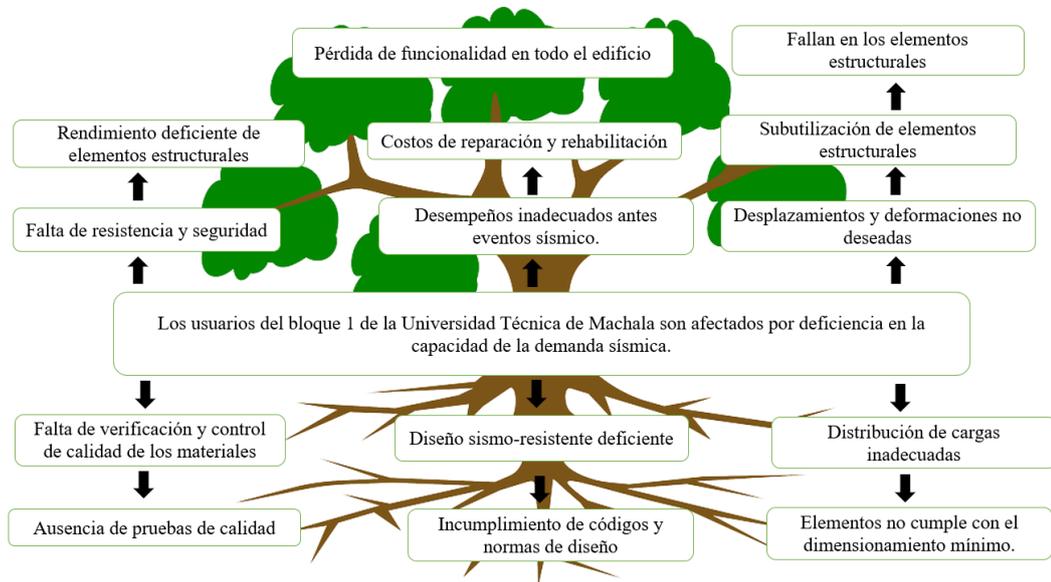
La problemática se basa en que la comunidad universitaria del bloque 1 de la Universidad Técnica de Machala son afectados por la deficiente capacidad de la respuesta sísmica, donde esta problemática es el centro de ciertas causas directas.

Una de las causas es la falta de verificación y control de calidad de los materiales que sucede por la ausencia de las pruebas de calidad por lo que genera una falta de resistencia y seguridad, y genera un rendimiento deficiente en los elementos estructurales.

Otra de las causas es el diseño sísmo resistente deficiente debido al incumplimiento de las normas de diseño, lo que causa desempeños inadecuados antes eventos sísmicos y genera costos de reparación y rehabilitación.

Por último, la distribución de cargas inadecuados ocasionados por elementos que no cumplen con el dimensionamiento mínimo es otra de las causas, debido a esto se producen desplazamientos y deformaciones no deseadas y falla en los elementos estructurales.

Ilustración 1: Árbol de problemas



*Fuente: Los autores*

### 1.3. Formulación del problema (Causas y efectos)

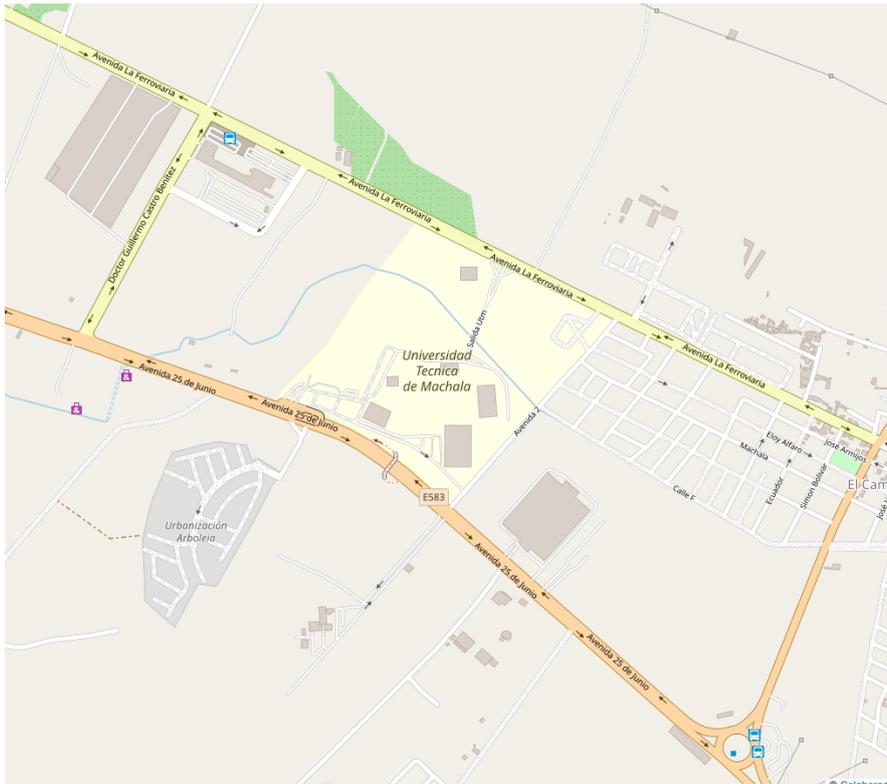
Con relación a la problemática central, la cual presenta la deficiencia en la capacidad de la respuesta sísmica, hacen aparición las siguientes preguntas científicas:

- ¿Cuáles son los modelos para el análisis estructural del bloque 1 de la Universidad técnica de Machala?
- ¿Cuáles son las condiciones de estructurales del bloque 1 de la Universidad técnica de Machala?
- ¿Cuál es la propuesta de reforzamiento para bloque 1 de la Universidad técnica de Machala?

## 1.4. Alcance del proyecto

El presente trabajo de titulación evalúa la respuesta sísmica para una propuesta de rehabilitación estructural, para lo cual se seleccionó el bloque 1 de la Universidad Técnica de Machala, cual se encuentra ubicado en la ciudad de Machala, en el Km.5 1/2 Via Machala Pasaje.

Ilustración 2: Ubicación de la investigación, Universidad Técnica de Machala



*Fuente: Open Street Map 2023*

## 1.5. Justificación

La presente investigación es parte del trabajo de titulación para la obtención del título de Ingeniero civil, además de que surge también de los conceptos de diseño sismorresistente y los parámetros a cumplir de la misma al momento de diseñar y construir un edificio, sea este de hormigón armado o de acero. Todos en el Ecuador deben regirse a la Norma Ecuatoriana de la Construcción, sin embargo, se puede encontrar edificaciones que, debido a varios factores, no cumplen con lo especificado en la norma. Esto puede ocasionar situaciones cuando se presentan sismos tales que, cuando la estructura comienza a vibrar y desplazarse, su respuesta a tal evento sísmico no es la adecuada,

ocasionando daños en sus elementos estructurales entrando en riesgo de colapso, exponiendo la seguridad y la integridad de las personas quienes hacen uso del edificio.

La presente investigación tiene como finalidad analizar la respuesta sísmica del edificio del bloque 1 de la Universidad Técnica de Machala, evaluando los niveles de desempeño de la estructura con el evento sísmico ocurrido el 18 de marzo de 2023 con una magnitud de 6.64 MLv ocurrido a a 29.12 km de Balao, Guayas, datos proporcionados por el Instituto Geofísico. Para así recrear el escenario y corroborar la situación actual de la estructura. La representación debe ser lo más cercana a la actual para llegar al estado actual de la estructura. Por lo cual se pretende realizar la propuesta de rehabilitación mediante un modelo tridimensional con la finalidad de mejorar su respuesta ante eventos sísmicos y que aseguren la integridad de sus usuarios.

## **1.6. Objetivos: general y específicos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Analizar la respuesta sísmica mediante un análisis estático lineal y no lineal para la propuesta de la rehabilitación estructural del bloque 1 de la Universidad Técnica de Machala

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Elaborar modelos lineales y no lineales tridimensionales mediante softwares de análisis estructural y dimensionamiento de edificios para el bloque 1 de la Universidad Técnica de Machala
- Identificar las condiciones estructurales y no estructurales mediante el relevamiento planimétrico y altimétrico de la edificación que permitirá la elaboración de un modelo comparativo del comportamiento de respuesta sísmica
- Presentar el modelo tridimensional mediante la descripción de la propuesta de reforzamiento idónea según el nivel de desempeño establecido para el edificio sujeto a estudio

## 2. CAPITULO II MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes contextuales

En medida a la presentación de este proyecto, se procederá a mencionar investigaciones previas a nivel global y local registradas en artículos científicos que tratan sobre el tema de este trabajo de titulación. Esto se realizará para identificar los principales descubrimientos de la investigación.

Como punto inicial, los autores Hamdy K, Shehab Eldin, Hilal Hassan, Heba A. Mohamed y Zainab E. Ragab proponen en su investigación una evaluación mediante un estudio analítico para determinar el comportamiento sísmico de edificaciones de hormigón armado, cuyo análisis está basado en pushover estático no lineal, donde se usa el método del coeficiente de desplazamiento para su respectiva evaluación en el desempeño sísmico, cabe recalcar que su investigación se encuentra centrado en edificaciones de diferentes pisos. Como resultado a su investigación los resultados obtenidos, relaciona la máxima deriva entre pisos para los puntos de desempeño (Shehab Eldin et al., 2021)

Por otra parte, el análisis aplicado a la estructura la cual está sometida como objeto de investigación será algo similar basándose en un modelo lineal y no lineal para su respectiva evaluación con el fin de obtener la respuesta de la estructura ante la demanda sísmica para determinar la durabilidad bajo cargas gravitacionales y de sismo. Como segundo punto, el análisis proporcionado por Stylianos I. Pardalopoulos, Stavroula J. Pantazopoulou y Georgia E. Thermou está basado en la rehabilitación sísmica utilizando rellenos de mampostería dejando como unos de los principales elementos de soporte el cual se espera que sea capaz de resistir cargas tanto laterales de sismo y cargas impuestas por el peso propio de los elementos. Los autores hacen un análisis tiempo-historia para determinar los registros que se acerquen a la falla, para considerar el efecto de los parámetros del movimiento del suelo. (Pardalopoulos et al., 2020)

Se puede destacar una visión crítica y detallada de un enfoque de rehabilitación sísmica que se basa en la utilización de rellenos de mampostería y destaca la importancia de un análisis de tiempo-historia y la consideración de los parámetros del movimiento del suelo para lograr una mayor eficacia en la mitigación de riesgos sísmicos. Este enfoque demuestra un nivel significativo de rigor técnico y una comprensión profunda de los desafíos involucrados en la ingeniería sísmica.

Como tercer punto, según Prajwal TP, Imtiaz A Parvez y Kiran Kamatha realizan un estudio considerando tres edificios diferentes con el objetivo de correlacionar las respuestas sísmicas de modelos de construcción en planta irregular con el fin obtener el comportamiento sísmico de todos los modelos para determinar mediante un análisis estático no lineal, cual estructura es más vulnerable ante un evento. Por esa razón, hacen un énfasis en cuanto varía el ángulo de incidencia de la fuerza sísmica y a su vez ver la variación del desplazamiento en el nodo de control. (Prajwal et al., 2017)

Este enfoque es particularmente relevante dado que las estructuras con diseños de planta irregular pueden presentar desafíos adicionales en términos de su respuesta sísmica. Estos desafíos pueden ser el resultado de la distribución desigual de masas y rigideces en la estructura, lo que puede llevar a respuestas sísmicas impredecibles. Por lo tanto, el análisis de estos casos es fundamental para comprender cómo estas irregularidades pueden influir en la seguridad y estabilidad de un edificio durante un terremoto.

Por último, en contexto de la investigación de Gilbert Adrián Añazco Campoverde, Paul André Añazco Campoverde y Leyden Oswaldo Carrión Romero (2023), mencionan en su trabajo un modelo no lineal de plasticidad concentradas en edificio de varios pisos para obtener la curva de capacidad mediante el método de pushover en SAP2000 y aplicar criterios de colapso no simulado de rotación plástica tanto para las vigas y columnas, en base a sus resultados, ponen en evidencia que al realizar el análisis no lineal, todos los prototipos expuestos a pruebas tienen una adecuada ductilidad y el hecho que posea una gran sobre resistencia es debido al control de las derivas de piso. Estos resultados demuestran que el modelo es una herramienta útil para evaluar la capacidad de edificios de varios pisos ante cargas sísmicas (Adrián et al., 2023).

El enfoque en la plasticidad no lineal en edificios de varios pisos, utilizando un modelo específico y el método de pushover en el software SAP2000, es un enfoque técnico sólido para evaluar la capacidad estructural. Además, la aplicación de criterios de colapso no simulado de rotación plástica tanto para vigas como para columnas refleja un enfoque integral para evaluar la respuesta sísmica de los edificios. La afirmación de que todos los prototipos expuestos a pruebas mostraron una adecuada ductilidad es un hallazgo importante, ya que la ductilidad es esencial para la resistencia de los edificios ante eventos sísmicos. Además, la observación de que la gran resistencia se debe al control de las

derivadas de piso sugiere que el modelo y el método de análisis están funcionando efectivamente para mejorar la capacidad sísmica de los edificios de varios pisos.

## **2.2. Antecedentes referenciales**

Para el presente trabajo, se aplicará la metodología que se encuentra en los siguientes artículos científicos.

Nicolas Kyriakides, Ahmad Sohaib, Kypros Pilakoutas, Kyriakos Neocleous, Christis Crisóstomo, Elía Tantele y Renos Votsis, en su trabajo propone un método para aumentar la predicción al idealizar un método alternativo que se basa en el uso de sistemas elásticos perfectamente plástico equivalentes el cual puede ser usado en cualquier método de diagrama de demanda capacidad. (Kyriakides et al., 2018)

El análisis de colapso de un edificio descrito por los siguientes autores S. Gowtham, M. Prakash, N. Parthasarathi, KSSatyanarayanan, V. Thamilarasu, como parte de su trabajo en el análisis estático y dinámico no lineal, lo llevaron a cabo con la ayuda del software SAP2000 el cual se utilizara para el análisis estático lineal y dinámico no lineal usando el método de historia del tiempo considerando dos tipos de escenario para la eliminación de columnas y determinar que columna es más vulnerable aplicando el método de análisis dinámico no lineal mencionado con anterioridad con el fin de obtener la respuesta estructural en función del tiempo. (Gowtham et al., 2018)

La metodología empleada por Riqui Fauzán, Erizal y Asep Sapei para llevar a cabo una evaluación del rendimiento no lineal de una estructura. En este proceso, se utiliza un diagrama de flujo que descompone el trabajo en varios procesos secuenciales. El objetivo principal de este análisis es obtener una curva de capacidad que refleje el cambio en el comportamiento estructural de lineal a no lineal con el fin de analizar; fuerza de corte del piso, formación de bisagras de plástico y el rendimiento como tal del edificio. Esta metodología presenta varias ventajas notables. En primer lugar, el uso de un diagrama de flujo para organizar el trabajo en procesos secuenciales proporciona una estructura clara y ordenada para llevar a cabo la evaluación. (Fauzan & Sapei, 2019)

Una investigación realizada por Özlem Çavdar, Ahmet Çavdar y Ender Bayraktar que se enfoca en el comportamiento sísmico de un edificio de hormigón armado de 8 pisos, utiliza dos métodos de análisis estático no lineal: el método pushover y el método NDA,

con el propósito de comparar sus resultados. El resultado principal de la investigación sugiere que el análisis pushover es una herramienta efectiva y sencilla para explorar el comportamiento no lineal de los edificios y evaluar su desempeño sísmico, y seleccionar detalles sísmicos más adecuados para soportar las deformaciones inelásticas esperadas. Este estudio es significativo por varias razones. En primer lugar, se centra en un tema de gran relevancia en la ingeniería sísmica: la evaluación de la respuesta sísmica de edificios de hormigón armado. (Çavdar et al., 2017)

### **2.3. Antecedentes conceptuales**

#### **2.3.1. Rehabilitación sísmica**

La rehabilitación sísmica sucede cuando una estructura se encuentra deshabilitada por daños en sus elementos estructurales ocasionados por un evento sísmico. Según (Kazem et al., 2020) la rehabilitación estructural consiste en aumentar la rigidez de la estructura para que por efecto exista una menor deformación de los elementos que componen la estructura los cuales podrían comprometer su integridad. La importancia de la rigidez en la estructura es vital para que la misma no colapse ante eventos sísmicos, si la estructura se encuentra afectada se debería analizar si dicha estructura podría necesitar o no una rehabilitación.

#### **2.3.2. Amenaza sísmica**

El análisis de la amenaza sísmica y la creación de espectros de respuesta son herramientas clave para evaluar y prevenir riesgos en zonas propensas a terremotos. Los espectros de respuesta ayudan a diseñar estructuras resistentes y evaluar la vulnerabilidad de las existentes, mientras que los espectros de amenaza sísmica se personalizan para lugares específicos, como el campus Huachi de la Universidad Técnica de Ambato, considerando las fallas ciegas inversas. (Medina et al., 2018)

Según Liu, Pozos, Gómez y Hong (Liu et al., 2016) para estimar la frecuencia de los terremotos en estas fallas, se utilizan las tasas de deslizamiento observadas en el pasado. Luego, se calcula el peligro sísmico probabilístico para todo el país, utilizando una cuadrícula de sitios rocosos. Este cálculo produce mapas que muestran la probabilidad de que ocurra un terremoto de una magnitud determinada en un lugar determinado.

### **2.3.3. Niveles de amenaza sísmica**

Los niveles de amenaza sísmica permiten saber dónde es más probable que suceda sismos de magnitudes altas, según (Irinymi et al., 2021) lo define como un análisis probabilístico que utiliza datos consistentes de las magnitudes del sismo y la ubicación de dichos movimientos, así para estimar si las zonas presentan un alto, medio o bajo riesgo de peligro sísmico. Esto nos brinda una visión más clara de la vulnerabilidad sísmica de la región.

### **2.3.4. Estrategias de rehabilitación**

Una rehabilitación estructural se lleva a cabo cuando la infraestructura de una edificación no se encuentra en condiciones óptimas condiciones, sea esta por falta de mantenimiento, su vida útil o eventos sísmicos que afecten la integridad del edificio, como lo indica Guardigli, Ferrer, Peters, Fotopoulou, Bragadin y Ferrante (Guardigli et al., 2019) la rehabilitación se considera un enfoque sostenible para la mejora del rendimiento permitiendo prolongar su vida útil, lo cual conduce nuevas estrategias de planificación y gestión de ciclo basadas en identificación de indicadores de desempeño ambiental con el fin de evaluar varias alternativas..

### **2.3.5. Vulnerabilidad estructural**

La vulnerabilidad estructural tiene que ver con que tanto daño recibe la estructura ante un sismo, como lo realizaron Lim, Kang, Lee, Chi (Lim et al., 2016) en su trabajo donde realizaron curvas de fragilidad sísmica para la evaluación probabilística de daño con indicadores como la deriva máxima entre pisos y caída de frecuencia de los modos. Entonces la vulnerabilidad es la respuesta ante eventos sísmicos que se clasifican por niveles de daños.

### **2.3.6. Peligro sísmico**

El peligro sísmico se obtiene a partir de los datos de aceleración espectral media geométrica en un rango de periodos de retorno, tipos de suelo, periodos fundamentales con el fin de estimar las curvas de peligro sísmico para la ubicación analizada mediante la interpolación espacial y periódica de los datos. (Joyner & Sasani, 2020) según la necesidad de servicio, de diseño y máximo

### **2.3.7. Derivas**

Las derivas son los desplazamientos que sufren los elementos estructurales entre cada piso, donde este valor no debe exceder de un límite, que depende de la norma con la cual se trabaje; para la Norma Ecuatoriana de la Construcción Peligro Sísmico Diseño Sísmo Resistente para estructuras de hormigón armado, estructuras metálicas y de madera es el 0.02. (Gómez et al., 2021)

### **2.3.8. Riesgo sísmico**

El riesgo sísmico está relacionado al peligro sísmico, a la vulnerabilidad de la estructura y más factores como la duración y amplitud del movimiento del suelo, generando grandes deformaciones plásticas en las uniones de las columnas que conllevan a una inestabilidad lateral y un posible colapso por lo que es fundamental controlar las demandas excesivas de deformación en edificaciones propensas a fallas por eventos sísmicos (Jaimes et al., 2023).

### **2.3.9. Análisis lineal**

El análisis lineal se aplica en sistemas de aislamientos de base para edificios y sistemas de asilamientos entre pisos que tienen un rendimiento limitado para aislar terremotos cercanos a la falla en comparación a terremotos de falla lejana. Este análisis proporciona unos datos cercanos a la realidad con problemas que la mayoría de ingenieros se encuentran en el diseño (Zhu et al., 2023).

### **2.3.10. Análisis no lineal**

El análisis no lineal o Pushover es un procedimiento estático que examina la respuesta estructural del edificio durante su límite elástico hasta antes del colapso total o parcial evaluando la capacidad de la estructura ante eventos sísmicos mediante softwares específicos para el análisis, la cual trazará curva de carga-deformación (Hassan & Yasin, 2023). Este análisis es el más práctico con estimaciones de deformaciones inelásticas creíbles.

### **2.3.11. Requerimientos para el análisis no lineal**

Según la norma de Evaluación sísmica y modernización de edificios existentes (ASCE/SE 41-17) define que se permitirán el análisis no lineal; primero, la relación de fuerza debe ser menor a la relación de fuerza máxima, si relación de fuerza excede a la máxima se debe revisar los requisitos para un análisis dinámico no lineal. Segundo, se debe determinar si los modos de vibración superior son significantes, para ello se realiza un

análisis del espectro de respuesta modal con modos de vibración necesarios para que la participación de masa sea del 90%. El modo de vibración más alto debe considerarse significativo si el cortante en cualquier piso obtenido del análisis modal requeridos para obtener la masa participativa excede el 130% del cortante del piso considerando únicamente el primer modo de vibración. Si los efectos de los modos de vibración son significantes es permitido realizar un análisis estático no lineal si también se realizar el análisis lineal dinámico para complementar. (Structural Engineering Institute et al., n.d.)

### **2.3.12. Niveles de desempeño (ATC 40 – FEMA 440)**

Los niveles de desempeño son descritos por la norma ATC 40 como el límite de daño que están condicionados las estructuras ante eventos sísmicos. Esta condición describe el daño físico en la edificación, la integridad y seguridad de la vida de las personas quienes hacen uso del edificio y los eventos tras un terremoto (Applied Technology Council, 1996).

Los niveles de desempeño son los siguientes; Operacional, definido como el daño después de un terremoto donde los elementos estructurales son funcionales; Ocupación inmediata, donde los daños estructurales por sismo son limitados y conservan su resistencia y rigidez; Seguridad de vida, presenta daños en sus elementos estructurales, pero conserva un margen antes del colapso; Prevención de colapso, aquí los elementos estructurales ya presentan daños y no conserva margen ante el colapso (Federal Emergency Management Agency Fema 356, 2000).

### **2.3.13. Ductilidad**

La ductilidad se refiere a la capacidad de un material para deformarse plásticamente sin llegar a dañarse cuando este es sometido tanto a tracción como tensión. La ductilidad en aceros estructurales como lo menciona Prusty y Banerjee (Prusty & Banerjee, 2020) es importante debido a que se puede alcanzar deformación y disipar energía sin fallos, donde el comportamiento de deformación esta influenciado por la velocidad de deformación y la temperatura del mismo.

### **2.3.14. Rotulas plásticas**

Según López, Tomás y Sanchez (López López et al., 2017) las rótulas plásticas que se generan se localizan únicamente en los extremos de las vigas y los pilares, y se han modelizado mediante relación de momento-giro definidas por control de deformación. Es

decir, Para definir correctamente las rótulas plásticas en estructuras de hormigón armado, es necesario conocer cómo se comportan los elementos estructurales en los estados de plastificación y de rotura.

### **2.3.15. Curva de capacidad**

La curva de capacidad de la representación de la gráfica entre el desplazamiento y la capacidad estructural a corte del edificio que sirve para evaluar su rendimiento y vulnerabilidad antes eventos sísmicos, en esta curva se representa el máximo desplazamiento que puede alcanzar sin que falle o alcance su capacidad máxima (Vargas et al., 2013). Se puede definir también como el análisis de la respuesta estructural ante movimientos de tierra donde se mostrará una gráfica de la capacidad del mismo con sus desplazamientos máximo a fin de evaluar la estructura antes estos eventos.

Por lo general la curva presenta un comportamiento no lineal, según indica Godínez y Sanchez (Godínez Baltazar & Sánchez Tizapa, 2022) la curva de capacidad sirve para evaluar el rendimiento y capacidad de la estructura antes diferentes condiciones de carga especialmente para el análisis sísmico donde se indica la carga máxima que este puede soportar presentando un comportamiento no lineal con un rango elástico para luego entrar a rango plástico.

### **2.3.16. Puntal equivalente**

El puntal diagonal equivalente es un método comúnmente utilizado para definir un panel de relleno en un marco de forma sencilla Este método consiste en reemplazar la mampostería por un puntal diagonal equivalente, que es una fuerza axial que representa la resistencia de la mampostería a la tracción. El método del puntal diagonal equivalente tiene varias ventajas, como su simplicidad de implementación y precisión, ya que tiene en cuenta la resistencia de la mampostería a la tracción. Además, es aplicable a una amplia gama de estructuras de mampostería. Los muros de mampostería se modelan como puntales diagonales equivalentes, lo que permite calcular la respuesta sísmica de la estructura y diseñar sistemas de protección sísmica, como aisladores sísmicos y disipadores de energía. (Amalia & Iranata, 2017).

### **3. CAPITULO III: METOLOGÍA**

#### **3.1. Modalidad básica de la investigación**

El presente proyecto de titulación tiene un enfoque cuantitativo, con recopilación de datos en campo, relevamiento de información como dimensiones de elementos estructurales, alturas entrepisos, distancia entre elementos y más datos numéricos necesarios para el análisis no lineal estático, con el cual obtendremos resultados que indiquen donde y por qué la estructura falló con su curva de desempeño y capacidad.

#### **3.2. Tipo de investigación**

De los tipos de investigación a emplear, se ejecutaron los siguientes:

##### **3.2.1. Documental**

La investigación documental implica el análisis sistemático de fuentes escritas, como libros, artículos y documentos, para recopilar información relevante sobre un tema específico.

##### **3.2.2. Descriptiva**

Tiene como objetivo principal describir características o fenómenos centrándose en la presentación del objeto estudiado, y determinar cuáles fueron los elementos claves para alcanzar su estado actual.

##### **3.2.3. De Campo**

Implica la recopilación directa de datos mediante observación, entrevistas, encuestas o herramientas que nos ayuden a nuestro propósito de análisis estudiados.

#### **3.3. Objeto de estudio**

El edificio objeto de estudio será el edificio bloque 1 de la facultad de ciencias empresariales de la Universidad Técnica de Machala el cual comprende de dos estructuras ocupadas para administración, biblioteca, sala de posgrado entre más usos.

### 3.4. Métodos teóricos con los materiales utilizados

#### 3.4.1. Modelación

Con la finalidad de observar el comportamiento de la estructura en condiciones controladas por el usuario, la modelación es una técnica para representar la estructura de manera digital mediante los datos obtenidos en la recopilación de datos en campo o de planos estructurales que nos indiquen los datos necesarios.

##### 3.4.1.1. Detalles, características y dimensiones de los elementos

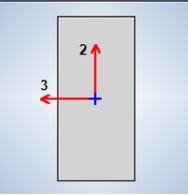
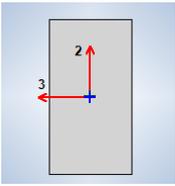
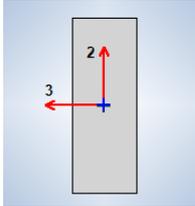
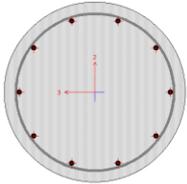
Como punto de partida se hará uso de los siguientes materiales empleados en el edificio objeto de estudio, cuyas características son las siguientes:

- Los elementos de concreto con un módulo de elasticidad de  $233,928 \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$
- El módulo de elasticidad a usar para Acero es de  $2038,902 \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$
- Para elementos estructurales destinados a cubierta o armaduras, tendrán un acero A36
- Inercia agrietada  $0.8 I_g$  en columnas y  $0.5 I_g$  en vigas,
- resistencia específica a la fluencia del acero  $f_y = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Las secciones de los elementos estructurales utilizados en el pórtico principal son columnas circulares de 70 centímetros de diámetro, vigas acarteladas y vigas rectangulares. Para las vigas acarteladas se las modeló en tres secciones, los extremos y el centro para su representación en el modelo, a continuación, se especificarán sus respectivas secciones:

## BLOQUE 1 EDIFICIO 1

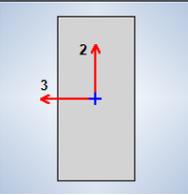
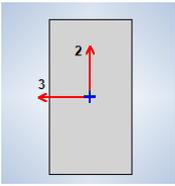
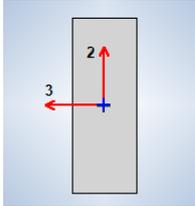
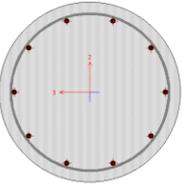
Tabla 3: Elementos estructurales en Pórtico Principal Edificio 1

ELEMENTO	DIMENSIONES (cm)	ACERO	
Viga X1 Cartela Extremos		Alto: 90 cm Ancho: 30 cm Largo: 230 cm	4Ø20mm
Viga X1 Cartela Centro		Alto: 65 cm Ancho: 30 cm	4Ø20mm
Viga X2 Cartela Extremos		Alto: 87 cm Ancho: 30 cm Largo: 230 cm	4Ø20mm
Viga X2 Cartela Centro		Alto: 57 cm Ancho: 30 cm	4Ø20mm
Viga Y		Alto: 57 cm Ancho: 30 cm	4Ø18mm
Columna Circular		Diámetro: 70 cm	10Ø18mm

Fuente: Los autores

## BLOQUE 1 EDIFICIO 2

Tabla 4: Elementos estructurales en Pórtico Principal Edificio 2

ELEMENTO	DIMENSIONES (cm)	ACERO
Viga X1 Cartela Extremos		Alto: 90 cm Ancho: 30 cm Largo: 230 cm  $4\phi 20mm$
Viga X1 Cartela Centro		Alto: 65 cm Ancho: 30 cm  $4\phi 20mm$
VIGA X2 Cartela Extremos		Alto: 87 cm Ancho: 30 cm Largo: 230 cm  $4\phi 20mm$
VIGA X2 Cartela Centro		Alto: 57 cm Ancho: 30 cm  $4\phi 20mm$
VIGA Y		Alto: 57 cm Ancho: 30 cm  $4\phi 18mm$
COLUMNA CIRCULAR		Diámetro: 70 cm  $10\phi 18mm$

Fuente: Los autores

Además, ambos edificios cuentan con losa aligerada en una dirección de 25 cm en todos sus pisos.

### 3.4.1.2. Configuración en planta y elevación

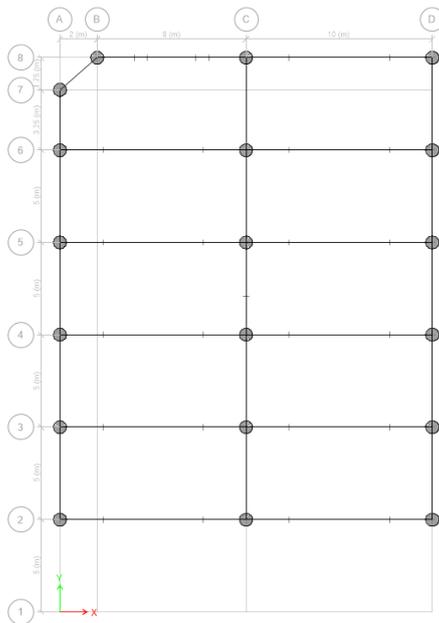
Ambas estructuras, edificio 1 y 2, tienen la misma separación entre pórticos, por lo cual se especificará para uno solo. La estructura cuenta de 3 plantas, con altura entre piso de:

- Planta Baja: 3.75 m
- Planta Alta: 3.59 m
- Azotea: 3,64 m

A continuación, la configuración del edificio en planta y elevación.

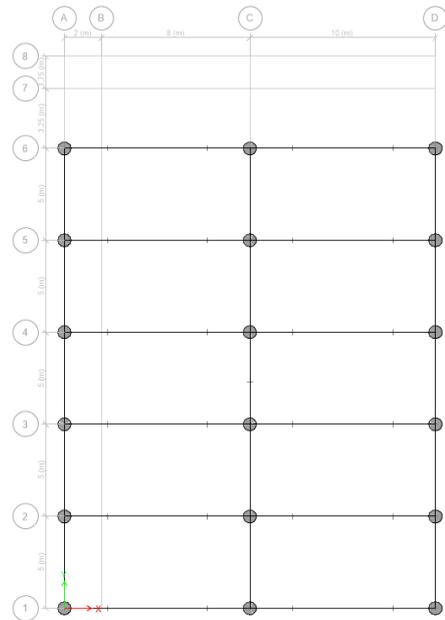
- **Vista en planta:**

Ilustración 3: Planta Alta 1



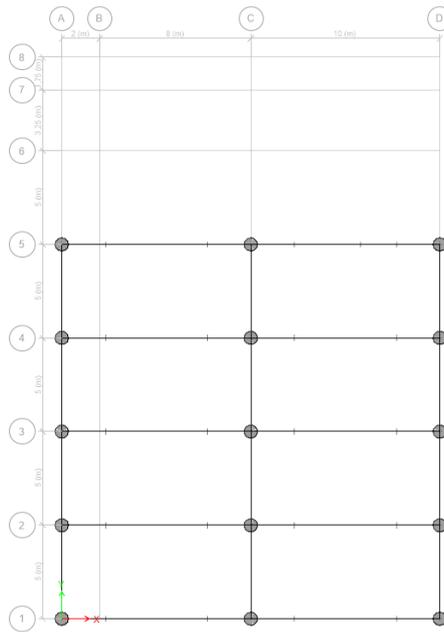
*Fuente: Los autores*

Ilustración 4: Planta Alta 2



*Fuente: Los autores*

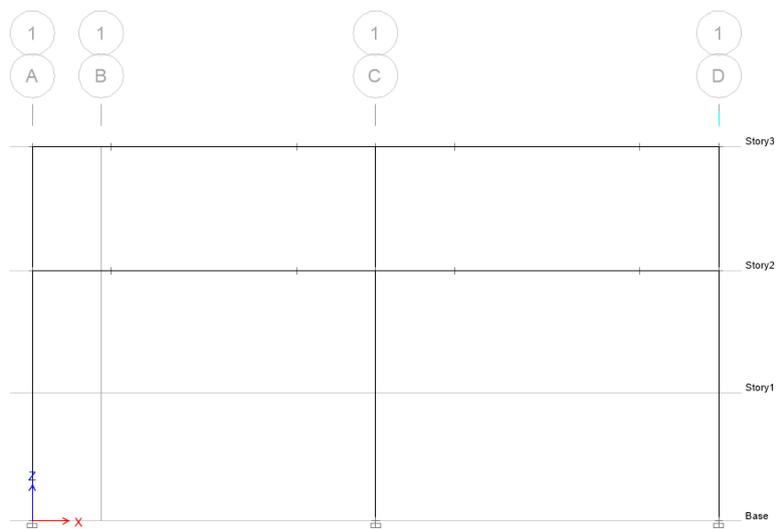
Ilustración 5: Planta Alta 3



*Fuente: Los autores*

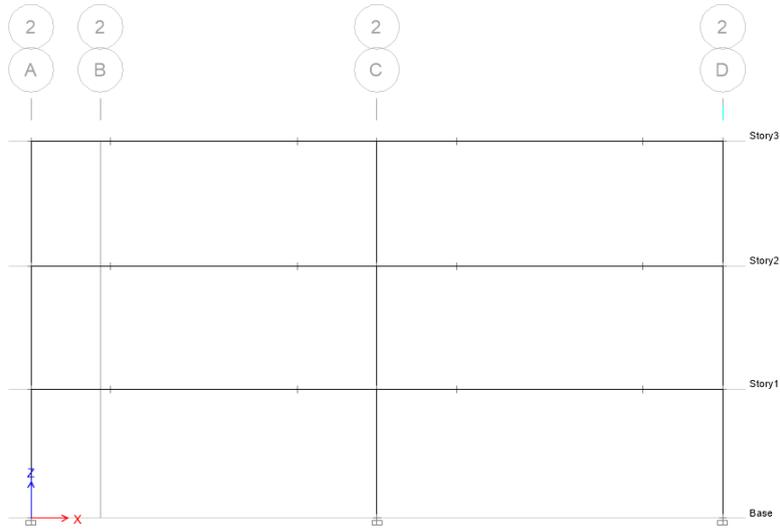
- **Vista en elevación**

Ilustración 6: Pórtico 1:



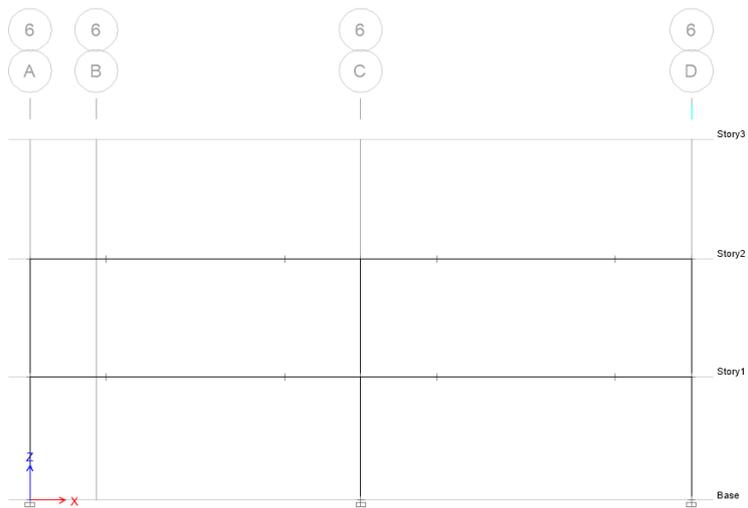
*Fuente: Los autores*

Ilustración 7: Pórtico 2 al 5:



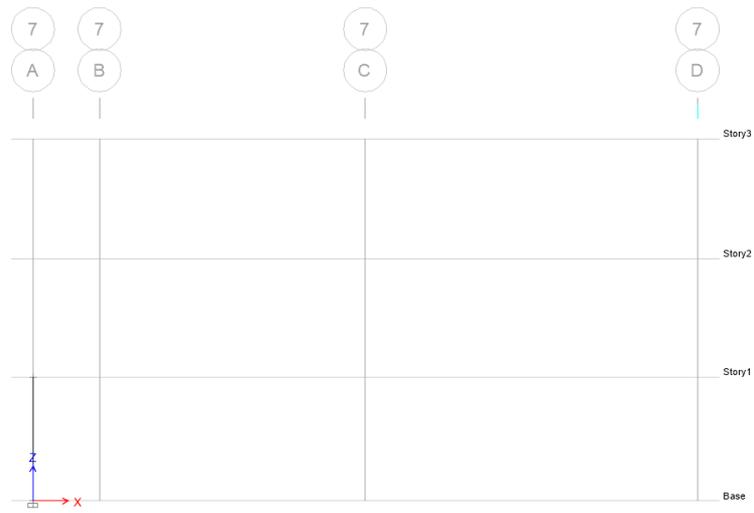
*Fuente: Los autores*

Ilustración 8: Pórtico 6:



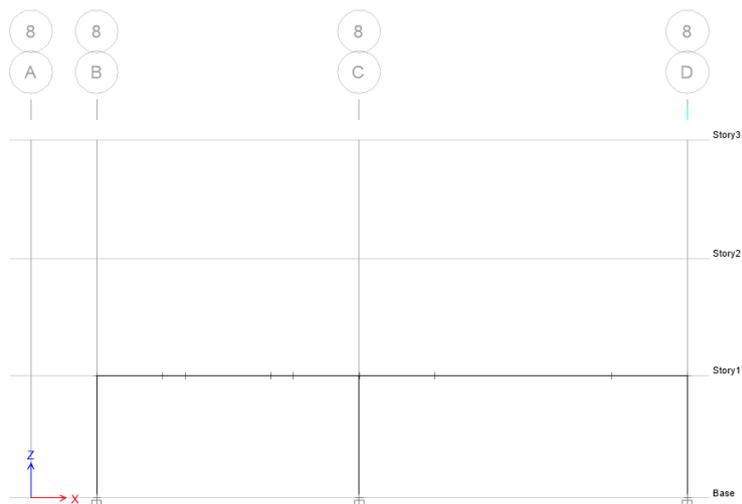
*Fuente: Los autores*

Ilustración 9: Pórtico 7:



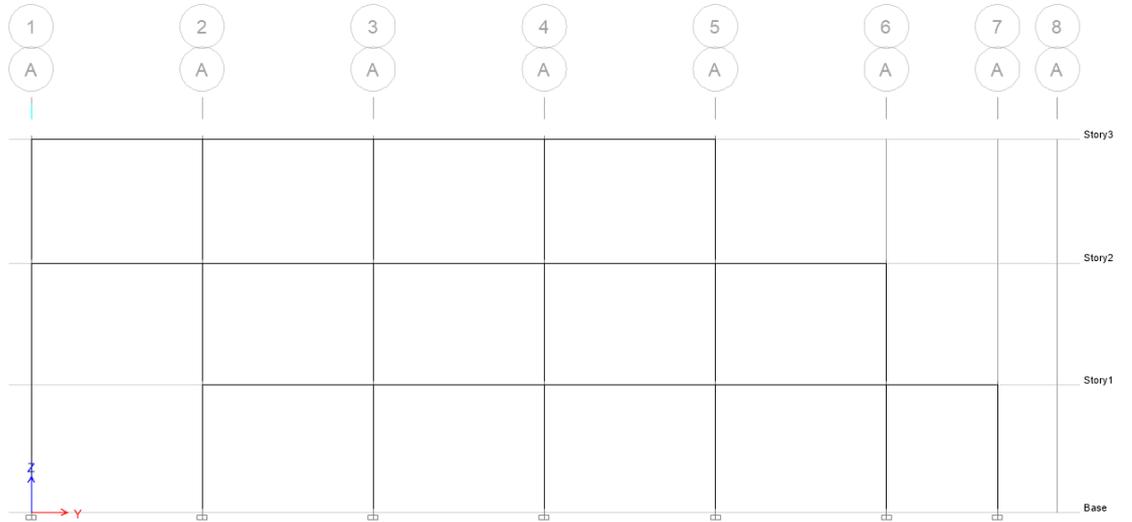
*Fuente: Los autores*

Ilustración 10: Pórtico 8:



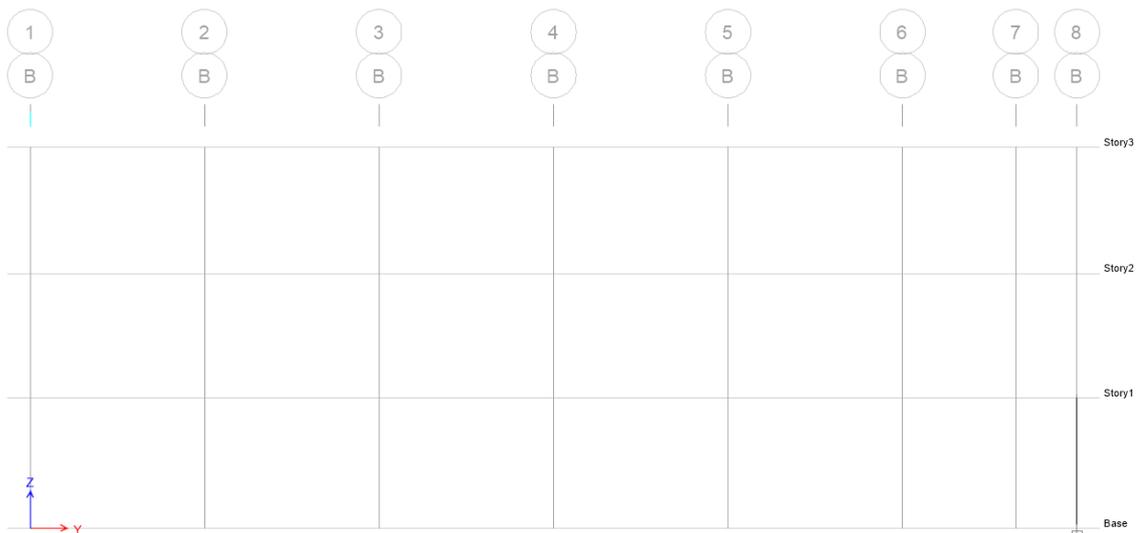
*Fuente: Los autores*

Ilustración 11: Pórtico A:



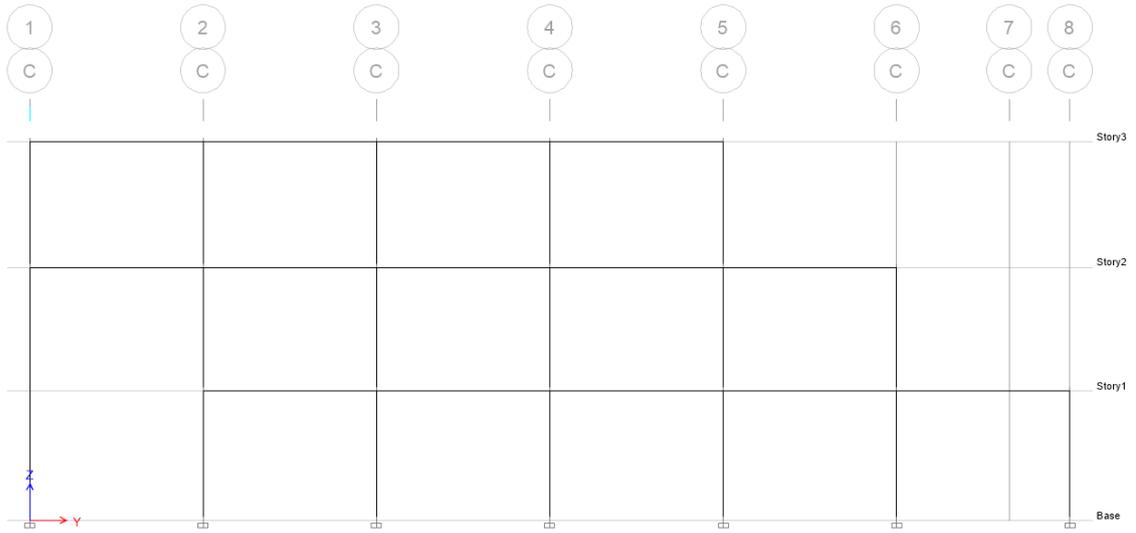
*Fuente: Los autores*

Ilustración 12: Pórtico B:



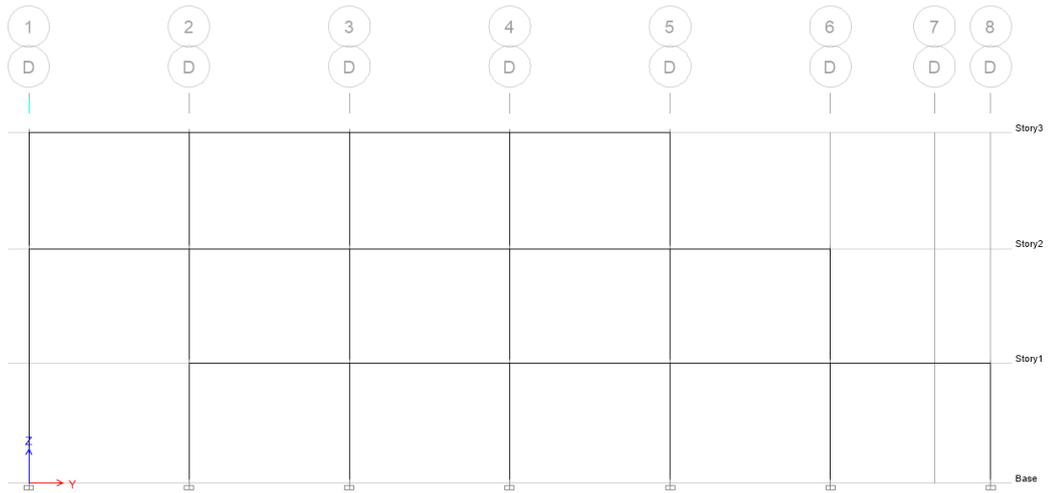
*Fuente: Los autores*

Ilustración 13: Pórtico C:



*Fuente: Los autores*

Ilustración 14: Pórtico D:



*Fuente: Los autores*

### 3.4.1.3. Cargas

En los edificios, como ya se mencionó, son ocupado para diferentes usos por lo que la distribución de cargas vivas y muerta por piso será la siguiente:

*Tabla 5: Cargas permanentes y cargas vivas Edificio 1*

<b>EDIFICIO 1</b>	<b>PISO</b>	<b>Sobrecarga Muerta</b>	<b>Sobrecarga Viva</b>
	Primera Planta Alta	493,97 kgf/m <sup>2</sup>	480 kgf/m <sup>2</sup>
	Segunda Planta Alta	544,05 kgf/m <sup>2</sup>	250 kgf/m <sup>2</sup>
	Azotea	450 kgf/m <sup>2</sup>	140 kgf/m <sup>2</sup>
	Cubierta	80 kgf/m <sup>2</sup>	70 kgf/m <sup>2</sup>

*Fuente: Los autores*

*Tabla 6: Cargas permanentes y cargas vivas Edificio 2*

<b>EDIFICIO 2</b>	<b>PISO</b>	<b>Sobrecarga Muerta</b>	<b>Sobrecarga Viva</b>
	Primera Planta Alta	533,14 kgf/m <sup>2</sup>	250 kgf/m <sup>2</sup>
	Segunda Planta Alta	547,62 kgf/m <sup>2</sup>	250 kgf/m <sup>2</sup>
	Azotea	450 kgf/m <sup>2</sup>	140 kgf/m <sup>2</sup>
	Cubierta	80 kgf/m <sup>2</sup>	70 kgf/m <sup>2</sup>

*Fuente: Los autores*

La descripción a detalle de las sobrecargas las encontrará desde el anexo 11 hasta el 16

### 3.4.1.4. Análisis sísmico estático lineal

Para definir el sismo estático debemos conocer los valores obtenidos del análisis modal con respecto a los periodos fundamentales en ambas direcciones con el fin de determinar las fuerzas sísmicas laterales las cuales se encargan de generar los desplazamientos en la estructura estudiada.

Según la Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-SE-DS, el coeficiente k, el cual está relacionado con el periodo de vibración de la estructura es una de los coeficientes que se deben analizar de la siguiente manera.

Tabla 7: Determinación del coeficiente k

Valores de T (s)	k
$\leq 0.5$	1
$0.5 < T \leq 2.5$	$0.75 + 0.50 T$
$> 2.5$	2

*Fuente: NEC-SE-DS*

A continuación, el coeficiente sísmico se lo puede obtener de la ecuación del cortante basal el cual representa el porcentaje de la carga reactiva sísmica que emplea dicha fuerza. En la *tabla 8* se observa la ecuación con sus respectivas variables.

Tabla 8: Ecuación de cortante basal

$V = C_s W_R = \frac{I S_a}{R \phi_p \phi_e} W_R$	
$V$	Cortante basal
$C_s$	Coeficiente sísmico
$I$	Factor de importancia
$S_a$	Se obtiene del espectro de diseño
$R$	Factor de reducción de resistencia sísmica
$\phi_p$	Coeficiente de configuración en planta
$\phi_e$	Coeficiente de configuración en elevación
$W_R$	Carga sísmica reactiva

*Fuente: NEC-SE-DS*

### 3.4.1.5. Análisis sísmico estático no lineal (Pushover)

Para el análisis sísmico estático no lineal se deben establecer tres estados de cargas, siendo estos dos para las diferentes direcciones en la que afecta el sismo y uno gravitatorio.

- Para el **estado de carga gravitacional** se hará uso de las combinaciones de cargas introducidas para obtener la masa reactiva.

- Para el **estado de carga X y Y** se deberá continuar desde el estado de carga gravitacional

Se asignarán rotulas plásticas a los elementos vigas y columnas con la finalidad de identificar cual serán los puntos críticos donde pueda fallar el elemento en una situación de un movimiento sísmico, estas deberán estar ubicadas según su longitud al 2% y al 95%, aquí se deberá asignar la combinación de cargas gravitacionales más crítica.

#### 3.4.1.6. Puntal equivalente

La presencia de mampostería no estructural y no confinada tiene un impacto significativo en el comportamiento de las estructuras, generando una serie de efectos que se van propagando. Esto conlleva a la consideración de que puede causar inseguridad al alterar la configuración estructural originalmente diseñada. Este elemento aumenta rigidez localizada en áreas específicas, lo que puede resultar en efectos inesperados como columnas cortas, pisos blandos o torsión en la planta. La mampostería presenta dificultades al momento de su diseño a un futuro debido a varios factores, la conexión entre paneles y estructuras, y la presencia de múltiples modos de falla. Históricamente, su modelado ha sido pasada por alto como un aspecto arquitectónico debido a su complejidad.

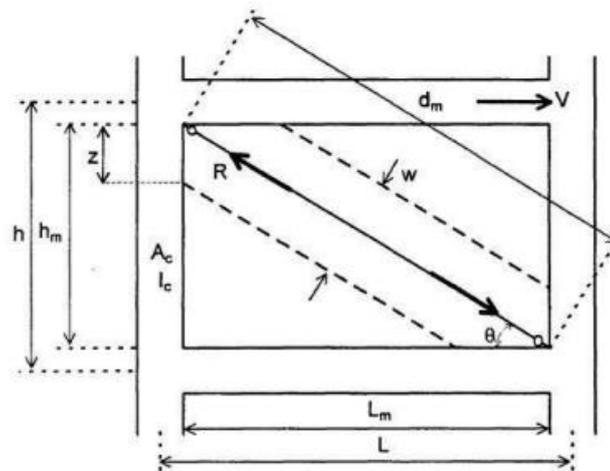
Varios autores sugieren diferentes fórmulas para calcular esta variable. Sin embargo, la investigación realizada por Raúl Daniel Paredes Bernal en su trabajo titulado "Influencia de los elementos no estructurales en la respuesta dinámica de un edificio: Aproximación teórica-experimental". nos ayuda a determinar la fórmula para calcular el ancho equivalente, tal como se detalla en la Tabla 9.

Tabla 9. Expresiones obtenidas para el cálculo del ancho equivalente del puntal según el objetivo de calculo

Objetivo	Propuesta	# Puntales	Ancho equivalente
Periodos	Holmes	1	$0.33 \cdot d_m$
Derivas	Bazan	3	$w = (0.35 + 0.22\beta) \cdot h$
Momentos	Holmes	1	$0.33 \cdot d_m$
Cortantes	Holmes	3	$0.33 \cdot d_m$
	Bazan	3	$w = (0.35 + 0.22\beta) \cdot h$

*Fuente: Raúl Paredes B*

Ilustración 15. Definir el ancho equivalente del puntal diagonal



Fuente: Crisafulli, F., Carr, A., Park, R. (2000). Analytical modelling of infilled frame structures-a general review. Bulletin-New Zealand Society for Earthquake Engineering.

$$w = \frac{d_w}{3}$$

Donde:

w: Ancho equivalente del puntal diagonal

dm: Longitud del puntal diagonal

Para nuestros edificios se definieron los siguientes puntales utilizando la fórmula de Holmes.

**EDIFICIO 1**

Tabla 10: Puntales equivalente Planta Baja Edificio 1

PAREDES EXTERIORES						
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)	
PB-1	4,3	3,3	5,42	1,81	10	
PB-2	2,25	3,3	3,99	1,33	10	
PB-3	1,15	3,3	3,49	1,16	10	
PB-4	3,15	3,3	4,56	1,52	10	
PB-5	4,3	3,3	5,42	1,81	10	
PB-6	4,65	3,1	5,59	1,86	10	
PB-7	4,65	3,1	5,59	1,86	10	
PB-8	3,15	3,3	4,56	1,52	10	

PB-9	9,3	3,1	9,8	3,27	10
PB-10	4,3	3,3	5,42	1,81	10
PB-11	4,3	3,3	5,42	1,81	10
PB-12	2,55	3,3	4,17	1,39	10
PB-13	1,75	3,3	3,74	1,25	10
PB-14	2,55	3,3	4,17	1,39	10
PB-15	1,75	3,3	3,74	1,25	10
PB-16	6,5	3,1	7,2	2,4	10
PB-17	0,8	3,1	3,2	1,07	10
PB-18	9,3	3,1	9,8	3,27	10
PAREDES INTERIORES					
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)
PB-19	8,35	3	8,87	2,96	10
PB-20	0,9	3	3,13	1,04	10
PB-21	2,22	3	3,73	1,24	10
PB-22	4,1	3	5,08	1,69	10
PB-23	5	3	5,83	1,94	10
PB-24	2,5	3	3,91	1,3	10
PB-25	1,6	3	3,4	1,13	10
PB-26	4	3	5	1,67	10
PB-27	7,3	3	7,89	2,63	10
PB-28	3,5	3	4,61	1,54	10
PB-29	1,7	3	3,45	1,15	10
PB-30	3,85	3	4,88	1,63	10
PB-31	4,1	3	5,08	1,69	10
PB-32	1,75	3	3,47	1,16	10
PB-33	5,95	3	6,66	2,22	10
PB-34	0,8	3	3,1	1,03	10
PB-35	2,95	3	4,21	1,4	10
PB-36	2,95	3	4,21	1,4	10
PB-37	5,95	3	6,66	2,22	10
PB-38	0,7	3	3,08	1,03	10
PB-39	2,05	3	3,63	1,21	10
PB-40	2,85	3	4,14	1,38	10
PB-41	1,4	3	3,31	1,1	10
PB-42	1,6	3	3,4	1,13	10
PB-43	8,6	3	9,11	3,04	10
PB-44	0,8	3	3,1	1,03	10
PB-45	5,6	3	6,35	2,12	10

*Fuente: Los autores*

Tabla 11: Puntales equivalente Primer Planta alta Edificio 1

PAREDES EXTERIORES					
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)
PA1-1	4,77	3,3	5,8	1,93	10
PA1-2	4,3	3,3	5,42	1,81	10
PA1-3	2,56	3,3	4,18	1,39	10
PA1-4	4,31	3,3	5,43	1,81	10
PA1-5	4,31	3,3	5,43	1,81	10
PA1-6	2,93	3,1	4,27	1,42	10
PA1-7	3,04	3,1	4,34	1,45	10
PA1-8	2,75	3,3	4,3	1,43	10
PA1-9	2,8	3,1	4,18	1,39	10
PA1-10	3	3,3	4,46	1,49	10
PA1-11	2,95	3,3	4,43	1,48	10
PA1-12	4,31	3,3	5,43	1,81	10
PA1-13	4,31	3,3	5,43	1,81	10
PA1-14	4,31	3,3	5,43	1,81	10
PA1-15	4,31	3,3	5,43	1,81	10
PA1-16	2,74	3,1	4,14	1,38	10

*Fuente: Los autores*

Tabla 12: Puntales equivalente Segunda Planta alta Edificio 1

PAREDES EXTERIORES					
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)
PA2-1	4,55	3,3	5,62	1,87	10
PA2-2	4,5	3,3	5,58	1,86	10
PA2-3	2,6	3,3	4,2	1,4	10
PA2-4	4,31	3,3	5,43	1,81	10
PA2-5	2,68	3,3	4,25	1,42	10
PA2-6	1,63	3,1	3,5	1,17	10
PA2-7	4,31	3,1	5,31	1,77	10
PA2-8	7,7	3,3	8,38	2,79	10
PA2-9	1,5	3,1	3,44	1,15	10
PA2-10	6,6	3,3	7,38	2,46	10
PA2-11	2,6	3,3	4,2	1,4	10
PA2-12	1,2	3,3	3,51	1,17	10
PA2-13	3	3,3	4,46	1,49	10
PA2-14	4,31	3,3	5,43	1,81	10
PA2-15	4,31	3,3	5,43	1,81	10
PA2-16	4,31	3,1	5,31	1,77	10
PA2-17	4,5	3,1	5,46	1,82	10

PA2-18	2,79	3,1	4,17	1,39	10
PA2-19	1,55	3,1	3,47	1,16	10
PAREDES INTERIORES					
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)
PA2-20	4	2,6	4,77	1,59	10
PA2-21	3,6	2,6	4,44	1,48	10
PA2-22	1,5	2,6	3	1	10
PA2-23	1,12	2,6	2,83	0,94	10
PA2-24	0,47	2,6	2,64	0,88	10
PA2-25	1,53	2,6	3,02	1,01	10
PA2-26	4,78	2,6	5,44	1,81	10
PA2-27	4,65	2,6	5,33	1,78	10
PA2-28	2,26	2,6	3,44	1,15	10
PA2-29	1,1	2,6	2,82	0,94	10
PA2-30	1,78	2,6	3,15	1,05	10
PA2-31	2,68	2,6	3,73	1,24	10
PA2-32	1,52	2,6	3,01	1	10
PA2-33	3	2,6	3,97	1,32	10
PA2-34	2,45	2,6	3,57	1,19	10
PA2-35	2,4	2,6	3,54	1,18	10
PA2-36	2,4	2,6	3,54	1,18	10
PA2-37	1,5	2,6	3	1	10
PA2-38	2,2	2,6	3,41	1,14	10
PA2-39	3,9	2,6	4,69	1,56	10
PA2-40	2,35	2,6	3,5	1,17	10
PA2-41	2,9	2,6	3,89	1,3	10
PA2-42	3,15	2,6	4,08	1,36	10
PA2-43	2,52	2,6	3,62	1,21	10
PA2-44	2,52	2,6	3,62	1,21	10
PA2-45	1,5	2,6	3	1	10
PA2-46	2,52	2,6	3,62	1,21	10
PA2-47	0,95	2,6	2,77	0,92	10
PA2-48	1,5	2,6	3	1	10
PA2-49	2,5	2,6	3,61	1,2	10
PA2-50	4	2,6	4,77	1,59	10

Fuente: Los autores

## EDIFICIO 2

Tabla 13: Puntales equivalente Planta baja Edificio 2

AREDES EXTERIORES					
	L	H	Dm	W(m)	Width e(cm)
PB-1	3	3,3	4,46	1,49	10
PB-2	5	3,3	5,99	2	10
PB-3	5	3,3	5,99	2	10

PB-4	3,7	3,3	4,96	1,65	10
PB-5	5	3,3	5,99	2	10
PB-6	4,4	3,1	5,38	1,79	10
PB-7	4	3,3	5,19	1,73	10
PB-8	1	3,3	3,45	1,15	10
PB-9	1,88	3,1	3,62	1,21	10
PB-10	2,12	3,1	3,76	1,25	10
PB-11	2,10	3,1	3,74	1,25	10
PB-12	1,85	3,1	3,61	1,2	10
PB-13	5,05	3,3	6,03	2,01	10
PB-14	4,45	3,1	5,42	1,81	10
PB-15	4,95	3,3	5,95	1,98	10
PB-16	5	3,3	5,99	2	10
PB-17	5	3,3	5,99	2	10
PB-18	10	3,1	10,47	3,49	10
PB-19	8	3,1	8,58	2,86	10
PAREDES INTERIORES					
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)
PB-20	4,4	3,3	5,5	1,83	10
PB-21	4,75	4	6,21	2,07	10

*Fuente: Los autores*

Tabla 14: Puntales equivalente Primera Planta alta Edificio 2

PAREDES EXTERIORES					
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)
PA1-1	3,31	3,3	4,67	1,56	10
PA1-2	5	3,3	5,99	2	10
PA1-3	1,6	3,3	3,67	1,22	10
PA1-4	1,6	3,3	3,67	1,22	10
PA1-5	1,8	3,3	3,76	1,25	10
PA1-6	5	3,1	5,88	1,96	10
PA1-7	2,78	3,1	4,16	1,39	10
PA1-8	5	3,3	5,99	2	10
PA1-9	3,4	3,1	4,6	1,53	10
PA1-10	1,6	3,3	3,67	1,22	10
PA1-11	10	3,3	10,53	3,51	10
PA1-12	5	3,3	5,99	2	10
PA1-13	5	3,3	5,99	2	10
PA1-14	5	3,3	5,99	2	10

PA1-15	5	3,3	5,99	2	10
PA1-16	5	3,3	5,99	2	10
PA1-17	3,45	3,1	4,64	1,55	10
PA1-18	3,2	3,1	4,46	1,49	11
PA1-19	3,4	3,1	4,6	1,53	12
PA1-20	2,75	3,1	4,14	1,38	13
PA1-21	2,6	3,1	4,05	1,35	14
PA1-22	2,745	3,1	4,14	1,38	15
PAREDES INTERIORES					
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)
PA1-23	1,95	3,3	3,83	1,28	10
PA1-24	1,95	3,3	3,83	1,28	10
PA1-25	1,9	3,3	3,81	1,27	10
PA1-26	3,5012	3,3	4,81	1,6	10
PA1-27	5	3,3	5,99	2	10
PA1-28	3,345	3,1	4,56	1,52	10
PA1-29	1,6	3,1	3,49	1,16	10
PA1-30	10	3,3	10,53	3,51	10
PA1-31	2,5	3,1	3,98	1,33	10
PA1-32	2,5	3,3	4,14	1,38	10
PA1-33	1,6	3,3	3,67	1,22	10
PA1-34	1,65	3,3	3,69	1,23	10
PA1-35	1,65	3,3	3,69	1,23	10
PA1-36	3,85	3,3	5,07	1,69	10
PA1-37	3,4	3,3	4,74	1,58	10
PA1-38	1,6	3,3	3,67	1,22	10
PA1-39	3,1	3,3	4,53	1,51	10
PA1-40	5	3,3	5,99	2	10
PA1-41	2,05	3,3	3,88	1,29	10
PA1-42	2,55	3,3	4,17	1,39	10
PA1-43	0,75	3,3	3,38	1,13	10
PA1-44	2,5	3,3	4,14	1,38	10
PA1-45	2,5	3,3	4,14	1,38	10
PA1-46	1,6	3,3	3,67	1,22	10
PA1-47	2,5	3,3	4,14	1,38	10
PA1-48	1,65	3,3	3,69	1,23	10
PA1-49	1,75	3,3	3,74	1,25	10
PA1-50	6,6	3,3	7,38	2,46	10

*Fuente: Los autores*

Tabla 15: Puntales equivalente Segunda Planta alta Edificio 2

PAREDES EXTERIORES					
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)
PA2-1	5	3,3	5,99	2	10
PA2-2	1,3	3,3	3,55	1,18	10
PA2-3	1,6	3,3	3,67	1,22	10
PA2-4	2,1	3,3	3,91	1,3	10
PA2-5	2,775	3,3	4,31	1,44	10
PA2-6	5	3,1	5,88	1,96	10
PA2-7	4,9	3,1	5,8	1,93	10
PA2-8	5,1	3,3	6,07	2,02	10
PA2-9	2,2	3,1	3,8	1,27	10
PA2-10	3,2	3,3	4,6	1,53	10
PA2-11	4,6	3,3	5,66	1,89	10
PA2-12	5	3,3	5,99	2	10
PA2-13	1,3	3,3	3,55	1,18	10
PA2-14	1,7	3,3	3,71	1,24	10
PA2-15	2	3,3	3,86	1,29	10
PA2-16	3,1	3,1	4,38	1,46	10
PA2-17	1,9	3,1	3,64	1,21	10
PA2-18	5	3,1	5,88	1,96	10
PA2-19	4,1	3,1	5,14	1,71	10
PA2-20	3,7	3,1	4,83	1,61	10
PA2-21	2,2	3,1	3,8	1,27	10
PA2-22	3,05	3,1	4,35	1,45	10
PA2-23	4,45	3,1	5,42	1,81	10
PAREDES INTERIORES					
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)
PA2-24	5,7	2,6	6,26	2,09	10
PA2-25	1,65	2,6	3,08	1,03	10
PA2-26	2,5	2,6	3,61	1,2	10
PA2-27	1,6	2,6	3,05	1,02	10
PA2-28	1,6	2,6	3,05	1,02	10
PA2-29	2,5	2,6	3,61	1,2	10
PA2-30	1,65	2,6	3,08	1,03	10
PA2-31	1,6	2,6	3,05	1,02	10
PA2-32	2,2	2,6	3,41	1,14	10
PA2-33	1,3	2,6	2,91	0,97	10
PA2-34	2,51	2,6	3,61	1,2	10
PA2-35	2,49	2,6	3,6	1,2	10
PA2-36	1,04	2,6	2,8	0,93	10
PA2-37	2,52	2,6	3,62	1,21	10

PA2-38	3,78	2,6	4,59	1,53	10
PA2-39	2,5	2,6	3,61	1,2	10
PA2-40	0,9	2,6	2,75	0,92	10
PA2-41	0,7	2,6	2,69	0,9	10
PA2-42	2,5	2,6	3,61	1,2	10
PA2-43	2,5	2,6	3,61	1,2	10
PA2-44	1,6	2,6	3,05	1,02	10
PA2-45	1,6	2,6	3,05	1,02	10
PA2-46	2,5	2,6	3,61	1,2	10
PA2-47	0,8327	2,6	2,73	0,91	10
PA2-48	3,47	2,6	4,34	1,45	10
PA2-49	3,1	2,6	4,05	1,35	10
PA2-50	3,5	2,6	4,36	1,45	10
PA2-51	4,45	2,6	5,15	1,72	10
PA2-52	3,1	2,6	4,05	1,35	10
PA2-53	3,7	2,6	4,52	1,51	10
PA2-54	3,7	2,6	4,52	1,51	10
PA2-55	3,7	2,6	4,52	1,51	10
PA2-56	4	2,6	4,77	1,59	10
PA2-57	4,5	2,6	5,2	1,73	10
PA2-58	2,5	2,6	3,61	1,2	10
PA2-59	1,65	2,6	3,08	1,03	10
PA2-60	2,8	2,6	3,82	1,27	10
PA2-61	1,7055	2,6	3,11	1,04	10
PA2-62	1,6	2,6	3,05	1,02	10
PA2-63	2,5	2,6	3,61	1,2	10
PA2-64	1	2,6	2,79	0,93	10
PA2-65	1,2	2,6	2,86	0,95	10
PA2-66	5	2,6	5,64	1,88	10
PA2-67	3,7	2,6	4,52	1,51	10
PA2-68	3,7	2,6	4,52	1,51	10
PA2-69	3,9	2,6	4,69	1,56	10
PA2-70	3,9	2,6	4,69	1,56	10
PA2-71	1,8	2,6	3,16	1,05	10
PA2-72	1,1	2,6	2,82	0,94	10
PA2-73	1,8	2,6	3,16	1,05	10

Desde el anexo 17 hasta el 20 se encontrará el rediseño de estos puntales teniendo en cuenta su acero.

### **3.4.2. Métodos empíricos con los materiales utilizados**

#### **3.4.2.1. Medición**

Se realizarán mediciones en el lugar para verificar las dimensiones señaladas en los planos estructurales y, de ser necesario, se ajustarán las medidas de los elementos correspondientes para asegurar resultados precisos que reflejen con exactitud la realidad

## **4. CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. Análisis e interpretación de resultados**

Se modeló la estructura utilizando planos arquitectónicos y datos recopilados en campo, se realizaron dos tipos de análisis: considerando la mampostería y otro sin considerar debido a incertidumbre sobre su rendimiento específico. Adicionalmente, se asignaron coeficientes de inercias agrietadas a los elementos estructurales con el objetivo de aproximar lo más cercano al comportamiento que mostrará la estructura física. Iniciándose con el análisis de los resultados obtenidos, procederemos a detallarlos individualmente y cada uno de los pasos hasta llegar al análisis no lineal estático o también conocido como análisis Pushover. Como punto de partida será necesario realizar un análisis lineal dinámico para obtener los períodos fundamentales de nuestro edificio.

#### **4.1.1. Análisis dinámico espectral**

##### **4.1.1.1. Elaboración del espectro de diseño en aceleraciones**

La ciudad en donde se encuentran los edificios es en Machala, por lo que tiene es un suelo aluvial, entonces con este concepto nos guiaremos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción que para el análisis dinámico espectral de diseño en aceleraciones propone los siguientes coeficientes en la tabla 16 para la ciudad mencionada.

Tabla 16: Coeficientes de perfil de suelo

<b>SUELO TIPO E – ZONA IV</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>VALOR</b>
Aceleración máxima en roca.	z	0,40
Relación de amplificación espectral.	n	1,8 (Costa)
Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto.	Fa	1
Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.	Fd	1,6
Comportamiento no lineal de los suelos.	Fs	1,9

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015

Obtenido el espectro elástico debemos calcular el espectro inelástico según criterio de filosofía de diseño sismorresistente que deben ser capaz de disipar energía, reduciendo el espectro elástico con factores de configuración en planta y elevación, importancia de la estructura y la reducción sísmica planteado en este trabajo.

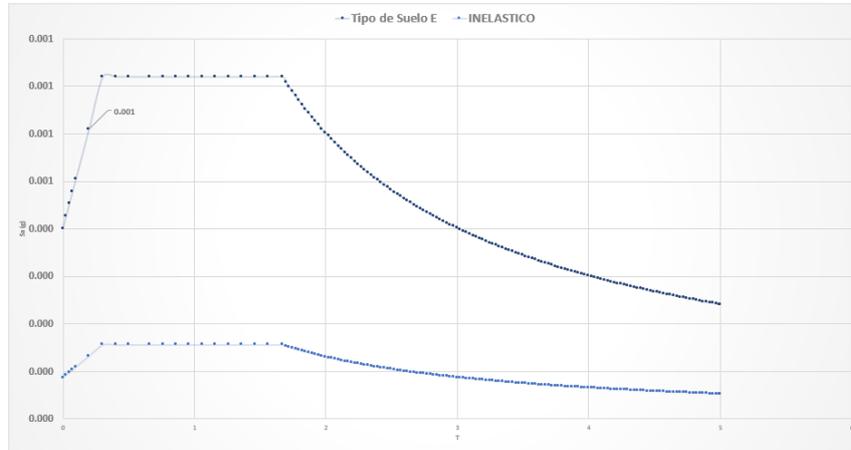
Tabla 17: Coeficientes para el espectro inelástico

<b>COEFICIENTES PARA EL ESPECTRO INELASTICO</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>VALOR</b>
Nivel de importancia	I	1,3
Factor de reducción de resistencia sísmica	R	6
Coeficiente de configuración en planta	$\Phi_P$	1
Coeficiente de configuración en elevación	$\Phi_E$	1

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015

Con los siguientes coeficientes se procederá a realizar la curva de los espectros elásticos e inelásticos para un periodo de retorno de 475 años en la ciudad de Machala, según se observa en la ilustración 16.

*Ilustración 16: Espectro elástico e inelástico de diseño en aceleraciones de la ciudad de Machala*



*Fuente: Los autores*

Con el espectro ingresado para la ejecución del análisis lineal dinámico obtendremos los periodos de las estructuras y sus modos de vibración correspondiente, teniendo en cuenta que se realizarán dos tipos de modelos por edificio, un modelo con losa tipo membrana y otro modelo reticulado usando utilizando nervios con sección en T, para relacionar derivas, periodos y estados de servicio de la viga.

*Tabla 18: Periodos fundamentales y participación de masa Edificio 1 Losa tipo Membrana*

<b>Modo</b>	<b>Periodo (s)</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>UZ</b>	<b>SumUX</b>	<b>SumUY</b>
1	0,695	0,002	0,7803	0	0,002	0,7803
2	0,657	0,6174	0,0039	0	0,6194	0,7842
3	0,528	0,1727	0,0005	0	0,7922	0,7847
4	0,279	0,0242	0,000006216	0	0,8164	0,7847
5	0,21	0,0003	0,0864	0	0,8167	0,8711
6	0,198	0,000001191	0,059	0	0,8167	0,9301
7	0,193	0,0575	0,0011	0	0,8742	0,9311
8	0,186	0,00002895	0,0002	0	0,8742	0,9313
9	0,176	0,076	0,0001	0	0,9503	0,9314
10	0,168	0,0007	0,000006385	0	0,951	0,9314
11	0,162	0,0005	0,0001	0	0,9515	0,9315
12	0,154	0,000005587	0,0191	0	0,9515	0,9506

*Fuente: Los autores*

*Tabla 19: Periodos fundamentales y participación de masa Edificio 1 Losa Reticulada*

<b>Modo</b>	<b>Periodo (s)</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>UZ</b>	<b>SumUX</b>	<b>SumUY</b>
1	0,42	0,7226	0,0001	0	0,7226	0,0001
2	0,302	0,0059	0,1517	0	0,7285	0,1518
3	0,288	0,0019	0,6465	0	0,7304	0,7982
4	0,213	0,0168	0,005	0	0,7472	0,8032
5	0,196	0,0002	0,0032	0	0,7474	0,8064
6	0,185	0,0051	0,00001635	0	0,7524	0,8065
7	0,183	0,0012	0,000006412	0	0,7536	0,8065
8	0,166	0,0001	0,00000125	0	0,7537	0,8065
9	0,146	0,0002	0,00001166	0	0,7539	0,8065
10	0,132	0,000009822	0,0119	0	0,7539	0,8184
11	0,129	0,0021	0,0001	0	0,756	0,8184
12	0,125	0,1148	0,00004239	0	0,8708	0,8185

*Fuente: Los autores*

*Tabla 20: Periodos fundamentales y participación de masa Edificio 2 Losa tipo Membrana*

<b>Modo</b>	<b>Periodo (s)</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>UZ</b>	<b>SumUX</b>	<b>SumUY</b>
1	0,659	0,0032	0,7856	0	0,0032	0,7856
2	0,624	0,6021	0,0059	0	0,6053	0,7915
3	0,454	0,2095	0,0004	0	0,8147	0,7919
4	0,19	0,00004024	0,1533	0	0,8148	0,9452
5	0,177	0,1302	0,0001	0	0,9449	0,9453
6	0,157	0,0054	0,0001	0	0,9504	0,9454
7	0,1	0,0027	0,05	0	0,953	0,9953
8	0,099	0,035	0,0045	0	0,988	0,9999
9	0,091	0,012	0,0001	0	1	1
10	0,061	0,0000106	0,0000006166	0	1	1
11	0,055	0,000002129	0,000006254	0	1	1
12	0,05	0,000001545	0	0	1	1

*Fuente: Los autores*

*Tabla 21: Periodos fundamentales y participación de masa Edificio 2 Losa Reticulada*

<b>Modo</b>	<b>Periodo (s)</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>UZ</b>	<b>SumUX</b>	<b>SumUY</b>
1	0,623	0,6465	0,0192	0	0,6465	0,0192
2	0,61	0,019	0,7931	0	0,6655	0,8122
3	0,478	0,1167	0,0011	0	0,7822	0,8133
4	0,321	0,0053	0,00002212	0	0,7874	0,8133
5	0,32	5,33E-07	0	0	0,7874	0,8133
6	0,293	0	0	0	0,7874	0,8133
7	0,271	0	0	0	0,7874	0,8133
8	0,269	0,0316	0	0	0,819	0,8133
9	0,234	0,00001759	0,1238	0	0,819	0,9372
10	0,23	0	0,000000000000	0	0,819	0,9372
11	0,225	0,0356	0,00003126	0	0,8547	0,9372
12	0,215	0,00004011	0,007	0	0,8547	0,9442

*Fuente: Los autores*

Según el análisis realizado y una vez obtenidos los periodos de vibración de cada modelo se puede constatar un cambio entre el modelo de losa tipo membrana y losa tipo reticulada variando los periodos tenemos que:

Para edificio 1:

- Para losa tipo membrana en el edificio 1 del bloque 1 obteniendo un periodo de  $T=0,695$  segundos con una participación de masa dominante en el eje y del 78% además se puede observar que en el modo 9 se cumple el 90% de la participación de masa en ambas direcciones.
- Para losa tipo reticulada tenemos un periodo de  $T= 0,42$  segundos, aquí podemos observar como el periodo bajo debido a la influencia de la mampostería, está representada como puntal, sin embargo, en ningún modo cumple con la participación de masa.

Para edificio 2:

- El periodo obtenido en esta estructura es de  $T=0,659$  segundos al igual que el edificio 1 tenemos que en el modo 6 tenemos que se cumple con el 90% de la participación de masa en ambas direcciones.
- Para el de la losa reticulada no hubo bastante variación en cuanto al periodo con un valor de  $T=0,623$  segundos, esto se ve afectado según la distribución de paredes y la presencia de ventanas que ocupan bastante área.

#### **4.1.1.2. Cálculo de derivas de entre piso**

Para calcular la deriva elástica utilizando los desplazamientos absolutos, necesitamos tomar el desplazamiento del piso en cuestión y restarle el desplazamiento del piso inmediatamente inferior. Luego, dividimos esta diferencia por la altura entre pisos.

Para determinar la deriva inelástica se utilizará la siguiente expresión comparado con la deriva máxima según el tipo de estructura especificado en la *tabla 22*:

$$\Delta_i = 0,75 * R * \Delta_E$$

Tabla 22: Derivas máximas

Estructuras de:	$\Delta$ Máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0,02
De mampostería	0,01

Fuente: NEC-SE-DS, 2015

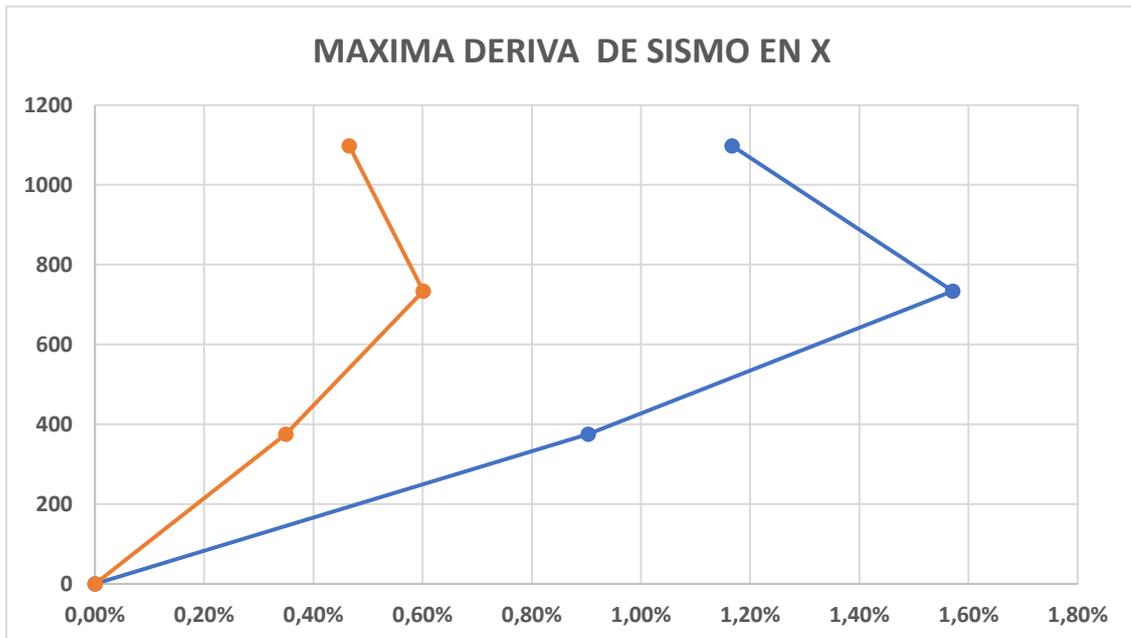
A continuación, En la *tabla 23* se procede a calcular las derivas máximas de entre pisos:

Tabla 23: Derivas máxima de entre pisos sismo dinámico en X

Sismo dinámico en X					
Plantas	Altura(cm)	Derivas elásticas		Derivas Inelásticas	
		X	Y	X	Y
Azotea	1098	0,26%	0,10%	1,17%	0,47%
2da Planta	734	0,35%	0,13%	1,57%	0,60%
1ra Planta	375	0,20%	0,08%	0,90%	0,35%
Planta baja	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fuente: Los autores

Ilustración 17: Máxima deriva de sismo en X



Fuente: Los autores

Para evaluar las derivas inelásticas con base en los límites permitidos por la NEC, que establece un máximo del 2% para el porcentaje, se determina que el cumplimiento de la verificación por derivas es satisfactorio. Esto se evidencia al observar que la máxima deriva inelástica para el eje X se encuentra en la primera planta alta del edificio, con un valor de 1.57%.

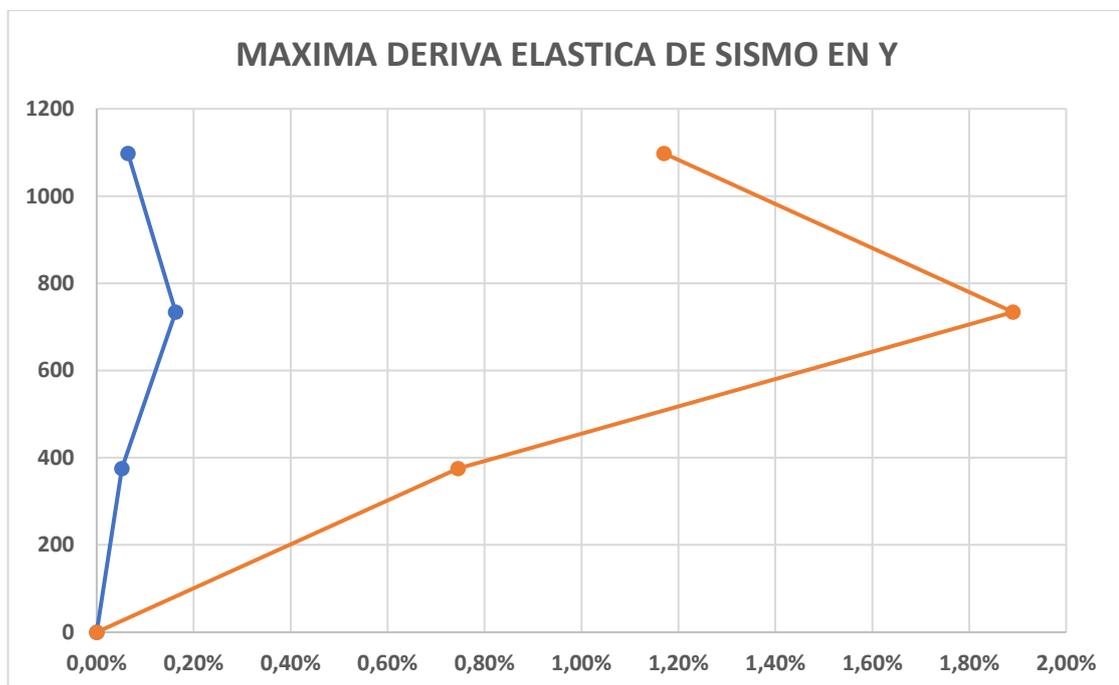
En la tabla 24 se mostrará el cálculo de las máximas derivas para el eje Y.

Tabla 24: Derivas máxima de entre pisos sismo dinámico en Y

Sismo dinámico en Y					
Plantas	Altura(cm)	Derivas elásticas		Derivas Inelásticas	
		X	Y	X	Y
Azotea	1098	0,01%	0,26%	0,06%	1,17%
2da Planta	734	0,04%	0,42%	0,16%	1,89%
1ra Planta	375	0,01%	0,17%	0,05%	0,75%
Planta baja	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fuente: Los autores

Ilustración 18: Máxima deriva elástica de sismo en Y



Fuente: Los autores

Para el eje Y, hemos calculado una deriva inelástica de 1.89%, ubicada en la primera planta alta. Por consiguiente, al evaluar las derivas, se determina que la estructura si cumple con el criterio de control de deriva inelástica para el eje Y.

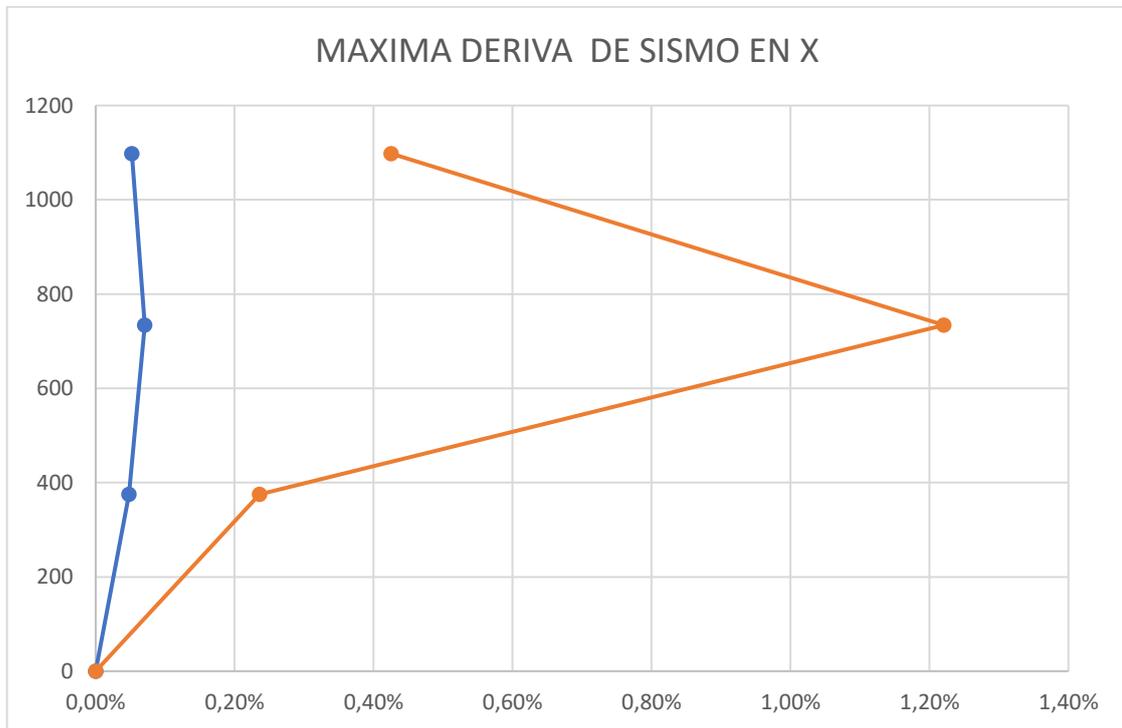
Continuamos con el de reticulado calculando las máximas derivas y se podrá comparar la influencia de que tiene la mampostería en el modelo.

Tabla 25: Derivas máximas sismo dinámico en X Losa Reticulada

Sismo dinámico en X					
Plantas	Altura(cm)	Derivas elásticas		Derivas Inelásticas	
		X	Y	X	Y
Azotea	1098	0,09%	0,01%	0,43%	0,05%
2da Planta	734	0,27%	0,02%	1,22%	0,07%
1ra Planta	375	0,05%	0,01%	0,24%	0,05%
Planta baja	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

*Fuente: Los autores*

Ilustración 19: Máxima deriva de sismo en X Losa Reticulada



*Fuente: Los autores*

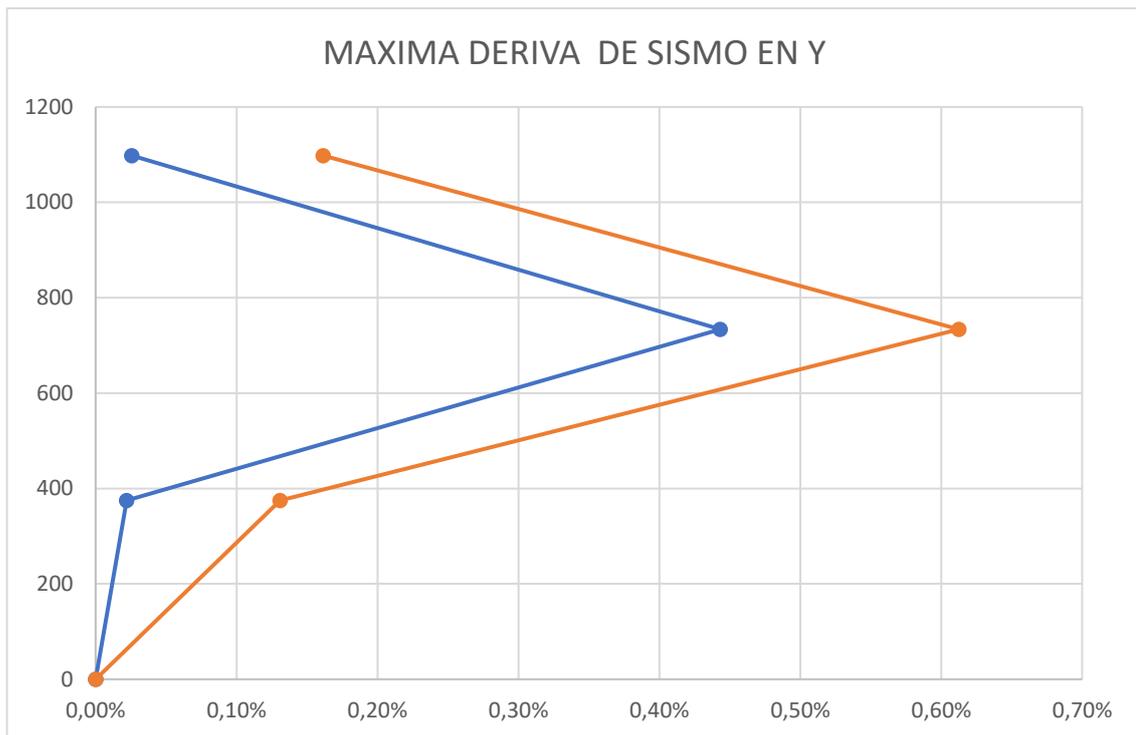
En esta parte se puede observar la influencia que tiene la mampostería en el diseño ya que esta aporta rigidez a la estructura lo que genera un valor menor en comparación con el modelo de membrana de 1,57% se vio reducido a 1,22%.

Tabla 26: Derivas máximas sismo dinámico en Y Losa Reticulada

Sismo dinámico en Y					
Plantas	Altura(cm)	Derivas elásticas		Derivas Inelásticas	
		X	Y	X	Y
Azotea	1098	0,01%	0,04%	0,03%	0,16%
2da Planta	734	0,10%	0,14%	0,44%	0,61%
1ra Planta	375	0,005%	0,03%	0,02%	0,13%
Planta baja	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fuente: Los autores

Ilustración 20: Máxima deriva de sismo en Y Losa Reticulada



Fuente: Los autores

De igual manera se puede ver un valor bien reducido en comparación al otro eje.

#### 4.1.2. Análisis no estático lineal (PUSHOVER)

Para este análisis se procedió a colocar rotulas plásticas las cuales se ubicaron en el 2% y el 98% de la longitud de los elementos estructurales de los edificios y para las vigas acarteladas se colocaron estas rotulas en los extremos de su sección central. Se debe realizar un cálculo con los modos superiores de vibración de las estructuras para los dos tipos de modelos realizados, el de losa tipo membrana y el del puntal equivalente donde se tomará en cuenta los datos de la tabla 27.

Tabla 27: Coeficientes  $C_t$  y  $\alpha$

Tipo de estructura	$C_t$	$\alpha$
<b>Estructura de acero</b>		
Sin arriostramiento	0.072	0.80
Con arriostramiento	0.073	0.75
<b>Pórticos especiales de hormigón armado</b>		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.90
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

*Fuente: NEC-SE-DS*

Con el análisis modal realizado de ambos modelos se procedió a verificar los modos superiores de la estructura calculando con el primer método y comparando con el segundo método.

$$T = C_t * h_n^\alpha \quad T = 1.3 * T_a$$

Una vez realizado el cálculo se obtuvo que el para el primer modelo: tipo losa membrana el periodo obtenido es inferior al periodo fundamental de la estructura siendo de 0,61 seg en comparación al periodo de la estructura de 0,69 seg. En cambio, para el modelo: tipo losa reticulada si cumple debido a que el periodo de la estructura es menor al obtenido con respecto al periodo calculado en el primer método siendo un valor de 0,42 el periodo de la estructura con puntales.

##### 4.1.2.1. Curva de capacidad

La representación de la curva de capacidad se llevó a cabo mediante modelo matemático en ambas direcciones para obtener los siguientes resultados en los dos modelos membrana

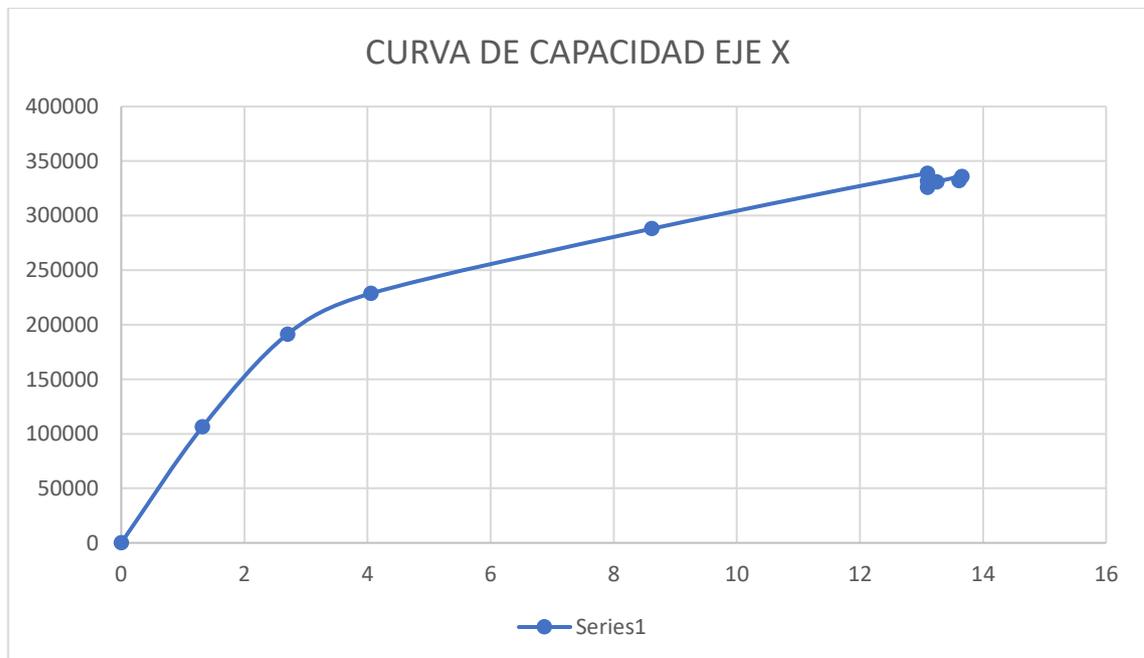
de cada edificio, en la *tabla 28* se mostrarán los pasos y valores obtenidos por el programa y la elaboración de la curva de capacidad.

Tabla 28:Elaboración de la curva de capacidad X

PASOS	Monitored Displ cm	Base Force kgf	A-B	B-C	C-D	D-E	>E
0	0	0	253	1	0	0	0
1	1,3188	106280,39	252	2	0	0	0
2	2,7014	191338,57	201	53	0	0	0
3	4,0543	228643,3	170	84	0	0	0
4	8,6205	288009,61	128	126	0	0	0
5	13,0989	338843,27	116	137	1	0	0
6	13,0994	331639,76	115	137	1	1	0
7	13,0998	325993,42	114	138	0	2	0
8	13,2509	330874,33	113	139	0	2	0
9	13,6546	335920,47	113	139	0	1	1
10	13,6093	331989,36	113	139	0	1	1

*Fuente: Los autores*

Ilustración 21: Curva de capacidad eje X



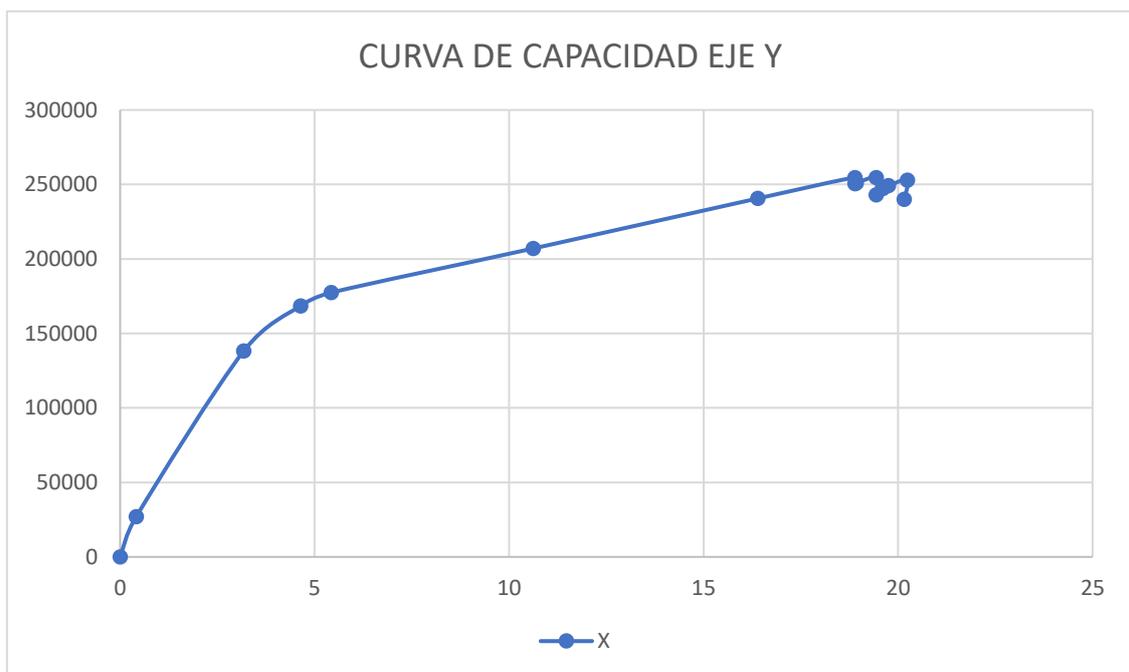
*Fuente: Los autores*

Tabla 29: Elaboración de la curva de capacidad Y

PASOS	Monitored Displ	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E
	cm	kgf					
0	0	0	253	1	0	0	0
1	0,4114	26952,66	252	2	0	0	0
2	3,1779	138219,2	191	63	0	0	0
3	4,6376	168435,68	157	97	0	0	0
4	5,4251	177408,81	147	107	0	0	0
5	10,6171	207014,19	146	108	0	0	0
6	16,3954	240645,79	140	114	0	0	0
7	18,8879	254675,08	134	119	1	0	0
8	18,8884	250557,5	134	119	0	1	0
9	18,921	251025,95	134	119	0	1	0
10	19,4373	254557,78	134	116	3	1	0
11	19,4378	243048,73	134	115	0	5	0
12	19,6062	247353,01	133	116	0	5	0
13	19,7531	249212,21	133	116	0	5	0
14	20,2381	252851,29	132	116	1	5	0
15	20,1602	240046,45	132	113	1	8	0

Fuente: Los autores

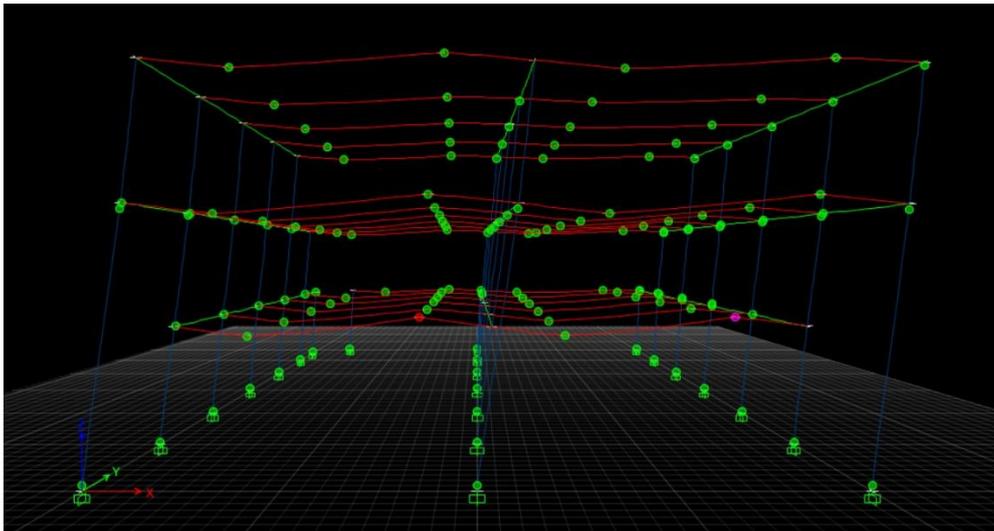
Ilustración 22: Curva de capacidad eje X



Fuente: Los autores

En las presentes tablas se puede observar la curva de capacidad que representa un estado en la cual se encuentra nuestra estructura. A continuación, se presentará una imagen que refleja en la rotulas los niveles de daño de la estructura.

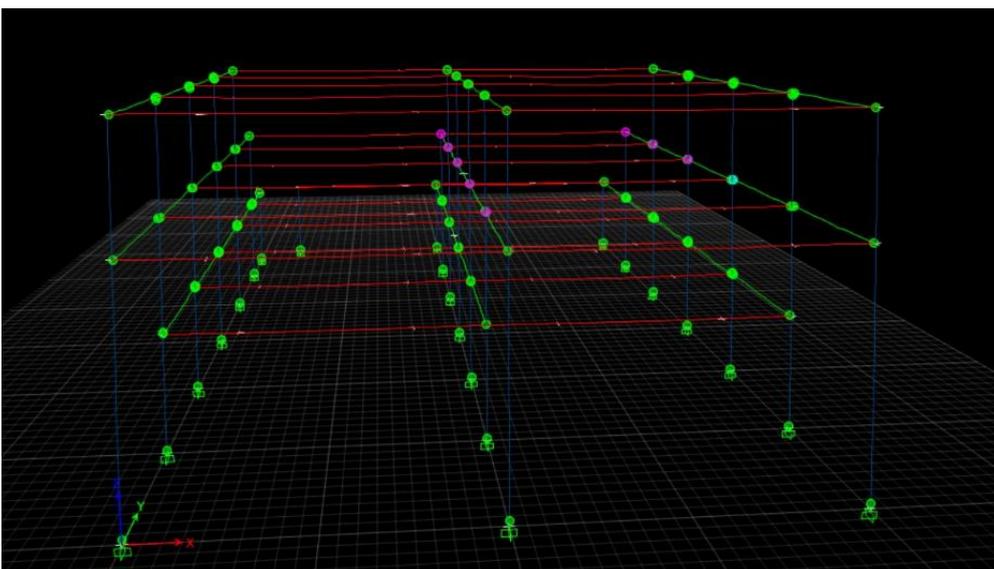
Ilustración 23: Daño de la estructura en rotulas



*Fuente: Los autores*

En la siguiente imagen se representa la aplicación de pushover en el eje y dando como resultado la aparición de rotulas plásticas en las esquinas de cada elemento en este caso vigas y columnas.

Ilustración 24: Daño de la estructura en vigas y columnas



*Fuente: Los autores*

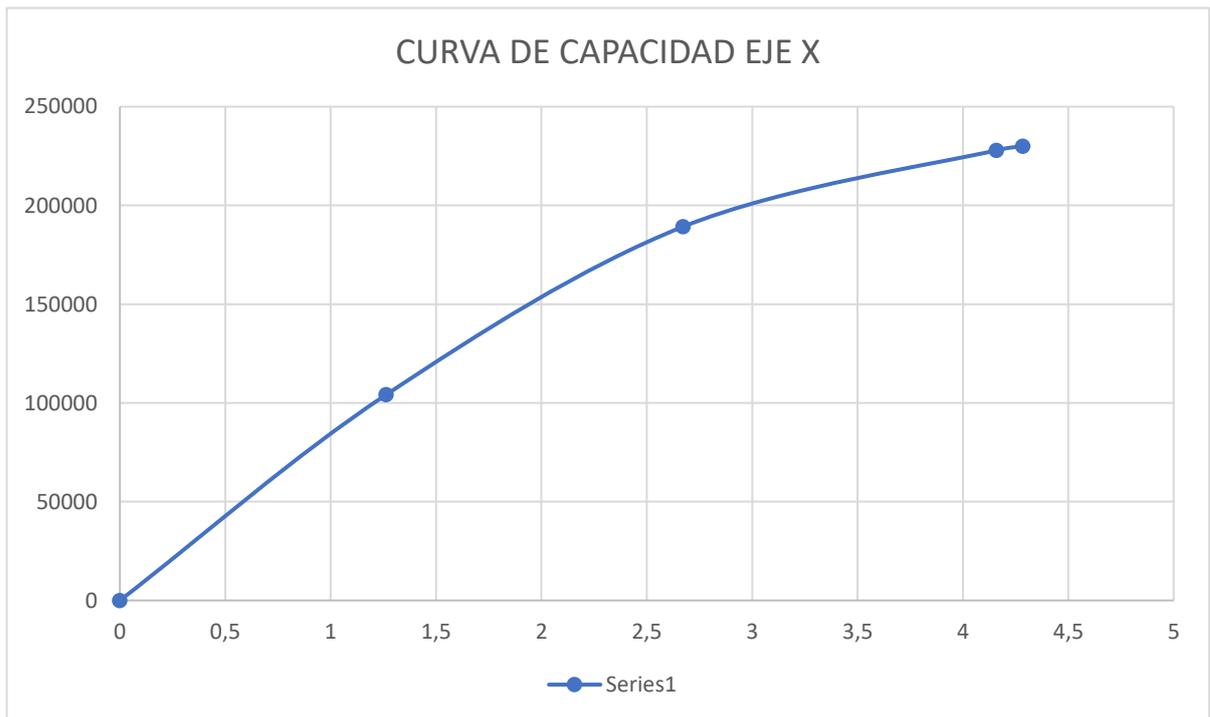
Continuamos con el siguiente modelo de membrana edificio 2.

Tabla 30: Elaboración de la curva de capacidad X edificio 2

PASO	Monitored Displ	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E
	cm	kgf					
0	0	0	236	20	0	0	0
1	1,2635	104184,47	233	23	0	0	0
2	2,672	189241,54	169	87	0	0	0
3	4,1591	227943,06	131	125	0	0	0
4	4,2844	230001,51	131	125	0	0	0

*Fuente: Los autores*

Ilustración 25: Curva de capacidad eje X edificio 2



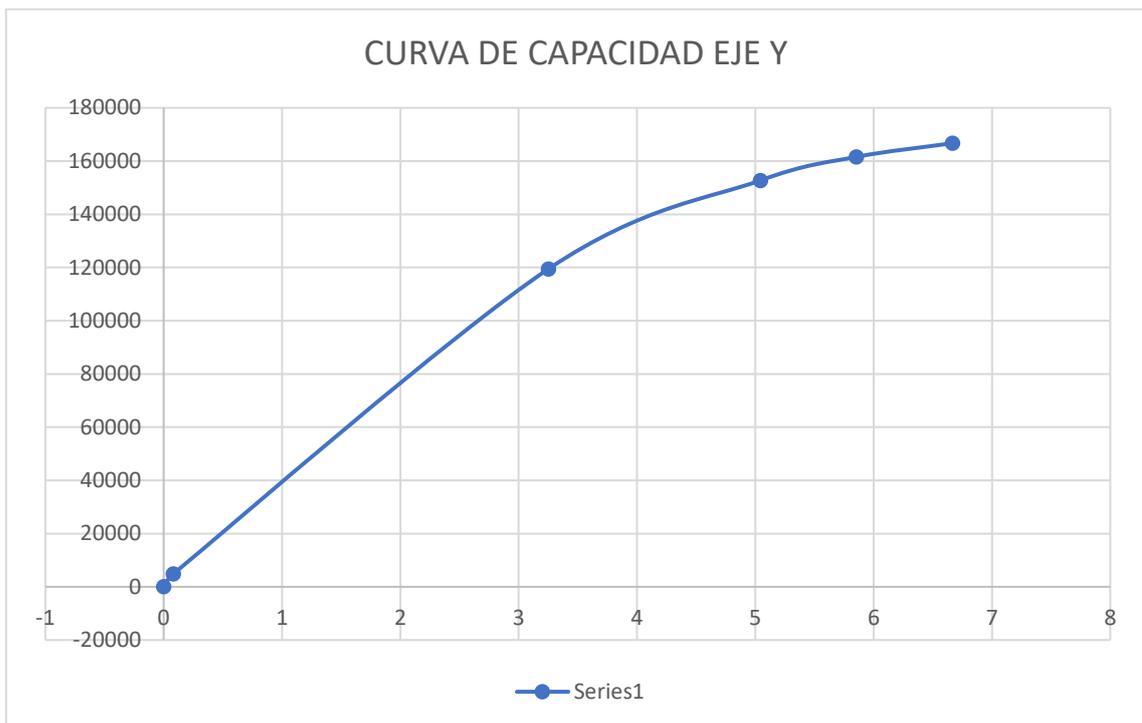
*Fuente: Los autores*

Tabla 31: Elaboración de la curva de capacidad Y edificio 2

PASOS	Monitored Displ	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E
	cm	kgf					
0	0	0	236	20	0	0	0
1	0,082	4864,09	235	21	0	0	0
2	3,2523	119472,68	172	84	0	0	0
3	5,0433	152719,87	155	101	0	0	0
4	5,8541	161554,96	148	108	0	0	0
5	6,6669	166709,2	148	108	0	0	0

Fuente: Los autores

Ilustración 26: Curva de capacidad eje Y edificio 2



Fuente: Los autores

## CONCLUSIONES

- Se realizaron dos modelos matemáticos comparativos para el análisis de la respuesta sísmica del bloque 1 de la universidad técnica de Machala, uno llamado losa tipo membrana y el otro denominado como losa reticulada con nervios de sección T con la finalidad de corroborar cual de los dos se asemeja más al comportamiento real de la estructura estudiada, siendo ambas evaluadas, en membrana como un elemento al cual soporta fuerza distribuida en el área de cada panel de membrana encerrado entre los pórticos y el de losa reticulada definiéndose como losa en una dirección y modelándolo como nervios con sección en T que soportan cargas distribuidas según el área de aportación que este obtenga.
- Se puede observar una diferencia al momento de representar la mampostería como un puntal equivalente, los cuales aportan rigidez a la estructura generando periodos y derivas bajen. En el modelo de membrana para el edificio 2 se obtiene un periodo de  $X=0,659$  seg y en  $Y=0,624$  seg, por otro lado, el modelo de nervios con puntales obtenemos un periodo en  $X=0,623$  seg y en  $Y=0,610$  seg, con una reducción de 8% y 0,1% en X y Y respectivamente.
- Con el análisis sísmico estático no lineal (Pushover) en el modelo de membrana para el edificio 1, se pudo evidenciar el daño causado de la estructura en campo en la viga acartelada de la planta baja en el Pórtico 1:C:D representando el daño en una escala de color siendo estos morado y rojo.
- La aplicación de puntales equivalentes mediante el método de Holmes permitió representar de manera adecuada la mampostería y a su vez un análisis más detallado de la estructura estudiada y comparación con el otro modelo de losa tipo membrana realizado.
- En conclusión, tras un análisis parcial, se puede optar por la implementación de exoesqueletos de acero como una opción viable para fortalecer las estructuras del Bloque 1 de la Universidad Técnica de Machala. Estos exoesqueletos poseen el potencial de mejorar la estabilidad estructural y la resistencia sísmica de los edificios afectados por daños sísmicos o cambios en los requisitos de carga. Esta propuesta ofrece una solución técnica que puede garantizar la seguridad y prolongar la vida útil de la infraestructura existente.

## **RECOMENDACIONES:**

- Para obtener una representación más precisa del comportamiento de las estructuras frente a eventos sísmicos, se puede incorporar un enfoque no lineal dinámico, también denominado análisis tiempo-historia, que permite capturar de manera más completa y detallada la respuesta estructural ante las fuerzas sísmicas representativas del lugar de estudio. Al implementar este enfoque, se obtiene una evaluación más precisa de la capacidad de resistencia y su respuesta sísmica, lo que facilita la toma de decisiones informadas en el diseño y la mitigación del riesgo sísmico.
- Para mejorar la representación de la rigidez de la mampostería en las estructuras estudiadas, es recomendable explorar modelos matemáticos como el método de dos puntales o el método de elementos finitos. Estas técnicas ofrecen una aproximación más precisa y detallada de la respuesta estructural de las paredes, permitiendo una evaluación más precisa de su comportamiento ante cargas estáticas y dinámicas resultando fundamental para la evaluación precisa de su desempeño estructural
- Se pueden obtener mejores resultados si es que se implementa la cimentación de la estructura con el fin de garantizar la estabilidad y la resistencia de la estructura ante cargas estáticas y dinámicas según lo recomienda la ASCE 41-17.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adrián, G., Campoverde, A., André, P., Oswaldo, L., & Romero, C. (2023). Análisis No Lineal Estático (Pushover) De Marcos Especiales A Momento Compuestos (C-SMF). *Revista Ciencia y Construcción*, 4(2).
- Amalia, A. R., & Iranata, D. (2017). Comparative study on diagonal equivalent methods of masonry infill panel. *AIP Conference Proceedings*, 1855. <https://doi.org/10.1063/1.4985481>
- Applied Technology Council. (1996). *Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings Volume 1*.
- Godínez Baltazar, V. M., & Sánchez Tizapa, S. (2022). Cálculo simplificado de la curva de capacidad basal carga-distorsión en edificaciones de baja altura elaboradas con mampostería confinada y ubicadas en zonas de alto peligro sísmico. *Informes de La Construcción*, 74(566). <https://doi.org/10.3989/ic.77920>
- Çavdar, Ö., Çavdar, A., & Bayraktar, E. (2017). *Earthquake Performance of Reinforced-Concrete Shear-Wall Structure Using Nonlinear Methods*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE))
- Fauzan, R., & Sapei, A. (2019). Nonlinear Performance Evaluation of High Rise Building Structure. In *Asian Journal of Applied Sciences*. [www.ajouronline.com](http://www.ajouronline.com)
- Federal Emergency Management Agency Fema 356. (2000). *Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings*.
- Gómez, M. A., Díaz-Segura, E. G., & Vielma, J. C. (2021). Nonlinear numerical assessment of the seismic response of hillside RC buildings. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 20(2), 423–440. <https://doi.org/10.1007/s11803-021-2029-4>
- Gowtham, S., Prakash, M., Parthasarathi, N., Satyanarayanan, K. S., & Thamilarasu, V. (2018). 2D-Linear static and non-linear dynamic progressive collapse analysis of reinforced concrete building. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 8775–8783. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.305>
- Guardigli, L., Ferrer, C., Peters, C., Fotopoulou, A., Bragadin, M. A., & Ferrante, A. (2019). Rehabilitation of public housing buildings in a life cycle perspective. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 296(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/296/1/012038>
- Hassan, A. A., & Yasin, A. A. (2023). Pushover Analysis of Multi-Story Reinforced Concrete Frame Structure. *Journal of Economics & Management Research*, 1–8. [https://doi.org/10.47363/JESMR/2023\(4\)175](https://doi.org/10.47363/JESMR/2023(4)175)
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2023). *Informe Sísmico Especial No. 2023-004*.
- Irinayemi, A., Irinayemi, S. A., & Stephen Stephen, I. (2021). *Seismic Hazard Levels in Guinea, West Africa*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-717788/v1>
- Jaimes, M. A., Niño, M., Franco, I., Trejo, S., Godínez, F. A., & García-Soto, A. D. (2023). Seismic Risk of Weak First-Story RC Structures with Inerter Dampers Subjected to Narrow-Band Seismic Excitations. *Buildings*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/buildings13040929>

- Joyner, M. D., & Sasani, M. (2020). Building performance for earthquake resilience. *Engineering Structures*, 210. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110371>
- Kazem, H., Kazem, H., Ghahremannejad, M., Vosoughi, P., Hosseini, S. F., & Ghafory-Ashtiany, M. (2020). Investigation of seismic rehabilitation of steel buildings with semi-rigid connections. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures and Buildings*, 173(2), 99–108. <https://doi.org/10.1680/jstbu.17.00192>
- Kyriakides, N., Sohaib, A., Pilakoutas, K., Neocleous, K., Chrysostomou, C., Tantele, E., & Votsis, R. (2018). Evaluation of Seismic Demand for Substandard Reinforced Concrete Structures. *The Open Construction and Building Technology Journal*, 12(1), 9–33. <https://doi.org/10.2174/1874836801812010009>
- Lim, H.-K., Kang, J. W., Lee, Y.-G., & Chi, H.-S. (2016). Seismic performance evaluation of a three-dimensional unsymmetrical reinforced concrete building. *Multiscale and Multiphysics Mechanics*, 1(2), 143–156. <https://doi.org/10.12989/mmm.2016.1.2.143>
- Liu, T. J., Pozos-Estrada, A., Gomez, R., & Hong, H. P. (2016). Seismic hazard estimation: directly using observations versus applying seismic hazard model. *Natural Hazards*, 80(1), 639–655. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1988-z>
- López López, A. T., Tomás Espín, A., & Sánchez Olivares, G. (2017). Influencia del tipo de rótula plástica en el análisis no lineal de estructuras de hormigón armado. *Hormigón y Acero*, 68(282), 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.hya.2017.04.006>
- Machala Alcaldía. (2022). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CANTÓN MACHALA 2019-2030*.
- Mahmoudi, F., & Tehrani, P. (2020). A technique for seismic rehabilitation of damaged steel moment resisting frames. *Journal of Rehabilitation in Civil Engineering*, 8(4), 106–117. <https://doi.org/10.22075/JRCE.2020.17829.1342>
- Medina, C., Cobos, P., & Medina, S. (2018). ESPECTRO DE AMENAZA SÍSMICA ESPECÍFICO PARA EL CAMPUS HUACHI DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO EN FUNCIÓN DE FALLAS CIEGAS INVERSAS. *Ciencia*, 20(1), 84. <https://doi.org/10.24133/ciencia.v20i1.558>
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN*. (2015).
- Pardalopoulos, S. I., Pantazopoulou, S. J., & Thermou, G. E. (2020). Seismic Rehabilitation of Substandard R.C. Buildings with Masonry Infills. *Journal of Earthquake Engineering*, 24(2), 298–327. <https://doi.org/10.1080/13632469.2018.1453397>
- Prajwal, T. P., Parvez, I. A., & Kamath, K. (2017). Nonlinear Analysis of Irregular Buildings Considering the Direction of Seismic Waves. *Materials Today: Proceedings*, 4(9), 9828–9832. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.06.275>
- Prusty, B. G., & Banerjee, A. (2020). Structure-property correlation and constitutive description of structural steels during hot working and strain rate deformation. In *Materials* (Vol. 13, Issue 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ma13030556>
- Santa-Cruz, S., Córdova-Arias, C., Brioso, X., & Vázquez-Rowe, I. (2021). Transparency-based protocol for decision-making regarding seismic rehabilitation projects of public buildings. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 55. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102116>

- Shehab Eldin, H. K., Hassan, H., Mohamed, H. A., & Ragab, Z. E. (2021). Seismic Evaluation Of RC Buildings. In *The Egyptian International Journal of Engineering Sciences and Technology* (Vol. 34). <https://eijest.journals.ekb.eg/>
- Structural Engineering Institute, Structural Engineering Institute. Seismic Retrofit of Existing Buildings Standards Committee, American Society of Civil Engineers, & Structural Engineering Institute. (n.d.). *ASCE 41-17*.
- Vargas, Y. F., Pujades, L. G., Barbat, A. H., & Hurtado, J. E. (2013). Evaluación probabilista de la capacidad, fragilidad y daño sísmico de edificios de hormigón armado. *Revista Internacional de Metodos Numericos Para Calculo y Diseno En Ingenieria*, 29(2), 63–78. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2013.04.003>
- Zhu, Y. P., Lang, Z. Q., Fujita, K., & Takewaki, I. (2023). Analysis and design of non-linear seismic isolation systems for building structures—An overview. In *Frontiers in Built Environment* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.1084081>

## ANEXOS

Anexo 1. Foto de la fachada del edificio



Anexo 2. Foto lateral edificio 1



Anexo 3. Foto trasera del edificio



Anexo 4. Foto lateral edificio 2



Anexo 5. Foto trasera edificio 2



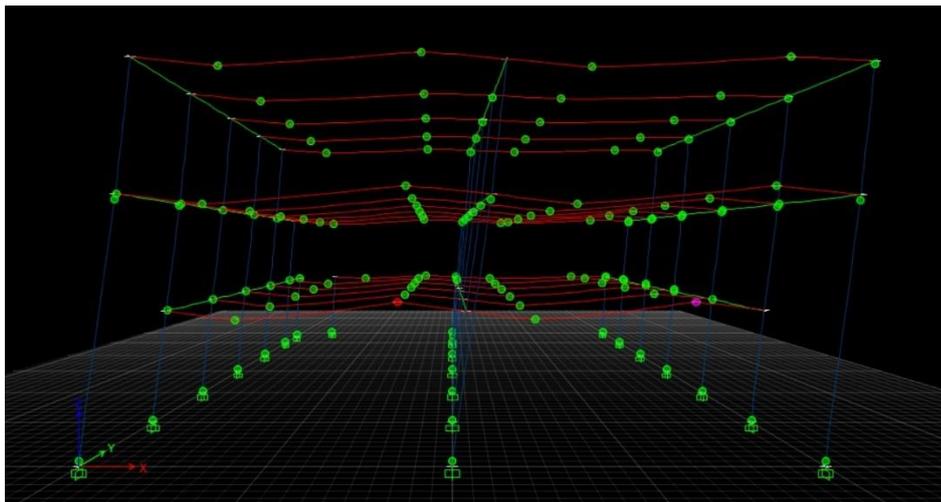
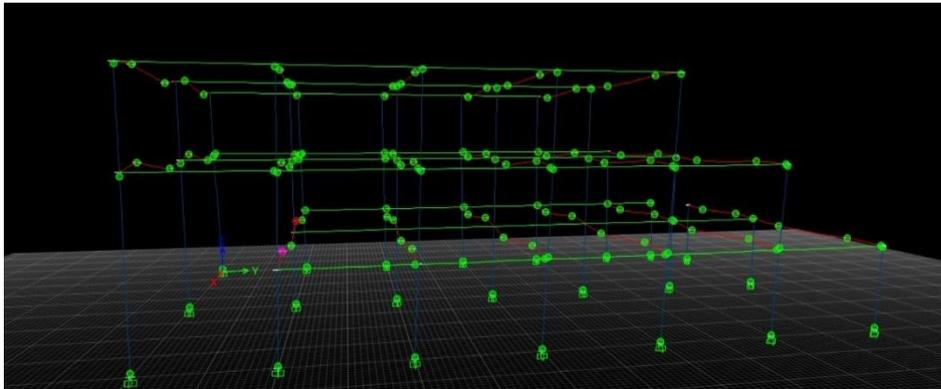
Anexo 6. Foto lateral edificio 2



## Anexo 7. Medición de elementos estructurales



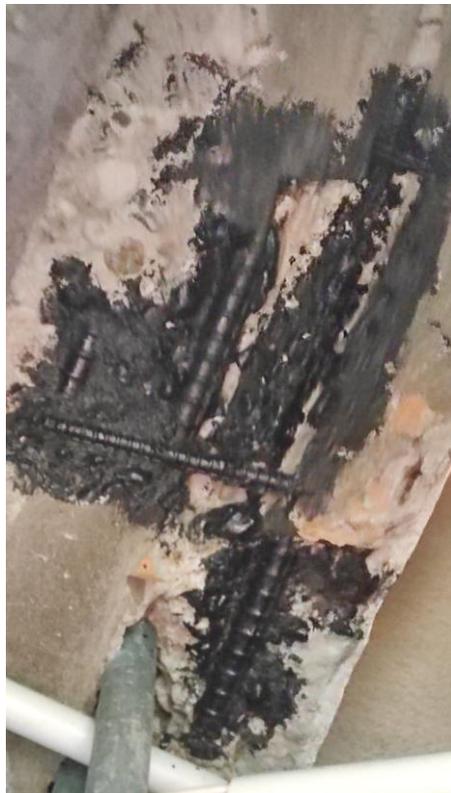
## Anexo 8. Formación de rotulas plásticas en el modelo



Anexo 9. Evidencia de daños ocasionados en la viga



Anexo 9. Detalles encontrados en la inspección



Anexo 10. Daños en mampostería





## Anexo 11. Evaluación de cargas edificio 1, primera planta alta

### DATOS INICIALES

BLOQUE	
L	40 cm
A	20 cm
E	15 cm
Wbloque (1)	6,78733032 kgf
Wmortero	2038,736 kgf/m3
Requerimier	12,5 U/m2
Vbloques	0,150 m3
Vmortero	0,000 m3
Wbloque	84,841629 kgf
Wmortero	0,000 kgf
Wtotal	84,842 kgf/m2

LOSA ALIGERADA	
e	0,25 m
w	350 kgf/m2

Espesor de losa (cm)	kg/m <sup>2</sup>
17	270
20	300
25	350
30	400

CONTRA Y PISO	
e	0,04 m
W	2200 kgf/m3
w	88 kgf/m2

CERAMICA	
e	0,018 m
W	2100 kgf/m3
w	37,8 kgf/m2

### SEGUNDA PLANTA (AREA DE PUERTAS Y VENTANA)

VENTANA (SEGUNDA PLANTA)	
Largo	2,37 m2
Alto	1,5 m2
A	3,555 m2

VENTANA (RESTO DE VENTANA)	
Largo	3 m2
Alto	1,5 m2
A	4,5 m2

VENTANA (RESTO DE VENTANA)	
Largo	5 m2
Alto	1,5 m2
A	7,5 m2

PUERTA	
Ancho	1,6 m2
Alto	2,45 m2
A	3,92 m2

AREA DEL PISO	498,5 m2
---------------	----------

CARGA VIVA POR PISO	
CARGA VIVA	480 kgf/m <sup>2</sup>

### DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

PESO PAREDES			
#	L	H	A(pared de bloque)
EJE D	26,77	2,8	74,956 m <sup>2</sup>
EJE 2	17,47	2,8	48,916 m <sup>2</sup>
EJE A	19,97	2,8	55,916 m <sup>2</sup>
EJE 7	17,1	1	17,1 m <sup>2</sup>
TOTAL			196,888 m <sup>2</sup>
AREA SIN VENTANAS NI PUERTAS			117,413 m <sup>2</sup>
PESO TOTAL			9961,510 kgf
			19,983 kgf/m <sup>2</sup>

PESO TOTAL	507,38 kgf/m <sup>2</sup>
------------	---------------------------

CARGA PARA NERVIOS Y VIGAS CARGADORAS	216 kgf/m
---------------------------------------	-----------

PESO A DISTRIBUIR	291,38 kgf/m
-------------------	--------------

CARGA PARA NERVIOS Y VIGAS CARGADORAS		
	DEAD	LIVE
NERVIO	145,69 kgf/m	240 kgf/m
VIGA CARGADORA	72,845 kgf/m	120 kgf/m

## Anexo 12. Evaluación de cargas edificio 1, segunda planta alta

### DATOS INICIALES

BLOQUE	
L	40 cm
A	20 cm
E	15 cm
Wbloque (1)	6,78733032 kgf
Wmortero	2038,736 kgf/m <sup>3</sup>
Requerimier	12,5 U/m <sup>2</sup>
Vbloques	0,150 m <sup>3</sup>
Vmortero	0,000 m <sup>3</sup>
Wbloque	84,841629 kgf
Wmortero	0,000 kgf
Wtotal	84,842 kgf/m <sup>2</sup>

LOSA ALIGERADA	
e	0,25 m
w	350 kgf/m <sup>2</sup>

Espesor de losa (cm)	kg/m <sup>2</sup>
17	270
20	300
25	350
30	400

CONTRA Y PISO	
e	0,04 m
W	2200 kgf/m <sup>3</sup>
w	88 kgf/m <sup>2</sup>

CERAMICA	
e	0,018 m
W	2100 kgf/m <sup>3</sup>
w	37,8 kgf/m <sup>2</sup>

AREA DEL PISO	500 m <sup>2</sup>
---------------	--------------------

CARGA VIVA POR PISO	
CARGA VIVA	250 kgf/m <sup>2</sup>

AREAS PAREDES EXTERNAS			
#	L	H	A (pared de bloque)
EJE D	21,74	2,8	60,872 m <sup>2</sup>
EJE 1	18,62	2,8	52,136 m <sup>2</sup>
EJE A	21,73	2,8	60,844 m <sup>2</sup>
EJE 7	18,96	1	18,96 m <sup>2</sup>
	111,44	2,7	300,888 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>			493,7 m <sup>2</sup>
<b>AREA SIN VENTANAS NI PUERTAS</b>			402,2 m <sup>2</sup>
<b>PESO TOTAL</b>			34123,3032 kgf
			68,2466063 kgf/m <sup>2</sup>

<b>PESO TOTAL</b>	555,65 kgf/m <sup>2</sup>
-------------------	---------------------------

### SEGUNDA PLANTA (AREA DE PUERTAS Y VENTANA)

VENTANA 1	
Largo	2,37 m <sup>2</sup>
Alto	1,5 m <sup>2</sup>
A	3,555 m <sup>2</sup>

VENTANA 2	
Largo	6 m <sup>2</sup>
Alto	1,5 m <sup>2</sup>
A	9 m <sup>2</sup>

VENTANA 3	
Largo	1,5 m <sup>2</sup>
Alto	1,5 m <sup>2</sup>
A	2,25 m <sup>2</sup>

VENTANA 4	
Largo	1,5 m <sup>2</sup>
Alto	0,5 m <sup>2</sup>
A	0,75 m <sup>2</sup>

VENTANA 5	
Largo	6,6 m <sup>2</sup>
Alto	1,5 m <sup>2</sup>
A	9,9 m <sup>2</sup>

VENTANA 6	
Largo	2,45 m <sup>2</sup>
Alto	0,5 m <sup>2</sup>
A	1,225 m <sup>2</sup>

VENTANA 7	
Largo	5 m <sup>2</sup>
Alto	1,5 m <sup>2</sup>
A	7,5 m <sup>2</sup>

VENTANA 8	
Largo	5 m <sup>2</sup>
Alto	0,5 m <sup>2</sup>
A	2,5 m <sup>2</sup>

VENTANA 8	
Largo	2,6 m <sup>2</sup>
Alto	1,5 m <sup>2</sup>
A	3,9 m <sup>2</sup>

VENTANA 9	
Largo	2,6 m <sup>2</sup>
Alto	1,5 m <sup>2</sup>
A	3,9 m <sup>2</sup>

VENTANA 9	
Largo	2 m <sup>2</sup>
Alto	1,5 m <sup>2</sup>
A	3 m <sup>2</sup>

VENTANA 9	
Largo	4 m <sup>2</sup>
Alto	1,5 m <sup>2</sup>
A	6 m <sup>2</sup>

PUERTA	
Ancho	1,6 m <sup>2</sup>
Alto	2,45 m <sup>2</sup>
A	3,92 m <sup>2</sup>

PUERTA 2	
Ancho	1 m <sup>2</sup>
Alto	2 m <sup>2</sup>
A	2 m <sup>2</sup>

PUERTA 3	
Ancho	0,7 m <sup>2</sup>
Alto	2 m <sup>2</sup>
A	1,4 m <sup>2</sup>

AREA VENTANAS Y PUERTAS	91,5 m <sup>2</sup>
-------------------------	---------------------

CARGA PARA NERVIOS Y VIGAS CARGADORAS	216 kgf/m
---------------------------------------	-----------

PESO A DISTRIBUIR	339,65 kgf/m
-------------------	--------------

CARGA PARA NERVIOS Y VIGAS CARGADORAS		
	DEAD	LIVE
NERVIO	169,825 kgf/m	125 kgf/m
VIGA CARGA	84,9125 kgf/m	62,5 kgf/m

Anexo 13. Evaluación de cargas edificio 1, azotea

<b>PESO TOTAL</b>	461,6 kgf/m <sup>2</sup>
-------------------	--------------------------

<b>AREA DEL PISO</b>	400 m <sup>2</sup>
----------------------	--------------------

<b>CARGA VIVA POR PISO</b>	
<b>CARGA VIVA</b>	140 kgf/m <sup>2</sup>

<b>CARGA PARA NERVIOS Y VIGAS CARGADORAS</b>	216 kgf/m
--	-----------

<b>PESO A DISTRIBUIR</b>	245,6 kgf/m
--------------------------	-------------

<b>CARGA PARA NERVIOS Y VIGAS CARGADORAS</b>				
	<b>DEAD</b>		<b>LIVE</b>	
<b>NERVIO</b>	122,8	kgf/m	70	kgf/m
<b>VIGA CARGADORA</b>	61,4	kgf/m	35	kgf/m

## Anexo 14. Evaluación de cargas edificio 2, primera planta alta

BLOQUE	
L	40 cm
A	20 cm
E	15 cm
Wbloque (1)	6,78733032 kgf
Wmortero	2038,736 kgf/m <sup>3</sup>
Requerimiento	12,5 U/m <sup>2</sup>
Vbloques	0,150 m <sup>3</sup>
Vmortero	0,000 m <sup>3</sup>
Wbloque	84,841629 kgf
Wmortero	0,000 kgf
Wtotal	<b>84,842 kgf/m<sup>2</sup></b>

LOSA ALIGERADA	
e	0,25 m
w	<b>350 kgf/m<sup>2</sup></b>

Espesor de losa (cm)	kg/m <sup>2</sup>
17	270
20	300
25	350
30	400

CONTRA Y PISO	
e	0,04 m
W	2200 kgf/m <sup>3</sup>
w	<b>88 kgf/m<sup>2</sup></b>

CERÁMICA	
e	0,018 m
W	2100 kgf/m <sup>3</sup>
w	<b>37,8 kgf/m<sup>2</sup></b>

CARGA VIVA POR PISO	
CARGA VIVA	250 kgf/m <sup>2</sup>
AREA DEL PISO	498,25 m <sup>2</sup>

PESO PAREDES			
#	L	H	A(pared de bloque)
EJE A	20,17	2,8	56,478 m <sup>2</sup>
EJE B	17,23	2,6	44,795 m <sup>2</sup>
EJE C	21,93	2,8	61,410 m <sup>2</sup>
A-B	26,3	2,6	68,380 m <sup>2</sup>
B-C	0	2,6	0,000 m <sup>2</sup>
EJE 1	18,6144	2,8	52,120 m <sup>2</sup>
EJE 2	4,6036	2,6	11,969 m <sup>2</sup>
EJE 3	9,3526	2,6	24,317 m <sup>2</sup>
EJE 4	18,6144	2,6	48,397 m <sup>2</sup>
EJE 5	18,337	2,8	51,344 m <sup>2</sup>
OTROS	19,7	2,6	51,220 m <sup>2</sup>
PARED MESON	3,09	2,5	7,725 m <sup>2</sup>
MESON	6	1,13	6,78 m <sup>2</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>484,935 m<sup>2</sup></b>
		AREA NETA DE PAREDES	336,74 m <sup>2</sup>
		PESO	28569,89 kgf
		CARGA DISTRIBUIDA	57,34 kgf/m <sup>2</sup>

<b>TOTAL</b>	<b>533,14 kgf/m<sup>2</sup></b>
--------------	---------------------------------

CARGA PARA NERVIOS Y VIGAS CARGADORAS	216 kgf/m
---------------------------------------	-----------

PESO A DISTRIBUIR	329,24 kgf/m
-------------------	--------------

CARGA PARA NERVIOS Y VIGAS CARGADORAS		
	DEAD	LIVE
NERVIO	164,62 kgf/m	125 kgf/m
VIGA CARGADO	82,31 kgf/m	62,5 kgf/m

PUERTAS			
#	L	H	A(PUERTAS)
1	1,6	2,45	3,92 m <sup>2</sup>
3	1	2	6 m <sup>2</sup>
1	1,2	1,82	2,184 m <sup>2</sup>
3	0,9	2	5,4 m <sup>2</sup>
4	0,7	2	5,6 m <sup>2</sup>
1	0,8	2	1,6 m <sup>2</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>24,704 m<sup>2</sup></b>

VENTANAS EXTERIORES			
#	L	H	A(PUERTAS)
1	4	1,5	6 m <sup>2</sup>
1	3,3	1,5	4,95 m <sup>2</sup>
1	1,2	0,5	0,6 m <sup>2</sup>
1	9,3	1,5	13,95 m <sup>2</sup>
1	4,3	1,5	6,45 m <sup>2</sup>
1	4,3	1,5	6,45 m <sup>2</sup>
1	4,3	1,5	6,45 m <sup>2</sup>
1	4,3	1,5	6,45 m <sup>2</sup>
1	4,3	1,5	6,45 m <sup>2</sup>
1	0,9	0,5	0,45 m <sup>2</sup>
1	1,5	0,5	0,75 m <sup>2</sup>
1	1,2	0,5	0,6 m <sup>2</sup>
1	4,3	1,5	6,45 m <sup>2</sup>
1	3	0,5	1,5 m <sup>2</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>61,050 m<sup>2</sup></b>

VENTANAS INTERIORES			
#	L	H	A(PUERTAS)
1	1,5	0,5	0,75 m <sup>2</sup>
1	2,25	1,45	3,2625 m <sup>2</sup>
1	1,5	0,5	0,75 m <sup>2</sup>
1	3	2,5	7,5 m <sup>2</sup>
1	3	0,5	1,5 m <sup>2</sup>
1	1,5	0,5	0,75 m <sup>2</sup>
1	0,9	0,5	0,45 m <sup>2</sup>
1	6	2,47	14,82 m <sup>2</sup>
1	17,3	1,5	25,95 m <sup>2</sup>
1	4,47	1,5	6,705 m <sup>2</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>62,438 m<sup>2</sup></b>

## Anexo 15. Evaluación de cargas edificio 2, segunda planta alta

BLOQUE		
L	40	cm
A	20	cm
E	15	cm
Wbloque (1)	6,78733032	kgf
Wmortero	2038,736	kgf/m <sup>3</sup>
Requerimiento	12,5	U/m <sup>2</sup>
Vbloques	0,150	m <sup>3</sup>
Vmortero	0,000	m <sup>3</sup>
Wbloque	84,841629	kgf
Wmortero	0,000	kgf
Wtotal	84,842	kgf/m <sup>2</sup>

LOSA ALIGERADA	
e	0,25 m
w	350 kgf/m <sup>2</sup>

Espesor de losa (cm)	kg/m <sup>2</sup>
17	270
20	300
25	350
30	400

CONTRA Y PISO	
e	0,04 m
W	2200 kgf/m <sup>3</sup>
w	88 kgf/m <sup>2</sup>

CERAMICA	
e	0,018 m
W	2100 kgf/m <sup>3</sup>
w	37,8 kgf/m <sup>2</sup>

CARGA VIVA POR PISO	
CARGA VIVA	250 kgf/m <sup>2</sup>
AREA DEL PISO	500 m <sup>2</sup>

PESO PAREDES			
#	L	H	A(pared de bloque)
EJE A	17,22	2,8	48,222 m <sup>2</sup>
EJE B	0,00	0	0,000 m <sup>2</sup>
EJE C	17,23	2,8	48,242 m <sup>2</sup>
A-B	33,71	2,6	87,635 m <sup>2</sup>
B-C	45,21	2,6	117,533 m <sup>2</sup>
EJE 1	18,61	2,8	52,120 m <sup>2</sup>
EJE 2	3,71	2,6	9,639 m <sup>2</sup>
EJE 3	0,00	0	0,000 m <sup>2</sup>
EJE 4	4,61	2,6	11,978 m <sup>2</sup>
EJE 5	18,61	2,8	52,120 m <sup>2</sup>
OTROS	44,80	2,6	116,480 m <sup>2</sup>
BALCON	20,00	1	20,000 m <sup>2</sup>
TOTAL			563,968 m <sup>2</sup>
AREA NETA DE PAREDES			423,24 kgf/m <sup>2</sup>
PESO			35908,65 kgf
PESO DISTRIBUIDO			71,82 tonf/m <sup>2</sup>
PESO TOTAL DISTRIBUIDO			547,62 tonf/m <sup>2</sup>

PUERTAS			
#	L	H	A(PUERTAS)
1	1,6	2,45	3,92 m <sup>2</sup>
10	1	2	20 m <sup>2</sup>
1	2,17	2,46	5,3382 m <sup>2</sup>
1	0,9	2	1,8 m <sup>2</sup>
8	0,7	2	11,2 m <sup>2</sup>
TOTAL			42,258 m <sup>2</sup>

VENTANAS EXTERIORES			
#	L	H	A(PUERTAS)
1	2,7	1,5	4,05 m <sup>2</sup>
2	1,7	0,5	1,7 m <sup>2</sup>
1	2,9	1,5	4,35 m <sup>2</sup>
1	1,8	1,5	2,7 m <sup>2</sup>
1	3,1	1,5	4,65 m <sup>2</sup>
1	4,2	1,5	6,3 m <sup>2</sup>
1	4,3072	1,5	6,4608 m <sup>2</sup>
1	0,9	1,5	1,35 m <sup>2</sup>
1	1,6	0,5	0,8 m <sup>2</sup>
1	1,6	1,5	2,4 m <sup>2</sup>
1	4,2072	1,5	6,3108 m <sup>2</sup>
1	4,3076	1,5	6,4614 m <sup>2</sup>
1	2,2036	1,5	3,3054 m <sup>2</sup>
1	1,7036	1,5	2,5554 m <sup>2</sup>
1	1,5	0,5	0,75 m <sup>2</sup>
1	0,9	0,5	0,45 m <sup>2</sup>
1	4,1	1,5	6,15 m <sup>2</sup>
1	3	1,5	4,5 m <sup>2</sup>
1	3,92	1,5	5,88 m <sup>2</sup>
1	2,17	2,46	5,3382 m <sup>2</sup>
1	1,68	1,5	2,52 m <sup>2</sup>
1	1,31	0,5	0,655 m <sup>2</sup>
1	6,92	1,5	10,38 m <sup>2</sup>
TOTAL			90,017 m <sup>2</sup>

CARGA PARA NERVIOS Y VIGAS CARGADORAS	216 kgf/m
---------------------------------------	-----------

PESO A DISTRIBUIR	343,68 kgf/m
-------------------	--------------

CARGA PARA NERVIOS Y VIGAS CARGADORAS		
	DEAD	LIVE
NERVIO	171,840 kgf/m	125 kgf/m
VIGA CARGADORA	85,920 kgf/m	62,5 kgf/m

VENTANAS INTERIORES			
#	L	H	A(PUERTAS)
1	2,25	1,5	3,375 m <sup>2</sup>
1	2,35	1,5	3,525 m <sup>2</sup>
1	1,5	0,5	0,75 m <sup>2</sup>
1	1,6	0,5	0,8 m <sup>2</sup>
TOTAL			8,450 m <sup>2</sup>

Anexo 16. Evaluación de cargas edificio 2, azotea

<b>PESO TOTAL</b>	450 kgf/m <sup>2</sup>
-------------------	------------------------

<b>AREA</b>	400
-------------	-----

<b>CARGA VIVA POR PISO</b>	
<b>CARGA VIVA</b>	140 kgf/m <sup>2</sup>

<b>CARGA PARA NERVIOS Y VIGAS CARGADORAS</b>	216 kgf/m
--	-----------

<b>PESO A DISTRIBUIR</b>	249,0775 kgf/m
--------------------------	----------------

<b>CARGA PARA NERVIOS Y VIGAS CARGADORAS</b>				
	<b>DEAD</b>		<b>LIVE</b>	
<b>NERVIO</b>	124,53875	kgf/m	70	kgf/m
<b>VIGA CARGAD</b>	62,269375	kgf/m	35	kgf/m

### Anexo 17. Cálculo de puntales edificio 1, planta baja

PAREDES EXTERIORES												
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)	Area Acero(cm)	AREA REPRESENTADO			W (m)		
PB-1	4,3	3,3	3,3	5,42	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PB-2	2,25	3,3	3,3	3,99	1,33	10	2,01	32,11	64,54	1330	1265,46	127
PB-3	1,15	3,3	3,3	3,49	1,16	10	2,01	32,11	64,54	1160	1095,46	110
PB-4	3,15	3,3	3,3	4,56	1,52	10	2,01	32,11	64,54	1520	1455,46	146
PB-5	4,3	3,3	3,3	5,42	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PB-6	4,65	3,1	3,1	5,59	1,86	10	2,01	32,11	64,54	1860	1795,46	180
PB-7	4,65	3,1	3,1	5,59	1,86	10	2,01	32,11	64,54	1860	1795,46	180
PB-8	3,15	3,3	3,3	4,56	1,52	10	2,01	32,11	64,54	1520	1455,46	146
PB-9	9,3	3,1	3,1	9,8	3,27	10	2,01	32,11	64,54	3270	3205,46	321
PB-10	4,3	3,3	3,3	5,42	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PB-11	4,3	3,3	3,3	5,42	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PB-12	2,55	3,3	3,3	4,17	1,39	10	2,01	32,11	64,54	1390	1325,46	133
PB-13	1,75	3,3	3,3	3,74	1,25	10	2,01	32,11	64,54	1250	1185,46	119
PB-14	2,55	3,3	3,3	4,17	1,39	10	2,01	32,11	64,54	1390	1325,46	133
PB-15	1,75	3,3	3,3	3,74	1,25	10	2,01	32,11	64,54	1250	1185,46	119
PB-16	6,5	3,1	3,1	7,2	2,4	10	2,01	32,11	64,54	2400	2335,46	234
PB-17	0,8	3,1	3,1	3,2	1,07	10	2,01	32,11	64,54	1070	1005,46	101
PB-18	9,3	3,1	3,1	9,8	3,27	10	2,01	32,11	64,54	3270	3205,46	321
PAREDES INTERIORES												
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)	Area Acero(cm)	AREA REPRESENTADO			W (m)		
PB-19	8,35	3	3	8,87	2,96	10	1,01	32,11	32,43	2960	2927,57	293
PB-20	0,9	3	3	3,13	1,04	10	2,01	32,11	64,54	1040	975,46	98
PB-21	2,22	3	3	3,73	1,24	10	2,01	32,11	64,54	1240	1175,46	118
PB-22	4,1	3	3	5,08	1,69	10	2,01	32,11	64,54	1690	1625,46	163
PB-23	5	3	3	5,83	1,94	10	2,01	32,11	64,54	1940	1875,46	188
PB-24	2,5	3	3	3,91	1,3	10	2,01	32,11	64,54	1300	1235,46	124
PB-25	1,6	3	3	3,4	1,13	10	2,01	32,11	64,54	1130	1065,46	107
PB-26	4	3	3	5	1,67	10	2,01	32,11	64,54	1670	1605,46	161
PB-27	7,3	3	3	7,89	2,63	10	2,01	32,11	64,54	2630	2565,46	257
PB-28	3,5	3	3	4,61	1,54	10	2,01	32,11	64,54	1540	1475,46	148
PB-29	1,7	3	3	3,45	1,15	10	2,01	32,11	64,54	1150	1085,46	109
PB-30	3,85	3	3	4,88	1,63	10	2,01	32,11	64,54	1630	1565,46	157
PB-31	4,1	3	3	5,08	1,69	10	2,01	32,11	64,54	1690	1625,46	163
PB-32	1,75	3	3	3,47	1,16	10	2,01	32,11	64,54	1160	1095,46	110
PB-33	5,95	3	3	6,66	2,22	10	2,01	32,11	64,54	2220	2155,46	216
PB-34	0,8	3	3	3,1	1,03	10	2,01	32,11	64,54	1030	965,46	97
PB-35	2,95	3	3	4,21	1,4	10	2,01	32,11	64,54	1400	1335,46	134
PB-36	2,95	3	3	4,21	1,4	10	2,01	32,11	64,54	1400	1335,46	134
PB-37	5,95	3	3	6,66	2,22	10	2,01	32,11	64,54	2220	2155,46	216
PB-38	0,7	3	3	3,08	1,03	10	2,01	32,11	64,54	1030	965,46	97
PB-39	2,05	3	3	3,63	1,21	10	2,01	32,11	64,54	1210	1145,46	115
PB-40	2,85	3	3	4,14	1,38	10	2,01	32,11	64,54	1380	1315,46	132
PB-41	1,4	3	3	3,31	1,1	10	2,01	32,11	64,54	1100	1035,46	104
PB-42	1,6	3	3	3,4	1,13	10	2,01	32,11	64,54	1130	1065,46	107
PB-43	8,6	3	3	9,11	3,04	10	2,01	32,11	64,54	3040	2975,46	298
PB-44	0,8	3	3	3,1	1,03	10	2,01	32,11	64,54	1030	965,46	97
PB-45	5,6	3	3	6,35	2,12	10	2,01	32,11	64,54	2120	2055,46	206

Anexo 18. Cálculo de puntales edificio 1, primera planta alta

PAREDES EXTERIORES											
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)	Area Acero(cm)	AREA REPRESENTADO				W (m)
PA1-1	4,77	3,3	5,8	1,93	10	2,01	32,11	64,54	1930	1865,46	187
PA1-2	4,3	3,3	5,42	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PA1-3	2,56	3,3	4,18	1,39	10	2,01	32,11	64,54	1390	1325,46	133
PA1-4	4,31	3,3	5,43	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PA1-5	4,31	3,3	5,43	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PA1-6	2,93	3,1	4,27	1,42	10	2,01	32,11	64,54	1420	1355,46	136
PA1-7	3,04	3,1	4,34	1,45	10	2,01	32,11	64,54	1450	1385,46	139
PA1-8	2,75	3,3	4,3	1,43	10	2,01	32,11	64,54	1430	1365,46	137
PA1-9	2,8	3,1	4,18	1,39	10	2,01	32,11	64,54	1390	1325,46	133
PA1-10	3	3,3	4,46	1,49	10	2,01	32,11	64,54	1490	1425,46	143
PA1-11	2,95	3,3	4,43	1,48	10	2,01	32,11	64,54	1480	1415,46	142
PA1-12	4,31	3,3	5,43	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PA1-13	4,31	3,3	5,43	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PA1-14	4,31	3,3	5,43	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PA1-15	4,31	3,3	5,43	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PA1-16	2,74	3,1	4,14	1,38	10	2,01	32,11	64,54	1380	1315,46	132

### Anexo 19. Cálculo de puntales edificio 1, segunda planta alta

PAREDES EXTERIORES											
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)	Area Acero(cm)	AREA REPRESENTADO			W (m)	
PA2-1	4,55	3,3	5,62	1,87	10	2,01	32,11	64,54	1870	1805,46	181
PA2-2	4,5	3,3	5,58	1,86	10	2,01	32,11	64,54	1860	1795,46	180
PA2-3	2,6	3,3	4,2	1,4	10	2,01	32,11	64,54	1400	1335,46	134
PA2-4	4,31	3,3	5,43	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PA2-5	2,68	3,3	4,25	1,42	10	2,01	32,11	64,54	1420	1355,46	136
PA2-6	1,63	3,1	3,5	1,17	10	2,01	32,11	64,54	1170	1105,46	111
PA2-7	4,31	3,1	5,31	1,77	10	2,01	32,11	64,54	1770	1705,46	171
PA2-8	7,7	3,3	8,38	2,79	10	2,01	32,11	64,54	2790	2725,46	273
PA2-9	1,5	3,1	3,44	1,15	10	2,01	32,11	64,54	1150	1085,46	109
PA2-10	6,6	3,3	7,38	2,46	10	2,01	32,11	64,54	2460	2395,46	240
PA2-11	2,6	3,3	4,2	1,4	10	2,01	32,11	64,54	1400	1335,46	134
PA2-12	1,2	3,3	3,51	1,17	10	2,01	32,11	64,54	1170	1105,46	111
PA2-13	3	3,3	4,46	1,49	10	2,01	32,11	64,54	1490	1425,46	143
PA2-14	4,31	3,3	5,43	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PA2-15	4,31	3,3	5,43	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PA2-16	4,31	3,1	5,31	1,77	10	2,01	32,11	64,54	1770	1705,46	171
PA2-17	4,5	3,1	5,46	1,82	10	2,01	32,11	64,54	1820	1755,46	176
PA2-18	2,79	3,1	4,17	1,39	10	2,01	32,11	64,54	1390	1325,46	133
PA2-19	1,55	3,1	3,47	1,16	10	2,01	32,11	64,54	1160	1095,46	110
PAREDES INTERIORES											
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)	Area Acero(cm)	AREA REPRESENTADO			W (m)	
PA2-20	4	2,6	4,77	1,59	10	2,01	32,11	64,54	1590	1525,46	153
PA2-21	3,6	2,6	4,44	1,48	10	2,01	32,11	64,54	1480	1415,46	142
PA2-22	1,5	2,6	3	1	10	2,01	32,11	64,54	1000	935,46	94
PA2-23	1,12	2,6	2,83	0,94	10	2,01	32,11	64,54	940	875,46	88
PA2-24	0,47	2,6	2,64	0,88	10	2,01	32,11	64,54	880	815,46	82
PA2-25	1,53	2,6	3,02	1,01	10	2,01	32,11	64,54	1010	945,46	95
PA2-26	4,78	2,6	5,44	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PA2-27	4,65	2,6	5,33	1,78	10	2,01	32,11	64,54	1780	1715,46	172
PA2-28	2,26	2,6	3,44	1,15	10	2,01	32,11	64,54	1150	1085,46	109
PA2-29	1,1	2,6	2,82	0,94	10	2,01	32,11	64,54	940	875,46	88
PA2-30	1,78	2,6	3,15	1,05	10	2,01	32,11	64,54	1050	985,46	99
PA2-31	2,68	2,6	3,73	1,24	10	2,01	32,11	64,54	1240	1175,46	118
PA2-32	1,52	2,6	3,01	1	10	2,01	32,11	64,54	1000	935,46	94
PA2-33	3	2,6	3,97	1,32	10	2,01	32,11	64,54	1320	1255,46	126
PA2-34	2,45	2,6	3,57	1,19	10	2,01	32,11	64,54	1190	1125,46	113
PA2-35	2,4	2,6	3,54	1,18	10	2,01	32,11	64,54	1180	1115,46	112
PA2-36	2,4	2,6	3,54	1,18	10	2,01	32,11	64,54	1180	1115,46	112
PA2-37	1,5	2,6	3	1	10	2,01	32,11	64,54	1000	935,46	94
PA2-38	2,2	2,6	3,41	1,14	10	2,01	32,11	64,54	1140	1075,46	108
PA2-39	3,9	2,6	4,69	1,56	10	2,01	32,11	64,54	1560	1495,46	150
PA2-40	2,35	2,6	3,5	1,17	10	2,01	32,11	64,54	1170	1105,46	111
PA2-41	2,9	2,6	3,89	1,3	10	2,01	32,11	64,54	1300	1235,46	124
PA2-42	3,15	2,6	4,08	1,36	10	2,01	32,11	64,54	1360	1295,46	130
PA2-43	2,52	2,6	3,62	1,21	10	2,01	32,11	64,54	1210	1145,46	115
PA2-44	2,52	2,6	3,62	1,21	10	2,01	32,11	64,54	1210	1145,46	115
PA2-45	1,5	2,6	3	1	10	2,01	32,11	64,54	1000	935,46	94
PA2-46	2,52	2,6	3,62	1,21	10	2,01	32,11	64,54	1210	1145,46	115
PA2-47	0,95	2,6	2,77	0,92	10	2,01	32,11	64,54	920	855,46	86
PA2-48	1,5	2,6	3	1	10	2,01	32,11	64,54	1000	935,46	94
PA2-49	2,5	2,6	3,61	1,2	10	2,01	32,11	64,54	1200	1135,46	114
PA2-50	4	2,6	4,77	1,59	10	2,01	32,11	64,54	1590	1525,46	153

Anexo 20. Cálculo de puntales edificio 2, planta baja

PAREDES EXTERIORES											
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)	Area Acero(cm)	AREA REPRESENTATIVA				W(m)
PB-1	3	3,3	4,46	1,49	10	2,01	32,11	64,54	1490	1425,46	143
PB-2	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194
PB-3	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194
PB-4	3,7	3,3	4,96	1,65	10	2,01	32,11	64,54	1650	1585,46	159
PB-5	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194
PB-6	4,4	3,1	5,38	1,79	10	2,01	32,11	64,54	1790	1725,46	173
PB-7	4	3,3	5,19	1,73	10	2,01	32,11	64,54	1730	1665,46	167
PB-8	1	3,3	3,45	1,15	10	2,01	32,11	64,54	1150	1085,46	109
PB-9	1,8771	3,1	3,62	1,21	10	2,01	32,11	64,54	1210	1145,46	115
PB-10	2,1229	3,1	3,76	1,25	10	2,01	32,11	64,54	1250	1185,46	119
PB-11	2,0979	3,1	3,74	1,25	10	2,01	32,11	64,54	1250	1185,46	119
PB-12	1,8521	3,1	3,61	1,2	10	2,01	32,11	64,54	1200	1135,46	114
PB-13	5,05	3,3	6,03	2,01	10	2,01	32,11	64,54	2010	1945,46	195
PB-14	4,45	3,1	5,42	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PB-15	4,9504	3,3	5,95	1,98	10	2,01	32,11	64,54	1980	1915,46	192
PB-16	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194
PB-17	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194
PB-18	10	3,1	10,47	3,49	10	2,01	32,11	64,54	3490	3425,46	343
PB-19	8	3,1	8,58	2,86	10	2,01	32,11	64,54	2860	2795,46	280
PAREDES EXTERIORES											
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)	Area Acero(cm)	AREA REPRESENTATIVA				W(m)
PB-20	4,4	3,3	5,5	1,83	10	2,01	32,11	64,54	1830	1765,46	177
PB-21	4,75	4	6,21	2,07	10	2,01	32,11	64,54	2070	2005,46	201

## Anexo 21. Cálculo de puntales edificio 2, primera planta alta

	PAREDES EXTERIORES							AREA REPRESENTATIVA				W(m)
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)	Area Acero(cm²)						
PA1-1	3,31	3,3	4,67	1,56	10	2,01	32,11	64,54	1560	1495,46	150	
PA1-2	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194	
PA1-3	1,6	3,3	3,67	1,22	10	2,01	32,11	64,54	1220	1155,46	116	
PA1-4	1,6	3,3	3,67	1,22	10	2,01	32,11	64,54	1220	1155,46	116	
PA1-5	1,8	3,3	3,76	1,25	10	2,01	32,11	64,54	1250	1185,46	119	
PA1-6	5	3,1	5,88	1,96	10	2,01	32,11	64,54	1960	1895,46	190	
PA1-7	2,78	3,1	4,16	1,39	10	2,01	32,11	64,54	1390	1325,46	133	
PA1-8	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194	
PA1-9	3,4	3,1	4,6	1,53	10	2,01	32,11	64,54	1530	1465,46	147	
PA1-10	1,6	3,3	3,67	1,22	10	2,01	32,11	64,54	1220	1155,46	116	
PA1-11	10	3,3	10,53	3,51	10	2,01	32,11	64,54	3510	3445,46	345	
PA1-12	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194	
PA1-13	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194	
PA1-14	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194	
PA1-15	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194	
PA1-16	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194	
PA1-17	3,45	3,1	4,64	1,55	10	2,01	32,11	64,54	1550	1485,46	149	
PA1-18	3,2	3,1	4,46	1,49	11	2,01	32,11	64,54	1639	1574,46	157	
PA1-19	3,4	3,1	4,6	1,53	12	2,01	32,11	64,54	1836	1771,46	177	
PA1-20	2,75	3,1	4,14	1,38	13	2,01	32,11	64,54	1794	1729,46	173	
PA1-21	2,6	3,1	4,05	1,35	14	2,01	32,11	64,54	1890	1825,46	183	
PA1-22	2,745	3,1	4,14	1,38	15	2,01	32,11	64,54	2070	2005,46	201	
	PAREDES EXTERIORES							AREA REPRESENTATIVA				W(m)
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)	Area Acero(cm²)						
PA1-23	1,95	3,3	3,83	1,28	10	2,01	32,11	64,54	1280	1215,46	122	
PA1-24	1,95	3,3	3,83	1,28	10	2,01	32,11	64,54	1280	1215,46	122	
PA1-25	1,9	3,3	3,81	1,27	10	2,01	32,11	64,54	1270	1205,46	121	
PA1-26	3,5012	3,3	4,81	1,6	10	2,01	32,11	64,54	1600	1535,46	154	
PA1-27	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194	
PA1-28	3,345	3,1	4,56	1,52	10	2,01	32,11	64,54	1520	1455,46	146	
PA1-29	1,6	3,1	3,49	1,16	10	2,01	32,11	64,54	1160	1095,46	110	
PA1-30	10	3,3	10,53	3,51	10	2,01	32,11	64,54	3510	3445,46	345	
PA1-31	2,5	3,1	3,98	1,33	10	2,01	32,11	64,54	1330	1265,46	127	
PA1-32	2,5	3,3	4,14	1,38	10	2,01	32,11	64,54	1380	1315,46	132	
PA1-33	1,6	3,3	3,67	1,22	10	2,01	32,11	64,54	1220	1155,46	116	
PA1-34	1,65	3,3	3,69	1,23	10	2,01	32,11	64,54	1230	1165,46	117	
PA1-35	1,65	3,3	3,69	1,23	10	2,01	32,11	64,54	1230	1165,46	117	
PA1-36	3,85	3,3	5,07	1,69	10	2,01	32,11	64,54	1690	1625,46	163	
PA1-37	3,4	3,3	4,74	1,58	10	2,01	32,11	64,54	1580	1515,46	152	
PA1-38	1,6	3,3	3,67	1,22	10	2,01	32,11	64,54	1220	1155,46	116	
PA1-39	3,1	3,3	4,53	1,51	10	2,01	32,11	64,54	1510	1445,46	145	
PA1-40	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194	
PA1-41	2,05	3,3	3,88	1,29	10	2,01	32,11	64,54	1290	1225,46	123	
PA1-42	2,55	3,3	4,17	1,39	10	2,01	32,11	64,54	1390	1325,46	133	
PA1-43	0,75	3,3	3,38	1,13	10	2,01	32,11	64,54	1130	1065,46	107	
PA1-44	2,5	3,3	4,14	1,38	10	2,01	32,11	64,54	1380	1315,46	132	
PA1-45	2,5	3,3	4,14	1,38	10	2,01	32,11	64,54	1380	1315,46	132	
PA1-46	1,6	3,3	3,67	1,22	10	2,01	32,11	64,54	1220	1155,46	116	
PA1-47	2,5	3,3	4,14	1,38	10	2,01	32,11	64,54	1380	1315,46	132	
PA1-48	1,65	3,3	3,69	1,23	10	2,01	32,11	64,54	1230	1165,46	117	
PA1-49	1,75	3,3	3,74	1,25	10	2,01	32,11	64,54	1250	1185,46	119	
PA1-50	6,6	3,3	7,38	2,46	10	2,01	32,11	64,54	2460	2395,46	240	

## Anexo 22. Cálculo de puntales edificio 2, segunda planta alta

PAREDES EXTERIORES											
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)	Area Acero(cm)	AREA REPRESENTATIVA				W(m)
PA2-1	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194
PA2-2	1,3	3,3	3,55	1,18	10	2,01	32,11	64,54	1180	1115,46	112
PA2-3	1,6	3,3	3,67	1,22	10	2,01	32,11	64,54	1220	1155,46	116
PA2-4	2,1	3,3	3,91	1,3	10	2,01	32,11	64,54	1300	1235,46	124
PA2-5	2,775	3,3	4,31	1,44	10	2,01	32,11	64,54	1440	1375,46	138
PA2-6	5	3,1	5,88	1,96	10	2,01	32,11	64,54	1960	1895,46	190
PA2-7	4,9	3,1	5,8	1,93	10	2,01	32,11	64,54	1930	1865,46	187
PA2-8	5,1	3,3	6,07	2,02	10	2,01	32,11	64,54	2020	1955,46	196
PA2-9	2,2	3,1	3,8	1,27	10	2,01	32,11	64,54	1270	1205,46	121
PA2-10	3,2	3,3	4,6	1,53	10	2,01	32,11	64,54	1530	1465,46	147
PA2-11	4,6	3,3	5,66	1,89	10	2,01	32,11	64,54	1890	1825,46	183
PA2-12	5	3,3	5,99	2	10	2,01	32,11	64,54	2000	1935,46	194
PA2-13	1,3	3,3	3,55	1,18	10	2,01	32,11	64,54	1180	1115,46	112
PA2-14	1,7	3,3	3,71	1,24	10	2,01	32,11	64,54	1240	1175,46	118
PA2-15	2	3,3	3,86	1,29	10	2,01	32,11	64,54	1290	1225,46	123
PA2-16	3,1	3,1	4,38	1,46	10	2,01	32,11	64,54	1460	1395,46	140
PA2-17	1,9	3,1	3,64	1,21	10	2,01	32,11	64,54	1210	1145,46	115
PA2-18	5	3,1	5,88	1,96	10	2,01	32,11	64,54	1960	1895,46	190
PA2-19	4,1	3,1	5,14	1,71	10	2,01	32,11	64,54	1710	1645,46	165
PA2-20	3,7	3,1	4,83	1,61	10	2,01	32,11	64,54	1610	1545,46	155
PA2-21	2,2	3,1	3,8	1,27	10	2,01	32,11	64,54	1270	1205,46	121
PA2-22	3,05	3,1	4,35	1,45	10	2,01	32,11	64,54	1450	1385,46	139
PA2-23	4,45	3,1	5,42	1,81	10	2,01	32,11	64,54	1810	1745,46	175
PAREDES INTERIORES											
	L	H	Dm	W(m)	e(cm)	Area Acero(cm)	AREA REPRESENTATIVA				W(m)
PA2-24	5,7	2,6	6,26	2,09	10	2,01	32,11	64,54	2090	2025,46	203
PA2-25	1,65	2,6	3,08	1,03	10	2,01	32,11	64,54	1030	965,46	97
PA2-26	2,5	2,6	3,61	1,2	10	2,01	32,11	64,54	1200	1135,46	114
PA2-27	1,6	2,6	3,05	1,02	10	2,01	32,11	64,54	1020	955,46	96
PA2-28	1,6	2,6	3,05	1,02	10	2,01	32,11	64,54	1020	955,46	96
PA2-29	2,5	2,6	3,61	1,2	10	2,01	32,11	64,54	1200	1135,46	114
PA2-30	1,65	2,6	3,08	1,03	10	2,01	32,11	64,54	1030	965,46	97
PA2-31	1,6	2,6	3,05	1,02	10	2,01	32,11	64,54	1020	955,46	96
PA2-32	2,2	2,6	3,41	1,14	10	2,01	32,11	64,54	1140	1075,46	108
PA2-33	1,3	2,6	2,91	0,97	10	2,01	32,11	64,54	970	905,46	91
PA2-34	2,51	2,6	3,61	1,2	10	2,01	32,11	64,54	1200	1135,46	114
PA2-35	2,49	2,6	3,6	1,2	10	2,01	32,11	64,54	1200	1135,46	114
PA2-36	1,04	2,6	2,8	0,93	10	2,01	32,11	64,54	930	865,46	87
PA2-37	2,52	2,6	3,62	1,21	10	2,01	32,11	64,54	1210	1145,46	115
PA2-38	3,78	2,6	4,59	1,53	10	2,01	32,11	64,54	1530	1465,46	147
PA2-39	2,5	2,6	3,61	1,2	10	2,01	32,11	64,54	1200	1135,46	114
PA2-40	0,9	2,6	2,75	0,92	10	2,01	32,11	64,54	920	855,46	86
PA2-41	0,7	2,6	2,69	0,9	10	2,01	32,11	64,54	900	835,46	84
PA2-42	2,5	2,6	3,61	1,2	10	2,01	32,11	64,54	1200	1135,46	114
PA2-43	2,5	2,6	3,61	1,2	10	2,01	32,11	64,54	1200	1135,46	114
PA2-44	1,6	2,6	3,05	1,02	10	2,01	32,11	64,54	1020	955,46	96
PA2-45	1,6	2,6	3,05	1,02	10	2,01	32,11	64,54	1020	955,46	96
PA2-46	2,5	2,6	3,61	1,2	10	2,01	32,11	64,54	1200	1135,46	114
PA2-47	0,8327	2,6	2,73	0,91	10	2,01	32,11	64,54	910	845,46	85
PA2-48	3,47	2,6	4,34	1,45	10	2,01	32,11	64,54	1450	1385,46	139
PA2-49	3,1	2,6	4,05	1,35	10	2,01	32,11	64,54	1350	1285,46	129
PA2-50	3,5	2,6	4,36	1,45	10	2,01	32,11	64,54	1450	1385,46	139
PA2-51	4,45	2,6	5,15	1,72	10	2,01	32,11	64,54	1720	1655,46	166
PA2-52	3,1	2,6	4,05	1,35	10	2,01	32,11	64,54	1350	1285,46	129
PA2-53	3,7	2,6	4,52	1,51	10	2,01	32,11	64,54	1510	1445,46	145
PA2-54	3,7	2,6	4,52	1,51	10	3,01	32,11	96,65	1510	1413,35	141
PA2-55	3,7	2,6	4,52	1,51	10	4,01	32,11	128,76	1510	1381,24	138
PA2-56	4	2,6	4,77	1,59	10	5,01	32,11	160,87	1590	1429,13	143
PA2-57	4,5	2,6	5,2	1,73	10	6,01	32,11	192,98	1730	1537,02	154
PA2-58	2,5	2,6	3,61	1,2	10	7,01	32,11	225,09	1200	974,91	97
PA2-59	1,65	2,6	3,08	1,03	10	8,01	32,11	257,2	1030	772,8	77
PA2-60	2,8	2,6	3,82	1,27	10	9,01	32,11	289,31	1270	980,69	98
PA2-61	1,7055	2,6	3,11	1,04	10	10,01	32,11	321,42	1040	718,58	72
PA2-62	1,6	2,6	3,05	1,02	10	11,01	32,11	353,53	1020	666,47	67
PA2-63	2,5	2,6	3,61	1,2	10	12,01	32,11	385,64	1200	814,36	81
PA2-64	1	2,6	2,79	0,93	10	13,01	32,11	417,75	930	512,25	51
PA2-65	1,2	2,6	2,86	0,95	10	14,01	32,11	449,86	950	500,14	50
PA2-66	5	2,6	5,64	1,88	10	15,01	32,11	481,97	1880	1398,03	140
PA2-67	3,7	2,6	4,52	1,51	10	16,01	32,11	514,08	1510	995,92	100
PA2-68	3,7	2,6	4,52	1,51	10	17,01	32,11	546,19	1510	963,81	96
PA2-69	3,9	2,6	4,69	1,56	10	18,01	32,11	578,3	1560	981,7	98
PA2-70	3,9	2,6	4,69	1,56	10	19,01	32,11	610,41	1560	949,59	95
PA2-71	1,8	2,6	3,16	1,05	10	20,01	32,11	642,52	1050	407,48	41
PA2-72	1,1	2,6	2,82	0,94	10	21,01	32,11	674,63	940	265,37	27
PA2-73	1,8	2,6	3,16	1,05	10	22,01	32,11	706,74	1050	343,26	34