



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**Evaluación del comportamiento sísmico en edificaciones de
concreto armado**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER
EN INGENIERÍA CIVIL**

Autor:

Monja Maza Aurelio

<https://orcid.org/0000-0003-4889-7075>

Asesor:

MG. Varias Ruiz Joaquin Gabriel

<https://orcid.org/0000-0002-3622-6656>

Línea de Investigación

**Tecnología e Innovación en el desarrollo de la
Construcción y la Industria en un contexto de
Sostenibilidad**

Sublínea de Investigación

**Innovación y tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e
Infraestructura
Pimentel – Perú**

2024



Universidad
Señor de Sipán


DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy AURELIO MONJA MAZA, del Programa de Estudios de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

Evaluación del comportamiento sísmico en edificaciones de concreto armado

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Aurelio Monja Maza	73137718	
--------------------	----------	--

Pimentel, 26 de 08 de 2024

PAPER NAME

Documento sin título

AUTHOR

-

WORD COUNT

7072 Words

CHARACTER COUNT

38246 Characters

PAGE COUNT

28 Pages

FILE SIZE

45.2KB

SUBMISSION DATE

Sep 25, 2024 6:52 AM GMT-5

REPORT DATE

Sep 25, 2024 6:53 AM GMT-5

● **6% Overall Similarity**

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 4% Internet database
- 3% Submitted Works database
- 1% Publications database

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, por ser la fuente inagotable de vida, fortaleza y sabiduría que me permitió llegar hasta aquí, por su constante presencia en cada paso que di, y por iluminar mi camino incluso en los momentos más difíciles. A mi familia, especialmente a mis padres y hermanos, quienes han sido mi refugio y motor, gracias por enseñarme que con perseverancia y esfuerzo todo es posible. Su gran apoyo, sus palabras de motivación y su ejemplo de integridad me han impulsado a superar los desafíos y a continuar avanzando con determinación.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, quien con su infinita bondad y sabiduría me ha dado la fortaleza y las oportunidades para al fin lograr este hito tan importante en mi vida. A mis padres, quienes con su amor incondicional y constante apoyo han sido mi pilar fundamental. Gracias por enseñarme el valor de la perseverancia, por creer en mí cuando más lo necesitaba y por estar a mi lado en cada desafío. A mis hermanos, quienes con su cariño y compañía fueron mi fuente de inspiración y perseverancia; y sobre todo al ser más amado en esta vida mi hija y sobrino que está en el cielo quienes me impulsan y motivan a esforzarme al máximo en mis metas. Ustedes son y siempre serán mi mayor tesoro.

Índice

Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Resumen.....	7
Abstract.....	8
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Realidad Problemática.....	9
1.2 Formulación del problema	10
1.3 Hipótesis	11
1.4 Objetivos	11
1.5 Teorías Relacionadas al tema.....	11
II. METODO DE INVESTIGACION	12
III. RESULTADOS	24
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	27
V. REFERENCIAS.....	31

Resumen

El presente artículo de revisión está enfocado en describir sobre el comportamiento sísmico en edificios de concreto armado, con el objetivo de prevenir riesgos ocasionados por el colapso de la estructura en diferentes regiones sísmicas severas, ya que este fenómeno se presenta muy a menudo en la actualidad, asimismo se pretende analizar a las estructuras que estuvieron afectadas por dichos sismos y de acuerdo a ello proponer soluciones, incorporando nuevos métodos para mejorar la ductilidad, rigidez, planta simétrica y la resistencia lateral, además en investigaciones realizadas, han demostrado que los daños ocasionados por los sismos son relativamente considerables, es por ello que han optado por evaluar el comportamiento sísmico. Para este trabajo se revisó los resultados de investigaciones reportados en 50 artículos indexados en la base de datos Scopus durante los años 2018 al 2022, sobre la carga sísmica, las propiedades dinámicas de los edificios y sobre la pérdida de rigidez en la estructura. En conclusión, con esta evaluación del comportamiento sísmico en edificios de concreto nos permitió revisar las fallas y riesgos, asimismo se mencionó métodos de solución para mejorar la resistencia de las edificaciones, y así prevenir el colapso total de la estructura, como evitar pérdidas humanas y económicas.

Palabras clave: concreto armado, resistencia sísmica, riesgos, rigidez, ductilidad

Abstract

This review article is focused on describing the seismic behavior in reinforced concrete buildings, with the aim of preventing risks caused by the collapse of the structure in different severe seismic regions, since this phenomenon occurs very often today. Likewise, it is intended to analyze the structures that were affected by these earthquakes and accordingly propose solutions, incorporating new methods to improve ductility, rigidity, symmetrical plant and lateral resistance, in addition to research carried out, they have shown that the damage caused due to earthquakes are relatively considerable, which is why they have chosen to evaluate seismic behavior. For this work, the results of investigations reported in 50 articles indexed in the Scopus database during the years 2018 to 2022 were reviewed, on seismic load, dynamic properties of buildings and on the loss of rigidity in the structure. In conclusion, with this evaluation of the seismic behavior in concrete buildings it will allow us to review the failures and risks, as well as solution methods to improve the resistance of the buildings, and thus prevent the total collapse of the structure, how to avoid human losses and economic.

Keywords: reinforced concrete, seismic resistance, risks, stiffness, ductility

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

El sismo constituye un fenómeno natural el cual no se puede eludir ni predecir, lo que sí se puede es minimizar los daños provocados por un sismo de gran magnitud, esto mejorando la resistencia a la fuerza lateral de la estructura mediante prácticas de diseño y construcción diferentes a los métodos tradicionales [1]. A pesar del continuo desarrollo de la ciencia, asimismo de la tecnología, como también de la comprensión de los sismos es todavía muy limitada y es difícil predecirlos de manera efectiva. Por lo tanto, el análisis del desempeño sísmico de los edificios es muy importante [2].

En un terremoto de cierta proporción se origina distintos grados de intensidad de un sismo en los lugares vecinos del punto focalizado, y en consecuencia provoca daños estructurales instigados en las edificaciones que se diferencia de un lugar a otro [3]. Los temblores no son pronosticables y esto puede ocasionar daños de gran importancia en las estructuras de concreto armado.

Asimismo, el movimiento del suelo puede dañar y causar la muerte en un lugar determinado dentro de un período de tiempo [4]. Se pueden considerar diferentes estrategias para mitigar desastres sísmicos basados en modelos de evaluación de riesgos. Las medidas de mitigación de riesgos y la planificación de las medidas de seguridad para los desastres sísmicos por adelantado han ganado interés en las comunidades científicas y profesionales para prevenir desastres sísmicos [5].

Por esta razón, para disminuir las fallas, daños y colapso en las estructuras, es esencial reforzar estas estructuras en las regiones ubicadas en zonas sísmicas. Del mismo modo, si la estructura presenta alguna afección, esta tendrá distintos rangos de daño y la rigidez ya no será la misma. Las fuerzas que actúan en el interior de la estructura cambiarán su distribución. Por lo tanto, se

afectará a otras partes de la estructura y ocasionará un colapso progresivo [6].

Entre los diversos efectos del terremoto, la falla estructural y el colapso debido al temblor del suelo es una de las primordiales causas que generan las pérdidas de vidas y económicas [7].

Unos de los problemas que se ven hoy en día son de acuerdo a los edificios de gran altura de concreto armado que involucran diferentes escenarios sísmicos, como terremotos de campo cercano y lejano, de modo que pueden resultar en diferentes niveles y estructuras de escenarios sísmicos complejos relacionados con el daño global, por lo cual será muy severo en las partes estructurales [8].

Para indagar sobre el respectivo comportamiento sísmico de una determinada estructura, se debe tener en cuenta dos principales cuestiones: primeramente, establecer un modelo que incluya detalles vitales manteniendo su simplicidad y, segundo, elegir un método óptimo para el análisis del modelo estimando la precisión y reduciendo tiempo en el análisis [9].

En general las edificaciones existentes, en especial los edificios de concreto armado, han sido diseñadas con la finalidad de soportar básicamente las cargas de gravedad. En este ámbito, la evaluación sísmica es muy crucial para definir la mejor solución de reacondicionamiento con el propósito de mejorar el nivel de rendimiento de las estructuras existentes de acuerdo con los códigos modernos y los respectivos requisitos de seguridad [10].

Las estructuras de concreto suelen estar sujetas al deterioro y daño precoz, principalmente en donde es más frágil, esto porque no han sido diseñadas y construidas adecuadamente o también cuando los materiales no son los adecuados y cuando las circunstancias ambientales son inadecuadas [11].

1.2 Formulación del problema

¿En qué medida influye la evaluación del comportamiento sísmico de las edificaciones de concreto?

1.3 Hipótesis

La influencia de la evaluación mejora considerablemente el comportamiento sísmico de las edificaciones de concreto

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento sísmico en edificios de concreto armado

1.4.2 Objetivos específicos

Describir el comportamiento sísmico en edificios de concreto armado a través de una revisión bibliográfica.

Analizar las fallas estructurales resultado de un determinado sismo de gran magnitud.

Analizar los riesgos ocasionados por el colapso de la estructura en diferentes regiones sísmicas severas.

1.5 Teorías Relacionadas al tema

La Evaluación del daño probable

De gran magnitud de un determinado sismo sobre edificios e instalaciones se basa fundamentalmente en un estudio estructural preciso, que tiene una base empírica la cual depende de los respectivos movimientos históricos del suelo. Con respecto a la probabilidad de daño y falla en límites discretos basados en diferentes movimientos del suelo se llega a estimar mediante curvas de fragilidad [12]. Por lo general, los sistemas de estabilizadores de hormigón vienen hacer un sistema estructural eficaz para que de esta manera los edificios puedan soportar las cargas sísmicas de una manera idónea [13].

La zona sísmica las estructuras

Garantizan una adecuada resistencia, asimismo de una capacidad de disipación para sucesos de alto riesgo, asimismo se deben limitar como disminuir el daño que se provoquen a elementos no estructurales (por ejemplo, muros de relleno)

esto para sismo caracterizados que se generan con mayor suceso [14].

Evaluación instantánea

Proporciona una base científica para los tomadores de decisiones y podría perfeccionarse la eficiencia del rescate de emergencia. La exposición de construcciones de concreto armado a condiciones del medio ambiente agresivas produce la llamada corrosión de las respectivas barras de refuerzo de acero y el deterioro del rendimiento estructural contra la gravedad y las cargas sísmicas [15].

Las técnicas de mejoramiento sísmico

Tienen el hecho de dividirse en 2 categorías básicas, dependiendo de la manera en que “tratan” la composición. Antes que nada, permanecen los que operan a grado de componente (medidas locales) y después los que operan sobre la composición en su grupo (medidas globales). Desde luego, una vez que hablamos de mejorar un inmueble real, numerosas técnicas tienen la posibilidad de y tienen la posibilidad de necesitar combinarse, abordando sus propiedades concretas, en consecuencia, se logre conceder un esquema de fortalecimiento rentable [16]. Por otra parte, para mejorar el comportamiento sísmico de un edificio se puede instalar amortiguadores para absorber energía sísmica [17].

Procedimientos de ingeniería sísmica

Establecen las propiedades dinámicas de las construcciones de los inmuebles y su uso para evaluar la conducta confiable de dichas construcciones, hasta el desenlace de su historia eficaz [18]. Es por ello que la industria de la construcción antisísmica emplea enfoques y requisitos específicos para el diseño de edificios y estructuras, que se establecen en documentos normativos [19].

II. METODO DE INVESTIGACION

El presente trabajo se elaboró utilizando la base de datos Scopus, siguiendo los lineamientos establecidos de la revista de Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación, se analizaron 50 artículos indexados, donde se encontraron 19 artículos

del 2018 al 2020 y 31 del 2021 al 2022. Para la búsqueda exhaustiva de los respectivos artículos se emplearon las siguientes palabras clave: concreto armado, resistencia sísmica, riesgos, rigidez, ductilidad.

II.1 Importancia de la resistencia del concreto armado

La gran importancia de la resistencia del concreto armado básicamente es para soportar las cargas que se someten a la estructura entre las cuales se destacan las cargas dinámicas, ya que en este se puede dar a causa de un sismo, y al tener una buena resistencia la estructura será más eficiente para soportar dicho sismo. Cuando las ondas de un terremoto golpean la base o cimiento de cualquier estructura, la estructura reacciona automáticamente con respecto al movimiento del suelo. Además, se ha visualizado que la respuesta de la estructura suele ser mayor con respecto al movimiento del suelo. Este aumento de la respuesta estructural en comparación con el suelo debido a la onda del terremoto se le nombra amplificación dinámica [4].

Por otra parte, la falla de la estructura da inicio en los puntos débiles de la estructura, en lo cual estos puntos más débiles pueden deberse a irregularidades o discontinuidades en la geometría, rigidez y masa de la estructura, en la que estas estructuras irregulares contienen una gran proporción de la infraestructura urbana, en el cual la diferencia considerable en rigidez y masa de un piso a otro hace que los atributos dinámicos de estas estructuras no sean exactamente los mismos que los de la estructura regular. En la cual para las fallas que pueden presentar la estructura la resistencia del concreto armado, es de vital utilidad, ya que al tener una buena resistencia permitirá que la estructura no colapse ante sismo de gran magnitud [1]. Además, sabemos que la estructura de hormigón normal se destruirá fácilmente en el terremoto, mientras que la estructura de concreto armado es muy resistente a los sismos, puede tolerar los daños causados por el terremoto [2].

II.2 Práctica general de la prevención de los sismos en las edificaciones

El primer paso para mitigar el riesgo sísmico de dichas estructuras es evaluar su comportamiento sísmico y, en particular, identificar sus deficiencias estructurales [20]. Para mitigar las pérdidas por terremotos se puede realizar mediante el fortalecimiento de los edificios y de esta manera reducir el riesgo sísmico lo cual es una estrategia económica [21].

Con la finalidad de mejorar la respuesta a las acciones sísmicas de los edificios de concreto armado existentes, en el transcurso del tiempo, el sistema de aislamiento con dispositivos de péndulo de fricción se han transformado en una de las primordiales soluciones más prácticas y sencillas, en la cual las principales ventajas del uso de dispositivos de péndulo de fricción están relacionadas con la obtención de un valor del periodo de aislamiento que no depende de la masa de la superestructura, con la respuesta de autorrecentrado posterior al evento y con la capacidad de disipación de energía [8].

Básicamente, los dispositivos de péndulo de fricción son capaces de realizar una desconexión entre la superestructura y los cimientos del edificio y absorber la mayor parte de la demanda de desplazamiento con referencia a la respuesta sísmica del sistema estructural global, lo cual es una prevención muy optima ante los sismos de gran magnitud [7].

Por lo tanto, parece obligatorio tener en cuenta la formación y modificación del modelo de relaciones externas a lo largo de la vida útil para obtener una previsión precisa del estado tensión-deformación de las estructuras portantes del edificio [22].

Con respecto a las principales perspectivas para construir un edificio que sea resistente a fuerzas sísmicas básicamente vienen hacer cuatro, la primera es la selección del sistema de resistencia respecto a la carga lateral, la segunda es la configuración de la resistencia de carga lateral propuesta sistema, la tercera viene hacer sus características dinámicas básicas, y por último es su calidad de

construcción [23].

Por otra parte, se sabe que los edificios de gran altura son sensibles a las fuerzas laterales y tienden a estar sometidos a las fuerzas laterales del terremoto, en tal caso el edificio debe estar pre-equipado con suficiente rigidez lateral, resistencia, ductilidad, menor desplazamiento lateral y menor deformabilidad. Tales disposiciones requieren elementos de resistencia respecto a la carga lateral, los cuales van a permitir una mayor resistencia de la estructura y una mayor prevención ante los sismos [24].

Por consiguiente, tenemos que las técnicas tradicionales hacen uso de materiales convencionales como el hormigón y el acero estructural, mientras que las nuevas emplean materiales más innovadores como los polímeros reforzados con fibra, los morteros reforzados con textiles, etc. Lo cual nos permite que la estructura tenga una mayor resistencia ante futuros sismos. Por otro lado, se encuentra el estabilizador que viene hacer un sistema de resistencia a terremotos que se une a las columnas perimetrales a las paredes interiores del núcleo para comportarse como un sistema para resistir las cargas del terremoto. El sistema de estabilizadores estructurales mejora la rigidez lateral de los edificios altos y aumenta su resistencia durante los terremotos. Cuando las cargas sísmicas afectan la estructura, las columnas perimetrales reducen el momento en el núcleo por los estabilizadores a través de la tensión en las columnas sísmicas enfrentadas y comprimen las columnas opuestas [13].

Además, sabemos que las cargas que se transfieren desde el núcleo a las columnas exteriores mediante dos técnicas de método o en otro sentido, existen dos tipos de sistemas de estabilizadores según la transferencia de carga, que son los sistemas convencionales y virtuales [13].

Asimismo, permite aumentar la resistencia lateral de un edificio, también existe la alternativa de disminuir las fuerzas inducidas por el terremoto, lo que se puede

lograr reduciendo la masa y / o reduciendo la rigidez lateral de la estructura. Con respecto a la reducción de masa se puede lograr mediante el uso de tabiques más livianos, remoción de pisos, etc., mientras que la reducción de la rigidez se logra mediante el empleo de aisladores de base, asimismo de sistemas de disipación de energía [23].

Una prevención de los sismos en las edificaciones es la de construir una chaqueta de concreto armado alrededor del elemento inicial, ampliando así su área de sección y aumentando tanto su refuerzo longitudinal como transversal. Esta técnica permite aumentar en gran medida la capacidad de flexión y corte del miembro, así como su ductilidad [24].

Además, para de la prevención de los sismos en las edificaciones se puede emplear el método de refuerzo sísmico CFT-MF, dado que es una técnica novedosa para superar y mejorar las limitaciones de los métodos de fortalecimiento sísmico existentes, el cual aprovecha al máximo las ventajas tanto del hormigón como de los tubos de acero, mejorando así significativamente la constructibilidad y aumentando la integración entre la estructura existente y las juntas de refuerzo. Este método entra en la categoría de los típicos métodos de rehabilitación sísmica que se centran en el aumento de la resistencia, en los que la cantidad necesaria de refuerzo sísmico puede calcularse fácilmente [11].

Por último, las medidas para reducir los daños causados por los terremotos en los edificios incluyen la adición de estructuras amortiguadoras a los edificios. La absorción de impactos se refiere a instalar o agregar algunos componentes disipadores de energía con una fuerte capacidad de deformación (como un soporte, una pared de corte, un conector, etc.) en edificios, o instalar dispositivos en algunas partes de las estructuras, como una capa intermedia, una junta, etc. Cuando ocurra el terremoto, la energía transmitida desde el epicentro al edificio se puede convertir en energía térmica para consumir la energía sísmica, reduciendo así la respuesta

generada por la estructura [25].

II.3 Comportamiento sísmico en la edificación

Los ingenieros estructurales suelen diseñar las superestructuras asumiendo que están fijas en la base, transfiriendo las reacciones a la infraestructura para desarrollar el sistema de cimentación y calcular los desplazamientos del suelo, sin tener en cuenta el impacto que esto tiene en la respuesta sísmica [26].

Por ende, se debe saber que un sismo de cierta fuerza provoca diferentes intensidades de vibración en los lugares vecinos del hipocentro y, por lo tanto, el daño de la estructura inducido a los edificios es diferente en cada lugar [3].

En términos conceptuales, el riesgo sísmico es función de tres componentes probabilísticos: peligro, exposición y vulnerabilidad [27]. Entonces si los requisitos de un edificio son insuficientes, entonces se debe fortalecer la estructura y así enriquecer la capacidad estructural de la construcción [28]

Por otro lado, vemos que el comportamiento sísmico de los edificios es muy importante. Si el rendimiento sísmico es demasiado bajo, una vez ocurre un terremoto, puede afectar seriamente la seguridad de la vida de un morador, asimismo de la propiedad, por tanto, es de gran importancia para la construcción de ciudad inteligente para estudiar el comportamiento sísmico de estructura de edificio prefabricado y explorar su aplicación [29].

Además, se sabe que, las edificaciones con gran altura son susceptibles a las fuerzas laterales por lo que están sometidas a fuerzas sísmicas, entonces los edificios deben tener la suficiente rigidez lateral, ductilidad, resistencia, menor desplazamiento lateral y menor deformabilidad [24].

Un estándar mínimo de sismos para edificios modernos, con utilidad bien establecida, se logra determinando las operaciones de diseño para el estado límite necesario, y empleando en un sistema estructural establecido para precisar las tensiones críticas que se pueden producir en los elementos [30].

Los recientes sismos de gran fuerza (por ejemplo, en Sur de Europa) manifiesta también la poca resistencia sísmica de los edificios antiguos, de los cuales fueron muchos los que colapsaron mediante las excitaciones sísmicas que como efecto se obtuvo pérdidas económicas de consideración, lesiones graves y muertes de personas [23]. Además, la vulnerabilidad estructural se define como la susceptibilidad al daño que tienen las estructuras en sus cimientos, pilares, muros, vigas y losas [31].

Los desastres de estructuras de concreto armado a lo largo de fuertes sismos en los últimos 60 años en todo el mundo señalaron que el croquis de conexiones viga-columna para que continúen flexible mientras se produce la excitación sísmica es un factor primordial para asegurar la permanencia estructural de los pórticos dúctiles resistentes a momentos [32].

La edificación estimada en ocasiones de sismos con intensidad de 7 grados no padece daños significativos y mantiene su capacidad útil. A lo largo de un sismo con intensidad de 8 grados, se aprecia una reducción significativa (hasta un 55%) en la continuidad de oscilación natural (degradación de los parámetros dinámicos), la cual es ocasionada por daños cruciales en los elementos portantes. La mayor cuantía de daño sucede en la fase activa de la acción del sismo [18]. Es por ello que, en estos casos, el amortiguador puede aumentar la rigidez de la estructura y acortar el período de auto-vibración, reduciendo así la respuesta de la estructura, como el desplazamiento de la capa y el cizallamiento de la capa [33].

Las investigaciones muestran que las estructuras presentan una gran debilidad frente a fuerzas horizontales o sísmicas debido a su diseño constructivo. Esta fragilidad se debe a las características inherentes de su configuración y a factores ambientales. Además, las edificaciones suelen soportar una gran masa debido a la forma de sus cubiertas y al peso de los muros. Por otro lado, las cargas dinámicas de un sismo tienden a separar los muros y el material, afectando directamente la cohesión estructural [34]

II.4 Opciones para mejorar la resistencia sísmica de edificaciones de concreto armado

Un sistema práctico de aislamiento sísmico debe cumplir los siguientes requisitos: Suficiente flexibilidad horizontal para aumentar el período estructural y las demandas espectrales, excepto en sitios de suelo muy blando. Suficiente capacidad respecto a la disipación de energía con la finalidad de limitar el desplazamiento esto mediante aisladores a un nivel sencillo. Rigidez adecuada para que los edificios aislados no sean muy diferentes de un edificio esto se va ejecutar a base fija bajo carga de servicio global [35].

Protección sísmica tradicional de los edificios civiles: Proporciona la confiabilidad de sus marcos bajo las cargas sísmicas de diseño al aumentar las propiedades de resistencia y deformación tanto de todo el marco como de sus elementos estructurales [36].

Revestimiento de concreto armado / mortero: La técnica primordial y más tradicional de mejora sísmica de elementos de concreto armado es fabricar una chaqueta de concreto armado en torno al elemento principal, extendiendo así su área de sección e incrementando su refuerzo longitudinal y transversal. Este método puede adicionar de gran manera la idoneidad de flexión, corte del miembro y también su ductilidad. Asimismo, debido al crecimiento de las magnitudes y el aumento de refuerzo complementario a la flexión, también la rigidez a la flexión del elemento, a veces es un efecto secundario no deseable [23].

Analizaron el comportamiento de un sismo en sistemas estructurales duales en configuración de pórticos de acero que resisten al momento junto a los muros de corte de concreto armado o pórticos arriostrados centradamente, y manifestó que el método en pórticos de acero resistentes al momento acompañados de pórticos reforzados. Por otro lado, el muro de corte de concreto posee mucho más ductilidad y factor de transformación de respuesta y se comprende con más capacidad respecto

a los demás [37].

Muestra de muro de concreto prefabricado híbrido: En relación con las estructuras habituales de concreto prefabricado, la estructura híbrida de muros de concreto prefabricado posee mayor calidad, son estructuras parcialmente simples y una sobresaliente función en resistencia sísmica. Herrero averiguó una acoplación de acero dulce (grado 400) y acero de postensado no adherido de alta resistencia para conseguir resistencia lateral mediante juntas horizontales. Así resultando que facilita un autocentrado al edificio y regresará a su posición inicial luego del sismo y la disipación de energía para regular el desplazamiento horizontal [15].

II.5 Evaluación de las edificaciones afectadas por los sismos

La evaluación sísmica de las estructuras existentes se basa en determinar el daño probable que ocurrirá durante la vida útil de estas estructuras debido a la excitación sísmica del movimiento del suelo [38].

Por lo tanto, el riesgo sísmico en términos de niveles de daño es el punto de partida para la evaluación de indicadores de impacto adicionales comúnmente utilizados con fines de protección civil. Su cálculo y representación tiene como objetivo no solo establecer y hacer cumplir las estrategias de respuesta y mitigación para reducir las pérdidas por terremotos, sino también mejorar las medidas de preparación y la planificación de emergencias [39].

Asimismo, los sistemas estructurales resistentes a los sismos convencionales pueden estar sujetos a deformaciones permanentes y daños a través de fuertes terremotos, lo que puede inducir considerables costos de reparación después del terremoto, por lo que los marcos de acero de cuatro y nueve pisos se diseñan y analizan con y sin el sistema propuesto para cuantificar su desempeño sísmico utilizando [20].

Los derrumbes o daños graves de los edificios existentes durante fuertes terremotos han resultado en importantes pérdidas, lesiones graves y pérdida de vidas

humanas. Dada la tardía introducción de los estándares sísmicos modernos y el gran número de edificios sub-diseñados existentes, el interés científico ha sido progresivamente [23].

Es por ello que se debe tener en cuenta que el Daño Limitado de Estado Límite (DL) incluye, la deformación en el pico de la resistencia máxima a la compresión de la cubierta de concreto, establecida en 0.2% y después del cual hay una disminución significativa de la resistencia a la compresión [40].

Por lo consiguiente se sabe que los ingenieros pueden evaluar el comportamiento sísmico de los edificios existentes y los elementos de estos edificios, de manera similar, e informar los resultados de la evaluación a los propietarios de edificios y a las organizaciones responsables de su gestión. Las pautas de SAEB son para todo tipo de edificios existentes que cubren todas las épocas y todo tipo de materiales de construcción [12].

Asimismo, se pueden utilizar los valores de los periodos obtenidos a través de las vibraciones ambientales, para controlar y verificar la calidad de una obra rehabilitada, controlar los daños ocasionados por un sismo, calibrar modelos estructurales, evaluar vulnerabilidad sísmica, entre otros [41].

A continuación, presenta tres tipos de evaluaciones con mayor exactitud

La Evaluación Sísmica Inicial (ISA) es el primer paso recomendado de la evaluación sísmica de cualquier edificio existente y se considera un “primer vistazo” importante al desempeño del edificio. ISA es un “procedimiento cualitativo que implica observar los atributos del edificio y luego usarlos para desarrollar una comprensión holística de cómo el edificio responderá a un terremoto. Proporciona una evaluación inicial de su calificación de terremoto [30].

La Evaluación Sísmica Detallada (DSA) es “un procedimiento cuantitativo” que se utiliza para confirmar una calificación de terremoto para un edificio existente, “para identificar las necesidades de modernización y proporcionar un punto de referencia

para comparar la estrategia de mejora propuesta [30].

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los edificios se basa en los datos sobre la sismicidad del área, incluido el parámetro de movimiento del suelo, es decir, la aceleración máxima del suelo y el desplazamiento espectral, y las características del edificio, como el tipo, la antigüedad y la elevación de las estructuras [12].

Además, se sabe que los derrumbes de edificios es la causa más importante de la muerte de las personas. Esto conforme a las estadísticas, el 95% de las muertes en el sismo son provocados por el colapso de edificios, por lo que el diseño sísmico de edificios es un elemento clave en el diseño estructural de edificios. El efecto del amortiguador de desplazamiento está relacionado principalmente con el desplazamiento producido por los edificios cuando ocurre el terremoto. Cuanto mayor sea el desplazamiento, mejor será el efecto. Este amortiguador generalmente incluye amortiguador de metal y amortiguador de fricción [25].

Por lo que se cree capaz de hacer un análisis que examine el comportamiento del edificio en la gama plástica que incluye tres diferentes niveles de desempeño: Ocupación inmediata (IO), Seguridad de la vida (LS) y Prevención de colapso (CP). Estos niveles de rendimiento representan el rango de daños menores a mayores. Este estudio presenta el Aplicación de análisis no lineal para estudiar el comportamiento sísmico de un edificio diseñado [42]. Asimismo, la evaluación de estructuras deterioradas después de un terremoto dañino es una tarea desafiante que se complica aún más por la necesidad de tomar decisiones rápidas como resultado de la amenaza de réplicas. La práctica actual implica inspecciones visuales que son realizadas por expertos certificados. El objetivo de tales inspecciones es etiquetar los edificios como seguros o inseguros para su ocupación [14].

II.6 Metodologías empleadas en el concreto armado para la resistencia sísmica

Hoy en día, el reacondicionamiento sísmico a través de la estrategia de aislamiento representa una técnica consolidada de protección contra terremotos de

diseño. Esta técnica también se aplica ampliamente en estructuras existentes, debido a que generalmente no requiere ninguna interrupción del uso del edificio y evacuación de los ocupantes. En su caso, permite rápidamente el reacondicionamiento sísmico de un edificio instalado con dispositivos sísmicos con baja rigidez horizontal entre la estructura y el desacoplamiento de la cimentación, de hecho, esto permite el movimiento de la superestructura del suelo [43].

II.7 Reforzamiento estructural:

Las estrategias de refuerzo, al igual que en otros sistemas estructurales, lleguen a enfocar en dotar a los muros asimismo de todo el respectivo sistema de las características necesarias con el fin de lograr resistir un sismo, tales como rigidez, asimismo de su respectiva resistencia, por último, de su capacidad de ductilidad ante el desplazamiento. Resistir un sismo implica evitar el colapso, reduciendo al máximo el número de víctimas y preservando el patrimonio histórico [17].

II.8 Método de ruta alternativa mejorado

Las estructuras colapsadas estudiadas por el método tradicional de ruta alternativa tienen dos características. Primero, Las causas del daño inicial de la estructura incluyen principalmente explosiones, accidentes automovilísticos, terrorismo. ataques, fuego, etc. El daño inicial de la estructura causado por estos factores generalmente se enfoca en un área muy pequeña de la estructura general. El grado de daño de los componentes suele ser muy grave y la capacidad de carga está casi perdida. El segundo es la carga que provoca el colapso de la estructura. Tradicional El método de ruta alternativa tiene como objetivo estudiar el colapso progresivo de estructuras bajo carga vertical como cargas de gravedad. Después de quitar las columnas, las columnas restantes se someten principalmente a flexión. momentos y fuerzas axiales mientras que las vigas están

sometidas principalmente a momentos flectores y fuerzas cortantes [6].

II.9 Método de FRP (polímeros reforzados con fibra)

Revestimiento de polímeros reforzado con fibra Probablemente la técnica más popular para el reacondicionamiento sísmico de elementos individuales de concreto armado que implica el uso de polímeros reforzados con fibra, en comparación con los métodos de modernización tradicionales, por lo que los polímeros reforzados con fibra son una alternativa muy competitiva, ya que ofrecen facilidad y velocidad de instalación, menos trabajo de mano de obra, cambios geométricos mínimos, una relación resistencia / peso muy alta y una interrupción mínima de la ocupación [16].

En otra parte los polímeros reforzados con fibra, se utilizan normalmente en el campo del refuerzo de elementos de concreto armado como refuerzo adherido externamente refuerzo adherido externamente y pueden ser aplicado (normalmente) de dos formas distintas. La primera y más frecuente es utilizar polímeros reforzado con fibra, en forma de tejidos y unirlos al sustrato de hormigón mediante resinas epoxi. De esta forma, se pueden utilizar como refuerzo a cortante en vigas y pilares con estribos insuficientes para asegurar una respuesta dúctil a la flexión. Además, cuando se envuelven alrededor de columnas proporcionan confinamiento al hormigón interior y de esa manera aumentan significativamente la ductilidad de la sección [16].

III. RESULTADOS

Los autores [18] presentaron el siguiente resultado en el país de Tailandia Después de emplear los elementos de resistencia a la carga lateral (muro de cortante y arriostramiento) con varias configuraciones, el valor de cortante base cambia para cada modelo. El cizallamiento de base más alto está interrelacionado con el tipo de elemento de resistencia a la carga lateral y una

posición lucrativa de los elementos de resistencia a la carga lateral. Este resultado tiene similitud con el trabajo realizado por los autores [44], que presentaron modelamientos No. M-1 M-2, M-3, M-4, M-5, M-6, M-7, M-8 y M-9 realizados en la india y de esta manera obtuvieron el resultado que la rigidez lateral del edificio disminuye, cuando se aumenta la altura del edificio. Luego de que la rigidez lateral de la planta del edificio fue mejorada después de aplicar los elementos de resistencia a la carga lateral (muro de corte y arriostramiento), el aumento o disminución del valor de la rigidez de la planta es directamente proporcional al tipo, configuración y posicionamiento de sus elementos.

Por otro lado, los autores [45], presentaron el resultado acerca del concreto armado con rejilla de fibra de carbono el cual tenía una excelente ductilidad en comparación con el concreto no reforzado. Con más capas de refuerzo de fibra de rejilla de carbono, la carga máxima era mayor y la capacidad de deformación aumentaba a medida que aumentaba el desplazamiento. Por consiguiente, los autores [46], dieron como resultados que, en la mayoría de los casos, la resistencia lateral y la capacidad de deformación aumentaron en comparación con las observadas en los edificios reforzados con barras B500B. Como el procedimiento de diseño de los edificios DPD2 y los edificios B500B era el mismo, el aumento de la resistencia lateral de las estructuras DPD2 se puede atribuir al endurecimiento sustancial del acero DPD2 después de ceder, lo que aumenta el factor de sobre resistencia de los edificios DPD2 en aproximadamente un 10%.

Los estribos añadidos demostraron una buena mejora con respecto al comportamiento sísmico y la capacidad máxima de corte. Sin embargo, ese estudio recomendó que el nivel máximo de la barra de refuerzo cortante contra una carga sísmica de baja a moderada no debería exceder el 0,4% [47]. Asimismo, la capacidad sísmica del edificio, antes y después de la modernización de FRP, se evaluó la eficacia de la rehabilitación sísmica. Los resultados muestran que, al

mejorar la resistencia local de los elementos más vulnerables y la ductilidad global de los edificios, la envoltura de FRP de las columnas de la planta baja de los edificios tiene un impacto importante en la respuesta sísmica general de la estructura, aunque no puede evitar por completo los mecanismos de colapso global indeseables [48].

Las irregularidades verticales se consideran comúnmente si hay una distribución irregular de la masa o rigidez en el edificio que puede llevar a la posibilidad de un piso blando debido a las variaciones de altura o la desigualdad de la masa distribuida en cada piso. El cálculo necesita el parámetro de rigidez del piso para adquirir la especificación de la irregularidad vertical [14]. Por otra parte, los niveles bajos de corrosión aumentaron la relación de desplazamiento superior de la estructura (un incremento de más del 22%). Sin embargo, el edificio aún pudo resistir daños extensos y no exhibió un colapso temprano. Por el contrario, se puede notar una ligera fluctuación para altos niveles de corrosión que oscilan entre el 10 y el 20%. La relación de deriva sobre el suelo mostró una variación decreciente del 15 al 0% para niveles de corrosión del 10 al 20%. Los altos niveles de corrosión indujeron grandes daños, reduciendo la capacidad del edificio para resistir todo el evento sísmico [40].

La respuesta sísmica esto dado por el análisis con espectros de sitio (ES) viene a ser mayor esto con respecto al análisis modal espectral dinámico según la magnitud de los terremotos y el tipo de suelo [49]. Por otro lado, se mencionan que los edificios con columnas críticas para la unión pueden tener un potencial de colapso menor que los edificios con columnas críticas para el corte, lo que implica que, en ciertos casos, una longitud de empalme más larga puede empeorar el rendimiento de la estructura [21].

Los autores [6], dieron como resultado sobre diferentes sismos a través del tiempo, asimismo midieron su amplitud y frecuencia de acuerdo a las decenas del

segundo período pico en el Centro Wave, Wenchuanwolong Wave y Jiangyouhanzeng Wave, como entrada del historial de tiempo de aceleración. Conforme a este estudio estos tres registros de terremotos reales se llegaron para simular la carga sísmica de la estructura en el segundo período de movimiento del suelo. Las amplitudes máximas de aceleración se ajustaron todas a 0,4 g.

Ahora con respecto a la relación de las respuestas de aceleración en la parte superior del marco para diferentes excitaciones sísmicas, se compara las respuestas de aceleración de edificios del primer nivel en donde: (a) Excitación del terremoto de El Centro (0.1 g); (b) Excitación del terremoto de El Centro (0,2 g); (c) Excitación del terremoto de Taft (0,1 g); (d) Excitación del terremoto de Taft (0,2 g); (e) Excitación del terremoto de Wenchuan (0,1 g); (f) Excitación del terremoto de Wenchuan (0,2 g) [50].

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

El edificio estudiado con los elementos de resistencia a la carga lateral con varias configuraciones nos muestra que la rigidez del piso a lo largo de la dirección X para los modelos No. M-2, M-3, M-4, M-5, M-6, M-7, M-8 y M-9 se incrementa considerablemente en 75.53, 53.21, 72.92, 90.91, 71.26, 89.43, 71.28 y 52.00% en comparación con el modelo de referencia (M-1) o modelo sin muro de corte y el sistema de arriostramiento. Asimismo, la rigidez del piso a lo largo de la dirección Y para los modelos, No. M-2, M-3, M-4, M-5, M-6, M-7, M-8 y M-9 se mejoran significativamente en 64.11, 51.04, 71.01, 87.02, 66.71, 84.69, 66.87 y 50.07%.

Se presentó que el concreto armado con rejilla de fibra de carbono tiene una mayor ductilidad respecto al concreto sin reforzamiento, es por eso que es necesario utilizar más capas de refuerzo de fibra de rejilla de carbono, en el cual la carga máxima fue mayor y se utilizó para mejora el comportamiento, debido a que la capacidad de deformación aumentaba a medida que se intensificaba el desplazamiento. También se

determinó que, en la mayoría de los casos, la resistencia lateral y la capacidad de deformación aumentaron en comparación con las observadas en los edificios reforzados con barras B500B. Por otro lado, el procedimiento de diseño de los edificios DPD2 y los edificios B500B era el mismo, el aumento de la resistencia lateral de las estructuras DPD2 se puede atribuir al endurecimiento sustancial del acero después de ceder, lo que aumenta el factor de sobre resistencia de los edificios DPD2 en aproximadamente un 10%.

Al añadir estribos se demostró que se puede mejorar al comportamiento sísmico y la capacidad máxima de corte, y al aumentar la cantidad de fibra de acero del 5% al 20% aumenta la densidad consiguiente de la lechada del 12,5% al 63%. Sin embargo, la relación entre el contenido de fibra y la densidad correspondiente es casi lineal. Sin embargo, ese estudio recomendó que el nivel máximo de la barra de refuerzo cortante contra una carga sísmica de baja a moderada no debería exceder el 0,4%. Asimismo, se muestra que, al mejorar la resistencia local de los elementos al agregar polímeros reforzados con fibra, contribuye a la ductilidad de los edificios, beneficiando a la resistencia sísmica, lo cual permite prevenir el colapso total de la estructura, pero no se podrá evitar si este es un sismo de gran magnitud.

Es necesario calcular las irregularidades de rigidez de un edificio por cada piso ya que esto afecta a las irregularidades verticales, por la diferenciación de altura. El cálculo necesita el parámetro de rigidez del piso para adquirir la especificación de la irregularidad vertical, en el cual en la dirección X o Y, la rigidez del piso cumplió con los requisitos para no incluirse como irregularidades verticales. La rigidez del piso en el piso 1 hasta el piso 4 tiene más del 70% de rigidez del piso de arriba.

Las frecuencias naturales de la estructura de concreto armado cuando están expuestas a la corrosión, la frecuencia fundamental es de 6.7% y 7.3% con una tasa de corrosión de 15% y 20% respectivamente. Por el contrario, el aumento en la frecuencia fundamental del edificio de concreto armado con vigas corroídas de lados

completos fue de 3.7% y 4.1% con una tasa de corrosión de 15% y 20%. Además, al existir un aumento relevante en las frecuencias naturales todo el edificio estuvo expuesto a la corrosión. Las principales razones del deterioro de las frecuencias naturales se pueden encontrar en la pérdida de masa de los componentes de RC y la degradación de la rigidez debido al agrietamiento, lo que llevó a un aumento del factor de participación de masa a lo largo de la dirección principal sin cambiar la respuesta elástica del edificio.

De acuerdo al estudio se apreció el historial del tiempo de aceleración de los movimientos del suelo interceptados y el tiempo en abscisas corresponde al tiempo de grabación del movimiento del suelo original. Acorde a ello se conoció que la respuesta de la estructura bajo una vibración armónica con un período de 0.5s se sabe que causa el daño más grave a la estructura y el daño del concreto armado se concentra principalmente en el primer piso. Por otra parte, se observó la efectividad del control pico y raíz cuadrada media. Observándose así que la eficacia de control de las respuestas de la raíz cuadrada media está por encima del 24,6% luego de que se agrega el muro oscilante masivo sintonizado, y las respuestas máximas son menores del 21,6%. A medida que la intensidad de la excitación se incrementa de 0,1 g a 0,2 g, lo que disminuye la eficacia de control del pico en un 9,4% y las respuestas de la raíz cuadrada media se reducen un 6,7%.

Conclusiones

Todas las muestras con concreto armado con rejilla de fibra de carbono presentaron una buena ductilidad en comparación con el concreto armado no reforzado. Sin embargo, al aumentar más capas de refuerzo de fibra de rejilla de carbono, la carga máxima era mayor y la capacidad de deformación aumentaba a medida que aumentaba el desplazamiento.

En las investigaciones, dieron buenas propuestas con respecto a los métodos de incorporación de distintos materiales al concreto armado, para un mejor

desenvolvimiento sísmico, ya que en la mayoría de resultados dieron una mejora a la capacidad de resistencia, ductilidad y rigidez, lo cual es una ventaja para las edificaciones de poca y gran altura.

Cuando una edificación contiene un alto índice con respecto a la vulnerabilidad, se comprende es más posible que sufra en gran cantidad niveles de daño, incluso si está comprometido a bajas intensidades sísmicas. Por lo que se debe investigar la rigidez lateral de un edificio, ya que esta es primordial para que los elementos estructurales de concreto armado reaccionen óptimamente a las fuerzas laterales.

La excitación en rangos mayores a 0,2g generó que la resistencia de la estructura disminuya, asimismo se logró apreciar que aun mayor tiempo de vibración la estructura se ve mayor afectada, dado a las intensidades que se llegan a producir en ese periodo de tiempo, es por ello que debemos estudiar las velocidades, aceleraciones, frecuencias y periodos de tiempo de las vibraciones ocasionadas durante los sismos, para poder utilizarlo como referencia en futuras investigaciones.

Finalmente, con esta evaluación del comportamiento sísmico en edificios de concreto nos permitirá revisar las fallas y riesgos, asimismo se mencionó métodos de solución para mejorar la resistencia de las edificaciones, y así prevenir el colapso total de la estructura, como evitar pérdidas humanas y económicas.

V. REFERENCIAS

- [1] S. Kumar and G. Rama, "Análisis sísmico de pórticos de hormigón armado con irregularidad de rigidez," 2021.
- [2] D. Li, "Evaluación preliminar del comportamiento sísmico de estructuras de ingeniería con PERFORM 3D," *Archivos de Ingeniería Civil*, vol. 65, no. 4, pp. 189-201, 2019. doi: 10.2478/ace-2019-0054.
- [3] B. Anya and T. Ghosh, "Un estudio sobre el efecto del muro de corte en el análisis sísmico de la edificación," en *Serie de Conferencias del IOP: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*, vol. 796, no. 1, 2021. doi: 10.1088/1755-1315/796/1/012049. [Enlace: www.scopus.com]
- [4] E. Işık, E. Harirchian, A. Büyüksaraç, and Y. L. Ekinici, "Seismic and structural analyses of the eastern Anatolian region (Turkey) using different probabilities of exceedance," *Applied System Innovation*, vol. 4, no. 4, 2021. doi: 10.3390/asi4040089.
- [5] W. Jin, N. Iqbal, H. Kang, and D. Kim, "Enfoque de evaluación del riesgo de terremotos utilizando múltiples parámetros espaciales para las demandas de refugio," *Computers, Materials and Continua*, vol. 70, no. 2, pp. 3763-3780, 2022. doi: 10.32604/cmc.2022.020336.
- [6] K. Bian, G. Sun, and H. Li, "Análisis del mecanismo de colapso sísmico de estructuras de almacén de hormigón sometidas a movimientos de tierra cercanos a la falla," en *Serie de Conferencias del IOP: Ciencia e Ingeniería de Materiales*, vol. 397, no. 1, 2018. doi: 10.1088/1757-899X/397/1/012035.
- [7] G. Tanapornraweekit, R. P. Bohara, and S. Tangtermsirikul, "Evaluación del sistema de columnas y vigas en U de ancho prefabricado para la mitigación de fallas estructurales por peligro sísmico en Tailandia," *ASEAN Engineering Journal*, vol. 11, no. 3, pp. 207-222, 2021. doi: 10.11113/AEJ.V11.17056.
- [8] P. N. Che Kamaludin, M. M. Kassem, E. N. Farsangi, C. G. Tan, and F. M. Nazri, "Evaluación de criterios de estado límite basados en la estructura del escenario sísmico para un edificio de hormigón armado de gran altura," en *Serie de Conferencias del IOP: Ciencia e Ingeniería de Materiales*, vol. 920, no. 1, 2020. doi: 10.1088/1757-899X/920/1/012012.
- [9] E. Ghaffari, H. Estekanchi, and A. Vafai, "Aplicación del método del tiempo de resistencia en el análisis sísmico de puentes," 2020.
- [10] D. Gino, C. Anerdi, P. Castaldo, M. Ferrara, G. Bertagnoli, and L. Giordano, "Mejora sísmica de edificios de hormigón armado existentes utilizando dispositivos de péndulo de fricción: una evaluación probabilística," 2020.
- [11] J.-. Kim, J.-. Jung, D.-. Jung, E.-. Kim, and K.-. Lee, "Efectos de fortalecimiento sísmico de un marco de concreto reforzado de tamaño completo modernizado con un novedoso marco modular de tubo relleno de concreto mediante pruebas pseudodinámicas," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 11, 2021. doi: 10.3390/app11114898.
- [12] S. G. Afrouz, A. Farzampour, Z. Hejazi, and M. Mojarab, "Evaluación de vulnerabilidad sísmica de hospitales en el área metropolitana de Teherán," *Buildings*, vol. 11, no. 2, pp. 1-15, 2021. doi: 10.3390/buildings11020054.
- [13] M. Husain, H. Hassan, H. Mohamed, and E. Elgharbawy, "La respuesta sísmica de los sistemas de estabilizadores estructurales en los edificios altos," 2021.
- [14] R. Napolitano, A. Bilotta, and E. Cosenza, "Las deformaciones laterales sísmicas exigen en el diseño conceptual de estructuras enmarcadas de hormigón armado," *Journal of Building Engineering*, vol. 45, 2022. doi: 10.1016/j.job.2021.103565.

- [15] C. Xiong, J. Zheng, L. Xu, C. Cen, R. Zheng, and Y. Li, "Modelo de red neuronal convolucional de múltiples entradas para la evaluación de daños sísmicos a gran escala de edificios con estructura de hormigón armado," 2021.
- [16] P. D. Gkournelos, T. C. Triantafyllou, and D. A. Bournas, "Seismic upgrading of existing reinforced concrete buildings: A state-of-the-art review," *Engineering Structures*, vol. 240, 2021. doi: 10.1016/j.engstruct.2021.112273.
- [17] Y. Zhou, D. Li, F. Shi, W. Luo, and X. Deng, "Estudio experimental de propiedades mecánicas del amortiguador viscoelástico híbrido de plomo," *Engineering Structures*, vol. 246, 2021. doi: 10.1016/j.engstruct.2021.113073.
- [18] O. Mkrtychev, "Degradación de los parámetros dinámicos de los edificios de hormigón armado durante un terremoto," 2019.
- [19] T. A. Belash, "Resistencia sísmica de edificios con estructuras suspendidas," en *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 687, no. 3, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/687/3/033042.
- [20] X. Ling, "Análisis de la estructura de hormigón sismorresistente existente," 2021.
- [21] L. Xian, H. Liu, Z. Zhao, and N. Zhang, "Evaluar la seguridad del colapso sísmico y modernizar las estructuras de marcos de RC de baja ductilidad sobre la base del margen de seguridad de colapso aceptable en China," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 4, 2020. doi: 10.3390/app10041238.
- [22] O. Kabantsev and E. Sergeev, "Determinación del efecto sísmico de edificaciones y estructuras, teniendo en cuenta cambios de modelo de relaciones externas dentro del ciclo de vida," en *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1030, no. 1, 2021. doi: 10.1088/1757-899X/1030/1/012093.
- [23] P. D. Gkournelos, T. C. Triantafyllou, and D. A. Bournas, "Seismic upgrading of existing reinforced concrete buildings: A state-of-the-art review," *Engineering Structures*, vol. 240, 2021. doi: 10.1016/j.engstruct.2021.112273.
- [24] M. Z. Aryan, P. Singh, and Zabihullah, "Selección de sistema estructural óptimo en el diseño de edificios de hormigón armado de gran altura bajo el efecto de carga sísmica," en *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 614, no. 1, 2020. doi: 10.1088/1755-1315/614/1/012072.
- [25] M. Wu, "Study on seismic resistance and isolation method of concrete frame structure," en *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 638, no. 1, 2021. doi: 10.1088/1755-1315/638/1/012045.
- [26] N. A. M. López, G. E. M. Pérez, C. F. P. Castro, J. C. P. Vielma, L. J. M. López, J. D. M. Alviar, and V. V. M. Montesinos, "Comparación de diseño estructural entre dos edificaciones de concreto armado de seis niveles utilizando interacción suelo-estructura en el rango lineal," *Ingeniería e Investigación*, vol. 42, no. 1, 2022. doi: 10.15446/ing.investig.v42n1.86819.
- [27] T. M. Ferreira, H. Rodrigues, and R. Vicente, "Evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificios de hormigón armado existentes en centros urbanos," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 5, pp. 1-20, 2020. doi: 10.3390/su12051996.
- [28] R. G. Wibowo, R. K. Rohman, and S. D. Cahyono, "Evaluación sísmica de estructuras de edificios existentes en la ciudad de Madiun mediante análisis de empuje," 2021.
- [29] Q. Chen, "Seismic performance of assembled building structure in smart city," en *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1881, no. 3, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1881/3/032085.
- [30] L. Tuleasca, W. Loo, and I. Wardak, "Evaluación del comportamiento sísmico de edificios existentes de diversos tipos de materiales y configuraciones en Nueva

- Zelanda," en IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 586, no. 1, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/586/1/012030.
- [31] C. Quiñones, M. T. Bull, and C. Oyarzo, "Modelo de evaluación de vulnerabilidad sísmica y costera para edificaciones en Chile," *Buildings*, vol. 11, no. 3, 2021. doi: 10.3390/buildings11030107.
- [32] A.-. Tsonos, G. Kalogeropoulos, P. Iakovidis, M.-. Bezas, and M. Koumtzis, "Comportamiento sísmico de las uniones viga-columna RC diseñadas de acuerdo con códigos antiguos y modernos: un intento de reducir el refuerzo convencional utilizando hormigón reforzado con fibra de acero," 2021.
- [33] K. Khy and C. Chintanapakdee, "Cuantificación de diferentes fuentes de sobrerresistencia en el diseño sísmico de un edificio alto de hormigón armado," *Engineering Journal*, vol. 23, no. 6, pp. 209-223, 2019. doi: 10.4186/ej.2019.23.6.209.
- [34] L. P. Cecilia, D. Ruiz, S. Jerez, S. Aguilar, J. F. Torres, and Y. A. Alvarado, "Comportamiento sísmico de edificios de tierra apisonada reforzados con elementos de madera y una viga superior de hormigón," *Informes de la Construcción*, vol. 72, no. 529, 2020. doi: 10.3989/ic.70914.
- [35] A. Chinchole, C. Singh Tumrate, and D. Mishra, "Diseño de sistema de aislamiento de base para un edificio de hormigón armado de seis plantas," en IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 796, no. 1, 2021. doi: 10.1088/1755-1315/796/1/012034.
- [36] V. T. Shalenny and A. V. Andronov, "Métodos contractuales y tecnológicos para asegurar la confiabilidad y eficiencia de los sistemas de protección sísmica para las edificaciones civiles prefabricadas-monolíticas," en IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 913, no. 3, 2020. doi: 10.1088/1757-899X/913/3/032052.
- [37] D.-. N. Kontoni and A. A. Farghaly, "Evaluación sísmica de columnas mixtas de acero y RC en edificios híbridos de gran altura," 2019.
- [38] A. Tsiavos, P. Amrein, N. Bender, and B. Stojadinovic, "Estimación basada en el cumplimiento del riesgo de colapso sísmico de un edificio de estructura de hormigón armado existente," *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 19, no. 14, pp. 6027-6048, 2021. doi: 10.1007/s10518-021-01215-9.
- [39] M. Dolce, A. Prota, B. Borzi, F. da Porto, S. Lagomarsino, G. Magenes, and G. Zuccaro, "Evaluación del riesgo sísmico de edificios residenciales en Italia," *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 19, no. 8, pp. 2999-3032, 2021. doi: 10.1007/s10518-020-01009-5.
- [40] L. Di Sarno and F. Pugliese, "Evaluación numérica del comportamiento sísmico de edificios de hormigón armado existentes con varillas corroídas lisas," *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 18, no. 9, pp. 4227-4273, 2020. doi: 10.1007/s10518-020-00854-8.
- [41] Y. C. Socarrás-Cordoví, E. Alvarez-Deulofeu, and F. Lora-Alonso, "Forecasts on the seismic behavior of buildings constructed with the great Soviet panel," *DYNA (Colombia)*, vol. 88, no. 216, pp. 145-151, 2021. doi: 10.15446/dyna.v88n216.87946.
- [42] R. Suwondo, D. Mangindaan, L. Cunningham, and S. Alama, "Non-linear analysis of seismic performance of low-rise concrete buildings in Indonesia," en IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 794, no. 1, 2021. doi: 10.1088/1755-1315/794/1/012024.

- [43] M. D'Amato, R. Laguardia, G. Di Trocchio, M. Coltellacci, and R. Gigliotti, "Evaluación de riesgo sísmico para tipologías de edificios de mampostería a partir de datos de daños por terremoto de L'Aquila 2009," *Earthquake Engineering Journal*, 2020. doi: 10.1080/13632469.2020.1835750.
- [44] M. Z. Aryan, P. Singh, and Zabihullah, "Selección de sistema estructural óptimo en el diseño de edificios de hormigón armado de gran altura bajo el efecto de carga sísmica," en *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 614, no. 1, 2020. doi: 10.1088/1755-1315/614/1/012072.
- [45] S. Kang, C. Chai, and S. Hong, "Evaluación de paneles de hormigón armado con rejilla de fibra de carbono para respuesta a desastres y mejora del rendimiento sísmico," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 11, 2021. doi: 10.3390/app11115223.
- [46] J. Žižmond and M. Dolšek, "Diseño sísmico y evaluación del desempeño de edificios de estructura reforzada con acero de doble fase," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 11, 2021. doi: 10.3390/app11114998.
- [47] Z. W. Abbas, H. R. Shakir, and L. A. Al Jaber, "Short review on reinforced concrete beam-column joint: Earthquake response and rehabilitation techniques," en *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1973, no. 1, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1973/1/012084.
- [48] Y. Zhou, D. Li, F. Shi, W. Luo, and X. Deng, "Estudio experimental de propiedades mecánicas del amortiguador viscoelástico híbrido de plomo," *Engineering Structures*, vol. 246, 2021. doi: 10.1016/j.engstruct.2021.113073.
- [49] Y. Reuland, P. Lestuzzi, and I. F. C. Smith, "Soporte basado en mediciones para la evaluación de edificios después del terremoto," *Structure and Infrastructure Engineering*, vol. 15, no. 5, pp. 647-662, 2019. doi: 10.1080/15732479.2019.1569071.
- [50] N. M. Mirzai, R. Attarnejad, and J. W. Hu, "Mejora del rendimiento sísmico de los EBF con enlace de cortante vertical utilizando un nuevo amortiguador autocentrante," *Ingegneria Sismica*, vol. 35, no. 4, pp. 57-76, 2018.