



FACULTAD DE ARQUITECTURA Y
URBANISMO E INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Interacción de los software Robot Structural y Revit para el análisis y
diseño de una vivienda de 06 niveles, Chiclayo- 2020”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. Calderón Valdivia, Ana Yalú

ASESOR:

Ing. Castope Camacho, Miguel

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Evaluación y diseño de construcciones sostenibles

Ingeniería Estructural y Sismorresistente

CHICLAYO – PERÚ

2021

Página de jurado

Dr. o Mg. o Ing. Apellidos y Nombres

Presidente

Dr. o Mg. o Ing. Apellidos y Nombres

Secretario

Dr. o Mg. o Ing. Apellidos y Nombres

Vocal

Dedicatoria

A Dios, por haberme dado la vida y demostrarme cada día su amor infinito y por cuidar de mi familia durante estos tiempos de pandemia.

A mis padres, por su apoyo incondicional y por hacer de mí una persona con buenos valores y sentimientos.

A mis hermanos, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mis educadores, agradecer por su tiempo, por su apoyo, así como el conocimiento que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por haberme dado una familia maravillosa y unida y por darme la fuerza y valor para salir adelante y cumplir mis sueños.

A mis padres y hermanos quienes siempre han sido mi apoyo fundamental para poder cumplir mis metas trazadas.

A mi asesor el ingeniero Castope Camacho, Miguel, por estar siempre dispuesto a brindar la asesoría permanente durante el desarrollo de esta investigación.

Declaratoria de autenticidad

Yo, **Calderón valdivia Ana Yalú**, adscrito a la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo e Ingenierías de la Universidad Particular de Chiclayo, identificado con DNI N°70387005, Con la tesis “INTERACCIÓN DE LOS SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL Y REVIT PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE 06 NIVELES, CHICLAYO- 2020”.

Declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis no ha sido auto plagiada; es decir no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometién dome a la normatividad vigente de la Universidad Particular de Chiclayo.

Jaén, 12 de octubre del 2021

Bach. Calderón Valdivia Ana Yalú
DNI N° 70387005

Presentación

Señores miembros del jurado:

Respetando el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Particular de Chiclayo, hago presente ante ustedes la tesis titulada “INTERACCIÓN DE LOS SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL Y REVIT PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE 06 NIVELES, CHICLAYO- 2020”, cuyo objetivo es mejorar el análisis y diseño de una edificación de 06 niveles en la ciudad de Chiclayo interactuando con el software Robot Structural y Revit en una edificación de seis niveles en el distrito de Chiclayo, para ello se realizó un análisis previo para poder realizar una comparación y demostrar la eficacia de trabajar con ambos software, aplicando la normativa respectiva conocer el desempeño sísmico en que se encuentra la edificación en estudio.

El primer capítulo denominado “Introducción”, consta de la realidad problemática, formulación del problema, hipótesis, objetivos; tanto general como específicos.

En el segundo capítulo, se establecen las bases teóricas, donde se hace mención de los antecedentes; tanto internacionales, nacionales como locales, también se presenta el marco teórico y la definición de términos claves de la presente tesis de investigación.

En el tercer capítulo se describirá el marco metodológico, donde abarca las variables, operación de variables, metodología, tipo de estudio, diseño, la población y muestra, técnicas e instrumentos, método de análisis de datos y por ultimo los aspectos éticos considerados en la presente investigación.

En el cuarto capítulo, se presentarán los resultados finales del análisis de la investigación.

En el quinto capítulo, se hará presente las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron tras analizar los resultados.

Sometiendo este proyecto a su consideración, y esperando que cumpla con lo requerido para poder tener el Título profesional de Ingeniero Civil.

Índice

Página de jurado	1
Dedicatoria.....	2
Agradecimiento	3
Declaratoria de autenticidad	4
Presentación.....	5
Índice	6
Tablas.....	8
Figuras	9
Resumen	10
Abstract.....	11
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Realidad problemática	12
1.2 Formulación del problema	15
1.3 Hipótesis	15
1.4 Objetivos.....	15
1.4.1 Objetivo General.....	15
1.4.2 Objetivo específico	16
II. BASES TEÓRICAS.....	17
2.1 Antecedentes.....	17
2.2 Marco teórico	21
III. MARCO METODOLÓGICO	39
3.1. Tipo de estudio	39
3.2. Diseño de Investigación:	39
3.3. Hipótesis:	39
IV. RESULTADOS	30
4.1. Recolección de datos	30

4.1.1.	Descripción de la estructura:.....	30
4.2.	Interacción del software Robot Structural y Revit.	31
4.3.	Análisis de datos del software Robot Structural.....	36
4.4.	Comparativo de metrado de estructuras:	42
4.5.	Ventajas y desventajas del software Revit y Robot Structural.	45
V.	CONCLUSIONES	47
VI.	RECOMENDACIONES	48
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
VIII.	ANEXOS	53

Tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	28
Tabla 2. Derivas por piso en "X"	36
Tabla 3. Derivas por piso en "Y"	36
Tabla 4. Irregularidad de piso blando.....	37
Tabla 5. Irregularidad de piso débil.....	37
Tabla 6. Irregularidad de extrema de rigidez.....	38
Tabla 7. Irregularidad de extrema resistencia.....	38
Tabla 8. Irregularidad de masas.....	39
Tabla 9. Irregularidad Torsional.....	39
Tabla 10. Irregularidad de piso blando.....	40
Tabla 11. Irregularidad de piso débil.....	40
Tabla 12. Irregularidad de extrema de rigidez.....	41
Tabla 13. Irregularidad de extrema resistencia.....	41
Tabla 14. Irregularidad Torsional.....	42
Tabla 15. Metrado manual de concreto en placas.	42
Tabla 16. Metrado de concreto en placas - Revit.	43
Tabla 17. Resumen de metrado de concreto.....	43
Tabla 18. Resumen de metrado de concreto.....	43
Tabla 19. Cantidad de acero proporcionada por software Revit.	44
Tabla 20. Ventajas y desventajas de Revit Structural	46
Tabla 21: Ventajas y desventajas de Robot Structural.	46

Figuras

Figura 1. Tipo de análisis sísmicos.....	22
Figura 2.....	29
Figura 3. Secuencia de pasos en la etapa de diseño.....	30
Figura 4. Mapa de zonificación del Perú.....	30
Figura 5. Plano de distribución arquitectónico.....	31
Figura 6. Modelado en Revit Structural.	32
Figura 7. Propiedades del concreto en elementos estructurales.	32
Figura 8. Diseño estructural de viga.....	33
Figura 9. Diseño estructural de columnas.	33
Figura 10. Comprobación de muros portantes.....	33
Figura 11. Plano de estructuras.....	34
Figura 12. Modelado estructural de la edificación en Revit.....	35
Figura 13. Modelado estructural de la edificación en Robot Structural.....	35
Figura 14. Metrado de acero por software Revit.....	45

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo principal mejorar el análisis y diseño de una edificación de 06 niveles en la ciudad de Chiclayo interactuando con el software Robot Structural y Revit. Para poder llevar a cabo esta investigación se hizo uso del software Revit y Robot Structural los cuales fueron la base para el desarrollo del presente trabajo, además de que se hizo uso de Excel para poder realizar todos los cálculos manuales los cuales servirán para la comparación respectiva. El tipo de investigación es no experimental descriptiva. La muestra que se consideró es una edificación de 6 pisos ubicada en el distrito de Chiclayo, donde el primer nivel funciona como oficinas y los siguientes niveles como viviendas. Se modeló la edificación, siendo esta de sistema de albañilería confinada, este análisis se realizó bajo la normativa NTP E.030, E.060 y E.020. Cabe recalcar que después de la vinculación del Revit con Robot se realizó el análisis estático no lineal. Además, se obtuvo la demanda sísmica basándose en la NTP E.030.

Palabras clave: Revit, Robot Structural, análisis, diseño.

Abstract

The main objective of this research is to improve the analysis and design of a 06-story building in the city of Chiclayo, interacting with the Robot Structural and Revit software. In order to carry out this research, the Revit and Structural Robot software were used, which were the basis for the development of this work, in addition to the use of Excel to perform all the manual calculations which will serve for the respective comparison . The type of research is non-experimental descriptive. The sample that was considered is a 6-story building located in the Chiclayo district, where the first level works as offices and the following levels as homes. The building was modeled, this being a confined masonry system, this analysis was carried out under the NTP E.030, E.060 and E.020 regulations. It should be noted that after linking Revit with Robot, the nonlinear static analysis was performed. In addition, the seismic demand was obtained based on NTP E.030.

Keywords: Revit, Structural Robot, analysis, design.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Internacional

Actualmente, a nivel mundial, se sabe que la infraestructura forma parte de la competitividad en los países. Es así, que la International Institute for Management Development (IMD) de Lausana en Suiza, publico “Ranking de Competitividad Mundial 2017”, el cual afirma que, mediante la economía se gestiona los recursos y las competencias para que se eleve e incremente la productividad en beneficio de la población. Además, recalca que los 4 factores en el cual se mide el ranking realizado: desempeño económico, eficiencia del gobierno, eficiencia en los negocios y la infraestructura. En los reportes se puede visualizar que los países europeos se encuentran en los primeros lugares de este ranking por el motivo que cada año implementa nuevas medidas para generar competitividad y productividad en la infraestructura. Sin embargo, no sucede lo mismo en la mayoría de países latinoamericanos, donde se siguen elaborando proyectos de infraestructura de manera tradicional y descendiendo su desempeño cada año.

Los programas computacionales están resultando ser herramientas para el manejo de información de los proyectos para las diferentes especialidades y en cualquier etapa del proyecto. Esto, está generando que se emplea en la mayoría de proyectos de índole públicos como privados ya que permite agilizar el proceso de diseño y optimar los recursos en cada entregable en comparación de la elaboración del proyecto de manera tradicional donde se puede visualizar que muchos defectos de construcción y diseño culminado la ejecución del proyecto. Es por ello que se están realizando investigaciones destinadas a la optimización del tiempo durante la etapa de diseño. Tal es el caso de Francia, está realizando diferentes investigaciones relacionadas a los problemas que se generan en la etapa de diseño y su ejecución ya que consideran que el sector construcción forma parte importante tanto en lo social como en lo económico, el cual se tomaron 10 000 informes de Bureau Veritas, donde se puede verificar que los problemas detectados durante la fase de proyectos como de

ejecución, son las incompatibilidades en las diferentes especialidades, generando el aumento del presupuesto base designado del proyecto, y en el peor de los casos, el replanteo total del expediente técnico. (Yepes, 2016)

En Chile, durante el seminario “Infraestructura pública en Chile: una propuesta para mejorar su gestión”, teniendo como expositores a Luis Alarcón y María Calahorra, se dio a conocer las causas por el cual, durante la etapa de ejecución los proyectos de infraestructura por parte del sector público, se genera retrasos y aumento de presupuesto. De su investigación realizada, se calculó una inversión de US\$ 112.588 millones en infraestructura desde 2014 hasta el 2023, financiado mayormente por los recursos públicos. Sin embargo, los resultados son críticos, si se tiene en cuenta las deficiencias que se presentaron hasta ese entonces en aquellos proyectos ya que se concluyó que el diseñar, es el principal causante de las incompatibilidades y todos los problemas que se genera en obras, y esto debido a la falta de experiencia, inexactitud y falta de criterio profesional durante la elaboración de los expedientes técnicos. Es así, que los entregables, no son los idóneos para la ejecución del proyecto.

Nacional

El Foro Económico mundial, menciona que una de las realidades que afecta al Perú respecto a los proyectos de Infraestructura es La corrupción. Este mal, es la principal barrera que se vive en el Perú el cual está muy ligada a proyectos de inversión pública. Esto, sumado a la falta de profesionalidad en la etapa de diseño de proyectos, demuestra la necesidad de elaborar los proyectos con metodologías modernas que ayuden a mejorar los proyectos en todas las etapas del proyecto. Sin embargo, a pesar de las barreras existentes en nuestro, la infraestructura y la preparación tecnológica están progresando y tienen una tendencia a que se incremente en los próximos años y que sea de requisitos mínimo estipulados en las normas vigentes en el Perú (2017)

Saavedra Larreátegui (2017) miembro de Cype Perú afirma que, en la mayoría de proyectos de edificaciones y infraestructura, es común visualizar problemas por la mala coordinación de profesionales en las diferentes áreas o profesionales (Arquitectura, Estructura, Instalaciones) durante la etapa de diseño cuando se elaboran de planos, y los cálculos correspondientes. Estas deficiencias, se reflejan durante la etapa de ejecución, afectando directamente en costos: (Aumento de presupuesto base para completar las partidas faltantes), tiempo (Ampliación de plazo para culminar la obra) y calidad (No se realiza los trabajos como se diseñaron)

Diario el Correo (2017), en su informe “Informe Puentes Comuneros”, evidencio los problemas generados en la construcción del Puente Comunero en Huancayo, y que afectaba a la población ya que el puente construido presentaba falla. Esto evidencia, que se necesita reforzar los procesos ya establecidos o reformularlos. Entre las causas las relevantes que se concluyó fueron las siguientes: Imprecisión en los proyectos, por la mala concepción del alcance del proyecto; Planteamiento inapropiado, Por los trabajos realizados no planteados en el expediente técnico; Nivel de riesgo, No plantear situaciones de riesgos según las condiciones donde se ejecutara el proyecto; Uso mínimo de tecnología; por no utilizar los equipos necesarios para optimizar la rentabilidad en los trabajos; deficiencia en información en las diferentes disciplinas y Falta de comunicaciones.

Local

Diario Correo (2017) en un informe periodístico, dio a conocer las deficiencias presentadas en el Proyecto “Mejoramiento del colegio militar Elías Aguirre”. Donde indico que una de ellas se había encontrado en el expediente técnico en las áreas comunes como en diferentes módulos como, por ejemplo: El partido de ingreso, El coliseo, La piscina y sus vestuarios. De la misma manera, en las áreas recreativas como la losa deportiva, de tenis y sus graderías. A estas deficiencias se suma el equipamiento de las diferentes componentes para la elaboración de actividades. Lo antes mencionado, género que se incrementa el

presupuesto a pesar que el avance de obra estaba en un 75% de lo programado y cerca de 270 días de retraso.

El Ingeniero Rubén Gómez Sánchez Soto, especialista en ejecución de obras públicas en un informe periodístico elaborado por el diario La República (2016), afirmó que, en los proyectos públicos las deficiencias durante la ejecución son consecuencias de una mala elaboración de un expediente técnico, provocando en muchas oportunidades, la paralización de obras hasta que se reformulen el proyecto. Además, recalco, que los reportes estadísticos muestran que en los últimos 12 años la mala elaboración de un proyecto en su etapa de diseño es deficientes por profesionales que no tienen la capacitación y experiencia para su elaboración.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo influye la interacción del uso del software Robot Structural y Revit en la mejora del análisis y diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 06 niveles en la ciudad de Chiclayo-2020?

1.3 Hipótesis

Al interactuar el software Robot Structural y Revit mejoraremos el análisis y diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 06 niveles en la ciudad de Chiclayo-2020

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Mejorar el análisis y diseño de una edificación de 06 niveles en la ciudad de Chiclayo interactuando con el software Robot Structural y Revit.

1.4.2 Objetivo específico

- Interpretar los datos obtenidos después de procesar el modelamiento en el software Robot Estructural.
- Interacción del software Robot Structural y Revit para evitar errores estructurales.
- Determinar la cantidad de acero requerido arrojado por el programa y compararlo con el cálculo ya realizado.
- Dar a conocer las ventajas y desventajas del software Revit y Robot Structural.
- Determinar diferencias respecto a la cuantificación del metrado en la disciplina de estructuras.

II. BASES TEÓRICAS

2.1 Antecedentes

Internacional

Garnica, A. (2016), en su tesis denominada “Diseño de metodología integral orientada a la gestión de proyectos de construcción civil empleando la herramienta Building Information Modeling (BIM). Caso: vivienda unifamiliar”. Donde opta el título de ingeniero civil, de la Universidad Metropolitana de Caracas, Venezuela. El tipo de investigación es documental, ya que se basó en la recolección de los datos. La problemática, se centra en que, las herramientas tradicionales usadas presentan deficiencias en la elaboración de proyectos. Es por ello que su objetivo general es Integrar BIM con La gestión de Construcción Eficiente en un proyecto de vivienda unifamiliar. Esta investigación, se da como punto de partida para implementar herramientas innovadoras en obras de edificaciones. En los resultados, se pudo identificar beneficios como la centralización de información, presencia de interferencias y mejor cuantificación de metrados. Finalmente, concluyo que la metodología BIM se puede asociar con otras herramientas como GCE permitiendo tener beneficios durante su construcción en proyectos de viviendas.

Quinchiguango, M. & Taco, D. (2016). En su tesis denominada “Análisis estructural de una edificación de hormigón armado a través del software Robot Analysis Structural”, donde busca el título de ingeniero civil en la Universidad Central de Ecuador, Ecuador. La finalidad de esta investigación fue la elaboración del análisis estructural utilizando Robot Structural comparándolo con el software Etabs para explicar el manejo de este nuevo software óptimo y versátil. Las conclusiones de esta investigación son las siguientes: a) El software Robot Structural, el resultado es mucho mayor debido a que las cargas de las losas se toman en cuenta cuando se traslapa con la viga. b) Respecto a los modos de vibraciones son parecido en ambos software, deduciendo que ambos análisis son válidos. c) Robot Analysis, puede interactuar con diferentes programas ya que forma parte dentro del

flujo de la metodología BIM. Esto puede manejarse de manera más rápido para el trabajo en otras especialidades.

Clavijo, A. (2018), en su tesis que se titula “Estimación De Las Distorsiones De Entrepisos De Estructuras Aporticadas De Hormigón Armado Considerando La Variabilidad Del Módulo Elástico De Elasticidad De Hormigón De Sucre” Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Estructural de la Universidad Mayor Real Y Pontificia De San Francisco Xavier De Chuquisaca Vicerrectorado, Bolivia-sucre. La finalidad de su investigación fue comparar las distorsiones sísmicas y los desplazamientos laterales de entrepisos, el cual considero un módulo de elasticidad tentativa, propuesto por GBDS-17. Finalmente, el investigador concluye que, los desplazamientos analizados en el edificio de 8 niveles cumplen con las normas vigentes. Además, las flexiones varían en 1% a 2 % y las distorsiones entre 106 y 107%

Nacional

Julcamoro, P. (2019), en su investigación denominada “Implementación de la Metodología BIM con Revit en la fase de diseño de expediente técnico de edificaciones del Gobierno Regional de Cajamarca – 2018”, donde optan el título a ingeniero civil de la Universidad Privada del Norte. La cual cuenta con un tipo de investigación descriptiva. El objetivo de esta investigación fue implementar la metodología BIM en la fase de diseño de proyectos en la especialidad de Arquitectura y estructuras. Para el diseño, se elaboró la edificación en Revit, para estimar el proceso de construcción y operación del proyecto. De esta manera, se logró tener comunicación fluida con los profesionales de las 2 especialidades tomando actitud colaborativa en la toma de decisiones para el trabajo fluido del proyecto. Finalmente, se concluye que, la utilización de la metodología BIM en el expediente ayudo a obtener una diferencia de un 10.56 % de diferencia del presupuesto estipulado.

Domínguez, N. & Moreno, A. (2018). En su investigación titulado “Diseño estructural sismorresistente de un edificio de siete niveles bajo la Metodología BIM en la provincia de Pomabamba, Ancash, 2018”. donde opta el título profesional de ingeniero civil de la Universidad Cesar Vallejo. El tipo de investigación es no experimental puesto que solo se observa el fenómeno en el contexto real. El problema de esta investigación estuvo dado por los diseños sismorresistentes ineficientes e inadecuados por uso de programas tradicionales. La edificación analizada fue elaborada bajo la metodología BIM, utilizando software que optimiza el tiempo de elaboración y diseño. Además, se realizó el diseño sísmico de la vivienda estudiado utilizando las normas de diseño y un plan de Gestión basado en la metodología BIM. Finalmente se concluye que, las herramientas de la metodología BIM permitieron elaborar el diseño completo de los elementos estructurales, permitiendo identificar fallas durante el diseño de columnas y en los elementos de acero. Esto favorecerá en gran medida durante la etapa de ejecución de la vivienda estudiada.

Briones P. & Alvarez, J. (2018) En su tesis de investigación denominada “Comparación del modelamiento, análisis y diseño estructural en concreto armado utilizando los software Etabs y Robot Structural Analysis, para un edificio de cinco niveles (cuatro pisos y un semisótano)”, donde opta el grado académico de maestro en ingeniería civil con mención estructuras, en la Universidad Peruana Unión. Esta investigación es de tipo Descriptiva-Comparativa. Su problemática radica que, en la actualidad se están utilizando nuevos software para el diseño de elementos de concreto Armado, siendo ellos Robot Structural y Etabs. La finalidad de esta investigación fue comparar el análisis de una edificación de 4 niveles más semisótano para uso de educación. En su desarrollo, se realizaron el diseño y la estructuración de la edificación según las normas peruanas (E 020, E 030, E060) y posteriormente realiza el modelamiento en el software robot Structural , el cual su proceso de modelamiento es mucho más rápido y que el software Etabs, optimizando el tiempo de modelado y análisis de edificaciones. Los autores recomiendan a los ingenieros estructurales estar actualizados en la

utilización de herramientas de modelamiento de edificaciones y estructuras para realizar diseños mucho más eficientes.

Local

Huancas E. & Torres H. (2018). En su tesis denominada “metodología BIM para ciclos de desarrollo de proyectos inmobiliarios Lambayeque.2018” para obtener el título profesional de ingeniero civil, en la universidad Señor de Sipán- Perú. Mencionan que la investigación es de tipo cuantitativa y tecnológica con un diseño casi experimental, Teniendo como problemática la presencia de incompatibilidades en los planos por la falta de trabajo sincronizado, o cual puede generar retrasos. Por esta razón el objetivo principal de la investigación fue aplicar la metodología BIM en el diseño de una habilitación urbana para evitar este tipo de problemas obteniendo como resultado que al usar el programa infraWorks se detectó con anticipación algunas de las incompatibilidades que ayudaron a implementar soluciones rápidas para dichos problemas, llegando a la conclusión la metodología BIM al ser implementada en proyectos inmobiliarios resulta muy factible y viable, por lo que se recomienda la creación de normativas que permitan dicha implementación a nivel nacional.

2.2 Marco teórico

Análisis sísmico

Para el diseño de una estructura es primordial realizar un análisis sísmico, esto nos ayudara a que la estructura este correctamente alineada y no sufra mayores ante un evento telúrico, para ello es necesario seguir los lineamientos que nos proporciona el reglamento nacional de edificaciones y la norma E.030. Para realizar un adecuado análisis de suelo debemos realizar iniciar con la incorporación de fuerzas sísmicas en un modelo matemático y terminar con el cumplimiento de las derivas de la estructura y la obtención de los esfuerzos sísmicos en la misma. (Valderrama, 2016).

La tierra presenta diferentes tipos de ondas que se desplazan en diferentes direcciones al momento en que se produce un evento sísmico, el sismógrafo es el elemento o dispositivo que se emplea para determinar la cuantificación del desarraigo creciente de un sismo.

Para realizar un análisis sísmico de una estructura se tienen los siguientes parámetros citados por el reglamento nacional de edificaciones (2018):

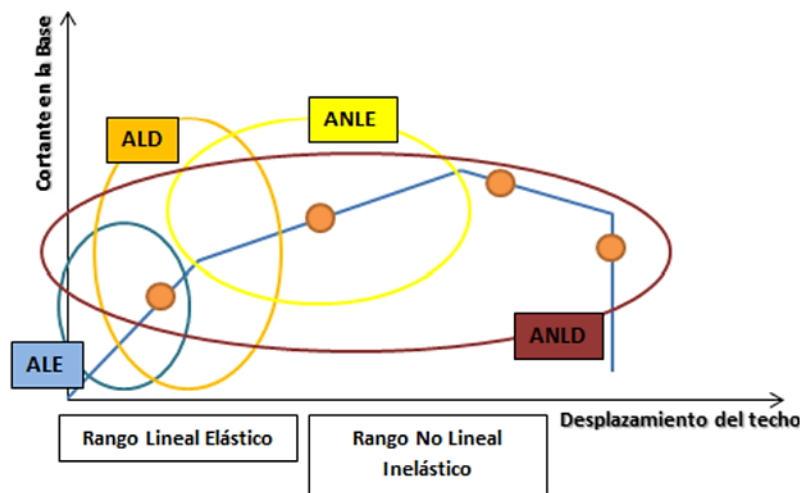
- Factor de zona (Z).
- Factor de amplificación sísmica (C).
- Factor de uso (U).
- Factor de suelo (S).
- Factor de reducción sísmica (R).

Las estructuras o edificaciones que fueron verificadas y operacionadas según los parámetros de la norma E.030 y que cuentan con un diseño sismorresistente, deben resistir y no verse totalmente afectada por movimientos telúricos que puedan presentarse.

En el momento que una edificación se ve afecta en su base por culpa de un sismo, las fuerzas que se encuentran en el interior las cuales se generan en los

elementos estructurales, estas al excitarse por el sismo no deben ser muy pesadas, de lo contrario deben generar o provocar valores numéricos, y sobre todo generar juntas de separación que pasan por una revisión y las cuales deben cumplir con lo establecido en la norma peruana de diseño sismorresistente.

Figura 1.
Tipo de análisis sísmicos



Fuente: Elaboración propia.

Análisis sísmico-dinámico.

Este análisis cumple una función importante sobre la base de que el examen sísmico dinámico debe decidir, es un agregado en la investigación teórica. Las bases que se deben tomar son las siguientes: marcos de tiempo de las vibraciones, los modos de vibración, las derivas paralelas y por último las cargas de terremoto, estas bases son obtenidas a través de un examen modular. En cambio, las bases de los tiempos de las vibraciones, el número de los modos de vibración estos son obtenidos a través de un examen espectral y por último los desplazamientos que se puedan dar ya sean horizontales o laterales y las cargas de configuración por temblor. (Villarreal, 2015)

Autodesk Revit.

Este elemento es utilizado por la mayoría de las empresas para diseñar elementos paramétricos, es decir los elementos 3D, nos permite visualizar y diseñar elementos inteligentes y en tres dimensiones. Este elemento fue elaborado por Autodesk. Por esta razón tiene asociatividad completa.

A) Modelado de Cimentaciones

El modelado de cimentación se realizó teniendo en cuenta los parámetros, las dimensiones y los diseños estructurales que se encuentran determinadas y sobre todo teniendo en cuenta las características propias de cada uno de los elementos.

B) Modelado de Columnas y Vigas

En el caso de las columnas y vigas se puede manipular las dimensiones a criterio propio del experto, sin embargo, se recomienda seguir o trazar un espaciado correcto anticipadamente que se puedan dar en las columnas y vigas, sin dejar de lado las técnicas y reglamentos expuestos en RNE y sobre todo teniendo en cuenta el diseño que ha sido expuesto por el profesional a cargo.

C) Modelado de Losas

En el caso de las losas es importante saber las dimensiones de estas para que no se representen problemas al momento de ser empleadas, si nos referimos al modelado están deben ser editadas en la familia con un mismo nombre, así como lo explica en RNE.

D) Modelado de Placas

Para este procedimiento debemos tener en cuenta el muro estructural, debido a que esto nos permitirá especificar las dimensiones entre los pisos y también

el añadimiento de acero a cada 0.25, con el fin de que al finalizar se puedan agrupar lo realizado con las columnas y los muros.

E) Modelado de Escaleras

Este moderado se realiza de la misma forma que las columnas o vigas, es decir se puede editar a criterio del profesional encargado y sobre todo se pueden realizar modificaciones teniendo en cuenta las propiedades, características, la estructura y las dimensiones de estas mismas.

Por otro lado, es importante tener en cuenta los niveles que los elementos a modelar, ya que al hacer esto se hará más fácil el encaje entre los distintos niveles y el dimensionamiento.

Beneficios de la implementación BIM en el diseño estructural

La implementación de BIM trae consigo muchos beneficios que tiene que ser de acuerdo a la información ingenieril y sobre la cuantificación de los materiales. Algunas de las ventajas que se pueden obtener de esta implementación según Alcántara (2016, Pág. 156), son las siguientes:

- lograr satisfacer a los clientes en sus intereses.
- Formulación de materiales correctos.
- Visualización de diseños de los proyectos.
- Simulación del proceso constructivo.
- Seguimiento del avance del proyecto en su etapa de operación.

Diseño estructural

Existen varios tipos de diseños, sin embargo el que emplea esta vez será el diseño por Resistencia, la cual está compuesta por dos recursos el primero

denominado ampliación de carga, que consiste básicamente en mantener la resistencia y el segundo que es reducir la resistencia nominal con la finalidad de reducir la resistencia Ø. Es decir, que todas las unidades deben contar con una resistencia de diseño igual a la resistencia requerida.

Diseño sismorresistente

Un diseño sismorresistente se emplea para que una estructura sufra mínimos daños y que no llegue al colapso al momento de verse afectada por un sismo, este diseño tiene su inicio en el software con la agregación de fuerzas sísmicas y tiene fin en el cumplimiento de las normas sísmicas expuestas en una estructura.

ESTRUCTURACIÓN Y PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL DISEÑO DE EDIFICIOS.

Estructuración y predimensionamiento de elementos estructurales en el diseño de edificios no es más que un cálculo de las dimensiones que contiene la estructura, para la cual es necesario emplear parámetros y seguir las normas señaladas para lograr la verificación estructural y final.

Giménez y Janqui (2015, p.59) mencionan que ante su punto de vista las reglas que debe tomarse para obtener un predimensionamiento deben ser las que se mencionan a continuación:

Losa de piso:

$$h = L / 25$$

Donde:

L = luz menor

h= Altura del aligerado

Vigas:

$$h = L / 12 \text{ o } b=12/2$$

Donde:

L= luz mayor en el eje

h= Altura de la viga.

Columnas:

Área de columna = $P_{servicio} \times A_{tributaria} \times N^{\circ} \text{ pisos} / (0.35 \times f'c)$ Datos:

Categoría

C = Vivienda

P servicio en Ton/m²

Nº Pisos

f'c en Ton/m².

Elaboración del Modelo BIM Estructuras (3D)

Para lograr esta especialidad se tuvo que generar ampliaciones de otros tres programas los cuales fueron: Autodesk® Revit® Structure 2018, el cual ya se encuentra disponible en la plataforma, pudiendo hacer usos tanto de las especificaciones como de los planos. Cabe recalcar que para poder editar la información realizada en AutoCAD® al momento de importar, los dos programas deben mantenerse activos para con esto no tener ninguna dificultad.

Interferencias constructivas

Este término es utilizado mayormente para denominar a los errores o fallas ya sean temporales o espaciales que se dan en la parte del proceso de la elaboración del diseño. Estas fallas pueden darse con mayor facilidad en los servicios básicos de electricidad y sanidad debido a la facilidad de entrecruzamiento que se genera, sin embargo, estos errores pueden ser corregidos convirtiéndose finalmente en un error temporal.

Metodología BIM aplicado al diseño de estructuras

Para el desarrollo de un diseño estructural para una infraestructura existen diferentes métodos que pueden ser buenos, no obstante los métodos más eficaces son aquellos que tienen relación con la metodología del BIM, “el BIM nos permitirá diseñar, analizar, y explorar el diseño de una estructura sin haberla construido aun, esto será posible debido a que a través de un entorno digital obtendremos la figura que se desea construir, esto facilitara las nuevas modificaciones así como también la reducción de costos al emplear estos cambios. Debido a esto la metodología del BIM es una promesa que se está cumpliendo en la actualidad, la creación de programas BIM están desarrollando dispositivos que ayudan a atenuar los riesgos existentes en una construcción “(Brad Hardin, 2015, p.145).

INTEROPERABILIDAD DE PROGRAMAS BIM APLICADOS AL DISEÑO ESTRUCTURAL.

“Para realizar trabajos de una forma más eficaz, la interacción y transferencia de información entre las diferentes especialidades, es decir entre los diferentes softwares) debe ser necesaria en los procesos BIM” (Rodolfo, 2013, p.8). Para entender mejor la definición de interoperabilidad podemos decir que esto se trata del traspaso de información entre los diferentes programas que existen. Como por ejemplo las diversas herramientas BIM que existen para realizar un diseño estructural, sin embargo, estos no son del todo compatible con el resto de programas computacionales (diferente lenguaje y formatos). Sin embargo, hoy en día se están buscando soluciones para este problema y con esto conseguir la interoperabilidad entre los programas computacionales que existen con el BIM, tratando de relacionarlos en un solo formato denominado Industry Foundation Classes (este formato permitirá transferir los diferentes datos de un modelado BIM), esto se desarrollará con la finalidad de que exista una interoperabilidad entre los diferentes softwares BIM disponibles en el mercado.

Modelamiento de estructura

Este modelo al igual que el anterior también se toma a través de un programa software Autodesk Revit 2018

Para esto se debe modelar las estructuras que lo conforman, por ejemplo, las vigas, los muros, los solados y por ultimo las zapatas los cuales serán empleados en los sótanos que contenga la construcción, y por último encontramos los elementos que conforman la estructura superficial, por ejemplo, las placas, columnas, escaleras, entre otros.

En el último caso no es necesario tomar en cuenta los muros, ya que el uso de albañilería no es necesario en la estructura.

Robot Structural 2018

Autodesk Robot es una herramienta que ha facilitado el trabajo de los expertos, ya que cuenta con un amplio poder de resultados para la transferencia de datos en función de proyectos con Microsoft Excel. Desde el momento de la adquisición que tuvo Autodesk de ROBOBAT por la cantidad de 42.5 millones de dólares, este programa ha evolucionado de manera que se ha convertido en un programa de conteo global. Llegando a ser este el programa de cálculo más adaptable a la metodología de BIM. (Cad Bim 3D, 2016).

Robot Structural Analysis aporta capacidades líderes en el mercado para el análisis dinámico de las estructuras. (2ACAD Global Group).

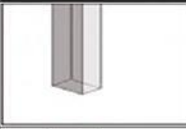
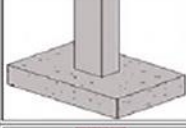
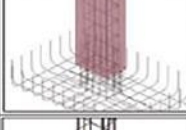
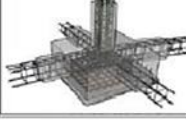
- Este programa contiene la mayoría de los requerimientos para la mayoría de los demás programas, por consiguiente lleva una irregularidad de cada modo
- El cliente puede analizar a más profundidad la incidencia sísmica, fantasmal o transitoria después del análisis modular.

- Es recomendable realizar un examen sencillo para las diferentes estructuras que se desean emplear.
- Para realizar los cálculos se deben tener en cuenta las diversas cualidades (cargas dinámicas, velocidad y eliminación de cargas)

Ingeniería de detalle

Según (Kimmel, 2008). Menciona que un diseño se entiende como una contemplación de lo que se quiere desarrollar, por consecuente los detalles que se quieran tomar tendrán de acuerdo al modelo y proyecto que se quiera ejecutar y sobre todo de la visualización del especialista encargado.

Figura 2

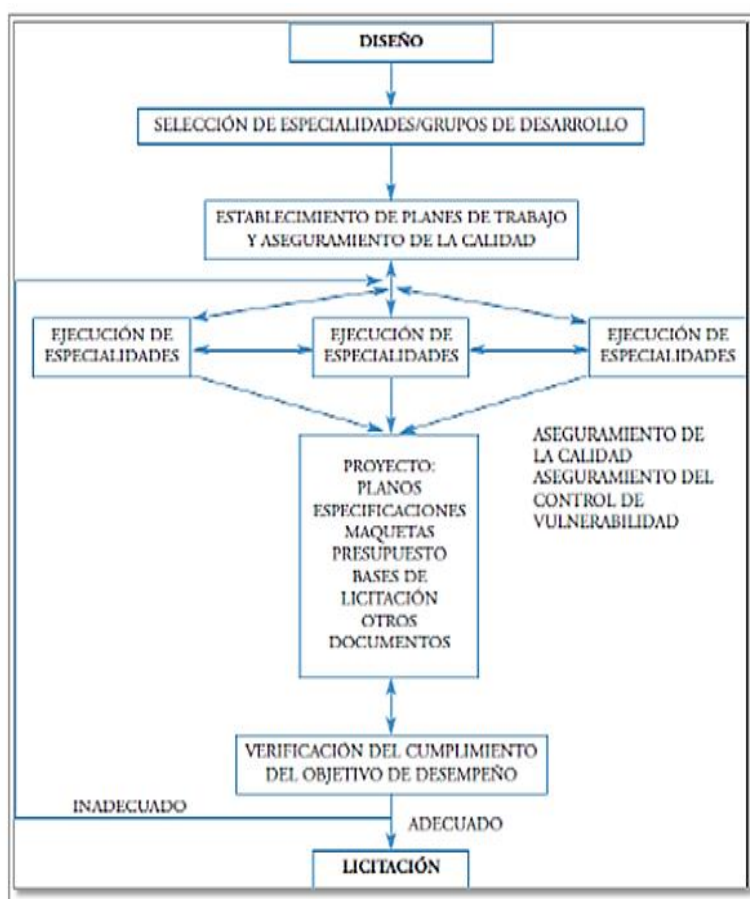
DETAIL		
	LOD 100	Diseño conceptual ; la visión se limita en área, volumen, altura, localización y orientación. Podemos obtener costos basados en áreas y volúmenes
	LOD 200	Visión general con magnitudes, da una idea ampliada de los acabados exteriores
	LOD 300	Información geométrica precisa, permitirá gestionar la documentación técnica, presupuesto estimado de ejecución y la programación inicial.
	LOD 350	Es el nivel transitorio que suma información estructural
	LOD 400	Este nivel ya permite la ejecución del edificio, con información de fabricación, montaje, ensamble con detalles muy cercanos a la realidad
	LOD 500	Representación del proyecto construido en realidad virtual según condiciones de obra. Permitirá al Facility Management controlar los cambios en ejecución. Modelo As Built.

Etapa de Diseño

Según (FRConstrucciones, 2017), aclara que en una etapa de diseño es todo aquello que relación la investigación y planificación del proyecto de que se desea construir, para esto se debe anticipadamente recopilar información y documentos requeridos.

Seguidamente el diseño es verificado y justificado en la etapa de obra, para verificar la veracidad y las técnicas que se emplearan en el proyecto y sobre todo la sostenibilidad que este presenta. En esta etapa es importante porque nos permitirá establecernos eficazmente; Como último paso todo lo recopilado será expresado de diferentes formas, ya sea en maquetas, planos, presupuestos y documentos de licitación. Estos pasos se pueden observar en el siguiente cuadro.

Figura 3.
Secuencia de pasos en la etapa de diseño



Fuente: Guía para la reducción de la vulnerabilidad en el diseño de nuevos establecimientos.

Inferencias Constructivas

Las inferencias son denominadas también como incompatibilidades, este término se utiliza cuando se encuentran fallas en los diseños estructurales de una construcción, pueden observarse en los planos o en algunas especificaciones técnicas.

Estas incompatibilidades suelen presentarse debido a una inexacta representación gráfica, esto quiere decir presentan fallas en sus implementos, un claro ejemplo serían las vigas, las cuales tienen una medida en arquitectura, sin embargo, presenta una medida diferente en estructuras el cual lo vuelve un detalle erróneo. Esto provoca que los trabajadores tengan confusiones con respecto a la medida correcta que se debe utilizar en la construcción para poder resolver dichas confusiones se debe emplear una observación por vía formal contratista-supervisión el cual demanda tiempo para encontrar las posibles soluciones, esto genera un tiempo no productivo (TNP).

Detección de Interferencias

(Salinas S., y otros, 2013), nos comenta que “la detección de interferencias en el BIM es accesible, debido a que se puede adquirir fácilmente.”

Este tipo de detecciones es común en obras, tanto así que se considera como un contrato por licitaciones, esto genera que se tenga un presupuesto adicional que puede ser gastado en cualquier etapa, sin embargo, es necesario buscar soluciones debido a que esto genera unos gastos innecesarios y sobre todo pérdidas en el proyecto. Además de la parte económica también trae consigo pérdida de tiempo es decir retrasos en las construcciones, aunque depende mucho de la clasificación para poder determinar el impacto que genera estas detecciones.

2.3. Marco Conceptual

a. METRADO DE CARGAS EN EDIFICACIONES

El metrado de cargas en edificaciones no es más que una técnica que cumple la función de hallar las cargas que actúen en los elementos de las estructuras, con un procedimiento matemático que debe ser multiplicado por el peso sísmico de estas.

La norma (E.020, 2013, p.2). Explica que las edificaciones deben ser capaces de soportar todo tipo fuerzas que se les imponga para asegurar su uso previo, esas deben estar de acuerdo con lo previsto en las normas, así no sufrirán deformaciones o alteraciones en su estructuras internas y externas al momento de que las cargas actúen sobre esta.

Para realizar un buen proyecto edificaciones de suma importancia conocer todas las cargas que actúan (personas, muebles equipos, y cargas del edificio), estas cargas son denominadas también como cargas vivas y cargas muertas.

VIGAS

Las vigas son estructuras diseñadas para soportar la flexión, pero existen vigas cortas que cumplen la función de soportar cargas de mayor magnitud, esto genera que la fuerza interna sea más grande y puede atenuar el diseño de la viga (Hibbeler, 2012, p.256). Estas vigas suelen transmitir carga proveniente de las losas y columnas, una opción un eficiente es el uso de vigas peraltadas, estas son funcionalmente mejores, teniendo en cuenta que es preferible que estas vigas contengan menor altura así se pueda maximizar la altura de la estructura, las vigas con una altura menor a $2/5$ es recomendable para claros continuo, por otro lado, las vigas menores a $4/5$ es recomendable para claros simples. Estas indicaciones deben cumplirse en todas las edificaciones.

COLUMNAS

Las columnas son las encargadas de soportar el peso que proviene de las locas y cumple la función de repartirlas a todos los cimientos que se encuentran en la estructura.

Según (Harmsen, 2002, p.126). Estos elementos son empleados en las edificaciones para resistir la compresión axial, Las columnas tienen una dimensión larga /menor y mayor que tres a diferencia de los pedestales.

LOSAS

Estos elementos son llamados también las estructuras de espesor que son empleados para la formación del piso y son apoyadas en las vigas, existe un tipo de losas que son las losas del tipo nervadas las cuales son las más usadas y vendidas en el mercado, en estas vigas es considerable una unión entre las viguetas entre cierta distancia y en la parte superior se colocará una losa delgada que será rellena con ladrillos de arcilla o poliestireno.

“las medidas en una losa aligerada son los siguientes: entre viguetas se debe dejar un espacio de 40cm, el ancho debe comprender de 10 cm y la parte superior unos 5cm. La altura que presenta una losa aligerada está comprendida entre 17, 20, 25 o 30 cm aproximadamente. En este tipo de losas las viguetas deben tener una combinación de $1.4CM + 1.7CV$ consecuente de que los sismos no se aprecian en este tipo de losas.” (Afuso, 2017, p. 47.)

MUROS DE CORTE (PLACAS)

Estos elementos son denominados placas por la misma razón que cumplen la función de amortiguar las deformaciones que puedan producirse a causa de las derivas laterales, estos muros suelen estar sometido a cargas tanto verticales como horizontales en su plano.

“en un diseño sismorresistentes de deben tener en cuenta los siguientes parámetros: primer parámetro Resistencia: la estructura debe resistir y al mismo tiempo transferir las fuerzas de un evento sísmico ante la falta de un elemento importante en la edificación, esto se logra con la ayuda de pórticos

hiperestáticos que ayudan a redistribuir las fuerzas a todas las partes de unas edificaciones luego de una fluencia inicial.

Segundo parámetro Rigidez: esto se logra con la inclusión de corte de muros, al hacer eso se provoca una mayor rigidez logrando reducir los desplazamientos laterales en los movimientos de rotación y traslación. Y como tercer parámetro encontramos la Ductilidad: esto generará que la estructura desarrolle un rango inelástico, logrando que ante un movimiento sísmico pueda disipar la energía evitando daños.” (Guillen, y Jaque, 2016, p.42).

ZAPATAS

Según (Rueda 2008, p. 55). “Las zapatas son elementos que se elaboran teniendo en cuenta que el peso que actúa sobre ellas sea menor a la presión admisible. Debido a que el suelo no soporta tracciones, es necesario emplear el método de Meyerhoff. El cual indica que suelo se plastificara ante cargas axiales y de momentos, teniendo una presión constante sobre un área menor al área inicial de la zapata, cuyo centroide coincida con la resultante de la carga”

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El estudio de mecánica de suelos tiene como finalidad describir y evaluar las propiedades y características que contenga el suelo, así como también determinar los parámetros del terreno a emplear, al obtener estos datos se podrá hallar las diferentes características que se necesita para implementar una infraestructura, para esto se utilizara un método adecuado sin olvidar tener en cuenta las determinaciones expuestas en la norma E.050. (Chambilla, 2016, p.22).

Metrado

Basándonos esencialmente en la ingeniería, se puede definir al metrado como el cálculo de partículas que se utilizaran en la obra o construcción al ejecutar. Esto lo explica el reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado

Planos del Proyecto

Los planos son empleados en las construcciones como una representación gráfica y conceptual de la estructura que se trabajara, estas representaciones deben presentar perfiles de la obra, las secciones transversales y los dibujos de ejecución, determinado por la norma técnica de metrados para obras de edificación.

Cortante Basal de diseño

Son las fuerzas de reacción que se emplea en los marcos totales de la estructura y que están presentes en la base sujeta a fuerzas horizontales como las que se presentan en los movimientos sísmicos

Espectro de respuesta

El espectro de respuesta es utilizado en la ingeniería sísmica como un cálculo que mide las vibraciones que puede soportar el suelo, el cálculo que más se emplea en estos casos es el de espectro elástico de respuesta que se ve relacionado con la aceleración. La denominación de su nombre se debe a que este espectro determina el tipo de respuesta que presenta la estructura al momento de ser sometido a un evento sísmico o acciones del exterior.

Estructura

Está comprendida por el conjunto de elementos estructurales que cumplen la función de resistir las cargas verticales, sísmicas o de cualquier otro tipo que

se puedan presentar, las estructuras tienen una clasificación, pueden ser estructuras de edificación y tras edificaciones como puentes, tanques, etc.

Estructuración

Esta actividad se basa en ubicar los elementos estructurales adecuados en la edificación y en la medida correcta para un buen desempeño. Esto nos proporcionara tener una estructura buena y eficaz, logrando que la estructura tenga y disponga de un adecuado comportamiento frente a movimientos sísmicos o gravitacionales.

Derivas

En pocas palabras las derivas se tratan de las deformaciones que tiene el piso a causa de desplazamientos laterales se ocurren entre dos pisos consecutivos y la altura de este mismo, sin embargo, esto no puede superar o sobrepasar los valores de 0.007, así lo expresa la norma E.030.

Ductilidad

Se entiende como ductilidad propiedad que tienen los elementos estructurales de deformaciones y luego recuperar su forma natural sin sufrir cambios que afectan su resistencia, Las vigas son consideradas los elementos estructurales más dúctiles (NTP E.060, 2009).

Deriva de Piso

Se entiende como deriva a los desplazamientos relativos que presenta un piso, que suele darse por la presencia de fuerzas horizontales que se da entre dos puntos que se encuentran en la misma línea de la estructura. Esto se puede hallar mediante un cálculo matemático que se entre la resta de los desplazamientos externos tanto superior como inferior del piso.

Diseño de muros estructurales

En el caso de los muros estos suelen ser sometidos a flexo compresión al igual que las columnas, pero adicional a eso estas reciben o presentan fuerzas de forma horizontal a su eje de solicitudes sísmicas, en el caso de los muros estructurales que se encuentran en contacto con el terreno, estos tienen la función de actuar como muros de contención soportando las diferentes cargas perpendiculares a su plano.

Longitud de desarrollo del refuerzo

El reglamento nacional de edificaciones, indica los elementos del concreto estructural expuestos a tracción y compresión, deben desarrollarse hacia el lado de la longitud embebida, en el gancho. Teniendo en cuenta que el gancho no se debe utilizar para anclar las barras en compresión.

Período de vibración

Los periodos de vibraciones el trascurso de tiempo en donde que pasa durante un movimiento sísmico, el cual debe cumplir con un ciclo de oscilación.

Recubrimiento de concreto para el refuerzo.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-E.060) para las proporciones de concreto que se encuentra no prees forzado, se debe aplicar un recubrimiento de concreto que si se encuentre reforzado, esto se da con una excepción siempre y cuando el recubrimiento nos sea mayor según 7.7.5.1. del (RNEE.060) o cuando se emplee una protección contra el fuego:

Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él 70 mm

Concreto en contacto permanente con el suelo o la intemperie:

Barras de 3/4" y mayores	50 mm
--------------------------	-------

Barras de 5/8" y menores, mallas electrosoldadas	40 mm
--	-------

Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo:

Losas, muros, viguetas:

- Barras de 1 11/16" y 2 1/4" 40 mm
- Barras de 1 3/8" y menores 20 mm

Vigas y columnas:

- Armadura principal, estribos y espirales 40 mm

Cáscaras y losas plegadas:

- Barras de 3/4" y mayores 20 mm
- Barras de 5/8" y menores 15 mm
- Mallas electrosoldadas 15 mm

Cargas De Diseño

Toda estructura debe seguir las determinaciones expuestas en la Norma Estándar del capítulo 1.3.6.2, sabiendo que la finalidad de todo es buscar o contar con una estructura eficaz y con un comportamiento satisfactoria ante los temblores y la gravedad para poder seguir con los análisis de los componentes básicos.

Carga Muerta (CM):

Son aquellas cargas estáticas (no vivientes) que se encuentran en la estructura, como por ejemplo el peso de los materiales, las columnas, las vigas, el soporte y por último el peso propio de la estructura.

Carga Viva (CV):

Se denominan cargas vivas a aquellas cargas que sobrecargan la estructura, es decir las personas, los muebles, los equipos y todos los elementos móviles

que son capaces de soportar la estructura. Estos son distribuidos según el peso y el lugar de ejecución que puedan obtener la Norma E-020 cargas.

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de estudio

El presente documento consta con un tipo de investigación aplicada, ya que su objetivo principal se basa en dar soluciones inmediatas a problemas prácticos que puedan presentarse en el transcurso, para lograr mejorar todo lo referente al estudio

3.2. Diseño de Investigación:

Teniendo en cuenta el diseño de investigación podemos afirmar que por su naturaleza esta investigación es de tipo no experimental, esto se debe a que las variables en cuestión no presentan cambios ni modificaciones, también corresponde a un diseño transversal debido a que se empleó un tiempo determinado para la recolección de información.

3.3. Hipótesis:

Al interactuar el software Robot Structural y Revit mejoraremos el análisis y diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 06 niveles en la ciudad de Chiclayo-2020

Identificación de Variables

Variable dependiente:

X: Análisis y Diseño Estructural con la interacción del software Robot Structural y Revit.

Variable independiente:

Y: Mejora del diseño del sistema estructural.

3.3.1. Operacionalización de Variables

Tabla 1.
Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador	Técnica
Variable dependiente: Análisis y Diseño Estructural con la interacción del software Robot Structural y Revit.	Está representado por todas las metodologías, técnicas y herramientas que son empleadas a raíz de la información detallada, verídica, coherente y sobre todo continúa; En pocas palabras se hace uso de bases confidenciales y compatibles que tengan información en relación con el edificio o la estructura que se desee elaborar o diseñar.	Dibujo y Modelación	Revit	Investigación Bibliográfica y Experimental
		Análisis estructural	Robot Structure Analysis	• Investigación Bibliográfica y Experimental • Análisis y comparación de resultados
		Optimización de tiempo	Interacción de los Programas especializados	Análisis y comparación de resultados
Variable Independiente: Mejora del diseño del sistema estructural.	En este punto nos referimos a todo lo relacionado con el diseño del edificio, también a lo referente con la transferencia de datos que se encuentra en un plano arquitectónico a un programa especializado, el cual nos permitirá elaborar análisis con la finalidad de brindar seguridad en la estructura logrando con esto una buena funcionalidad del edificio en cuestión	Edificación	Fuerzas actuantes	Investigación Bibliográfica
		Configuración en planta Irregular	Forma de la estructura	
		Modelación y diseño	Seguridad y Confiabilidad	Investigación Bibliográfica y Experimental

3.4. Población y Muestra

- **Población**

La población a tomar en cuenta para la presente investigación son los edificios y construcciones de la ciudad de Chiclayo debido a las grandes deficiencias que presenta, teniendo como finalidad reforzar el sistema de análisis y diseño empleando programas nuevos de softwares que podrá ayudar a mejorar los problemas más frecuentes.

- **Muestra**

La muestra empleada en esta investigación está situada en la ciudad de Chiclayo, basándose exclusivamente en una vivienda multifamiliar de seis niveles, para lo cuál se realizarán nuevos análisis y mejoras con el uso de los programas de software Robot Structural y Revit.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- **Recopilación de datos:**

Para el punto de la recolección de datos se emplearon los programas del software Revit y Robot Structural. Que debido a la interacción que existe entre estos, hace posible un mejor análisis de los diseños a emplear.

- **Análisis de datos**

Para la siguiente investigación se consideró lo siguiente respecto al análisis de datos:

Se procesaron los datos partiendo de la estructuración de la edificación, para que con ayuda de los programas del software Revit y Robot se pueda realizar un análisis más profundo y conciso del diseño adecuado que necesitara el edificio que se desea estudiar en este proyecto de investigación.

IV. RESULTADOS

4.1.Recolección de datos

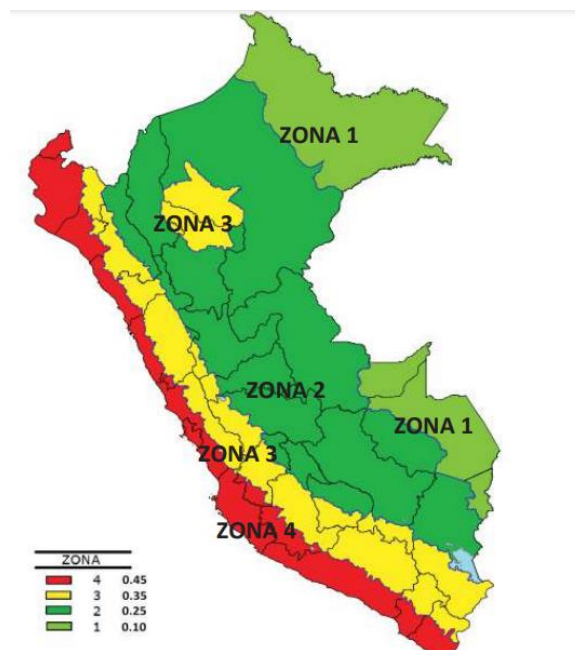
4.1.1. Descripción de la estructura:

La edificación a analizar es una vivienda multifamiliar de 6 niveles, donde el primer nivel funciona como oficinas y los niveles consiguientes están destinados para vivienda, tiene una altura de edificación de 18.60 m. Cabe resaltar que esta edificación estará ubicada en la provincia de Chiclayo, distrito de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Por otro lado, el tipo de suelo en que se encuentra ubicado la edificación es un suelo de gran porcentaje arcilloso y en menor porcentaje se encuentra la arena grava, con una capacidad portante de 0.87 kg/cm².

La edificación estará en una zona tipo IV, es necesario mencionar que Chiclayo se encuentra en una zona sísmica alta, donde el valor “Zona” es de 0.45 según la Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente.

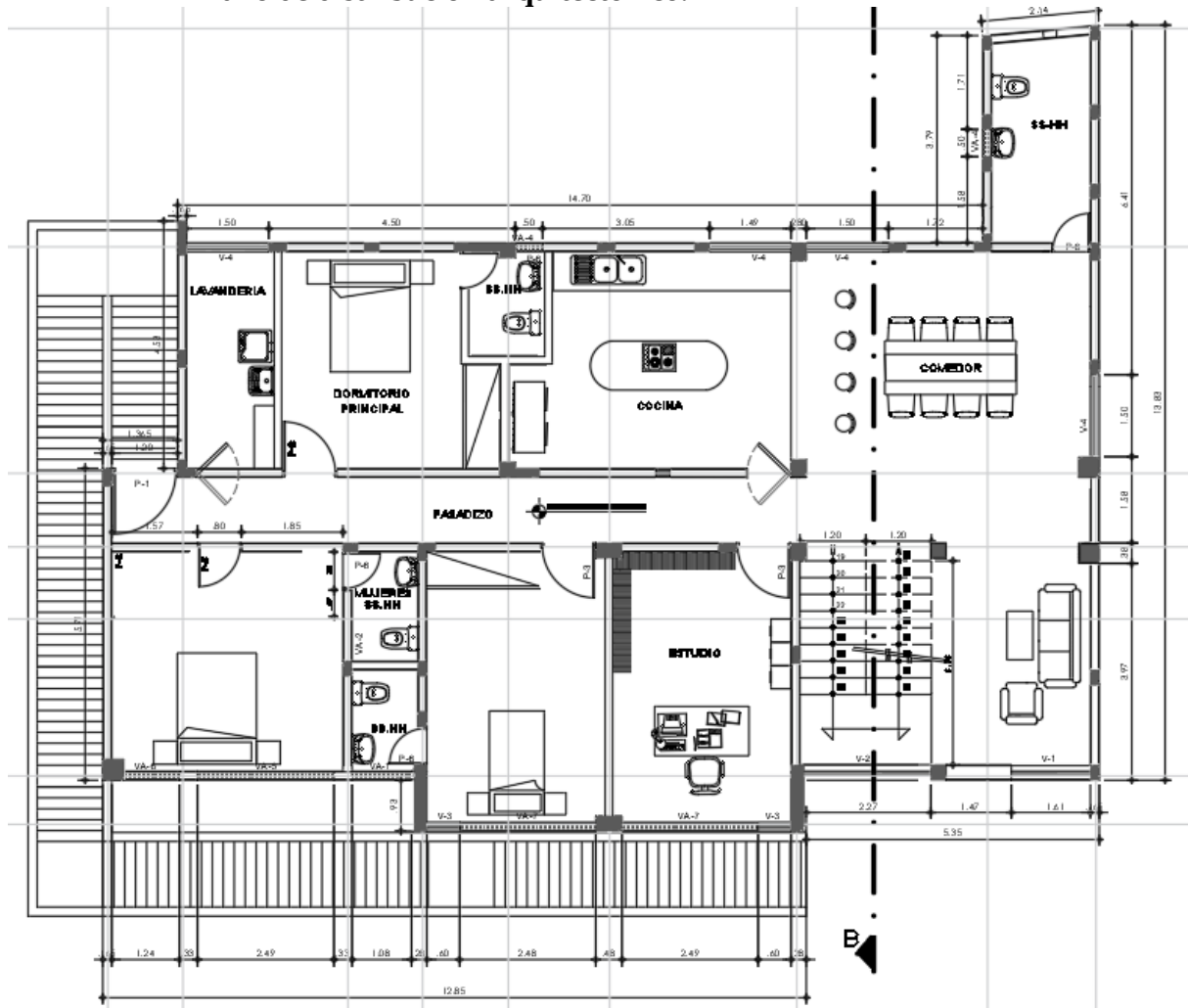
Figura 4.
Mapa de zonificación del Perú.



Fuente: Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente.

La edificación tiene un sistema de albañilería confinada.

Figura 5.
Plano de distribución arquitectónico.



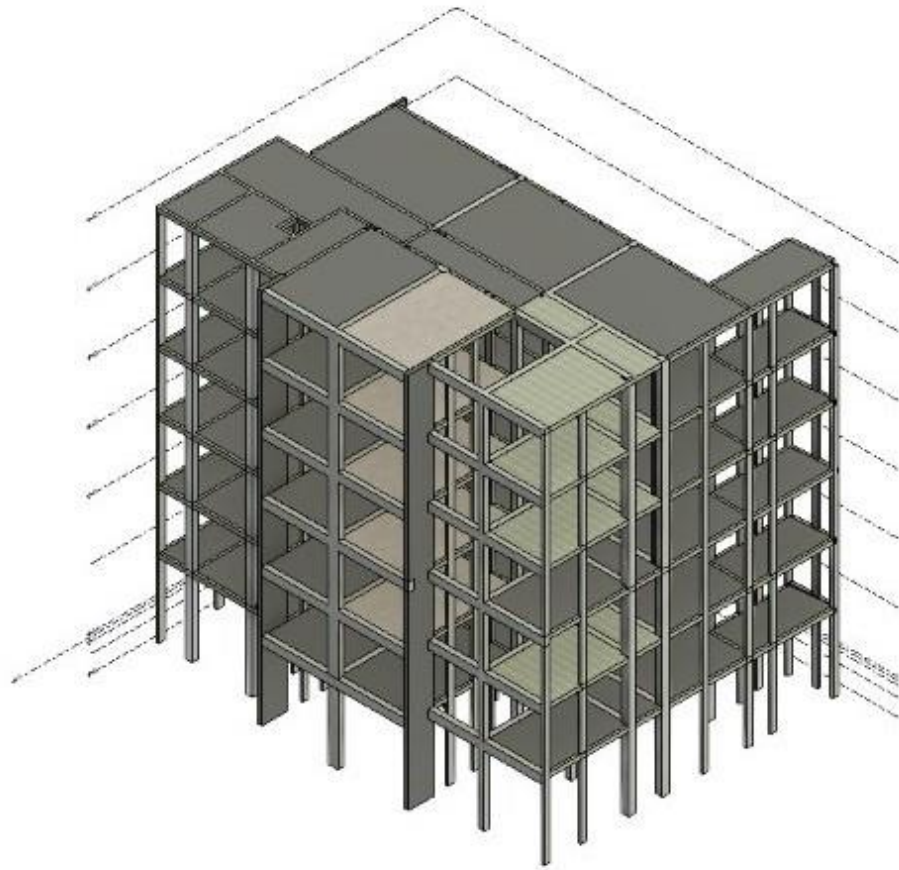
Fuente: Elaboración propia.

4.2. Interacción del software Robot Structural y Revit.

A. Modelado en Revit:

El modelado en el software Revit, inicia con la creación y colocación de elementos estructurales tipo columnas, vigas y losas.

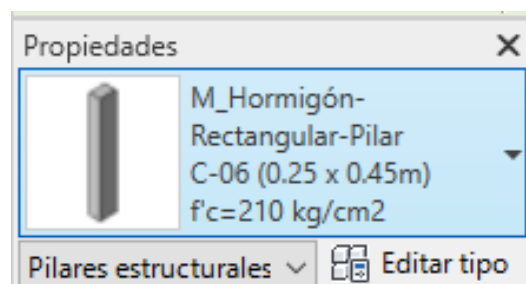
Figura 6.
Modelado en Revit Structural.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que en cada elemento estructural se le crea un material, un ejemplo de ello son las columnas, donde se establece que el concreto será de un $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 7. Propiedades del concreto en elementos estructurales.



Fuente: Elaboración propia. (Revit Structural)

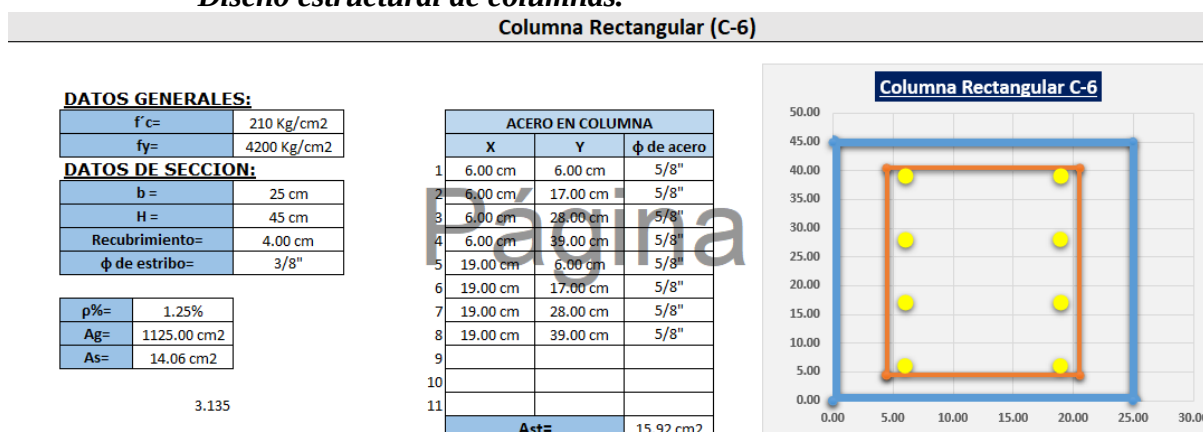
Tras ello, se procede a colocar el acero de estos elementos estructurales. Los cuales han sido diseñados con anterioridad (Anexo 3):

Figura 8.
Diseño estructural de viga.

PRIMER NIVEL														
ENTRE EJE	NUDO / CLARO	b cm	h cm	ITEM	Mu (Tonf-m)	Mu (Kgf.cm)	pb (6)	As usar	Numero de Barras				As (cm2)	Verficacion
									PRINCIPAL		AÑADIDO			
F-I	F	25 cm	40 cm	Min	2.41	241000	0.022	2.89	2 ϕ	5/8"	0 ϕ	5/8"	4.00	OK
		25 cm	40 cm	Max	0.03	3000	0.022	2.89	2 ϕ	5/8"	0 ϕ	5/8"	4.00	OK
	CENTRO	25 cm	40 cm	Min	0.03	3000	0.022	2.89	2 ϕ	5/8"	0 ϕ	5/8"	4.00	OK
		25 cm	40 cm	Max	0.45	45000	0.022	2.89	2 ϕ	5/8"	0 ϕ	5/8"	4.00	OK
	I	25 cm	40 cm	Min	1.09	109000	0.022	2.89	2 ϕ	5/8"	0 ϕ	5/8"	4.00	OK
		25 cm	40 cm	Max	0.67	67000	0.022	2.89	2 ϕ	5/8"	0 ϕ	5/8"	4.00	OK

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9.
Diseño estructural de columnas.



Fuente: Elaboración propia.

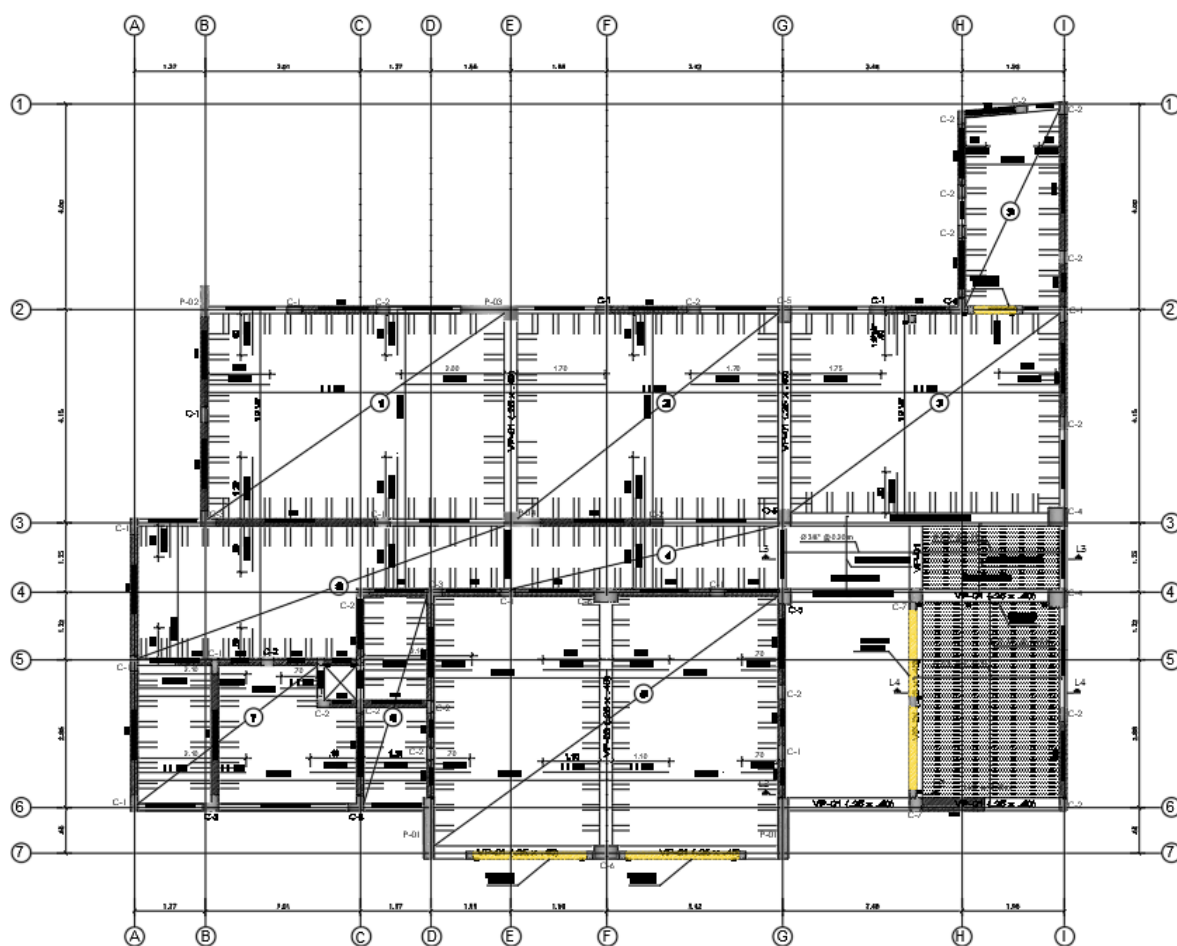
Figura 10.
Comprobación de muros portantes.

Diseño por Cargas Verticales							
Muro	L (m)	t (m)	Pm (Kg)	σ_m (Kg/cm ²)	$0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$ (Kg/cm ²)	Observación	
1X	4.47	0.13	22699.97	3.90638	7.899529042	Muro Correcto	
2X	3.900	0.13	17599.61	3.47132	7.899529042	Muro Correcto	
3X	2.100	0.13	13565.12	4.96891	7.899529042	Muro Correcto	
4X	3.880	0.13	31907.33	6.3258	7.899529042	Muro Correcto	
5X	3.320	0.13	20121.95	4.66218	7.899529042	Muro Correcto	
6X	7.330	0.13	46509.82	4.88087	7.899529042	Muro Correcto	
9X	2.000	0.13	9723.03	3.73963	7.899529042	Muro Correcto	
10X	3.070	0.13	16437.75	4.1187	7.899529042	Muro Correcto	
12X	3.330	0.13	11148.33	2.57527	7.899529042	Muro Correcto	

Fuente: Elaboración propia.

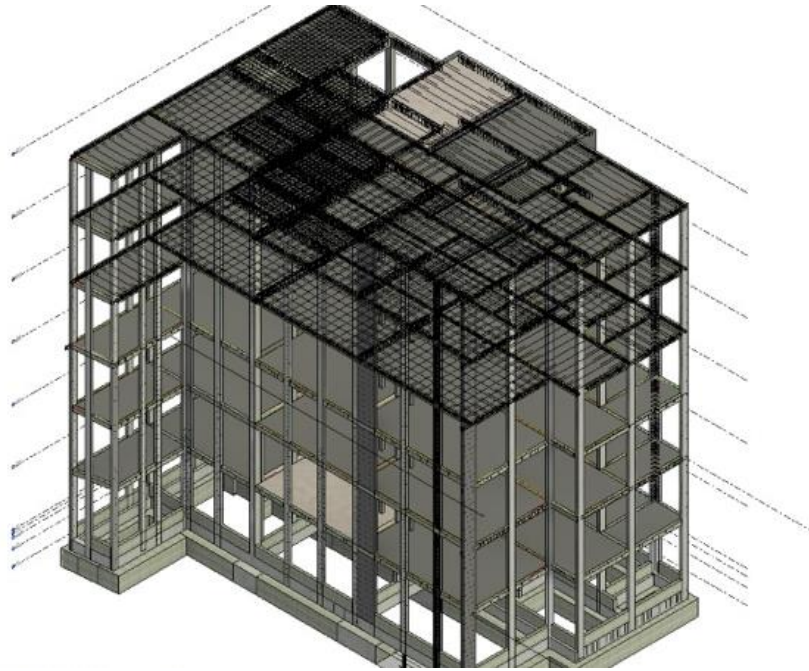
Todas las dimensiones de los elementos estructurales, así como también de la distribución de muros portantes están plasmados en los planos de (Anexo 4).

Figura 11.
Plano de estructuras.



Fuente: Elaboración propia.

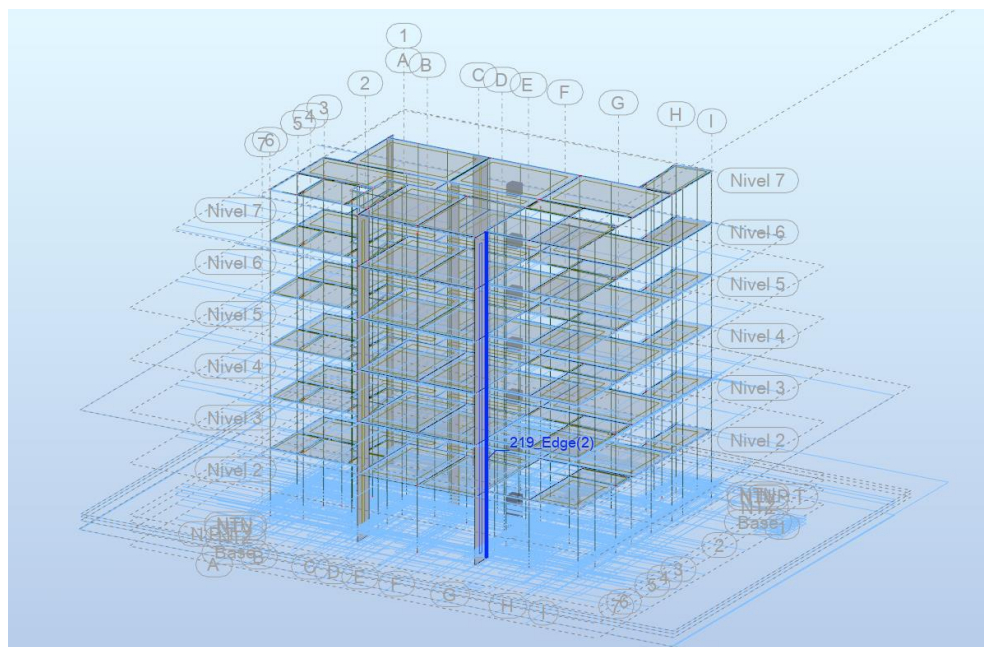
Figura 12.
Modelado estructural de la edificación en Revit.



Fuente: Elaboración propia.

Tras el modelado estructural completo en el software Revit, se procede a interactuarlo con el software Robot Structural, para lo cual se activa el modo analítico del Revit y con ello se vincula el proyecto.

Figura 13.
Modelado estructural de la edificación en Robot Structural.



Fuente: Elaboración propia.

4.3. Análisis de datos del software Robot Structural

Según los datos obtenidos del software Robot Structural, se obtuvieron los siguientes resultados respecto a las irregularidades de la estructura diseñada. El procedimiento del mismo se encuentra en el **Anexo xx.**

A. Derivas de software Robot Structural:

Tabla 2.
Derivas por piso en "X"

DERIVAS EN "X"							
PISO	CARGA	DIRECCION	D. INELASTICA	R	0.75R*D.I X	LIMITE	VERIFICACION
Story6	Dinámico "x"	X	0.001154	7	0.0061	0.007	OK
Story5	Dinámico "x"	X	0.0009874	7	0.0052	0.007	OK
Story4	Dinámico "x"	X	0.000921	7	0.0048	0.007	OK
Story3	Dinámico "x"	X	0.000844	7	0.0044	0.007	OK
Story2	Dinámico "x"	X	0.000735	7	0.0039	0.007	OK
Story1	Dinámico "x"	X	0.000616	7	0.0032	0.007	OK

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.
Derivas por piso en "Y"

DERIVAS EN "Y"							
PISO	CARGA	DIRECCION	D. INELASTICA	R	0.75R*D.I Y	LIMITE	VERIFICACION
Story6	Dinámico "Y"	Y	0.001147	7	0.0068	0.007	OK
Story5	Dinámico "Y"	Y	0.000945	7	0.0056	0.007	OK
Story4	Dinámico "Y"	Y	0.000874	7	0.0052	0.007	OK
Story3	Dinámico "Y"	Y	0.000819	7	0.0049	0.007	OK
Story2	Dinámico "Y"	Y	0.000727	7	0.0043	0.007	OK
Story1	Dinámico "Y"	Y	0.000678	7	0.0040	0.007	OK

Fuente: Elaboración propia.

B. Irregularidades en "X":

- Irregularidades en altura:

a. Irregularidad de piso blando:

La irregularidad de piso blando consiste en que un entrepiso la rigidez lateral debe ser menor que el 70% de la rigidez del entrepiso superior, es así que se comprueba esta irregularidad en el proyecto estudiado:

Tabla 4.
Irregularidad de piso blando.

Piso Blando				
Story	Ki (Tn/m)	0.7 Ki+1	Condición 1	Condición 2
Piso 6	39380.03		REGULAR	
Piso 5	71388.60	27566.02	REGULAR	REGULAR
Piso 4	71388.60	49972.02	REGULAR	REGULAR
Piso 3	71388.60	49972.02	REGULAR	REGULAR
Piso 2	71388.60	49972.02	REGULAR	REGULAR
Piso 1	75251.46	49972.02	REGULAR	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

b. Irregularidad de piso débil:

La irregularidad de piso débil consiste en que en cualquier dirección de análisis la resistencia de cualquier entrepiso es inferior a 80% de fuerzas cortantes.

Tabla 5.
Irregularidad de piso débil.

PISO DEBIL			
Story	Ki (Tn/m)	0.8 Ki+1	Condición
Piso 6	39380.03		REGULAR
Piso 5	71388.60	31504.02	REGULAR
Piso 4	71388.60	57110.88	REGULAR
Piso 3	71388.60	57110.88	REGULAR
Piso 2	71388.60	57110.88	REGULAR
Piso 1	75251.46	57110.88	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

c. Irregularidad de Extrema de Rigidez.

Esta irregularidad se cumple cuando, un entrepiso la rigidez lateral debe ser menor que el 60% de la rigidez del entrepiso superior, es así que se comprueba esta irregularidad en el proyecto estudiado:

Tabla 6.
Irregularidad de extrema de rigidez.

Extrema de rigidez				
Story	Ki (Tn/m)	0.6 Ki+1	Condición 1	Condición 2
Piso 6	39380.03		REGULAR	
Piso 5	71388.60	23628.02	REGULAR	REGULAR
Piso 4	71388.60	42833.16	REGULAR	REGULAR
Piso 3	71388.60	42833.16	REGULAR	REGULAR
Piso 2	71388.60	42833.16	REGULAR	REGULAR
Piso 1	75251.46	42833.16	REGULAR	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

d. Irregularidad de Extrema de Resistencia.

La mencionada irregularidad consiste en que en cualquier dirección de análisis la resistencia de cualquier entrepiso es inferior a 65% de fuerzas cortantes.

Tabla 7.
Irregularidad de extrema resistencia.

EXTREMA DE RESISTENCIA			
Story	Ki (Tn/m)	0.65 Ki+1	Condición
Piso 6	39380.03		REGULAR
Piso 5	71388.60	25597.02	REGULAR
Piso 4	71388.60	46402.59	REGULAR
Piso 3	71388.60	46402.59	REGULAR
Piso 2	71388.60	46402.59	REGULAR
Piso 1	75251.46	46402.59	REGULAR

Fuente:

Elaboración propia.

e. Irregularidad de Masas

La irregularidad de masa y peso consiste o se valida en que si el peso de un piso es mayor que 1.5 del peso del siguiente nivel (adyacente).

Tabla 8.
Irregularidad de masas.

	Pi	1.5 Pi +1	Condición
Piso 6	121.1 Tn		
Piso 5	177.4 Tn	182 Tn	REGULAR
Piso 4	177.4 Tn	266 Tn	REGULAR
Piso 3	177.4 Tn	266 Tn	REGULAR
Piso 2	177.4 Tn	266 Tn	REGULAR
Piso 1	192.9 Tn	266 Tn	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

- Irregularidad en planta:

a. Irregularidad Torsional:

Esta irregularidad se sustenta en que el máximo desplazamiento de entrepiso de un extremo de la edificación es mayor que 1.2 el desplazamiento relativo del centro de masas, es así que se tiene dos condiciones:

$$CONDICIÓN 1: \Delta_{\max} > 0.5 * 0.007$$

$$CONDICIÓN 2: \Delta_{\max} > 1.2 * \Delta_{CM}$$

Tabla 9.
Irregularidad Torsional.

Story	Altura (m)	IRREGULARIDAD TORSIONAL			
		$\Delta_{\max}$ (m)	Δ_{CM} (m)	Condición 1	Condición 2
Piso 6	2.85	0.0063	0.0054	No cumple 1° condición	REGULAR
Piso 5	2.85	0.0058	0.0049	No cumple 1° condición	REGULAR
Piso 4	2.85	0.0054	0.0046	No cumple 1° condición	REGULAR
Piso 3	2.85	0.0050	0.0043	No cumple 1° condición	REGULAR
Piso 2	2.85	0.0046	0.0040	No cumple 1° condición	REGULAR
Piso 1	3.6	0.0025	0.0023	No cumple 1° condición	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que la presente edificación no cumple la primera condición, siendo por ello que la irregularidad es de $I_p=0.75$

C. Irregularidades en “Y”:

a. Irregularidad de piso blando:

Tabla 10.
Irregularidad de piso blando.

Piso Blando				
Story	Ki (Tn/m)	0.7 Ki+1	Condición 1	Condición 2
Piso 6	25322.05		REGULAR	
Piso 5	46382.54	17725.44	REGULAR	REGULAR
Piso 4	46382.54	32467.78	REGULAR	REGULAR
Piso 3	46382.54	32467.78	REGULAR	REGULAR
Piso 2	46382.54	32467.78	REGULAR	REGULAR
Piso 1	53468.89	32467.78	REGULAR	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

b. Irregularidad de piso débil:

Tabla 11.
Irregularidad de piso débil.

PISO DEBIL			
Story	Ki (Tn/m)	0.8 Ki+1	Condición
Piso 6	25322.05		REGULAR
Piso 5	46382.54	20257.64	REGULAR
Piso 4	46382.54	37106.03	REGULAR
Piso 3	46382.54	37106.03	REGULAR
Piso 2	46382.54	37106.03	REGULAR
Piso 1	53468.89	37106.03	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

c. Irregularidad de Extrema de Rigidez.

Tabla 12.
Irregularidad de extrema de rigidez.

Extrema de rigidez				
Story	Ki (Tn/m)	0.6 Ki+1	Condición 1	Condición 2
Piso 6	25322.05		REGULAR	
Piso 5	46382.54	15193.23	REGULAR	REGULAR
Piso 4	46382.54	27829.52	REGULAR	REGULAR
Piso 3	46382.54	27829.52	REGULAR	REGULAR
Piso 2	46382.54	27829.52	REGULAR	REGULAR
Piso 1	53468.89	27829.52	REGULAR	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

d. Irregularidad de Extrema de Resistencia.

Tabla 13.
Irregularidad de extrema resistencia.

EXTREMA DE RESISTENCIA			
Story	Ki (Tn/m)	0.65 Ki+1	Condición
Piso 6	25322.05		REGULAR
Piso 5	46382.54	16459.33	REGULAR
Piso 4	46382.54	30148.65	REGULAR
Piso 3	46382.54	30148.65	REGULAR
Piso 2	46382.54	30148.65	REGULAR
Piso 1	53468.89	30148.65	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

- Irregularidad en planta:
 - b. Irregularidad Torsional:

Tabla 14.
Irregularidad Torsional.

Story	Altura (m)	IRREGULARIDAD TORSIONAL			
		$\Delta_{\max}$ (m)	Δ_{CM} (m)	Condición 1	Condición 2
Piso 6	2.85	0.0073	0.0037	No cumple 1° condición	REGULAR
Piso 5	2.85	0.0070	0.0034	No cumple 1° condición	REGULAR
Piso 4	2.85	0.0055	0.0029	No cumple 1° condición	REGULAR
Piso 3	2.85	0.0046	0.0024	No cumple 1° condición	REGULAR
Piso 2	2.85	0.0038	0.0019	No cumple 1° condición	REGULAR
Piso 1	3.6	0.0030	0.0015	No cumple 1° condición	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que la presente edificación no cumple la primera condición, siendo por ello que la irregularidad es de $I_p=0.75$

4.4.Comparativo de metrado de estructuras:

- Metrado de concreto en elementos estructurales:

El metrado de concreto específicamente se realizó de manera manual, siguiendo los lineamientos, con la finalidad de poder realizar un comparativo de los que proporciona el software estudiado.

Tabla 15.
Metrado manual de concreto en placas.

PLACAS - CONCRETO $f'c=280$ kg/cm ²				Unidad:	m ³
Descripción	Nº Veces	Nº Elemen.	Alto(m)	Área (m ²)	Parcial
PLACA P-01	1.00	2.00	16.80	0.22	7.39
PLACA P-02	1.00	1.00	16.80	0.08	1.31
PLACA P-03	1.00	1.00	16.80	0.17	2.88
PLACA P-04	1.00	1.00	16.80	0.12	2.03
			(M3)	13.62	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16.
Metrado de concreto en placas - Revit.

CONCRETO EN PLACAS (m3)		
Modelo	Tipo	Volumen (m3)
TOTAL		12.67
PL-01	Muro básico: PL-01	4.15
PL-01	Muro básico: PL-01	4.18
PL-02	Muro básico: PL-02	1.38
PL-03	Muro básico: PL-03	1.93
PL-04	Muro básico: PL-04	1.03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17.
Resumen de metrado de concreto

Metrado manual de concreto de elementos estructurales	
PLACAS	13.62
COLUMNAS	19.03
COLUM	
CONFINAMIENTO	26.97
VIGAS PERALTADAS	22.21
VIGAS CONFINAMIENTO	15.60
LOSA	14.28
LOSA ALIGERADA	101.30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18.
Resumen de metrado de concreto en Revit

Metrado manual de concreto de elementos estructurales	
PLACAS	12.67
COLUMNAS	22.89
COLUM	
CONFINAMIENTO	32.42
VIGAS PERALTADAS	24.51
VIGAS CONFINAMIENTO	17.70
LOSA	14.35
LOSA ALIGERADA	105.62

Fuente: Elaboración propia.

Tras la comparación se puede apreciar que haciendo un metrado en Revit se tiene mayor material, en este caso concreto, sin embargo, es decir que el software es más exacto, lo que conlleva a un mejor manejo de metrado, para evitar falta o sobrecostos no presupuestados.

- Metrado de acero:

Respecto al metrado del acero se tiene, en resumen:

Tabla 19.
Cantidad de acero proporcionada por software Revit.

ACERO	1/4	3/8	1/2	5/8	TOTAL
MUROS REFORZADOS	248.69				248.69
PLACAS		542.71	1,037.64		1,580.34
COLUMNAS		1,120.13		2,881.75	4,001.89
COLUMNAS CONFINAMIENTO	246.71	3,431.16	3,676.01	478.02	7,831.90
VIGAS PERALTADAS		630.40	5.72	925.74	1,561.86
VIGAS CONFINAMIENTO	343.42	901.32	196.10		1,440.84
LOSA MACIZA	-	1,423.99	-	-	1,423.99
LOSA ALIGERADA			5,601.09		5,601.09
	838.82	8,049.72	10,516.55	4,285.51	23,690.59

Fuente: Elaboración propia.

Figura 14.
Metrado de acero por software Revit

{3D} Copia 1		{3D}	Tabla de planificación de
<Tabla de planificación de armaduras>			
A	B	C	D
Tipo	Longitud total de b	PESO NOMINAL	Peso Acero
1/2	1066.25 m	0.99 kg/m	1059.85 kg
1/2"	4082.51 m	0.99 kg/m	4058.01 kg
1/4	2094.78 m	0.22 kg/m	460.85 kg
3/4	87.20 m	2.24 kg/m	194.89 kg
3/8	7075.56 m	0.56 kg/m	3962.31 kg
5/8	1666.95 m	1.55 kg/m	2587.11 kg
A. V 3/8"	420.21 m	0.56 kg/m	235.32 kg
A.V 1/2"	8.80 m	0.99 kg/m	8.75 kg
A.V 5/8"	177.48 m	1.55 kg/m	275.45 kg
C. 1/2"	4609.24 m	0.99 kg/m	4581.58 kg
C. 5/8	572.73 m	1.55 kg/m	888.88 kg
E. PLA 3/8"	555.53 m	0.56 kg/m	311.10 kg
EST. PLACA 1/2"	172.91 m	0.99 kg/m	171.87 kg
ESTR. COL. 3/8	3081.80 m	0.56 kg/m	1725.81 kg
losa 1/2"	330.55 m	0.99 kg/m	328.57 kg
Losa 3/8"	78.12 m	0.56 kg/m	43.75 kg
P. 1/2"	627.46 m	0.99 kg/m	623.70 kg
Total general: 7347	26708.08 m		21517.79 kg

Fuente: Elaboración propia.

Tras la comparación proporcionada, tanto para el metrado manual y convencional como para el metrado de acero que proporciona el software Revit, se puede apreciar que el proporcionado por el software no es del todo acertado, pues hay algunos parámetros que aún no se tiene en cuenta, tales como los empalmes de los aceros, los ganchos que tiene que ser distintos tanto para vigas como para columnas.

4.5.Ventajas y desventajas del software Revit y Robot Structural.

Tras lo analizado en el proyecto de la vivienda multifamiliar de 6 niveles se puede mencionar las ventajas y desventajas del Revit y Robot Structural.

Tabla 20.
Ventajas y desventajas de Revit Structural

Revit Estructural	
Ventajas	Desventajas
Se puede modelar cada elemento estructural, y colocar a su vez el material del mismo.	El modelado no considera desperdicios tanto para concreto como para acero, respecto al metrado.
El software permite crear un modelo analítico, para que este sea exportado o vinculado con software exteriores para un mejor análisis.	Existen irregularidades en el software que hace que algunos elementos estructurales como vigas se vean recortadas por las columnas.
De mucha utilidad para un anteproyecto por la rapidez de su análisis y procesamiento, siendo el software que más se acerca a la realidad. El metrado, en este caso del concreto es más exacto y la rapidez de la obtención.	Al momento de querer exportar el modelado para algún otro software de análisis, solo se puede a través del modo analítico, teniendo que eliminar el acero ya modelado.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21:
Ventajas y desventajas de Robot Structural.

Robot estructural	
Ventajas	Desventajas
Se puede modelar cada elemento estructural, y colocar a su vez el material del mismo.	Hay algunos coeficientes que se tiene que calcular manualmente, lo que retrasa el trabajo continuo.
El software permite la cualificación de los materiales, los cuales resultan ser de gran exactitud.	La existencia de un error, no existe claridad para la corrección correspondiente.
El software proporciona un análisis completo de la estructura, presentando opciones de como diagramas de corte, momento flector, entre otros.	

V. CONCLUSIONES

- Se concluye que, para realizar un proyecto estructural, es de mucha ayuda y rapidez trabajar con el software Revit, pues es en el dónde se pueden ver las mejores maneras de solucionar problemas, en el caso de que existan interferencias con otros elementos.
- El software Revit proporciona un metrado rápido, que puede ser de gran utilidad para un anteproyecto.
- Al interactuar el software Revit con Robot es un complemento que brinda un análisis completo, dando como resultado los datos necesarios para poder realizar el análisis de la edificación.
- El código de diseño que utilizan los programas de cálculo estructural son ACI 318-11, siendo este el código más actual encontrado en el programa “Robot Structural Analysis”
- Tanto el programa especializado de diseño “Robot Structural Analysis” como el programa especializado de dibujo “Revit” permiten al usuario conocer la cuantificación de materiales que son necesarios para la construcción de los diferentes elementos estructurales.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que al momento que la elección del software para análisis y diseño, al momento de realizar la modelación y cálculo de una estructura debe ser considerando el nivel de conocimientos de los programas en uso, en este caso el Robot Structural, puesta también se tienen software como Etabs o SAP Structural, debido a los distintos parámetros de cálculo y normas de diseño.
- Se recomienda ejecutar el modelado de la estructura con **“bluck - names”** similares de las cargas actuantes, tanto en el programa de carácter gráfico “Revit” como en el programa de análisis estructural “Robot Structural Analysis”, mejorando así la vinculación de resultados en la plataforma digital de trabajo.
- Se recomienda que el metrado sea revisado con los parámetros de la normativa, pues en algunos aspectos como la estructura, no resulta ser tan exacto como es el caso del concreto en elementos estructurales.
- Se recomienda la implementación de estos softwares para poder llevar a cabo un análisis y diseño más rápido y eficiente de cualquier estructura. Además de que con un modelado en 3D, los problemas de intercepción de especialidades es más rápido de ser subsanado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Wei-Hass M. (2020). Terremoto en México: ¿por qué estremeció a edificaciones que se encuentran a cientos de kilómetros? febrero 02, 2021, de National Geographic Sitio web: <https://www.nationalgeographicla.com/ciencia/2020/06/terremoto-oaxaca-mexico-estremecio-edificios-a-cientos-kilometros>
- Montaña, J. (2018). Edificios tienen problemas en diseño y construcción': U de Cartagena. Febrero 04,2021, de El Tiempo Sitio web: <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/edificios-no-cumplen-con-la-ley-urbanistica-ni-normas-estructurales-173674>
- Zibell M. (2016). El secreto de los edificios que no se cayeron durante el terremoto de Ecuador. febrero 02, 2021, de BBC Mundo Sitio web: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160422_ecuador_terremoto_problemas_construcciones_arquitectura_ab
- RPP. (2017). Un terremoto en Lima le costaría 43 mil millones de dólares al Estado. Febrero 09,2021, de RPP Sitio web: <https://rpp.pe/economia/economia/terremoto-cuanto-le-costaria-al-peru-un-sismo-de-mas-de-8-gradados-noticia-1077896>
- Nacional. (2021). Construcciones en Lima son vulnerables debido al suelo y a cómo fueron edificadas. Febrero 12,2021, de Nacional Sitio web: <https://www.radionacional.com.pe/noticias/locales/construcciones-en-lima-son-vulnerables-debido-al-suelo-y-a-como-fueron-edificadas>
- El Búho. (2017). Terremoto en Arequipa sería fatal por edificios mal contruidos. Marzo 04, 2021, de El Buho Sitio web: <https://elbuho.pe/2017/10/terremoto-arequipa-seria-fatal-edificios-mal-construidos/>
- RPP Noticias. (2019). Unas 250,000 casas se derrumbarían ante un sismo debido a la mala calidad en sus construcciones. Marzo 04, 2021, de RRP Noticias Sitio web: <https://rpp.pe/peru/lambayeque/unas-250000-casas-se-derrumbarian-ante-un-sismo-debido-a-la-mala-calidad-en-sus-construcciones-noticia-1215616>

- Medina, C. D. & Galarza, D. A. (2019). Evaluación del desempeño sísmico del edificio de la Oscus mediante comparación del análisis estático no lineal (Pushover), análisis estático modal (Pushover Multimodal) y dinámico no-lineal (Historia de Respuesta). Febrero 18, 2021, de Universidad Técnica de Ambato. Sitio web: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29942/1/Tesis%20I.%20C.%201334%20-%20Galarza%20Altamirano%20Daniela%20Alexandra.pdf>
- Duarte, C. E, Martínez, M. E. & Santamaría J. J. (2017). Análisis estático no lineal (Pushover) del cuerpo central del edificio de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador. marzo 01, 2021, de Universidad de El Salvador Sitio web: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13405/1/An%C3%A1lisis%20est%C3%A1tico%20no%20lineal%20%28Pushover%29%20del%20cuerpo%20central%20del%20edificio%20de%20la%20Facultad%20de%20Medicina%20de%20la%20Universidad%20de%20El%20Salvador.pdf>
- Bedecarratz, E. (2018). Modelación no lineal de un edificio de hormigón armado y aplicación de metodología de diseño por desempeño. Marzo 18, 2021, de Universidad de Chile Sitio web: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/170032/Modelaci%C3%B3n-no-lineal-de-un-edificio-de-hormig%C3%B3n-armado-y-aplicaci%C3%B3n-de-metodolog%C3%ADa-de-dise%C3%B1o-por-desempe%C3%B1o.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Blas, J. M & Sosa E. P. (2019). Evaluación del desempeño sísmico bajo el método de análisis estático no lineal Pushover, caso Puente Riecito ubicado en el Distrito de Bellavista – Piura. Marzo 12, 2021, de Universidad Ricardo Palma Sitio web: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2634/T030_71129000-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Choque, F.J. & Luque E.D. (2019). Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E.030. marzo 16, 2021, de Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Sitio web: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8866>

- Calcina, R. M. (2017). Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no-lineal. marzo 16, 2021, de Universidad Privada de Tacna Sitio web: http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/499/1/Calcina_Pena_Ramon.pdf
- Samillán R. J. (2019). Análisis del desempeño sísmico no lineal estático (pushover) en una edificación de ocho pisos Chiclayo-Lambayeque. marzo 20,2021, de Universidad Cesar Vallejo Sitio web: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38705>
- Huamán, J. A. (2016). Predicción del comportamiento sísmico por desplazamiento mediante el análisis estático no lineal en las edificaciones de la Universidad Cesar Vallejo. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo - Escuela de postgrado.
- NILSON, Arthur (1999) Diseño de estructuras de concreto. Colombia: McGraw-Hill Interamericana.
- Esteba, A. E. (2017). Análisis estático y dinámico no lineal en el desempeño de un edificio de concreto armado diseñado bajo la norma E.030 en Puno. Puno: Faculta de ingeniería civil y arquitectura-Escuela profesional de ingeniería civil-Universidad Nacional del Altiplano.
- PIQUÉ DEL POZO, Javier (2004). Diseño por capacidad: estrategia neozelandesa de diseño sismorresistente. Revista “El Ingeniero Civil”.
- RNE. (2018). Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.030 diseño sismorresistente. Lima.
- Barboza, R. (2018). Desempeño sísmico del edificio ángel divino ubicado en la ciudad de Chota, provincia de Chota, Región Cajamarca. Lambayeque: Facultad de ingeniería civil, sistemas y arquitectura-Escuela profesional de ingeniería civil-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- ATC (1996). "Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings". Technical report, ATC-40. Applied Technology Council, Redwood City, California.

- Fernández Villegas, Jhonny Ángel (2015). Tesis "Desempeño sísmico de un edificio aporticado de seis pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones". Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- RNE. (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.060 Concreto armado. Lima.

VIII. ANEXOS