



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

UNA INVESTIGACIÓN TEÓRICA DE
INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA
APLICANDO MODELAMIENTOS DE RIGIDEZ EN
SUELO Y ELEMENTOS VISCOELÁSTICOS.

Trabajo de investigación para optar el grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autor:

Andy Bruno Vergara Chacaltana

Asesor:

Mg. Ing. Edwin Jhon Aquisue Dueñas

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

Esta revisión es dedicada para mis familiares y compañeros que me han
acompañado en toda mi vida universitaria.

AGRADECIMIENTO

Para mis padres y profesores por darme enseñanzas cada día.

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS	18
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	22
REFERENCIAS.....	23
ANEXOS.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Metodologías.....	14
Tabla N° 2 : Resultados de información.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 : Recolección de Información	12
Figura N° 2 : Procedimientos	13
Figura N° 3 : Porcentaje de estudios por tipo de publicación	14
Figura N° 4 : Herramienta Virtual Redalyc.org	27
Figura N° 5 : Herramienta Virtual Google Academic	27
Figura N° 6 : Herramienta Virtual Renati	28
Figura N° 7: Cuadro de Excel con recopilación de información	29

RESUMEN

La presente investigación consiste sobre el comportamiento estructural considerando los efectos de la interacción suelo – estructura y los modelamientos viscoelásticos en elementos estructurales e Ingeniería Sismorresistente. Por ello se realizó búsquedas en repositorios de tesis de universidades nacionales en Renati, extranjeras en Google Académico, así como artículos en Redalyc. El análisis ISE es importante para el comportamiento Sísmico, debido a que determina si la base de fundación ayuda a contrarrestar la energía y aceleración sísmica o aumenta dependiendo de las características que presenta, pero también existe modelamientos de los elementos estructurales con los que se permite conocer un diferente comportamiento al convencional. Para ello, se realizó esta revisión sistemática, con el objetivo de conocer la importancia, beneficios, metodologías y resultados de la Interacción suelo estructura aplicada en modelos de elementos estructurales. Está enfocada en distintos modelos dinámicos de Interacción sísmica suelo-estructura en función de suelo y modelamientos viscoelásticos de elementos estructurales. Se registró una búsqueda de 63 documentos entre tesis y artículos, se usó 20 en función a información precisa, metodología variada y resolución de problemas enfocados a casos reales. Los resultados determinan de forma incisiva el comportamiento real en función a las propiedades exactas de los suelos en movimientos sísmicos.

PALABRAS CLAVES: Interacción Suelo Estructura, Modelos Viscoelásticos, Modelamiento de rigidez de suelo, Comportamiento Sísmico.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema de la Interacción Suelo – Estructura, que se puede definir como el comportamiento o deformación estructural frente a las propiedades dadas por el suelo ante la rigidez de esta, afectando los esfuerzos de los elementos estructurales cuando se encuentra en servicio, al igual que los modelamientos de elementos viscoelásticos que determinan un comportamiento no lineal en los elementos estructurales. Para iniciar se buscó fuentes donde se evidencia la problemática y el por qué se desarrollan estas investigaciones, como la falta de estudios o consideración de esta al momento de hacer diseños estructurales o cómo influye en las características de la estructura. Eudave. J. en su artículo “Modelo viscoelástico para el análisis interacción suelo estructura” indica que los estudios convencionales de edificaciones se hacen sobre un modelamiento de apoyo empotrado o fijo denotando que la rigidez del suelo es suficiente como para considerarlo. Sin embargo, de acuerdo a estudios que se han desarrollado desde hace algunos años, se conoce que el suelo presenta características de deformabilidad que pueden afectar de manera significativa el comportamiento de la estructura. Por otra parte, también indica que se tiene una idealización del comportamiento de materiales estructurales, la más común es la que considera comportamiento estático lineal, aunque también esta idealización no es la más adecuada ya que se sabe que no sucede un comportamiento igual en todos los casos. También encontramos el artículo de Lorefice. R , Etse. G, Coronel. C, Herrera. I, (2006) “Estudio de modelos viscoelásticos y viscoelásticos para creep básico en hormigón” en la parte de sus conclusiones nos indica que para determinar el comportamiento o modelamiento realista, que sea aplicable a todo espectro posible de estados tensionales a los que pueda estar sometida una estructura real debería incluir necesariamente ambas teorías reológicas

“Viscoelasticidad y Viscoplasticidad”, con especial énfasis en la Viscoelasticidad para niveles bajos en tensión y con predominancia en la plasticidad para elementos que poseen nivel superior al 50% el nivel de tensión de la resistencia del concreto, esto quiere indicar que los elementos estructurales no presentan un comportamiento lineal, al tener rangos viscoelásticos presentan comportamientos no lineales. Por otra parte, también analizaremos el comportamiento del suelo. Según Valderrama y Meza (2014) En una tesis de la (UPC) “Influencia de la interacción Suelo – Estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación Aporticada con zapatas aisladas”. Considera que los modelamientos con el análisis “interacción suelo – estructura” se obtiene menores esfuerzos en los elementos estructurales de la edificación que los modelamientos en donde se considera una base empotrada o simplemente no se usan estos análisis.

Esto demuestra que existe la falta de consideración del análisis de interacción frente a distintos tipos de edificación. También influyen las reacciones frente a movimientos sísmicos, como se comportan y las consecuencias que traen a la estructura. Garay (2017) En una tesis de la (UNC) “Influencia de la interacción Suelo – Estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto Multifamiliar los balcones del Valle Barrio Columbo – Cajamarca” Indica que en las zonas donde hay problemas en suelos frente a un sismo este produce mayores daños, esto se debe a que la resistencia pobre que posee esta, aumenta la aceleración sísmica provocando daños no reparables en la estructura. En Perú aún no hay muchos métodos analíticos para contrastar el análisis y diseño de edificaciones considerando los efectos que poseen estos elementos estructurales con el suelo. Sucasaca y Mamani (2017) en una tesis de la (UNA) “evaluación de los efectos de interacción suelo-estructura en el estadio universitario UNA – PUNO” Nos indica que muy aparte de los

problemas característicos de los suelos como la poca capacidad portante o falla por corte ante un sismo, nos comenta sobre otra falla que sucede en el suelo como la licuación o licuefacción que consiste en el comportamiento del suelo como si fuera líquido o Puma (2017) en una tesis de la (UNFV) “Efectos de la interacción suelo – estructura en la cimentación compartida por bloques independizados con junta sísmica, verificado mediante ensayos a escala con simulador sísmico y modelos elementos finitos”, Nos indica que una edificación al ser sometida a un sismo no solo afecta a la estructura misma, si no que parte del esfuerzo interactúa con la edificación adyacente. Nos quiere decir que se suele analizar cada bloque de forma independiente sin tomar en cuenta los desplazamientos que estas pueden ocasionar por los posibles esfuerzos.

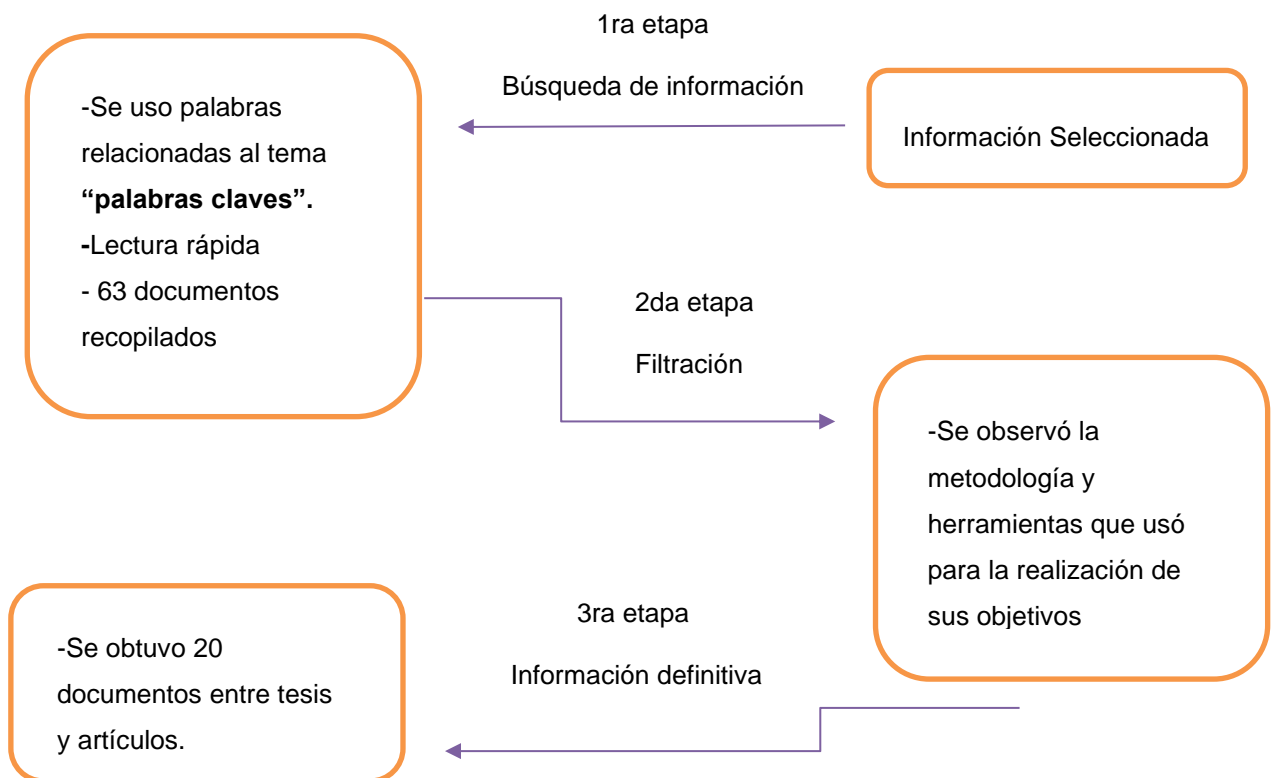
Al analizar una revista de Ingeniería Sísmica proveniente de la ciudad de México nos habla sobre irregularidades en su norma, Fernández y Avilés (2008) En el artículo “Efectos de interacción suelo – estructura en edificios con planta baja blanda”, nos dice que estructuras con planta baja flexibles son muy vulnerables a las acciones del sismo, esto se debe a la falta de resistencia y rigidez. La RCDF o “norma mexicana” tratan el problema como una condición de irregularidad estructural, esto trae como consecuencia la reducción del factor de comportamiento sísmico que controla las resistencias de diseño. Al igual que en la norma peruana “RNE” nos indica este factor como si fuera una irregularidad de edificación y no considera un estudio de Interacción suelo – estructura el cual podría brindar factores y parámetros para construcciones de este tipo o recomendaciones donde se podría aplicar. El Perú se encuentra ubicado entre las Placas de Nazca y la Sudamericana haciendo esta una zona altamente sísmica, considerando los efectos sísmicos en suelos pobres, generando daños irreparables y pérdidas de vidas humanas como, Jines Ruth(2017) en su

tesis “Interacción sísmica suelo – estructura en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua”, nos indica que estamos ubicados en el “Cinturón de fuego del pacifico” y que estamos en vulnerabilidad Sísmica, aproximadamente el 40% del área Peruana es altamente sísmica referenciando más a la costa Peruana, es posible afirmar que la intensidad alcanzable es de unos 9 grados “Escala Mercalli Modificada (MM)” y que no hay una edificación que pueda desarrollar comportamiento sísmico natural, sin tener un contacto dinámico con el suelo.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Esta revisión sistemática de literatura en este caso científica nos informa sobre la evolución de la investigación en relación a un tema específico en la cual se aplica la búsqueda de información, para esto se realizó una recopilación de datos en función al tema estipulado. Para la recolección de información se tuvo que sacar información fidedigna, por ello, se basó en fuentes académicas como Renati, Google Academic y Redalyc, adjuntando entre artículos y tesis de pregrado y postgrado en relación al tema investigado. Para determinar la información se detonó un proceso dividido en 3 etapas: Búsqueda de información, Filtración, Información definitiva.

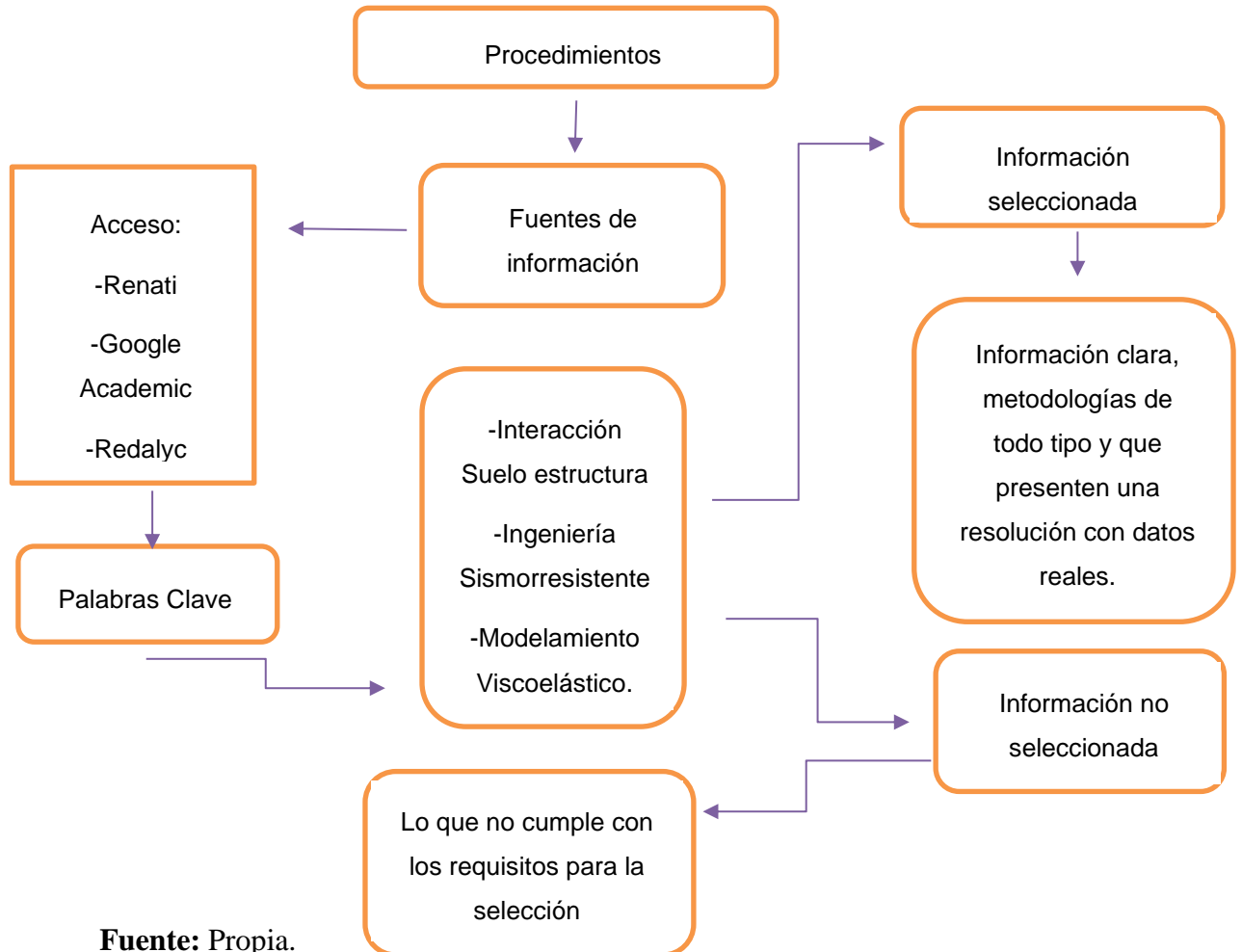
Figura N° 1 : Recolección de Información



Fuente: Propio.

Se detalla mediante el siguiente esquema los procedimientos que se tuvo en la Búsqueda de información, Filtración e Información definitiva.

Figura N° 2 : Procedimientos



En los siguientes gráficos se indicará el porcentaje de estudios que se extrajo para la recolección de información, Adjuntado en un archivo Excel. (Anexos Fig.7).

Figura N° 3 : Porcentaje de estudios por tipo de publicación



Fuente: Propia.

Una vez explicada las etapas realizadas y procedimientos para la captación de información, se procede a la explicación de la metodología captada de las investigaciones seleccionadas.

Tabla N° 1: Metodologías

FUENTE	TÍTULO	METODOLOGÍA
Garay.R	Influencia de la interacción suelo – estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto “multifamiliar los balcones del valle” Barrio Columbo – Cajamarca.	Se realizo análisis sísmicos en diferentes estados de la estructura (Estático, dinámico, Modal – Espectral, Tiempo - Historia) en función a los modelamientos de (Barkan – Savinov, Ilichev, Sargsian y Norma Rusa) con acelerogramas obtenidos del CISMID UNI, apoyándose en software AutoCAD – SAP 2000 – Microsoft Excel.
Eudave. J	Modelo viscoelastico para el analisis de interacción suelo – estructura.	Realizo revisión informática para determinar los modelamientos a usar en la interaccion suelo estructura y modelamientos viscoelásticos para los elementos estructurales de zapatas y columnas “Modelo Maxwell, Modelo Kevin, Modelo Burger”.

PUMA.E	Efectos de la interacción suelo – estructura en la cimentación compartida por bloques independizadas con junta sísmica, verificada mediante ensayos a escala con simulador sísmico y modelos de elementos finitos	Se realizó 3 experimentos: 2 métodos matemáticos y uno físico experimental: (la primera se basa en un método analítico, la segunda por un software de computadora a base de elementos finitos y el tercero se basa en ensayos a escala reducida). A) Construcción de una mesa sísmica y modelamiento estructural a escala para someterlo a un simulador de aceleraciones sísmicas reducida estandarizado “Shake Table II” con bases variables rígida y flexible. B) Modelamiento matemático basado en resoluciones matriciales de las rigideces de la estructura – suelo, en bases variables “Rígida y Flexible” C) Modelamiento estructural mediante software ETABS para conocimiento del análisis estructural en bases variables “Rígida y Flexible” .
Valderrama.C & Meza.J	Influencia de la interacción suelo – estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación Aporticada con zapatas aisladas	Modelamiento de la estructura en porcentajes variados de amortiguamiento y zona. Realización del comportamiento estructural en SAP 2000 para conocimiento del ISE entre diferentes modelos (D.D. Barkan – Savinov/ Modelo dinámico Winkler – Coeficiente de Basalto, Para conocer la dependencia de las variables se realizó la metodología estadística (Chi Cuadrado).
Lorefice.R Etse.G, Coronel.C, Herrera.I	Estudio de modelos Viscoelásticos y Viscoplasticos para creep básico en hormigón.	Se realizo un analisis Teórico – computacional aplicando las teóricas de Viscoelasticidad “Maxwell” versus la teoría de Viscoplasticidad “Perzyna” para la determinación de la fluencia básica del “creep”
Jines.R	Interacción sísmica suelo – estructuración en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua.	Se realizo modelamientos de ISE (Barkan, Ilichev, Sargsian y la norma rusa) tanto en comportamiento estático como dinámico, usando los estudios de suelo del anteproyecto, analizando los datos en el Software de ETABS y así usar la metodología del Chi cuadrado para reconocer si las variables son o no independientes.
Herrela.L	Evaluación de la interacción dinámica suelo – estructura de edificaciones construidas en ladera	Se describe la teoría base del módulo dinámico mediante modelo de elementos finitos trabajados en PLAXIS 2010 , en función a los acelerogramas y espectros en roca, cálculo de los parámetros estáticos y dinámicos de cada perfil geotécnico. Se realizo el modelamiento estructura para el comportamiento del suelo en SAP 2000 - EERA y DEEP SOIL
Tasilla.J	Efecto de la interacción suelo estructura en el comportamiento estructural, del sector "E" del hospital regional de Cajamarca considerando diferentes tipos de suelos, Cajamarca.	Modelamiento de la edificación en diferentes bases (Roca rígida, suelo flexible, suelo blando) elaborado en ETABS para analizar y comparar (Desplazamientos s, derivas, distorsiones, asentamientos, fuerzas internas, periodos de vibración y frecuencias), Usar el Excel para la elaboración de gráficas y comparación de resultados.
Pomasoncco.C	Análisis de respuesta dinámica incluyendo la interacción suelo – estructura en puentes con pilotes de cimentación	Se desarrollo y determino los módulos de reacción del suelo por las distintas metodologías de ISE propuestas por K. Terzaghi y Joseph E. Bowles). En la etapa de estructuración y modelación acoplada con ISE (interacción entre superestructura y subestructura) y desacoplada sin ISE (superestructura) del puente se utilizó el programa SAP2000 v14.1.

		y para el análisis del comportamiento dinámico de la subestructura considerando el suelo de fundación el Plaxis 3D Foundation . Se ha elaborado 4 modelos en el programa SAP2000 (1 modelo desacoplado sin ISE, 1 acoplado sin ISE y empotrado en cabeza de pilotes, 1 modelo acoplado con ISE - K. Terzaghi y 1 modelo acoplado con ISE - J. Bowles)
Gamarra.N	Análisis de la interacción sísmica suelo – estructura en edificación de albañilería estructural	Realización de modelamiento de cálculo (D.D. Barkan, Savinov, Ilichev, Sargsian, Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, Norma Boliviana, Sociedad Mexicana, Norma japonesa, Modelamiento de EE. UU y Norma peruana), Evaluados en ETABS y SAFE
Mendoza.J & Rodas.H	análisis de interacción suelo estructura de centros educativos con zapatas corridas en la Urb. Nicolas Garatea - Nuevo Chimbote	Se realizo análisis estructurales en estado estático y dinámico en ambos casos con empotramiento en la base y la ISE con los 3 modelos de suelo considerando las metodologías (Balasto) en función a las normativas (FEMA-1994/ ATC-1984), se hizo control de derivas y desplazamientos según la Normativa Peruana. (ETABS y CYPECAD).
Alfaro.G & Copello.R	Comparativo de análisis estructural considerando interacción suelo - estructura (ISE) vs empotrado, para un edificio de oficinas de 5 pisos, en la ciudad de lima, con sistema dual, Según propuesta de NORMA E030-2014.	Modelamiento de la estructura (dimensionamiento de los elementos estructurales), Cálculos matriciales y análisis estructural (ETABS) en diferentes modelamientos en diferentes bases (Rígida y rígida agrietada). (D.D. Barkan) – (Normativa Peruana RNE).
Eche.L & Perez.G	análisis del comportamiento sísmico de un edificio con muros estructurales aplicando la interacción suelo - estructura (Condominio los girasoles - comas - lima)	análisis dinámico de la edificación considerando el sistema de base rígida con la norma E.030. análisis dinámico de la edificación considerando ISE con platea de cimentación, aplicando E.030. análisis dinámico modal espectral todo analizado con (ETABS), (Barkan - Savinov / Norma Rusa SNIP 2.02.05 - 87 / Sargsian / Shariya)
Lozano.J	Influencia de la interacción suelo - estructura en el análisis y diseño de un reservorio elevado tipo Intze de la ciudad de Sechura en el 2018	Para los indicadores de la flexibilidad del suelo (Estudio de suelos), para coeficientes de modelamiento estructural de la interacción suelo estructuras se usó métodos dinámicos propuestos por (FEMA 440, D.D. Barkan - Savinov, Ilichev y Norma Rusa SNIP). Para la obtención del periodo de vibración, desplazamiento lateral y los esfuerzos internos se realizó el análisis sísmico en estado (Estático y dinámico). - SAP 2000
Neyra.C & Romero.G	Influencia de la interacción suelo - estructura en el análisis sísmico en edificaciones aporticadas sobre zapatas aisladas debido al cambio de geometría y condiciones geotécnicas	Se realizó modelamientos sin considerar ISE en la estructura para suelo flexible y rígido - Se realizo modelamientos con ISE (Barkan- Savinov, Norma Rusa SNIP 2.02.05 - 87 y Sociedad Mexicana de Ingeniería) para suelo flexible y rígido, Analizado por SAP2000
Muriel.C	“análisis y diseño estructural con interacción sísmica suelo – estructura para una edificación multifamiliar en jayllihuaya – puno, para un sismo moderado, considerando amortiguamiento de 6%	Se realizó modelamientos sin considerar ISE en la estructura para suelo flexible y rígido - Se realizo modelamientos con ISE (Barkan- Savinov) Para iteraciones de amortiguamientos, Analizado por ETABS

Estela.J	Comparación de la respuesta estructural de una edificación regular con zapatas aisladas en la ciudad de Cajamarca, considerando y obviando el efecto de interacción sísmica suelo - estructura	Realización del análisis estático considerando empotramiento en la base y la interacción suelo - estructura. Realización del análisis dinámico considerando empotramiento en la base y la interacción suelo - estructura, para la edificación de configuración regular. análisis Tiempo - Historia considerando empotramiento en la base y la interacción suelo - estructura, por la edificación de configuración regular (D.D. Barkan – Savinov) – Etabs.
Talenas.Q	análisis comparativo de una edificación considerando su cimentación rígida y flexible para un suelo de capacidad portante intermedia	Realización del análisis estático considerando empotramiento en la base y la interacción suelo - estructura. Realización del análisis dinámico considerando empotramiento en la base y la interacción suelo - estructura, para la edificación de configuración regular. análisis Tiempo - Historia considerando empotramiento en la base y la interacción suelo - estructura, por la edificación de configuración regular (ETABS) – (D.D. Barkan /Norma Rusa).
Sanchez.R & Olarte.I	Interacción sísmica suelo - estructura en la edificación del a residencia estudiantil de la universidad nacional de Huancavelica	Estudio de suelos (Exp.Tecnico) (Realización de Calicatas) , análisis estructural en estados (Estático y dinámico) usando acelerogramas (CISMID) de la edificación considerando diferentes tipos de suelo (Empotrado y flexible)- (Barkan - Savinov, Norma rusa 2.02.05 - 87, Ilichev) analizados por ETAPS.
Christie.M	Estudio del fenómeno de interacción dinámica suelo - estructura y su influencia en la demanda sísmica estructural	Para el análisis de comportamiento de suelos se usó 5 tipos (1 de viña del mar - 1 de concepción y 3 de Santiago), Se trabajo en un software análisis no linean PLAXIS utilizando el modelo Hardening Soil Small , Luego se analizó el comportamiento estructural con el software ETABS para el modelamiento de la estructura en distintos tipos de suelos y en diferentes estados (Estático - dinámico -SIN ISE /CON ISE)

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Una vez verificada la información, metodología y fuentes aplicadas solo se procedió a usar la información de más consideración según los parámetros de elegibilidad dados, en donde se armará un cuadro representando los resultados obtenidos por las investigaciones recopiladas. Estos resultados se interpretarán en función a los procesos numéricos finales.

Tabla N° 2 : Resultados de información

Fuente	Título	Resultado
Garay.R	Influencia de la interacción suelo – estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto “multifamiliar los balcones del valle” Barrio Columbo – Cajamarca.	Su aporte demuestra que existe una variación en la determinación de los periodos y frecuencias de vibración libre, así como en sus desplazamientos y fuerzas internas de los elementos estructurales considerables al realizar una comparación entre modelo de empotrado y el analisis ISE.
Eudave. J	Modelo viscoelastico para el analisis de interacción suelo – estructura.	Indica que los resultados de mayor interés es la aplicación del modelo viscoelastico en elementos estructurales ya que si existe una diferencia significativa e importante en sus desplazamientos generados ante carga lateral.
PUMA.E	Efectos de la interacción suelo – estructura en la cimentación compartida por bloques independizadas con junta sísmica, verificada mediante ensayos a escala con simulador sísmico y modelos de elementos finitos	la interacción suelo-estructura producida durante los sismos podría generar efectos desfavorables en las estructuras con cimentaciones compartidas por bloques independizados con junta sísmica; respecto a lo cual, ninguno de los aspectos evaluados supera el 5% de variación entre el análisis con base rígida y el suelo flexible usado para estos experimentos, comprobado con el método analítico y mediante software. Sin embargo, se debe aclarar que hay todavía muchas otras configuraciones estructurales que incluyen placas, plateas, vigas de cimentación, albañilería confinada, etc. Así como muchos otros tipos y condiciones de suelo los cuales todavía no se han ensayado.
Valderrama.C & Meza.J	Influencia de la interacción suelo – estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación Aporticada con zapatas aisladas	los esfuerzos internos de una edificación Aporticada con zapatas aisladas se ven disminuidas con respecto a los modelos que no consideran la Interacción suelo-estructura. en los modelos con Interacción Suelo-Estructura se obtiene un aumento de los desplazamientos en ambos sentidos, X y Y. La disminución de esfuerzos internos obtenidos al usar ISE son debido a que la energía generada por el sismo es absorbida por el suelo de fundación ya que presenta resortes en la base.

<p>Lorefice.R Etse.G, Coronel.C, Herrera.I</p>	<p>Estudio de modelos Viscoelásticos y Viscoplasticos para creep básico en hormigón.</p>	<p>Los resultados obtenidos deducen que las teorías aplicadas de forma independiente no son capaces de precisar el comportamiento observado experimentalmente en estructuras reales de hormigón. Pero que es posible determinar el comportamiento aplicando ambas teorías reológicas</p>
<p>Jines.R</p>	<p>Interacción sísmica suelo – estructuración en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua.</p>	<p>Se observa que los desplazamientos de entrepiso y fuerzas internas de los elementos están sujetas a la rigidez de estas que están en función de la característica del suelo de fundación y dimensión de las zapatas, muy aparte, existe un mayor efecto de flexibilidad en la base de fundación en los modelos usados.</p>
<p>Herrela.L</p>	<p>Evaluación de la interacción dinámica suelo – estructura de edificaciones construidas en ladera</p>	<p>El incremento de la aceleración en superficie para la ladera con 10° de inclinación fue casi nulo para el suelo más rígido (Tipo C), mientras que los suelos tipo D y tipo E presentaron unos picos con incremento de aceleraciones del orden de 1.3 a 1.5 veces las aceleraciones obtenidas en topografía plana, localizados en la cresta la ladera, solo el suelo tipo D para el caso de carga del sismo 1 presento el pico en el punto F de la ladera. En las laderas con 20° de inclinación los suelos más rígidos (tipo C) empezaron a mostrar incrementos de la máxima aceleración en superficie de la ladera (AL) con respecto a la máxima aceleración obtenida en campo libre en condiciones topográficas planas (ACL), peros solo en el caso de carga del sismo 3, donde se presentó un pico de AL/ACL=1.5 localizado al 25% del desarrollo de la ladera</p>
<p>Tasilla.J</p>	<p>Efecto de la interacción suelo estructura en el comportamiento estructural, del sector "E" del hospital regional de Cajamarca considerando diferentes tipos de suelos, Cajamarca.</p>	<p>Los efectos de interaccion suelo estructura disminuye el comportamiento estructural debido a que las derivas se maximizaron en el primer piso en los diferentes tipos de suelo modelados.</p>
<p>Pomasoncco.C</p>	<p>Análisis de respuesta dinámica incluyendo la interacción suelo – estructura en puentes con pilotes de cimentación</p>	<p>De acuerdo al análisis cualitativo de las dromocronas sísmicas y de los perfiles sísmicos obtenidos; apoyados con información geológica observada de la zona, se clasificaron e identificaron los estratos en cada perfil y/o sección. Los valores de velocidad de la roca existente en la zona se podrían asumir por encima de los 2,300 m/s, que son vistos en el estribo 1 y en algunos perfiles hechos en el cauce del rio. Los valores menores a estos corresponderían a materiales de alta consolidación de tipo conglomerados y fluviales saturados.</p>
<p>Gamarra.N</p>	<p>Análisis de la interacción sísmica suelo – estructura en edificación de albañilería estructural</p>	<p>los parámetros de flexibilidad del suelo a través de la interacción suelo estructura de manera individual por tener muros de diferentes secciones lo cual incrementa los desplazamientos en el centro de masa de la estructura de albañilería como se muestra la figura a continuación, dándonos un intervalo de desplazamiento de 1 O. 7% a 56.3% en comparación con la Norma Peruana E0.30 de Diseño Sismorresistente. Para la carga</p>

		axial se produjo una variación con un intervalo de 18.2% a 93.8%. Para la fuerza cortante se produjo una variación con un intervalo de 15.7% a 24.5%. Para el momento flector se produjo una variación con un intervalo de 0.6% a 19.0%.
Mendoza.J & Rodas.H	análisis de interacción suelo estructura de centros educativos con zapatas corridas en la Urb. Nicolas Garatea - Nuevo Chimbote	En los modelos de Pasternack de uno y 2 estratos, así como el del semiespacio elástico linealmente deformable, regula las derivas no pasan el límite del E.030 por un máximo de 34% mientras que el modelo de Winkler si cumple, Los desplazamientos de entrepiso incrementan un 22% en el primer nivel y un 47% al considerar ISE, el segundo nivel va en el orden de 5 a 10% por lo que es despreciable. El modelo de pasternack produce un aumento de 40% para el análisis estático y el 75 a 100% en el análisis dinámico. Los esfuerzos en columnas disminuyen 3.6% n x para el sismo y 12.5% al considerar ISE.
Alfaro.G & Copello.R	Comparativo de análisis estructural considerando interacción suelo - estructura (ISE) vs empotrado, para un edificio de oficinas de 5 pisos, en la ciudad de lima, con sistema dual, Según propuesta de NORMA E030-2014.	Las derivas aumentaron proporcionalmente en 8% el primer piso a un 50% en el último piso considerando las secciones agrietadas bajo un mismo modelo. En el ámbito económico se ahorró con respecto al refuerzo en elementos estructurales, obteniendo un 5.88% de ahorro en secciones brutas y un 14.59% en secciones agrietadas.
Eche.L & Perez.G	análisis del comportamiento sísmico de un edificio con muros estructurales aplicando la interacción suelo - estructura (Condominio los girasoles - comas - lima)	La estructura ISE presentó ante la estructura con empotramiento perfecto un incremento en los periodos de hasta 73.29% con el modelo Shariya y 27.75% con la Norma Rusa, Al igual que los desplazamientos con el modelo Shariya el incremento en X fue de 16.87% y en Y fue de 68.69% , en la normativa Rusa fue de X 2.99% y en Y 27.20%, las distorsiones obtenidas fueron del modelo Shariya en x 12.64% y en Y39.62% , en la normativa rusa en x 1.18% y en Y 14.23%.
Lozano.J	Influencia de la interacción suelo - estructura en el análisis y diseño de un reservorio elevado tipo Intze de la ciudad de Sechura en el 2018	Existe una reducción de cuantía de acero de hasta 14.83% Según el análisis ISE de desplazamientos laterales aumenta un 395.77% con Ilichev y con FEMA un 289.11%.La masa fija del agua resulto un 46.57% y la móvil un 50.34% dando así una reducción del 3.09% del líquido almacenado, siendo aceptable.
Neyra.C & Romero.G	Influencia de la interacción suelo - estructura en el análisis sísmico en edificaciones aporticadas sobre zapatas aisladas debido al cambio de geometría y condiciones geotécnicas	Mientras la condición geotécnica se hace más desfavorables los periodos aumentan como en el caso de los modelos propuestos que aumentaron 1.15% en el S1 y S2 y 100% de S2 a S3, en los suelos blandos es más representativo usar ISE, cuando el número de pisos de la estructura disminuye la variación de las distorsiones aumenta, como por ejemplo para el modelo de 3 pisos (más bajo) en el suelo S1 la mayor variación es 45.58%, en el suelo S2 es 51.35% y en el suelo S3 102.61%. la mayor reducción para la fuerza axial es 11.33% que ocurre en el suelo S1 y el modelo de 9 pisos, la mayor reducción para la fuerza cortante es 13.63% que ocurre en el suelo S2 y el modelo de 9

		pisos y la mayor reducción para el momento flector es 18.41% que se da en el suelo S2 y el modelo de 9 pisos
Muriel.C	“análisis y diseño estructural con interacción sísmica suelo – estructura para una edificación multifamiliar en jayllihuaya – puno, para un sismo moderado, considerando amortiguamiento de 6%	<p>La consideración de la interacción sísmica suelo - estructura, en el análisis del edificio evaluado en la presente tesis, causó mayores desplazamientos de piso en promedio en el orden de 33.78% y 23.80 % en el sentido X e Y respectivamente. El incremento del amortiguamiento de 1% (5% a 6%) en el análisis de la estructura, causó mayores desplazamientos de piso en promedio en el orden de 1.2% y 0.16% en el sentido X e Y respectivamente. La consideración de la interacción sísmica suelo - estructura, en el análisis del edificio evaluado en la presente tesis, causó menores fuerzas de diseño (cortantes y momentos flectores) en promedio en el orden de 7% y 14 % en el sentido X e Y respectivamente; inversamente a los valores incrementados de desplazamientos en ambos sentidos.</p>
Estela.J	Comparación de la respuesta estructural de una edificación regular con zapatas aisladas en la ciudad de Cajamarca, considerando y obviando el efecto de interacción sísmica suelo - estructura	La respuesta estructural del modelamiento de la estructura aplicando la Interacción suelo estructura es mayor respecto al modelo convencional incrementando los desplazamientos en más de un 50% las derivas en un 100% y los periodos en un 50% al igual que las frecuencias en 25% , denotando que estos modelamientos demuestran un mayor acercamiento al fenómeno real de los efectos producidos por acciones sísmicas.
Talenas.Q	análisis comparativo de una edificación considerando su cimentación rígida y flexible para un suelo de capacidad portante intermedia	Se demostró que la variación es mínima o hasta despreciable al considerar una cimentación rígida o flexible, por ende , la Interaccion con un medio elástico es mas conservador si se quiere considerar espesores mayores para la condición de cimentación flexible.
Sanchez.R & Olarte.I	Interacción sísmica suelo - estructura en la edificación del a residencia estudiantil de la universidad nacional de Huancavelica	Determina que existe una mayor precisión en los cálculos del verdadero comportamiento de la estructura frente a mov. Sísmicos, determina que existe una gran diferencia entre el cálculo del modelo empotrado y considerando la flexibilidad de la base de fundación.
Christie.M	Estudio del fenómeno de interacción dinámica suelo - estructura y su influencia en la demanda sísmica estructural	Se observa que la estructura ante un sismo genera amplificaciones más grandes de onda sísmica con respecto a la estructura con ISE.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

La revisión sistemática nos indica que la metodología de modelamiento de rigidez en suelos como los planteamientos de **(Barkan – Savinov, La Norma Rusa, Ilichev entre otros)** denota resultados más precisos frente los efectos producidos en el comportamiento sísmico sin diferenciar el tipo de estructura, en algunos se observa más diferencias que en otros frente a un modelamiento empotrado y que la rigidez de la estructura varia o depende del modelamiento del apoyo y la rigidez del suelo. Así como hay investigaciones para el tema de interaccion suelo estructura en edificaciones mediante modelamientos de suelo, también existe para el tema de modelamiento de elementos viscoelásticos estructurales, pero aún no hay muchos antecedentes con respecto a cómo se aplicaría en una interaccion suelo estructura, la cual si hablamos de precisión de cálculos al momento de poder realizar un diseño estructural el ISE nos determina muy bien el comportamiento, pero también podríamos interpretar de otra forma el comportamiento de los elementos estructurales en función a modelos como los que se ven **(Modelamiento Viscoelastico Maxwell , Kevin , Burger)** así conocer de forma aun mas detallada el analisis estructural aplicado en la Interaccion Suelo Estructura, esto nos da la oportunidad para el tema de analisis sísmico, poder investigar el comportamiento de los elementos estructurales en un estado viscoelastico y como influenciaría al momento de analizar en una Interaccion suelo estructura.

REFERENCIAS

1. Garay, R. (2017). *Influencia de la interacción suelo – estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto “multifamiliar los balcones del valle” Barrio Columbo – Cajamarca* (Tesis para optar el grado académico de Ingeniería Civil). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
2. Eudave, J. (2019). *Modelo Viscoelastico para el analisis interaccion suelo – estructura*. Revista de Investigación y ciencia.
3. Sucasaca, H. & Mamani, J. (2017). *Evaluación de los efectos de interacción suelo – estructura en el estadio universitario UNA – PUNO*” (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional del Altiplano Puno, Puno.
4. Puma, E. (2017). *Efectos de la interacción suelo – estructura en la cimentación compartida por bloques independizados con junta sísmica, verificado mediante ensayos a escala con simulador sísmico y modelos de elementos finitos*” (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional Federico Villareal, Lima.
5. Valderrama.C & Meza, J. (2014). *Influencia de la interacción Suelo – Estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación Aporticada con zapatas aisladas* (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.
6. Fernandez, L & Avilés, J. (2007). Efectos de interacción suelo – estructura en edificios con planta baja blanda. *Revista Mexicana de Ingeniería Sísmica No.79 71-90 (2008)*.

7. Jines.R (2017). *Interacción sísmica suelo – estructura en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua* (Tesis para optar el Título de Magister en Ingeniería Civil con mención en estructuras). Universidad Privada de Tacna, Tacna
8. Loreface.R, Etse. G, Coronel. C, Herrar.I (2006). *Estudio de modelos viscoelásticos y Viscoplasticos para creep básico en hormigón*. Revista Asociación Argentina de Mecánica Computacional. Argentina.
9. Herrera.L (2013). *Evaluación de la interacción dinámica suelo – estructura de edificaciones construidas en ladera*. (Tesis para optar el Grado de Magister en Ingeniería Geotecnia) Universidad de Colombia. Medellín.
10. Tasilla.J (2018). *Efecto de la interacción suelo estructura en el comportamiento estructural del sector “E” del hospital regional de Cajamarca considerando diferentes tipos de suelos*. Cajamarca (Tesis para optar el Grado de Ingeniero Civil) Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
11. Pomasoncco.C. (2017). *Análisis de respuesta dinámica incluyendo la interacción suelo – estructura en puentes con pilotes de cimentación* (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil) Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho.
12. Gamarra.N. (2014). *Análisis de la interacción sísmica suelo – estructura en edificación de albañilería estructural*. (Tesis para optar el Grado de Ingeniero Civil). Universidad Centro del Perú, Huancayo.
13. Mendoza.J & Rodas.H. (2015). *Análisis de interacción suelo estructura de centros educativos con zapatas corridas en la Urb.Nicolas Garatea – Nuevo Chimbote*. (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Santa. Chimbote.

14. Alfaro.G & Copello.R. (2017). *Comparativo de análisis estructural considerando interacción suelo – estructura (ISE) vs Empotrado, para un edificio de oficinas de 5 pisos, en la ciudad de lima, con sistema dual, Según propuesta de Norma E030-2014.* (Tesis para optar el Grado de Ingeniero Civil). Universidad de Ciencias Aplicadas. Lima.
15. Eche.L & Perez.G. (2018) *Análisis del comportamiento sísmico de un edificio con muros estructurales aplicando interacción suelo – estructura (Condominio los girasoles – Comas – Lima).* (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil). Universidad de San Martín de Porres. Lima.
16. Anyaipoma.H. (2019). *Análisis y Diseño estructural de una edificación familiar de concreto armado considerando la interacción suelo – estructura. Pailán Huancayo.* (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil). Universidad Peruana de los Andes. Huancayo.
17. Lozano.J. (2018). *Influencia de la interacción suelo – estructura en el análisis y diseño de un reservorio elevado tipo INTZE de la ciudad de Sechura en el 2018.* (Tesis para optar el Grado de Ingeniero Civil). Universidad Cesar Vallejo. Lima.
18. Neyra.C & Romero.G. (2019). *Influencia de la interacción suelo – estructura en el análisis sísmico en edificaciones aporricadas sobre zapatas aisladas debido al cambio de geometría y condiciones geotécnicas.* (Tesis para optar el Grado de Ingeniero Civil). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima.
19. Muriel.C. (2018). *Análisis y diseño estructural con interacción sísmica suelo estructura para una edificación multifamiliar en Jayllihuaya – Puno, Para un sismo moderado, considerando amortiguamiento de 6%.* (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca.

20. Estela.J.(2019). *Comparación de la respuesta estructural de una edificación regular con zapatas aisladas en la ciudad de Cajamarca, considerando y obviando el efecto de interacción sísmica suelo estructura.* (Tesis para optar el Grado de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
21. Sanchez.R & Olarte.I. (2014). *Interacción sísmica suelo – estructura en la edificación de la residencia estudiantil de la universidad nacional de Huancavelica.* (Tesis para optar el Grado de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
22. Christie.M. (2017). *Estudio del fenómeno de interacción dinámica suelo – estructura y su influencia en la demanda sísmica estructural.* (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil). Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso.
23. Talenas.Q. (2017). *Análisis comparativo de una edificación considerando su cimentación rígida y flexible para un suelo de capacidad portante intermedia.* (Tesis para optar el Grado de Ingeniero Civil). Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco, Huánuco.

ANEXOS

Figura N° 4 : Herramienta Virtual Redalyc.org



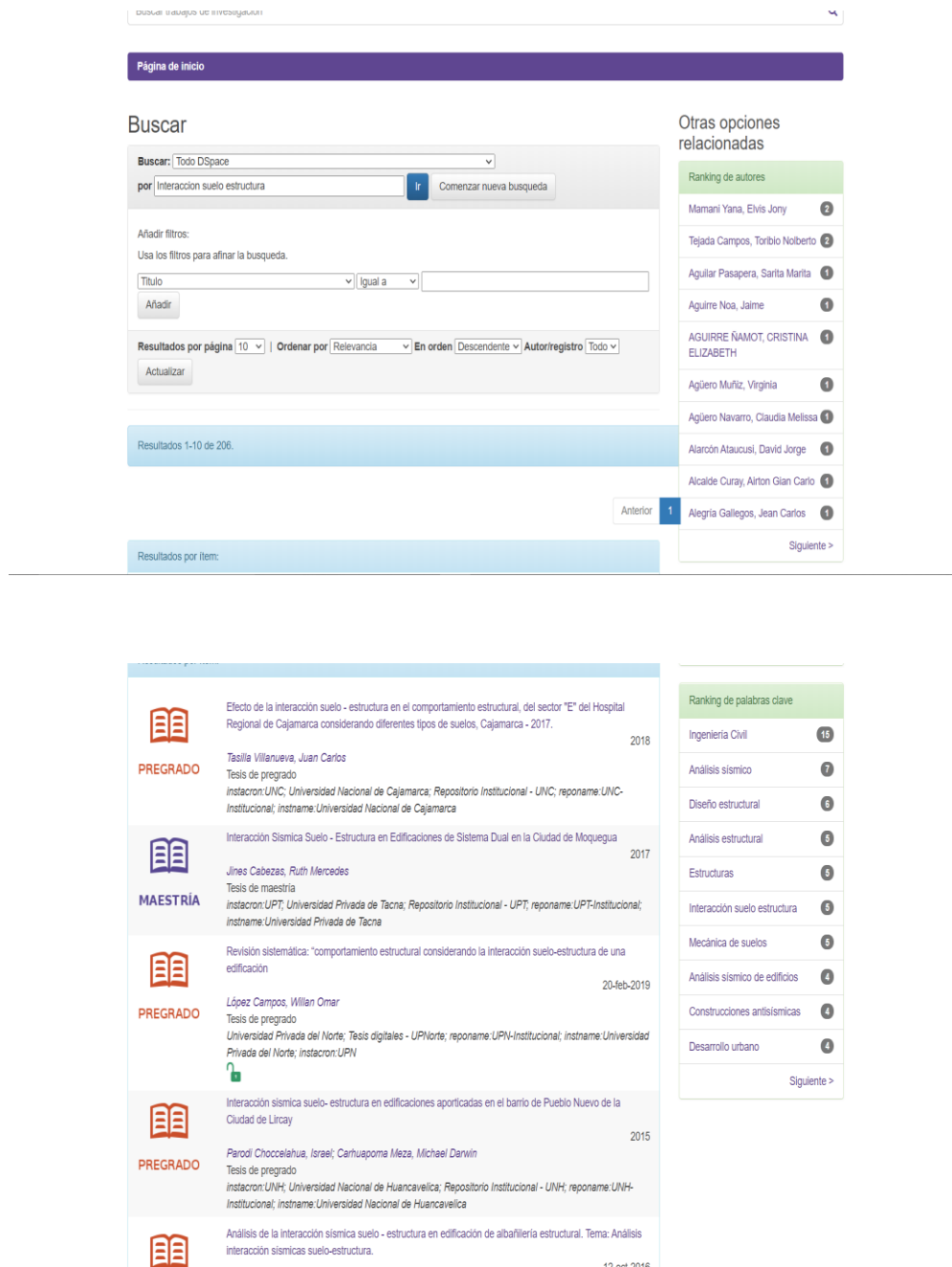
Fuente: Redalyc.Org 2020

Figura N° 5: Herramienta Virtual Google Academic



Fuente: Google Academic 2020

Figura N° 6: Herramienta Virtual Renati



The screenshot displays the Renati virtual tool interface. At the top, there is a search bar with the text "Interaccion suelo estructura" and a "Comenzar nueva busqueda" button. Below the search bar, there are filters for "Resultados por página" (set to 10), "Ordenar por" (set to Relevancia), "En orden" (set to Descendente), and "Autorregistro" (set to Todo). The search results are displayed in a list format, showing the title of the document, the author's name, and the year. The results are as follows:

Resultados por página	Ordenar por	En orden	Autorregistro
10	Relevancia	Descendente	Todo

Resultados 1-10 de 206.

Resultados por ítem:

- PREGRADO** 2018: Efecto de la interacción suelo - estructura en el comportamiento estructural, del sector "E" del Hospital Regional de Cajamarca considerando diferentes tipos de suelos. Cajamarca - 2017. *Tasila Villanueva, Juan Carlos*. Tesis de pregrado. *instacron:UNC; Universidad Nacional de Cajamarca; Repositorio Institucional - UNC; reponame:UNC-Institucional; instname:Universidad Nacional de Cajamarca*
- MAESTRIA** 2017: Interacción Sísmica Suelo - Estructura en Edificaciones de Sistema Dual en la Ciudad de Moquegua. *Jines Cabezas, Ruth Mercedes*. Tesis de maestría. *instacron:UPT; Universidad Privada de Tacna; Repositorio Institucional - UPT; reponame:UPT-Institucional; instname:Universidad Privada de Tacna*
- PREGRADO** 20-feb-2019: Revisión sistemática: "comportamiento estructural considerando la interacción suelo-estructura de una edificación". *López Campos, Wilian Omar*. Tesis de pregrado. *Universidad Privada del Norte; Tesis digitales - UPNorte; reponame:UPN-Institucional; instname:Universidad Privada del Norte; instacron:UPN*
- PREGRADO** 2015: Interacción sísmica suelo- estructura en edificaciones aporticadas en el barrio de Pueblo Nuevo de la Ciudad de Lircay. *Parodi' Choccelahua, Israel; Carhuapoma Meza, Michael Darwin*. Tesis de pregrado. *instacron:UNH; Universidad Nacional de Huancavelica; Repositorio Institucional - UNH; reponame:UNH-Institucional; instname:Universidad Nacional de Huancavelica*
- PREGRADO** 12-oct-2016: Análisis de la interacción sísmica suelo - estructura en edificación de albañilería estructural. Tema: Análisis interacción sísmicas suelo-estructura.

Ranking de autores relacionados:

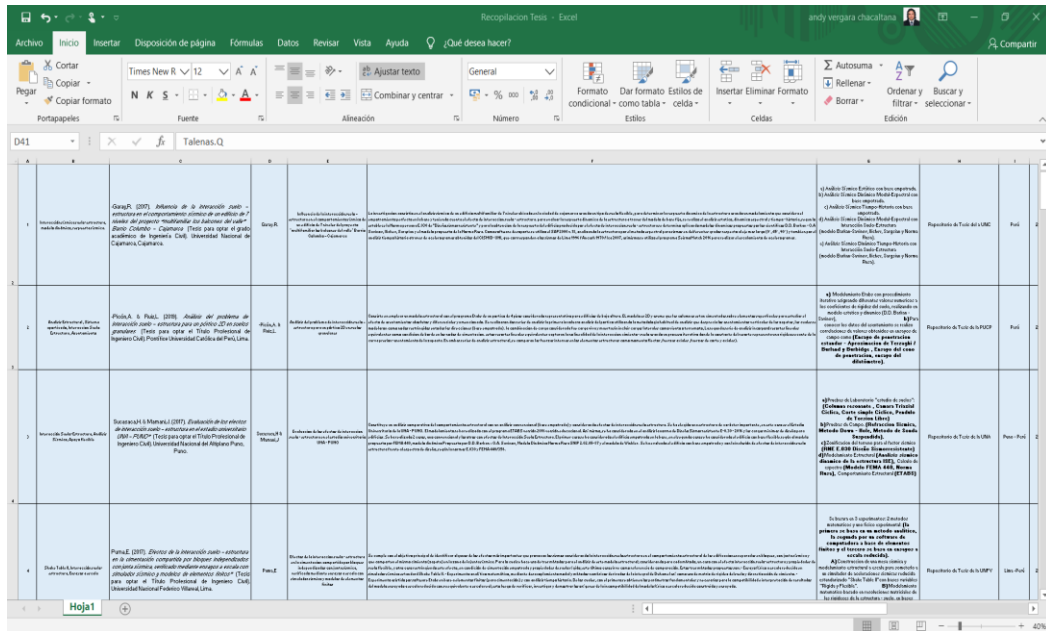
- Mamani Yana, Elvis Jony (2)
- Tejada Campos, Toribio Nolberto (2)
- Agullar Pasapera, Sarita Marita (1)
- Aguirre Noa, Jaime (1)
- AGUIRRE NAMOT, CRISTINA ELIZABETH (1)
- Agüero Muñoz, Virginia (1)
- Agüero Navarro, Claudia Melissa (1)
- Alarcón Ataucusi, David Jorge (1)
- Alcalde Curay, Ailton Gian Carlo (1)
- Alegria Gallegos, Jean Carlos (1)

Ranking de palabras clave relacionadas:

- Ingeniería Civil (16)
- Análisis sísmico (7)
- Diseño estructural (6)
- Análisis estructural (6)
- Estructuras (6)
- Interacción suelo estructura (6)
- Mecánica de suelos (6)
- Análisis sísmico de edificios (4)
- Construcciones antisísmicas (4)
- Desarrollo urbano (4)

Fuente: Renati 2020

Figura N° 7: Cuadro de Excel con recopilación de información



1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Olivero, (2015) Análisis de la interacción suelo-estructura en un comportamiento sísmico de un edificio de 7 pisos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca.	Olivero, (2015) Análisis de la interacción suelo-estructura en un comportamiento sísmico de un edificio de 7 pisos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca.	República de Perú de UPEC	Full	0			
2	Alvarado, (2015) Análisis de la interacción suelo-estructura en un edificio de 7 pisos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca.	Alvarado, (2015) Análisis de la interacción suelo-estructura en un edificio de 7 pisos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca.	República de Perú de UPEC	Full	0			
3	Sanabria, (2015) Análisis de la interacción suelo-estructura en un edificio de 7 pisos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca.	Sanabria, (2015) Análisis de la interacción suelo-estructura en un edificio de 7 pisos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca.	República de Perú de UPEC	Full	0			
4	Parra, (2015) Análisis de la interacción suelo-estructura en un edificio de 7 pisos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca.	Parra, (2015) Análisis de la interacción suelo-estructura en un edificio de 7 pisos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca.	República de Perú de UPEC	Full	0			

Fuente: Propia.