



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE
VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL EN EL DISTRITO DE
SUNAMPE-CHINCHA-ICA-PERU.”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

RENAN ROSAS MARTINEZ PEREZ

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2016

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre Pelaya Pérez Ríos, a mi padre Aquino Martínez Cáceres, a mis hijos Christian y Astrid, a mis hermanos y hermanas por su aliento y apoyo incondicional y como ejemplo de superación.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia, por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora; a esta mi casa de estudios "Universidad Alas Peruanas", a los profesores de la facultad de Ingeniería Civil, quiénes con su experiencia y dedicación nos dejaron sus conocimientos para afrontar retos laborales.

RESUMEN

En el presente trabajo suficiencia profesional pretende determinar la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas de interés social en el distrito de Sunampe, Provincia de Chincha, Departamento de Ica, para fomentar acciones de mitigación ante un evento sísmico.

De esta manera se presentó una metodología que valora el nivel de daño que pueden alcanzar ante un eventual sismo, en las viviendas de interés social.

El método a emplear es el método FEMA 154

Con los resultados se esperan emitir juicios valorativos y plantear alternativas de solución al respecto; así como, proponer acciones de mitigación en desastres naturales en edificaciones.

En el presente trabajo de investigación contamos con los siguientes capítulos:

Analizamos la ubicación, las características físicas de la zona y definimos que son las viviendas de interés social.

Concentra la descripción de la realidad problemática, antecedentes de la investigación, la formulación del problema general y específicos, el objetivo de la investigación general y específicos, la justificación, importancia.

Describiremos las características de las viviendas a analizar, así como también las fallas que se presentan en las mismas, y la aplicación de la metodología elegida para el análisis de vulnerabilidad

PALABRA CLAVE: VULNERABILIDAD SISMICA.

SUMARY

In the present study aims to determine the sufficiency professional Seismic Vulnerability of social housing in the district of Sunampe, Province of Chincha, Ica department, to promote mitigation actions before a seismic event.

Thus a methodology that assesses the level of damage that can reach before a possible earthquake in social housing was presented.

The method used is the method FEMA 154

The results are expected to issue value judgments and suggest alternative solutions in this regard; and propose mitigation actions in natural disasters in buildings.

In this research we have the following chapters:

Examines the location, the physical characteristics of the area and define which are the social housing.

Concentra the description of the problematic reality, history of research, the formulation of general and specific problem, the objectives of general and specific research, justification, importance.

Describes the characteristics of the houses to be analyzed, as well as failures that occur in them, and the application of the methodology chosen for the analysis of vulnerability

KEYWORD: SEISMIC VULNERABILITY.

INDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	4
SUMARY	5
INDICE	6
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO PROBLEMÁTICA	9
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	9
1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.2.1. Espacial.....	10
1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.3.1 Problema General	10
1.3.2 Problemas específicos.....	10
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.4.1 Objetivo general.....	10
1.4.2 Objetivos específicos	11
1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.5.1 Hipótesis General	11
1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
1.6.1. Variable independiente.....	11
1.6.2. Variables dependientes.....	11
1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.7.1. Tipo de Investigación:.....	12
1.7.2. Nivel de Investigación:.....	12
1.7.3 Métodos de Investigación:	12
1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.6.1 Población.	12
1.9 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.7.1 Justificación:.....	12
1.7.2 Importancia:.....	13

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO:	13
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:	13
2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL	13
2.1.2. A NIVEL NACIONAL	15
2.1.3. A NIVEL LOCAL	20
2.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	20
2.2.1. AMENAZA SÍSMICA	20
2.2.2. MAGNITUD SÍSMICA	20
2.2.3. INTENSIDAD SÍSMICA	22
2.2.4. Historia sísmica en el Perú	24
2.2.5. Vulnerabilidad sísmica	25
2.2.6. Riesgo sísmico	27
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	28
3.1. CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	28
3.1.1. MÉTODO ATC -22 (FEMA 310).....	41
3.1.2. MÉTODOS INDICIALES	42
3.1.3. MÉTODO HIROSAWA (MÉTODO JAPONÉS)	43
3.1.4. MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI (MÉTODO ITALIANO-1982).....	44
3.1.5. MÉTODO DEL ÍNDICE DE DAÑO (UZCÁTEGUI & QUINTERO 1988, EN CAICEDO ET., AL, 1994).....	46
3.1.6. MÉTODO BASADO EN DENSIDAD DE ELEMENTOS RESISTENTES.....	47
3.1.7. MÉTODOS BASADOS EN ELEMENTOS FINITOS ELÁSTICOS.	48
3.1.8. MÉTODO DE COMPARACIÓN DE DEMANDA Y RESISTENCIA.	49
CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS	52
4.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL	52
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
5.1. RESULTADOS.....	76
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
FUENTES DE INFORMACIÓN	79

INTRODUCCIÓN

Ante las continuas actividades sísmicas que ocurre en nuestra región, es necesario evaluar los daños que pueden ocasionar las viviendas de interés social ante un eventual sismo. Por cuanto con el presente trabajo se evaluará el estado actual de construcciones de viviendas de interés social en el distrito de Sunampe, Provincia de Chincha, Departamento de Ica, para determinar la Vulnerabilidad Sísmica.

Para ello se empleará el método de FEMA 154.

Un estudio de vulnerabilidad sísmica tiene como finalidad descubrir en una edificación existente los puntos débiles que fallarían al ocurrir un evento sísmico. Esta vulnerabilidad se evalúa para los elementos estructurales (columnas, vigas, aligerados, placas, etc.), como para los no estructurales (tabiques, equipos, tuberías, vidrios, etc.).

Del presente estudio se concluyó que las viviendas de interés social analizadas presentan fallas debido al inadecuado proceso construcción y supervisión del mismo, y debido a los beneficiarios que realizan modificaciones en su vivienda sin consultar con un profesional.

Por lo cual se recomienda a los beneficiarios de este tipo de viviendas no realizar modificaciones sin la previa consulta a un profesional ya que podrían ocasionar fallas en la estructura, de igual manera a las entidades responsables de este tipo de construcciones realizar una correcta supervisión de las mismas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO PROBLEMÁTICA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La Teoría de las Placas Tectónicas nos explica la generación de los sismos e identifica los lugares de mayor riesgo sísmico. América del Sur se encuentra en una brecha sísmica y, el Perú es uno de los países con actividad sísmica significativa en el mundo, siendo esta principalmente relacionada con el proceso de subducción de la placa oceánica (Nazca) bajo la placa continental (Sudamericana). Este proceso genera una constante acumulación de energía que se libera en forma de terremotos, en tanto esto ha motivado a muchos investigadores a realizar estudios a fin de conocer la geometría de la subducción así como zonificar las zonas de mayor deformación superficial en el interior del continente.

Desde épocas remotas, las ciudades del país han sufrido una serie de sismos de gran intensidad, durante los cuales en múltiples oportunidades han acaecido cuantiosos daños materiales y pérdidas de vidas humanas. Ante las continuas actividades sísmicas que ocurre en nuestra región, es necesario evaluar los daños que pueden ocasionar las Viviendas de interés social ante un eventual sismo, se ha tomado en cuenta las viviendas de interés social, con la finalidad de fomentar acciones de mitigación ante un evento sísmico, de manera que no ponga en peligro la vida de los habitantes de dichas viviendas.

Ante esta situación de actividad sísmica en nuestra localidad. Nos preocupa, como están construidas las viviendas de interés social, bajo que parámetros sísmicos y bajo que técnicas ingenieriles y, los daños que pueden ocasionar este tipo de edificación ante un evento sísmico de daños considerables.

Por cuanto es importantes estos tipos de investigaciones es necesario atender y evaluar esta exposición humana, cuyo objetivo principal es determinar la Vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de interés social del distrito de Sunampe de la Provincia de Chincha, Departamento de Ica.

Luego de los estudios realizados con los resultados obtenidos se esperan emitir juicios valorativos y plantear alternativas de solución al respecto; así como, proponer recomendaciones para poder mitigar efectos de los sismos en este tipo de edificaciones.

1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Espacial

El proyecto se realizara en el distrito de Sunampe - Chincha

1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Problema General

- ¿Qué tan vulnerables son las viviendas de interés social ante un eventual desastre sísmico en el distrito de Sunampe, Provincia de Chincha, Departamento de Ica?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cómo evaluó la Vulnerabilidad Sísmica en viviendas de interés social en el distrito de Sunampe, Provincia de Chincha, Departamento de Ica?
- ¿En qué medida las características estructurales de las viviendas de interés social según el método cualitativo, ATC 21 (FEMA 154), influye en el comportamiento sísmico?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de interés social en el Distrito de Sunampe, Provincia de Chincha, Departamento de Ica, para poder brindar soluciones para mitigar el riesgo sísmico en viviendas de interés social en el Distrito de Sunampe.

1.4.2 Objetivos específicos

- Elaborar y proponer una metodología de evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica en las viviendas de interés social en el Distrito de Sunampe, Provincia de Chincha, Departamento de Ica.
- Evaluar las características estructurales de las viviendas de interés social, que más influyen en su comportamiento sísmico.

1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Hipótesis General

- Sería factible la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica en viviendas de interés social en el distrito de Sunampe, Provincia de Chincha, Departamento de Ica

1.5.2 Hipótesis Especifica

- la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica en viviendas de interés social en el distrito de Sunampe, esto sería factible en la Provincia de Chincha, Departamento de Ica?

1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Variable independiente.

INTERES SOCIAL EN EL DISTRITO DE SUNAMPE-CHINCHA-ICA-PERU.

1.6.2. Variables dependientes.

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS.

1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Tipo de Investigación:

La Investigación es correlacionar y mixta

1.7.2. Nivel de Investigación:

Pertenece al nivel descriptivo

1.7.3 Métodos de Investigación:

Método científico.

1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 Población.

Se ubicaron 6 tipos de viviendas en el cual se analizaron

1.9 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 Justificación:

Según la Zonificación Sísmica Nacional (RNE), el Distrito de Sunampe corresponde a la Zona 4, donde se desarrollan actividades sísmicas significativas, siendo esta principalmente relacionada con el proceso de subducción de la placa oceánica (Nazca) bajo la placa continental (Sudamericana). Este proceso genera una constante acumulación de energía que se libera en forma de terremotos, en tanto esto motiva para investigar el estado actual de las viviendas de interés social en el distrito de Sunampe, y los posibles daños que puede sufrir las estructuras ante un evento sísmico con daños considerable.

En el presente estudio evaluaremos la vulnerabilidad estructural, no estructural y funcional de viviendas de interés social en el distrito de Sunampe, de la provincia de Chincha, Departamento de Ica.

Para realizar estos estudios de vulnerabilidad sísmica en el Distrito de Sunampe, Provincia de Chincha, Departamento de Ica, se empleará métodos cualitativos, Método ATC 21 (FEMA 154).

1.7.2 Importancia:

El realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica en las viviendas de interés social en el distrito de Sunampe, Provincia de Chincha, Departamento de Ica, es de gran importancia ya que podremos conocer el estado actual de las viviendas de interés social y que daños se presentarían en dichas edificaciones ante un posible desastre sísmico.

Y así de esta manera también poder plantear medidas de mitigas estos posibles daños.

El presente trabajo de investigación nos permitirá conocer la fragilidad de las viviendas de interés social en el distrito de Sunampe ante un sismo de magnitud considerable.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO:

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

1. Lina Fenarda Llanos López y Lina María Vidal López (2003) en su Tesis para optar el Título de Ingeniero de Civil en la Universidad del valle-Cali-Colombia, denominada "evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las escuelas públicas de Cali: una propuesta metodológica" a continuación se presenta su resumen:

- a) en este trabajo se evalúa el grado de vulnerabilidad sísmica de una muestra representativa de escuelas públicas de la ciudad de Cali, cuyo estudio se consideró significativo debido a las inadecuadas condiciones que estos establecimientos presentan actualmente, a su importancia dentro de la comunidad y a los antecedentes de daños por sismo en este tipo de edificaciones, estableciendo los aspectos que influyen en su estado actual y por la tanto en su vulnerabilidad sísmica constituyéndose en una herramienta para el desarrollo de planes de prevención y mitigación de riesgos en las escuelas.

Se desarrolló un procedimiento cualitativo detallado de evaluación, a partir de la adaptación de métodos existentes a las características particulares observadas en las escuelas visitadas, que fue aplicado a las escuelas de la muestra específica.

Con base en este procedimiento y el análisis de los aspectos más incidentes en la vulnerabilidad de las 20 escuelas, se diseñó un procedimiento simplificado para evaluar el grado de vulnerabilidad de las escuelas de la población estudiada. El procedimiento simplificado permitió hacer la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las escuelas, solamente con base en la información preliminar, obteniendo resultados idénticos a los obtenidos con el procedimiento detallado en la muestra específica.

Se determinó que el 56% de las escuelas de la población estudiada son altamente vulnerables y que 16 de ellas pueden representar un riesgo para las personas, inclusive antes de que ocurra un sismo fuerte debido a la inestabilidad de los elementos estructurales y no estructurales con fallas graves que afectan el comportamiento y la funcionalidad de estas edificaciones escolares. Por otro lado el estudio reveló que la situación de las escuelas de Cali está subdimensionada, ya que dentro de una población de 70 establecimientos, se identificaron 27 altamente vulnerables, adicionalmente a los 33 que de acuerdo a los reportes de la secretaria de educación se encuentran en mayor riesgo. También se pudo observar el nivel de daños observado y el grado de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones escolares evaluadas están correlacionados con el comportamiento de los suelos, en interacción con la mala calidad estructural y constructiva y el deterioro progresivo de los elementos estructurales y no estructurales.

Finalmente se empleó el procedimiento de la demanda de ductilidad para determinar las categorías de daño de las escuelas de la muestra específica y se realizó una proyección de estos

resultados a las escuelas de la población estudiada encontrándose que para un sismo de $A_a=0.25g$, en el 10% de las escuelas se esperaban daños moderados, en el 30% daños mayores, en el 20% totales y el 10% colapso, con pérdidas económicas que ascienden a dos millones de dólares y un estimativo de 1300 víctimas fatales y 7700 personas heridas.

2.1.2. A NIVEL NACIONAL

1. Luis Pedro Norabuena Garay (2012) en su Tesis para optar el Título de Ingeniero de Civil en la Universidad Privada Antenor Orrego-Trujillo-Perú, denominada "Vulnerabilidad Sísmica En Las Instituciones Educativas Del Nivel Secundaria Del Distrito De Pativilca Provincia De Barranca - Lima – 2012" a continuación se presenta su resumen:

- a) En el presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones de las Instituciones Educativas del nivel secundaria del Distrito de Pativilca Provincia de Barranca Departamento de Lima 2012, con la finalidad de fomentar acciones de mitigación ante un evento sísmico, de manera que no ponga en peligro la vida de los escolares ni del personal que allí labora, de conformidad al RNE (NTE-E30)

De esta manera se presenta una metodología que valora el nivel de daño que pueden alcanzar ante un eventual sismo, las edificaciones de las instituciones educativas, correspondientes a un tipo de sistema estructural.

El modelo a emplear es de Benedetti y Petrini (Italia) estima un índice de vulnerabilidad calculado en función de las características de la estructura que más influyen en su comportamiento sísmico, y lo relaciona con un índice de daño, que a su vez depende de la acción del movimiento sísmico.

El tipo de Investigación es explicativa, el diseño de la Investigación

es: No experimental: Transversal Correlacional y los resultados obtenidos son edificaciones con vulnerabilidad baja, media baja y media alta

Las encuestas desarrolladas demuestran que, hay deficiencia en la calidad del mantenimiento de las edificaciones.

Con los resultados obtenidos se esperan emitir juicios valorativos y plantear alternativas de solución al respecto; así como, proponer acciones de mitigación en desastres naturales en edificaciones.

2. Johan Edgar Laucata Luna (2013) en su Tesis para optar el Título de Ingeniero de Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú, denominada "Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo" a continuación se presenta su resumen:

b) La investigación genera una metodología simple para determinar el riesgo sísmico de viviendas informales de albañilería confinada en la ciudad de Trujillo. Para ello se ha analizado las características técnicas así como los errores arquitectónicos, constructivos y estructurales de viviendas construidas informalmente.

La mayoría de las viviendas informales carecen de diseño arquitectónico, estructural y se construyen con materiales de baja calidad. Además estas viviendas son construidas generalmente por los mismos pobladores de la zona, quienes no poseen los conocimientos, ni medios económicos necesarios para una buena Práctica constructiva.

Para recolectar la información para este trabajo de tesis se encuestaron 30 viviendas en 02 distritos de la ciudad de Trujillo, que se seleccionaron por sus características morfológicas y por la presencia de viviendas informales de albañilería. La información de campo se recolectó en fichas de encuesta, en las que se recopiló datos de ubicación, proceso constructivo, estructuración, y calidad

de la construcción. Posteriormente el trabajo de gabinete se procesó la información en fichas de reporte donde se resume las características técnicas, elaborando un análisis sísmico simplificado por medio de la densidad de muros, determinando la Vulnerabilidad y peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas. Luego con la información obtenida se detalló los principales defectos constructivos encontrados en las viviendas encuestadas.

Los resultados obtenidos contribuyeron a la elaboración de una cartilla para la construcción y mantenimiento de las viviendas de albañilería confinada de la costa peruana, zona de alto peligro sísmico.

3. Adalberto Vizconde Campos (2004) en su Tesis para optar el Título de Ingeniero de Civil en la Universidad de Piura-Piura-Perú, denominada "Evaluación De La Vulnerabilidad Sísmica De Un Edificio Existente: Clínica San Miguel, Piura" a continuación se presenta su resumen:
 - c) El objetivo primordial del presente trabajo es descubrir, en el edificio de la Clínica San Miguel, aquellos puntos débiles que fallarían al ocurrir un evento sísmico para posteriormente proceder a una intervención estructural. En la evaluación de un edificio existente el objetivo es determinar cómo éste responderá realmente a unas fuerzas ya dadas. Se trabaja con las propiedades reales del material, las cargas reales sin amplificarlas, el modelo lo más exacto posible y se analiza cómo serán realmente la interacción de Elementos estructurales con los no estructurales y viceversa en el comportamiento sísmico del edificio. Para este estudio se aplicaron unos métodos como el FEMA 154 (ATC 21), el FEMA 310 (ATC 22), además de la evaluación no estructural de equipos y demás Elementos no estructurales. Con el primer método identifico aquel edificio que es más vulnerable y con el segundo, lo evaluó de una manera más detallada. Los resultados se expresan en tablas donde

se compara la resistencia del elemento con la demanda que le impone el sismo. En las conclusiones se expresa la necesidad de dar mayor ductilidad a los muros de albañilería o tabiques por absorber, debido a su rigidez, gran parte de carga sísmica lateral. Además se detectan otros elementos, ya sea columnas o vigas que fallarían ante un sismo.

4. Rosario Del Pilar Basurto Cartulin (2008) en su Tesis para optar el Título de Ingeniero de Civil en la Universidad Ricardo Palma-Lima-Perú, denominada "Vulnerabilidad Sísmica Y Mitigación De Desastres En El Distrito De San Luis" a continuación se presenta su resumen:

d) En el presente trabajo de investigación se realizó un análisis cualitativo de la Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones del Distrito de San Luis, se realizó una evaluación integral de la vulnerabilidad tanto social como estructural, analizando también aspectos cuantitativos que dieron un mayor soporte a los resultados obtenidos de manera cualitativa.

La aplicación de esta investigación, tuvo como potenciales beneficiarios a los más de 150,000 habitantes con los que cuenta el Distrito, además de disminuir significativamente el impacto socioeconómico, pues se diseñó y ejecutó organización de brigadas, capacitaciones, simulacros, planes de seguridad y evacuación, planes de contingencia, para las principales edificaciones esenciales del distrito, estos planes servirán enormemente para mitigar los posibles efectos que se presenten de ocurrir un sismo de gran magnitud en Lima.

Para determinar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones del distrito se utilizó un método de evaluación rápida llamado Diagnóstico de la Respuesta Sísmica en Viviendas de Albañilería, que fue realizado por el Dr. Carlos Zavala, la Ing. Patricia Gibu y el Ing. Rafael Salinas, con este método se consideraron sismos ocurridos en Lima en los años 1966 y 1974 como demanda, la

densidad de muros de 2%, 4% ,6% y 8% y la aceleración máxima del evento. Luego estos resultados fueron procesados en un Sistema de Información Geográfica ArcGis 9.1 y se obtuvieron mapas temáticos que nos indicaron el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones del distrito.

5. Guillermo Khaliel Velarde Abugattas (2014) en su Tesis para optar el Título de Ingeniero de Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú, denominada "Análisis De Vulnerabilidad Sísmica De Viviendas De Dos Pisos De Adobe Existente En Lima" a continuación se presenta su resumen:

e) El objetivo de esta investigación es el estudio de la estabilidad estructural de las viviendas existentes típicas de adobe de dos pisos en Canta, zona rural con peligro sísmico alto, con la finalidad de diagnosticar su estado actual y plantear lineamientos para su estabilización sísmica.

Se plantea la hipótesis de que las viviendas de adobe de dos o más pisos presentan características constructivas que son distintas de la construcción tradicional de viviendas de un piso. Estas viviendas han podido soportar los sismos leves y medianos que han ocurrido en las últimas décadas, sin embargo se estima que estas viviendas son vulnerables en caso de sismos severos, por ello es necesario estudiar el mecanismo de falla para formular sistemas de refuerzo o estabilización que permitan mejorar el comportamiento de estas viviendas ante sismos de mayor intensidad.

El desarrollo de la investigación consta de un trabajo de evaluación en campo para determinar la tipología arquitectónica y características estructurales de las viviendas existentes así como un levantamiento de daños comunes. Luego del trabajo de campo se realizará una evaluación numérica para definir los elementos vulnerables y plantear alternativas de refuerzo que les permitan resistir sismos severos.

2.1.3. A NIVEL LOCAL

Visitada la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad San Luis Gonzaga de Ica, a la fecha no he encontrado trabajo de investigación que guarde relación con el objetivo principal por lo tanto el trabajo de investigación es original.

2.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.2.1. AMENAZA SÍSMICA.

La Amenaza Sísmica es un término técnico mediante el cual se caracteriza numéricamente la probabilidad estadística de la ocurrencia (o excedencia) de cierta intensidad sísmica (o aceleración del suelo) en un determinado sitio, durante un período de tiempo.

Se entiende por amenaza sísmica, al peligro latente asociado a un fenómeno físico, de origen natural o tecnológico, que puede presentarse en un lugar específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, bienes y el medio ambiente. Además se puede definir como la probabilidad de ocurrencia dentro de un periodo específico y área dada, de un evento potencialmente dañino generado por la ocurrencia de un fenómeno natural o por la actividad del hombre, la amenaza sísmica varía de un lugar a otro lugar debido a la frecuencia e intensidad de los sismos que se presente.

2.2.2. MAGNITUD SÍSMICA.

Para un sismo dado, la magnitud es una constante única que representa una medida cuantitativa del tamaño del sismo, independientemente del sitio de observación. La magnitud se determina midiendo la máxima amplitud de las ondas registradas en el sismograma correspondiente al evento. Una escala estrictamente cualitativa, que puede ser aplicada en

sismos de regiones habitadas o no habitadas, fue ideada en 1931 por Wadati en Japón y desarrollada por Charles Richter en 1935 en California. Richter definió la magnitud de un evento local como el logaritmo en base a diez de la amplitud máxima de una onda sísmica registrada en un sismógrafo patrón (Wood – Anderson o su equivalente) a una distancia de 100 kilómetros del epicentro del terremoto. Esto significa que siempre que la magnitud aumenta en una unidad, la amplitud de las ondas sísmicas aumenta 10 veces. Existen diferentes tipos de magnitud, destacando las siguientes:

Magnitud de Ondas de Cuerpo Mb: Medida de magnitud basada en la amplitud máxima de las ondas de cuerpo con periodos cercanos a 1,0 segundo.

Magnitud de Ondas de Superficie MS: Medida de magnitud basada en la amplitud máxima de las ondas de superficie con períodos de aproximadamente 20 segundos.

Magnitud Momento Mw: Medida de magnitud basada en el momento sísmico M_0 de la fuente generadora del sismo; es una escala de magnitud establecida por H. Kanamori.

Magnitud Richter M: Magnitud medida en la escala establecida por Ch. Richter en 1933, llamada también magnitud local MI.

MAGNITUD EN ESCALA RICHTER	EFFECTOS DEL TERREMOTO
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado.
3.5 - 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios.
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños.

8 o más	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.
---------	---

Cuadro 01: Escala De Richter

Fuente: Instituto geofísico del Perú

2.2.3. INTENSIDAD SÍSMICA.

La intensidad sísmica mide cualitativamente los efectos de un terremoto y delimita las áreas con efectos similares. La intensidad se mide por el grado de daños a las construcciones realizadas por el hombre, la cantidad de perturbaciones en la superficie del suelo y el alcance de la reacción animal en la sacudida. La primera escala de intensidad en los tiempos modernos fue desarrollada por Rosi, de Italia, y Florel, de Suiza, en el año 1880. Esta escala que todavía es utilizada algunas veces para describir un terremoto tiene un intervalo de valores de I a X. Una escala más refinada, con 12 valores, fue construida en 1902 por el sismólogo y vulcanólogo italiano Mercalli, llamada escala de intensidad Mercalli modificada abreviada. La valoración de la intensidad sísmica es mediante una escala descriptiva, no depende de la medida del movimiento del suelo con instrumentos, sino que depende de las observaciones reales de los efectos en la zona macrosísmica.

Escala De Intensidades De Mercalli Modificada

- I. No es sentido. Sólo lo registran los sismógrafos.
- II. Es sentido por personas que se hallan en reposo, en edificios altos o en lugares que favorecen la percepción.
- III. Es sentido en el interior de las habitaciones. Los objetos colgantes se balancean. La vibración es parecida al paso de un camión ligero. Es posible estimar su duración. Puede no ser considerado como un sismo.
- IV. Los objetos colgantes se balancean. Vibración, semejante al paso de camiones pesados, o se percibe una sensación como si una pelota pesada golpeará las paredes. Los carros estacionados se mecen. Las ventanas, los platos y las puertas traquetean. Los vasos tintinean. Los

cacharros chocan. En el rango superior de IV las paredes y armazones de madera rechinan.

V. Es sentido fuera de las casas; puede estimarse su dirección. Las personas dormidas despiertan. Los líquidos experimentan alteraciones; algunos se derraman. Los objetos inestables y pequeños se mueven, así como las celosías y los cuadros. Los relojes de péndulo se detienen, echan a andar o cambian de velocidad.

VI. Es sentido por todos. Muchas personas se asustan y salen corriendo de sus casas. Se dificulta caminar. Las ventanas, platos y objetos de vidrio se rompen. Adornos, libros, etc., caen de los estantes. Los cuadros se desprenden de las paredes. El mobiliario se mueve o cae. Se agrieta el yeso débil y las construcciones tipo D. Suenan las campanas pequeñas (iglesias, escuela). Los árboles y los arbustos se sacuden (visiblemente) o se escucha la agitación de sus ramas y hojas.

VII. Es difícil permanecer de pie. Los automovilistas sienten cómo se agita el piso. Los objetos colgantes vibran. Se rompen los muebles. Daños a construcciones tipo D, incluyendo grietas. Las chimeneas débiles se parten al nivel del techo. Se produce caída de yeso, de ladrillos sueltos, de piedras, de tejas, de cornisas, de parapetos sin apoyo y de ornamentos arquitectónicos. Se abren algunas grietas en las construcciones tipo C. Se observan olas en los estanques; el agua se enturbia con lodo. Hay derrumbes y aludes en los bancos de arena o grava. Tañen las campanas grandes. Los canales de irrigación quedan dañados.

VIII. Se dificulta conducir un vehículo y quizá hasta se pierde el control del auto. Daños a las construcciones tipo C; colapso parcial. Algunos deterioros en las construcciones B; ninguno en las construcciones A. Caída de estuco y de algunas paredes de ladrillo. Torcedura y caída de chimeneas (casas y fábricas), monumentos, torres, tanques elevados. Las casas de armazón son movidas de sus cimientos si no están aseguradas a ellos. Se rompen las ramas de los árboles. Cambios en el flujo o la temperatura de manantiales y pozos. Grietas en terreno húmedo y en pendientes empinadas.

IX. Pánico general. Las construcciones son destruidas: las de tipo C quedan gravemente dañadas o, a veces, se caen del todo y las de tipo B quedan dañadas seriamente. Averías generales a los cimientos, y muy serias a las cisternas y presas. Las tuberías subterráneas quedan rotas. Grietas conspicuas en el terreno. En las zonas aluviales, la arena y el lodo son arrojados a las orillas, surgen las llamadas fuentes de terremoto y se abren cráteres de arena.

X. La mayor parte de las construcciones de mampostería y de armazón, así como sus cimientos son destruidos. Algunas estructuras y puentes, cuidadosamente construidos caen. Hay daños serios en presas, diques y terraplenes. Se producen grandes aludes. El agua es arrojada a la orilla de canales, ríos, lagos, etc. La arena y el lodo son desplazados horizontalmente en playas y terrenos planos. Los rieles de las vías de ferrocarril se doblan levemente.

XI. Los rieles quedan doblados considerablemente, y las tuberías subterráneas completamente fuera de servicio.

XII. La destrucción es casi total. Grandes masas de roca son desplazadas. Las líneas de nivel quedan distorsionadas. Los objetos son arrojados al aire.

2.2.4. Historia sísmica en el Perú.

En el Perú los grandes terremotos tienen su origen en el proceso de convergencia y subducción de la placa de nazca bajo la sudamericana, siendo este continuo en la escala de tiempo geológico de ahí que exista una fuerte fricción entre las placas con la consecuente liberación de energía acumulada en forma de ondas elásticas en diversos periodos de tiempo. Ahora si la deformación es mayor a las fuerzas que se oponen a la fricción, el deslizamiento de las placas se realizara de manera brusca o violenta produciendo un terremoto, cuya magnitud dependerá de la longitud del desplazamiento y de las dimensiones del área involucrada. Es necesario aclarar que el proceso de fricción entre las placas de nazca

y sudamericana se realiza a lo largo de toda la superficie de contacto, pero los deslizamientos que dan origen a los terremotos se producen sobre segmentos de longitud menor permitiendo considerar áreas pequeñas de fricción o de ruptura. Estas superficies de fricción no son visibles debido a que se encuentran por debajo del nivel medio del mar, pero es posible proyectarla en superficie a fin de evaluar de manera indirecta la ubicación de las diversas áreas de ruptura.

Dentro de todo proceso sismotectónico presente en el Perú y principalmente el relacionado con la subducción de la placa de Nazca bajo la sudamericana, la región central resulta ser muy heterogénea debido a que durante los últimos 70 años ha dado origen a 7 terremotos de gran magnitud ocurridos en los años 1940, 1942, 1966, 1970, 1974 y dos en 1996 todos con magnitudes superiores a 7.0 ms y valores de intensidad mayores a VII en la escala de Mercalli, durante este periodo en la región sur del Perú solo se tiene la ocurrencia del terremoto de junio del 2001 de 8.00 ms y en la región norte la ausencia total de terremotos de estas magnitudes.

El último terremoto fue en el año 2007, en la zona sur de la región central del Perú, tuvo una magnitud de Richter M_L de 7.00 y magnitud momento M_w de 7.9, produciendo muerte, destrucción y desolación en las ciudades de Pisco, Ica, Chincha y muchas otras localidades circundante. La intensidad máxima observada en la escala de Mercalli modificada fue de VII-VIII en la ciudad de Pisco.

2.2.5. Vulnerabilidad sísmica.

Según Bonnet (2003), la vulnerabilidad sísmica de una estructura se define como la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño.

También se define vulnerabilidad al grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características.

Estas estructuras se pueden calificar en "más vulnerables" o "menos vulnerables" ante un evento sísmico.

Es preciso resaltar que no existen metodologías estándares para estimar la vulnerabilidad de las estructuras. El resultado de los estudios de vulnerabilidad es un índice de daño que caracteriza la degradación que sufriría una estructura de una tipología estructural dada, sometida a la acción de un sismo de determinadas características.

La vulnerabilidad sísmica se puede realizar a muchas partes de la estructura, entre las cuales sobresalen:

- Elementos estructurales
- Elementos no estructurales
- Contenidos (maquinarias, muebles, enseres y demás elementos que formen el mobiliario de la estructura).

Un estudio de vulnerabilidad sísmica no sólo atiende la vulnerabilidad de los elementos estructurales sino que también, está asociada a la organización humana y a su relación con la infraestructura. Esta relación debe considerar los distintos estados de la infraestructura para las diversas situaciones de desastre.

Tenemos las siguientes clases de vulnerabilidad sísmica:

Vulnerabilidad Estructural

Se refiere a que tan susceptibles a ser afectados o dañados son los elementos estructurales de una edificación o estructura frente a las fuerzas sísmicas inducidas en ella y actuando en conjunto con las demás cargas habidas en dicha estructura. Los elementos estructurales son aquellas partes que sostienen la estructura de una edificación, encargados de resistir y transmitir a la cimentación y luego al suelo; las fuerzas causadas por el peso del edificio y su contenido, así como las cargas provocadas por los sismos. Entre estos elementos se encuentran las columnas, vigas, placas de concreto, muros de albañilería de corte, etc.

Debido a ello como se dirá que un buen diseño estructural es la clave para que la integridad del edificio sobreviva aún ante desastres naturales severos como lo son los terremotos.

Este componente de la vulnerabilidad también se le conoce como vulnerabilidad física, hace referencia al grado de afectación que puede sufrir los elementos estructurales de una edificación y está relacionada con la capacidad que tiene una estructura para soportar las solicitaciones a las que se ve sometida en el momento de un sismo.

Vulnerabilidad No Estructural.

Un estudio de vulnerabilidad no estructural busca determinar la susceptibilidad a daños que estos elementos puedan presentar. Sabemos que al ocurrir un sismo la estructura puede quedar inhabilitada debido a daños no estructurales, sean por colapso de equipos, elementos arquitectónicos, etc., mientras que la estructura permanece en pie.

Está asociada a los daños que puedan tener los sistemas arquitectónicos de una edificación, que en términos económicos y de vidas humanas, pueden ser tan importantes con los daños estructurales

Vulnerabilidad Funcional

Está asociada a la organización humana y a su relación con la infraestructura. Esta relación debe considerar los distintos estados de la infraestructura para las diversas situaciones de desastre. Esta vulnerabilidad también se le reconoce como administrativo-arquitectónica. Se define en términos de los efectos de un desastre en el buen funcionamiento y desempeño de una edificación.

2.2.6. Riesgo sísmico.

El Riesgo se entiende como el resultado de la interacción del peligro sobre la vulnerabilidad. Éste se puede expresar tanto en forma cualitativa (grados o niveles la calificación), como también en forma cuantitativa,

estimando los daños o pérdidas esperadas para un determinado evento específico o escenario de riesgo (por ejemplo: un terremoto de magnitud Richter grado 8 o superior, a una hora determinada).

Riesgo sísmico también se entiende como la probabilidad esperada de pérdidas de vidas y la posibilidad de que se presenten efectos económicos, sociales, físico-técnicos y ambientales.

Al conocer la vulnerabilidad y la amenaza se pueden determinar el riesgo al que se encuentran sometidas.

El riesgo sísmico se podría expresar como una función de las amenazas y la vulnerabilidad, entonces el riesgo sísmico=vulnerabilidad x amenaza.

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Normatividad.

Norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente"

Nomenclatura

Para efectos de la presente Norma Técnica, se consideran las siguientes nomenclaturas:

C Factor de amplificación sísmica.

CT Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio.

di Desplazamientos laterales del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f_i .

ei Excentricidad accidental en el nivel "i".

Fi Fuerza sísmica horizontal en el nivel "i".

g Aceleración de la gravedad. hi Altura del nivel "i" con relación al nivel del terreno.

hei Altura del entrespacio "i".

hn Altura total de la edificación en metros.

- Mti Momento torsor accidental en el nivel "i".
- m Número de modos usados en la combinación modal.
- n Número de pisos del edificio.
- P Peso total de la edificación.
- Pi Peso del nivel "i".
- R Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.
- r Respuesta estructural máxima elástica esperada.
- ri Respuestas elásticas máximas correspondientes al modo "i".
- S Factor de amplificación del suelo.
- Sa Espectro de pseudoaceleraciones.
- T Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.
- TP Período que define la plataforma del factor C.
- TL Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.
- U Factor de uso o importancia.
- V Fuerza cortante en la base de la estructura.
- Z Factor de zona.
- R0 Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.
- la Factor de irregularidad en altura.
- l p Factor de irregularidad en planta.
- f i Fuerza lateral en el nivel i.
- v Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte.
- Ñ60 Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar.
- Su Promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada.

Alcances

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en numeral 1.3. Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que

resultaran dañadas por la acción de los sismos. El empleo de sistemas estructurales diferentes a los indicados en el numeral 3.2, deberá ser aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y demostrar que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y ductilidad. Para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se podrá usar esta Norma en lo que sea aplicable. Además de lo indicado en esta Norma, se deberá tomar medidas de prevención contra los desastres que puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico: tsunamis, fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierras u otros.

Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente

La filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en:

- a. Evitar pérdida de vidas humanas.
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c. Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en la presente Norma los siguientes principios:

- a. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- b. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c. Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N° 5, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

Concepción Estructural Sismorresistente

Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos: - Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces. - Peso mínimo, especialmente en los pisos altos. - Selección y uso adecuado de los materiales de construcción. - Resistencia adecuada frente a las cargas laterales. - Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación. - Ductilidad, entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico. - Deformación lateral limitada. - Inclusión de líneas sucesivas de resistencia (redundancia estructural). - Consideración de las condiciones locales. - Buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa.

Consideraciones Generales

Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las sollicitaciones sísmicas prescritas en esta Norma, siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados. No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento. Deberá considerarse el posible efecto de los tabiques, parapetos y otros elementos adosados en el comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y anclaje deberá hacerse acorde con esta consideración. En concordancia con los principios de diseño sismorresistente del numeral 1.3, se acepta que las edificaciones tengan incursiones inelásticas frente a sollicitaciones sísmicas severas. Por tanto, las fuerzas sísmicas de diseño son una fracción de la sollicitación sísmica máxima elástica.

Presentación del Proyecto

Los planos, memoria descriptiva y especificaciones técnicas del proyecto estructural, deberán estar firmados por el ingeniero civil colegiado responsable del diseño, quien será el único autorizado para aprobar cualquier modificación a los mismos. Los planos del proyecto estructural deberán incluir la siguiente información:

- a. Sistema estructural sismorresistente.
- b. Período fundamental de vibración en ambas direcciones principales.
- c. Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- d. Fuerza cortante en la base empleada para el diseño, en ambas direcciones.
- e. Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.
- f. La ubicación de las estaciones acelerométricas, si éstas se requieren conforme al Capítulo 9.

Peligro sísmico

Zonificación

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. El Anexo N°

1 contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona



Figura 02: zonas sísmicas del Perú.

Fuente: RNE –NTE 030

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

TABLA N°1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Cuadro 02: Factores de zona "Z"

Fuente: RNE –NTE 030

Microzonificación Sísmica

Son estudios multidisciplinarios que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuación de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras. Para los siguientes casos podrán ser considerados los resultados de los estudios de microzonificación correspondientes: - Áreas de expansión de ciudades. - Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos asociados.

Estudios de Sitio

Son estudios similares a los de microzonificación, aunque no necesariamente en toda su extensión. Estos estudios están limitados al lugar del proyecto y suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas y otros fenómenos naturales por las condiciones locales. Su objetivo principal es determinar los parámetros de diseño. Los estudios de sitio deberán realizarse, entre otros casos, en grandes complejos industriales, industria de explosivos, productos químicos inflamables y contaminantes. No se considerarán parámetros de diseño inferiores a los indicados en esta Norma.

Condiciones Geotécnicas

Perfiles de Suelo

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte V_s , o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado

de los $\tilde{N} 60$ obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada (S_u) para suelos cohesivos. Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación, como se indica en el numeral 2.3.2. Para los suelos predominantemente granulares, se calcula $\tilde{N} 60$ considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada (S_u) se calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo. Este método también es aplicable si se encuentran suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). En tal caso, si a partir de $\tilde{N} 60$ para los estratos con suelos granulares y de (S_u) para los estratos con suelos cohesivos se obtienen clasificaciones de sitio distintas, se toma la que corresponde al tipo de perfil más flexible. Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

a. Perfil Tipo S0: Roca Dura A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte V_s mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de V_s

b. Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre: - Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²). - Arena muy densa o grava arenosa densa, con $\tilde{N}60$ mayor que 50.

- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada S_u mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

- c. Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre: - Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N_{60} , entre 15 y 50. - Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada V_s , entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- d. Perfil Tipo S3: Suelos Blandos Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte V_s , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre: - Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT N_{60} menor que 15. - Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada S_u , entre 25 kPa (0,25 kg/cm²) y 50 kPa (0,5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad. - Cualquier perfil que no correspondan al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad PI mayor que 20, contenido de humedad ω mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada S_u menor que 25 kPa.
- e. Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S4 cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine. La Tabla N° 2 resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo:

TABLA N°2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
PERFIL	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S_0	>1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	
S_3	<180 m/s	<15	
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Cuadro 03: Clasificación de los perfiles de suelo.

Fuente. RNE-NTE 030

Tecnología de evaluación para la vulnerabilidad.

En este punto describiremos los métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica.

Actualmente existen distintos tipos de evaluación de vulnerabilidad para diversas estructuras existentes. Estos métodos de análisis pueden clasificarse de una manera general como cuantitativos y cualitativos.

Los métodos cualitativos utilizan características generales de la estructura para calificarla. Generalmente están asociados a índices globales que han sido calibrados con la experiencia de estructuras existentes, que permiten identificar el riesgo en términos generales y en algunos casos el nivel de daño. Este tipo de métodos se caracterizan por ser:

- Métodos de evaluación rápida.
- Sirven para edificaciones diversas.
- Seleccionan algunas edificaciones que necesitan un análisis más detallado.
- Se usan para una evaluación masiva de edificios con fines de cuantificación de riesgo sísmico.
- A algunos de estos métodos se los deben considerar como un primer nivel de evaluación y base para una evaluación analítica.

- Entre estos métodos se encuentran: - El método del Ministerio de Construcción del Japón. - El método Mexicano de evaluación diseñado por J. Iglesias "Evaluación de la capacidad sísmica de edificios en la ciudad de México" por la Secretaria de Obras. - El método ATC-21 cuya referencia es: Applied Technology Council" Radio Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook (Report ATC-21) Redwood City, California, 1988 (FEMA Report 154, July 1988).

Los métodos cuantitativos o también llamados analíticos se basan típicamente en procedimientos de análisis y diseño antisísmico recomendados por las normas modernas; estos diferencian el material constituyente de la estructura, ya que su objetivo principal es predecir su posible comportamiento, es así como se diferencian métodos de evaluación de estructuras de concreto reforzado, mampostería, mampostería confinada etc. Son métodos que en base a evaluaciones aproximadas estiman esfuerzos y deformaciones. Entre estos métodos se encuentran:

- Método Japonés de la norma sísmica.
- El metodo del Dr. Hirosawa, M. "Evaluation of Seismic Safety and Guidelines on Seismic Retrofitting Desing of Existing Reinforced Concrete Buildings" (VI Seminario para Ingenieros Estructurales sobre Sismología e Ingeniería para Terremotos, Tokyo 1976).
- Métodos de evaluación de la Energía.
- Método del Dr. Akiyama para edificios de acero, H., Earthquake – Resistant Limit – State Design for Building. Tokyo. 1985
- Los métodos norteamericanos como el ATC 22 y el FEMA 310 avalados por la Federal Emergency Management Agency de USA

Método ATC 21 (FEMA 154) Procedimiento de Investigación Visual Rápida RVS ("Rapid Visual Screening Procedure").

El FEMA 154 ha sido formulado para identificar, inventariar, y clasificar edificios que son potencialmente peligrosos ante un sismo. Desarrollado por un grupo multidisciplinario que incluye funcionarios e inspectores de

edificios públicos, agencias de gobierno, profesionales de diseño, propietarios de edificios del sector privado, miembros de universidades quienes usan el Procedimiento RVS como herramienta de trabajo e investigación, miembros del público. Este procedimiento puede ser implementado en forma relativamente rápida y económica para desarrollar una lista de edificios con peligro potencial ante un sismo sin un alto costo de análisis sísmico detallado de los edificios individuales.

Es cierto la sismología de ambas regiones es distinta su aplicación es válida por tratarse de un nivel básico de evaluación, que hace diferencia entre 3 zonas sísmicas distintas (Alta, Moderada y Baja) y se ha aplicado a edificios con características muy similares a los del Perú.

Por otro lado Sunampe se ubica en una zona de sismicidad alta (como lo especifica la norma sismo resistente) y en el Cinturón de Fuego de la costa occidental del continente americano, al igual que la costa oeste de USA.

Si un edificio recibe un puntaje alto (por encima de un límite de puntaje), el edificio es considerado que tiene una adecuada resistencia sísmica. Si un edificio recibe un bajo puntaje sobre la base de este procedimiento debería ser evaluado por un ingeniero profesional con una experiencia en diseño sísmico. De acuerdo a la inspección detallada, a los análisis ingenieriles, y otros procedimientos detallados se logra un informe final sobre la capacidad del edificio y la necesidad de una rehabilitación.

El procedimiento RVS es diseñado para ser implementado sin unos cálculos de análisis estructural. Este utiliza un sistema de puntajes que requiere que el usuario:

- 1) Identifique el sistema primario resistente estructural a carga lateral.
- 2) Identificar los atributos del edificio que pueden modificar el comportamiento sísmico esperado de su sistema a carga lateral.

La inspección, la recolección de datos, y el proceso de decisión se llevará a cabo en el sitio del edificio, tomando un promedio de 15 a 30 minutos por edificio (30 minutos a una hora si el acceso al interior está disponible).

Los resultados son registrados en uno de los 3 formularios de recolección de datos, dependiendo de la sismicidad de la región (Alta, media o baja) que está siendo estudiada. El formato de recolección de datos incluye un espacio para la información de la identificación del edificio, incluyendo su uso y tamaño, una fotografía del edificio, un bosquejo, y documentación de los datos relacionados al comportamiento sísmico del edificio, incluyendo el desarrollo de un resultado numérico del peligro sísmico. Los resultados son basados sobre unos niveles promedio de movimiento del suelo para la sismicidad de la región tan bien como el diseño sísmico y las prácticas de construcción para la región. Los edificios pueden ser revisados desde la vereda sin la necesidad de ingresar al edificio, planos o cálculos estructurales. La fiabilidad y confianza en la determinación del tipo de edificio aumenta si el sistema de elementos estructurales es verificado durante una inspección en el interior o en base a una revisión de los documentos de construcción.

Definiciones para calificación de estructuras.

Irregularidades verticales: Gradas en vista de perfil, paredes inclinadas, edificio en colinas, columnas cortas, muros no arriostrados.

Irregularidades en planta: edificios con esquinas interiores (L.T.E.U. u otras irregularidades en la planta), edificios con buena resistencia en un lado pero en otro no, excentricidad en la rigidez en planta, edificios de esquina o edificios con forma irregular.

Suelo tipo C: roca suave o suelo muy denso, velocidad de onda S entre 1200-2500 ft/s, o resistencia al corte no drenada mayor a 2000 psf

Suelo tipo D: Suelo duro, velocidad de onda S entre 1200-2500 ft/s, conteo de golpes 15-50, o resistencia al corte drenado 1000-2000 psf.

Suelo tipo E: suelo suave, velocidad de onda S menos a 600 ft/s, o más de 100 ft de suelo con índice de plasticidad menor a 20, contenido de humedad mayor al 40%, resistencia al corte drenada 500 psf.

3.1.1. MÉTODO ATC -22 (FEMA 310).

El American Society of Civil Engineers (ASCE) conjuntamente con el Federal Emergency Management Agency (FEMA) de Estados Unidos se unieron para convertir el FEMA 178, NEHRP Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings (denominado antiguamente como ATC 22) en un documento pre-estándar, luego éste fue aprobado por el American National Standards Institute (ANSI) y el documento fue finalmente publicado en enero de 1998 como FEMA 310: Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings o también conocido como ASCE 31-02.

Este manual proporciona un procedimiento en 3 niveles para la evaluación sísmica de edificios existentes en cualquier región sísmica. Los edificios son evaluados para garantizar un nivel de seguridad de las vidas que se encuentran dentro o también para satisfacer un nivel de ocupación inmediata al evento producido. En este manual no se indican las medidas de mitigación de los posibles resultados del estudio.

Una parte importante de este manual es enseñar al profesional de diseño y evaluación sobre cómo determinar si un edificio es adecuadamente diseñado y construido para resistir fuerzas de sismo. Todos los aspectos del comportamiento del edificio son considerados y asumidos en cimentación.

Este manual recomienda primero el procedimiento de inspección visual utilizando el Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook (FEMA 154).

El FEMA 310 fue escrito para:

- Reflejar el avance en la tecnología.
- Incorporar lecciones aprendidas durante recientes terremotos como el de Michoacán que afectó la Ciudad de México, en 1985; el terremoto de Loma Prieta en 1989, que afectó el área de la Bahía de San Francisco; el terremoto de Northridge (Los Ángeles) en 1994 y el terremoto de Kobe en 1995.
- Aplicarse a nivel nacional e internacional.
- Proveer técnicas de evaluación para distintos niveles de Performance.

- Incorporar la experiencia de profesionales de diseño.

Una vez aplicados los niveles a evaluar, dependiendo de la estructura en particular, se termina realizando un reporte que contenga la siguiente información:

- 1) Alcance del análisis: Una lista del nivel seguido y el grado de investigación con el que se ha trabajado.
- 2) Datos del lugar y del edificio:
 - Descripción general del edificio (número de pisos y dimensiones).
 - Descripción del sistema estructural (sistema resistente a fuerzas laterales, sistema de cimentación, losas de techo, etc).
 - Descripción de los elementos no estructurales (Elementos estructurales que podrían interactuar con la estructura afectando el comportamiento sísmico del edificio).
 - Tipo de edificio.
 - Región de sismicidad.
 - Tipo de suelo.
 - Ocupación del edificio.
- 3) Lista de suposiciones: Propiedades del material, condiciones del suelo.
- 4) Conclusiones: Lista de deficiencias.
- 5) Recomendaciones: Plan de mitigación o de evaluación futura.
- 6) Anexos: Referencias, cálculos preliminares, etc.

3.1.2. MÉTODOS INDÍCIALES.

Los índices de vulnerabilidad constituyen parámetros relativos que llegan a cuantificar la susceptibilidad de una edificación de sufrir daños. A través de estos índices de vulnerabilidad pueden ser comparados con los niveles de daño obtenidos o esperados para un sismo dado. En los siguientes ítems se mostrará algunos de los muchos métodos que existen actualmente.

3.1.3. MÉTODO HIROSAWA (MÉTODO JAPONÉS).

El método propuesto por Hirosawa es utilizado oficialmente en el Ministerio de Construcción del Japón en la evaluación de la seguridad sísmica de edificios de hormigón armado. El método recomienda tres niveles de evaluación, que van de lo simple a lo detallado, y se basa en el análisis del comportamiento sísmico de cada piso del edificio en las direcciones principales de la planta. El método fue propuesto originalmente para ser utilizado en edificios de concreto armado de altura media existentes o dañados, del orden de seis a ocho pisos estructurados con muros o pórticos. En estudios más recientes el método se ha aplicado a edificios mixtos de concreto armado y albañilería. La estimación de la vulnerabilidad se realiza mediante un cálculo del índice (Is), que representa el comportamiento global de un entrepiso. La vulnerabilidad se establece considerando:

Si $Is \geq Iso$ se puede considerar que el edificio tiene un comportamiento sísmico seguro frente a un evento sísmico.

Si $Is < Iso$ se puede considerar que el edificio tiene un comportamiento incierto frente a un evento sísmico, y por lo tanto se considera como inseguro.

El cálculo del índice IS, depende de cuatro factores que se evalúan a partir de las características de la estructura, mediante la siguiente ecuación: $IS = EO * SD * T * G$

Dónde:

EO = Subíndice sísmico básico de comportamiento estructural.

SD = Subíndice de configuración estructural.

T = Subíndice del deterioro de la edificación.

G = Subíndice sísmico del movimiento del terreno.

Para el índice Iso, representa un umbral de resistencia, el cual se evalúa mediante la siguiente ecuación:

$$ISO = ESO * Z * G * U$$

Donde:

ESO = Resistencia básica requerida.

Z = Factor de zona sísmica, el valor depende del peligro sísmico donde se encuentra la estructura.

G = Factor de influencia de las condiciones topográficas y geotécnicas.

U = Factor de importancia del edificio por el uso.

La evaluación de la seguridad se realiza a partir de los resultados obtenidos para I_s e I_{s0} , estos índices con ciertos parámetros se comparan e indican si una estructura es vulnerable o segura frente a un evento sísmico.

3.1.4. MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI (MÉTODO ITALIANO-1982).

Método propuesto por estos autores consideran once parámetros para evaluar la vulnerabilidad de edificaciones de mampostería no reforzada y edificaciones de concreto armado desarrollados a partir de los daños de edificios. Los parámetros de mampostería no reforzada son :1) organización del sistema resistente; 2) calidad del sistema resistente; 3) resistencia convencional; 4) influencia de la cimentación; 5) elementos horizontales; 6) configuración en planta; 7) configuración en elevación; 8) separación máxima entre muros; 9) tipo de cubierta; 10) elementos no estructurales; y 11) estado de conservación. En el caso de edificios de concreto armado, los parámetros 8) y 9) cambian por los siguientes: 8) conexión entre elementos; 9) elementos de baja ductilidad.

Los parámetros están en función de la escala numérica, en la cual se le asigna una calificación K_i a cada valor de la escala de gradación, desde A hasta D, donde A es óptimo y D es pésimo (Ver tabla N° 5.1). Una vez obtenidas las calificaciones (A, B, C, D), de cada uno de los parámetros analizados, estas son afectadas por un factor de peso. A partir de los valores obtenidos, se considera la vulnerabilidad global de la edificación mediante una suma ponderada, este valor se le conoce como índice de vulnerabilidad (I_v) según la expresión:

$$Iv = \sum_{i=1}^{11} K_i W_i$$

Dónde:

Ki es la calificada asignada y Wi es el coeficiente de peso, Iv índice de vulnerabilidad.

Parámetros	Clase Ki				Peso wi
	A	B	C	D	
1. Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.00
2. Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3. Resistencia convencional	0	5	25	45	1.50
4. Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5. Diafragma horizontales	0	5	15	45	1.00
6. Configuración en planta	0	5	25	45	0.50
7. Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8. Distancia máxima entre los muros	0	5	25	45	0.25
9. Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.00
10. Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11. Estado de conservación	0	5	25	45	1.00

Cuadro 04: Parámetros para determinar la vulnerabilidad.

Fuente: Monografías de Ingeniería Sísmica Editor A.H. Barbat

Los valores de vulnerabilidad obtenidos como resultado de la calificación, está comprendida en un rango de valores entre 0 y 382.5, obteniendo un rango de variación ($0 < Iv < 100$). Por otra parte, los valores para la calificación de la vulnerabilidad de edificaciones de concreto armado toma valores de 0 hasta 85 según la ecuación:

$$Iv = 10 \left[\frac{(\sum_{i=1}^{11} K_i \times W_i) + 1}{4} \right]$$

A partir del índice de la vulnerabilidad se puede estimar el nivel de daño que puede sufrir una edificación en función de la aceleración del terreno. El daño es expresado en una escala ($0 < d < 1$) que representa el porcentaje de daño que sufre la edificación, por ejemplo valores entre (0.8 – 1.0) son equivalentes al colapso de la edificación.

3.1.5. MÉTODO DEL ÍNDICE DE DAÑO (UZCÁTEGUI & QUINTERO 1988, EN CAICEDO ET., AL, 1994).

El método evalúa la vulnerabilidad sísmica mediante el parámetro llamado índice de daño (I_d), el cual describe la capacidad sísmica de la estructura. Consiste en asignar un valor numérico (V_i) que califica la edad, el número de pisos, la proximidad entre edificios, el mantenimiento, la cimentación, la densidad y localización de muros, los detalles constructivos, los elementos no estructurales, los diafragmas, el sistema estructural, la masa, la rigidez, las irregularidades y los daños anteriores. A cada una de estas características se le asigna un factor de peso (W_i), de acuerdo con su importancia global para la resistencia del edificio; así, por ejemplo, a la localización de muros se le asigna un factor de peso mayor que a la condición de mantenimiento. El índice de daño se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{\sum V_i \times W_i}{\sum W_i}$$

Finalmente, de acuerdo con una interpretación subjetiva de la escala MSK, EMS ó MM, se determina que para valores $I_d \leq 0.4$ el nivel de riesgo sísmico para la estructura es aceptable y que para valores de $I_d \geq 0.4$ se debe utilizar otro procedimiento más sofisticado para la evaluación de la edificación (Uzcategui & Quintero 1988, en Caicedo et., al, 1994).

3.1.6. MÉTODO BASADO EN DENSIDAD DE ELEMENTOS RESISTENTES.

Debido a los constantes movimientos sísmicos que son propensos muchos países; se logró obtener un método práctico y fácil, para todas aquellas estructuras ubicadas en una zona de peligro sísmico que requieren una evaluación inmediata, para así saber si la estructura es capaz de resistir movimientos sísmicos. Este método que anteriormente y hasta hoy es más conocido por Densidad de Muros, llamados así, por que usualmente es usado en los muros, ya que en la mayoría de las estructuras resistentes están conformados por estos elementos (los muros), las cuales son los que absorben los empujes laterales de los sismos. Ahora podemos decir Densidad de Elementos Resistentes dado que la construcción ha estado innovándose, creando nuevos elementos estructurales, como son las placas y ahora con la edificación de ductilidad limitada.

Por consiguiente, el método se refiere a la cantidad mínima de muros que una estructura debería poseer, para que pueda resistir. Para la verificación de la densidad de muros es simple y consiste en hallar la densidad de los muros en cada piso y en cada una de las dos direcciones principales (eje "X" y eje "Y"). Para el cálculo se procede a hallar el área de los muros con relación al área de la planta de la estructura. Este cálculo solo se aplica a los muros portantes y los que mantienen la continuidad entre muros, ya que estos son los que trabajaran para resistir las cargas de gravedad y los movimientos sísmicos. $Densidad\ de\ muros = \frac{A\ m}{A\ p}$ (área de los muros). A p (área de la planta).

Los valores obtenidos se deben comparar a los umbrales propuestos por la norma de albañilería (NTE E-060), los que han sido considerados en la evaluación de estructuras de mampostería regulares como se muestra en la tabla.

TIPO DE SUELO	ZONA 3	ZONA 2	ZONA 1
S_1	4%	3%	1%
S_2	4%	3%	2%
S_3	5%	4%	2%

Cuadro 05: Valores de densidad de muros mínimos en función a la zona sísmica y tipo de suelo.

Fuente: <http://cybertesis.urp.edu.pe/urp/2008/cardenas>.

Estos valores muestran la densidad de muros de mínimos requeridos, y está dada en función de la zona sísmica y el tipo de suelo. Si los valores no corresponden a los mínimos requeridos debemos tomar ciertas medidas, como el incrementar algunos muros, incrementar el espesor de los muros, reemplazar muros de mampostería por muros de concreto. En este último caso, se deberá hacer una equivalencia entre el muro de mampostería con el muro de concreto. Finalmente cuando se obtenga los valores requeridos en ambas direcciones, la estructura será segura si su densidad de muros es superior o igual al valor mostrado en la tabla. De lo contrario, la estructura se considera vulnerable frente sismos.

3.1.7. MÉTODOS BASADOS EN ELEMENTOS FINITOS ELÁSTICOS.

Años atrás en el cálculo de estructuras predominaron varios métodos que consistían en iteración, tales como los métodos de Cross y Kani, que se realizaban de manera manual y que resultaban muy trabajosos, el cual imposibilitaba una optimización. Luego en las últimas décadas se desarrolló un avance importante en los métodos experimentales y analíticos para el estudio estructural, además se cuenta con herramientas analíticas muy poderosas que permiten resolver con un trabajo computacional razonable, las estructuras más complejas. Tal es el caso de los elementos finitos. El método por elementos finitos (MEF en castellano o FEM en inglés) es un método numérico para resolver

mediante ecuaciones matriciales las ecuaciones diferenciales, este método consiste en dividir en un número finito la estructura, cuerpo o geometría en la que se quiere resolver una ecuación diferencial, en pequeños "elementos", teniendo en cuenta ahora en varias ecuaciones en relación a la partición de la estructura, la división en si, se denomina Elementos Finitos. La matriz de dicho sistema de ecuaciones se llama matriz de rigidez y el número de ecuaciones de dicho sistema es proporcional al número de nodos, estos nodos son los puntos de unión de cada elemento.

Las aplicaciones actuales del método son muy extensas ya sean ingenieriles o en aplicaciones científicas, e incluyen sistemas lineales y no lineales, estáticos, dinámicos tales como Mecánica de Sólidos, Teoría de la Elasticidad, Mecánica de Fluidos, Transmisión de Calor y Electromagnetismo. Este método de Elementos Finitos Elásticos en una estructura, son aquellos que se consideran los modelos como lineales, es decir que al material estructural en estudio se le considera como elástico, y asumen que dicho material no se deforma plásticamente; así mismo se le considera lineal tanto para esfuerzos en compresión como en tracción. Esta hipótesis ha permitido obtener una solución, de la respuesta de modelos estructurales típicos, en los cuales cumplen no solo con las condiciones de equilibrio de fuerzas internas y externas sino también las funciones de compatibilidad de deformaciones.

3.1.8. MÉTODO DE COMPARACIÓN DE DEMANDA Y RESISTENCIA.

El método que a continuación veremos, indica que es un método netamente cualitativo o analítico por que se basan en procedimientos de análisis tomando en cuenta los procedimientos de diseño antisísmico recomendados por las normas que actualmente tenemos en el Perú, además se han considerado algunos de los métodos que anteriormente se ilustraron. Para la evaluación de edificaciones existentes este método

se fundamenta en la comparación de la demanda y resistencia de la edificación, para ello daremos un breve resumen de los conceptos. a) Demanda: como su nombre lo dice, es la exigencia que el sismo produce sobre la estructura. Se calcula acorde con la norma sísmica NTE-030, seleccionando los parámetros apropiados y verificando el nivel de deformaciones máximas exigido por las normas.

Parámetros para el Análisis Sísmico. Zonificación Sísmica (Z): Es un factor asignado a cada zona del Perú, está dividido en tres zonas y es interpretada como la aceleración máxima del terreno. Categoría de Edificación (U): Es un factor de uso, dada a cada estructura. Por norma se tiene cuatro categorías. (A, B, C, y D) Coeficiente de Amplificación (C): Es un coeficiente sísmico, el cual se define como el factor de amplificación sísmica, está relacionado con el periodo y el amortiguamiento. Perfil de Suelo(S): De acuerdo a la norma, existen cuatro tipos de perfiles de suelo, esto dependerá de sus condiciones geotécnicas. Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica: Los sistemas estructurales se clasificaran según los materiales usados, y el sistema de estructuración sismo resistente predominante en cada dirección.

Desplazamientos Laterales. Los desplazamientos relativo permisibles en entrepiso se han calculado y están ya dado por la norma, esto esta referenciado por el tipo de material predominante, las cuales no excederá una fracción de la altura. b) Resistencia: La resistencia es la capacidad de soporte de cada elemento de una estructura, logrando que la estructura en conjunto tenga cierta capacidad resistente para mantener a la demanda. En este método se efectúa la modelación del edificio, el cual utiliza un modelo para representar su comportamiento, con el fin de diagnosticar la existencia de un nivel de daño de los elementos de la estructura. Para esto asumimos que la estructura tiene un comportamiento elástico debido a la naturaleza de los materiales que le constituyen. Para el análisis de la evaluación consideramos que:

R= Resistencia del material.

V= Demanda sísmica.

De esta manera aproximamos que la evaluación de la vulnerabilidad consiste en la comparación de la resistencia de los elementos estructurales:

$$\sum_{n=1}^i R_n A_n = R$$

A_n = Área de los elementos

R_n = Esfuerzos resistentes.

Comparándola con la demanda sísmica (V) donde: $V = ZUCS (P) / R$

Por lo tanto, para la estimación de la vulnerabilidad se establece mediante la comparación, considerando: Si $R \geq V$ se puede considerar que el edificio es no vulnerable frente a un evento sísmico. Si $R < V$ se puede considerar que el edificio es vulnerable frente a un evento sísmico. Al mismo tiempo se verifican los límites de desplazamientos máximos sugeridos por la norma, de manera que la respuesta sísmica máxima (Δ) entre la altura del entrepiso, sea menor que el umbral de la norma, definida esta última como la distorsión máxima del entrepiso: $\Delta/h \leq \gamma_{max}$

La cuantificación del daño estructural se da en términos del valor de distorsión diagnosticado, valor que es comparado con el umbral de la norma (γ_{max}) y valores sugeridos por diversos autores en la descripción del daño estructural y no-estructural en un edificio.

Distorsión	Comportamiento Esperado
1/3200	Grietas no visibles
1/1600	Primeras grietas en los talones del muro
1/800	Inicio de agrietamiento en diagonales
1/400	Agrietamiento inicial en columnas de confinamiento y apertura de la grieta diagonal
1/200	Grietas horizontales a lo largo de columnas de confinamiento generalización de grietas en diagonal y apertura considerable vidrios pueden romperse
1/100	Grietas de lado a lado, el muro pierde verticalidad, peligro de Desplome. Puertas, ventanas y ascensores no pueden abrirse particiones colapsan

Cuadro 06: Cuantificación de Daño estructural

Fuente: <http://cybertesis.urp.edu.pe/urp/2008/cardenas>

CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

DESARROLLO DEL PROYECTO.

Ingeniería del proyecto.

En este punto se analizarán las viviendas de interés social, y se aplicará el método de evaluación de vulnerabilidad sísmica FEMA 154.

- **Características físicas de las viviendas de interés social a evaluar.**

En este punto se decidió evaluar 6 viviendas de interés social del distrito de Sunampe, Provincia de Chincha, Departamento de Ica, las que a continuación mostraremos:

Vivienda 01:

La presente vivienda pertenece al señor Juan Mateo, ubicado en el sector de cinco esquinas del distrito de Sunampe Provincia de Chincha, Departamento de Ica, esta vivienda, según la clasificación del FEMA 154 este tipo de viviendas corresponden al código URM: edificios de mampostería no reforzada, esta edificación consiste en mampostería no reforzada, conformada por muros, columnas, vigas, losas aligeradas.

Es una vivienda de 35 m², constituida por una sala comedor, un baño y un dormitorio.



Figura 03: vivienda perteneciente a Juan Mateo
Edificación de mampostería con columnas

Vivienda 02:

La presente vivienda pertenece a la señora Gaby Levano, ubicado en el sector de cinco esquinas del distrito de Sunampe Provincia de Chincha, Departamento de Ica, esta vivienda, según la clasificación del FEMA 154 este tipo de viviendas corresponden al código URM: edificios de mampostería no reforzada, esta edificación consiste en mampostería no reforzada, conformada por muros, columnas, vigas, losas aligeradas.

Es una vivienda de 35 m², constituida por una sala comedor, un baño y un dormitorio.



Figura 04: vivienda perteneciente a Gaby Lévano
Edificación de mampostería con columnas



Figura 05: vivienda perteneciente a Gaby Lévano
Edificación de mampostería con columnas

Vivienda 03:

La presente vivienda pertenece a la señora María Isabel Yeren, ubicado en el sector de cinco esquinas del distrito de Sunampe Provincia de Chincha, Departamento de Ica, esta vivienda, según la clasificación del FEMA 154 este tipo de viviendas corresponden al código URM: edificios de mampostería no reforzada, esta edificación consiste en mampostería no reforzada, conformada por muros, columnas, vigas, losas aligeradas.

Es una vivienda de 35 m², constituida por una sala comedor, un baño y un dormitorio.



Figura 06: vivienda perteneciente a María Isabel Yeren.

Edificación de mampostería con columnas

Vivienda 04:

La presente vivienda pertenece Carlos Omar Lévano, ubicado en el sector de Mina de Oro del distrito de Sunampe Provincia de Chincha, Departamento de Ica, esta vivienda, según la clasificación del FEMA 154 este tipo de viviendas corresponden al código URM: edificios de mampostería no reforzada, esta edificación consiste en mampostería no reforzada, conformada por muros, columnas, vigas, losas aligeradas.

Es una vivienda de 35 m², constituida por una sala comedor, un baño y un dormitorio.



**Figura 07: vivienda perteneciente a Carlos Omar Levano.
Edificación de mampostería con columnas**

Vivienda 05:

La presente vivienda pertenece Paulo Mateo Mesias, ubicado en el sector de Mina de Oro del distrito de Sunampe Provincia de Chincha, Departamento de Ica, esta vivienda, según la clasificación del FEMA 154 este tipo de viviendas corresponden al código URM: edificios de mampostería no reforzada, esta edificación consiste en mampostería no reforzada, conformada por muros, columnas, vigas, losas aligeradas.

Es una vivienda de 55 m², constituida inicialmente por una sala comedor, un baño y un dormitorio. Pero luego ampliado convirtiendo el primer piso



en un consultorio de fisioterapia y en el segundo piso se construyó un baño tres dormitorios, y una sala de estar.

Figura 08: vivienda perteneciente a Paulo Mateo Mesías.

Edificación de mampostería con columnas

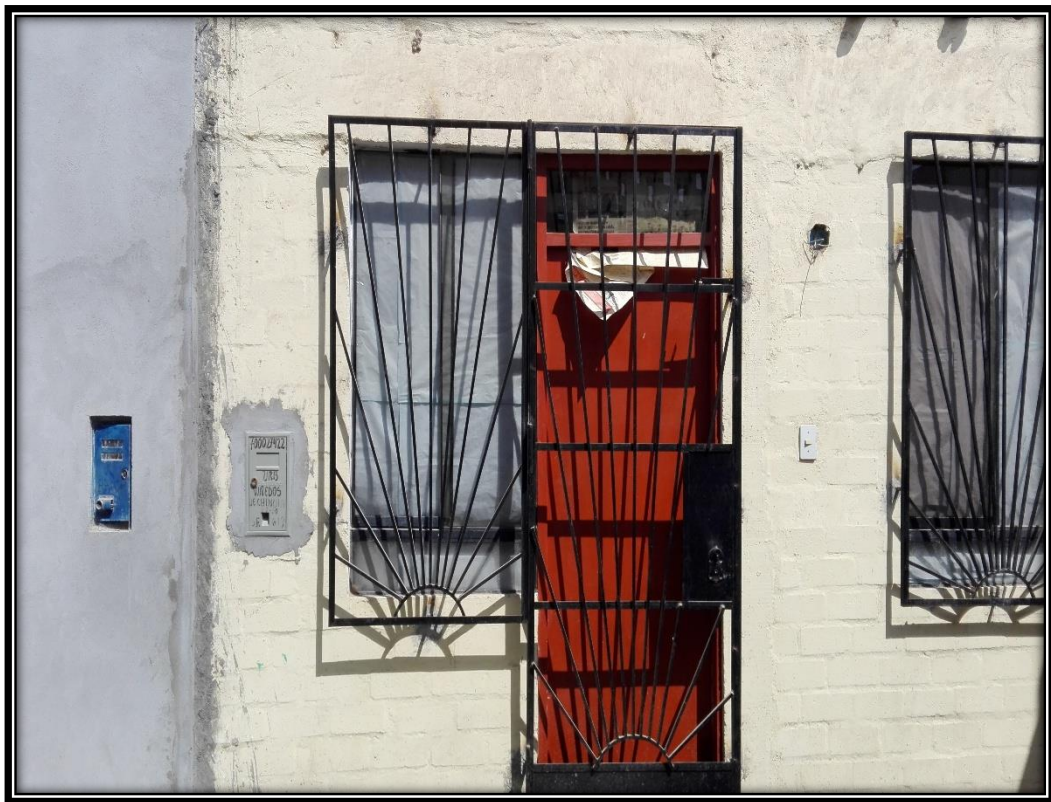


Figura 09: vivienda perteneciente a Paulo Mateo Mesías.

- **Edificación de mampostería con columnas**

Vivienda 06:

La presente vivienda pertenece David Moran Quispe, ubicado en el sector de Lomo largo del distrito de Sunampe Provincia de Chincha, Departamento de Ica, esta vivienda, según la clasificación del FEMA 154 este tipo de viviendas corresponden al código URM: edificios de mampostería no reforzada, esta edificación consiste en mampostería no reforzada, conformada por muros, columnas, vigas, losas aligeradas. Es una vivienda de 45 m², constituida por una sala comedor, un baño y un dormitorio en el segundo piso.



**Figura 10: vivienda perteneciente a David Moran Quispe.
Edificación de mampostería con columnas**

- **Fallas halladas en las viviendas de interés social analizadas.**

Inspección de existencia de fisuras y grietas.

En las viviendas de interés social se pudieron observar fisuras que es una separación en dos o más partes que pueden originarse debido a acciones con tracción, cortantes, flexión, compresión entre otros.

En la vivienda perteneciente a David Moran Quispe se observó este tipo de falla como se muestra en la siguiente foto



Figura 11: Fisura en muro en vivienda 06, al asentamiento del suelo.

Defectos en columnas.

En la vivienda del señor David Moran Quispe, se observó fallas en la columna, se presume que es debido a una inadecuada proporción de materiales como se observa en la siguiente imagen:



Figura 12: Fallas en columna en vivienda 06, a causa de una proporción pobre de cemento y agregados.

Golpeteo con estructuras adyacentes.

La vivienda perteneciente al señor David Moran Quispe sufre este problema de golpeo, debido a que la edificación no tiene juntas de dilatación con la estructura adyacente, lo cual provocara daño estructural en caso de un sismo.

Si en el golpeteo de edificios los pisos impactan a otros pisos los daños debido al golpeteo será limitado a los elementos no estructurales. Cuando los pisos de edificios adyacentes están a diferentes niveles, los pisos impactarán las columnas de los edificios adyacentes y pueden causar un daño estructural.



Figura 13: falta de juntas en vivienda 06, debido a un inadecuado proceso constructivo y supervisión.

Modificación en la configuración estructural.

En la vivienda perteneciente al señor Paulo Mateo Mesías se observa que se hizo modificaciones ya que se cortó y colocó ventana en un muro que fue diseñado como portante así mismo se observa que se produce una columna corta debido a esta modificación.



Figura 14: abertura en muro portante en vivienda 05, lo cual genera columnas corta, por la falta de asesoría profesional al dueño de la vivienda.

Corrosión en acero expuesto.

En la vivienda perteneciente al señor Paulo Mateo Mesías se observa acero expuesto lo cual producirá corrosión.



Figura 15: acero expuesto en vivienda 05, con lo cual producirá corrosión.

En la vivienda perteneciente al señor Carlos Omar Lévano se observa acero expuesto lo que ha producido corrosión perjudicando la estructura como se observa en la siguiente imagen:



Figura 16: corrosión de acero en vivienda 04, debido a un inadecuado

cuidado luego de la construcción.

Deterioro de muros por acción de salitre.

En la vivienda perteneciente al señor David Moran Quispe se observa corrosión en los muros debido al salitre existente de la zona, como se observa en la siguiente imagen:



Figura 17: acción del salitre en vivienda 06, debido a que no se utilizó aditivos para mitigar este efecto durante el proceso de construcción.

- **Descripción y aplicación del método ATC21 (FEMA 154).**
Este método denominado "Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic hazards", (ATC, 1988, updated 2002) ha sido formulado para identificar, inventariar, y clasificar edificios que son potencialmente peligrosos ante un sismo.

Pasos para la aplicación del método.

1. Verificación de la información del edificio.
2. realizar el dibujo en planta de la vivienda a analizar
3. Determinación de la ocupación, el uso del edificio y el número de Ocupantes.
4. Identificación del tipo de suelo.

5. Identificación de las potenciales amenazas de elementos no estructurales.
6. Identificación del sistema resistente a carga sísmica lateral y encerrar con un círculo el Puntaje Básico de amenaza estructural en el formato de recolección de datos.
7. Identificación y marcar los puntajes de los modificadores del puntaje (por ejemplo: número de pisos, tipo de suelo, datos de diseño, etc.) en el formato de recolección de datos.
8. Determinación del Puntaje Final, S y decidir si una evaluación detallada es requerida.
9. fotografiar las viviendas de interés social.
10. Determinación de la región de sismicidad

Para la realización del presente trabajo de investigación se siguieron los pasos señalados anteriormente.

Según este manual FEMA 154, primero debemos identificar el tipo de edificación que estamos evaluando dentro de una de los siguientes tipos que se muestran en la Tabla:

Nomenclatura	Nombre en Inglés	Nombre en castellano
BR	Braced frame	Estructura de acero arriostrado
FD	Flexible diaphragm	Diafragma flexible
LM	Light	Metal ligero
MRF	Moment-resisting frame	Estructura resistente a momento (Pórtico)
RC	Reinforced concrete	Concreto reforzado
RD	Rigid diaphragm	Diafragma Rígido
SW	Shear wall	Muro de corte
TU	Tilt up	Estructura prefabricada hecha en el suelo y levantada con equipos.
URM INF	Unreinforced masonry infill	Mampostería de relleno no reforzada

Cuadro 07: Tipos de edificación según el formato FEMA 154.

Fuente: Rapid Visual Screening Of Buildings For Potential Seismic Hazards: A Handbook

De todo este conjunto se presentaron los siguientes tipos de edificios:

1. Estructura de concreto con mampostería no reforzada.

Este tipo de estructuras de naturaleza rígida, son muy propensas a atraer cortantes significativos de entrepiso como consecuencia de las fuerzas del sismo. Es por tanto importante que los muros tengan una adecuada resistencia a cortante y esto depende de la calidad de la unidad de ladrillo que se ha empleado y del mortero.

Los cortantes de entrepiso se distribuirán de acuerdo con la rigidez de los muros, aquellos que son de mayor longitud en la dirección del sismo tendrán mayor rigidez en dicha dirección. Al darle mayor rigidez a la estructura, como ya se dijo anteriormente, se reducen los efectos de daño en los elementos no estructurales.

Si la edificación es de altura importante o el muro es de poca longitud la flexión que producen las fuerzas del sismo pueden producir en los extremos del muro esfuerzos de tracción. Con el objeto de reducir este efecto es necesario que los muros tengan una carga axial de compresión, producto de su peso propio y del soporte del peso del techo con sus respectivas cargas, llamándose por ello muros portantes. La tracción en los extremos del muro deben ser resistidos por los elementos de confinamiento vertical ubicados en esos extremos que son las columnas.

Formulario de recolección de datos.

Brevemente como ya se dijo este método es una inspección desde el exterior para determinar rápidamente si la vivienda está preparada para afrontar las fuerzas de un sismo. Es obvio que una inspección rápida visual no dé una alta confiabilidad acerca del comportamiento sísmico e Incluso se pueden encontrar casos en que el procedimiento no identifique algún edificio como riesgoso pero que realmente sí lo es, por eso es muy

importante el criterio del investigador para decidir si el edificio debe investigarse con más detalle.

El formulario de recolección de datos dados por FEMA 154 o ATC 21 se muestra a continuación y corresponde a una región de alta sismicidad, la cual le pertenece las 6 viviendas de interés social analizado. En dichos formularios existen unos factores que modifican el comportamiento sísmico dados en la tabla donde aparecen unos valores en función de posibles irregularidades que podrían afectar el comportamiento de la

Modificador	DESCRIPCION
Mediana altura (4 a 7 pisos)	Edificios entre 4 a 7 pisos
Gran altura (> 7 pisos)	Edificios con más de 7 pisos
Irregularidad vertical	Pasos en elevación, muros inclinados, discontinuos ruta de la carga, edificio sobre una cuesta, piso blando (p.e. una Casa sobre garaje, edificios con columna corta, etc.)
Irregularidad en planta	Edificios en forma de L, U, T, V u otra forma irregular de edificación, edificios con buena resistencia lateral en una dirección, pero no en la otra dirección; rigidez excéntrica en planta.
Modificador	DESCRIPCION
Pre-Código	Edificios diseñados y construidos anteriormente al año en los cuales los códigos de diseño sísmico fueron adoptados y hechos cumplir. En el Perú esto se da en la década del 70
Post-Benchmark	Edificios diseñados y construidos después de que mejoras significativas en los requerimientos del código sísmico (p.e. detalles sobre ductilidad) Fueron adoptadas y hechas cumplir.
Suelo tipo C	Suelo denso
Suelo tipo D	Suelo rígido
Suelo tipo E	Suelo blando

Cuadro 08: Factores que modifican el comportamiento según el formato FEMA 154.

Fuente: Rapid Visual Screening Of Buildings For Potential Seismic


Hazards: A Handbook

Tipo de Edificación	Carga de Ocupación
Residencial	100 - 300
Comercial	50 - 200
Oficinas	100 - 200
Industrial	200 - 500
Sala Pública	> 10
Centro Educativo	50 - 100
Gubernamental	100 - 200
Servicio de Emergencia	1000

**Cuadro 09: Tipos de edificación y ocupación según el formato
FEMA 154.**

**Fuente: Rapid Visual Screening Of Buildings For Potential Seismic
Hazards: A Handbook**

Análisis de las viviendas de interés social con el formato FEMA 154.

<p align="center"> Dirección: sector cinco esquinas del distrito de Sunampe-Chincha-Ica Zona Sismica: 4 Otras Identificaciones: Nro de Pisos: 1 Año de Construcción: 2011 Inspector: Cornejo Quispe Oscar Fecha: 20/05/2016 Area total de Piso (m2) : 35 m2 Nombre del Edificio: vivienda de interes social Uso: vivienda unifamiliar </p>																
																
OCUPACIÓN			TIPO DE SUELO						ELEMENTOS CON RIESGO DE CAER							
Sala Publica	Gobierno	Nro. Personas	A	B	C	D	E	F	Chimenea	Parapetos	Revestimiento					
Oficina	Comercial	0-10	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	no		otros:					
Historico	Residencial	101 - 1000	dura	comun	denso	rigido	Blando	Pobre	reforzada		muebles					
Industria	Colegio	1000 +														
Serv. Emergencia																
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJES FINALES																
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	
			MRF	BR	LM	RC	URM	MRF	SW	URM	TU		FD	RD		
Puntaje Básico	7.4	6.0	4.6	4.8	4.6	4.8	5.0	4.4	4.8	4.4	4.4	4.6	4.8	4.6	4.6	
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.2	-0.2	0.4	-0.2	-0.4	N/A	-0.2	-0.4	-0.2	0.6	
Altura alta	N/A	N/A	1.0	1.0	N/A	1.0	1.2	1.0	0.0	-0.4	N/A	-0.2	N/A	0.0	N/A	
Irregularidad vertical	-0.4	-0.3	-2.0	-2.0	N/A	-2.0	-2.0	-1.5	-2.0	-2.0	N/A	-1.5	-2.0	-1.5	-1.5	
Irregularidad en planta	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	
Pre-código	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Post - Benchmark	0.0	0.2	0.4	0.6	N/A	0.6	N/A	0.6	0.4	N/A	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	
Suelo tipo C	-0.4	-0.4	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4	
Suelo tipo B	-1.0	-0.8	-1.4	-1.2	-1.0	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	
Suelo tipo E	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.2	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.8	-2.0	-1.4	-1.6	-1.4	
PUNTAJE FINALES	2.4															
COMENTARIOS:																
Riesgo moderado de falla elementos no estructurales como tabiques, vidrios de mamparas y ventanas.																

A continuación se evaluara las seis viviendas de interés social seleccionado mediante el formato FEMA 154.

Dirección: sector cinco esquinas del distrito de Sunampe-Chincha-Ica

Zona Sismica: 4

Otras Identificaciones:

Nro de Pisos: 1 Año de construcción: 2011.

Inspector: Cornejo Quispe Oscar

Fecha: 20/05/2016

Area total de Piso (m2) : 35 m2

Nombre del Edificio: vivienda de interes social

Uso: vivienda unifamiliar



ESCALA:

OCUPACIÓN		TIPO DE SUELO						ELEMENTOS CON RIESGO DE CAER								
Sala Publica	Gobierno	Nro. Personas		A	B	C	D	E	F	Chimenea	Parapetos	Revestimiento				
Oficina	Comercial	0-10	11 - 100	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	no reforzada		otros: muebles				
Historico	Residencial	101 - 1000		dura	comun	denso	rigido	Blando	Pobre							
Industria	Colegio	1000 +														
Serv. Emergencia																
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJES FINALES																
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	
			MRF	BR	LM	RC	URM	MRF	SW	URM	TU		FD	RD		
Puntaje Básico	7.4	6.0	4.6	4.8	4.6	4.8	5.0	4.4	4.8	4.4	4.4	4.6	4.8	4.6	4.6	
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.2	-0.2	0.4	-0.2	-0.4	N/A	-0.2	-0.4	-0.2	0.6	
Altura alta	N/A	N/A	1.0	1.0	N/A	1.0	1.2	1.0	0.0	-0.4	N/A	-0.2	N/A	0.0	N/A	
Irregularidad vertical	-0.4	-0.3	-2.0	-2.0	N/A	-2.0	-2.0	-1.5	-2.0	-2.0	N/A	-1.5	-2.0	-1.5	-1.5	
Irregularidad en planta	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	
Pre-código	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Post - Benchmark	0.0	0.2	0.4	0.6	N/A	0.6	N/A	0.6	0.4	N/A	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	
Suelo tipo C	-0.4	-0.4	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4	
Suelo tipo B	-1.0	-0.8	-1.4	-1.2	-1.0	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	
Suelo tipo E	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.2	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.8	-2.0	-1.4	-1.6	-1.4	
PUNTAJE FINALES	2.4															
COMENTARIOS:																
Riesgo moderado de falla elementos no estructurales como tabiques, vidrios de mamparas y ventanas.																

Dirección: sector cinco esquinas del distrito de Sunampe-Chincha-Ica

Zona Sísmica: 4

Otras Identificaciones:

Nro de Pisos: 1 Año de construcción: 2011

Inspector: Cornejo Quispe Oscar

Fecha: 20/05/2016

Area total de Piso (m2) : 35 m2

Nombre del Edificio: vivienda de interes social

Uso: vivienda unifamiliar



OCUPACIÓN			TIPO DE SUELO						ELEMENTOS CON RIESGO DE CAER						
Sala Publica	Gobierno	Nro. Personas	A	B	C	D	E	F	Chimenea	Parapetos	Revestimiento				
Oficina	Comercial	0-10	Roca dura	Roca comun	Suelo denso	Suelo rigido	Suelo Blando	Suelo Pobre	no reforzada		otros: muebles				
Historico	Residencial	101 - 1000													
Industria	Colegio	1000 +													
Serv. Emergencia															
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJES FINALES															
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			MRF	BR	LM	RC	URM	MRF	SW	URM	TU		FD	RD	
Puntaje Básico	7.4	6.0	4.6	4.8	4.6	4.8	5.0	4.4	4.8	4.4	4.4	4.6	4.8	4.6	4.6
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.2	-0.2	0.4	-0.2	-0.4	N/A	-0.2	-0.4	-0.2	0.6
Altura alta	N/A	N/A	1.0	1.0	N/A	1.0	1.2	1.0	0.0	-0.4	N/A	-0.2	N/A	0.0	N/A
Irregularidad vertical	-0.4	-0.3	-2.0	-2.0	N/A	-2.0	-2.0	-1.5	-2.0	-2.0	N/A	-1.5	-2.0	-1.5	-1.5
Irregularidad en planta	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Pre-código	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Post - Benchmark	0.0	0.2	0.4	0.6	N/A	0.6	N/A	0.6	0.4	N/A	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4
Suelo tipo C	-0.4	-0.4	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4
Suelo tipo B	-1.0	-0.8	-1.4	-1.2	-1.0	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8
Suelo tipo E	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.2	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.8	-2.0	-1.4	-1.6	-1.4
PUNTAJE FINALES	2.4														
COMENTARIOS:															
Riesgo moderado de falla elementos no estructurales como tabiques, vidrios de mamparas y ventanas.															

Dirección: sector cinco esquinas del distrito de Sunampe-Chincha-Ica

Zona Sísmica: 4

Otras Identificaciones:

Nro de Pisos: 1 Año de construcción: 2011

Inspector: Cornejo Quispe Oscar

Fecha: 20/05/2016

Area total de Piso (m2) : 35 m2

Nombre del Edificio: vivienda de interes social

Uso: vivienda unifamiliar




OCUPACIÓN			TIPO DE SUELO						ELEMENTOS CON RIESGO DE CAER		
Sala Publica	Gobierno	Nro. Personas	A	B	C	D	E	F	Chimenea	Parapetos	Revestimiento
Oficina	Comercial	0-10	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	no		
Historico	Residencial	11 - 100	dura	comun	denso	rigido	Blando	Pobre	reforzada		otros:
Industria	Colegio	101 - 1000									muebles
Serv. Emergencia		1000 +									

PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJES FINALES

TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			MRF	BR	LM	RC	URM	MRF	SW	URM	TU		FD	RD	
Puntaje Básico	7.4	6.0	4.6	4.8	4.6	4.8	5.0	4.4	4.8	4.4	4.4	4.6	4.8	4.6	4.6
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.2	-0.2	0.4	-0.2	-0.4	N/A	-0.2	-0.4	-0.2	0.6
Altura alta	N/A	N/A	1.0	1.0	N/A	1.0	1.2	1.0	0.0	-0.4	N/A	-0.2	N/A	0.0	N/A
Irregularidad vertical	-0.4	-0.3	-2.0	-2.0	N/A	-2.0	-2.0	-1.5	-2.0	-2.0	N/A	-1.5	-2.0	-1.5	-1.5
Irregularidad en planta	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Pre-código	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Post - Benchmark	0.0	0.2	0.4	0.6	N/A	0.6	N/A	0.6	0.4	N/A	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4
Suelo tipo C	-0.4	-0.4	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4
Suelo tipo B	-1.0	-0.8	-1.4	-1.2	-1.0	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8
Suelo tipo E	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.2	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.8	-2.0	-1.4	-1.6	-1.4
PUNTAJE FINALES										2.4					

COMENTARIOS:

Riesgo moderado de falla elementos no estructurales como tabiques, vidrios de mamparas y ventanas. se produce riesgo tambien al tener aceros expuestos y en estado de corrosion.

<p style="text-align: center;"> Dirección: sector cinco esquinas del distrito de Sunampe-Chincha-Ica Zona Sismica: 4 Otras Identificaciones: Nro de Pisos: 2 Año de construcción 2009 Inspector: Cornejo Quispe Oscar Fecha: 20/05/2016 Area total de Piso (m2) : 55 m2 Nombre del Edificio: vivienda de interes social Uso: vivienda unifamiliar </p>															
															
OCUPACIÓN			TIPO DE SUELO						ELEMENTOS CON RIESGO DE CAER						
Sala Publica	Gobierno	Nro. Personas	A	B	C	D	E	F	Chimenea	Parapetos	Revestimiento				
Oficina	Comercial	0-10	Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	no		otros:				
Historico	Residencial	11 - 100	dura	comun	denso	rigido	Blando	Pobre	reforzada		muebles				
Industria	Colegio	101 - 1000													
Serv. Emergencia		1000 +													
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJES FINALES															
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			MRF	BR	LM	RC	URM	MRF	SW	URM	TU		FD	RD	
Puntaje Básico	7.4	6.0	4.6	4.8	4.6	4.8	5.0	4.4	4.8	4.4	4.4	4.6	4.8	4.6	4.6
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.2	-0.2	0.4	-0.2	-0.4	N/A	-0.2	-0.4	-0.2	0.6
Altura alta	N/A	N/A	1.0	1.0	N/A	1.0	1.2	1.0	0.0	-0.4	N/A	-0.2	N/A	0.0	N/A
Irregularidad vertical	-0.4	-0.3	-2.0	-2.0	N/A	-2.0	-2.0	-1.5	-2.0	-2.0	N/A	-1.5	-2.0	-1.5	-1.5
Irregularidad en planta	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Pre-código	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Post - Benchmark	0.0	0.2	0.4	0.6	N/A	0.6	N/A	0.6	0.4	N/A	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4
Suelo tipo C	-0.4	-0.4	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4
Suelo tipo B	-1.0	-0.8	-1.4	-1.2	-1.0	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8
Suelo tipo E	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.2	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.8	-2.0	-1.4	-1.6	-1.4
PUNTAJE FINALES	0.4														
COMENTARIOS:															
Riesgo moderado de falla elementos no estructurales como tabiques, vidrios de mamparas y ventanas. riesgo debido a que se hizo modificaciones ya que se cortó y coloco ventana en un muro que fue diseñado como portante así mismo se observa que se produce una columna corta debido a esta modificación.															

Dirección: C.P Lomo Largo, del distrito de Sunampe-Chincha-Ica

Zona Sísmica: 4

Otras Identificaciones:

Nro de Pisos: 2 Año de construcción : 2009

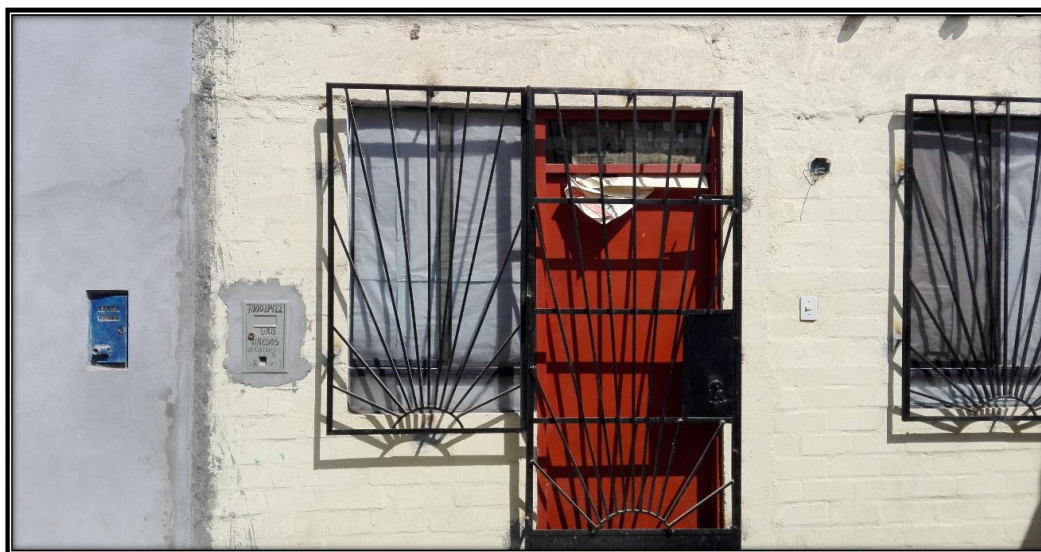
Inspector: Cornejo Quispe Oscar

Fecha: 20/05/2016

Area total de Piso (m²) : 45 m²

Nombre del Edificio: vivienda de interes social

Uso: vivienda unifamiliar



OCUPACIÓN		TIPO DE SUELO						ELEMENTOS CON RIESGO DE CAER							
Sala Publica	Gobierno	Nro. Personas	A	B	C	D	E	F	Chimenea	Parapetos	Revestimiento				
Oficina	Comercial		Roca	Roca	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	no		otros:				
Historico	Residencial	0-10	dura	comun	denso	rigido	Blando	Pobre	reforzada		muebles				
Industria	Colegio	11 - 100													
Serv. Emergencia		101 - 1000													
		1000 +													
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJES FINALES															
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			MRF	BR	LM	RC	URM	MRF	SW	URM	INF	TU	FD	RD	
Puntaje Básico	7.4	6.0	4.6	4.8	4.6	4.8	5.0	4.4	4.8	4.4	4.4	4.6	4.8	4.6	4.6
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.2	-0.2	0.4	-0.2	-0.4	N/A	-0.2	-0.4	-0.2	0.6
Altura alta	N/A	N/A	1.0	1.0	N/A	1.0	1.2	1.0	0.0	-0.4	N/A	-0.2	N/A	0.0	N/A
Irregularidad vertical	-0.4	-0.3	-2.0	-2.0	N/A	-2.0	-2.0	-1.5	-2.0	-2.0	N/A	-1.5	-2.0	-1.5	-1.5
Irregularidad en planta	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Pre-código	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Post - Benchmark	0.0	0.2	0.4	0.6	N/A	0.6	N/A	0.6	0.4	N/A	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4
Suelo tipo C	-0.4	-0.4	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4
Suelo tipo B	-1.0	-0.8	-1.4	-1.2	-1.0	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8
Suelo tipo E	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.2	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.8	-2.0	-1.4	-1.6	-1.4
PUNTAJE FINALES	1.6														
COMENTARIOS:															
Riesgo moderado de falla elementos no estructurales como tabiques, vidrios de mamparas y ventanas.															
riesgo debido al golpeteo que se producira con la estructura adyacente produccion de que no existen juntas de construccion, asi mismo se observan columnas debiles de baja resistencia de compresion, y problemas de corrosion en muros producto del saitre															

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el presente trabajo de suficiencia profesional se tomaron los datos necesarios del estudio de suelos realizado a la vivienda del señor Paulo Mateo Mesias, en distrito de Sunampe, de la provincia de chincha, departamento de Ica, estudio realizado por la empresa ROAD TECH SAC-GEOTECNIA, DRILLING Q YC, el mismo que se adjunta en anexos del presente trabajo de suficiencia profesional.

En el estudio de suelos se tienen las siguientes recomendaciones y conclusiones:

- El suelo de este proyecto ha sido estudiado realizando calicatas a cielo abierto en toda el área de estudio.
- El suelo está conformado por suelos areno-limoso teniendo predominancia de arenas finas.
- La capacidad portante del terreno a 1.50 metros de profundidad es de 0.90 kg/cm², a 1.80 metros de profundidad es de 1.10 kg/cm², a 2.0 metros de profundidad es de 1.24 kg/cm².
- Al realizar las excavaciones no se han registrado sustancias agresivas al concreto por lo que se recomienda el uso de cemento portland tipo I, para el concreto de la cimentación.
- Para excavaciones mayores a 1.50 metros de profundidad se deberá realizar entibados de las paredes de las excavaciones con la finalidad de evitar deslizamientos y daños al personal que trabaja en la ejecución de la obra.

De las conclusiones mencionadas observamos que el suelo es areno-limoso y tiene una capacidad portante baja, por lo que tomamos por conveniente considerar el suelo como tipo E (suelo blando), en el llenado del formato FEMA 154.

5.1. RESULTADOS.

Luego de realizar la evaluación de vulnerabilidad mediante el método FEMA 154, con este método cada vivienda de interés social analizada recibe una puntuación que este método, el cual nos dice que el valor mínimo es 2.

Vulnerabilidad Baja

Se refiere a aquellas viviendas donde se espera que puedan ocurrir daños leves, esto quiere decir que conserva su resistencia y puede seguir siendo usado luego del evento sísmico.

Vulnerabilidad Moderada.

Son viviendas donde se pueden producir daños importantes, en las cuales aunque no colapsen, es peligrosa su utilización a menos que sea rehabilitada y merece un análisis detallado por especialistas luego del evento.

VIVIENDAS	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad moderada
01.-	2.4	—
02.-	2.4	—
03.-	2.4	—
04.-	2.4	—
05.-	—	0.4
06.-	—	1.6

Cuadro 10: Comparación de valores de vulnerabilidad.

CONCLUSIONES

- El diseño de las viviendas de interés social 01, 02, 03,04, es satisfactorio pues la vulnerabilidad sísmica que resulta del el análisis mediante el método FEMA 154 da un valor de 2.4, y este método establece como valor mínimo 2
- El diseño de las viviendas de interés social 05, 06, no es satisfactorio pues la vulnerabilidad sísmica que resulta del el análisis mediante el método FEMA 154 da un valor de 0.4 y 1.6, y este método establece como valor mínimo 2, con lo cual estaríamos por debajo del valor mínimo
- Los problemas encontrados en estas viviendas son debido a un mal proceso construcción ya que se encontraron columnas que no cumplen con la resistencia de diseño, inexistencia de juntas de construcción con las estructuras adyacentes.
- Se observan problemas de corrosión de acero debido a que no existe protección para los aceros expuestos , asimismo se encontró problemas de corrosión a causa del salitre debido a que no se tuvo en cuenta en el diseño estas características .
- Con respecto a la vivienda 05 y 06, que resultaron más vulnerables, se concluye que es debido a que no existió una adecuada supervisión durante el proceso constructivo por parte de las entidades encargadas de este tipo de construcción.
- Asimismo se observó que los beneficiarios realizan modificaciones sin el asesoramiento de un profesional, no existe predisposición de los dueños de las viviendas en contratar los servicios de profesional para este tipo de modificaciones.

RECOMENDACIONES

1. Promover el desarrollo de estudios a nivel detallado de vulnerabilidad sísmica de Viviendas en el Perú y que evidencien un desempeño sísmico inadecuado.
2. Se recomienda recubrir el acero expuesto con anticorrosivo y concreto para evitar una corrosión grave.
3. Se recomienda realizar una exhaustiva supervisión de este tipo de viviendas para que se coloquen juntas de construcción tal como indican los planos, así mismo se recomienda realizar el control de todo el proceso constructivo de este tipo de edificaciones
4. Es recomendable no realizar modificaciones en los muros portantes, como son las aberturas, que pueden ocasionar daños estructurales ante un posible evento sísmico.
5. Se recomienda que las entidades técnicas encargadas de realizar la construcción de viviendas de interés social deben poner más énfasis en contratar personal que supervise la construcción de la misma para evitar falla como las que se observan en las viviendas 05 y 06.
6. Se recomienda a los dueños de las viviendas, que cuando deseen realizar modificaciones estructurales en sus viviendas recurrir necesariamente a los servicios de un profesional calificado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Blanco Blasco, Antonio/ 1990-1991./Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado/ Libro 2 de la colección del Ingeniero Civil/ Lima-Perú.
2. FEMA 154/ Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook/-2002/ Federal Emergency Management Agency / 2da. Edition/ Washington, DC.
3. FEMA 310/ Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings/ /January 1998/Report prepared by the Federal Emergency Management Agency and the American Society of Civil Engineers. / Washington, DC.
4. Hernando Tavera /Lima 2008/ el terremoto de pisco Perú del 15 de agosto del 2007 /http://www.igp.gob.pe/hernando.tavera/documentos/publicacion/editor/tavera_pisco_2007.pdf.
5. Institución Universitaria, Tecnológico De Antioquia / Medellín-Colombia-2011/ vulnerabilidad sísmica y patológico de la institución universitaria, tecnológico de Antioquia /http://www.tdea.edu.co/images/noticias/documentos/planeacion/estudio_vulnerabilidad_sismica.pdf.
6. Lina Fenarda Llanos López y Lina María Vidal López (2003), denominada "evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las escuelas públicas de Cali: una propuesta metodológica" ,Tesis para optar el Título de Ingeniero de Civil en la Universidad del valle-Cali-Colombia
7. Luis Pedro Norabuena Garay (2012), denominada "Vulnerabilidad Sísmica En Las Instituciones Educativas Del Nivel Secundaria Del Distrito De Pativilca Provincia De Barranca - Lima – 2012" Tesis para optar el Título de Ingeniero de Civil en la Universidad Privada Antenor Orrego-Trujillo-Perú.
8. Johan Edgar Laucata Luna (2013), denominada "Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo" ,Tesis para optar el Título de Ingeniero de Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú.
9. Adalberto Vizconde Campos (2004), denominada "Evaluación De La Vulnerabilidad Sísmica De Un Edificio Existente: Clínica San Miguel, Piura" ,Tesis para optar el Título de Ingeniero de Civil en la Universidad de Piura-Piura-Perú
10. Rosario Del Pilar Basurto Cartulin (2008) ,denominada "Vulnerabilidad Sísmica Y Mitigación De Desastres En El Distrito De San Luis" , Tesis para optar el Título de Ingeniero de Civil en la Universidad Ricardo Palma-Lima-Perú.