

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN LA
URBANIZACIÓN SANTA TERESA DE ÁVILA, TRUJILLO, 2021**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

**BACH. WALTER JUAN RAMÍREZ RODRÍGUEZ
BACH. CESAR WILLIAM LÓPEZ DÍAZ**

ASESOR:

MG/ING. ENRIQUE DURAND BAZAN

**TRUJILLO – PERÚ
2021**

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller, denominada:

**ANÁLISIS DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES DE
ALBAÑILERÍA CONFINADA EN LA URBANIZACIÓN SANTA TERESA DE ÁVILA,
TRUJILLO, 2021.**

**Mg. Ing. Enrique Duran Bazán.
PRESIDENTE**

**Ing. Guido Marín Cubas.
SECRETARIO**

**Ing. Elton Galarreta Malaver
VOCAL**

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto, por ser el manantial de vida además de su infinita bondad y amor. Y darnos lo necesario para seguir adelante y lograr concluir este proyecto.

A mis Padres.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. Pero más que nada por su amor verdadero.

A mis Hermanos

Y sin dejar atrás a toda mi familia por confiar en mí, a mis abuelitos, tíos y primos, gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.

GRACIAS A TODOS.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a DIOS por que todo tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de que los pones enfrente míos para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.

Cada momento vivido durante estos años, son simplemente únicos, cada oportunidad de corregir un error, la oportunidad de que cada mañana puedo empezar de nuevo, sin importar la cantidad de errores faltas cometidas durante el día anterior.

A mis PADRES y FAMILIARES por brindarme su ayuda y confianza en el desarrollo de mi carrera, por su comprensión apoyo en todo momento.

Finalmente, a todas aquellas personas que de una u otra manera estuvieron brindándome su ayuda comprensión en los momentos en que más los necesite.

MIL GRACIAS.

INDICE

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO I..... | 10 |
| INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| 1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA | 11 |
| 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 13 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN..... | 13 |
| 1.4 OBJETIVOS | 13 |
| 1.4.1 OBJETIVO GENERAL..... | 13 |
| 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 14 |
| 1.5 ANTECEDENTES..... | 14 |
| 1.6 BASES TEÓRICAS..... | 19 |
| 1.6.1 Albañilería confinada | 19 |
| 1.6.2 Componentes de la albañilería: | 21 |
| 1.6.3 Resistencia de prismas de albañilería: | 22 |
| 1.6.4 Análisis estructural:..... | 24 |
| 1.6.5 Diseño de muros de albañilería: | 25 |
| 1.6.6 VULNERABILIDAD SÍSMICA..... | 27 |
| 1.6.7 Clasificación del daño..... | 27 |
| 1.6.8 Daño estructural | 28 |
| 1.6.9 Daño no estructural | 34 |
| 1.6.10 Análisis estructural:..... | 34 |
| 1.6.11 Peligro sísmico: | 35 |
| 1.6.12 Riesgo sísmico | 36 |
| 1.6.13 Extracción de núcleos de concreto | 36 |
| 1.6.14 Fuente: Ensayo ASTM C42..... | 38 |
| 1.6.15 Evaluación de Resultados: | 39 |
| 1.6.16 Diseño Sismorresistente: | 40 |
| 1.7 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS..... | 50 |
| 1.8 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS..... | 55 |
| 1.9 PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL..... | 55 |
| CAPÍTULO II..... | 56 |

| | |
|---|----|
| MATERIAL Y METODOS | 56 |
| 2.1 MATERIAL | 57 |
| 2.2 MATERIAL DE ESTUDIO | 57 |
| 2.3 TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS | 58 |
| 2.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 61 |
| CAPÍTULO III | 62 |
| RESULTADOS | 62 |
| 3.1 EXTRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO | 63 |
| 3.2 VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS EN CONCRETO ARMADO: | 65 |
| 3.3 ANÁLISIS DINÁMICO CON MODELO MATEMÁTICO: | 66 |
| 3.4 ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS: | 66 |
| CAPÍTULO IV | 75 |
| 4.1 DISCUSIÓN: | 76 |
| CAPÍTULO V | 77 |
| 5.1 CONCLUSIONES: | 78 |
| CAPÍTULO VI | 79 |
| 6.1 RECOMENDACIONES: | 80 |
| CAPÍTULO VII | 81 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 82 |
| ANEXOS | 83 |
| ANEXO N° 01 | 84 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales..... | 21 |
| Tabla 2: Métodos para determinar $f'm$ y $v'm$ | 23 |
| Tabla 3: Resistencias características de la albañilería Mpa (kg / cm^2) (**)..... | 23 |
| Tabla 4: Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez..... | 24 |
| Tabla 5: Factores de corrección aplicables a $f'c$ de 140 a 420 kg/cm^2 | 38 |
| Tabla 6: Factores de zona "Z" ⁽¹⁾ | 40 |
| Tabla 7: Clasificación de los perfiles de suelo..... | 42 |

| | |
|---|----|
| Tabla 8: Factor de suelo “S” | 44 |
| Tabla 9: Períodos “T _p ” y “T _L ” | 45 |
| Tabla 10: Categoría de las edificaciones y factor “U” | 46 |
| Tabla 11: Muestra de núcleos de concreto..... | 58 |
| Tabla 12: Operacionalización de la variable..... | 61 |
| Tabla 13: Resistencia a la compresión ($f'c$) y Módulo de elasticidad (E_c) de vigas. | 63 |
| Tabla 14: Resistencia a la compresión ($f'c$) y Módulo de elasticidad (E_c) de losas | 63 |
| Tabla 15: Resistencia a la compresión ($f'c$) y Módulo de elasticidad (E_c) de columnas..... | 64 |
| Tabla 16: Resistencia a la compresión ($f'm$) y Módulo de elasticidad (E_m) de muros. | 64 |
| Tabla 17: Resistencia a la compresión($f'c$ y $f'm$) a utilizar para el modelado en ETABS. | 65 |
| Tabla 18: Masas participativas de las estructuras en las direcciones x e y | 67 |
| Tabla 19: Combinaciones espectrales para el Análisis dinámico | 68 |
| Tabla 20: Desplazamientos de entrepiso (Drift no factorado) | 70 |
| Tabla 21: Desplazamientos de entrepiso (Drift corregido) | 71 |
| Tabla 22: Cortante mínimo basal de las edificaciones en la dirección x e y..... | 72 |
| Tabla 23: Cortante dinámico de las edificaciones en la dirección x e y. | 72 |
| Tabla 24: Densidad mínima de muros de las edificaciones en las direcciones x e y | 73 |
| Tabla 25: Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones..... | 74 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura N° 01: “Albañilería Confinada” Fuente: Concremax.com.pe..... | 19 |
| Figura N° 02: “Falla por confinamiento en una columna” | 30 |
| Figura N° 03: Edificio con falla por piso blando. | 30 |
| Figura N° 04: Falla por corte en muros de concreto. | 31 |
| Figura N° 05: Elemento esbelto en Voladizo..... | 31 |
| Figura N° 06: Falla por columna corta en una columna..... | 32 |
| Figura N° 07: Falla de edificaciones por insuficiente número de columnas. | 33 |
| Figura N° 08: Edificaciones interactuando negativamente entre ellas por insuficiente junta sísmica. ... | 33 |
| Figura N° 09: Oscilación | 35 |
| Figura N° 10: Comportamiento dinámico de las estructuras..... | 35 |
| Figura N° 11: Resistencia de $f'c$ de núcleos..... | 39 |

RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo de investigación busca obtener información técnica sobre el grado de vulnerabilidad sísmica para encontrar el grado de sismicidad se encuentran las viviendas de la Urbanización Santa Teresa de Ávila, se desea proporcionar información de cada edificación para que los propietarios de las viviendas puedan tomar acciones y así evitar tragedias.

Esta investigación tiene como objetivo analizar el grado de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada de la Urb. Santa Teresa de Ávila, Trujillo, 2021.

La obtención en el proceso de búsqueda de información se realizó tomando en cuenta el Reglamento Nacional de Edificaciones en especial la Norma E-030, se recolectaron datos, utilizando matriz de datos, aplicando fuentes de información primaria, que resulta de suma importancia en la búsqueda del conocimiento necesario para llevar a cabo un análisis de vulnerabilidad de las edificaciones.

ABSTRACT

This research work seeks to obtain technical information on the degree of seismic vulnerability to find the degree of seismicity found in the houses of the Santa Teresa de Ávila Urbanization, it is desired to provide information on each building so that the owners of the houses can take actions and thus avoid tragedies.

This research aims to analyze the degree of seismic vulnerability of confined masonry buildings in Urb. Santa Teresa de Ávila, Trujillo, 2021.

Obtaining information in the search process was carried out taking into account the National Building Regulations, especially Standard E-030, data was collected, using a data matrix, applying primary information sources, which is extremely important in the search. of the knowledge necessary to carry out a vulnerability analysis of buildings.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

El mundo siempre está en constantes cambios naturales, lo cual genera desastres y caos, provocando en muchos países incertidumbre de poder predecir y prevenir dichos desastres.

En el caso de la construcción de edificios, una forma de prevención de desastres es la implementación de una serie de condiciones estructurales que deben cumplir los edificios para considerar que las actividades para los que fueron diseñados pueden realizarse de forma segura. Estas condiciones se aplican tanto para el uso previsto del edificio como para su período de construcción y se le denomina Seguridad estructural.

(Silva, 2011), hace referencia cuando dice:

En los procedimientos de evaluación de sustentabilidad de grandes ciudades, es de preocupación internacional canalizar estudios tendientes a identificar la amenaza a la que están expuestas la población y la infraestructura. Es por ello que se han implementado metodologías para predecir el comportamiento sísmico tanto para edificios y viviendas individuales, como para conjuntos urbanos existentes, en los que se contemplan las posibilidades de prevenir y mitigar el riesgo sísmico mediante la evaluación de la vulnerabilidad, que es la componente del riesgo en la que la acción humana puede intervenir y reducir con el objeto de tender las pérdidas materiales y personales a cero.

El problema de la predicción del comportamiento sísmico de edificios existentes es esencial en la evaluación de las pérdidas económicas y sociales que los terremotos pueden producir en zonas urbanas. Si el diseño sísmico de nuevas estructuras viene estipulado por normas que, en muchos casos, ya han sido comprobadas en situaciones reales y que, generalmente garantizan un nivel adecuado de seguridad, no ocurre lo mismo con el problema de la evaluación del comportamiento sísmico de estructuras existentes, donde se requiere de estudios muchos más amplios, complejos y llevados a cabo por especialistas, para poder encontrar resultados que sean confiables. Además, existen en muchas zonas urbanas, estructuras, que han sido diseñadas sin considerar ninguna norma referente a cargas sísmicas, otras que han sido modificadas como resultado de un cambio de destino y algunas otras que han sufrido daños en terremotos pasados, todo lo cual hace más difícil la evaluación de su comportamiento frente a futuros movimientos sísmicos.

La falta de información acerca de todos estos aspectos sumada a otros tipos de incertidumbres como, por ejemplo, los referentes a la acción o a las propiedades de los materiales, hace que se requieran estudios específicos para predecir el comportamiento sísmico de estructuras existentes. (Al, 1994)

En el Perú, que forma parte del cinturón de fuego del Pacífico, la costa peruana está en una zona de alta actividad tectónica y sísmica. Los terremotos de gran intensidad azotaron en repetidas ocasiones las ciudades ubicadas en esta región. Los sismos más recientes ocurridos en la zona central - norte fueron Chimbote el 31 de mayo de 1970 y en Lima el 3 de octubre de 1974. En definitiva, los terremotos de gran intensidad volverán afectar las ciudades costeras. (Kuroiwa, 2010)

A lo largo del tiempo las personas han recurrido a la práctica de la “Auto construcción”, utilizando los recursos que tienen a su disposición, estos no siempre brindan seguridad ante eventos de la naturaleza, en este caso los sismos; lo cual conlleva a una vacilación en cuanto al grado de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

(Laucata, Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Informales en la Ciudad de Trujillo (Tesis de pregrado), 2013), al respecto nos manifiesta:

La autoconstrucción se convirtió habitual en los diversos sectores sociales y especialmente en la población con recursos económicos limitados. Este hecho no sólo acontece en el Perú, sino que es propio de muchos países en vías de desarrollo. Los propietarios recurren a la informalidad, edificando con: materiales inadecuados, sin dirección técnica y sin emplear los reglamentos de edificaciones nacionales.

Las viviendas informales tienen serias deficiencias: estructurales, arquitectónicas y constructivas, que las hacen vulnerables a los fenómenos naturales locales. La informalidad es producto de las carencias económicas, la idiosincrasia de los propietarios y la necesidad de vivienda. Son los dueños de las viviendas quienes optan por la ilegalidad esto sucede en todo el país y Trujillo no es la excepción (p.7).

El mismo (Laucata, Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Informales en la Ciudad de Trujillo (Tesis de pregrado), 2013) en su diagnóstico de vulnerabilidad sísmica que realizó para la ciudad de Trujillo, concluyó lo siguiente:

La vulnerabilidad de las 30 viviendas encuestadas en Trujillo, es alta con un 83%, y sólo un 7% tiene baja vulnerabilidad. El peligro es medio con un 83% de las viviendas, el saldo tiene un alto peligro. Finalmente, el riesgo es alto con un 87%, y la diferencia tiene un riesgo medio. No resultando ninguna vivienda con riesgo bajo.

Los valores obtenidos van de la mano de los resultados de densidad de muros, que es uno de los factores más incidentes. El riesgo de estas viviendas a ser afectadas por un sismo es alto. Se ve necesario reducir la alta vulnerabilidad de estas viviendas, para evitar futuras pérdidas humanas y físicas, en el caso de un sismo severo (p. 84).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el análisis del grado de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada de la Urbanización Santa Teresa de Ávila, Trujillo, 2021?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La necesidad de realizar el presente estudio, surge por la despreocupada situación en que los propietarios de viviendas practican la autoconstrucción, ya sea por motivos económico u otros; no tomando en cuenta que las edificaciones pueden ser muy vulnerables ante eventos sísmicos. Por ello al pretender hacer un análisis del grado de vulnerabilidad sísmica, nos permitirá cuantificar el grado de daño que puedan sufrir las estructuras de las edificaciones de la Urb. Santa Teresa de Ávila ante un posible movimiento sísmico de regular magnitud. Se conocerá cuán vulnerable resultan sus edificaciones de albañilería confinada practicada y comprender el riesgo existente para prevenir posibles desastres ante cualquier eventualidad sísmica.

Los beneficiados de modo directo serán los propietarios de las edificaciones a estudiar y los beneficiados indirectos serán los propietarios de las casas colindantes.

También este estudio puede servir como una motivación a futuros tesisistas que se dediquen al tema, para mejorar y desarrollar innovaciones que contribuyan a la solución de la construcción informal sin sustento técnico de resistencia para las estructuras y que se llegue a cumplir los requerimientos mínimos ante eventos sísmicos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el grado de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada de la Urb. Santa Teresa de Ávila, Trujillo, 2021.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar la extracción de núcleos de cada elemento estructural con perforaciones diamantina.
2. Modelar las estructuras de albañilería confinada con el programa ETABS, usando el método de Análisis dinámico.
3. Diagnosticar el grado de vulnerabilidad estructural de las edificaciones en la Urb. Santa Teresa de Ávila.

1.5 ANTECEDENTES

SILVA (2011), plantea en su tesis “VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL EN VIVIENDAS SOCIALES Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RIESGO EN LA REGIÓN METROPOLITANA”, para su país Chile, lo siguiente:

Para la evaluación de la vulnerabilidad se emplearon dos de las metodologías ampliamente usadas en Chile, las que han sido adaptadas a la realidad nacional. Por parte del análisis cuantitativo, se optó por emplear la metodología propuesta por Meli (1991), índice de primer nivel que calcula para cada dirección en planta del edificio, la densidad de muros por unidad de pisos y lo relaciona con el grado de daño promedio esperado. El segundo enfoque de evaluación de vulnerabilidad, fue la asignación de clases de vulnerabilidad, el cual también lleva consigo incertidumbre dada la asimilación de clases, sin considerar movilidad de ellas (p.192,193). Este mismo autor, haciendo referencia a un terremoto sucedido en su país, llega a la siguiente conclusión cuando manifiesta: Con el reciente terremoto de febrero del 2010, se confirma el comportamiento satisfactorio de las edificaciones construidas en albañilería reforzada y en general de conjuntos habitacionales SERVIU. Referente a este aspecto se puede mencionar que solo el 6,7% del total de viviendas destruidas corresponde a conjuntos Serviu, de éstas el 13,8% del total de viviendas con daño mayor y el 24,4% del total de viviendas con daño menor. (p.196). Este estudio nos servirá para ampliar nuestro marco teórico dado que aportará nuevas metodologías de Chile, que han sido adaptadas a nivel nacional para calcular la vulnerabilidad sísmica de edificaciones construidas en albañilería reforzada mediante el análisis cuantitativo, se optó por usar la metodología propuesta por Meli (1991).

(Mercado, 2016), en su tesis “Análisis de vulnerabilidad sísmica en edificaciones porticadas de concreto reforzado en la ciudad de Cartagena”, se trazó como objetivo general:

Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de dos edificaciones emblemáticas de la ciudad de Cartagena porticadas de concreto reforzado, mediante el análisis del comportamiento sísmico estático no lineal utilizando el espectro de respuesta de los edificios y evaluarlos mediante las metodologías correspondientes, para conocer qué tan vulnerables son ante un sismo y el estado en el que quedarían (p.45).

Asimismo, este autor llegó a las siguientes conclusiones: Según lo anterior, para el nivel de desempeño ante un sismo definidos bajo la metodologías de la ATC- 40 , FEMA Y NSR-10, se observa un deficiente comportamiento en la estructura del Banco del Estado, ubicándola en un nivel de seguridad limitada ya que aunque no se evidencian daños producidos en la estructura actual, según los resultados obtenidos y el número de elementos que fallan en estado de colapso es posible que la estabilidad estructural ante un evento sísmico esté amenazada, además basándose en los índices de sobreesfuerzo calculados para cargas sísmicas son evidentes las fallas que podría presentar la edificación ante un sismo. En cambio, para el caso del edificio Concasa se podría concluir que se ubica en un nivel de seguridad, ya que según los resultados el número de elementos estructurales que fallan en colapso son mucho menores, resultado que es apoyado por la curva de capacidad que presenta la estructura, enmarcando grandes valores de cortante basal, y un punto de comportamiento dentro el espectro de diseño en Cartagena y los espectros propuestos por la FEMA 356, por ende indica que es posible la intervención de estos elementos para asegurar la estabilidad de la estructura, es apoyado en que los índices presentados en las columnas y vigas bajo cargas sísmicas son menores. Durante la modelación se encontraron algunos resultados inesperados, este fue el caso del Banco del Estado, ya que, según los resultados bajo la NSR-10, el edificio mostró sobreesfuerzos bajo cargas de servicio o verticales. Esto induciría a pensar que el edificio debería presentar algunas muestras de fallas, pero no las presenta (p. 121,122). Este estudio También nos permitirá ampliar el marco teórico y plantear nuestro procedimiento de análisis de datos, dado que aportará un análisis adicional ya que se determinó la Vulnerabilidad sísmica, mediante el análisis del comportamiento sísmico estático no lineal, utilizando el espectro de respuesta de los edificios y evaluarlos mediante el método Pushover, aún en el rango inelástico.

(Barona, 2016), en su tesis “VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL CENTRO HISTÓRICO DE SANGOLQUÍ”, planteó las siguientes recomendaciones:

- Para realizar una evaluación de vulnerabilidad y riesgo sísmico de forma confiable, es necesario disponer de diversas informaciones considerables que no siempre se tiene y que a veces no son verdaderas, por lo tanto, el uso de una metodología probabilística es la que se utilizó y fue la más apropiada para este estudio; es recomendable que se profundice en estudios futuros para poder realizar un estudio más detallado o de toda la población de Sangolquí en general.
- Para minimizar el número de víctimas y pérdidas materiales en caso de un sismo, es necesario mejorar el diseño sísmico en las estructuras nuevas, así como también el comportamiento de las estructuras antiguas del Centro Histórico de Sangolquí (p. 96).

(Laucata, Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Informales en la Ciudad de Trujillo (Tesis de pregrado), 2013), en su tesis “ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS INFORMALES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO” se trazó como un objetivo específico el evaluar la vulnerabilidad sísmica de unas 30 viviendas informales en Trujillo (p. 6). Se planteó como una parte de su metodología, elegir dos distritos distanciados entre sí: El primer distrito es Víctor Larco que está cercano al mar y el otro El Porvenir, cerca de los inicios de la sierra, cercano al lecho del río Seco. En estas viviendas se recopiló las características respecto a su ubicación, configuración estructural y proceso constructivo. Además, otros aspectos relevantes si se pretende evaluar su vulnerabilidad y los daños que se podrían suscitar frente a un sismo de gran magnitud (p.22). Este mismo autor, entre otras, llegó a las siguientes conclusiones:

- Los altos valores de densidad de muros en la dirección perpendicular a la fachada encontrados, están muy por encima de lo requerido. Esto ha demostrado que es la falta de conocimiento técnico y asesoría oportuna de profesionales, la causa principal que exista la deficiencia en la otra dirección. Existen viviendas que han tenido asesoría en la etapa de diseño, pero en algunos diseños no se ha considerado la sismorresistencia de la vivienda. En otros casos ha faltado una adecuada supervisión durante la construcción resultando una la construcción distinta al diseño original de la vivienda.

- La construcción informal en Trujillo ante un sismo severo podría colapsar la mayoría de sus viviendas ante un sismo severo. De acuerdo a los resultados obtenidos en los reportes de vulnerabilidad (p. 86).

Este estudio nos ha servido para plantear nuestro procedimiento de recolección y análisis de datos, ya que realiza el análisis de vulnerabilidad de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo, tomando como muestra 30 edificaciones del distrito de Víctor Larco y El Porvenir, obteniendo que las viviendas pueden colapsar ante un sismo severo.

(Quiroz, 2015), en su tesis “EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES CONFORMADAS POR SISTEMAS APORTICADOS Y DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL SECTOR DE LA ESPERANZA PARTE BAJA-TRUJILLO-2014”, traza como uno de sus objetivos específicos el identificar grados de vulnerabilidad en todo el sector de estudio (p.3). Llegando a las siguientes conclusiones:

- Las edificaciones en el distrito de La Esperanza se estructuran en función a su uso en comunes 98% y especiales 2%, en función al material predominante tenemos en concreto 52.57%, adobe y ladrillo crudo 47.24% y otro tipo de material diferente menos del 0.5%. En función al número de pisos tenemos un 59.63% edificaciones de 1 piso, 30.60% edificaciones de 2 pisos, 8.93% edificaciones de 3 pisos y 0.84% edificaciones de 4 pisos a más.
- La metodología para evaluación resultó ser eficiente y rápida por la reducción de un gran número de variables que definen un grado de vulnerabilidad, estas se redujeron a solo el área de corte o densidad de muros, área construida y número de pisos.
- El grado de vulnerabilidad sísmica estructural en el distrito de La Esperanza parte alta [i.e. vulnerabilidad alta] es igual a 75.48%, vulnerabilidad media 11.04% y vulnerabilidad baja igual a 13.67%, demostrándose que aquellas [i.e. demostrándose así las] edificaciones construidas de manera tradicional por autoconstrucción (p. 262).

Este estudio nos servirá para la discusión de resultados, ya que la metodología para la evaluación disminuyó la cantidad de variables que definen el grado de vulnerabilidad, las cuales fueron debido a su función, número de pisos, el material que predominaba, etc. La metodología resultó ser eficiente y rápida.

(Bazán, 2014), en su tesis “VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA”, trazó como uno de sus objetivos específicos el diagnóstico del comportamiento sísmico de las viviendas analizadas y determinación de su consecuente vulnerabilidad sísmica (p. 6).

Trazándose como una metodología:

La presente investigación trata de la evaluación de 120 viviendas edificadas, cuyo sistema estructural es el de albañilería confinada y las unidades de albañilería son ladrillos de arcilla cocida, de fabricación artesanal; se estudiaron las principales características estructurales de tal manera de poder estimar el comportamiento sísmico de cada vivienda, para los casos de sismo raro y sismo frecuente. Con la información resultante se plantean recomendaciones preliminares para reducir la vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones (p.23).

El mismo autor en su trabajo llegó a las siguientes conclusiones:

- Del total de las viviendas de la ciudad se tiene que ante sismo frecuente el 70% de viviendas presentan una VS alta, el 17.5% VS media y el 12.5% VS baja.

De igual forma se tiene que ante sismo raro el 65% de viviendas presentan una VS alta, el 17.5% VS media y el 17.5% VS baja.

Este resultado se agravaría más adelante debido a que el 100% de propietarios encuestados tienen la intención de seguir ampliando su vivienda de forma vertical (p. 84).

Este estudio también nos sirve para plantear el procedimiento de recolección y análisis de datos ya que nos da el resultado de la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Cajamarca ubicada en diferente zona, con diferente tipo de suelo, y otros parámetros obtenidos de acuerdo a la Norma Técnica E.0.30.

1.6 BASES TEÓRICAS

1.6.1 Albañilería confinada

Es la técnica de construcción que se emplea normalmente para la edificación de una vivienda. En este tipo de construcción se utilizan ladrillos de arcilla cocida, columnas de amarre, vigas soleras, etc.

En este tipo de viviendas primero se construye el muro de ladrillo, luego se procede a vaciar el concreto de las columnas de amarre y, finalmente, se construye el techo en conjunto con las vigas, como se muestra en la Fig. 1.

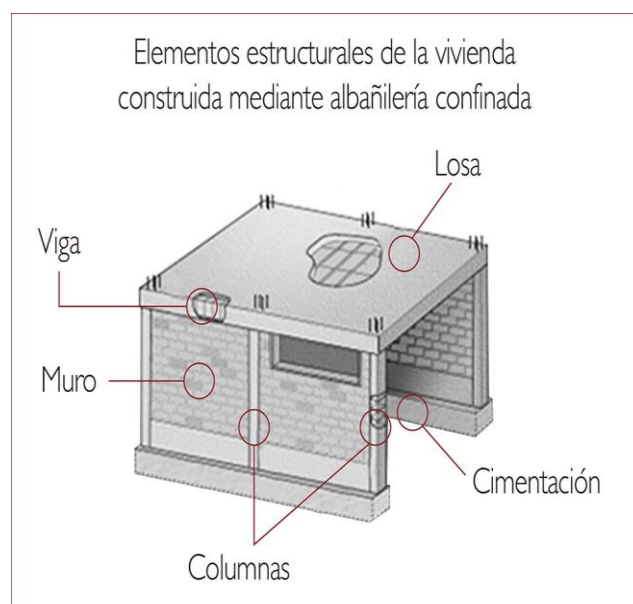


Figura N° 01: “Albañilería Confinada”

Fuente: Concremax.com.pe

(Vera, 2014), la albañilería confinada es la albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

(Abanto, 2015), para entender la definición ideal de albañilería Confinada se requiere saber previamente que la albañilería confinada está compuesta por: unidad de albañilería, mortero, acero y concreto. Las unidades de albañilería son básicamente hechas de arcilla, arena – cal y de concreto. La unidad predilecta para la construcción de

viviendas unifamiliares en el Perú es el ladrillo de arcilla elaborados artesanalmente (a mano) cuyas dimensiones son 12.5 x 21 x 9 (citado por Vera, 2014).

La Norma E.0.70 además detalla que la unidad de albañilería puede ser ladrillo o bloque, su diferencia radica en que el ladrillo es aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano, y bloque aquella unidad que por sus dimensiones y peso requiere de las dos manos para su manipulación.

Abanto (2005), define que el mortero es un adhesivo que se utiliza para pegar las unidades de albañilería entre sí, durante el asentado y está compuesto por cemento, cal hidratada, arena y agua. De esta manera la albañilería está compuesto en su forma tradicional por unidades de albañilería unidas entre sí por un mortero formando un conjunto monolítico llamado muro. (citado por Vera, 2014).

Entonces (Arango, 2002), manifiesta que se puede afirmar que un muro es un material heterogéneo y anisotrópico que tiene por naturaleza, una resistencia elevada a la compresión que depende de la unidad, mientras que la resistencia a la tracción es reducida y controlada por la adhesión entre la unidad y el mortero.

También Abanto (2005), define que el acero es un material formado por la aleación de hierro con pequeñas cantidades de carbono. El concreto es una mezcla de cemento Portland, arena gruesa, piedra chancada y agua en proporciones adecuadas. De esta manera utilizando el acero combinado con el concreto se forma el llamado concreto armado y se utiliza para la construcción de elementos estructurales como: vigas, columnas, zapatas, losas, etc.; de tal manera que el acero resiste los esfuerzos de tracción y el concreto los de compresión. (citado por Vera, 2014).

Ahora según (Bartolomé, 1998), la Albañilería confinada se caracteriza por estar constituida por un muro de albañilería simple enmarcado por una cadena de concreto, vaciada con posterioridad a la construcción del muro. Generalmente, se emplea una conexión dentada entre la albañilería y las columnas, pero en nuestro medio se utiliza con frecuencia una conexión a ras. El pórtico de concreto armado, que rodea al muro, sirve principalmente para utilizar al sistema y otorgarle capacidad de deformación inelástica. Además, el pórtico funciona como elemento de arriostre cuando la albañilería se ve sujeta a acciones perpendiculares a su plano (citado por Vera, 2014, p.18).

La Norma Técnica E.0.70 Albañilería nos da a conocer los siguientes principios:

1.6.2 Componentes de la albañilería:

1.6.2.1 Unidad de albañilería:

- a) Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.
- b) Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.
- c) Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.
- d) Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días, que se comprobará de acuerdo a la NTP 399.602.

Tabla 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

| CLASE | VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN | | | ALABEO (máximo en mm) | RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN |
|--------------------------|---------------------------|--------------|---------------|--------------------------|--|
| | (máxima en porcentaje) | | | | f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta |
| | Hasta 100 mm | Hasta 150 mm | Más de 150 mm | | |
| Ladrillo I | ± 8 | ± 6 | ± 4 | 10 | 4,9 (50) |
| Ladrillo II | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 6,9 (70) |
| Ladrillo III | ± 5 | ± 4 | ± 3 | 6 | 9,3 (95) |
| Ladrillo IV | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 12,7 (130) |
| Ladrillo V | ± 3 | ± 2 | ± 1 | 2 | 17,6 (180) |
| Bloque P ⁽¹⁾ | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 4,9 (50) |
| Bloque NP ⁽²⁾ | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 2,0 (20) |

Fuente: Norma Técnica E.070.

⁽¹⁾ Bloque usado en la construcción de muros portantes.

⁽²⁾ Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

1.6.2.2 Mortero:

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

1.6.2.3 Acero de refuerzo:

La armadura deberá cumplir con lo establecido en la Norma Barras de Acero con Resaltes para Concreto Armado (NTP 341.031). Sólo se permite el uso de barras lisas en estribos y armaduras electrosoldadas usadas como refuerzo horizontal. La armadura electrosoldada debe cumplir con la norma de Malla de Alambre de Acero Soldado para Concreto Armado (NTP 350.002).

1.6.2.4 Concreto:

Según la Norma Técnica E.060 Concreto armado, todos los materiales que se empleen para la fabricación del concreto simple (cemento, agregados, agua, aditivos, etc.) deberán cumplir los mismos requisitos que para concreto armado. Esta exigencia también será aplicable a la dosificación, ensayo de probetas cilíndricas, encofrados, colocación, curado, evaluación y aceptación del concreto. La resistencia especificada del concreto simple para ser usado con fines estructurales medida a los 28 días no debe ser menor de 14 MPa (140kg/cm²).

1.6.3 Resistencia de prismas de albañilería:

La resistencia de la albañilería a compresión axial ($f'm$) y a corte ($v'm$) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla 2.

Tabla 2: Métodos para determinar f'_m y v'_m

| RESISTENCIA CARACTERÍSTICA | EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS | | | EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS | | | EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS | | |
|-------------------------------|-----------------------------|---|---|-----------------------------|---|---|--------------------------------|---|---|
| | ZONA SÍSMICA | | | ZONA SÍSMICA | | | ZONA SÍSMICA | | |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| (f'_m) | A | A | A | B | B | A | B | B | B |
| (v'_m) | A | A | A | B | A | A | B | B | A |

Fuente: **Ibídem.**

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621.

En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 3, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1: ½: 4 (cuando la materia prima es sílice-cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos.

Tabla 3: Resistencias características de la albañilería Mpa (kg / cm^2) (**)

| Materia Prima | Denominación | UNIDAD | PILA | MURETES |
|------------------|----------------------|------------|------------|------------|
| | | f'_b | f'_m | v'_m |
| Arcilla | King Kong artesanal | 5,4 (55) | 3,4 (35) | 0,5 (5,1) |
| | King Kong industrial | 14,2 (145) | 6,4 (65) | 0,8 (8,1) |
| | Rejilla industrial | 21,1 (215) | 8,3 (85) | 0,9 (9,2) |
| Sílice-cal | King Kong Normal | 15,7 (160) | 10,8 (110) | 1,0 (9,7) |
| | Dédalo | 14,2 (145) | 9,3 (95) | 1,0 (9,7) |
| | Estándar y mecano(*) | 14,2 (145) | 10,8 (110) | 0,9 (9,2) |
| Concreto | Bloque Tipo P (*) | 4,9 (50) | 7,3 (74) | 0,8 (8,6) |
| | | 6,4 (65) | 8,3 (85) | 0,9 (9,2) |
| | | 7,4 (75) | 9,3 (95) | 1,0 (9,7) |
| | | 8,3 (85) | 11,8 (120) | 1,1 (10,9) |

| RESISTENCIA CARACTERÍSTICA | EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS | | | EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS | | | EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS | | |
|----------------------------|--------------------------|---|---|--------------------------|---|---|-----------------------------|---|---|
| | ZONA SÍSMICA | | | ZONA SÍSMICA | | | ZONA SÍSMICA | | |
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| $(f'm)$ | A | A | A | B | B | A | B | B | B |
| $(v'm)$ | A | A | A | B | A | A | B | B | A |

Fuente: Ibídem.

(*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(**) El valor f'_b se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de $f'_c = 13,72 MPa$ (140 kg cm²). El valor $f'm$ ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 4.

Donde:

f'_b : Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.

$f'm$: Resistencia de la albañilería a compresión axial

$V'm$: Resistencia a fuerza cortante.

Tabla 4: Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez

| Esbeltez | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 4.5 | 5.0 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| Factor | 0.73 | 0.80 | 0.91 | 0.95 | 0.98 | 1.00 |

Fuente: Ibídem

1.6.4 Análisis estructural:

El análisis estructural de los edificios de albañilería se realizará por métodos elásticos teniendo en cuenta los efectos causados por las cargas muertas, las cargas vivas y el sismo. La carga gravitacional para cada muro podrá ser obtenida por cualquier método racional.

El módulo de elasticidad (E_m) y el módulo de corte (G_m) para la albañilería se considerará como sigue:

• Unidades de arcilla: $E_m = 500 f'_m$ (1)

• Unidades sílico-calcáreas: $E_m = 600 f'_m$ (2)

• Unidades de concreto vibrado: $E_m = 700 f'_m$ (3)

• Para todo tipo de unidad de albañilería: $G_m = 0.4 E_m$ (4)

Opcionalmente, los valores de “ E_m ” y “ G_m ” podrán calcularse experimentalmente.

El módulo de elasticidad (E_c) y el módulo de corte (G_c) para el concreto serán los indicados en la NTE E.060 Concreto Armado.

El módulo de elasticidad para el acero (E_s) se considerará igual a 196 000 MPa (2 000 000 kg /cm²).

1.6.5 Diseño de muros de albañilería:

1.6.5.1 Control de Fisuración:

a) Esta disposición tiene por propósito evitar que los muros se fisuren ante los sismos moderados, que son los más frecuentes. Para el efecto se considerarán las fuerzas cortantes producidas por el sismo moderado.

b) Para todos los muros de albañilería deberá verificarse que en cada entrepiso se satisfaga la siguiente expresión que controla la ocurrencia de fisuras por corte:

$$V_e \leq 0,55 V_m = \text{Fuerza Cortante Admisible}$$

Donde: “ V_e ” es la fuerza cortante producida por el “sismo moderado” en el muro en análisis y “ V_m ” es la fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería.

1.6.5.2 Resistencia al Agrietamiento Diagonal:

La resistencia al corte (V_m) de los muros de albañilería se calculará en cada entrepiso mediante las siguientes expresiones:

Unidades de Arcilla y de Concreto: $V_m = 0.5 v'_m . \alpha . t . L + 0.23 P$ (5)

Unidades Sílico-calcáreas: $V_m = 0.35 v'_m . \alpha . t . L + 0.23 P_g$ (6)

Donde:

V_m: Resistencia característica a corte de la albañilería.

P_g: Carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida.
(NTE E.030 Diseño Sismorresistente).

T: Espesor efectivo del muro.

L: Longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados).

α: Factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$1/3 \leq \alpha = V_e \cdot L / M_e \leq 1 \quad (7)$$

Donde:

V_e: Es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico.

M_e: Es el momento flector del muro obtenido del análisis elástico.

Las fuerzas internas para el diseño de los muros en cada entrepiso “*i*” serán las del “sismo severo” (*V_{ui}*, *M_{ui}*), y se obtendrán amplificando los valores obtenidos del análisis elástico ante el “sismo moderado” (*V_{ei}*, *M_{ei}*) por la relación cortante de agrietamiento diagonal (*V_{m1}*) entre cortante producido por el “sismo moderado” (*V_{e1}*), ambos en el primer piso. El factor de amplificación no deberá ser menor que dos ni mayor que tres:

$$2 \leq V_{m1} / V_{e1} \leq 3 \quad (8)$$

$$V_{ui} = V_{ei} (V_{m1} / V_{e1}) \quad (9)$$

$$M_{ui} = M_{ei} (V_{m1} / V_{e1}) \quad (10)$$

Todo muro confinado cuyo cortante bajo sismo severo sea mayor o igual a su resistencia al corte ($V_u \geq V_m$), o que tenga un esfuerzo a compresión axial producido por la carga gravitacional considerando toda la sobrecarga, $\sigma_m = P_m (L.t)$, mayor o igual que 0,05 f'm, deberá llevar refuerzo horizontal continuo anclado a las columnas de confinamiento.

En cada entrepiso superior al primero ($i > 1$), deberá verificarse para cada muro confinado que: $V_{mi} > V_{ui}$. De no cumplirse esta condición, el entrepiso “*i*” también se agrietará y sus confinamientos deberán ser diseñados para soportar “*V_{mi}*”, en forma similar al primer entrepiso.

1.6.6 VULNERABILIDAD SÍSMICA

Según Barona (2010), la Vulnerabilidad sísmica:

Es el grado de daño que pueden soportar las edificaciones durante un sismo. La vulnerabilidad de una estructura muestra la falta de resistencia frente a un terremoto y depende mucho de las características del diseño, la tipología estructural, la calidad de los materiales y la técnica que se utilizó en la construcción de la edificación.

Ingeniería y Sociedad UC (2013), también considera que los estudios de vulnerabilidad sísmica constituyen, conjuntamente con los estudios de amenaza o peligrosidad, uno de los factores determinantes del riesgo sísmico específico, el cual representa la probabilidad total de que una estructura sufra varios niveles de daño durante un periodo específico de tiempo (citado por Vera, 2014).

De acuerdo a lo planteado por los anteriores autores, la Vulnerabilidad sísmica de una edificación es una magnitud que permite cuantificar el tipo de daño estructural, el modo de fallo y capacidad resistente de una estructura bajo unas condiciones probables de sismo; cuantificando el riesgo debido únicamente a las características de la estructura. Se puede determinar mediante la expresión:

Vulnerabilidad sísmica = 0.6 * Comportamiento sísmico + 0.3 * Estado actual + 0.1 * Estabilidad de muros (11).

Kuroiwa (2002), considera que las edificaciones realizadas por el hombre pueden sufrir daños y depende de las características de diseño, calidad de mano de obra y de la técnica de la construcción (citado por Vera, 2014).

Entendemos entonces que la Vulnerabilidad sísmica es el área de trabajo de la Ingeniería sísmica cuyo objetivo es reducir el riesgo sísmico teniendo en cuenta los costos y los principios de la Ingeniería estructural.

1.6.7 Clasificación del daño

Según Mercado y Sabogal (2016), el daño de los materiales ocurre a través de un proceso continuo en los cuales ellos se fracturan. El daño puede ser clasificado según el tipo de elementos que afecte:

1.6.8 Daño estructural

El daño estructural es el tipo de daño que más relevancia tiene ya que está directamente relacionado con el colapso de la estructura o con una reparación demasiado costosa. La calidad de los materiales, la configuración, la resistencia a cargas laterales y las características del movimiento sísmico (número de ciclos de carga, periodo, duración) influirán en el grado de daño de los distintos elementos estructurales.

A causa de sismos fuertes es común que se presenten daños estructurales en columnas, tales como grietas diagonales causadas por cortante y/o torsión, grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y pandeo de las barras longitudinales por exceso de los esfuerzos de flexo compresión.

En vigas, se producen grietas diagonales y rotura de estribos, a causa de cortante y/o torsión, grietas verticales, rotura de refuerzo longitudinal y aplastamiento del concreto por la flexión que impone el sismo arriba y debajo de la sección como resultado de las cargas alternadas.

Las conexiones o uniones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos. En las uniones viga - columna (nudos) el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas, a causa del poco desarrollo del mismo y/o a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión.

❖ Tipos de fallas estructurales en edificaciones de albañilería confinada:

Según Quiroz y Vidal (2014), una falla estructural es el efecto que se produce al superar la resistencia de un elemento estructural provocado por cargas que pueden generar efectos de: Compresión, Tracción, Torsión, flexión o la combinación de ellos.

Todos elementos sometidos a cargas en algún momento tendrán que fallar.

Estas fallas se producirán de dos maneras:

- De manera satisfactoria llamada falla funcional, cuando los elementos estructurales se han desempeñado con excelencia y ha logrado cumplir las solicitaciones de cargas. Dentro de un contexto global de una edificación, los elementos han permitido cumplir con la filosofía del diseño sísmico según RNE (Evitar pérdida de vidas, Asegurar la continuidad de los servicios básicos, Minimizar los daños a la propiedad).

- De manera desfavorable llamada colapso, cuando los elementos presentan una deficiente resistencia y no cumplen su función o su falla se produce de forma repentina por debajo de las mínimas solicitaciones de cargas, no cumple con la filosofía del diseño sísmico según la Norma Técnica E.030 (p. 127).

Los tipos de fallas que pueden producirse en los elementos que conforman una edificación dependen de las solicitaciones de carga a los que serán expuestos y de la resistencia que presentan para cada sistema estructural.

Cada sistema estructural está compuesto por diferentes elementos que le sirven de soporte, en el caso de los sistemas de albañilería confinada predominara los muros portantes y las losas rígidas.

Las fallas estructurales como tal, pueden darse de manera aislada en algún elemento en específico (Ejm.Columna corta) o en un grupo de elementos (Efecto de Piso Blando).

Cada una de estas fallas se desprende del efecto aislado de alguna solicitud de carga como compresión, tracción, flexión, etc. o de la combinación de estas Flexo-compresión, Flexo-tracción, Flexo-torsión etc. (Quiroz y Vidal, 2014, p.127).

Las fallas pueden presentarse de las siguientes formas:

- A. Falla por confinamiento:** Se produce en las columnas reforzadas con varillas de acero tanto longitudinal como transversal (Estribos) al ser sometida a cargas debido a sismos ejerce una compresión que provoca una deformación transversal. Esta deformación no es controlada por los refuerzos transversales por lo que se produce la falla, primero agrietándose y luego perdiendo gran cantidad de volumen de concreto.

En la zona de la falla se evidencia la deformación tipo aplastamiento de las varillas longitudinales.



Figura N° 02: “Falla por confinamiento en una columna”

Fuente: Quiroz y Vidal (2014)

- B. Falla por piso blando:** Esta falla es además una irregularidad en altura según RNE Norma Técnica E.030. Esta falla se da cuando existe una variación de rigidez entre dos pisos consecutivos mayor de 85%, mayormente esta falla se presenta en edificaciones con sistemas aporticados, los cuales requieren espacios abiertos en los primeros pisos (Cocheras o Locales comerciales) y de una gran cantidad de muros en los pisos superiores, razón por la cual el segundo piso tendrá mucha más rigidez que el primero.

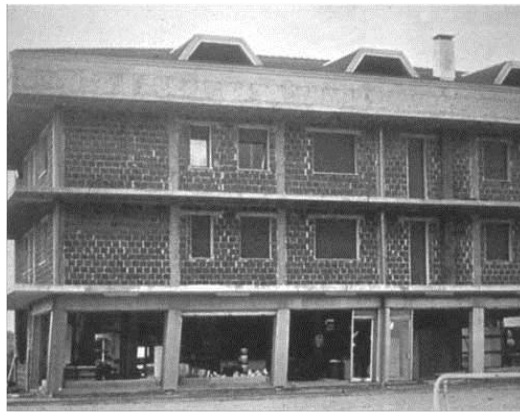


Figura N° 03: Edificio con falla por piso blando.

Fuente: Ibídem.

- C. Falla por corte en muros de concreto:** Falla por corte en muros de concreto: En muros que se da por el movimiento horizontal en las dos direcciones del muro, produciéndose la trituración del concreto y luego el acero longitudinal se cizalla o pandea por el peso propio del muro. Lo más probable en este tipo de fallas se produce porque la estructura fue diseñada con fuerzas sísmicas muy bajas.



Figura N° 04: Falla por corte en muros de concreto.

Fuente: Ibídem.

- D. Falla por flexión de elementos muy esbeltos:** Los elementos estructurales que no cumplen con los requerimientos de resistencia y que se colocan en posición de voladizo al momento de las solicitaciones de cargas sísmicas se producirán un efecto de latigazo lo cual generara un incremento de los esfuerzos de tensión y compresión de forma alterna durante el tiempo que vibre, esto provoca la falla del elemento estructural.

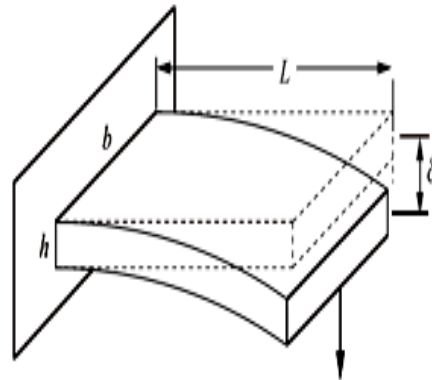


Figura N° 05: Elemento esbelto en Voladizo

Fuente: Ibídem.

- E. Falla por Falla por columna corta:** Es una falla muy común en edificaciones de concreto, se produce por una concentración de esfuerzos en la zona libre sin confinar de las columnas. Esta falla es muy común en los centros educativos que presentan grandes ventanas en la parte superior.



Figura N° 06: Falla por columna corta en una columna.

Fuente: *Ibíd.*

F. Falla de redundancia de elementos estructurales: Se produce cuando la edificación no cuenta con un número requerido de columnas o de muros. Un elemento redundante es aquel que apoya cuando empiezan a fallar los otros. Estos elementos obedecen al diseño sísmico, cuando una edificación pasa las derivas máximas (Dependiendo del sistema estructural) asegura que existirán las columnas necesarias para soportar las fuerzas cortantes producidas por sismos. Esta falla es una de las más comunes en las edificaciones construidas por autoconstrucción que representan aproximadamente el 80% del Perú.



Figura N° 07: Falla de edificaciones por insuficiente número de columnas.

Fuente: Ibídem.

G. Falla por insuficiente junta sísmica: Es otra falla frecuente que se presenta en edificaciones continuas que no disponen de una separación mínima según el RNE Norma Técnica E.030 para su libre vibración en un evento sísmico. Esta separación denominada también junta sísmica depende del número de pisos que se pretende construir, la recomendación es que cada edificación se separe desde su límite de propiedad hacia adentro lo que se necesite, para los lados del terreno que están en contacto con los vecinos.

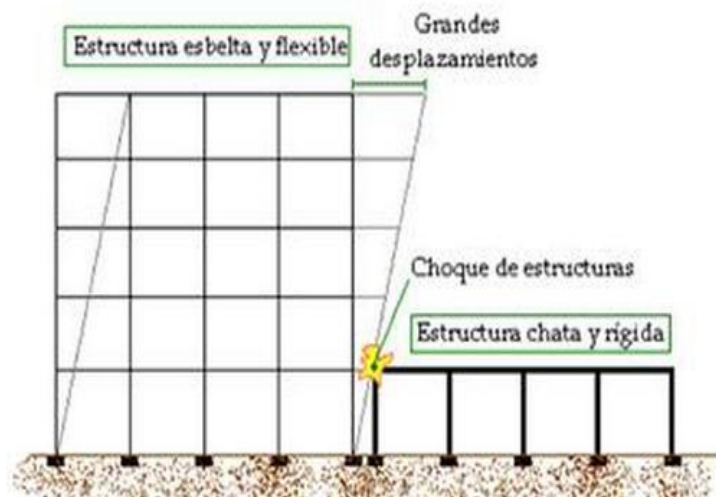


Figura N° 08: Edificaciones interactuando negativamente entre ellas por insuficiente junta sísmica.

Fuente: Ibídem.

1.6.9 Daño no estructural

El sistema no estructural en un edificio comprende los componentes arquitectónicos (particiones, ventanas, etc.), sistemas mecánicos (ductos, elevadores, etc.), sistemas eléctricos (seguridad, comunicaciones, etc.). Estos elementos pueden a su vez dividirse en elementos sensitivos a la deformación y elementos sensitivos a la aceleración de la estructura. Entre los daños más comunes se encuentran el agrietamiento de elementos divisorios, desprendimiento de los acabados, rotura de vidrios y de instalaciones de diferente tipo. En forma tradicional los códigos han enfatizado la seguridad de la vida como su primer objetivo, prestándose poca importancia a los componentes no estructurales.

Generalmente, los daños no estructurales se deben a la unión inadecuada entre los muros de rellenos y divisorios, las instalaciones y la estructura, o a la falta de rigidez de la misma, lo que se traduce en excesivas deformaciones que no pueden ser absorbidas por este tipo de componentes.

Los daños no estructurales más comunes son el agrietamiento de los elementos divisorios de mampostería, el aplastamiento de las uniones entre estructuras y los elementos no estructurales, el desprendimiento de acabados y la rotura de vidrios y de instalaciones de diferente tipo (Mercado, 2016).

1.6.10 Análisis estructural:

Martínez (2013), al respecto manifiesta lo siguiente:

El cálculo modal espectral o dinámico es el de uso más común y generalizado por las normas sismorresistentes. En esencia, intenta combinar estimaciones estadísticas-históricas, con la teoría de dinámica estructural. Todo el proceso se orienta a la obtención de un conjunto de fuerzas actuantes sobre los forjados o plantas de la edificación. Se trata de fuerzas de componente horizontal (esfuerzos cortantes) que se consideran aplicados en el centro de masas de cada forjado. Estos esfuerzos tendrán que ser resistidos por los pilares, vigas, etc... de la estructura, motivo por el que se introducen entre las hipótesis de cálculo habitual, y se dimensiona cada elemento resistente en correspondencia.

Un método del análisis estructural es el Análisis dinámico de estructuras que se refiere al análisis de las pequeñas oscilaciones o vibraciones que puede sufrir una estructura alrededor de su posición de equilibrio. El análisis dinámico es importante porque ese movimiento produce una modificación de las tensiones y deformaciones existentes, que deben tenerse en cuenta por ejemplo para lograr un diseño sísmico adecuado.

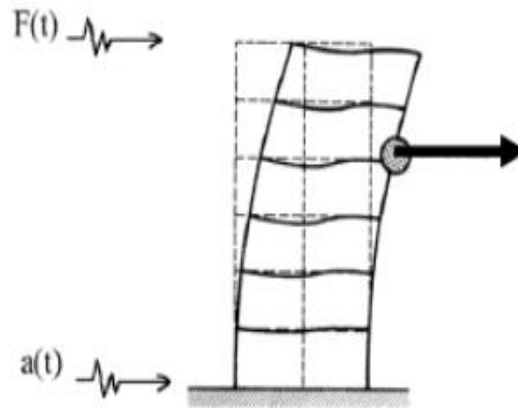


Figura N° 09: Oscilación

Fuente: Fco. Martínez Alonso

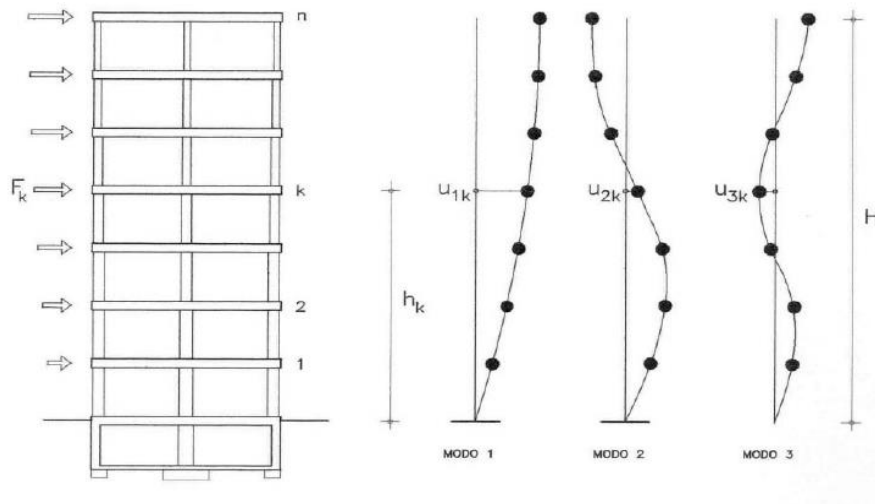


Figura N° 10: Comportamiento dinámico de las estructuras

Fuente: Fco. Martínez Alonso

1.6.11 Peligro sísmico:

Según Bommer et al (1998): Peligro sísmico es la probabilidad de ocurrencia de movimientos sísmicos de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo de exposición. El peligro también puede incluir otros efectos que el mismo sismo genera, como derrumbes y licuefacción de suelos. El peligro sísmico se representa mediante

parámetros simples, como la intensidad, la aceleración del terreno o el espectro de respuesta (citado por Barona, 2010, p.9).

INDECI (2006), define que el peligro según su origen, puede ser de dos clases: por un lado, de carácter natural; y, por otro de carácter tecnológico o generado por la acción del hombre. El sismo como fenómeno natural es la liberación súbita de energía mecánica generada por el movimiento de grandes columnas de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior y, se propaga en forma de vibraciones, a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externos o internos de la Tierra (citado por Vera, 2014).

1.6.12 Riesgo sísmico

Barona (2010): El Riesgo sísmico combina los resultados de Peligro sísmico y Vulnerabilidad sísmica que exhiben las estructuras.

Según Bonet (2003) y Barbat (1998): El Riesgo sísmico es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (citado por Barona, 2010).

También Fourier (1988) y Kuroiwa (2002): definen el Riesgo sísmico como una función de la Vulnerabilidad sísmica y del Peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como: $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$ (Citado por Barona, 2010).

Tanto la vulnerabilidad sísmica de una estructura, como el peligro sísmico asociado a su emplazamiento, así como el daño sísmico potencial, contribuyen a cuantificar el riesgo sísmico asociado a un conjunto.

1.6.13 Extracción de núcleos de concreto

Guía y procedimiento técnico que recomienda el ASTM C42:

- A. Ensaye un mínimo de 3 núcleos para cada sección de concreto cuestionado.
- B. Obtenga núcleos con un diámetro mínimo de 3 ½ pulgada (85 mm), Obtenga núcleos más grandes para un concreto con un tamaño de agregado mayor de 1 pulgada (25 mm).
- C. Trate de obtener una longitud de como mínimo 1 ½ veces el diámetro (relación L/D).
- D. Recorte para eliminar el acero garantizando que se mantenga una relación mínima de 1 ½ L/D.
- E. Recorte los bordes a escuadra con una sierra de diamante (cortadora) con alimentación automática.

- F.** Cuando ensaye, mantenga un refrentado (cabezeo) con espesor por debajo de 1/8 pulgada (3 mm).
- G.** Utilice un material de refrentado de alta resistencia; no deben utilizarse almohadillas de neopreno.
- H.** Verifique la planicidad del refrentado y de los bloques de carga.
- I.** No perfore núcleos desde las capas superiores de las columnas, losas, muros, o cimientos, que serán de un 10 a un 20% más débil que los testigos de la parte media o de las porciones más bajas.
- J.** Ensaye los testigos después de un secado durante 7 días si la estructura estará seca en servicio; en caso contrario humedezca los núcleos 40 horas antes del ensayo. Revise las recomendaciones para el acondicionamiento de los testigos en las versiones actualizadas del ACI 318 y de la ASTM C 42.

- **De la extracción:**

El concreto ha adquirido suficiente resistencia para que durante el corte no se pierda la adherencia entre el agregado y la pasta. En todos los casos, el concreto deberá tener por lo menos 14 días de colocado. Deben tomarse 3 especímenes por cada resultado de resistencia que esté por debajo de la resistencia a la Compresión especificada del concreto $f'c$.

- **Preparación, curado, refrendado:**

Los testigos deben tener sus caras planas, paralelas entre ellas y perpendiculares al eje de la probeta. Las protuberancias o irregularidades de las caras de ensayo deberán ser eliminadas mediante aserrado cuando sobrepasen los 5 mm. La determinación de la longitud de un testigo estará dada por el promedio de 5 mediciones con el vernier, con una aproximación de ± 1 mm.

La Norma ASTM establece, a diferencia del criterio del ACI, que las probetas sean curadas en húmedo, por 40 hrs. antes de la rotura. Antes del ensayo de compresión, la probeta deberá ser refrendada en ambas caras, de manera de obtener superficies adecuadas.

- **Del Ensayo:**

La resistencia obtenida sobre las probetas diamantinas deberá expresarse con aproximación de 0.1 Kg/cm² cuando el diámetro se mide con aproximación de 0.25 mm.; y de 0.5 cuando el diámetro es medido con aproximación de 2.5 mm. Además, deberán registrarse:

- ☑ La longitud de la probeta.
- ☑ Las condiciones de humedad antes de la rotura.
- ☑ El tamaño máximo del agregado en el concreto.
- ☑ La dirección en la aplicación de la carga de rotura con relación al plano longitudinal de colocación del concreto en obra.

- **De los resultados y su corrección:**

Si los testigos tengan una relación L/D < 2, se deberán ajustar los resultados del ensayo de compresión mediante la Tabla 5.

Tabla 5: Factores de corrección aplicables a f'_c de 140 a 420 kg/cm²

| Relación Long./Diam. | Fact. Corrección | |
|-------------------------|------------------|------|
| | NTP | ASTM |
| 2.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.75 | 0.99 | 0.98 |
| 1.50 | 0.97 | 0.96 |
| 1.25 | 0.94 | 0.94 |
| 1.00 | 0.91 | 0.92 |

1.6.14 Fuente: Ensayo ASTM C42

☐ Los factores de corrección son aplicables a hormigones de 140 Kg/cm² a 420 Kg/cm².

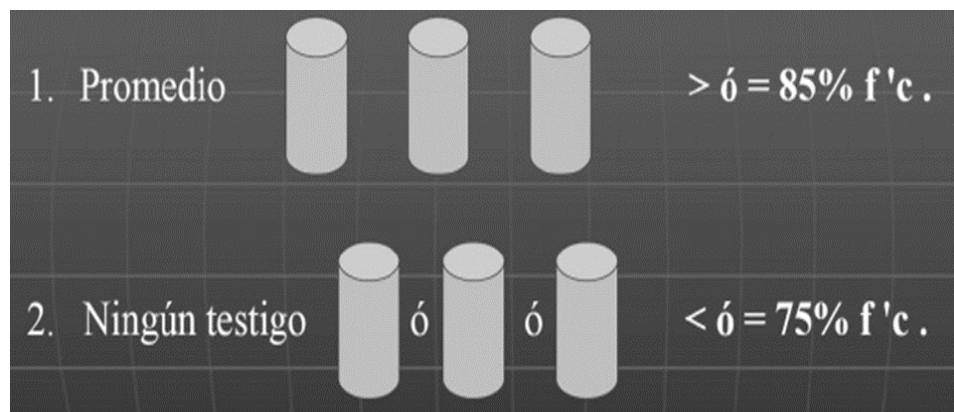
☐ Se estima que la resistencia de los testigos es, en general, inferior a la que podría obtenerse de cilindros moldeados, con el mismo concreto, al pie de obra y curados por el método normalizado. Esto se explica porque el curado normalizado es más intenso que el curado en obra.

☐ Los testigos suelen tener menor resistencia cerca de la superficie superior de la estructura. Al aumentar la profundidad, la resistencia se incrementa hasta un cierto límite.

1.6.15 Evaluación de Resultados:

El concreto de la zona representada por los testigos diamantinos, se considerará estructuralmente adecuada si se cumple lo que indica la Fig. 11.

Figura N° 11: Resistencia de f_c de núcleos



A fin de comprobar la precisión de las pruebas, se pueden volver a probar zonas representativas de resistencias erráticas de los testigos.

Tomando en consideración que la verificación de la calidad de concreto en los diferentes elementos, forma parte importante de la evaluación estructural, los resultados obtenidos aunados a la investigación del comportamiento sísmico de cada elemento permitirán sustentar el tipo de intervención a efectuarse.

1.6.16 Diseño Sismorresistente:

La Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, establece en su capítulo 2, los siguientes principios:

1.6.16.1 Zonificación:

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas. 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.

Tabla 6: Factores de zona “Z”⁽¹⁾

| ZONA | Z |
|------|------|
| 4 | 0.45 |
| 3 | 0.35 |
| 2 | 0.25 |
| 1 | 0.1 |

Fuente: Norma Técnica E.030

(1) El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

1.6.16.2 Condiciones geotécnicas:

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 (\bar{V}_s), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los \bar{N}_{60} obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada (\bar{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. Para los suelos predominantemente granulares, se calcula \bar{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 \bar{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 \bar{N}_{60} para los estratos con suelos granulares y de \bar{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 S_0 : Roca Dura

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte \bar{V}_s mayor que 1,500 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 \bar{V}_s .

B. Perfil Tipo S_1 : 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 \bar{V}_s , entre 500 m/s a 1,500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con \bar{N}_{60} mayor que 50.
- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

C. Perfil Tipo S_2 : Suelos Intermedios

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte \bar{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 \bar{N}_{60} , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada \bar{S}_u , 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 S_3 : Suelos Blandos

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte \bar{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 \bar{N}_{60} menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{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 w mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u menor que 25 kPa.

E. Perfil Tipo S₄: Condiciones excepcionales

A estos 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. Solo será necesario considerar un perfil tipo S₄ cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

La Tabla 7 resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo.

Tabla 7: 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 k Pa |
| S ₂ | 180 m/s a 500 m/s | 15 a50 | 50 kPa a 100 kPa |
| S ₃ | < 180 m/s | > 15 | 25 kPa a 50 kPa |
| S ₄ | Clasificación basada | en el | EMS |

Fuente: Norma Técnica E.030.

Donde:

\bar{V}_s : Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte

\bar{N}_{60} : Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar

\bar{S}_u : Promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada.

Los cuales se determinan con las siguientes fórmulas:

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (12)$$

$$\bar{N}_{60} = \frac{\sum_{i=1}^m [d_i / \bar{V}_s]}{m} \quad (13)$$

$$\bar{N}_{60i} = \frac{\sum_{i=1}^k [d_i / \bar{N}_{60i}]}{k}$$

$$\bar{N}_{60i} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{k}$$

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k [d_i / \bar{V}_{si}]}{k} \quad (14)$$

Donde:

- i se refiere a uno cualquiera de los n estratos con distintas características, m se refiere al número de estratos con suelos granulares y k al número de estratos con suelos cohesivos.
- d_i es el espesor de cada uno de los n , m ó k estratos
- V_{si} es la correspondiente velocidad de ondas de corte (m/s).
- N_{60i} es el correspondiente valor corregido del SPT.
- \bar{S}_{ui} es la correspondiente resistencia al corte en condición no drenada (kPa).

1.6.16.3 Parámetros de Sitio (S , T_p y T_L)

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describas las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos T_p y T_L dados en las tablas que siguen a continuación.

Tabla 8: Factor de suelo “S”

| SUELO ZONA | S_0 | S_1 | S_2 | S_3 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| Z_4 | 0.8 | 1 | 1.05 | 1.1 |
| Z_3 | 0.8 | 1 | 1.15 | 1.2 |
| Z_2 | 0.8 | 1 | 1.2 | 1.4 |
| Z_1 | 0.8 | 1 | 1.6 | 2 |

Fuente: Norma Técnica E.030

Tabla 9: Períodos “ T_P ” y “ T_L ”

| PERFIL DE SUELO | | | | |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|
| | S_0 | S_1 | S_2 | S_3 |
| $T_P (S)$ | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 1 |
| $T_L (S)$ | 3 | 2.5 | 2 | 1.6 |

Fuente: Norma Técnica E.030

1.6.16.4 Factor de Amplificación Sísmica (C)

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_P \quad C = 2.5 \quad (15)$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * (T_P / T) \quad (16)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * [(T_P * T_L) / T^2] \quad (17)$$

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo. Donde T es el Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico. Se calcula con la expresión:

$$T = hn / C_T \quad (18)$$

Donde:

hn : Altura total de la edificación en metros.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

1.6.16.5 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)

La Norma Técnica E.030, considera:

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla 10. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla 10, se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar $U = 1$.

Tabla 10: Categoría de las edificaciones y factor “U”

| CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FACTOR U |
|---|--|-----------------|
| A Edificaciones Esenciales | A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud. | Ver nota 1 |
| | A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o | 1,5 |

| | | |
|--|--|------------|
| | tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. | |
| B Edificaciones Importantes | Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento. | 1,3 |
| C Edificaciones Comunes | Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes. | 1,0 |
| D Edificaciones Temporales | Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares | Ver nota 2 |

Fuente: Norma Técnica E.030

1.6.17 Verificación de esfuerzos en albañilería confinada:

Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considera con confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

- **Muros portantes:** Son aquellos elementos constituidos en albañilería confinada y que cumplen con los siguientes requisitos:

- * Una sección transversal preferentemente simétrica
- * Continuidad vertical hasta la cimentación
- * Una longitud mayor a 1.20 m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales.
- * Junta de control con una distancia máxima entre ellas de 8 m.
- * Arriostre: Que pueden ser elementos verticales u horizontales como muros transversales, columnas, soleras diafragmas rígidos de piso.

- **Esfuerzo axial máximo (σ_m):** Es producido por la carga de gravedad máxima de servicio (P_m) incluyendo el 100% de sobrecarga será inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0.2 f'_m [1 - (h/35t)^2] \leq 0.15 f'_m \quad (19)$$

Donde:

L: Longitud total del muro

t: Espesor efectivo de los muros

h: Altura del entrepiso agrietado correspondiente a un muro confinado.

- * El sismo moderado no debe producir la fisuración de ningún muro portante.
- * Se asume que la forma de falla de los muros confinados ante la acción del sismo severo será por corte, independientemente de su esbeltez.
- * El límite máximo de la distorsión angular ante la acción del sismo severo se fija en 1/200, para permitir que el muro sea reparable pasado el evento sísmico.

1.6.18 Verificación de esfuerzos en concreto armado:

Según la Norma técnica E.060 Concreto armado, las estructuras y los elementos estructurales deberán diseñarse para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño (ΦRn) por lo menos iguales a las resistencias requeridas (Ru), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que se estipulan en esta Norma. En todas las secciones de los elementos estructurales deberá cumplirse:

$$\Phi Rn \geq Ru \quad (20)$$

Donde:

ΦRn : Resistencia de diseño, que es la resistencia nominal del elemento afectada por los factores de reducción de resistencia.

Ru (U): Resistencia requerida, que es la que resulta de la combinación de las cargas amplificadas.

Las estructuras y los elementos estructurales deberán cumplir además con todos los demás requisitos de esta Norma, para garantizar un comportamiento adecuado bajo cargas de servicio.

Según esta misma Norma, los factores de amplificación y las combinaciones de carga para obtener las cargas últimas son:

$$U = 1,4 CM + 1,7 CV \quad (21)$$

Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de sismo (CS), además de la fórmula anterior, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1,25 (CM + CV) \pm CS \quad (22)$$

$$U = 0,9 CM \pm CS \quad (23)$$

Donde:

U: Resistencia requerida, para resistir las cargas amplificadas o momentos y fuerzas internas correspondientes.

CM: Cargas muertas o momentos y fuerzas internas correspondientes´.

CV: Cargas vivas o momentos y fuerzas internas correspondientes.

CS: Efectos de carga producidos por el sismo o momentos y fuerzas internas correspondiente.

1.7 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

La Norma Técnica E.070 Albañilería nos da las siguientes definiciones:

- 1.7.1 **Albañilería o Mampostería:** Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.
- 1.7.2 **Albañilería Armada:** Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados.
- 1.7.3 **Albañilería Confinada:** Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.
- 1.7.4 **Albañilería No Reforzada:** Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma.
- 1.7.5 **Albañilería Reforzada o Albañilería Estructural:** Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma.
- 1.7.6 **Altura Efectiva:** Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real.
- 1.7.7 **Arriostre:** Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano.
- 1.7.8 **Borde Libre:** Extremo horizontal o vertical no arriostrado de un muro.
- 1.7.9 **Concreto Líquido o Grout:** Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida.
- 1.7.10 **Columna:** Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.

- 1.7.11 **Confinamiento:** Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.
- 1.7.12 **Construcciones de Albañilería:** Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.
- 1.7.13 **Espesor Efectivo:** Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro.
- 1.7.14 **Muro Arriostrado:** Muro provisto de elementos de arriostre.
- 1.7.15 **Muro de Arriostre:** Muro portante transversal al muro al que provee estabilidad y resistencia lateral.
- 1.7.16 **Muro No Portante:** Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos.
- 1.7.17 **Muro Portante:** Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel superior al nivel inferior a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.
- 1.7.18 **Mortero:** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.
- 1.7.19 **Placa:** Muro portante de concreto armado, diseñado de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.
- 1.7.20 **Plancha:** Elemento perforado de acero colocado en las hiladas de los extremos libres de los muros de albañilería armada para proveerles ductilidad.
- 1.7.21 **Tabique:** Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.
- 1.7.22 **Unidad de Albañilería:** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar ó tubular.
- 1.7.23 **Unidad de Albañilería Alveolar:** Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.
- 1.7.24 **Unidad de Albañilería Apilable:** Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero.

- 1.7.25 **Unidad de Albañilería Hueca:** Unidad de Albañilería cuya sección un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- 1.7.26 **Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza):** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- 1.7.27 **Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta):** Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.
- 1.7.28 **Viga Solera:** Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento. Quiroz y Vidal (2015), nos da las siguientes definiciones:
- 1.7.29 **Vulnerabilidad:** Es el grado de pérdida o daño de un bien.
- 1.7.30 **Vulnerabilidad sísmica estructural:** Es el grado de pérdida o daño que puede ocurrir en los diferentes elementos estructurales, debido a un evento sísmico.
- 1.7.31 Llanos y Vidal (2003) refiere que es también conocida como vulnerabilidad física, hace referencia al grado de afectación que pueden 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 (citado por Vera, 2014).
- 1.7.32 **Vulnerabilidad sísmica no estructural:** Es el grado de pérdida o daño de todos los bienes que forman parte del equipamiento de una edificación.
- 1.7.33 Reque (2006) refiere también que la vulnerabilidad no estructural está asociada a la susceptibilidad de los elementos o componentes no estructurales de sufrir daños debido a un sismo, lo que se ha llamado daño sísmico no estructural. El mismo comprende el deterioro físico de aquellos elementos o componentes que no forman parte integral del sistema resistente de la edificación y pueden clasificarse en componentes arquitectónicos tales como tabiquerías, puertas, ventanas etc. (citado por Vera, 2014).
- 1.7.34 **Junta sísmica:** Es una junta de separación que permite una independencia de dos macizos adyacentes, de forma que el movimiento de uno se produce de manera independiente del otro.
- 1.7.35 **Riesgo inminente:** Posibilidad de daño que se materialice en un futuro inmediato y pueda suponer la pérdida de una vida humana.
- 1.7.36 **Desplome:** Caída de un muro desde la posición vertical.
- 1.7.37 **A.T.C.:** Agentes tradicionales de construcción.

- 1.7.38 **Falla estructural:** Es la deficiente configuración en geometría o condición de posición de uno o varios elementos estructurales que genera una respuesta por debajo de lo mínimo establecido en los reglamentos, al estar solicitados a cargas de trabajo.
- 1.7.39 **Falla constructiva:** Es la deficiente resistencia que presenta uno o varios elementos estructurales debido a procesos de construcción que no obedecen a un adecuado control de calidad.
- 1.7.40 **Espectro:** Es la imagen o registro gráfico que presenta un sistema físico al ser excitado y posteriormente analizado.
- 1.7.41 **F.V. (Factor de vulnerabilidad sísmica):** Es la relación entre el área construida y el área de corte.
- 1.7.42 **Área construida:** es el área techada.
- 1.7.43 **Área de corte:** Es la suma del área de las columnas.
- 1.7.44 **Vulnerabilidad alta:** Cuando la edificación llega al pre colapso en el modelo estático no lineal con un desplazamiento equivalente al provocado con una aceleración 0.10 g.
- 1.7.45 **Vulnerabilidad media:** Cuando la edificación llega al pre colapso en el modelo estático no lineal con un desplazamiento equivalente al provocado con una aceleración 0.25 g.
- 1.7.46 **Vulnerabilidad baja:** Cuando la edificación llega al pre colapso en el modelo estático no lineal con un desplazamiento equivalente al provocado con una aceleración 0.45g.
- 1.7.47 **INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática. Otras definiciones que encontramos en Vera (2014):
- 1.7.48 **Subducción de placas:** Proceso de hundimiento de una placa litosférica bajo otra en un límite convergente, según la teoría de tectónica de placas.
- 1.7.49 La subducción ocurre a lo largo de amplias zonas de subducción que en el presente se concentran en las costas del océano Pacífico en el llamado Cinturón de fuego del Pacífico, pero también hay zonas de subducción en partes del Mar Mediterráneo, Las Antillas del Sur y la costa indonesia de Indonesia.
- 1.7.50 **Junta fría de construcción:** Junta o discontinuidad que resulta de un retraso en la colocación lo suficientemente largo como para imposibilitar la unión del material en dos coladas sucesivas. Toda junta de construcción, prevista o imprevista, debe tratarse adecuadamente, ya que una ejecución inadecuada genera puntos débiles

que rompen el monolitismo de la estructura, dejándola vulnerable a ataques químicos, filtraciones y especialmente esfuerzos sísmicos.

- 1.7.51 **Eflorescencia:** Se denominan Eflorescencias a los cristales de sales, generalmente de color blanco, que se depositan en la superficie de ladrillos, tejas y pisos cerámicos o de hormigón. Algunas sales solubles en agua pueden ser transportadas por capilaridad a través de los materiales porosos y ser depositadas en su superficie cuando se evapora el agua por efecto de los rayos solares y/o del aire.
- 1.7.52 **Eflorescencia Primaria:** Se forma debido a la humedad de la obra recién terminada. Comúnmente este tipo de eflorescencia es inevitable, pero desaparece en pocos meses.
- 1.7.53 **Eflorescencia Secundaria:** Aparecen en obras de más de un año de antigüedad debido a condiciones desfavorables propias de la estructura o del medio (alta porosidad, elevada humedad permanente, defectos constructivos, etc.).

1.8 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

No se plantea ninguna hipótesis, porque se trata de una investigación descriptiva sin manipular variables, y sólo se trabajará con el Objetivo general y con los objetivos específicos.

1.9 PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL.

La carrera profesional de Ingeniería civil es la encargada de velar y aplicar el fiel cumplimiento de las normativas acerca del diseño sismorresistente en la construcción civil para poder controlar su vulnerabilidad sísmica.

Las reglamentaciones al respecto están expresadas en la Norma Técnica E.030, llamada también Diseño Sismorresistente, donde encontramos todas las bases técnicas y orientaciones para poder construir eficientemente cualquier tipo de construcción civil, la cual se puede complementar con las otras normas técnicas como la E.020, E.060 y E.070.

Tenemos también una institución como es el Centro Peruano – Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), donde se puede recurrir para buscar el mayor asesoramiento para poder solucionar los diferentes problemas en el campo de la Vulnerabilidad sísmica.

CAPÍTULO II.

MATERIAL Y METODOS

2.1 MATERIAL.

2.1.1 Recursos materiales:

Se utilizaron los más indispensables como las probetas para la extracción de los núcleos.

Se utilizó también la Guía de Observación para recabar los datos concernientes al presente estudio.

2.1.2 Recursos humanos:

A parte del tesista, se buscó el apoyo de dos asistentes de campo para acelerar la recolección de datos y también el apoyo del Asesor de tesis en el análisis de los mismos.

2.1.3 Servicios:

Se buscó el servicio de alquiler de una perforadora diamantina

2.2 MATERIAL DE ESTUDIO

2.2.1 Diseño de investigación

El presente estudio es del tipo no experimental con una sola variable: Vulnerabilidad sísmica.

El diseño de investigación es transversal, porque la recolección de datos se usó con el propósito de describir la variable y analizar su comportamiento en un mismo tiempo.

2.2.2 Unidad de estudio

Se consideró como unidad de estudio las edificaciones de albañilería confinada de la Urb. Santa Teresa de Ávila, que son las construcciones más populares en las zonas urbanas del Perú, para viviendas, oficinas, hoteles, etc.

2.2.3 Población

La Población son todas las edificaciones de albañilería confinada de la Urb. Santa Teresa de Ávila.

2.2.4 Muestra

Se consideró una muestra no probabilística, tomándose por conveniencia propia seis edificaciones de albañilería confinada de la Urb. Santa Teresa de Ávila. Obteniéndose la muestra de la siguiente manera:

Tabla 11: Muestra de núcleos de concreto.

| EDIFICACION (VIVIENDA) | ELEMENTOS ESTRUCTURALES | | | | Nº DE NUCLEOS DE CONCRETO |
|---------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------|
| | VIGAS | LOSAS | COLUMNAS | MUROS | |
| 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| 6 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| TOTAL | 18 | 18 | 18 | 18 | 72 |

Fuente: Elaboración propia.

2.3 TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS.

2.3.1 Para recolectar datos

Para la recolección de datos se utilizó la técnica de la observación para cada una de las seis edificaciones de albañilería confinada tomada como muestra y se hizo utilizando como instrumento la Guía de observación que se muestra en el Anexo.

El procedimiento para la toma de datos, se realizó utilizando la Guía de observación en la cual se anotaron los datos principales de las características de las estructuras para posteriormente ser analizados.

2.3.2 Para procesar datos

Para procesar los datos se utilizó la técnica de la Estadística Descriptiva y como instrumento la Guía de Observación, cuyo modelo se muestra en el Anexo.

Se empleó el siguiente procedimiento para procesar los datos:

2.3.2.1 Extracción de núcleos de concreto:

Para la extracción de núcleos de concreto se seleccionarán las seis edificaciones sólo de albañilería confinada.

De acuerdo a la Tabla 11, utilizando la perforadora diamantina se obtuvieron un total de 72 núcleos cilíndricos correspondientes a las seis edificaciones y de acuerdo al procedimiento técnico que recomienda el ASTM C42 y que se hace referencia en el punto 6.4 de la sección Bases teóricas, se procedió de la siguiente forma:

- Se ensayaron un mínimo de tres núcleos para el concreto de cada elemento estructural y por cada una de las seis edificaciones.
- Se obtuvieron núcleos con un diámetro mínimo de 3 ½ pulgadas (85 mm) y mayor a 1 pulgada (25mm).
- Longitud mínima de 1 ½ veces el diámetro (relación L/D).
- Se ensayaron los testigos después de un secado de siete días con algunos que tuvieron que humedecerse 40 horas antes del ensayo.

2.3.2.2 Compresión de núcleos:

Los núcleos de concreto extraídos se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión, colocándose en forma vertical en la máquina de ensayo y se comenzó a aplicar una carga a velocidad continua y sin detenimiento de 0.25 + 0.05 MPa/s sobre la cara plana de la probeta; cuando la probeta comenzó a mostrar fractura se detuvo el ensayo, anotándose la carga máxima registrada por la máquina, Se estimó que la resistencia de los testigos es inferior a la que podría obtenerse de cilindros moldeados, con el mismo concreto, al pie de obra y curados por el método normalizado. Las resistencias obtenidas sobre las probetas diamantinas se expresaron con aproximación de 0.1 Kg/cm² cuando el diámetro se midió con aproximación de 0.25 mm.; y de 0.5 cuando el diámetro se midió con aproximación de 2.5 mm y como recomienda el mismo ASTM C42, además se registraron:

- La longitud de la probeta.
- Las condiciones de humedad antes de la rotura.
- El tamaño máximo del agregado en el concreto.
- La dirección en la aplicación de la carga de rotura con relación al plano longitudinal de colocación del concreto en obra.

2.3.2.3 Análisis dinámico:

La zonificación según la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente asigna un factor de zona Z a cada una de las cuatro zonas del territorio nacional. Este factor representa la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

La zona en la que están ubicadas las edificaciones del presente estudio corresponde a la zona 4 con el factor 0.40. Para los parámetros de suelo, los efectos de este estudio y los perfiles de suelo se clasificaron tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

Para efectos de la aplicación de la Norma Técnica E.030 se consideró que el perfil del suelo es de tipo intermedio (S2), el parámetro T_p asociado con este sitio de suelo es de 0.60 seg. y el factor de amplificación del suelo se considera $S = 1.05$.

Para el factor de amplificación sísmica (C) de acuerdo a las características de sitio, se definió al factor de amplificación sísmica (C) por la expresión (16): $C = 2.50 * (T_p / T)$, $C < 2.50$ Para la Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U), de acuerdo a la Tabla 7, se tomó la categoría C (Edificaciones Comunes), debido a que las edificaciones tomadas en el presente estudio son viviendas, correspondiéndoles el Factor $U = 1.0$

A nivel general, se verificará el comportamiento dinámico de la estructura frente a cargas sísmicas, mediante un Análisis espectral indicado en la Norma correspondiente, con ese propósito se generará un modelo matemático para el análisis respectivo. Este modelo será realizado usando el programa de cálculo de estructuras ETABS.

2.3.2.4 Análisis de desplazamientos:

Se verificará los desplazamientos obtenidos en el programa ETABS con los permisibles de la Norma correspondiente.

Para los sistemas estructurales de las edificaciones en estudio se tomó un valor para el coeficiente $R_{x-x} = 8$ para la dirección X y $R_{y-y} = 6$ para la dirección Y. Si las estructuras calificaran como irregular, estos coeficientes de reducción serán el 75% del valor original, según lo establece la Norma Técnica E.030.

Para el cálculo de la aceleración espectral de cada una de las direcciones analizadas se utilizó un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$Z = 0.45 \text{ (Zona 4 de la Tabla 3)}$$

$$U = 1.00 \text{ (Categoría C de la Tabla 7)}$$

$$S = 1.05 \text{ (Z}_4 \text{ con S}_2 \text{ suelos intermedios de la Tabla 5).}$$

$$T_p = 0.60 \text{ (Con S}_2 \text{ de la Tabla 6).}$$

$R_x = 8.00$ (Factor de reducción para estructuras irregulares con un sistema compuesto por pórticos de concreto armado en X-X).

$R_y = 3.00$ (Factor de reducción para estructuras irregulares con un sistema compuesto por muros de albañilería confinada en Y-Y $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ (Aceleración de la gravedad) $C = 2.5 * (T_p/T)$ ($C \leq 2.5$))

2.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

En la Tabla 12 se muestran la Operacionalización de la variable:

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ÍTEM |
|-----------------------------------|---|--|-----------------|-----------------------------|--|
| Vulnerabilidad sísmica | Es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones durante algún evento sísmico. | Análisis dinámico del grado de vulnerabilidad. | Método dinámico | Análisis espectral | -Número de probetas. -Espectro de respuesta. |
| | | | | Modelo matemático | - Zonificación. -Perfiles de suelos. -Análisis estructural. |
| | | | ETABS | Resistencia a la compresión | -Número de probetas. |
| | | | | Modelamiento | -Resistencia a la compresión. |
| | | | Desplazamientos | -Modelo. | |

Tabla 12: Operacionalización de la variable

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III.

RESULTADOS

3.1 EXTRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO

Como se indica en la sección de la parte II Material y Métodos, los resultados obtenidos en la máquina de ensayo y que corresponden a la resistencia mecánica del concreto de los elementos estructurales: vigas, losas, columnas ($f'c$) y muros ($f'm$), se muestran para cada uno de los edificios en las Tablas 13, 14, 15, 16 y 17, con sus respectivos módulos de elasticidad del concreto (E_c) correspondiente a las vigas, losas y columnas y su módulo de elasticidad de albañilería (E_m) correspondiente a los muros.

Tabla 13: Resistencia a la compresión ($f'c$) y Módulo de elasticidad (E_c) de vigas.

| N. CONCRETO EDIFICACION | $f'c$ (kg/cm ²) | | | | E_c (kg/cm ²) |
|----------------------------|-----------------------------|--------|--------|----------|--------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | |
| 1 | 140.12 | 142.3 | 141.4 | 141.27 | 178 285.79 |
| 2 | 164.41 | 170.69 | 172.23 | 169.11 | 195 063.45 |
| 3 | 169.21 | 164.62 | 165.99 | 166.61 | 193 616.24 |
| 4 | 174.15 | 176.02 | 172.99 | 174.39 | 198 085.21 |
| 5 | 167.81 | 175.56 | 171.86 | 171.74 | 196 574.41 |
| 6 | 171.07 | 158.87 | 160.04 | 163.33 | 191 700.94 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Resistencia a la compresión ($f'c$) y Módulo de elasticidad (E_c) de losas

| N. CONCRETO EDIFICACION | $f'c$ (kg/cm ²) | | | | E_c (kg/cm ²) |
|----------------------------|-----------------------------|--------|--------|----------|--------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | |
| 1 | 142.16 | 139.7 | 141.4 | 141.09 | 178 171.97 |
| 2 | 192.11 | 201.30 | 201.30 | 198.24 | 211 196.59 |
| 3 | 169.50 | 164.62 | 165.99 | 166.70 | 193 668.53 |
| 4 | 180.00 | 176.02 | 172.99 | 176.34 | 199 189.61 |
| 5 | 180.50 | 175.56 | 171.86 | 175.97 | 198 980.53 |
| 6 | 160.43 | 158.87 | 160.04 | 159.78 | 189 606.17 |

Fuente: Ibídem.

Tabla 15: Resistencia a la compresión ($f'c$) y Módulo de elasticidad (E_c) de columnas

| N. CONCRETO EDIFICACION | $f'c$ (kg/cm ²) | | | | E_c (kg/cm ²) |
|----------------------------|-----------------------------|--------|--------|----------|--------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | |
| 1 | 142.4 | 139.7 | 141.40 | 141.17 | 178 222.47 |
| 2 | 192.11 | 201.30 | 201.30 | 198.24 | 211 196.59 |
| 3 | 169.50 | 164.62 | 165.99 | 166.70 | 193 668.53 |
| 4 | 180.00 | 176.02 | 172.99 | 176.34 | 199 189.61 |
| 5 | 180.50 | 175.56 | 171.86 | 175.97 | 198 980.53 |
| 6 | 16.43 | 158.87 | 160.04 | 159.78 | 189 606.17 |

Fuente: Ibídem.

Tabla 16: Resistencia a la compresión ($f'm$) y Módulo de elasticidad (E_m) de muros.

| N. CONCRETO EDIFICACION | $f'm$ (kg/cm ²) | | | | E_m | |
|----------------------------|-----------------------------|-------|-------|----------|--------|----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | FACTOR | kg/cm ²) |
| 1 | 60.00 | 60.40 | 60.30 | 60.23 | 500 | 30 115 |
| 2 | 61.54 | 63.40 | 62.60 | 62.51 | 500 | 31 255 |
| 3 | 62.60 | 64.40 | 65.00 | 64.00 | 500 | 32 000 |
| 4 | 59.80 | 58.40 | 59.05 | 59.08 | 500 | 29 540 |
| 5 | 59.86 | 60.53 | 60.22 | 60.20 | 500 | 30 100 |
| 6 | 60.34 | 57.89 | 58.35 | 58.86 | 500 | 29 430 |

Fuente: Ibídem.

Los promedios de resistencia a la compresión de cada una de las estructuras mostradas en las anteriores tablas, se utilizarán para el modelado en ETABS, según se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17: Resistencia a la compresión($f'c$ y $f'm$) a utilizar para el modelado en ETABS.

| EDIFICACION | VIGAS $f'c$ | LOSAS $f'c$ | COLUMNAS $f'c$ | MUROS $f'm$ |
|-------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|
| 1 | 141.27 | 141.09 | 141.17 | 60.23 |
| 2 | 169.11 | 198.24 | 198.24 | 62.51 |
| 3 | 166.61 | 166.70 | 166.70 | 64.00 |
| 4 | 174.39 | 176.34 | 176.34 | 59.08 |
| 5 | 171.74 | 175.97 | 175.97 | 60.20 |
| 6 | 163.33 | 159.78 | 159.78 | 58.86 |

Fuente: Ibídem

Los promedios de resistencia a la compresion ($f'm$) de la Tabla 16 se usaron para calcular el módulo de elasticidad (E_m) de los muros construidos en todos los edificios con unidades de arcilla correspondiendo multiplicarlos por el factor 500 como se menciona en la sección de Material y métodos.

Para el concreto utilizado en las vigas, las losas y las columnas de todos los edificios se utilizó un Peso específico del concreto (Y_c) de 2,400 kg/cm³ y un Coeficiente de poisson (μ) de 0.20. Así mismo, para el acero de refuerzo grado 60 se utilizó su resistencia a la fluencia (f_y) de 4,200 kg/cm² con un módulo de elasticidad del acero de 2'000,000 kg/cm².

3.2 VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS EN CONCRETO ARMADO:

Para el resumen de cargas:

- **Cargas muertas(CM):**
 - ✓ Peso propio de los elementos de concreto armado : 2,400 Kg/mm³.
 - ✓ Peso propio de losa aligerada (h = 0.20 m.) : 300 Kg/m².
 - ✓ Peso propio del piso terminado : 100 Kg/m².
 - ✓ Peso propio de la tabiquería : 1,800 Kg/m³.
 - ✓ Peso de la tabiquería móvil : 150 Kg/m².
- **Cargas vivas (CV):**
 - ✓ Sobrecarga de uso u ocupación : 200 Kg/m².
 - ✓ Sobrecarga de uso u ocupación en azotea : 100 Kg/m².
- **Cargas de sismo (CS):**

$$S_a = (Z.U.C.S.g)/R$$

(Según la Norma Peruana de Estructuras)

3.3 ANÁLISIS DINÁMICO CON MODELO MATEMÁTICO:

La zonificación según la Norma E-030 de diseño sismo resistente asigna un factor de zona Z a cada una de las cuatro zonas del territorio nacional. Este factor representa la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Para el presente trabajo la zona en la que está ubicada la edificación de estudio corresponde a la zona 4, correspondiéndole un factor de 0.40. De acuerdo como lo estipula la Norma Técnica E.030 Diseño sismo resistente y para los efectos de este estudio, para los parámetros de suelo y los perfiles de suelo se clasificaron tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Se consideró que el perfil de suelo es de tipo intermedio (S2), el parámetro T_p asociado con este tipo de suelo es de 0.60 seg y el factor de amplificación del suelo se consideró $S = 1.05$.

Para el factor de amplificación sísmica C de acuerdo a las características de sitio se la definió por la expresión (10) de la sección Bases teóricas. Es decir: $C = 2.5 * (T_p / T) \quad C \leq 2.5$

Para las categorías de las edificaciones y factor de uso (U) se enmarca en la categoría C de la Tabla 10, correspondiéndole el valor de $U = 1.0$.

3.4 ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS:

Para el sistema estructural, como se menciona en la sección de Material y Métodos, se tomó un valor para el cociente de reducción $R_{x-x} = 8$ para la dirección x y $R_{y-y} = 6$ para la dirección y y si la estructura califica como irregular estos coeficientes de reducción pueden ser el 75% del valor original, según la Norma Técnica E.030. En la Tabla 18 se muestra las masas participativas de las estructuras en las direcciones x e y , luego del modelado en ETABS.

Tabla 18: Masas participativas de las estructuras en las direcciones x e y

| EDIFICACION | PERIODO (seg.) | MASA PARTICIPATIVA | |
|-------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| | | DIRECCION x (%) | DIRECCION y (%) |
| 1 | 0.293 | 62.560 | 60.010 |
| 2 | 0.140 | 45.788 | 50.160 |
| 3 | 0.131 | 32.080 | 88.860 |
| 4 | 0.107 | 52.669 | 68.010 |
| 5 | 0.064 | 63.420 | 45.765 |
| 6 | 0.051 | 72.640 | 65.002 |

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la aceleración espectral de cada una de las direcciones analizadas se utilizó un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por los siguientes datos utilizados en la expresión:

$$S_a = (ZUCS * G) / R \quad (24)$$

Z = 0.40 (correspondiente a la zona 4, Anexo 1 de NTE E.030)

U = 1.00 (correspondiente a la categoría C, Tabla 7)

S = 1.05 (correspondiente a suelos intermedios, Tabla 5)

$T_P = 0.60$ (correspondiente a suelos intermedios, Tabla 6)

R_x = 8.00 (factor de reducción para estructuras irregulares con un sistema compuesto por pórticos de concreto armado en x-x)

R_y = 6.00 (factor de reducción para estructuras irregulares con un sistema compuesto por muros de albañilería confinada en y-y)

g = 9.81 (aceleración de la gravedad en m/seg²)

$$C = 2.5(T_p/T) \quad (C \leq 2.5)$$

En la Tabla 19 las combinaciones espectrales para el Análisis dinámico.

Debido a que el programa ETABS hace la distribución automática de las cargas de losas a vigas se asignó directamente las cargas en metros cuadrados sobre las losas unidireccionales, de acuerdo a lo observado en el sitio.

Tabla 19: Combinaciones espectrales para el Análisis dinámico

| τ (seg.) | S_x (m/seg ²) | S_y (m/seg ²) |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 0.00 | 3.00 | 3.00 |
| 0.01 | 3.00 | 3.00 |
| 0.05 | 3.00 | 3.00 |
| 0.10 | 3.00 | 3.00 |
| 0.15 | 3.00 | 3.00 |
| 0.20 | 3.00 | 3.00 |
| 0.25 | 3.00 | 3.00 |
| 0.30 | 3.00 | 3.00 |
| 0.35 | 3.00 | 3.00 |
| 0.40 | 3.00 | 3.00 |
| 0.45 | 3.00 | 3.00 |
| 0.50 | 3.00 | 3.00 |
| 0.55 | 3.00 | 3.00 |
| 0.60 | 3.00 | 3.00 |
| 0.65 | 2.77 | 2.77 |
| 0.70 | 2.57 | 2.57 |
| 0.75 | 2.40 | 2.40 |
| 0.80 | 2.25 | 2.25 |
| 0.85 | 2.12 | 2.12 |
| 0.90 | 2.00 | 2.00 |
| 0.95 | 1.89 | 1.89 |
| 1.00 | 1.80 | 1.80 |
| 1.05 | 1.71 | 1.71 |
| 1.10 | 1.64 | 1.64 |
| 1.15 | 1.57 | 1.57 |
| 1.20 | 1.50 | 1.50 |
| 1.25 | 1.44 | 1.44 |
| 1.30 | 1.38 | 1.38 |
| 1.35 | 1.33 | 1.33 |
| 1.40 | 1.29 | 1.29 |
| 1.45 | 1.24 | 1.24 |
| 1.50 | 1.20 | 1.20 |
| 1.55 | 1.16 | 1.16 |
| 1.60 | 1.13 | 1.13 |
| 1.65 | 1.09 | 1.09 |
| 1.70 | 1.06 | 1.06 |
| 1.75 | 1.03 | 1.03 |
| 1.80 | 1.00 | 1.00 |
| 1.85 | 0.97 | 0.97 |
| 1.90 | 0.95 | 0.95 |
| 1.95 | 0.92 | 0.92 |
| 2.00 | 0.90 | 0.90 |

| | | |
|------|------|------|
| 2.05 | 0.88 | 0.88 |
| 2.10 | 0.86 | 0.86 |
| 2.15 | 0.84 | 0.84 |
| 2.20 | 0.82 | 0.82 |
| 2.25 | 0.80 | 0.80 |
| 2.30 | 0.78 | 0.78 |
| 2.35 | 0.77 | 0.77 |
| 2.40 | 0.75 | 0.75 |
| 2.45 | 0.73 | 0.73 |
| 2.50 | 0.72 | 0.72 |
| 2.55 | 0.71 | 0.71 |
| 2.60 | 0.69 | 0.69 |
| 2.65 | 0.68 | 0.68 |
| 2.70 | 0.67 | 0.67 |
| 2.75 | 0.65 | 0.65 |
| 2.80 | 0.64 | 0.64 |
| 2.85 | 0.63 | 0.63 |
| 2.90 | 0.62 | 0.62 |
| 2.95 | 0.61 | 0.61 |
| 3.00 | 0.60 | 0.60 |

Fuente: Ibídem

Para el análisis modal de la estructura, para cada dirección de análisis se consideró los modos de vibración cuya suma de masas participativa sea por lo menos el 90% de la masa de la estructura, pero además se tomó en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes.

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso calculado según el análisis lineal elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas por el coeficiente R, no debe exceder la fracción de la altura de entrepiso según el tipo de material predominante. Así se tiene que para estructuras de concreto armado el límite será 0.007 y estructuras de albañilería confinada será 0.005.

Las Tablas 20 y 21 ilustran los desplazamientos relativos de entrepiso con Drift no factorado y el corregido respectivamente.

Tabla 20: Desplazamientos de entrepiso (Drift no factorado)

Se muestra el Espectro de Pseudo – Aceleraciones para las Direcciones X e Y.

| Story | Load Case/Combo | Direction | Dft | Label | X m | Y m | Z m |
|--------------|----------------------------|------------------|------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| STORY 3 | ESPXX Max | X | 0.000936 | 21 | 6.13 | 0 | 8.8 |
| STORY 3 | ESPXX Max | Y | 0.000142 | 12 | 0 | 12.45 | 8.8 |
| STORY 3 | ESPYX Max | X | 4.80E-05 | 21 | 6.13 | 0 | 8.8 |
| STORY 3 | ESPYX Max | Y | 0.000116 | 5 | 0 | 16.05 | 8.8 |
| STORY 2 | ESPXX Max | X | 0.001098 | 20 | 4.98 | 0 | 5.6 |
| STORY 2 | ESPXX Max | Y | 0.000173 | 1 | 0 | 18.05 | 5.6 |
| STORY 2 | ESPYX Max | X | 6.30E-05 | 21 | 6.13 | 0 | 5.6 |
| STORY 2 | ESPYX Max | Y | 0.000205 | 21 | 6.13 | 0 | 5.6 |
| STORY 1 | ESPXX Max | X | 0.000817 | 21 | 6.13 | 0 | 2.75 |
| STORY 1 | ESPXX Max | Y | 0.000132 | 5 | 0 | 16.05 | 2.75 |
| STORY 1 | ESPYX Max | X | 5.60E-05 | 21 | 6.13 | 0 | 2.75 |
| STORY 1 | ESPYX Max | Y | 0.000222 | 18 | 6.13 | 4.4 | 2.75 |

En la ilustración se muestra los desplazamientos relativos de entrepiso (Drift no factorado)

Fuente: Ibídem

Tabla 21: Desplazamientos de entrepiso

| EDIFICACION | RANGO ELASTICO | | RANGO INELASTICO | | PORT. (x_x) | ALB. (y-y) |
|-------------|----------------|---------|------------------|---------|----------------------|----------------------|
| | Drift x | Drift Y | Drift x | Drift y | Condición < 0.007 | Condición < 0.005 |
| 1 | 0.00094 | 0.00015 | 0.00421 | 0.00239 | Pasa | Pasa |
| 2 | 0.00084 | 0.00217 | 0.00351 | 0.00039 | Pasa | Pasa |
| 3 | 0.00075 | 0.00032 | 0.00221 | 0.00167 | Pasa | Pasa |
| 4 | 0.00094 | 0.00712 | 0.00191 | 0.00539 | Pasa | No pasa |
| 5 | 0.00810 | 0.00621 | 0.00794 | 0.00669 | No pasa | No pasa |
| 6 | 0.00082 | 0.00522 | 0.00368 | 0.00575 | Pasa | No pasa |

Fuente: Ibídem

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, para cada dirección se cargó el modelo del ETABS con una carga donde se consideró 100% de la carga permanente o muerta y 25% de la carga viva para obtener el peso de la estructura de acuerdo a la Norma Técnica E.030.

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en la base del edificio no puede ser menor que el 80% del calculado en las estructuras regulares, ni menor que el 90% para las estructuras irregulares.

En las Tablas 22 y 23 se puede apreciar el cortante mínimo basal y el cortante dinámico respectivamente de las viviendas o edificaciones estudiadas en la dirección x e y.

Tabla 22: Cortante mínimo basal de las edificaciones en la dirección x e y.

| EDIFICACION | DIRECCION | R | C | P (Ton.) | V estático (Ton.) |
|--------------------|------------------|----------|----------|-----------------|--------------------------|
| 1 | x | 6.00 | 2.500 | 327.15 | 65.43 |
| | y | 4.50 | 2.500 | 327.16 | 87.24 |
| 2 | x | 6.00 | 2.500 | 307.19 | 61.44 |
| | y | 4.50 | 2.500 | 307.19 | 81.92 |
| 3 | x | 6.00 | 2.500 | 457.56 | 91.51 |
| | y | 4.50 | 2.500 | 457.56 | 122.02 |
| 4 | x | 6.00 | 2.500 | 395.64 | 79.13 |
| | y | 4.50 | 2.500 | 395.64 | 105.50 |
| 5 | x | 6.00 | 2.500 | 326.93 | 65.39 |
| | y | 4.50 | 2.500 | 326.93 | 87.18 |
| 6 | x | 6.00 | 2.500 | 320.45 | 64.09 |
| | y | 4.50 | 2.500 | 320.45 | 85.45 |

Fuente: Ibídem

Tabla 23: Cortante dinámico de las edificaciones en la dirección x e y.

| EDIFICACION | DIRECCION | V dinámico (Ton.) |
|--------------------|------------------|--------------------------|
| 1 | x | 44.83 |
| | y | 79.44 |
| 2 | x | 46.72 |
| | y | 77.54 |
| 3 | x | 36.93 |
| | y | 76.47 |
| 4 | x | 45.86 |
| | y | 72.76 |
| 5 | x | 48.89 |
| | y | 74.74 |
| 6 | x | 47.03 |
| | y | 75.04 |

Fuente: Ibídem

Se procedió a analizar la densidad mínima de muros en las direcciones x e y de las edificaciones lo cual se puede observar en la Tabla 24.

Tabla 24: Densidad mínima de muros de las edificaciones en las direcciones x e y

| EDIF. MUROS | L | t | Pg | Ve | Me | α | Vm | 0.55Vm | Vm1/Ve1 | Vu | Mu | Ve \leq 0.55Vm | ¿Se agrieta? |
|-------------|-----|-------|--------|--------|----------|----------|--------|--------|---------|--------|----------|------------------|--------------|
| | (m) | (m) | (Ton.) | (Ton.) | (Ton. m) | | (Ton.) | (Ton.) | | (Ton.) | (Ton. m) | | |
| 1 | x1 | 32.06 | 0.13 | 38.91 | 65.43 | 76.14 | 1.00 | 177.75 | 88.87 | 2.72 | 177.75 | 206.84 | NO |
| | y2 | 30.24 | 0.13 | 38.60 | 87.24 | 75.56 | 1.00 | 168.09 | 84.05 | 2.00 | 174.48 | 151.12 | Si, reforzar |
| 2 | x1 | 33.56 | 0.23 | 43.56 | 61.44 | 77.13 | 1.00 | 322.63 | 161.32 | 3.00 | 184.32 | 231.39 | NO |
| | y2 | 27.45 | 0.13 | 30.23 | 76.50 | 76.40 | 1.00 | 151.48 | 75.74 | 2.00 | 153.00 | 152.80 | Si, reforzar |
| 3 | x1 | 41.56 | 0.13 | 44.50 | 102.4 | 67.40 | 1.00 | 229.05 | 114.52 | 2.24 | 229.05 | 150.76 | NO |
| | y2 | 40.56 | 0.13 | 44.16 | 122.02 | 79.45 | 1.00 | 223.71 | 111.85 | 2.00 | 244.04 | 158.90 | Si, reforzar |
| 4 | x1 | 49.56 | 0.23 | 53.42 | 79.13 | 76.14 | 1.00 | 473.94 | 236.97 | 3.00 | 237.39 | 228.42 | NO |
| | y2 | 48.56 | 0.23 | 51.20 | 105.50 | 79.45 | 1.00 | 464.11 | 232.06 | 3.00 | 316.50 | 238.35 | NO |
| 5 | x1 | 40.53 | 0.23 | 41.56 | 193.57 | 45.60 | 1.00 | 387.10 | 193.55 | 2.00 | 387.14 | 91.20 | Si, reforzar |
| | y2 | 30.24 | 0.15 | 34.84 | 100.34 | 79.45 | 1.00 | 191.72 | 95.86 | 2.00 | 200.68 | 158.90 | Si, reforzar |
| 6 | x1 | 33.87 | 0.23 | 35.67 | 64.09 | 76.14 | 1.00 | 323.70 | 161.85 | 3.00 | 192.27 | 228.42 | NO |
| | y2 | 35.67 | 0.23 | 38.97 | 85.45 | 79.45 | 1.00 | 341.23 | 170.61 | 3.00 | 256.35 | 238.35 | NO |

Fuente: Ibídem

Aplicando la expresión (11) de la Vulnerabilidad sísmica dada en Bases teóricas

Vulnerabilidad sísmica = 0.6 * Comportamiento sísmico + 0.3 * Estado actual + 0.1 *

Estabilidad de muros

se llegó a obtener los resultados que se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25: Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones**EDIFICACIONES RANGO VULNERABILIDAD SISMICA**

| | | |
|---|-------|-----|
| 1 | Media | 1.9 |
| 2 | Media | 1.5 |
| 3 | Media | 1.5 |
| 4 | Baja | 1.4 |
| 5 | Alta | 2.8 |
| 6 | Baja | 1.2 |

Fuente: Ibídem

CAPÍTULO IV.

DISCUSIÓN

4.1 DISCUSIÓN:

Extracción y compresión de núcleos de concreto:

Según se observa en la Tablas 13, 14, 15, 16 y 17, con la extracción de núcleos con perforaciones diamantinas, se ha logrado obtener la Resistencia a la compresión (f'_c y f'_m) actual de los elementos estructurales (vigas, losas, columnas y muros) de las seis edificaciones seleccionadas, las cuales son menores a las resistencias a la compresión inicial al momento de la construcción, debido a la calidad de la construcción creemos principalmente o en parte al deterioro por el tiempo transcurrido.

Según Tabla 25, cuatro de seis viviendas evaluadas presentan vulnerabilidad alta o media, y solo dos vulnerabilidad baja. Las cuatro viviendas representan el 66.6%, y las dos viviendas el 33.3%

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIONES:

- 5.1. Se logró determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada de la Urb. Santa Teresa de Ávila.
- 5.2. Con la extracción de núcleos con perforaciones diamantinas, se ha logrado obtener la Resistencia a la compresión (f'_c y f'_m) actual de los elementos estructurales (vigas, losas, columnas y muros) de las seis edificaciones seleccionadas, las cuales son menores a las resistencias a la compresión inicial al momento de la construcción, debido a la calidad de construcción o probablemente al tiempo transcurrido.
- 5.3. Se realizó el modelamiento de las estructuras de albañilería confinada con el programa ETABS, usando el método de Análisis dinámico, donde se verificó el comportamiento dinámico de la estructura frente a cargas sísmicas, mediante un Análisis espectral indicado en la Norma correspondiente.
- 5.4. Se logró diagnosticar el grado de vulnerabilidad estructural de las edificaciones en la Urb. Santa Teresa de Ávila obteniendo que solo el 33.3% tiene Vulnerabilidad Sísmica baja, y el 66.6% tendría vulnerabilidad sísmica media o alta.

CAPÍTULO VI.

RECOMENDACIONES

6.1 RECOMENDACIONES:

- 6.1.** Se le recomienda a la Municipalidad Distrital de Trujillo que se deben evaluar y concientizar la regularización de los expedientes de construcción debido a que se encuentra en su total mayoría construcciones informales, ocasionando posibles daños de infraestructura, pérdidas económicas y la salud y bienestar de los propietarios y familias aledañas.
- 6.2.** Se recomienda a profesionales del sector de la construcción y profesionales del sector de obras civiles optimizar recursos y a través de ello regularizar los expedientes de construcción.
- 6.3.** Se recomienda a los funcionarios y personal del área de la Unidad de Catastro Urbano y Acondicionamiento Territorial de la Municipalidad Distrital de Trujillo que son los que evalúan y aprueban los expedientes de Licencias de Construcción, dar a conocer a la población y concientizar sobre los procedimientos de ejecución de viviendas urbanas.
- 6.4.** Se recomienda a los futuros tesisistas tener en cuenta y claro la verdadera realidad de los problemas que se buscan solucionar, adquiriendo conocimiento en formalización de licencias de construcción y así evitar que se siga construyendo de manera informal.
- 6.5.** A los propietarios que habitan la Urbanización Santa Teresa recomendarles que, busquen ayuda de profesionales en el rubro de la Construcción y formalizar sus licencias de construcción.

CAPÍTULO VII.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al, C. C. (1994). *VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICIOS*. Barcelona, España.
- Barona, D. (2016). *Vulnerabilidad Sísmica del Centro Histórico de Sangolquí (Tesis de pregrado)*. Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.
- Bazán, J. (2014). *Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas de Albañilería Confinada en la Ciudad De Cajamarca. (Tesis de Maestría)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Kuroiwa, J. P. (2010). *Alto a los Desastres. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo*. Lima, Peru: Umbral Ediciones.
- Laucata, J. (2013). *Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Informales en la Ciudad de Trujillo (Tesis de pregrado)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Laucata, J. (2013). *Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Informales en la Ciudad de Trujillo (Tesis de pregrado)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Laucata, J. (2013). *Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Informales en la Ciudad de Trujillo (Tesis de pregrado)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Mercado, L. &. (2016). *Análisis de Vulnerabilidad Sísmica en Edificaciones Aporticadas de Concreto Reforzado en la Ciudad de Cartagena. Caso de Estudio, Edificio Consaca y Banco del Estado*. Colombia: Universidad de Cartagena.
- Quiroz, L. &. (2015). *Evaluación del Grado de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en Edificaciones Conformadas por Sistemas Aporticados y de Albañilería Confinada en el Sector de La Esperanza Parte Baja*. Trujillo : Universidad Privada Antenor Orrego .
- Silva, N. (2011). *Vulnerabilidad Sísmica Estructural en Viviendas Sociales, y Evaluación Preliminar de Riesgo Sísmico en la Región Metropolitana (Tesis de Maestría)*. Chile: Universidad de Chile.
- Vera, W. (2014). *Riesgo Sísmico de las Viviendas de Albañilería Confinada del Barrio El Estanco, Cajamarca (Tesis de pregrado)*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

ANEXOS

ANEXO N° 01

GUÍA DE OBSERVACIÓN

Informante:

I. FECHA DE OSERVACIÓN

1.1 Fecha 1.2 Hora de inicio 1.3 Hora final

II. UBICACIÓN DEL EDIFICIO

2.1 Dirección

2.2 Región 2.3 Provincia

2.4 Distrito 2.5 Zona y Mz.

2.6 Antigüedad de la edificación

III. INFORMACIÓN TÉCNICA

3.1 Área construida

3.2 Altura entre piso 3.3 Uso

3.4 Largo de fachada 3.5 Ancho

IV. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

4.1 Cuenta con planos:

Si cuenta con planos () Solo arquitectura o Escritura () Ninguno ()

4.2 Durante el proceso constructivo con qué tipo de técnico especialista se contó:

Ingeniero () Maestro de obra () Arquitecto ()

4.3 Autoconstrucción:

Si () No ()

4.4 Según el parámetro de sitio en qué tipo de Zona se encuentra la vivienda:

Zona 1 () Zona 2 () Zona 3 () Zona 4 ()

4.5 Tipo de suelo de la vivienda:

Suelo rígido () Suelo intermedio () Suelo flexible ()

4.6 De acuerdo a su topografía que tipo de pendiente presenta:

Menos del 10% () Entre el 10 y el 20% ()
Entre el 20 y 30% () Mayor del 30% ()

4.7 N° de pisos:

2 () 3 () 4 () 5 ()

4.8 Sistema estructural:

Tipo: -----

Albañilería confinada () Dual ()

Pórticos de concreto armado () Albañilería armada ()

Muros estructurales () Otro -----

4.9 Condición del edificio de acuerdo al tipo y organización del sistema resistente:

- Presenta en todas las plantas, vigas y columnas de amarre ()
- En todas las plantas, son conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros ()
- No presenta vigas de amarre en todas las plantas, solo paredes en ángulo recto bien ligadas. ()
- Paredes rectas no ligadas ()

4.10 Material de construcción:

- Ladrillo () - Concreto ()
- Adobe () - Madera ()
- Otro -----

4.11 Fisuras o grietas en muros:

- En gran proporción () - En baja proporción ()
- En media proporción () - Sin fisuras ()

4.12 Sistema de entrepiso:

- Losa maciza () - Losa aligerada en dos direcciones ()
- Losa aligerada en una dirección () - Losa nervada ()
- Otros -----

4.13 Estado de conservación de edificio:

- Buena () - Regular ()
- Mala ()

4.14 Estado de conservación del muro:

- Buena condición, sin lesiones visibles ()
- Presentan lesiones no extendidas, con pequeñas fisuras ()
- Con fisuras entre 2 a 3 mm. de ancho ()
- Con fuerte deterioro de sus materiales, con lesiones muy graves de más de 3mm. de ancho ()

4.15 Características técnicas:

| | |
|----------------------|--|
| Nº de pisos | |
| Ap (m ²) | |
| Z | |
| U | |
| S | |

Densidad mínima -----

| Muro | L (m) | t (m) | L.t (m ²) |
|------|-------|-------|-----------------------|
| X1 | | | |
| X2 | | | |
| X3 | | | |
| X4 | | | |
| X5 | | | |

| muro | L (m) | T (m) | L.t (m ²) |
|------|-------|-------|-----------------------|
| Y1 | | | |
| Y2 | | | |
| Y3 | | | |
| Y4 | | | |
| Y5 | | | |

| Sismicidad (40%) | | Tipo de perfil de suelo | | Topografía y Pendiente (20%) | |
|---------------------------------|---|---------------------------------|---|------------------------------|---|
| Z ₁ | 1 | S ₀ o S ₁ | 1 | Terreno plano | 1 |
| Z ₂ | 2 | S ₂ | 2 | Terreno ondulado | 2 |
| Z ₃ o Z ₄ | 3 | S ₃ o S ₄ | 3 | Terreno accidentado | 3 |

| PELIGRO SÍSMICO | |
|-----------------|-----------|
| Bajo | 0 a 1.8 |
| Medio | 1.9 a 2.4 |
| Alto | 2.6 a más |

| VULNERABILIDAD SÍSMICA | VALOR | PELIGRO SÍSMICO Y EXPOSICIÓN | VALOR |
|------------------------|-------|------------------------------|-------|
| Baja | 1 | Bajo | 1 |
| Media | 2 | Medio | 2 |
| Alta | 3 | Alto | 3 |

| RIESGO SÍSMICO (CUANTITATIVA) | | | | RIESGO SÍSMICO (CUALITATIVA) TRUJILLO, 2021. | | | | |
|-------------------------------|---|-----|-----|---|----------------|-------|-------|-------|
| VULNERABILIDAD | → | 1 | 2 | 3 | VULNERABILIDAD | Baja | Media | Alta |
| PELIGRO Y EXPOSICIÓN | | | | | ↓ | | | |
| 1 | | 1 | 1.5 | 2 | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| 2 | | 1.5 | 2 | 2.5 | Medio | Medio | Medio | Medio |
| 3 | | 2 | 2.5 | 3 | Alto | Alto | Alto | Alto |

V. OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:

| |
|--|
| |
|--|

FIRMA:

| |
|--|
| |
|--|

GUÍA DE OBSERVACIÓN

Informante -----**Walter Juan Ramírez Rodríguez**

I. FECHA DE OSERVACIÓN

1.1 Fecha -----**03/09/2020** 1.2 Hora de inicio -----9:30 a.m. 1.3 Hora final-----11:30 a.m.

II. UBICACIÓN DEL EDIFICIO

2.1 Dirección -----Mz. S, lote 10 Urb. Sta. Teresa de Ávila

2.2 Región -----La Libertad 2.3 Provincia -----Trujillo

2.4 Distrito -----Trujillo 2.5 Antigüedad de la edificación -----10 años

III. INFORMACIÓN TÉCNICA

- 3.1 Área construida -----140 m²
3.2 Altura entre piso -----2.40 m 3.3 Uso -----vivienda
3.4 Largo de fachada -----7.00 m 3.5 Ancho -----20 m.

IV. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

4.1 Cuenta con planos:

Si cuenta con planos (X) Solo arquitectura o Escritura () Ninguno ()

4.2 Durante el proceso constructivo con qué tipo de técnico especialista se contó:

Ingeniero () Maestro de obra (X) Arquitecto ()

4.3 Autoconstrucción:

Si (X) No ()

4.4 Según el parámetro de sitio en qué tipo de Zona se encuentra la vivienda:

Zona 1 () Zona 2 () Zona 3 () Zona 4 (X)

4.5 Tipo de suelo de la vivienda:

Suelo rígido () Suelo intermedio () Suelo flexible (X)

4.6 De acuerdo a su topografía que tipo de pendiente presenta:

Menos del 10% (X) Entre el 10 y el 20% ()
Entre el 20 y 30% () Mayor del 30% ()

4.7 N° de pisos:

2 () 3 (X) 4 () 5 ()

4.8 Sistema estructural:

Tipo: -----Informal

TRUJILLO, 2021.

| | | | |
|-----------------------------|-------|--------------------|-----|
| Albañilería confinada | (X) | Dual | () |
| Pórticos de concreto armado | () | Albañilería armada | () |
| Muros estructurales | () | Otro ----- | |

4.9 Condición del edificio de acuerdo al tipo y organización del sistema resistente:

- Presenta en todas las plantas, vigas y columnas de amarre ()
- En todas las plantas, son conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros (X)
- No presenta vigas de amarre en todas las plantas, solo paredes en ángulo recto bien ligadas. ()
- Paredes rectas no ligadas ()

4.10 Material de construcción:

| | | | |
|------------|-------|------------|-----|
| - Ladrillo | (X) | - Concreto | () |
| - Adobe | () | - Madera | () |
| - Otro | ----- | | |

4.11 Fisuras o grietas en muros:

| | | | |
|-----------------------|-------|----------------------|-----|
| - En gran proporción | () | - En baja proporción | () |
| - En media proporción | (X) | - Sin fisuras | () |

4.12 Sistema de entepiso:

| | | | |
|-----------------------------------|-------|-------------------------------------|-----|
| - Losa maciza | () | - Losa aligerada en dos direcciones | () |
| - Losa aligerada en una dirección | (X) | - Losa nervada | () |
| - Otro | ----- | | |

4.13 Estado de conservación de edificio:

| | | | |
|---------|-----|-----------|-------|
| - Buena | () | - Regular | (X) |
|---------|-----|-----------|-------|

- Mala ()

4.14 Estado de conservación del muro:

- Buena condición, sin lesiones visibles (X)
- Presentan lesiones no extendidas, con pequeñas fisuras ()
- Con fisuras entre 2 a 3 mm. de ancho ()
- Con fuerte deterioro de sus materiales, con lesiones muy graves de más de 3mm. de ancho ()

4.15 Características técnicas:

| | |
|----------------------|--------|
| Nº de pisos | 3 |
| Ap (m ²) | 140.00 |
| Z | 4 |
| U | 1 |
| S | 1.10 |

Densidad mínima ----- 0.236

| Muro | L (m) | t (m) | L.t (m ²) |
|------|-------|-------|-----------------------|
| X1 | 2.5 | 0.23 | 0.58 |
| X2 | 2.2 | 0.23 | 0.51 |
| X3 | 3.2 | 0.23 | 0.74 |
| X4 | 3.25 | 0.23 | 0.75 |
| X5 | 4 | 0.23 | 0.92 |
| X6 | 3.2 | 0.23 | 0.74 |
| X7 | 1.2 | 0.23 | 0.28 |
| X8 | 2.7 | 0.23 | 0.62 |
| X9 | 4.1 | 0.23 | 0.94 |
| X10 | 2.2 | 0.23 | 0.51 |
| | | | |

| muro | L (m) | T (m) | L.t (m ²) |
|------|-------|-------|-----------------------|
| Y1 | 1.70 | 0.23 | 0.39 |
| Y2 | 2.30 | 0.23 | 0.53 |
| Y3 | 2.4 | 0.23 | 0.55 |
| Y4 | 2.1 | 0.23 | 0.48 |
| Y5 | 2.30 | 0.23 | 0.53 |
| Y6 | 1.90 | 0.23 | 0.44 |
| Y7 | 3.20 | 0.23 | 0.74 |
| Y8 | 3.40 | 0.23 | 0.78 |
| Y9 | 2.10 | 0.23 | 0.48 |
| Y10 | 2.50 | 0.23 | 0.58 |
| Y11 | 2.90 | 0.23 | 0.67 |

| | | | |
|--|-----------|-------|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | Sumatoria | 6.567 | |

| | | | |
|------------|-----------|------|------|
| Y12 | 3.00 | 0.23 | 0.69 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | Sumatoria | 6.85 | |

| | |
|------------|-------|
| Densidad Y | 0.047 |
|------------|-------|

| | |
|------------|-------|
| Densidad X | 0.049 |
|------------|-------|

CUMPLE

CUMPLE

| VULNERABILIDAD | | | | EXPOSICIÓN | | | |
|----------------|---|---------------------------------|---|------------------|---|------------------|----|
| ESTRUCTURAL | | NO ESTRUCTURAL | | EXPOSICIÓN | | | |
| DENSIDAD (60%) | | MANO DE OBRA Y MATERIALES (30%) | | TABIQUERÍA (10%) | | TIPO DE SUELO | |
| Adecuada | 1 | Buena calidad | 1 | Adecuada | 1 | Suelo rígido | S1 |
| Aceptable | 2 | Regular calidad | 2 | Aceptable | 2 | Suelo intermedio | S2 |
| Inadecuada | 3 | Mala calidad | 3 | Inadecuada | 3 | Suelo flexible | S3 |

| VULNERABILIDAD SÍSMICA | |
|------------------------|-----------|
| Baja | 0 a 1.2 |
| Media | 1.3 a 1.6 |
| Alta | 1.7 a más |

| PELIGRO SÍSMICO | | EXPOSICIÓN | | | |
|---------------------------------|---|---------------------------------|---|------------------------------|---|
| Sismicidad (40%) | | Tipo de perfil de suelo | | Topografía y Pendiente (20%) | |
| Z ₁ | 1 | S ₀ o S ₁ | 1 | Terreno plano | 1 |
| Z ₂ | 2 | S ₂ | 2 | Terreno ondulado | 2 |
| Z ₃ o Z ₄ | 3 | S ₃ o S ₄ | 3 | Terreno accidentado | 3 |

| PELIGRO SÍSMICO | |
|-----------------|-----------|
| Bajo | 0 a 1.8 |
| Medio | 1.9 a 2.4 |
| Alto | 2.6 a más |

| VULNERABILIDAD SÍSMICA | VALOR | PELIGRO SÍSMICO Y EXPOSICIÓN | VALOR |
|------------------------|-------|------------------------------|-------|
| Baja | 1 | Bajo | 1 |
| Media | 2 | Medio | 2 |
| Alta | 3 | Alto | 3 |

| RIESGO SÍSMICO (CUANTITATIVA) | | | | RIESGO SÍSMICO (CUALITATIVA) | | | | |
|-------------------------------|---|-----|-----|------------------------------|----------------|-------|-------|-------|
| VULNERABILIDAD | → | 1 | 2 | 3 | VULNERABILIDAD | Baja | Media | Alta |
| PELIGRO Y EXPOSICIÓN | | | | | ↓ | | | |
| 1 | | 1 | 1.5 | 2 | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| 2 | | 1.5 | 2 | 2.5 | Medio | Medio | Medio | Medio |
| 3 | | 2 | 2.5 | 3 | Alto | Alto | Alto | Alto |

V. OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:

| |
|--|
| |
|--|

FIRMA:

| |
|--|
| |
|--|