



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“CORRELACIÓN ENTRE LAS PATOLOGÍAS Y LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE DEL DISTRITO DE LLACANORA, CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL

Autora:

Gloria Lizbeth Esparraga Silvera

Asesor:

Ing. Rubén Kevin Manturano Chipana

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres José Pedro y Marina quienes, con esfuerzo, constancia y lucha nos sacaron adelante, ellos son mi orgullo, mi gran motivación que nunca dejan de creer en mí y me apoyan en cada paso que doy, los admiro como padres que nos inculcaron valores y principios a cada uno de nosotros sus hijos mis hermanos José Carlos y Jenny y por apostar siempre en la educación de nosotros.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y tener el gozo de la salud,
A mis maestros y asesor de la Universidad Privada del Norte
quienes contribuyeron con su conocimiento y su experiencia
para mi educación en esta carrera de la Ingeniería.
A mis maestros de la Universidad Autónoma de México por
su paciencia como alumna de Intercambio y su conocimiento
en el campo de las estructuras.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad Problemática	12
1.2. Problema de Investigación.....	46
1.3. Objetivos.....	46
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	46
1.3.2. <i>Objetivo específico</i>	46
1.4. Hipótesis	46
1.4.1. <i>Formulación de la hipótesis</i>	46
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	47
2.1. Tipo de Investigación.....	47
2.2. Unidad de Estudio.....	48
2.3. Población	48
2.4. Muestra	49
2.5. Operacionalización de las Variables	51
2.6. Materiales, instrumento y método.....	52
2.7. Técnica e instrumento	53
2.8. Procedimiento y análisis de datos.....	61
2.8.1. <i>Procedimiento</i>	61
2.8.2. <i>Análisis de datos</i>	64
CAPÍTULO III. RESULTADOS	73
3.1. Densidad de muros de adobe	74
3.2. Estado actual de las viviendas.....	76
3.3. Estabilidad de muros por volteo.....	77
3.4. Vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de adobe.	79
3.5. Patologías presentadas en las viviendas de adobe.....	80
3.6. Correlación entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica.....	81
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	83
4.1. Discusión	83
4.1.1 <i>Densidad de muros</i>	83
4.1.2. <i>Estado Actual de las viviendas</i>	83
4.1.3. <i>Estabilidad de muros por volteo</i>	84
4.1.4. <i>Vulnerabilidad Sísmica</i>	84

4.1.5.	<i>Nivel de severidad de las patologías</i>	84
4.1.6.	<i>Correlación entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica.</i>	85
4.2	Conclusiones	85
4.3	Recomendaciones	86
REFERENCIAS		88
ANEXOS		91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Zonificación Sísmica.....	16
Tabla 2 Viviendas de acuerdo al tipo de material predominante en las paredes en el Distrito de Llacanora.....	16
Tabla 3 Viviendas de acuerdo al tipo de material predominante en los techos en el Distrito de Llacanora.....	17
Tabla 4 Nivel de Severidad por Tipo de Patología.....	36
Tabla 5 Puntuación Z.....	49
Tabla 6 Operacionalización de las variables.....	51
Tabla 7 Factor de Suelo (S).....	65
Tabla 8 Coeficiente Sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada.....	65
Tabla 9 Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación.....	66
Tabla 10 Verificación de la densidad de muros.....	66
Tabla 11 Dimensión crítica.....	69
Tabla 12 Parámetros para evaluar la vulnerabilidad Sísmica.....	71
Tabla 13 Resumen de la densidad de muros.....	74
Tabla 14 Resumen de Densidad de muros (Relación de áreas).....	75
Tabla 15 Resumen Densidad de muros (Norma E.080).....	75
Tabla 16 Estado actual de las viviendas.....	76
Tabla 17 Resumen del Estado actual de las viviendas.....	77
Tabla 18 Resumen de Estabilidad de muros por volteo.....	78
Tabla 19 Resumen de Estabilidad de muros por volteo.....	78
Tabla 20 Vulnerabilidad Sísmica en viviendas de adobe.....	79
Tabla 21 Resumen de Vulnerabilidad Sísmica.....	79
Tabla 22 Nivel de severidad de las patologías.....	80
Tabla 23 Resumen de nivel de severidad de las patologías.....	81
Tabla 24 Valores para la correlación entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica. ..	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Viviendas de acuerdo al tipo de material en el C.P. Llacanora.....	15
Figura 2 Diferentes valores del coeficiente de correlación y su correspondiente diagrama de dispersión.....	28
Figura 3 Humedad en los sobrecimientos.	32
Figura 4 Suciedad en muros.	33
Figura 5 Fisuras en muros.....	34
Figura 6 Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1964 y 2011.....	38
Figura 7 Epicentro del sismo ocurrido el 21/07/2021 (estrella) y distribución de las estaciones acelerométricas (Triángulos)	40
Figura 8 Registro de aceleración para el sismo 27/06/2021, Estación: UDEP.....	40
Figura 9 Mapa de intensidades macrosísmicas registrado para el sismo de San Ignacio 27/06/2021	41
Figura 10 Deficiencias Estructurales en las edificaciones de adobe.	43
Figura 11 Dimensiones del Adobe.....	44
Figura 12 Sistema de cubierta utilizados tradicionalmente "par y nudillo"	45
Figura 13 Delimitación del C.P. Llacanora	48
Figura 14 C.P. de Llacanora.....	50
Figura 15 Ficha de reporte - Antecedentes.	54
Figura 16 Ficha de Reporte - Aspectos Técnicos.	55
Figura 17 Muros expuestos a lluvia, sin drenaje.....	56
Figura 18 Caída de la estructura de cubierta.	57
Figura 19 Mala conexión entre muros.	58
Figura 20 Dinteles con reducida longitud de apoyo.	58
Figura 21 Muros con refuerzo vertical (contrafuerte) y horizontal (viga collar).	59
Figura 22 Cimentaciones y/o sobrecimientos inadecuados	60
Figura 23 Entrepisos y ausencia de diafragmas.	60
Figura 24 Ficha de Reporte - Deficiencia de la Estructura.	61
Figura 25 Ficha de Reporte - Patologías presentadas en la vivienda.	61
Figura 26 Identificación de viviendas a evaluar.	63
Figura 27 Entrevistas a los propietarios y toma de datos para la ficha de reporte.....	63

<i>Figura 28</i>	<i>Ficha de Reporte del Estado actual de las viviendas de Adobe.</i>	67
<i>Figura 29</i>	<i>Vulnerabilidad Sísmica método Mosqueira-Tarque.</i>	71
<i>Figura 30</i>	<i>Análisis Sísmico de la vivienda de adobe.</i>	72
<i>Figura 31</i>	<i>Análisis del nivel de severidad de las patologías.</i>	72
<i>Figura 32</i>	<i>Densidad de muros (Relación de áreas).</i>	75
<i>Figura 33</i>	<i>Densidad de muros (Norma E.080).</i>	76
<i>Figura 34</i>	<i>Estado Actual de las viviendas.</i>	77
<i>Figura 35</i>	<i>Verificación de muros por volteo.</i>	78
<i>Figura 36</i>	<i>Vulnerabilidad Sísmica en viviendas de adobe.</i>	80
<i>Figura 37</i>	<i>Nivel de severidad de las Patologías.</i>	81

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación N° 1 Muestra Aleatorio simple</i>	49
<i>Ecuación N° 2 Área Requerida</i>	64
<i>Ecuación N° 3 Fuerzas Sísmicas horizontales</i>	64
<i>Ecuación N° 4 Momento Actuante</i>	68
<i>Ecuación N° 5 Intensidad de fuerza lateral</i>	68
<i>Ecuación N° 6 Coeficiente Sísmico</i>	68
<i>Ecuación N° 7 Fuerza horizontal</i>	69
<i>Ecuación N° 8 Momento Resistente</i>	69
<i>Ecuación N° 9 Esfuerzo Resistente a flexión</i>	69
<i>Ecuación N° 11 Esfuerzo total de servicio</i>	70
<i>Ecuación N° 12 Vulnerabilidad Sísmica</i>	71

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la correlación que existe entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica de 16 viviendas de adobe del Distrito de Llacanora, los datos fueron tomados en los meses de octubre a diciembre del 2021 mediante observación directa. La primera etapa del estudio abarcó la recopilación de la información mediante levantamientos arquitectónicos y fichas de reporte donde se determinó el estado actual de la vivienda con moderados daños; en la segunda etapa se procedió a analizar y procesar los datos con la información recopilada teniendo como base los parámetros de densidad de muros, Estado actual de las viviendas e inestabilidad de muros por volteo, con los datos obtenidos se determinó la vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de adobe, obteniendo como resultado una ALTA vulnerabilidad Sísmica; en la tercera etapa se analizó mediante parámetros y se determinó el nivel de severidad de las patologías presentes en las viviendas de adobe, obteniendo un 56% un NIVEL SEVERO de lesiones patológicas siendo las fisura y las grietas la más representativas que causan deterioro a la edificación. Con los resultados cuantitativos obtenidos de las etapas anteriores se procedió a determinar la correlación entre estas dos variables Patologías y Vulnerabilidad Sísmica. Por lo que se concluyó que el coeficiente de correlación es igual a 0.7 que significa que la correlación es BUENA contrastando con la hipótesis planteada que es verdadera por lo que las patologías si influyen significativamente en la vulnerabilidad Sísmica.

Palabras clave: Correlación, Patologías, Vulnerabilidad Sísmica, adobe.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the correlation that exists between the pathologies and the seismic vulnerability of 16 adobe homes in the Llacanora District, the data were taken from October to December 2021 by direct observation. The first stage of the study included the compilation of information through architectural surveys and report cards where the current state of the house with moderate damage was determined; In the second stage, the data was analyzed and processed with the information collected based on the parameters of wall density, current state of the houses and instability of the walls due to tumbling. The seismic vulnerability of the adobe houses was determined with the data obtained in the first stages, resulting in a HIGH Seismic vulnerability; In the third stage, the level of severity of the pathologies present in the adobe houses was analyzed using parameters, obtaining 56% a SEVERE LEVEL of pathological lesions, with fissures and cracks being the most representative that cause deterioration to the building. With the quantitative results obtained from the previous stages, the correlation between these two variables Pathologies and Seismic Vulnerability was determined. Therefore, it was concluded that the correlation coefficient is equal to 0.7, which means that the correlation is GOOD, contrasting with the hypothesis that it is true, so that the pathologies do significantly influence the Seismic vulnerability.

Keys Words: Correlation, Pathologies, Seismic vulnerability, adobe.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Uno de los movimientos sísmicos más fuertes del siglo XX fue en mayo de 1940, el terremoto de Lima con una intensidad de 8.2 grados Richter que afectó a varias zonas de Lima, el Callao y la costa central del Perú. Alrededor de doscientos personas fallecieron, miles de heridos y el 80% de las viviendas fueron colapsadas. En Lima durante esos años utilizaban como material para las construcciones de sus viviendas el adobe y quincha, los arquitectos en esos años no estaban convencidos de utilizar el cemento por el mito de las propiedades antisísmicas del adobe esta teoría finalmente fue refutada en este evento sísmico, haciendo reflexionar a los arquitectos y propietarios de Lima sobre el uso del adobe como material de construcción.

En esas épocas, la vulnerabilidad sísmica se debió que en los pueblos jóvenes no se consideraba los criterios antisismos en el diseño de las viviendas también había viviendas construidas sobre laderas y arenales inestables como ocurre actualmente en algunas regiones de nuestro Perú.

El terremoto de Ancash afectó la costa y sierra central fue uno de los sismos más mortífero ocurrido en nuestro país en el año 1970 dejando 67 000 muertos donde las construcciones de adobe en el centro de Huaraz quedaron totalmente destruidas.

Las construcciones de Tierra, tapial y adobe son muy vulnerables. El riesgo para sus ocupantes es muy alto si las características de sitio son desfavorables y la intensidad sísmica se incrementa sustancialmente. En el sismo de 1970, cerca de 40 000 personas perecieron bajo los escombros de sus propias viviendas de tapial o adobe (Kuroiwa, 2002, pág. 126).

El sismo de Ancash dejó dolorosas enseñanzas, pero también sirvió de guía para que se realicen investigaciones de parte de Instituciones como el Instituto de Infraestructura y

vivienda, PUCP, UNI y algunas Universidades de provincia con respecto a la protección de las construcciones de adobe por ser las más débiles sísmicamente y reducir la vulnerabilidad de estas viviendas. (Kuroiwa, 2002).

Este mito de las propiedades antisísmicas del adobe también fue comprobado en los diferentes terremotos chilenos de 1939, 1985 y 2010 donde las construcciones de adobe han sido una de las causas de mayor cantidad de personas fallecidas en estos acontecimientos de terremotos. En 1939 en Chillán el terremoto de magnitud 7.8 tuvo consecuencias fatales y de 3526 viviendas la gran mayoría de ellas de adobe colapsaron.

El terremoto de 1985 de la misma magnitud de Chillan destruyó 142 489 viviendas principalmente las de adobe y albañilería.

En el terremoto de magnitud 8.8 del 2010 entre las viviendas destruidas o afectadas la mayor parte de ellas eran viviendas que utilizaban en sus paredes como material el adobe esto poniendo en evidencia al país vecino la relativa fragilidad constructiva de la vivienda tradicional ante eventos sísmicos de gran magnitud.

El adobe es un material que sólo resiste cargas de compresión esto quiere decir que puede resistir el peso de las edificaciones, pero no las fuerzas de gran intensidad inducidas por el sismo.

El adobe es un material de construcción de bajo costo y de fácil acceso, las estructuras de adobe son autoconstruidas en general. Además de ser una tecnología constructiva simple y de bajo costo, sus propiedades térmicas y acústicas son excelentes, sin embargo, las estructuras de adobe son vulnerables a los fenómenos de la naturaleza como el terremoto, las lluvias e inundaciones sufriendo daño estructural severo o en otros casos llegando al colapso de las viviendas. Las construcciones de adobe tienen deficiencia sísmica por el elevado peso de la estructura, su baja resistencia y su comportamiento frágil durante los

terremotos. Esto se confirma con algunos eventos sísmicos que han sucedido en algunos países como El Salvador que en el 2001 más de 200 000 casas de adobe fueron severamente dañados o colapsaron, 1 100 personas murieron bajo los escombros de estas edificaciones y más de 100 000 personas quedaron sin hogar. En el Sur del Perú en el mismo año el terremoto causó la muerte de 81 personas, la destrucción de 25 000 viviendas de adobe y daño severo en 36 000 viviendas dejando a más de 220 000 personas sin hogar. (Blondet, García, & Brzev, 2003).

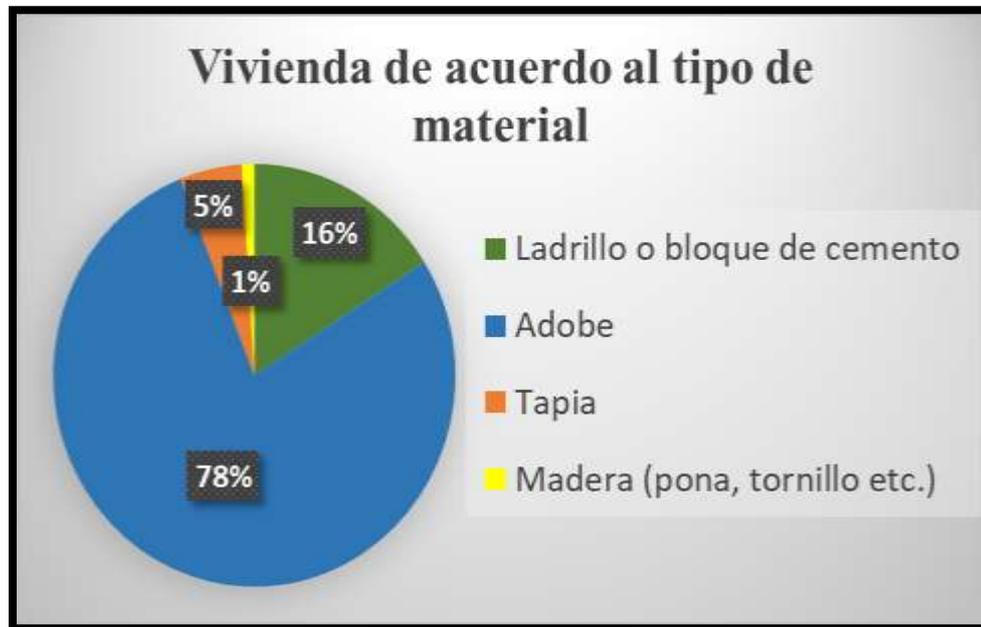
Esta investigación se va centrar en las viviendas del C.P. de Llacanora ya que en este sector la mayor parte de las edificaciones son de adobe, según fuentes obtenidas del INEI, de 193 viviendas existentes, 151 viviendas que representa al 78% utilizan como material de construcción el adobe. Además, es de bajo costo y es el material que predomina en la zona. La vulnerabilidad sísmica de la mayoría de estas viviendas se debe al mal uso de los materiales de construcción, mal diseño de su vivienda, utilizan métodos inadecuados por desconocimiento, contratan mano de obra barata y en algunos casos son los mismos pobladores de la zona que construyen sus propias viviendas sin tener en cuenta la norma E. 050 de suelos, E. 080 de diseño y construcción de tierra reforzada y la norma E. 030 de diseño sismorresistente.

La vulnerabilidad también suele reflejarse a través de las patologías que presentan las viviendas ocasionando múltiples efectos desde pequeños daños hasta grandes fallas que pueden ocasionar el colapso de la edificación.

Las lecciones aprendidas de los terremotos que han ocurridos en estos últimos tiempos y de las investigaciones que han realizado Ingenieros reconocidos como Kuroiwa, Blondet y otros han comprobado que el adobe es deficiente sísmicamente por eso nuestra tesis analizará la correlación que existe entre las patologías y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de

adobe y en qué nivel se encuentran expuestas a sufrir daños dichas viviendas del C.P. de Llacanora ante un eminente movimiento telúrico.

Figura 1 Viviendas de acuerdo al tipo de material en el C.P. Llacanora.



Fuente: INEI, 2017.

Según la NT E.030 el C.P. de Llacanora, se encuentra en la Zona Sísmica 3, con un factor de aceleración máxima ($Z=0,35$) (Vivienda,2019).

En la NT E.80 en el capítulo II-Artículo 4.2 de consideraciones básicas se menciona que “Las edificaciones de tierra reforzada deben ser de un piso en las zonas sísmicas 4 y 3” (Vivienda, 2017) sin embargo en nuestra zona de estudio las viviendas son mayores a un piso.

Tabla 1 *Zonificación Sísmica*

Provincia	Distrito	Zona Sísmica	Ámbito
Cajamarca	Asunción	3	Once Distritos
	Cajamarca		
	Cospán		
	Jesús		
	Llacanora		
	Los Baños del Inca		
	Magdalena		
	Matara		
	Namora		
	San Juan		

Fuente: NT E.030 Diseño Sismorresistente, 2019.

Según la información que nos brinda el Instituto Nacional de Estadística INEI 2017 en el distrito de Llacanora, de 1637 viviendas 994 de ellas corresponde al 60.72% que utilizan el adobe como material predominante en las paredes y 1405 viviendas que corresponde al 85.83% como material predominante en los techos utilizan las tejas sea artesanal o andina. Como se muestra en los cuadros estadísticos de la Tabla 2 y 3.

Tabla 2 *Viviendas de acuerdo al tipo de material predominante en las paredes en el Distrito de Llacanora.*

Material	Número	%
Ladrillo o bloque de cemento	165	10.08
Adobe	994	60.72
Tapia	404	24.68
Quincha (caña con barro)	7	0.43
Piedra con barro	37	2.26
Madera (pona, tornillo etc.)	26	1.59
Triplay / calamina / estera	4	0.24
Total	1637	100

Fuente: INEI, 2017.

Tabla 3 *Viviendas de acuerdo al tipo de material predominante en los techos en el Distrito de Llacanora.*

Material	Número	%
Concreto armado	110	6.72
Madera	8	0.49
Tejas	1405	85.83
Planchas de calamina, fibra de cemento o similar	109	6.66
Triplay / estera / carrizo	3	0.18
Paja, hoja de palmera y similares	2	0.12
Total	1637	100

Fuente: INEI, 2017.

Luego de haber realizado una detallada investigación se encontraron algunos artículos, tesis e investigaciones a nivel Internacional, Nacional y local relacionado respecto al tema.

A nivel internacional se encontraron publicaciones de diferentes países como México, China y Sri Lanka donde las viviendas de mampostería de adobe son populares en las zonas rurales debido a su bajo costo, facilidad de construcción, necesidades de menos habilidades laborales y uso de materiales disponibles localmente.

Con respecto a su durabilidad estas viviendas tienen una mayor probabilidad de falla en caso de un terremoto es por ello que están asociadas a una alta vulnerabilidad sísmica. Las construcciones de mampostería de adobe son consideradas como la mejor solución para viviendas de bajos ingresos, pero por las propiedades de los materiales, su geometría, cimentaciones, paredes, techos, rigidez de sus diafragmas, muros de carga, baja flexibilidad de los pisos, las viviendas existentes de adobe son pobre en desempeño sísmico.

En la tesis con título “Estudio estadístico de patologías en edificaciones y su influencia en la Vulnerabilidad Sísmica durante el sismo 19S-2017”

A través del estudio estadístico se propone una metodología para estimar la influencia que tienen las irregularidades en la configuración estructural, las cuales se puede denominar como patologías estructurales, en la vulnerabilidad sísmica de los edificios. Se relaciona el daño esperado en una estructura sin patología luego una estructura completamente regular con el daño esperado con presencia de una patología y por último se discuten los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología propuesta para determinar las patologías con mayor repercusión en los daños después de un sismo severo. (Martinez, 2019).

Según la publicación con título “Evaluación y reducción de la vulnerabilidad sísmica a escala territorial en viviendas de mampostería y adobe por indicadores rápidos de vulnerabilidad: el caso de Tlajomulco, México” Esta investigación proporciona diferentes escenarios de daño sísmico a escala territorial al correlacionar la clase de vulnerabilidad y el nivel de daño esperado con la intensidad sísmica.

Se identificaron cuatro tipologías de vivienda diferentes: adobe, mampostería no reforzada, mampostería mal confinada y confinada. La evaluación de la vulnerabilidad sísmica se desarrolló mediante una versión actualizada del método del índice de vulnerabilidad con el uso de nueve parámetros. La correlación permitió determinar cuatro escenarios de daños para 15.000 edificios. Concluyendo:

- ✓ Si la intensidad es de VI, 2583 viviendas con alta y muy alta vulnerabilidad necesitarían un daño reparable mayor.
- ✓ Para una intensidad de VII, daños importantes de 1600 viviendas de mampostería pobremente confinada y mampostería no reforzada, y el colapso de 983 viviendas de adobe.
- ✓ Daños mayores a 12,417 casas para una intensidad de VIII con la pérdida de 2583 construcciones de mampostería y adobe mal confinadas y no reforzadas.

- ✓ Una intensidad de IX o superior colapsaría todos los edificios estudiados.

Estos resultados permitirían a las autoridades locales y a los tomadores de decisiones gestionar el riesgo sísmico. Para mampostería pobremente confinada y mampostería no reforzada, se recomienda la inserción de confinamientos de concreto o malla de alambre de acero soldada para aumentar la resistencia al corte y a la flexión. Para las casas de adobe, se recomienda la adición de malla de alambre para gallinero y yeso o el uso de fibras naturales y madera. (Preciado, Ramírez, Santos, & Rodriguez, 2019).

Según la tesis “Diagnóstico patológico y de vulnerabilidad sísmica del Antiguo Club Cartagena” que tuvo como objetivo principal diagnosticar las patologías y evaluar la vulnerabilidad sísmica. De acuerdo al análisis realizado el estado actual de la estructura es malo ya que no cumple con los parámetros establecidos por la NSR10 en cuanto a índices de sobre esfuerzos además sus elementos presentan altos grados de afectación por agentes patógenos. (Pardo Perez & Perez Del Río, 2014).

En la publicación con título “Análisis de peligros y vulnerabilidad sísmica basados en escenarios para ayudar a reducir el riesgo de desastres en las zonas rurales de Weinan, China” tuvo como objetivo analizar la vulnerabilidad y peligros sísmicos que juegan un papel importante en la mitigación integral del riesgo y la planificación de emergencias sísmicas, especialmente para la prefectura rural de Weinan en el noroeste de China con una infraestructura de construcción compleja y una alta densidad de población.

Los métodos tradicionales que evalúan el daño sísmico físico potencial antes de un terremoto brindan una imagen incompleta para las evaluaciones de riesgo sísmico y las situaciones posteriores a un desastre, y son insuficientes para que las autoridades locales planifiquen estrategias de mitigación de manera efectiva. Este estudio presenta una

perspectiva novedosa sobre la vulnerabilidad sísmica basada en escenarios y la evaluación de peligros.

- ✓ Primero, se llevó a cabo un estudio in situ en tres aldeas, en la llanura de Helan, en el pueblo Loess de Zhaojia y en la zona montañosa Dongyu, respectivamente.
- ✓ Luego, se realizó un análisis cuantitativo de la vulnerabilidad de los edificios y la falta de vivienda humana asociada bajo diferentes intensidades sísmicas con base en el método del índice de vulnerabilidad RISK-UE.
- ✓ Finalmente, estimamos y analizamos otros escenarios de impacto sísmico.

Los resultados mostraron que el índice medio de vulnerabilidad de los edificios es de 0,69, 0,70 y 0,76 para Helan, Zhaojia y Dongyu, respectivamente. Teniendo en cuenta las posibles poblaciones desplazadas, la aldea Dongyu tendrá la mayor proporción de personas sin hogar. Si un terremoto causa una intensidad superior a VII, la aldea Dongyu sufriría deslizamientos de tierra y comunicación aislada. Los residentes tendrían que depender del auto rescate y el rescate mutuo. Estos hallazgos pueden ser una guía potencial para la toma de decisiones en la reducción del riesgo de desastres en las zonas rurales de Weinan. (Liu et al.,2020).

En el artículo con título “Método de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios antiguos de mampostería en Sri Lanka” nos menciona que el colapso de estructuras de mampostería no reforzada, que se distribuyen por las zonas del mundo propensas a terremotos, es una de las principales causas de muerte en desastres sísmicos. Debido a métodos inadecuados, falta de conocimiento para la construcción y mantenimiento, cada año se reportan miles de víctimas y casas de mampostería colapsadas.

A pesar de que se creía que Sri Lanka no tenía amenazas sísmicas, ahora se sabe que Sri Lanka ya no puede considerarse un país a salvo de amenazas sísmicas tras los recientes eventos que ocurrieron en la isla y sus alrededores. Por lo tanto, se ha puesto de relieve la necesidad de evaluar la adecuación sísmica de las estructuras de mampostería existentes. Para ello, se desarrolló un sistema experto que contiene conocimientos específicos para estructuras de mampostería con los datos recopilados de la inspección visual, cálculos numéricos y experimentos de campo. (De Silva, De Silva, & Padmal, 2018).

En la publicación con título “Evaluación sísmica de grandes construcciones históricas de adobe en la Región Andina de Perú” se llevó a cabo esta Investigación por el Getty Conservation Institute de EEUU y la Universidad de Minho de Portugal para comprender mejor el desempeño sísmico de cuatro tipologías históricas de edificios de tierra presentes en Perú.

El Perú tiene una rica tradición de estructuras históricas de tierra, desde antiguos sitios arqueológicos hasta arquitecturas vernáculas y monumentales. Hoy en día, una parte relevante de nuestra población vive en casas de tierra, que se encuentran bastante vulnerables a las cargas horizontales que provocan una considerable pérdida de vidas a lo largo del tiempo. Es por eso la importancia de estudiar el comportamiento sísmico de estos edificios para poder predecir su capacidad y los mecanismos de falla

Este trabajo aborda la evaluación sísmica de Casa Arones, Catedral de Ica, Templo de Santiago Apóstol de Kuñotambo y el Hotel El Comercio que fueron considerados como prototipos de la tipología de grandes casas vernáculas presentes en muchos centros históricos de la Región Andina del Perú.

El análisis numérico avanzado se utiliza para evaluar el comportamiento global del edificio e identificar la distribución de daños y los mecanismos de falla. Se discuten los desafíos enfrentados en el estudio, relacionados con la complejidad de la estructura y la información insuficiente sobre su morfología y propiedades de los materiales. Además, el análisis de sensibilidad se utiliza para comprender la influencia de los pisos y el techo en el comportamiento global, lo cual es una contribución novedosa. (Greco, Laurencio, Barontini, Ccioci, & Karanikoloudis, 2021).

En la tesis titulada “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existente en Lima” El objetivo es el estudio de la estabilidad estructural de las viviendas existentes típicas de adobe de dos pisos en Canta para ello se realizó una evaluación numérica para definir los elementos vulnerables y plantear alternativas de refuerzo que les permita resistir sismos severos.

Se determinó la tipología arquitectónica y características estructurales de las viviendas, así como un levantamiento de daños comunes. Concluyendo que las viviendas de Canta tienen una tipología arquitectónica que se adecuan a la zona sísmica a pesar de ser de dos niveles sin embargo estas viviendas son vulnerables porque los muros del segundo nivel sufren mayores aceleraciones y no están preparados para recibir esfuerzos y desplazamientos en un sismo severo, proponiendo se mejore en la estabilidad de estos mediante la reducción del desplazamiento lateral y la unión de ellos. (Velarde, 2014).

En la tesis titulada “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I.E. Liceo Trujillo-2018” Se evaluó la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti & Petrini que establece 11 parámetros para la calificación. Se obtuvo el siguiente resultado:

- ✓ Los bloques con mayor antigüedad en construcción tienen una vulnerabilidad Media-Alta y los bloques con menos antigüedad tienen una vulnerabilidad Media-Baja.
- ✓ El análisis dinámico de un modelo espacial de elementos finitos con diafragmas rígidos de tres grados de libertad que se realizó con el programa Etabs. muestran deficiencias relacionadas con el diseño y la calidad de la construcción incumpliendo al Reglamento Nacional de Edificaciones (Aguilar & Mudarra, 2018).

En la tesis titulada “Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas existentes de adobe con dos pisos en la Ciudad de Ayaviri” Se evaluó la vulnerabilidad sísmica de 30 viviendas, utilizando las fichas de caracterización técnica de las edificaciones, según Norma E.080 para la recolección de datos donde se llegó a la siguiente conclusión:

- ✓ Que el 73% de las viviendas poseen un nivel de vulnerabilidad alto y el 27% un nivel de vulnerabilidad muy alto.
- ✓ Con respecto a la evaluación estructural se verificó la densidad de los muros, verificación por carga horizontal y verificación por carga vertical concluyendo que las estructuras estudiadas pueden sufrir daños en los componentes estructurales y hasta un colapso de las viviendas ante una exposición de un sismo moderado. (Huanca, 2020).

En la tesis titulada “Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe de dos niveles en el Jirón José Olaya, Huaraz 2018” Se evaluó el grado de vulnerabilidad de las viviendas de dos niveles, construidas con adobe ubicada en una zona urbana con alto riesgo sísmico, se utilizó para la recolección de datos la ficha de verificación del Instituto Nacional de defensa Civil (INDECI), se llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ El grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe de dos niveles fue muy alto lo cual implica que no se debe continuar albergando familias ya que podría colapsar en cualquier momento atentando la integridad física de las personas que habitan la vivienda.
- ✓ La clasificación según SUCS (Sistema Unificado de clasificación de los suelos) el suelo es de tipo GM con una capacidad portante de 2,20 kg/cm² (Espinoza & Moreno, 2018).

En la tesis titulada “Vulnerabilidad sísmica de viviendas de adobe en la comunidad Chimpa Jaran-Juliaca 2021” se evaluó una muestra de 28 viviendas de adobe verificando la calidad de construcción, configuración estructural, densidad de muros y se determinó el nivel de vulnerabilidad sísmica. Se concluye que:

- ✓ De acuerdo al análisis estructural de las 28 viviendas de adobe, la densidad de los muros según la Norma E.080 hay un buen porcentaje de viviendas que si son apropiados con área de muro este representa al 85.7%.
- ✓ Con respecto a la vulnerabilidad sísmica en la comunidad de Chimpa Jaran el 64.3% de las viviendas presenta un nivel de vulnerabilidad alto y el 35.7% presenta un nivel de vulnerabilidad muy alto. (Huarachi, 2021).

En la tesis titulada “Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe del Sector de San Isidro-Jaén-2016” tuvo por finalidad determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las 50 viviendas de adobe y tomar las medidas preventivas para disminuir el nivel de daños humanos y/o materiales, ante la ocurrencia de un sismo.

La recolección de datos se realizó con una encuesta de ficha de verificación proporcionada por la INDECI donde se pudo obtener los siguientes resultados:

- ✓ El 26% de las viviendas posee un nivel de vulnerabilidad alto y el 74% un nivel de vulnerabilidad muy alto.
- ✓ La longitud de los muros laterales (8.60m) es excesiva debe poseer 4.50m, el espesor del muro de adobe (0.23m) es muy delgado lo adecuado para esta vivienda sería de espesor 0.48 m según normativa. Por lo tanto, los esfuerzos actuantes son mayores a los esfuerzos admisible. (Rubio, 2017).

En la tesis titulada “Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del C.P. La Huaraclla, Jesús, Cajamarca,2015” Se evaluaron las características estructurales de 13 viviendas en el C.P, La Huaraclla cuantificaron los principales factores propios o externos a las viviendas que pueden afectar negativamente su comportamiento sísmico.

La información de campo se recolectó en fichas de reporte, recopilándose datos como ubicación, proceso constructivo, estructuración y calidad de la construcción.

Se analizaron las características técnicas, errores en el diseño arquitectónico, problemas estructurales y constructivos en viviendas construidas con unidades de adobe.

Concluyendo:

- ✓ Los materiales utilizados en la construcción de las viviendas encuestadas son de regular a deficiente calidad.
- ✓ Los problemas constructivos encontrados en su mayoría son las juntas de construcción mal ubicados.
- ✓ Los problemas estructurales encontrados la mayoría de las viviendas poseen inadecuadas densidades de muros y falta de juntas sísmicas. (Alvarez, 2015).

En la tesis titulada “Comparación de 2 metodologías de análisis para evaluar la vulnerabilidad Sísmica de la Iglesia San Juan Bautista, distrito de Llacanora, Cajamarca

2018” Se estableció el método más conservador para determinar la vulnerabilidad Sísmica en edificaciones de adobe. Obteniéndose los siguientes resultados:

- ✓ El método propuesto por Marcial Blondet se basó en un análisis visual, levantamiento topográfico, ensayos de laboratorio de muestras de adobe para determinar la resistencia, las densidades y la resistencia de corte, con este método la resistencia del adobe es 8.74 Kg/cm^2 y la vulnerabilidad es alta.
- ✓ El método propuesto por Isabel Moroni se basó en los parámetros de ubicación de la edificación, el suelo, el mortero, la zona, la densidad de los muros y su esbeltez, con este método la vulnerabilidad es muy alta.

Finalmente concluye que la metodología más conservadora para evaluar edificaciones de adobe es la propuesta por Marcial Blondet debido a que es más detallada y utiliza más parámetros de análisis. (Sangay, 2020).

En la tesis titulada “Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe y tapial de la capital del distrito de Chadín, provincia de Chota” tuvo como objetivo determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de 15 viviendas de tapial y 1 edificio de adobe.

La recolección de datos se realizó con la ayuda de una encuesta denominada ficha de verificación que fue proporcionada por alumnos de la Pontificia Universidad Católica del Perú y fue adaptada a la localidad de estudio. De las cuales se obtuvieron estos resultados:

- ✓ El 50% de 14 viviendas de tapial posee un nivel de vulnerabilidad sísmica bajo, 35,71% un nivel medio, el 14.29% un nivel de vulnerabilidad muy alto.
- ✓ La única edificación de adobe estudiada en esta tesis presenta un nivel de vulnerabilidad alto.

- ✓ Con respecto a la densidad de los muros, el 53.33% presenta una densidad de muros adecuada por lo tanto ante un sismo severo se producirían daños mínimos en muros y tabiques en ambas direcciones.
- ✓ El riesgo sísmico es alto de la única edificación de adobe en estudio las cuales sufrirían daño severo ante un acontecimiento tectónico. (Paredes, 2018).

Para explicar mejor lo planteado presentamos las bases teóricas:

Correlación

La correlación es un tipo de asociación entre dos variables numéricas, que evalúa la tendencia o se correlacionan cuando muestran una tendencia creciente o decreciente en los datos. Estas variables están asociadas cuando una variable nos da la información de la otra, caso contrario no existe asociación el aumento o disminución de una variable no dice nada sobre el comportamiento de la otra variable.

Interpretación de la correlación

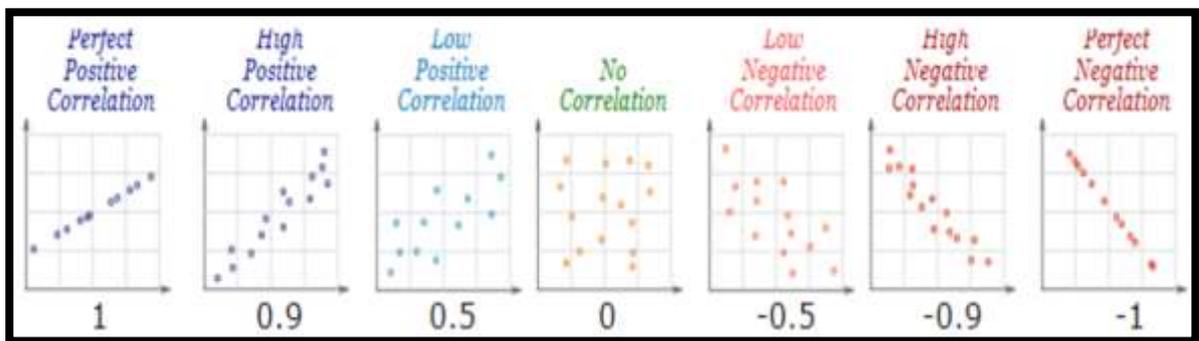
La correlación nos permite medir el signo y la magnitud de la tendencia entre dos variables. El signo nos indica la dirección de la relación:

- ✓ Un valor positivo nos indica una relación directa o positiva, al aumentar una variable aumenta la otra y viceversa.
- ✓ Un valor negativo nos indica una relación indirecta, inversa o negativa, cuando a crecer una variable la otra decrece y viceversa.
- ✓ Un valor nulo nos indica que no existe una tendencia entre ambas variables y la nube de puntos están distribuidas al azar, se dice que no están correlacionadas (Martínez, 2012).

La magnitud nos indica la fuerza de la relación, y toma valores entre -1 a 1. Cuanto más cercano sea el valor a los extremos del intervalo (1 o -1) más fuerte será la tendencia de las variables, o será menor la dispersión que existe en los puntos alrededor de dicha tendencia, es decir habrá más dispersión en la nube de puntos, tal como se muestra en la figura 2.

- ✓ Si la correlación vale 1 o -1 diremos que la correlación es perfecta.
- ✓ Si la correlación vale 0 diremos que las variables no están correlacionadas.

Figura 2 Diferentes valores del coeficiente de correlación y su correspondiente diagrama de dispersión.



Fuente: Internet, 2021.

Coeficiente de correlación de Pearson

Es el método de correlación más utilizado donde la tendencia debe ser de tipo lineal, no existe valores atípicos, las variables deben ser numéricas, si son variables de tipo ordinal como las preguntas en escala de Likert no se podrá aplicar la correlación de Pearson, debe contar con suficientes datos. Los valores de la correlación de Pearson van desde -1 hasta 1, siendo los valores extremos los que indican mayor correlación entre variables, y siendo el 0 el punto que indica la no existencia de la correlación.

El signo positivo o negativo del coeficiente indica si la relación es directa (positivo) o inversa (negativo).

Para interpretar los resultados se utilizará el coeficiente de correlación de Pearson considerando lo siguiente: Si el coeficiente de correlación está entre los parámetros de 0 y 0.2, la correlación es mínima; si va entre 0.2 y 0.4, la correlación es baja; si va entre 0.4 y 0.6, la correlación es moderada; si va entre 0.6 y 0.8 la correlación es buena; finalmente si va entre 0.8 y 1, la correlación es muy buena. Esto mismo se aplica con los valores negativos. (Martínez, 2012).

Patología.

La palabra patología, etimológicamente proviene de dos vocablos griegos pathos y logos que significa “El estudio de las enfermedades”. Estudia el comportamiento de las estructuras cuando presentan fallas o comportamiento defectuoso (enfermedad), investigando las causas (diagnóstico) y planteando medidas de solución (terapéutica) para la recuperación de las condiciones de seguridad en el funcionamiento de la edificación. (Astorga & Rivero, 2009).

Patología en las Edificaciones

La vulnerabilidad de las estructuras se refleja en las patologías que aparecen en las edificaciones que ocasionan desde pequeños daños hasta grandes fallas que pueden causar el colapso de la edificación o parte de ella. Las patologías que se manifiestan en las edificaciones son infinitas y es difícil determinar con precisión las causas, por ejemplo, las causas de aparición de una grieta de una edificación son múltiples a veces es posible identificarlas y otras veces no. (Astorga & Rivero, 2009).

Patología en construcciones de adobe

Las construcciones de viviendas de adobe antiguas presentan varias degradaciones que se generan con el pasar del tiempo por el escaso o nulo mantenimiento.

Que trae como consecuencia el deterioro en su integridad o aspecto en la edificación, la rehabilitación implica la recuperación de sus funciones principales por medio de distintas actuaciones sobre sus elementos que han perdido su función constructiva de estas construcciones complicándose por algunos factores económicos y escaso conocimiento de técnicas en construcciones de viviendas de tierra. En las patologías se pueden distinguir 3 tipos de lesiones: físicas, mecánicas y químicas.

Tipos de patología según su origen

- ✓ **Lesiones físicas.** – Son todas aquellas en que la problemática patológica se produce a causa de fenómenos físicos como heladas, condensaciones etc. y agentes climáticos como la lluvia, el viento, el calor, la nieve etc. Las causas más comunes son: Humedad, erosión y Suciedad.
- ✓ **Lesiones mecánicas.** – Son todas aquellas en la que predomina un factor mecánico que provoca movimientos, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos. Podemos mencionar los siguientes tipos de lesiones: Deformaciones, grietas, fisuras, desprendimiento y erosiones mecánicas.
- ✓ **Lesiones químicas.** – Son todas aquellas lesiones que se producen a partir de un proceso patológico de carácter químico, el origen de las lesiones químicas suele ser la presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan provocando descomposiciones que afectan a la integridad del material y reduce su durabilidad. Podemos mencionar los

siguientes tipos de lesiones: Eflorescencias, oxidaciones y corrosiones, organismos y erosiones químicas. (Broto, Verruno, & Soria, 2006).

Descripción de las patologías

Humedad. – Se produce cuando hay presencia de agua en un porcentaje mayor al considerado como normal en un material o elemento constructivo. La humedad produce variaciones en las características físicas del material, tal como se muestra en la figura 3.

Se puede mencionar algunos tipos de humedades en función de la causa. (Broto, Verruno, & Soria, 2006).

- ✓ **Humedad Capilar:** Presente en los elementos verticales como muros, es el agua que procede desde el nivel del suelo y asciende hasta alturas muy distintas por los elementos verticales.
- ✓ **Humedad de filtración:** Esta humedad es detectada en la cara interior del muro, afecta a cualquier elemento constructivo que este en contacto con el ambiente exterior y penetra en el interior de la edificación a través de fachadas y cubiertas.
- ✓ **Humedad de condensación.** – Esta humedad se detecta en los revestimientos interiores del muro, a consecuencia de existir en el interior del edificio una temperatura ambiental con mayor presión del vapor hacia los de presión más baja, como los exteriores.
- ✓ **Humedad accidental.** – Esta humedad aparece en forma espontánea y son visibles en poco tiempo se produce por roturas de conducciones y cañerías provocando focos muy puntuales de humedad, su reparación tiene que ser de la máxima urgencia.

Figura 3 *Humedad en los sobrecimientos.*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Suciedad. – Es el depósito de partículas en suspensión sobre la superficie de las fachadas.

Se puede mencionar dos tipos de suciedad, tal como se muestra en la figura 4.

- **Ensuciamiento por depósito:** producido por las partículas en suspensión que están en la atmósfera y caen producto de la gravedad.
- **Ensuciamiento por lavado diferencial:** son manchas que encontramos generalmente en las fachadas producto de las partículas ensuciantes y la acción de las lluvias que penetran en el poro superficial del material.

Deformaciones. – Son cualquier variación en la forma del material, que sufre los elementos estructurales como de cerramiento y que son consecuencia de esfuerzos mecánicos entre estas lesiones tenemos:

- ✓ **Desplomes.** – Son la consecuencia de empujes horizontales sobre la cabeza de elementos verticales.

Figura 4 Suciedad en muros.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

- ✓ **Grietas.** – Se trata de aberturas longitudinales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo, estructural o de cerramiento. Las aberturas que sólo afectan a la superficie o acabado superficial superpuesto de un elemento constructivo se consideran fisuras. Se distinguen dos grupos:
 - **Por exceso de carga:** Son las grietas que afectan a los elementos estructurales al ser sometidos a cargas para las que no estaban diseñadas. Estas grietas requieren refuerzo para mantener la seguridad de la unidad constructiva.
 - **Por dilataciones y contracciones higrotérmicas:** Son las grietas que afectan sobre todo a los elementos de cerramientos de fachada o cubierta, también afectan a las estructuras cuando no se prevé las juntas de dilatación.
- ✓ **Fisuras.** – Son aperturas longitudinales que aparecen en el acabado de los elementos constructivos o en las superficies, es considerada una etapa previa a la aparición de las grietas. En el caso del hormigón armado, la armadura retiene los movimientos deformantes controlando la aparición de fisuras más no de grietas.

Las fisuras se subdividen en dos grupos:

- **Reflejo del Soporte:** La presencia de discontinuidades constructivas como las juntas, falta de adherencias y deformaciones, generan que el soporte no pueda resistir y aparezca este tipo de fisuras.
- **Inherente al acabado:** Estas fisuras se dan en los chapados y alicatados por movimientos de dilatación y contracción y en el caso de los morteros se da por retracción.

Figura 5 *Fisuras en muros.*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

- ✓ **Desprendimiento.** – Se da por la falta de adherencia entre el acabado y el soporte al que está aplicado, se originan por la humedad, las deformaciones y las grietas. Representan un peligro para la seguridad.

Eflorescencias. – La aparición de humedad es la causa directa, mediante la evaporación del agua se arrastra al exterior las sales solubles presentes en los materiales y estas se cristalizan en las superficies. Se pueden observar dos variantes de esta cristalización:

- **Sales cristalizadas que no proceden del material:** provienen de otros materiales situados detrás o adyacentes a él, por ejemplo, la eflorescencia en los morteros que están unidos a ladrillos que contienen estas sales.
- **Sales cristalizadas bajo la superficie del material:** son las criptoflorescencias que encontramos en las oquedades. (Broto, Verruno, & Soria, 2006).

Corrosión. – Es un proceso donde el metal actúa como polo negativo que pierde sus electrones a favor de un polo positivo, generando una pérdida progresiva de partículas de la superficie del metal. Hay distintos tipos de corrosión:

- ✓ **Organismos:** Tienen un proceso químico, ya que al segregar sustancias alteran la estructura química del material donde se instalan, a su vez también afectan la estructura física. Se diferencian dos grupos:
 - **Animales:** son los insectos que se alimentan del interior de los materiales, también son las aves y pequeños mamíferos que causan lesiones erosivas, deteriorando los materiales constructivos.
 - **Plantas:** Las de porte generan lesiones debido a su peso o a la acción de sus raíces, las plantas microscópicas generan lesiones por ataques químicos. A su vez estas se subdividen en Mohos que las encontramos en los materiales porosos y los hongos que generalmente atacan a la madera.
- ✓ **Erosiones:** son transformaciones moleculares en la superficie de los materiales pétreos por reacciones químicas de sus componentes a otras sustancias (Broto, Verruno, & Soria, 2006).

Descripción de daños por severidad de las patologías.

Las definiciones de niveles de severidad para elementos constructivos son:

Tabla 4 Nivel de Severidad por Tipo de Patología.

Ítem	Patologías	Nivel de severidad	Especificaciones del nivel de severidad
1	Erosión	Leve	Elemento afectado hasta un 5% de su espesor.
		Moderado	Elemento afectado entre el 5% y 20% de su espesor.
		Severo	Elemento afectado más del 20% de su espesor. Fallo estructural inminente.
2	Deformaciones	Leve	Pequeños desplazamientos, sin fallo estructural.
		Moderado	Inclinación de los elementos generando fisuras Deformaciones por asentamientos diferenciales,
		Severo	generando grietas. Fallo de vuelco, aplastamiento o colapso.
3	Grietas	Leve	Grietas con ancho de 6mm.
		Moderado	Grietas con anchuras entre 6 y 8mm, afecta el 50% el espesor del elemento.
		Severo	Grietas con ancho hasta 10mm. Afecta el 100% el espesor del elemento.
4	Fisuras	Leve	Fisuras con anchuras de entre 0.2mm y 1mm
		Moderado	Fisuras con anchuras entre 1mm y 2mm
		Severo	Fisuras con anchuras hasta 6mm
5	Desprendimientos	Leve	Hasta el 10% de área total del revoque del elemento
		Moderado	De 10 hasta 50% del área total del revoque del elemento
		Severo	Del 50% a más del área total del revoque del elemento
6	Eflorescencias	Leve	Aparición leve de humedad, con pequeñas cristalizaciones de las sales.

Moderado	Humedad y cristalizaciones de sales considerables, afectando la integridad de los elementos.
Severo	Exceso de humedad con cristalizaciones de sales severas, dando lugar a la desintegración del elemento y produciendo erosiones leves en el elemento

Fuente: (Lopez, 2016).

Sismicidad en el Perú

El Perú es uno de los países de Sudamérica de más alta actividad sísmica que existe en la tierra, por lo cual estará siempre expuesto a ser afectado por sismos de diferentes magnitudes y niveles de sacudimiento del suelo y esto se debe a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico. La sismicidad ha permitido definir la existencia de tres principales fuentes sismogénicas.

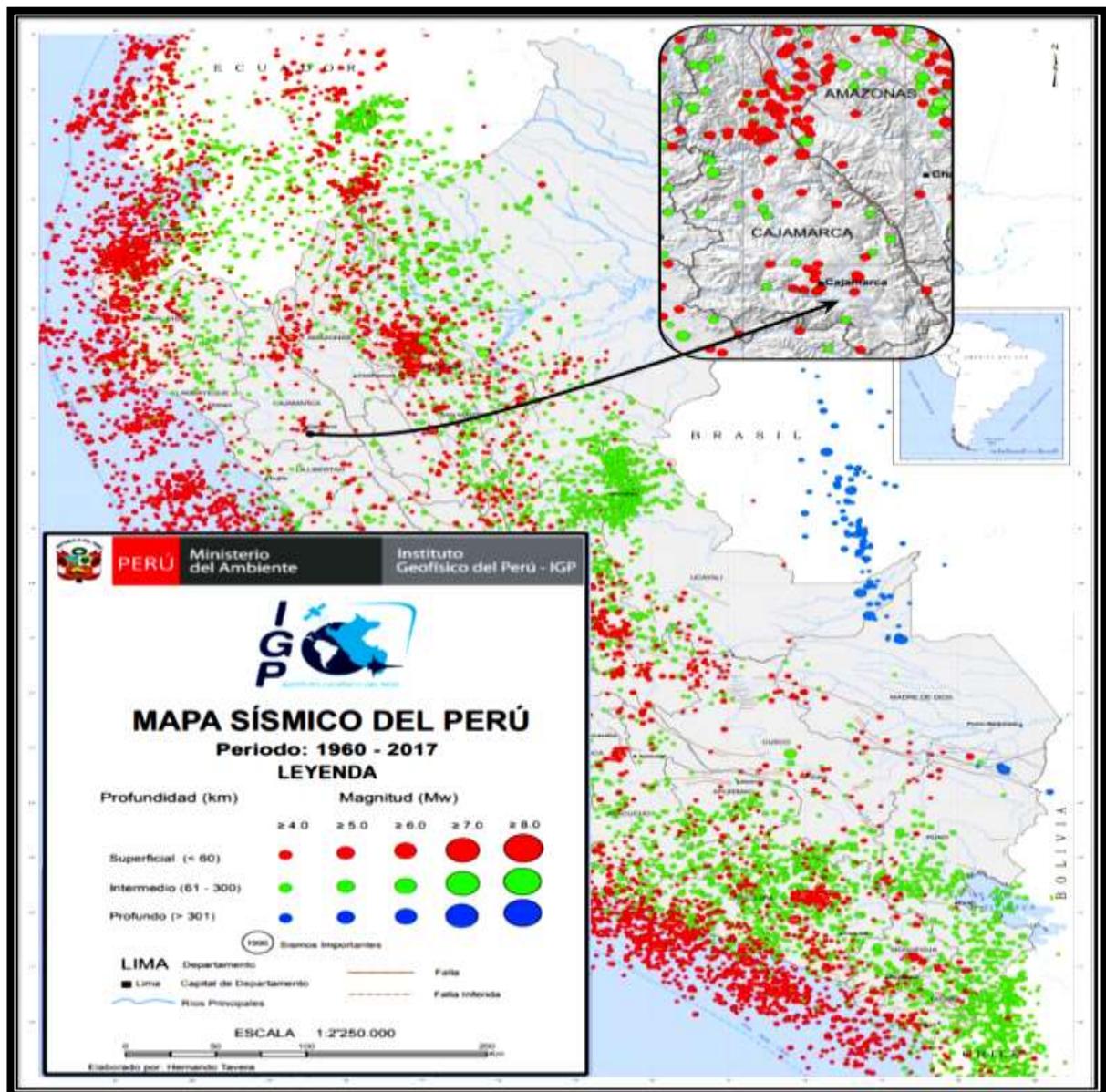
La primera fuente, considera la superficie de fricción entre las placas de Nazca y Sudamericana, presente en el borde occidental del Perú (entre la fosa y la línea de costa). Esta fuente da origen a sismos con magnitudes mayores a 8.0 Mw. e intensidad de sacudimiento del suelo y algunos de ellos acompañados de tsunamis. Eventos recientes se produjeron en los sismos de Arequipa del 2001 y de Pisco del 2007 produciendo daños en viviendas frágiles o ubicadas en suelos inestables.

La segunda fuente, considera la deformación de la corteza continental con la presencia de fallas geológicas de diferentes dimensiones y geometrías acompañados de deslizamiento e importantes procesos de licuación. Esta fuente da origen a eventos sísmicos con magnitudes de hasta 6.5 Mw. Eventos ocurridos en 1990 y 1991 en Alto Mayo en la región de San Martín.

La tercera fuente, considera a los sismos que se producen por la deformación interna de la placa de Nazca por debajo de la cordillera de los Andes. Esta fuente da origen a eventos sísmicos con magnitudes hasta 7.0 Mw. Evento ocurrido en el 2005 en Yurimaguas. (Tavera, 2014).

La magnitud de los sismos se diferencia por el tamaño de los círculos y las profundidades de sus focos por el color de los mismos, tal como se muestra en la figura 6.

Figura 6 Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1964 y 2011.



Fuente: Adaptado de Tavera, 2014.

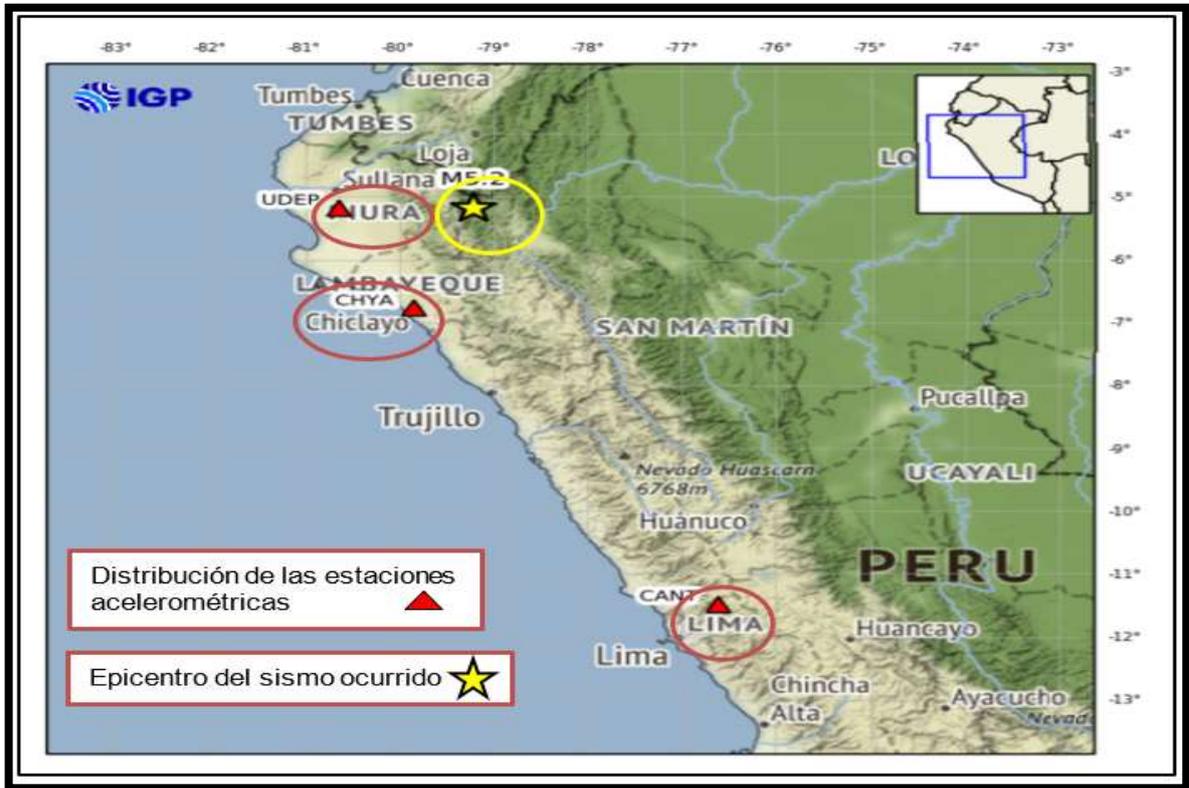
Sismicidad en Cajamarca

El 26 de mayo del 2019, a las 02:41:12 horas se registró un movimiento sísmico de magnitud 8.0 Mw. con profundidad de 135 km al Sur de Lagunas y 64 km al Este de Yurimaguas, Alto Amazonas-Loreto con intensidad VI-VII este sismo afectó a 4 distritos de Cajamarca: distrito de Gregorio Pita, provincia de San Marcos, Condebamba, Sitacocha y Cajabamba distritos perteneciente a la provincia de Cajabamba donde el Exministro de Energía y Minas Francisco Ísmodes junto al gobernador regional Mesías Guevara se trasladaron a dichas provincias a constatar los daños de la Infraestructura pública y viviendas. En su visita inspeccionó el km 1161 de la Carretera Longitudinal de la Sierra Norte, en el tramo Cajabamba-San Marcos, donde se produjo una fractura en la capa asfáltica a consecuencia del sismo y otro punto de su visita fue el Puesto de salud de Huañimba, provincia de Cajabamba, donde constató las fisuras en las paredes y pisos a causa del movimiento telúrico. Según informe del Instituto Geofísico del Perú (IGP) en el 2021 en Cajamarca se ha registrado los siguientes movimientos sísmicos:

- ✓ En la provincia de Cutervo a 11 Km al Este – NE de Cutervo con fecha 08/01/2021, hora 03:25:07, magnitud 3.9, profundidad 17 Km e intensidad III.
- ✓ En la provincia de San Ignacio a 56 Km al Este – NE de San Ignacio con fecha 30/01/2021, hora 03:35:44, magnitud 3.9, profundidad 24 Km e intensidad III.
- ✓ En la provincia de San Ignacio a 28 Km al SE de San Ignacio con fecha 30/06/2021, hora 17:23:30, magnitud 4.1, profundidad 29 Km e intensidad III.
- ✓ En la provincia de Cajabamba a 22 Km al Oeste de Cajabamba con fecha 02/09/2021, hora 07:53:51, magnitud 3.6, profundidad 12 km e intensidad III.
- ✓ En la provincia de San Ignacio a 21 Km al Oeste de San Ignacio con fecha 21/07/2021, hora 10:07:31, magnitud 5.2, profundidad 25 km e intensidad V.

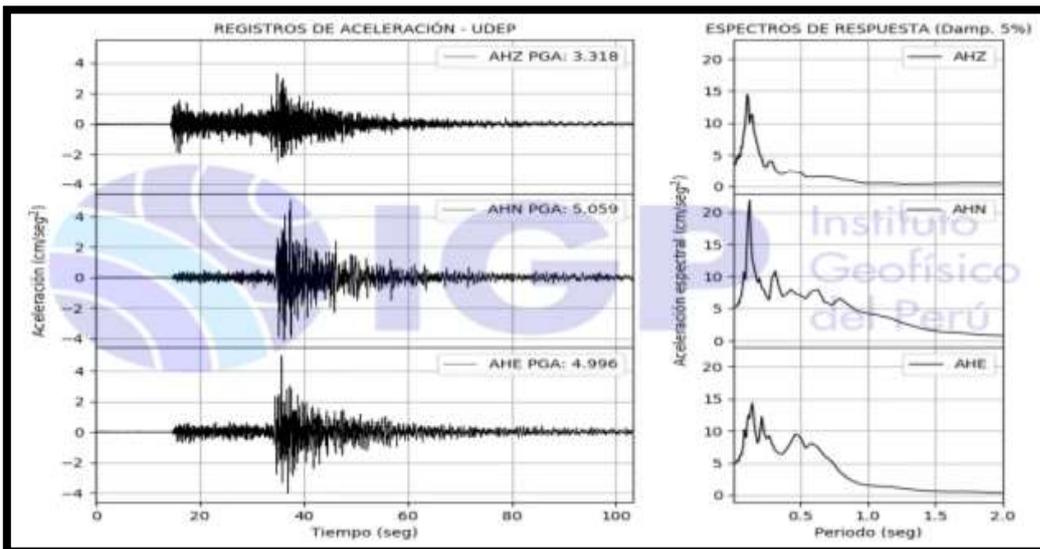
Tal como se muestra en la figura 7,8 y 9.

Figura 7 Epicentro del sismo ocurrido el 21/07/2021 (estrella) y distribución de las estaciones acelerométricas (Triángulos)



Fuente: Adaptado del Instituto Geofísico del Perú, 2021.

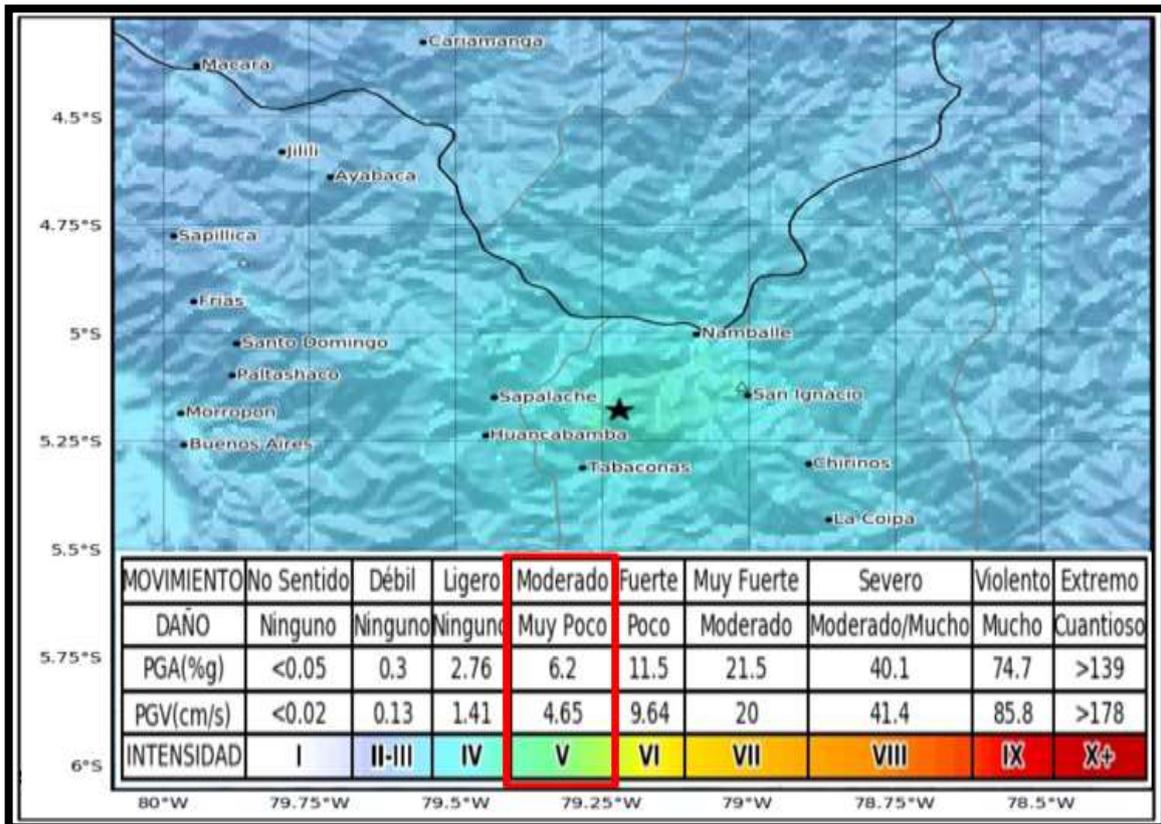
Figura 8 Registro de aceleración para el sismo 27/06/2021, Estación: UDEP



Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2021.

Figura 9 Mapa de intensidades macrosísmicas registrado para el sismo de San Ignacio

27/06/2021



Fuente: Adaptado del Instituto Geofísico del Perú, 2021.

Vulnerabilidad Sísmica

Se denomina vulnerabilidad al grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características. Estas estructuras se pueden calificar en “más vulnerables” o “menos vulnerables” ante un evento sísmico. Se debe de tener en cuenta que la vulnerabilidad sísmica de una estructura es una propiedad intrínseca a sí misma y además, es independiente de la peligrosidad del lugar ya que se ha observado en sismos anteriores que edificaciones de un tipo estructural similar sufren daños diferentes, teniendo en cuenta que se encuentran en la misma zona sísmica. En otras palabras, una estructura puede ser vulnerable, pero no estar en riesgo si no se encuentra en un lugar con un determinado peligro sísmico o amenaza sísmica. Es preciso resaltar que no existen metodologías estándares para estimar la vulnerabilidad de las estructuras. El resultado de los estudios de vulnerabilidad es un índice de daño que caracteriza la degradación que sufriría una estructura de una tipología estructural dada,

sometida a la acción de un sismo de determinadas características. La reducción de la vulnerabilidad es una inversión clave, no solamente para reducir los costos humanos y materiales de los desastres naturales, sino también para alcanzar un desarrollo sostenible. (Ochoa, 2012)

Vulnerabilidad estructural.

El término estructural, o componentes estructurales, se refiere a aquellas partes de un edificio que lo mantienen en pie. Esto incluye cimientos, columnas, muros portantes, vigas y diafragmas (entendidos éstos como los pisos y techos diseñados para transmitir fuerzas horizontales, como las de sismos, a través de las vigas y columnas hacia los cimientos. (Organización Panamericana de la Salud, 2004, p. 27).

Vulnerabilidad no estructural

El término no estructural se refiere a aquellos componentes de un edificio que están unidos a las partes estructurales (tabiques, ventanas, techos, puertas, cerramientos, cielos rasos, etc.), que cumplen funciones esenciales en el edificio (plomaría, calefacción, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.) o que simplemente están dentro de las edificaciones (equipos médicos, equipos mecánicos, muebles, etc.). (OPS, 2004, p. 28).

Sismicidad en el adobe

Las viviendas de adobe y tapia presentan características constructivas que contribuyen a aumentar su vulnerabilidad sísmica a ello hay que sumarle el tiempo de antigüedad de la vivienda y el deterioro de las propiedades mecánicas de sus materiales para que la capacidad de soportar un terremoto disminuya.

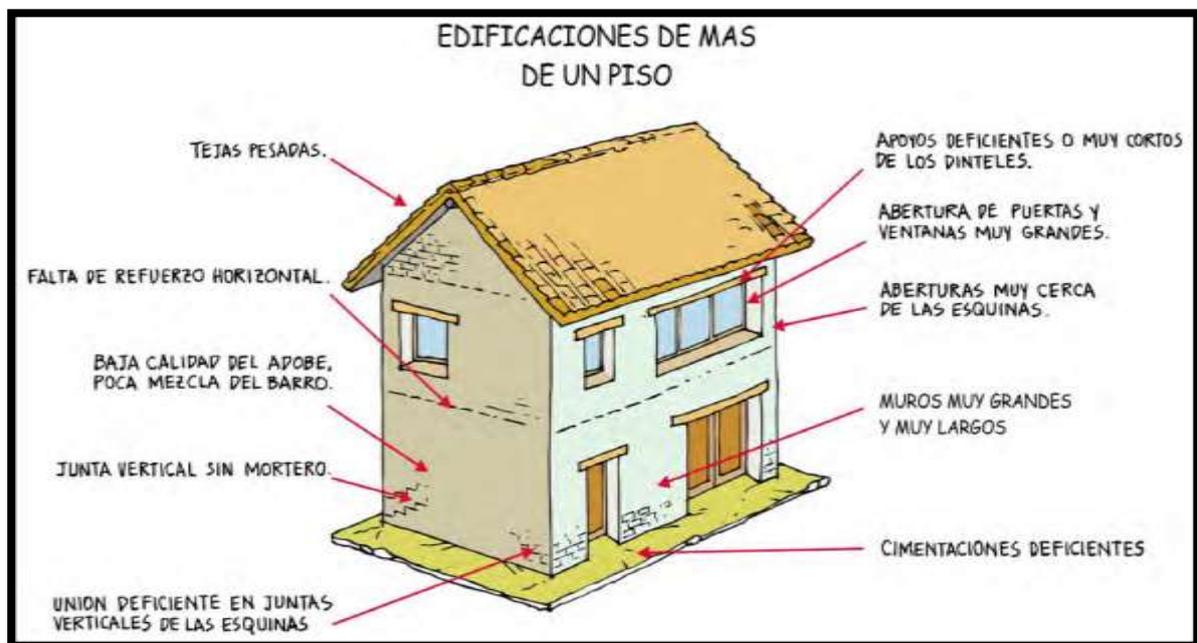
Los principales factores para que una vivienda construida de adobe y tapia contribuyan a aumentar la vulnerabilidad sísmica son:

- ✓ Distribución Inadecuada de los muros en planta.

- ✓ Irregularidades en planta y en altura.
- ✓ Pérdida de la verticalidad o plomo de los muros.
- ✓ Problemas de humedad, filtraciones.
- ✓ Uso de materiales no compatibles.
- ✓ Conexión inadecuada de muros, pérdida de recubrimiento.
- ✓ Entrepisos pesados y ausencia de diafragmas.
- ✓ Inadecuado apoyo y anclaje de elementos de entrepiso y cubiertas sobre muros.
- ✓ Entrepisos muy flexibles.
- ✓ Luces muy largas y estructuración de cubierta deficiente.

Las viviendas construidas de adobe que cuentan con estas características presentarán una mayor vulnerabilidad ante la acción de fuerzas horizontales inducidas por un evento sísmico. (Yasmin, Phillips, Reyes, & Ruiz, 2007). Tal como se muestra en la figura 10.

Figura 10 Deficiencias Estructurales en las edificaciones de adobe.



Fuente: Manual de Rehabilitación de vivienda construidas en adobe y tapia pisada, AIS, 2010.

Adobe

Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad. (Vivienda, Norma E.080, 2017).

Adobe, término empleado para designar un bloque constructivo hecho de tierra arcilla y secado al sol. Debido a su escasa resistencia a la humedad, sólo se construye con adobes en zonas poco lluviosas. Los edificios suelen protegerse de la humedad con aleros y cimientos pétreos. Los adobes sirven para construir paredes y tabiques, uniendo con una mezcla de cal y arena o simplemente barro. En algunas edificaciones las paredes exteriores se recubren con una “manta” (capa) de barro mezclada con paja, en una operación denominada “embarrar o enlodar”, otro revestimiento que utilizan es el enyesado. (Jaguaco, 2007).

Figura 11 *Dimensiones del Adobe.*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

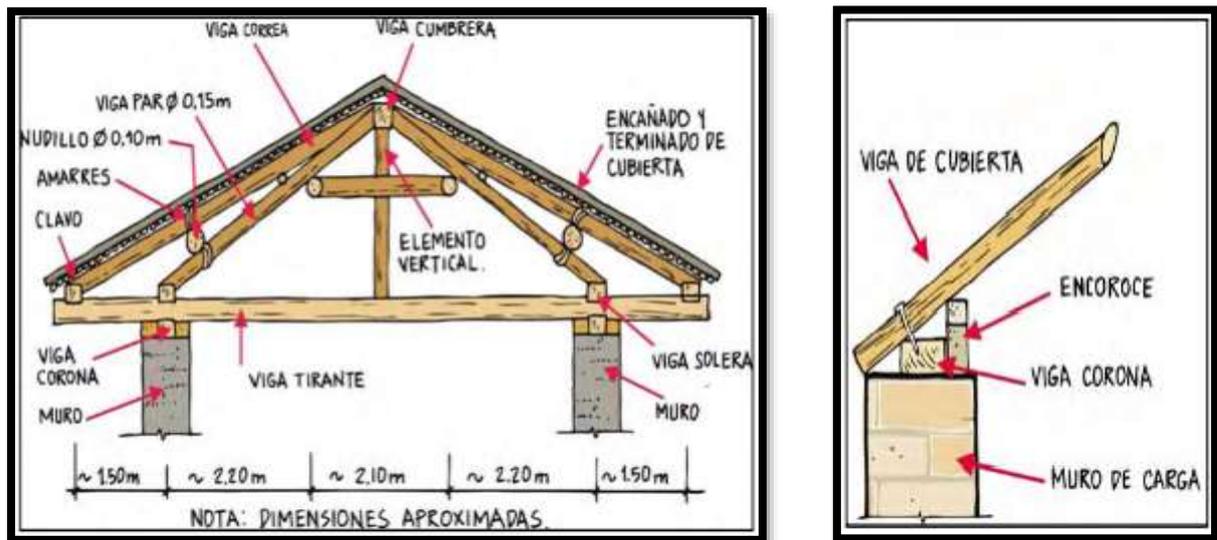
Sistema constructivo tradicional en adobe

Cubierta

Uno de los sistemas de cubierta más utilizados tradicionalmente es “par y nudillo” la cual incluye viga cumbrera, vigas correas, elementos diagonales o pares, vigas de madera que

atravesan el vano y descansan en las soleras-tirantes- y vigas instaladas en las cajas de los tirantes-soleras-que reciben las correas. A nivel del entechado son comunes las capas de tierra sobre el encañado y sobre este último las típicas tejas de arcilla cocida (Yasmin, Phillips, Reyes, & Ruiz, 2007). Tal como se muestra en la figura 12.

Figura 12 Sistema de cubierta utilizados tradicionalmente "par y nudillo"



Fuente: Manual de Rehabilitación de vivienda construidas en adobe y tapia pisada, AIS, 2010.

1.2. Problema de Investigación

¿Cuál es la correlación que existe entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de adobe, del distrito de Llacanora, Cajamarca?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la correlación entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de adobe, del distrito de Llacanora, Cajamarca.

1.3.2. Objetivo específico

- ✓ Identificar los tipos de patología y el nivel de severidad que existe en las viviendas de adobe, del distrito de Llacanora, Cajamarca.
- ✓ Determinar el nivel de vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de adobe, del distrito de Llacanora, Cajamarca.
- ✓ Analizar y evaluar la correlación entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de adobe, del distrito de Llacanora, Cajamarca.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Formulación de la hipótesis

Las patologías influyen significativamente en la vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de adobe, del distrito de Llacanora, Cajamarca.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Tipo de Investigación

La investigación presenta la siguiente tipificación:

✓ **Según su propósito.**

Esta investigación es aplicada, porque se plantearon estrategias para identificar y analizar el nivel de severidad de las patologías, determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas de adobe y correlacionar ambas variables de estudio.

✓ **Según su profundidad.**

Esta investigación es descriptiva-correlacional.

Es descriptiva porque se utiliza un instrumento de Evaluación: “Ficha de evaluación de las viviendas de Adobe Llacanora-Cajamarca” donde en forma detallada se describe los antecedentes, aspectos técnicos, deficiencia de la estructura (Problemas de ubicación, construcción y estructural) patologías presentadas y aspectos sísmicos de la vivienda de adobe, se realiza la entrevista a los propietarios y la recolección de datos mediante la observación directa de las viviendas en estudio.

Es correlacional porque tiene como propósito medir el coeficiente correlacional entre las dos variables: patología y vulnerabilidad sísmica para determinar la tendencia si están o no relacionados.

✓ **Según su naturaleza.**

El estudio es cualitativo porque se logra detallar las características de los principales elementos de la vivienda, deficiencia de la estructura, calidad de la construcción tanto en mano de obra como en los materiales, descripción de las patologías y como influyen en la vulnerabilidad sísmica.

✓ **Según su manipulación de variable.**

Este tipo de investigación es no experimental, los datos obtenidos como las características de las viviendas, deficiencia en su estructura, calidad de la construcción, patologías encontradas en las viviendas no fueron manipuladas por lo contrario fueron evaluadas e interpretadas para su respectivo resultado y conclusión.

2.2. Unidad de Estudio

Cada vivienda de adobe del C.P. de Llacanora, Cajamarca. La Unidad de análisis es el adobe por lo tanto cada unidad de estudio es la vivienda construida con adobe, perteneciente a Llacanora.

2.3. Población

En esta investigación la población son todas las viviendas de adobe del C.P. de Llacanora, delimitado en catastro por las calles: José Gálvez, Toribio Casanova, Ramón Castilla, Gaspar Gallardo, Miguel Grau, Dos De Mayo, Catarata y Jorge Lozano con un total de 11 manzanas y las viviendas de adobe que se encuentran ubicados en El Barrio La campana, El Higo, El Limón, El Barrio Hierba Buena y El Sector La Banda parte Alta que también pertenecen al C.P. de Llacanora. Después de realizar el conteo de las viviendas de adobe que cumplan con los requisitos se contabilizaron 112 viviendas.

Figura 13 *Delimitación del C.P. Llacanora*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

2.4. Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó el muestreo aleatorio simple que se calculó con la siguiente fórmula:

Ecuación N° 1 Muestra Aleatorio simple

$$n = \frac{Z^2 pq N}{e^2 (N-1) + Z^2 pq}$$

Donde:

n = Muestra Óptima

N = Tamaño de la población 112

p = Probabilidad de éxito 95% 0.95

q = Probabilidad de fracaso 5% 0.05

e = Nivel o margen de error. Considerado por el investigador 10 % 0.10

Z = Número de desviaciones estándar con respecto a P asociados a un nivel de confianza de 95%.

Nivel de confianza del muestreo, porcentaje que revela cuanta confianza puedes tener en que los datos obtenidos sean verdaderos y que representen al universo estudiado.

La puntuación Z, depende del nivel de confianza deseado, se muestra en la tabla N° 5.

Tabla 5 Puntuación Z

Nivel de confianza deseado	Puntuación Z
80%	1.28
85%	1.44
90%	1.65
95%	1.96
99%	2.58

Fuente: Survey Monkey.

Reemplazando valores obtenemos que:

$$n = \frac{(1.96)^2 * (0.95) * (0.5) * (112)}{(0.10)^2 * (79 - 1) + (1.96)^2 (0.95) * (0.5)}$$

$$N = 15.85 \approx 16$$

Por lo tanto, para una población N=112 el tamaño de la muestra será 16 viviendas de adobe.

Figura 14 C.P. de Llacanora



Fuente: Elaboración propia, 2021.

2.5. Operacionalización de las Variables

Tabla 6 Operacionalización de las variables

Variable	Concepto	Sub Variables	Indicadores		
Dependiente Vulnerabilidad Sísmica	Es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones durante un sismo y depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de los materiales y de la técnica de construcción (Kuroiwa, 2002)	Densidad de muros	Inadecuada	$Ae / Ar < 0.6$	
			Adecuada	$Ae / Ar < 1.0$	
		Estado Actual de las viviendas	Verificación de muros	$0.6 \leq Ae / Ar \leq 1.0$	
			Mala	Se analizó y evaluó: La calidad de mano de obra.	
		Estabilidad de tabiques	Regular	La calidad de materiales.	
			Buena	La calidad de materiales.	
		Nivel de vulnerabilidad	Estable	$Ma \leq Mr$	
			Inestable	$Ma > Mr$	
			Baja	Densidad de muros	
			Media	Estado Actual de las viviendas.	
Independiente Patologías	Las patologías se refieren al estudio de los problemas constructivos, su proceso y sus soluciones que derivan de lesiones de los edificios (Broto, Verruno, & Soria, 2006)	Fisuras	Grietas	Falla de desgarramiento	Se analizó y evaluó: Presencia de patologías causadas por defectos o por deterioro en los elementos estructurales
		Moderado			
		Desplome de muros	Leve		

2.6. Materiales, instrumento y método

Recurso humano:

- ✓ Tesista: Bachiller en Ingeniería Civil Espárraga Silvera Gloria Lizbeth, quien realizó las adaptaciones de la Ficha de encuesta y la Ficha de reporte, se visitó en 4 oportunidades la zona de estudio para realizar la encuesta a los propietarios de las viviendas, mediante la Ficha de reporte se evaluó el estado de las viviendas, la densidad de muros y la estabilidad de tabiques que contribuyen para el análisis del nivel de vulnerabilidad sísmica también se identificó, clasificó y evaluó las patologías posteriormente con los datos procesados se determinó la correlación entre las patologías y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe.
- ✓ En colaboración con el estudiante de Ingeniería Civil Adrián Josías Bueno Cotrina se realizó el levantamiento arquitectónico para el respectivo análisis de cada una de las edificaciones.
- ✓ Asesor: Ing. Rubén Kevin Manturano Chipana, quien asumió con gran responsabilidad y compromiso el asesoramiento de esta tesis, revisó mi avance semana a semana realizando las observaciones, sugerencias y el respectivo feedback en las reuniones virtuales, además aportó con su experiencia y sus conocimientos desde inicio hasta la culminación de esta tesis.
- ✓ Dueños y/o propietarios de las viviendas: quienes me brindaron un espacio de su tiempo para recabar la información necesaria e importante con respecto a sus viviendas, los datos que me proporcionaron fueron de gran utilidad para el desarrollo de la tesis. Sin embargo, también se dio el caso que mi persona persuadió al propietario para que me permita el ingreso a su vivienda para la respectiva evaluación de esta.

Materiales:

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se utilizaron:

- ✓ Ficha de encuesta, se utilizó para la recolección de datos de las viviendas de estudio.
- ✓ Ficha de reporte, se utilizó para el consolidado del diagnóstico, evaluación y análisis sísmico y análisis patológico.
- ✓ Wincha, sirvió para realizar el levantamiento arquitectónico, medir las longitudes afectadas de las fisuras, grietas etc.
- ✓ Plomada, se utilizó para comprobar la verticalidad de los muros.
- ✓ Celular, sirvió para tomar fotos y evidenciar las actividades que se realizaron en las 4 visitas a la zona de estudio.
- ✓ Laptop, sirvió para hacer uso de los programas de:
 - AutoCAD 2021, se realizaron los planos en planta de las viviendas de adobe.
 - Excel para realizar los cálculos de densidad de muros, estabilidad de muros por volteo, el análisis sísmico y patológico, los gráficos de resultados etc.
 - Word para realizar el respectivo informe de la tesis.

2.7. Técnica e instrumento

Ficha de reporte

Para determinar la correlación entre las patologías y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe se ha empleado el coeficiente de correlación de Pearson con el fin de analizar el grado de relación que existe entre estas dos variables de estudio. Para ello se obtuvo resultados cuantitativos tanto del nivel de severidad de las patologías como del nivel de vulnerabilidad sísmica. Para la recopilación de la información se elaboró una Ficha de reporte que se aplicó mediante encuestas a los propietarios de las viviendas, estas fueron adaptadas en base al modelo de los trabajos de investigación de (Mosqueira & Tarque, 2005).

La Ficha de reporte consta de las siguientes partes:

I. Antecedentes:

En este campo se consideró algunos datos generales de la vivienda como: N° de vivienda, fecha de la encuesta, Nombre de la familia, dirección, N° de miembros de la familia, pisos construidos, ¿Quiénes participaron en la construcción de la vivienda?, antigüedad de la vivienda y estado de conservación de la vivienda.

Figura 15 *Ficha de reporte - Antecedentes.*

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Correlación entre las patologías y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del distrito de Llacanora, Cajamarca 2021	
FICHA DE EVALUACIÓN DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE LLACANORA-CAJAMARCA			
I) ANTECEDENTES:		Vivienda N°:	Fecha de encuesta:
Familia:		N° de miembros de la familia:	
Dirección:		Pisos construidos:	1 piso
¿Quiénes participaron en la construcción de la vivienda?:		2 pisos	
Profesional técnico	Comuneros de la zona	Antigüedad de la vivienda:	
Albañil	Otros	De 50 años a mas	De 3 a 19 años
Estado de conservación de la vivienda:		De 20 a 49 años	De 0 a 2 años
		Bueno ()	Regular ()
		Malo ()	

Fuente: Adaptado de la ficha de reporte estudio de vulnerabilidad, Mosqueira & Tarque, 2005.

II. Aspectos Técnicos:

En este campo se consideró la descripción de las características de los principales elementos estructurales de las viviendas y los aspectos de peligros potenciales de la naturaleza. En los elementos estructurales de la vivienda de adobe se tiene que tener en cuenta:

- ✓ El recubrimiento en los sobrecimientos para evitar la humedad y la altura debe ser como mínimo 0.30 m y el ancho mínimo de 0.40 m según Norma E. 080.

- ✓ El revestimiento o enlucidos en los muros para evitar el deterioro y que cumpla con la función de protección de agentes externos. El espesor mínimo es de 0.40 m según Norma E. 080.
- ✓ La combinación de ladrillo con adobe o tapial en los muros.
- ✓ Si cuenta con contrafuerte recto o trapezoidal, si se ubican en las esquinas o en la parte intermedia de un muro largo.
- ✓ El material y tipo de viga que utilizaron estas pueden ser viga solera, collar o corona, cumbrera, correas, viguetas, tiras etc.
- ✓ Si cuentan con techos inclinados (de una o dos aguas) y el tipo de cobertura calamina, tejas o mixto.

Figura 16 Ficha de Reporte - Aspectos Técnicos.

II) ASPECTOS TÉCNICOS:					
2.1 Características de los principales elementos de la vivienda:					
Elementos	Características	Elementos	Características		
Cimientos		Techos			
Sobrecimiento		Vigas			
Muros		Otros			
Contrafuerte					
2.2 Aspectos de peligros potenciales naturales:					
Sismos ()	Huaycos ()	Deslizamientos ()	Inundaciones ()	Lluvia ()	Viento ()
					Otros ()

Fuente: Adaptado de la ficha de reporte estudio de vulnerabilidad, Mosqueira & Tarque, 2005.

III. Deficiencia de la Estructura:

En este campo se presenta una serie de características constructivas, problemas estructurales y de ubicación que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad sísmica en las viviendas de adobe.

Problemas de ubicación

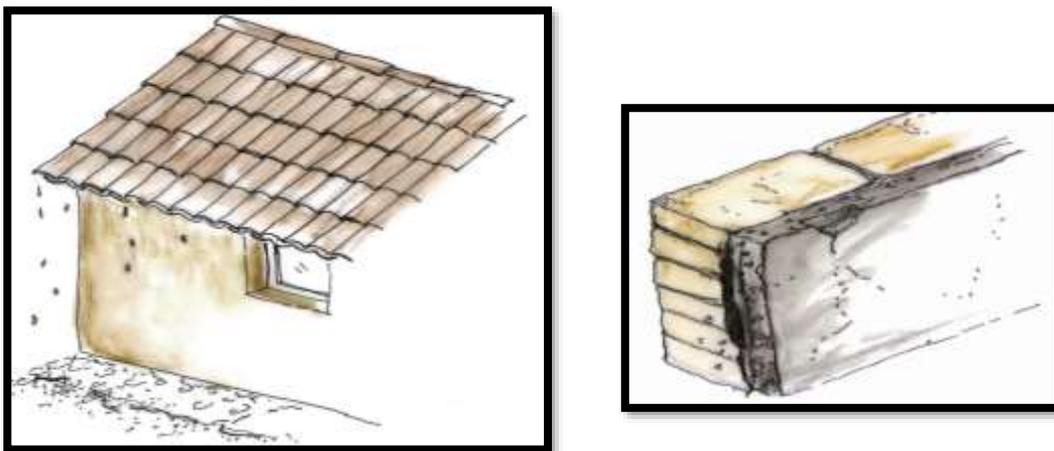
Se evaluó de manera visual si las viviendas de adobe de la zona de estudio se encuentran ubicados sobre suelo de relleno, suelo consolidado, con asentamiento o pendiente además se anotará si agentes externos afectan a las viviendas como coberturas vegetales, afloramiento de agua etc.

Problemas de construcción

Muros expuestos a lluvia, sin drenaje.

Es prioridad que las coberturas protegan al muro de la acción de la lluvia para evitar el agrietamiento de la vivienda. Los aleros deben proyectarse fuera de las edificaciones de una longitud suficiente para eviatr que el agua de lluvia dañe los muros.

Figura 17 *Muros expuestos a lluvia, sin drenaje.*



Fuente: Ficha para la reparación de vivienda de adobe, 2014.

Falta de Unión entre elementos de cubierta y muros.

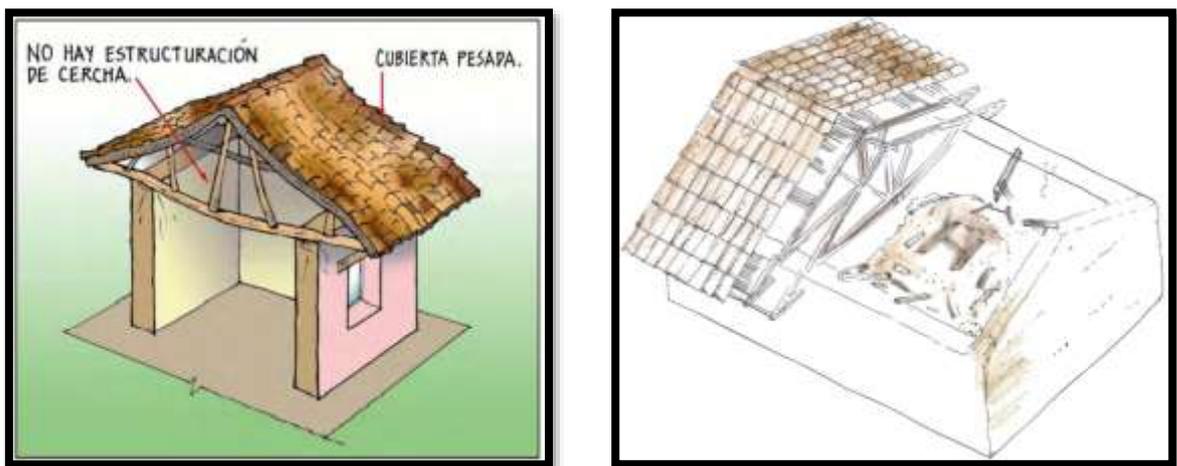
Cuando se presenta una inadecuada estructuración de la cubierta (muy pocos elementos o configuraciones inestables) se presentan deflexiones y sobreesfuerzos en los elementos que las componen. En el caso de presentarse un terremoto esto puede inducir el colapso de la cubierta y daños importantes en los muros cargueros. (AIS, 2010).

La cubierta ofrece muy poca restricción en los extremos superiores de los muros, lo cual genera que la falta esté dominada por la flexión de los muros en la dirección normal a su plano.

El movimiento relativo de los muros que se encuentran prácticamente “suelos” de la edificación genera simultáneamente la pérdida de apoyo de los elementos de cubierta, con lo cual el colapso total de la vivienda se vuelve inminente.

Caída de la estructura de cubierta, bien sea por fallas locales en las conexiones (pérdida de apoyo de los elementos) o por malas condiciones de la madera, ya que en la mayoría de los casos ésta ha sufrido el efecto de insectos y deterioro por humedad variable. (Díaz & Juanita, 2005).

Figura 18 *Caída de la estructura de cubierta.*

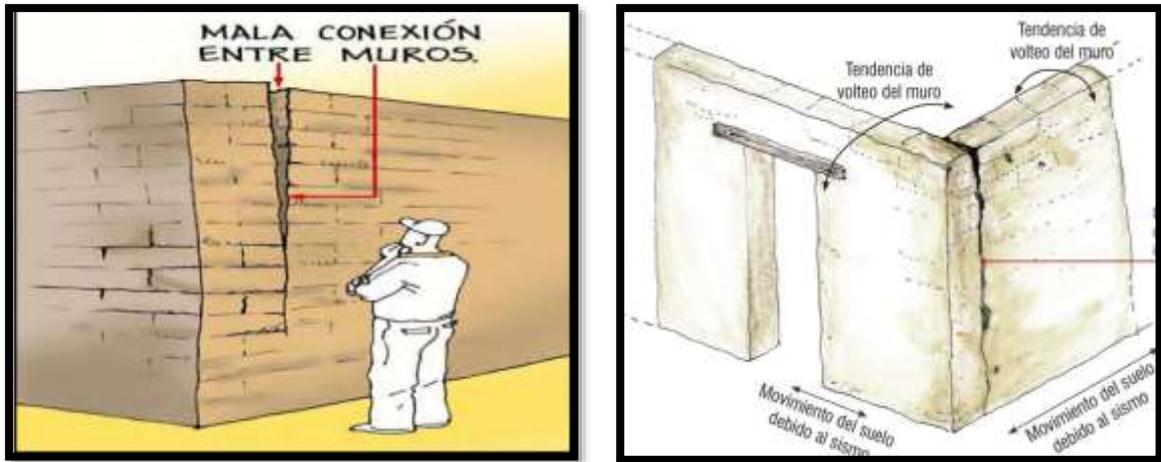


Fuente: Ficha para la reparación de vivienda de adobe, 2014.

Conexión entre muros

La falta de una adecuada conexión entre muros, bien sea en el trabe de los muros de adobe o en las conexiones de los muros de tapia, disminuye la restricción lateral de los muros, induciendo alta inestabilidad de los elementos verticales ante cargas perpendiculares a su plano. (AIS, 2010).

Figura 19 *Mala conexión entre muros.*

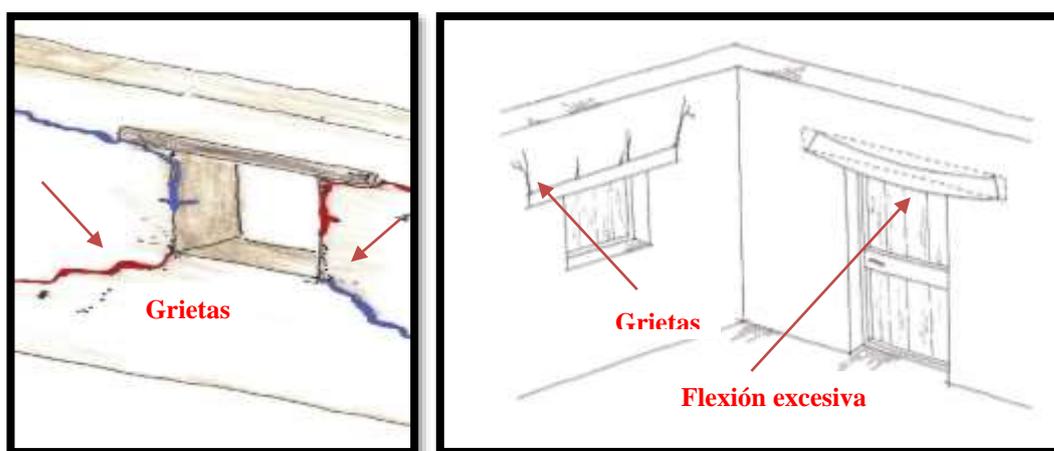


Fuente: Manual de Rehabilitación de vivienda construidas en adobe y tapia pisada, AIS, 2010.

Dinteles con reducida longitud de apoyo

El cálculo incorrecto de la longitud de los dinteles, cuando estos son demasiados cortos se produce una flexión excesiva en el centro de ellos ya que no tienen casi apoyo en los extremos o si están demasiados bajos el peso que soportan sobre ellos es superior al que pueden soportar. Este daño puede provocar un desajuste estructural en todo el muro de carga, induciendo a grietas y asentamientos.

Figura 20 *Dinteles con reducida longitud de apoyo.*



Fuente: Adaptada de la ficha para la reparación de vivienda de adobe, 2014.

Problemas estructurales

Muros sin refuerzo horizontal y vertical

Los muros estructurales o portantes, son muros sin ningún tipo de amarre o refuerzo interno, con trabes entre muros sin ningún tipo de refuerzo y con baja resistencia a la tensión.

Los muros disponen de aberturas significativas tales como ventanas, puertas o diferentes tipos de elementos internos que generan discontinuidad y zonas débiles.

El uso de contrafuertes y pilastres en las partes críticas de una estructura aumenta la estabilidad y el esfuerzo resistente. Los contrafuertes actúan como soportes que pueden prevenir el voltro del muro hacia adentro o hacia afuera.

La viga collar en todos los muros actúa con un cinturón que amarra los muros formando una estructura tipo caja.

Figura 21 Muros con refuerzo vertical (contrafuerte) y horizontal (viga collar).

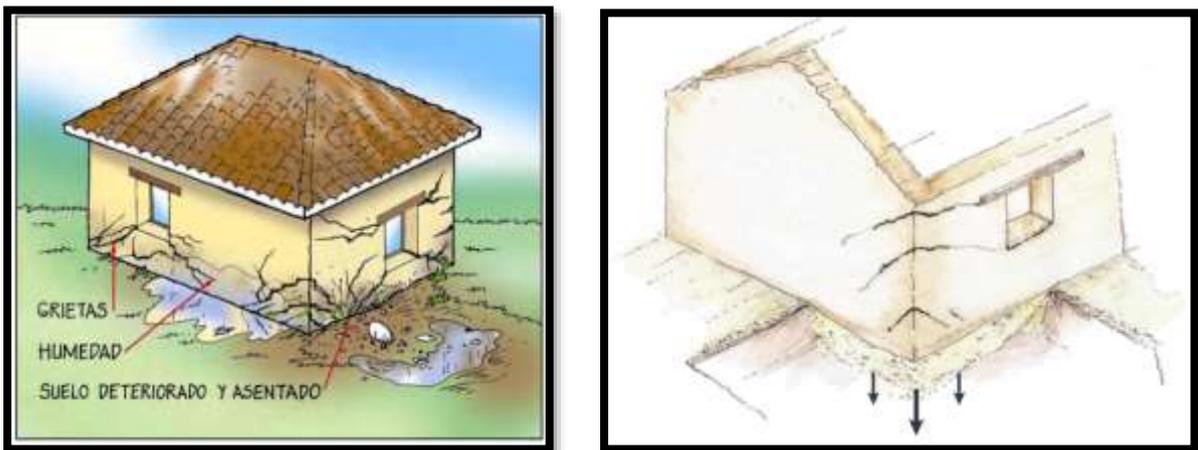


Cimientos y/o sobrecimientos inadecuados.

Es fundamental la utilización de una adecuada cimentación ya que estas estructuras de elementos de tierra son frágiles, en las zonas rurales existe viviendas con carencia total de cimentación produciendo fallas en los muros por asentamientos diferenciales agravados por el efecto de la humedad y el efecto mecánico en sus bases.

Así mismo se encuentran cimentaciones superficiales con profundidad no mayor de 0.30m y con sobrecimientos insuficientes. Es indispensable el uso del sobrecimiento para proteger la base del muro de la humedad del suelo y del agua de lluvia que puede correr en su cercanía.

Figura 22 *Cimentaciones y/o sobrecimientos inadecuados*

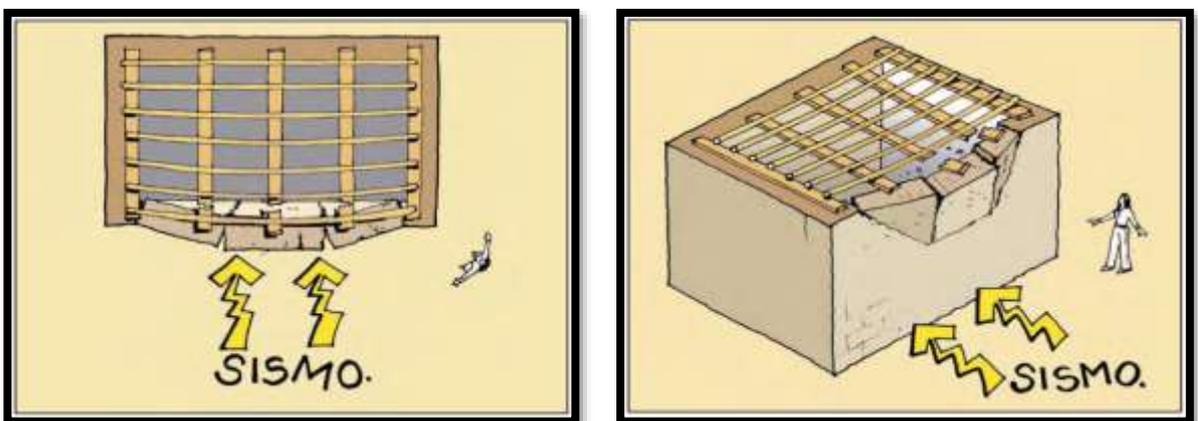


Fuente: Manual de Rehabilitación de vivienda construidas en adobe y tapia pisada, AIS, 2010.

Entrepiso y ausencia de diafragmas

Ausencia de un diafragma rígido de entrepiso. Que de existir, transmitiría las fuerzas sísmicas inerciales inducidas independientemente la dirección de excitación del sismo, como fuerzas en el plano de los muros de soporte. De lo contrario la distribución de las cargas laterales inducidas por el sismo será perjudicial, facilitando la acción de fuerzas perpendiculares excesivas contra los muros.

Figura 23 *Entrepisos y ausencia de diafragmas.*



Fuente: Manual de Rehabilitación de vivienda construidas en adobe y tapia pisada, AIS, 2010.

Figura 24 Ficha de Reporte - Deficiencia de la Estructura.

III) DEFICIENCIA DE LA ESTRUCTURA:		
Problemas de Ubicación		
Sobre suelo de relleno	Con asentamiento	
Sobre suelo consolidado	En pendiente	
Otros:		
Problemas de construcción		
Muros expuestos a lluvia, sin drenaje		
Juntas de construcción mal ubicadas		
Combinación de ladrillo con adobe o tapial en muros		
Falta de unión entre elementos de cubierta y muros		
Muros inadecuados para soportar empuje lateral		
Muros cerca a una pendiente o vertical abrupta		
Conexión entre muros		
Otros:		
Problemas Estructurales		
Muros sin viga solera de madera o concreto		
Muros sin refuerzo horizontal y vertical		
Cimientos y/o sobrecimientos inadecuados		
Dinteles con reducida longitud de apoyo		
Tabiquería no arriostrada		
Torsión en planta		
Vivienda sin junta sísmica		
Entrepiso y ausencia de diafragmas		
Otros:		
Calidad de mano de obra y materiales		
Buena	Regular	Mala
Otros:		

Fuente: Adaptado de la ficha de reporte estudio de vulnerabilidad, Mosqueira & Tarque, 2005.

IV. Patologías presentadas en la vivienda:

Figura 25 Ficha de Reporte - Patologías presentadas en la vivienda.

IV) PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LAS VIVIENDAS :					
Patologías encontradas	Nivel de severidad				Descripción
	Nulo ()	Severo ()	Moderado ()	Leve ()	
Fisuras	Nulo ()	Severo ()	Moderado ()	Leve ()	
Grietas	Nulo ()	Severo ()	Moderado ()	Leve ()	
Falla de desgarramiento	Nulo ()	Severo ()	Moderado ()	Leve ()	
Humedad	Nulo ()	Severo ()	Moderado ()	Leve ()	
Desprendimiento de tarrajeo	Nulo ()	Severo ()	Moderado ()	Leve ()	
Desplome de muros	Nulo ()	Severo ()	Moderado ()	Leve ()	

Fuente: Adaptado de la ficha de reporte estudio de vulnerabilidad, Mosqueira & Tarque, 2005.

2.8. Procedimiento y análisis de datos

2.8.1. Procedimiento

El trabajo de campo se realizó en 4 visitas al C.P. de Llacanora:

La primera consistió en solicitar a la Municipalidad Distrital de Llacanora-Cajamarca el plano catastral con fecha 27 de Octubre del 2021 Reg: 4383, proporcionada por el Subgerente de Proyectos e Infraestructura el Ing. Stalin Ruiz Rivera. El plano catastral data del año 2012 por tal razón no está actualizada adicionalmente se tuvo que realizar el conteo de las viviendas de los barrios: El Higo, La campana, El limón, Hierba Buena y El Sector La Banda parte Alta que no se encuentran en el plano catastral pero que si forma parte del C.P. de Llacanora.

La segunda visita se realizó el reconocimiento y selección de las viviendas de adobe con el fin de hallar una tipología representativa.

La tercera y cuarta visita consistió en la inspección visual, levantamiento arquitectónico utilizando una wincha para las mediciones, la plomada para verificar la verticalidad de los muros, entrevistas a los propietarios aplicando una ficha de encuesta.

Los datos recolectados en la ficha de encuesta sirvieron para la elaboración de planos en planta de las viviendas en el programa Autocad, evaluar la densidad de los muros en el eje de los “X” e “Y”, estabilidad de tabiques y el estado actual de las viviendas, estos datos fueron procesados en hoja de Excel para luego determinar la vulnerabilidad sísmica; también se identificó, analizó y evaluó el nivel de severidad de las patologías presentadas en las viviendas.

Finalmente se determinó el coeficiente de correlación entre las patologías y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe utilizando la correlación de Person.

Figura 26 *Identificación de viviendas a evaluar.*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 27 *Entrevistas a los propietarios y toma de datos para la ficha de reporte.*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

2.8.2. Análisis de datos

2.8.2.1. Verificación de la Densidad de muros

El análisis por sismo, de cada vivienda de adobe, se fundamenta primordialmente en comparar la densidad de cada muro. La división de la densidad existente, contra la densidad mínima requerida de muro para cada vivienda de adobe que soporta apropiadamente el cortante sísmico proporcionado por los sismos severos.

Para calcular el Área requerida en los muros de adobe se utilizará la siguiente ecuación:

Ecuación N° 2 Área Requerida.

$$Ar = \frac{S.C.W.N.At}{V' m}$$

Donde

Ar = Área requerida

S = 1.4 (Factor de suelo)

C = 0.20 (Coeficiente Sísmico, Norma E.080)

W = Peso promedio por Área

N = Número de pisos

At = Área total techada (m²)

V'm = Esfuerzo a corte

Dicha ecuación está basada en las fuerzas Sísmicas horizontales (Cortante Sísmico) según lo estipulado en la Norma E.080 (2017).

Ecuación N° 3 Fuerzas Sísmicas horizontales.

$$H = S.U.C.P$$

Donde

H = Fuerza Sísmica horizontal.

S = 1.4 (Factor de suelo)

U = 1.00 (Uso de viviendas)

C = 0.20 (Coeficiente sísmico, Norma E.080)

P = Peso total de la edificación

De acuerdo a la Norma E.080 (2017) los tipos de suelo y su respectivo factor se obtendrá de la tabla N° 7.

Tabla 7 *Factor de Suelo (S).*

Tipo	Descripción	Factor de Suelo (S)
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 0.3 MPa ó 3.06 kg. f/cm ²	1.0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 MPa ó 1.02 kg. f/cm ²	1.4

Fuente: Norma E.080, 2017.

El coeficiente Sísmico C según la ubicación donde se desarrolla la investigación, se selecciona los valores para cada caso según Norma E.080 (2017).

Tabla 8 *Coeficiente Sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada.*

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico (C)
4	0.25
3	0.20
2	0.15
1	0.10

Fuente: Norma E.080, 2017.

Los valores de Factor de Uso y densidad de muros según el tipo de edificación lo encontramos en la tabla N° 9, según Norma E.080 (2017).

Tabla 9 Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación.

Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
NTA.030 Hospedaje		
NTA.040 Educación		
NTA.050 Salud	1.4	15%
NTA.090 Servicios comunales		
NTA.100 Recreación y deportes		
NTA.110 Transporte y comunicaciones NTA.070		
NTA.060 Industria		
NTA.070 Comercio	1.2	12%
NTA.080 Oficinas		
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1.0	8%

Fuente: Norma E.080, 2017.

Finalmente, para verificar la densidad de muros tanto en el eje “X” como en el eje “Y” se compararán los parámetros de “Ae” y “Ar” de acuerdo a la tabla N° 10.

Tabla 10 Verificación de la densidad de muros.

Relación	Resultado
$\frac{Ae}{Ar} < 0.6$	Edificación con la densidad de muros inadecuados
$\frac{Ae}{Ar} > 1$	Edificación con la densidad de muros adecuados
$0.6 \leq \frac{Ae}{Ar} \leq 1$	Es indispensable realizar una verificación de algunos muros a corte.

Fuente: Adaptada de las fichas de reporte de adobe – PUCP. 2004.

Donde

Ar = Área requerida

Ae = Área existente

2.8.2.2. Estado Actual de las viviendas

Para determinar el Estado actual de las viviendas de adobe se tomaron en cuenta la característica de los principales elementos de la vivienda, los problemas de ubicación, problemas de construcción y problemas estructurales.

Figura 28 Ficha de Reporte del Estado actual de las viviendas de Adobe.

II) ASPECTOS TÉCNICOS:							
2.1 Características de los principales elementos de la vivienda:							
Elementos	Características			Elementos	Características		
Cimientos	Piedra grande con mortero de barro			Techos	Fijadas a los muros a través de la viga solera, viguetas y correas de madera. Inclínados de dos aguas con cobertura de tejas.		
Sobrecimiento	Piedra grande con mortero de barro, alrededor de la casa todo el sobrecimiento tiene recubrimiento con cemento.			Vigas	En el primer piso viga solera de concreto con acero y estribo. En el segundo piso viga solera de madera. Viguetas de madera gruesa y correas de madera.		
Muros	De adobe con tarrajeo e=0.55 m.			Otros	Columna circular de concreto como elemento de soporte utilizaron para el encofrado un tubo de alcantarillado ubicada en la parte central y escalera de acero tipo caracol.		
Contrafuerte	No presenta						
2.2 Aspectos de peligros potenciales naturales :							
Sismos (X)	Huaycos ()	Deslizamientos ()	Inundaciones ()	Lluvia (X)	Viento ()	Otros ()	
III) DEFICIENCIA DE LA ESTRUCTURA:							
Problemas de Ubicación				Problemas Estructurales			
	Sobre suelo de relleno		Con asentamiento	X	Muros sin viga solera de madera o concreto		
X	Sobre suelo consolidado		En pendiente	X	Muros sin refuerzo horizontal y vertical		
	Otros				Cimientos y/o sobrecimientos inadecuados		
Problemas de construcción				X	Dinteles con reducida longitud de apoyo		
X	Muros expuestos a lluvia, sin drenaje			X	Tabiquería no arriostrada		
	Juntas de construcción mal ubicadas				Torsión en planta		
X	Combinación de ladrillo con adobe o tapial en muros			X	Vivienda sin junta sísmica		
X	Falta de unión entre elementos de cubierta y muros				Entrepiso y ausencia de diafragmas		
	Muros inadecuados para soportar empuje lateral				Otros:		
	Muros cerca a una pendiente o vertical abrupta						
	Conexión entre muros						
	Otros:						
Calidad de mano de obra y materiales							
Buena	X	Regular		Mala			
Otros							

Fuente: Adaptado de la ficha de reporte estudio de vulnerabilidad, Mosqueira & Tarque, 2005.

2.8.2.3. Verificación de Estabilidad de muros por volteo

Se determinará la estabilidad de muros al volteo haciendo una comparación entre el momento resistente M_r y el momento actuante M_a que soportaran los muros no portantes como tabiques, parapetos y cercos.

Momento actuante:

Ecuación N° 4 Momento Actuante.

$$Ma = \beta \cdot w \cdot a^2$$

Donde

Ma: Momento Actuante

w: Intensidad de la fuerza lateral

a: cálculo de la dimensión crítica de acuerdo a los arriostres

β : Coeficiente de momentos

La intensidad de fuerza lateral “w” esta expresada de acuerdo a la ecuación N° 5. Esta carga puede ser originada por un sismo por lo tanto es necesario calcular el coeficiente sísmico (ecuación N° 6); así mismo de acuerdo a la NTP 080, la fuerza sísmica horizontal en la base para edificaciones es de acuerdo a la ecuación N° 7.

Ecuación N° 5 Intensidad de fuerza lateral.

$$w = H / h$$

Donde

w: Intensidad de la fuerza lateral

H: Fuerza sísmica horizontal

Ecuación N° 6 Coeficiente Sísmico.

$$Cm = S \cdot U \cdot C$$

Donde

Cm: Coeficiente Sísmico

S: Factor de suelo

U: Factor de uso de la edificación

C: Coeficiente sísmico

Ecuación N° 7 Fuerza horizontal.

$$H = S.U. C. P \text{ o } H = C m. P$$

Donde:

P: Peso total del muro. “Carga de servicio”

El Cálculo de la dimensión crítica “a” de un muro, se presenta en la tabla 11.

Tabla 11 Dimensión crítica.

Caso	N° de bordes arriostrados	Dimensión Crítica: a (L: Longitud de muro, h: Altura de muro)
1	1 (voladizo)	a = h
2	2 (simplemente apoyado)	a = h
3	3	a = h o L (La que presente el borde libre)
4	4	a = h o L (La que presente la menor longitud)

Fuente: Tejada, 2001.

Momento resistente:

Para calcular el momento resistente se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Ecuación N° 8 Momento Resistente

$$Mr = f v \cdot \frac{t^2}{6}$$

Ecuación N° 9 Esfuerzo Resistente a flexión.

$$f v = \frac{4}{3} \sigma$$

Ecuación N° 10 *Esfuerzo total de servicio.*

$$\sigma = \frac{P}{L.t}$$

Donde

t: espesor de muro (m)

P: Peso total del muro. “Carga de servicio”

Finalmente se comparan los valores de los momentos (ecuaciones N° 04 y 08), teniendo en cuenta el criterio.

- Si $Ma \leq Mr$, Muro es estable.

- Si $Ma > Mr$, Muro es inestable.

2.8.2.4. Vulnerabilidad Sísmica

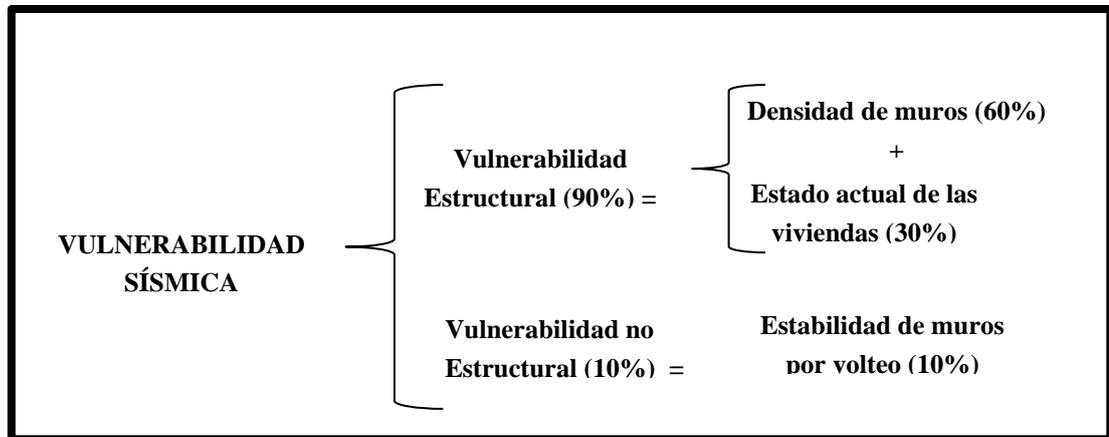
De acuerdo a investigaciones anteriores la vulnerabilidad estructural está definida por la descripción de la vivienda tales como: ubicación, características de los principales elementos, materiales, dimensiones de los elementos estructurales, problemas constructivos y estructurales; siendo una parte esencial la adecuada densidad de muros. Y la vulnerabilidad no estructural evaluando la estabilidad de muros por volteo; relacionándolas así dentro de un porcentaje ya validado de acuerdo a la tesis (Mosqueira & Tarque, 2005).

Para determinar la vulnerabilidad desarrollada por Mosqueira y Tarque (2005), se tuvo que desarrollar la vulnerabilidad estructural y no estructural.

La vulnerabilidad estructural fue calculada con la densidad de muros y con el estado actual de las viviendas, la vulnerabilidad no estructural se determinó por la estabilidad de muros por volteo (tabiques).

La vulnerabilidad sísmica se calcula de la siguiente manera:

Figura 29 Vulnerabilidad Sísmica método Mosqueira-Tarque.



Fuente: Tesis (Mosqueira & Tarque, 2005).

Tabla 12 *Parámetros para evaluar la vulnerabilidad Sísmica.*

Vulnerabilidad					
Estructural				No Estructural	
Densidad de muros (60%)		Estado Actual de las viviendas (30 %)		Estabilidad de muros por volteo. (10 %)	
Adecuada	1	Buena Calidad	1	Todos estables	1
Aceptable	2	Regular calidad	2	Algunos estables	2
Inadecuada	3	Mala calidad	3	Todos inestables	3

Fuente: Tesis (Mosqueira & Tarque, 2005).

Los valores asignados a cada parámetro se reemplazan en la siguiente ecuación:

Ecuación N° 11 *Vulnerabilidad Sísmica.*

Vulnerabilidad Sísmica	= 0.6 X	Densidad de muros	+ 0.3 X	Estado actual de la vivienda.	+ 0.1 X	Estabilidad de muros por volteo
-------------------------------	----------------	--------------------------	----------------	--------------------------------------	----------------	--

Figura 30 Análisis Sísmico de la vivienda de adobe.

Factores influyentes en la Vulnerabilidad sísmica					
Vulnerabilidad					
Estructural			No estructural		
Densidad de muros		Mano de obra y materiales		Tabiquería	
Adecuada		Buena calidad	X	Todos estables	
Aceptable	X	Regular calidad		Algunos estables	X
Inadecuada		Mala calidad		Todos Inestables	
Vulnerabilidad			MEDIA		
Puntaje			2.00		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

2.8.2.5. Nivel de severidad de las patologías

Para determinar el Nivel de severidad de las patologías encontradas en las viviendas de adobe se asignaron valores a cada patología encontrada.

Figura 31 Análisis del nivel de severidad de las patologías.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Correlación entre las patologías y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del distrito de Llacanora, Cajamarca 2021													
FICHA DE EVALUACIÓN DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE LLACANORA-CAJAMARCA															
PATOLOGÍAS PRESENTADAS EN LAS VIVIENDAS DE ADOBE													VIVIENDA Nº 1		
Descripción		FISURAS		GRIETAS		FALLA DE DESGARRAMIENTO		HUMEDAD		DESPRENDIMIENTO DE TARRAJEO		DESPLOME DE MUROS		PUNTAJE (P)	NIVEL DE DAÑO
Ponderación (P)		4.0		5.0		6.0		2.0		1.0		3.0			
		V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P		
NIVEL DE SEVERIDAD	3	Severo		0		0		0		0		0		3	
	2	Moderado		0		0		0		0		0			
	1	Leve		0		0		1	2	1	1		0		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En base a la ficha de reporte: Diagnóstico del nivel de vulnerabilidad sísmica y el diagnóstico de las patologías encontradas en las viviendas de adobe del distrito de Llacanora, Cajamarca, se logró recabar información de las 16 viviendas seleccionadas.

Para este estudio se tomó en cuenta antecedentes, aspectos técnicos, análisis sísmicos, análisis de las patologías.

Se determinó la densidad de muros, estado actual de las viviendas, estabilidad de muros por volteo para el análisis sísmico. Además, se asignó valores para determinar el nivel de severidad de las patologías presentadas en cada vivienda.

Finalmente, con los datos procesados de ambas variables se determinó la correlación entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de Adobe.

Luego del análisis de las fichas de reporte, se presentan los siguientes resultados:

3.1. Densidad de muros de adobe

A continuación, se presenta el resumen de la densidad de muros de las 16 viviendas de adobe del distrito de Llacanora. Tal como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13 Resumen de la densidad de muros.

Nº de vivienda	Eje	Área existente de muros	Área de planta	Área requerida de muros	Relación Ae / Ar	Resultado	Densidad según E.080	Densidad de muros (Norma E.080)	Comparación
1	EJE X	22.386	100.91	36.166	0.619	Verf. muros	11.09%	8.00%	Cumple
	EJE Y	16.730	100.91	36.166	0.463	inadecuado	8.29%	8.00%	Cumple
2	EJE X	9.702	62.10	22.257	0.436	inadecuado	7.81%	8.00%	No cumple
	EJE Y	7.900	62.10	22.257	0.355	inadecuado	6.36%	8.00%	No cumple
3	EJE X	5.310	75.44	27.038	0.196	inadecuado	3.52%	8.00%	No cumple
	EJE Y	8.820	75.44	27.038	0.326	inadecuado	5.85%	8.00%	No cumple
4	EJE X	11.588	110.67	39.663	0.292	inadecuado	5.24%	8.00%	No cumple
	EJE Y	12.580	110.67	39.663	0.317	inadecuado	5.68%	8.00%	No cumple
5	EJE X	15.778	105.00	37.630	0.419	inadecuado	7.51%	8.00%	No cumple
	EJE Y	13.632	105.00	37.630	0.362	inadecuado	6.49%	8.00%	No cumple
6	EJE X	8.393	45.40	16.271	0.516	inadecuado	9.24%	8.00%	Cumple
	EJE Y	9.856	45.40	16.271	0.606	Verf. muros	10.85%	8.00%	Cumple
7	EJE X	5.770	32.08	11.497	0.502	inadecuado	8.99%	8.00%	Cumple
	EJE Y	7.250	32.08	11.497	0.631	Verf. muros	11.30%	8.00%	Cumple
8	EJE X	6.280	31.52	11.297	0.556	inadecuado	9.96%	8.00%	Cumple
	EJE Y	5.500	31.52	11.297	0.487	inadecuado	8.72%	8.00%	Cumple
9	EJE X	23.136	159.66	57.222	0.404	inadecuado	7.25%	8.00%	No cumple
	EJE Y	34.368	159.66	57.222	0.601	Verf. muros	10.76%	8.00%	Cumple
10	EJE X	7.842	73.21	26.237	0.299	inadecuado	5.36%	8.00%	No cumple
	EJE Y	12.300	73.21	26.237	0.469	inadecuado	8.40%	8.00%	Cumple
11	EJE X	10.626	39.19	14.047	0.756	Verf. muros	13.56%	8.00%	Cumple
	EJE Y	7.069	39.19	14.047	0.503	inadecuado	9.02%	8.00%	Cumple
12	EJE X	29.745	283.06	101.448	0.293	inadecuado	5.25%	8.00%	No cumple
	EJE Y	28.025	283.06	101.448	0.276	inadecuado	4.95%	8.00%	No cumple
13	EJE X	6.280	41.04	14.709	0.427	inadecuado	7.65%	8.00%	No cumple
	EJE Y	7.500	41.04	14.709	0.510	inadecuado	9.14%	8.00%	Cumple
14	EJE X	12.792	117.28	42.034	0.304	inadecuado	5.45%	8.00%	No cumple
	EJE Y	9.560	117.28	42.034	0.227	inadecuado	4.08%	8.00%	No cumple
15	EJE X	6.220	32.57	11.674	0.533	inadecuado	9.55%	8.00%	Cumple
	EJE Y	5.750	32.57	11.674	0.493	inadecuado	8.83%	8.00%	Cumple
16	EJE X	11.256	72.78	26.084	0.432	inadecuado	7.73%	8.00%	No cumple
	EJE Y	11.160	72.78	26.084	0.428	inadecuado	7.67%	8.00%	No cumple

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En las tablas N° 14 y N° 15 se presenta la comparación de los resultados de densidad según la relación de áreas y según la Norma E.080.

Tabla 14 *Resumen de Densidad de muros (Relación de áreas).*

Densidad de muros según relación de áreas	
Adecuada	0
Inadecuada	27
Verificación de muros	5
Total	32

Figura 32 *Densidad de muros (Relación de áreas).*

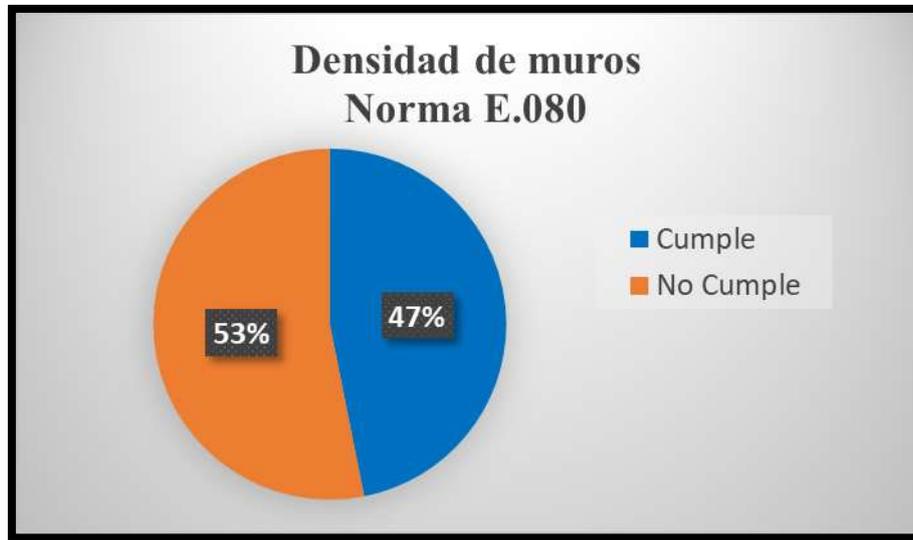


Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 15 *Resumen Densidad de muros (Norma E.080)*

Densidad de muros según Norma E.080	
Cumple	15
No Cumple	17
Total	32

Figura 33 Densidad de muros (Norma E.080).



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.2. Estado actual de las viviendas

A continuación, se presenta el resumen del estado actual de las 16 viviendas de adobe del distrito de Llacanora. Tal como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16 Estado actual de las viviendas

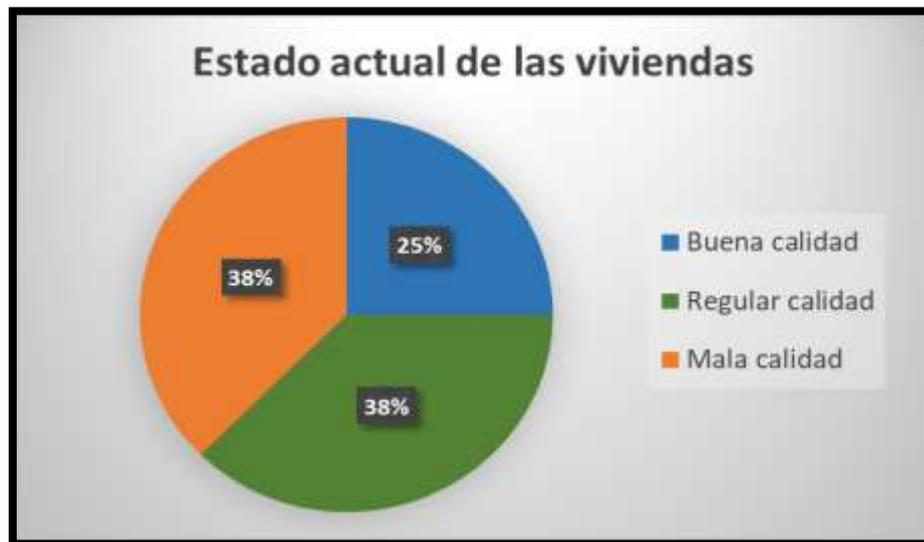
Nº de vivienda	Nombre del propietario	Nivel de calidad		
		3	2	1
		Buena calidad	Regular calidad	Mala calidad
1	Edwin Rovin BUENO GONZALES	3		
2	Concepción RAICO JULCAMORO		2	
3	Rebeca COTRINA RAICO		2	
4	Análí COTRINA RAICO	3		
5	Lucinda RAICO GONZALES			1
6	Pilar COTRINA RAICO	3		
7	Cruz Anibal CELIS BUENO			1
8	Andres OCAS CABRERA			1
9	Eusebia TAPIA DE LA CRUZ	3		
10	Segundo Manuel GONZALES MORENO		2	
11	Dina MATOS CERQUÍN			1
12	Paula GONZALES		2	
13	Vidal COTRINA RAICO			1
14	Lidia Violeta LINARES HUAMÁN		2	
15	Alexander MARGAS OSORIO			1
16	Demetreo TAPIA DE LA CRUZ		2	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 17 *Resumen del Estado actual de las viviendas.*

Estado actual de las viviendas	
Buena calidad	4
Regular calidad	6
Mala calidad	6
Total	16

Figura 34 *Estado Actual de las viviendas.*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.3. Estabilidad de muros por volteo

A continuación, se presenta el resumen de Estabilidad de muros por volteo de las 16 viviendas de adobe del distrito de Llacanora. Tal como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18 Resumen de Estabilidad de muros por volteo.

Nº de vivienda	Verificación de muros								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
1	Inestable	Estable	Inestable	Inestable	-	-	-	-	Algunos Estables
2	Inestable	Inestable	-	-	-	-	-	-	Inestable
3	Inestable	Inestable	Inestable	Inestable	-	-	-	-	Inestable
4	Inestable	Estable	Inestable	Inestable	Inestable	Inestable	-	-	Algunos Estables
5	Inestable	Inestable	Inestable	-	-	-	-	-	Inestable
6	Inestable	Inestable	Inestable	-	-	-	-	-	Inestable
7	Inestable	Inestable	Inestable	-	-	-	-	-	Inestable
8	Inestable	Inestable	-	-	-	-	-	-	Inestable
9	Inestable	Estable	Inestable	Estable	Estable	Inestable	Estable	Inestable	Algunos Estables
10	Inestable	Inestable	Inestable	-	-	-	-	-	Inestable
11	Inestable	Inestable	Inestable	-	-	-	-	-	Inestable
12	Inestable	Inestable	Inestable	Inestable	Inestable	Inestable	Inestable	Inestable	Inestable
13	Inestable	Inestable	Inestable	-	-	-	-	-	Inestable
14	Inestable	Inestable	Inestable	-	-	-	-	-	Inestable
15	Inestable	Inestable	-	-	-	-	-	-	Inestable
16	Inestable	Inestable	Inestable	-	-	-	-	-	Inestable

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 19 Resumen de Estabilidad de muros por volteo.

Estabilidad de muros por volteo	
Inestable	13
Algunos estables	3
Estable	0
Total	16

Figura 35 Verificación de muros por volteo.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.4. Vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de adobe.

A continuación, se presenta los datos obtenidos de cada una de las viviendas de adobe utilizando la metodología de Mosqueira & Tarque explicada en el capítulo anterior. Tal como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20 Vulnerabilidad Sísmica en viviendas de adobe.

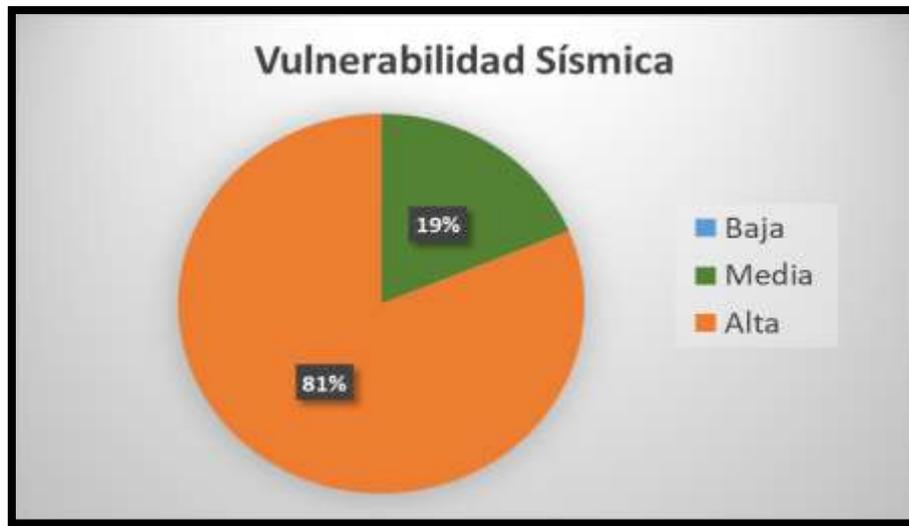
VULNERABILIDAD SISMICA POR VIVIENDA				
Nº de vivienda	Nombre del propietario	Nivel de vulnerabilidad		
		Baja	Media	Alta
1	Edwin Rovin BUENO GONZALES		X	
2	Concepción RAICO JULCAMORO			X
3	Rebeca COTRINA RAICO			X
4	Analí COTRINA RAICO			X
5	Lucinda RAICO GONZALES			X
6	Pilar COTRINA RAICO		X	
7	Cruz Anibal CELIS BUENO			X
8	Andres OCAS CABRERA			X
9	Eusebia TAPIA DE LA CRUZ		X	
10	Segundo Manuel GONZALES MORENO			X
11	Dina MATOS CERQUÍN			X
12	Paula GONZALES			X
13	Vidal COTRINA RAICO			X
14	Lidia Violeta LINARES HUAMÁN			X
15	Alejandro VARGAS OSORIO			X
16	Demetreo TAPIA DE LA CRUZ			X

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 21 Resumen de Vulnerabilidad Sísmica.

Vulnerabilidad Sísmica		
Nivel	Nº de viviendas	%
Baja	0	0%
Media	3	19%
Alta	13	81%
Total	16	100%

Figura 36 Vulnerabilidad Sísmica en viviendas de adobe.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.5. Patologías presentadas en las viviendas de adobe.

A continuación, se presenta el resumen del nivel de severidad de las patologías de las 16 viviendas de adobe del distrito de Llacanora. Tal como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22 Nivel de severidad de las patologías.

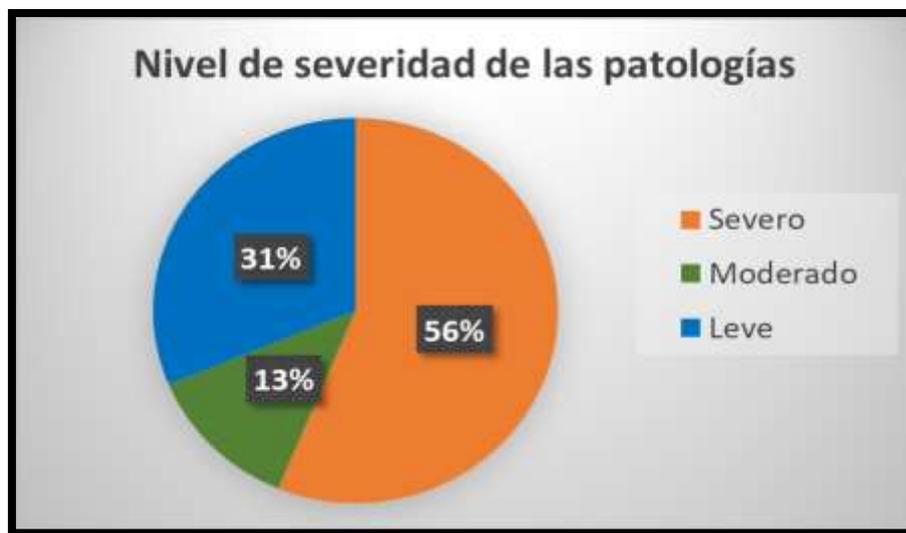
MATRIZ PARA EVALUAR EL NIVEL DE SEVERIDAD DE LAS PATOLOGÍAS																	
Nº	NOMBRE DEL PROPIETARIO	ASPECTOS										PONDERACIÓN					
		Fisuras		Grietas		Falla de desgarramiento		Humedad		Desprendimiento de tarrajeo		Desplome de muros		Nivel de severidad		Rangos	
		P=	4	P=	5	P=	6	P=	2	P=	1	P=	3	Severo	3	21	mas
		V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	Moderado	2	11	21
														Leve	1	0	10
														Puntaje		NIVEL	
1	Edwin Rovín BUENO GONZALES		0		0		0	1	2	1	1		0		3		
2	Concepción RAICO JULCAMORO	1	4	3	15		0	1	2	2	2	1	3		26		
3	Rebeca COTRINA RAICO	1	4		0		0	2	4	1	1		0		9		
4	Anali COTRINA RAICO	1	4		0		0			0			0		4		
5	Lucinda RAICO GONZALES	2	8		0		0	1	2	2	2	1	3		15		
6	Pilar COTRINA RAICO	1	4		0		0	1	2		0		0		6		
7	Cruz Anibal CELIS BUENO	2	8	2	10	1	6	1	2	1	1	1	3		30		
8	Andres OCAS CABRERA	2	8	2	10	1	6	1	2	1	1	1	3		30		
9	Eusebia TAPIA DE LA CRUZ	1	4		0		0	1	2		0		0		6		
10	Segundo Manuel GONZALES MORENO	2	8	3	15		0	1	2	1	1	2	6		32		
11	Dina MATOS CERQUÍN	2	8	3	15	1	6	1	2	1	1	2	6		38		
12	Paula GONZALES	2	8	2	10		0	1	2	1	1	3	9		30		
13	Vidal COTRINA RAICO	3	12	2	10	2	12	1	2	2	2	2	6		44		
14	Lidia Violeta LINARES HUAMÁN	3	12	2	10	1	6	1	2	3	3	1	3		36		
15	Alejandro VARGAS OSORIO	2	8	3	15	2	12	1	2	1	1	1	3		41		
16	Demetreo TAPIA DE LA CRUZ	2	8		0		0		0	1	1	1	3		12		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 23 Resumen de nivel de severidad de las patologías.

Nivel de severidad de las patologías		
Severo	9	56%
Moderado	2	13%
Leve	5	31%
Total	16	100%

Figura 37 Nivel de severidad de las Patologías.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.6 Correlación entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica.

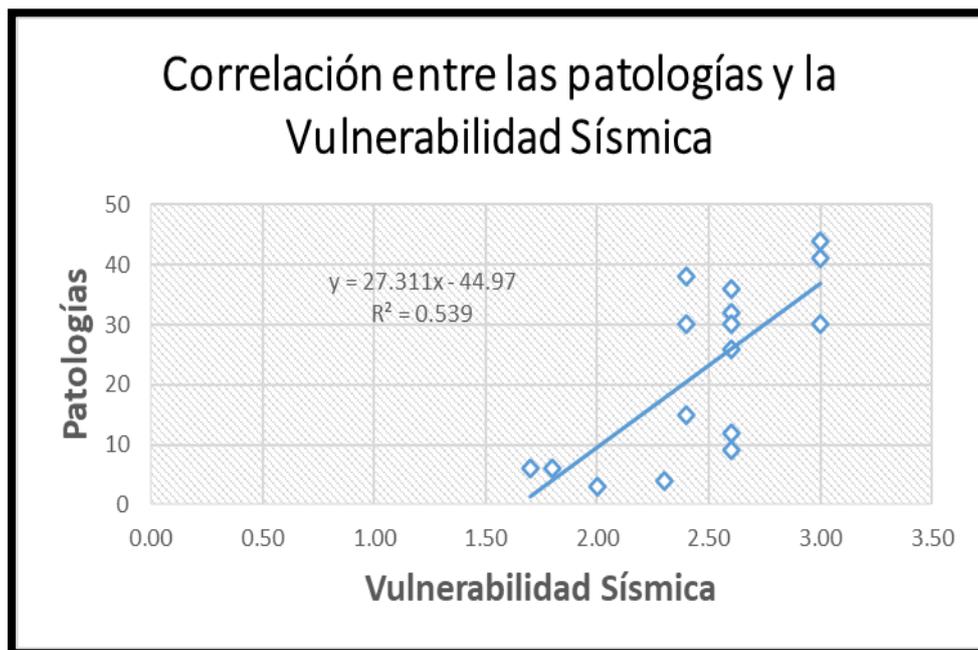
A continuación, se presenta la correlación de Pearson entre el nivel de severidad de las patologías y el nivel de vulnerabilidad Sísmica de las 16 viviendas de adobe del distrito de Llacanora. Tal como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24 Valores para la correlación entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica.

Nº de vivienda	Nivel de Vulnerabilidad	Nivel de severidad de las patologías
1	2.00	3
2	2.60	26
3	2.60	9
4	2.30	4
5	2.40	15
6	1.80	6
7	2.40	30
8	3.00	30
9	1.70	6
10	2.60	32
11	2.40	38
12	2.60	30
13	3.00	44
14	2.60	36
15	3.00	41
16	2.60	12

Coef. Correlación	0.73
--------------------------	-------------

Figura 36 Correlación entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

4.1.1 Densidad de muros

En la tabla N°13: Resumen de densidad de muros se detalla y analiza por eje “x” y “y” cada muro de acuerdo a la cada vivienda, obteniendo una densidad en su mayoría Inadecuada de acuerdo a los criterios de Relación de área existente y área requerida. Obteniendo así un resumen de todos los muros en la tabla N°14: Densidad de muros (Relación de muros) un total de 27 inadecuados y 5 para verificación de muros; la gran cantidad de muros inadecuados.

De igual manera en la tabla N° 15 Densidad de Muros se resume el análisis de densidad de acuerdo a la Norma E-080, obtenido así que 15 muros son adecuados (cumple) y 17 inadecuados (No cumple).

4.1.2. Estado Actual de las viviendas

De acuerdo a la Figura N° 34: Estado actual de la vivienda, observamos que un 25% (4 viviendas) se encuentran en Calidad Buena, así mismo un 37.5% (6 viviendas) se encuentran en Calidad Media y finalmente un 37.5% (6 viviendas) en Calidad Mala; la mayoría de viviendas presentan daños afectando así su funcionalidad arquitectónica y posiblemente su función estructural, en la mayoría de casos las fallas encontradas son por un aspecto constructivo o ciertos agentes climáticos que deterioran las viviendas, sin embargo hay que considerar la antigüedad de las viviendas ya que es un factor determinante puesto que existen viviendas con más de 40 años de antigüedad según relatan los propietarios de las mismas. De acuerdo a las investigaciones encontradas la

determinación del estado de conservación actual se considera solo de manera visual y/o criterio propio; obteniendo así datos cualitativos.

4.1.3. Estabilidad de muros por volteo

De acuerdo a la tabla N° 19: Resumen de estabilidad por volteo; 13 viviendas (81%) son inestables, 3 viviendas (19%) algunos estables; la gran cantidad de viviendas inestables se debe al coeficiente de momentos (β) y al cálculo de la dimensión crítica de acuerdo a los lados arriostrados (a); entre más lados arriostrados tenga el muro, “ β ” tendrá menor valor., provocando que el momento actuante (M_a) sea mayor al momento resistente (M_r).

4.1.4. Vulnerabilidad Sísmica

De acuerdo a la Figura N°36: Resumen de Vulnerabilidad; 13 viviendas (81%) tienen una vulnerabilidad alta, 3 viviendas (19%) una vulnerabilidad media y ninguna vivienda (0%) tiene vulnerabilidad baja; esto se debe al porcentaje designado a la vulnerabilidad estructural (90%) y vulnerabilidad no estructural (10%); dando un 60% de incidencia a la densidad de muros, ya que es un factor importante para la resistencia de fuerzas horizontales sísmicas. Obteniendo así que la vulnerabilidad sísmica en las viviendas de adobe del C.P. Llacanora es alta, por lo que ante un movimiento sísmico de alta intensidad podría causar pérdidas materiales y humanas en el distrito de Llacanora.

4.1.5. Nivel de severidad de las patologías

De acuerdo a la Figura N° 37: Niveles de severidad, existe un 56% (9 viviendas) que tienen un nivel severo de lesiones patológicas, 13% (2 viviendas) con un nivel de severidad moderado, 31% (5 viviendas) con un nivel de severidad leve. Se considera un nivel severo de patologías, esto se debe a que en su mayoría se encontraron fisuras,

desgarramiento en los muros laterales, desprendimiento de tarrajeo producto a agentes climáticos, muros sin recubrimiento y sin mantenimiento; grietas en su mayoría de entre 1cm a 2cm que pueden ser reparables producto a un mal proceso constructivo, así mismo se encontraron algunas viviendas que sus muros presentan pérdida de verticalidad y/o grietas mayores a 2cm.

4.1.6. Correlación entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica.

En la tabla N°24: Valores para la correlación entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica se detalla los valores cuantitativos que fueron procesados en una hoja de Excel de acuerdo a los parámetros para las patologías y la vulnerabilidad Sísmica. Se utilizó la correlación de Pearson obteniendo como resultado el coeficiente de correlación entre estas dos variables de estudio que es igual a 0.7 esto quiere decir que si va entre 0.6 y 0.8 el coeficiente de correlación es buena.

4.2 Conclusiones

1. De acuerdo a los resultados obtenidos y el análisis planteado en la presente investigación sobre la correlación entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de adobe del distrito de Llacanora, Cajamarca se concluye que el coeficiente de correlación es igual a 0.7 que significa que la correlación es BUENA por lo que si se cumple nuestra hipótesis planteada que las patologías influyen significativamente en la vulnerabilidad Sísmica.
2. El estado actual de las viviendas de adobe del C.P. de Llacanora un 25% son de buena calidad, 37.5% de las viviendas de regular calidad y el mismo porcentaje que la anterior son de mala calidad siendo los principales factores que influyen los problemas constructivos, estructurales y los daños patológicos.

3. De las 16 viviendas de adobe, se concluyó que 13 de ellas tienen Vulnerabilidad Alta, siendo un factor principal la inadecuada densidad de muros que representa un 84% de acuerdo al criterio de relación entre área existente y área requerida, así mismo se reafirma este resultado que NO CUMPLE con la densidad de muros en un 53% según la Norma E.080.
4. Se logró analizar la estabilidad de los muros por volteo concluyendo que de las 16 viviendas evaluadas, 13 que representa al 81% son inestables.
5. Se determinó el nivel de severidad de las patologías presentadas con más frecuencia en las viviendas de adobe evaluadas concluyendo que el 56% tienen un nivel severo de lesiones patológicas, siendo las fisuras, grietas, fallas de desgarramiento, humedad, desplome de muros, desprendimiento de tarrajeo en los muros los más representativos.

4.3 Recomendaciones

1. Con esta investigación queremos concientizar a nuestras autoridades y pobladores del C.P. de Llacanora sobre la importancia de construir viviendas resistentes al sismo, promoviendo capacitaciones y asesorías técnicas a los propietarios, maestro de obra con la finalidad de seguir evaluando la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe.
2. Los propietarios de las viviendas de adobe que requieran reparación o reforzamiento en su edificación consulten a un especialista o un ingeniero civil para que de forma detallada pueda explicarle los pro y sus contras y el procedimiento para la reparación y tomar la mejor decisión.

3. sismorresistente que debemos dar a los peligros naturales como es el Sismo que en escasos segundos podemos perder nuestras vidas si no sembramos una cultura de prevención empezando con nuestras viviendas
4. Se recomienda realizar inspecciones visuales periódicamente y mantenimiento preventivo con el fin de disminuir el deterioro de la vivienda causadas por las diferentes patologías.
5. Se recomienda un análisis patológico debido a los daños significativos que presentan en sus elementos estructurales para disminuir los riesgos a los que pueden verse expuesta las familias que hacen parte de esta vivienda.

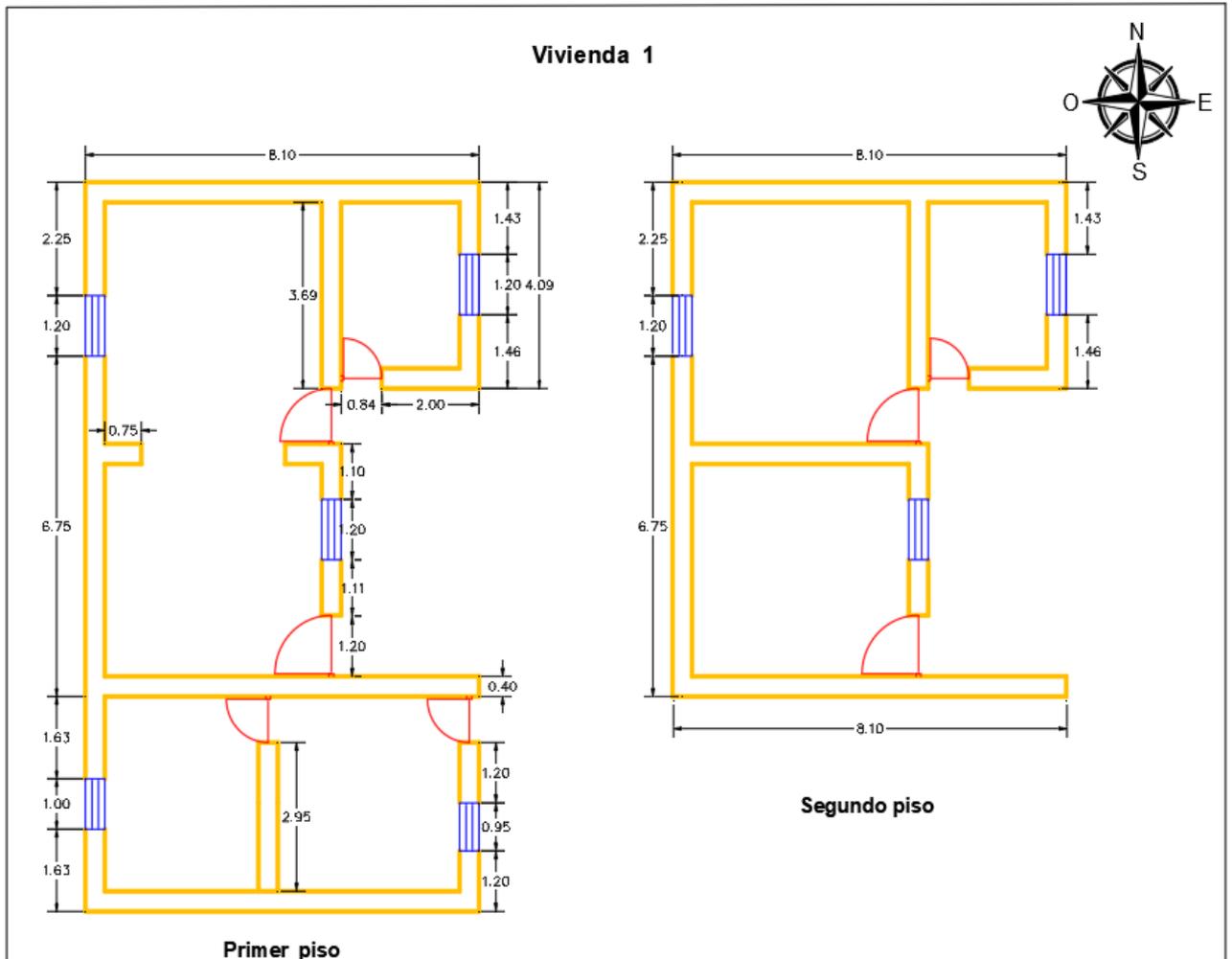
REFERENCIAS

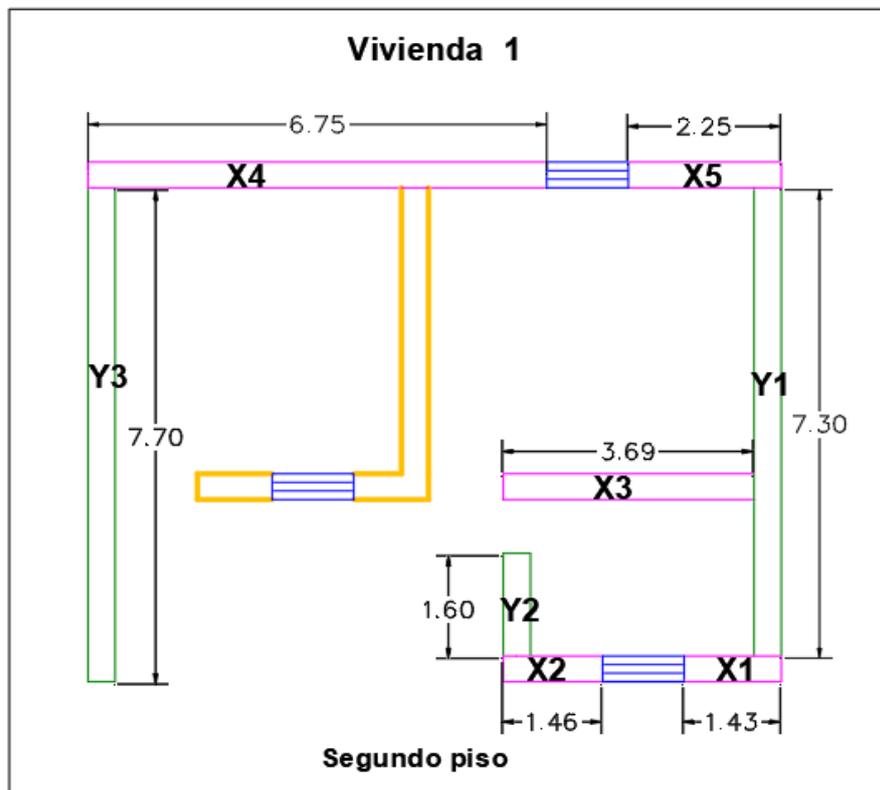
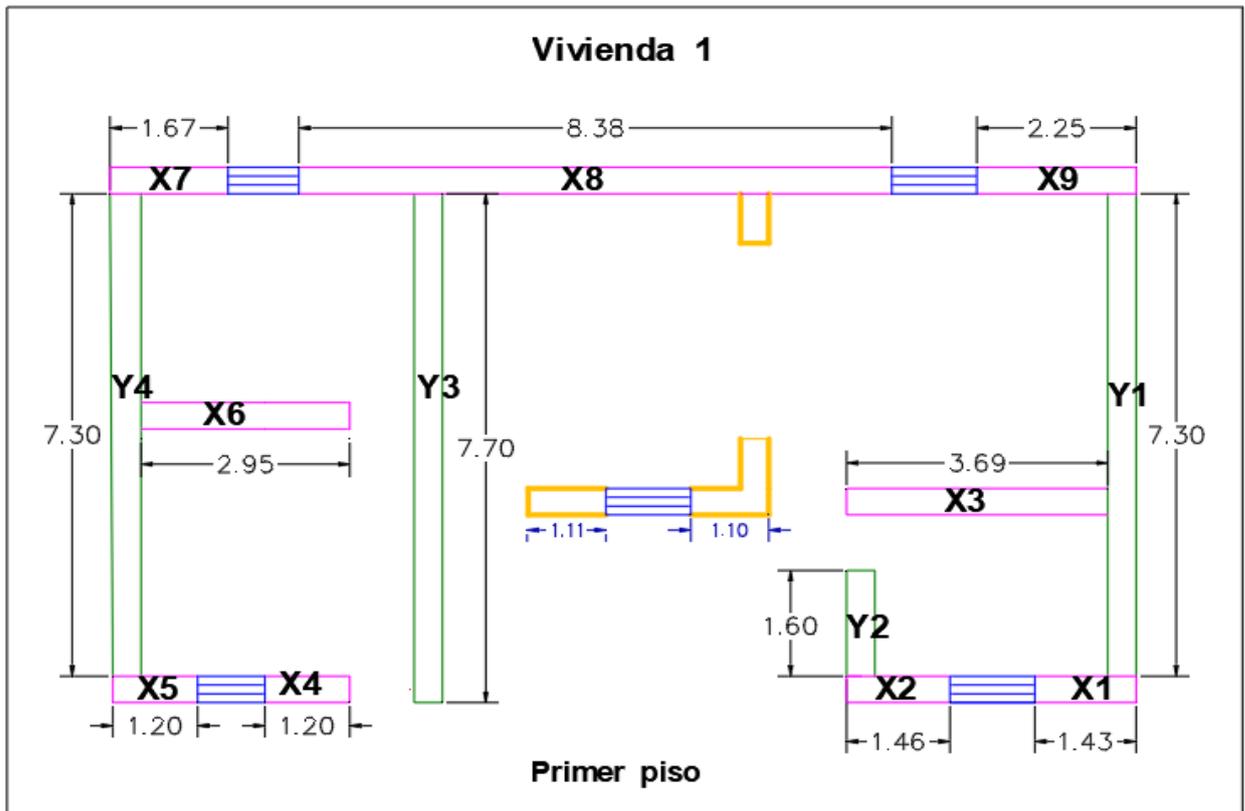
- Aguilar, G. A., & Mudarra, C. M. (2018). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I.E. Liceo Trujillo-2018*. Universidad Privada del Norte, Trujillo.
- AIS. (2010). *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Colombia.
- Alvarez, D. A. (2015). *Vulnerabilidad Sísmica de Viviendas de adobe del C.P. La Huaraclla, Jesús, Cajamarca 2015*. Universidad Privada Del Norte, Cajamarca.
- Astorga, A., & Rivero, P. (2009). *Patologías en las edificaciones-Módulo III-Sección IV*. Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos., Venezuela.
- Blondet, M., García, G. V., & Brzev, S. (2003). *Construcciones de Adobe, resistentes a los terremotos*. Plublicado como una contribución a la Enciclopedia Mundial de Vivienda del EERI/IAEE, Oakland California.
- Broto, C., Verruno, S., & Soria, V. (2006). *Patologías de la Construcción*. Enciclopedia Broto, Barcelona-España.
- De Silva, S., De Silva, S., & Padmal, H. (2018). *Método de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios antiguos de mampostería en Sri Lanka*. Universidad de Ruhuna.
- Díaz, K. A., & Juanita, R. L. (2005). *Alternativas de rehabilitación de adobe y tapia pisada*. Universidad de los Andes-Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Bogotá.
- Espinoza, L. A., & Moreno, J. J. (2018). *Análisis de la vulnerabilidad Sísmica en las viviendas de adobe de dos niveles en el Jirón José Olaya, Huaraz-2018*. Universidad César Vallejo, Huaraz.
- Greco, F., Laurencó, P. B., Barontini, A., Ccioci, M. P., & Karanikoloudis, G. (2021). *Evaluación sísmica de grandes construcciones históricas de adobe en la Región Andina del Perú, aprendiendo de Casa Arones en Cusco*. Universidad de Minho, Portugal.
- Hesse, M. V., Saldoval, H., & Maldonado, C. (2014). *Ficha para la reparación de viviendas de adobe*. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

- Huanca, C. A. (2020). *Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica en viviendas existentes de adobe con dos pisos en la Ciudad de Ayaviri*. Universidad Nacional del Antiplano de Puno, Puno.
- Huarachi, E. C. (2021). *Vulnerabilidad Sísmica de viviendas de adobe en la comunidad Chimpa Jaran-Juliaca 2021*. Universidad César Vallejo, Lima.
- Jaguaco, S. D. (2007). *Uso del adobe como material de construcción*. Escuela de Formación Tecnológica, Quito.
- Kuroiwa, J. (2002). *Reducción de desastres viviendo en armonía con la naturaleza*. CISMID-UNIPNUD, Lima.
- Liu, Y. (2020). *Análisis de peligros y vulnerabilidad sísmica basados en escenarios para ayudar a reducir el riesgo de desastres en las zonas rurales de Weinan, China*. Instituto de Geología China, Beijing.
- Lopez, F. (2016). *Deterioro, conservación y reparación de estructura*. Editorial Blume, España.
- Martínez, C. (2012). *Estadística y muestreo*. ECOE Ediciones, Bogotá-Colombia.
- Martinez, J. Z. (2019). *Estudio estadístico de patologías en edificios y su influencia en la Vulnerabilidad Sísmica durante el simo 19S-2017*. Universidad Nacional Autónoma de México., Ciudad Universitaria, Cd Mx.-México.
- Mosqueira, M. A., & Tarque, S. N. (2005). *Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Ochoa, A. J. (2012). *Aplicación de los sistemas de Información Geográfica para la determinación de escenarios de riesgo en el Balneario de Pucusana*. Universidad Nacional de San Marcos, Lima-Perú.
- Pardo Perez, D., & Perez Del Río, A. L. (2014). *Diagnóstico Patológico y de vulnerabilidad Sísmica del Antiguo Club Cartagena*. Universidad de Cartagena, Colombia.
- Paredes, H. (2018). *Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe y tapial de la capiatl del distrito de Chadín, provincia de Chota*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Preciado, A., Ramírez, A., Santos, J. C., & Rodriguez, O. (2019). Evaluación y reducción de la vulnerabilidad sísmica a escala territorial en viviendas de mampostería y adobe por

- indicadores rápidos de vulnerabilidad: el caso de Tlajomulco, México. (*Tesis de Licenciatura*). México, Tlajomulco.
- Rubio, A. G. (2017). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe del Sector San Isidro-Jáen-2016*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Sangay, E. A. (2020). *Comparación de dos metodologías de análisis para evaluar la vulnerabilidad sísmica de la Iglesia San Juan Bautista, distrito de Llacanora, Cajamarca*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Tavera, H. J. (2014). *Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú*. Instituto Geológico del Perú (IGP).
- Velarde, G. K. (2014). *Análisis de la vulnerabilidad Sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existente en Lima*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Vivienda. (2017). *Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Vivienda. (2019). *Norma E.030 Diseño Sismorresistente*. Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento.
- Yasmin, L. E., Phillips, C., Reyes, J. C., & Ruiz, D. (2007). Estudios de Vulnerabilidad Sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. *Apuntes: Revista de Estudio sobre Patrimonio Cultural*. Universidad de Los Andes, Bogotá-Colombia.

ANEXOS





Dimensionamiento de muros

Primer piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			9
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.43	0.40	0.57
2X	1	1.46	0.40	0.58
3X	1	3.69	0.40	1.48
4X	1	1.20	0.40	0.48
5X	1	1.20	0.40	0.48
6X	1	2.95	0.40	1.18
7X	1	1.67	0.40	0.67
8X	1	8.38	0.40	3.35
9X	1	2.25	0.40	0.90
Σ L x t				9.692

Área en planta de la Edificación (m²): **Ap** **117.126**

EJE Y	Cantidad Total de Muros			4
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	7.30	0.40	2.92
2Y	1	1.60	0.40	0.64
3Y	1	7.70	0.40	3.08
4Y	1	7.30	0.40	2.92
Σ L x t				9.560

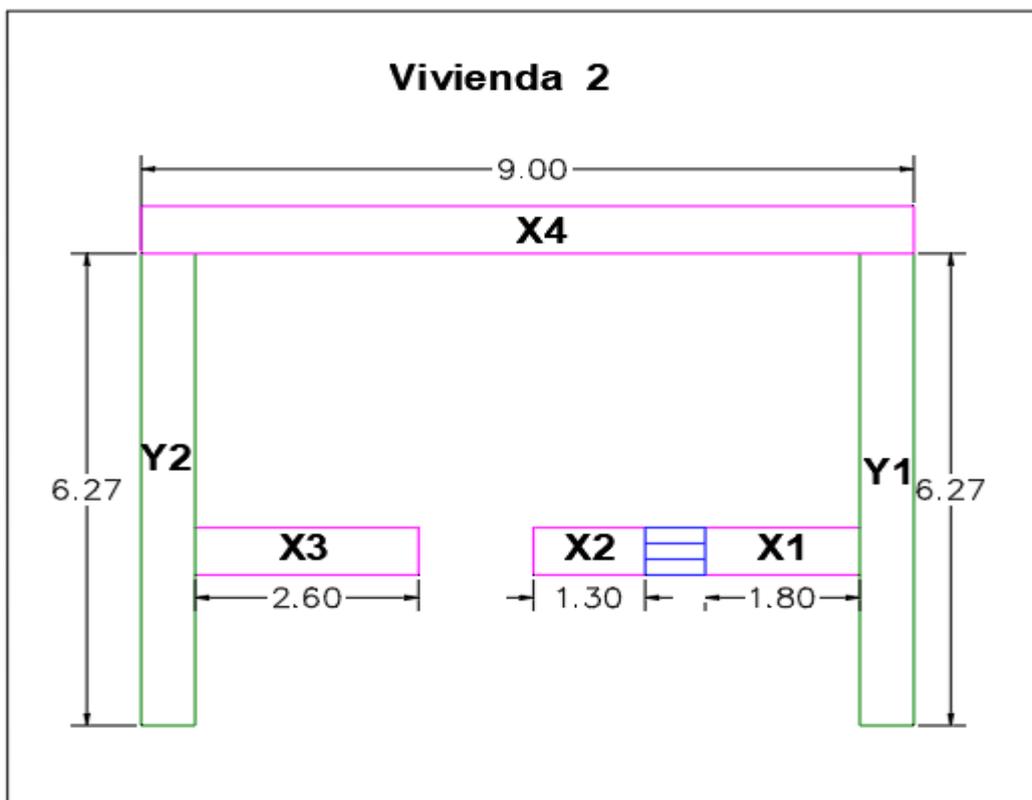
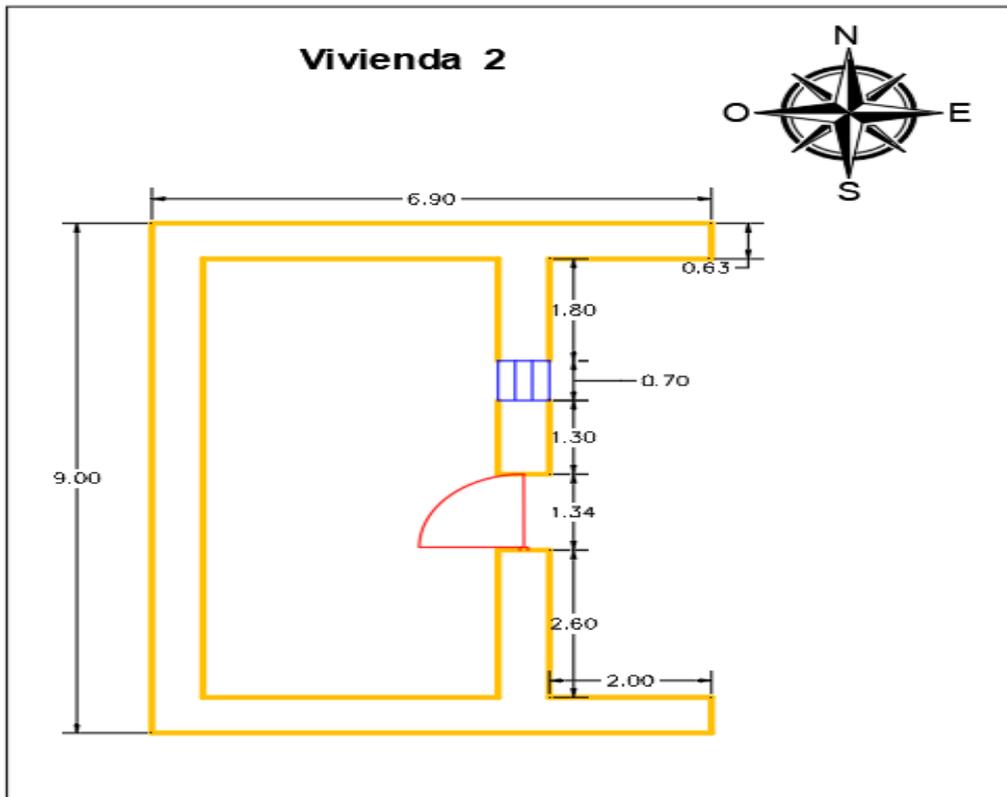
Dimensionamiento de muros

Segundo piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			5
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.43	0.40	0.57
2X	1	1.46	0.40	0.58
3X	1	3.69	0.40	1.48
4X	1	6.75	0.40	2.70
5X	1	2.25	0.40	0.90
Σ L x t				6.232

Área en planta de la Edificación (m²): **Ap** **82.620**

EJE Y	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	7.30	0.40	2.92
2Y	1	1.60	0.40	0.64
3Y	1	7.70	0.40	3.08
Σ L x t				6.640

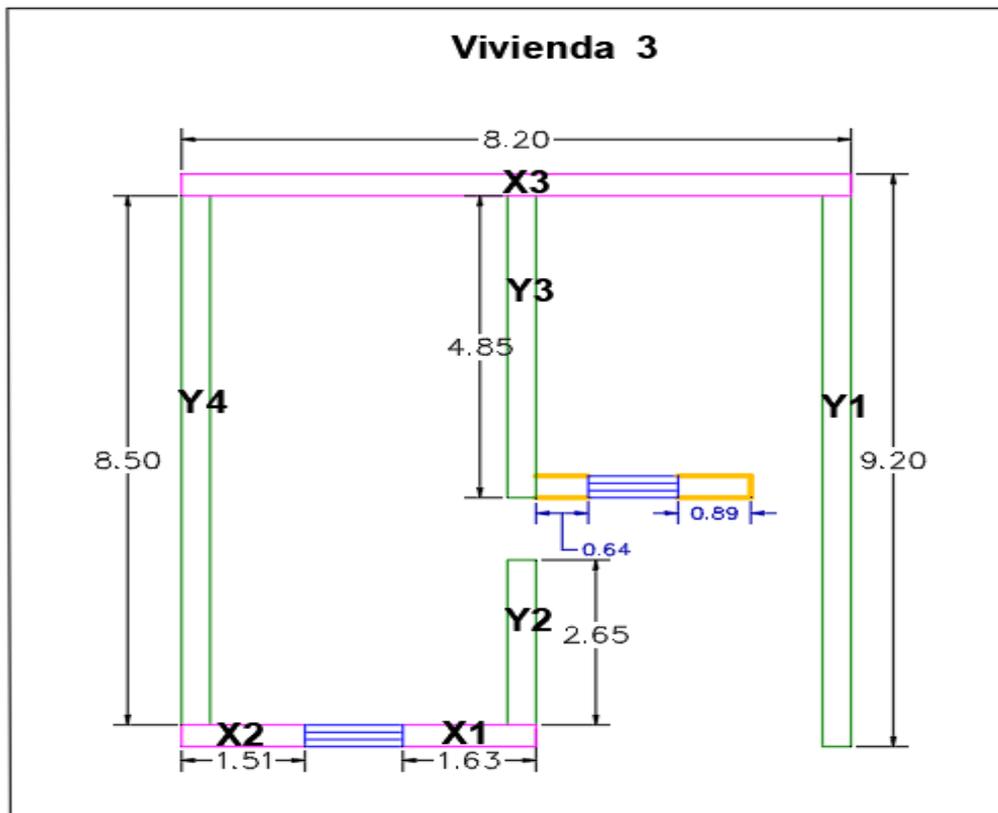
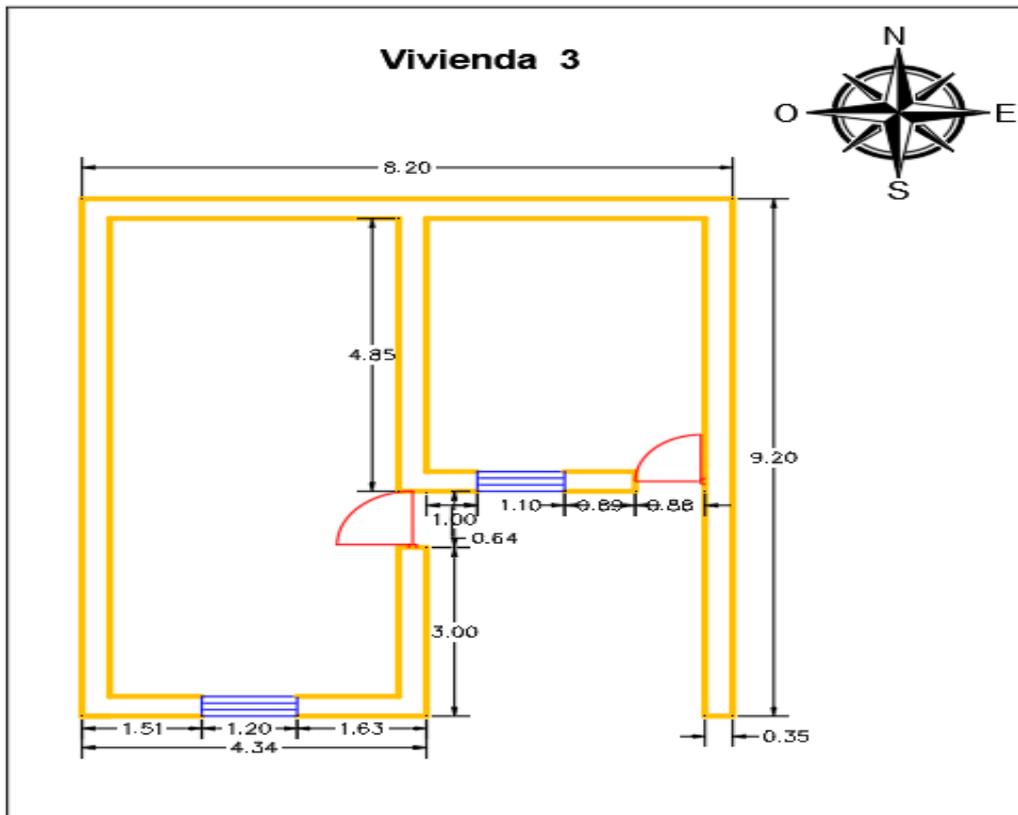


Dimensionamiento de muros

Área en planta de la Edificación (m ²):	Ap	62.100
---	----	--------

EJE X	Cantidad Total de Muros			4
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.80	0.63	1.13
2X	1	1.30	0.63	0.82
3X	1	2.60	0.63	1.64
4X	1	9.00	0.63	5.67
			Σ L x t	9.261

EJE Y	Cantidad Total de Muros			2
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	6.27	0.63	3.95
2Y	1	6.27	0.63	3.95
			Σ L x t	7.900

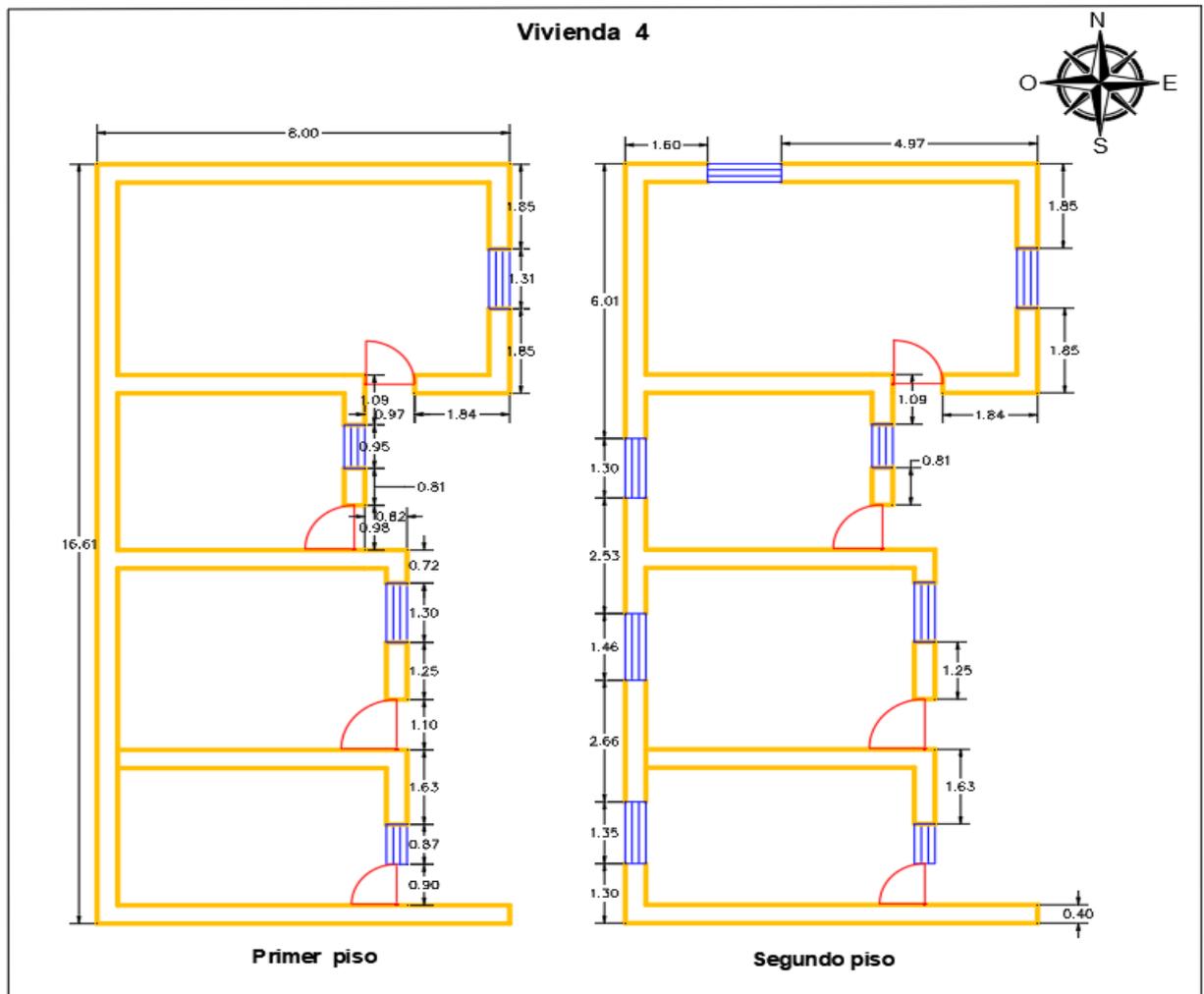


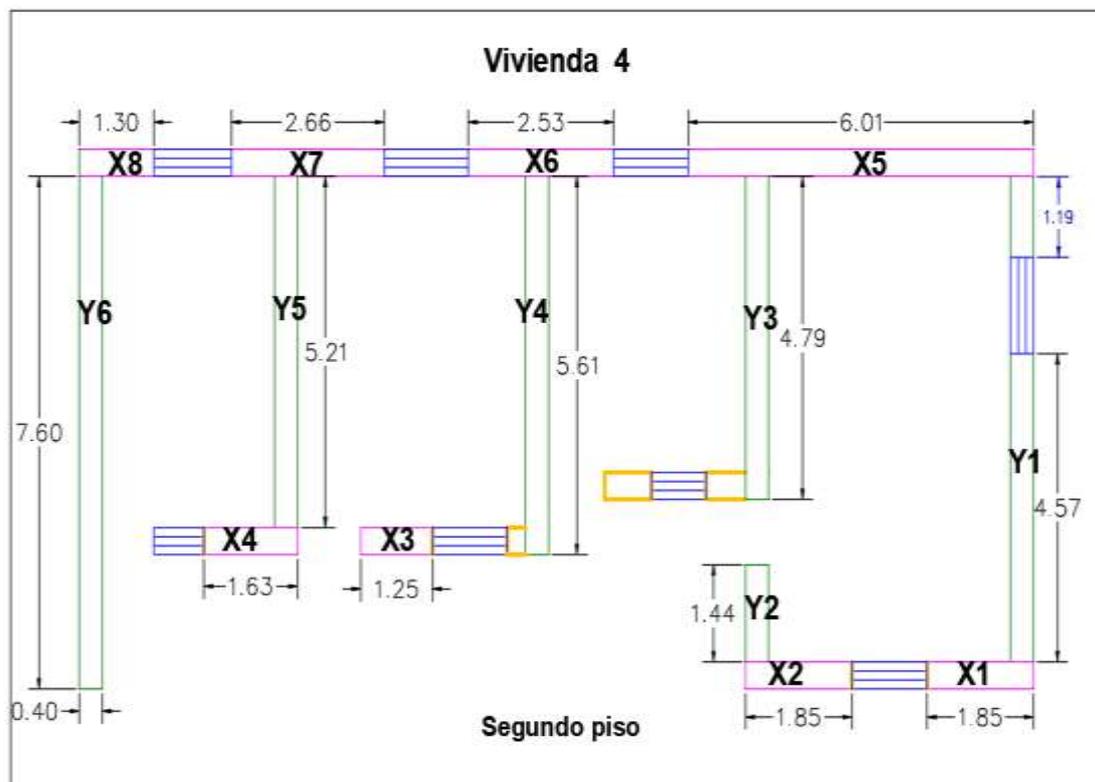
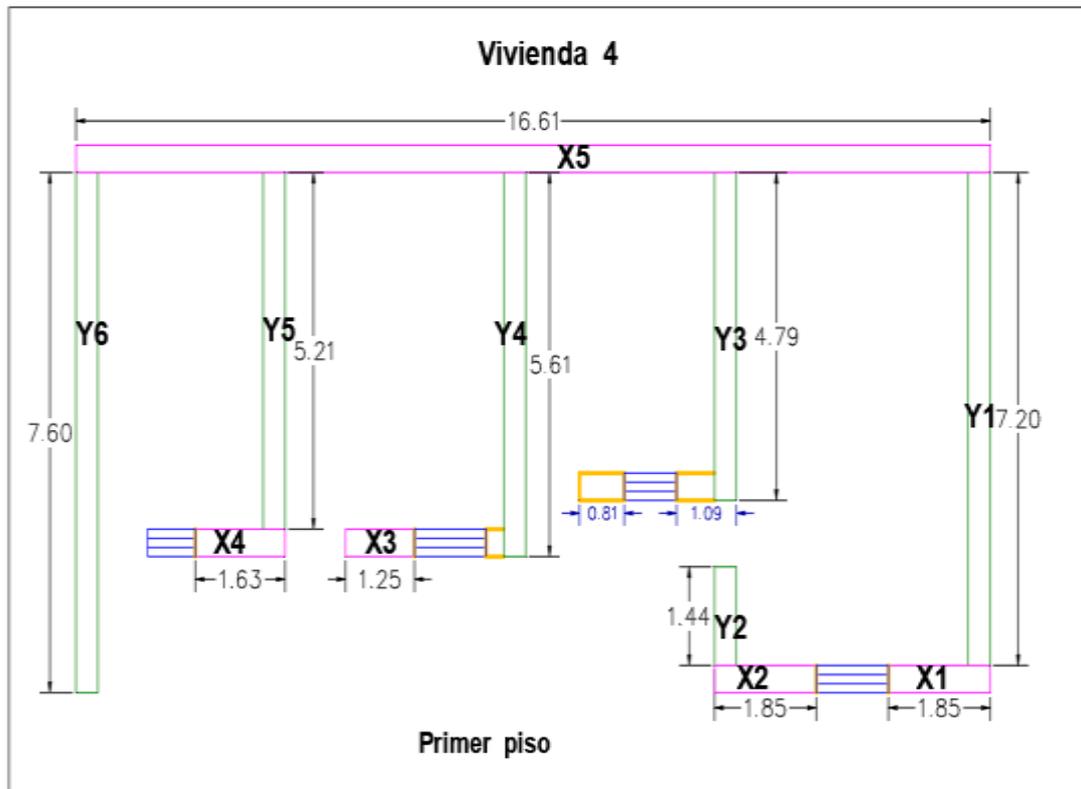
Dimensionamiento de muros

Área en planta de la Edificación (m²): **Ap** **75.440**

EJE X	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.63	0.35	0.57
2X	1	1.51	0.35	0.53
3X	1	8.20	0.35	2.87
			Σ L x t	3.969

EJE Y	Cantidad Total de Muros			4
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	9.20	0.35	3.22
2Y	1	2.65	0.35	0.93
3Y	1	4.85	0.35	1.70
4Y	1	8.50	0.35	2.98
			Σ L x t	8.820





Dimensionamiento de muros

Primer piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			5
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.85	0.40	0.74
2X	1	1.85	0.40	0.74
3X	1	1.25	0.40	0.50
4X	1	1.63	0.40	0.65
5X	1	16.61	0.40	6.64
			Σ L x t	9.276

Área en planta de la Edificación (m ²):	Ap	132.880
---	----	---------

EJE Y	Cantidad Total de Muros			6
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	7.20	0.40	2.88
2Y	1	1.44	0.40	0.58
3Y	1	4.79	0.40	1.92
4Y	1	5.61	0.40	2.24
5Y	1	5.21	0.40	2.08
6Y	1	7.60	0.40	3.04
			Σ L x t	12.740

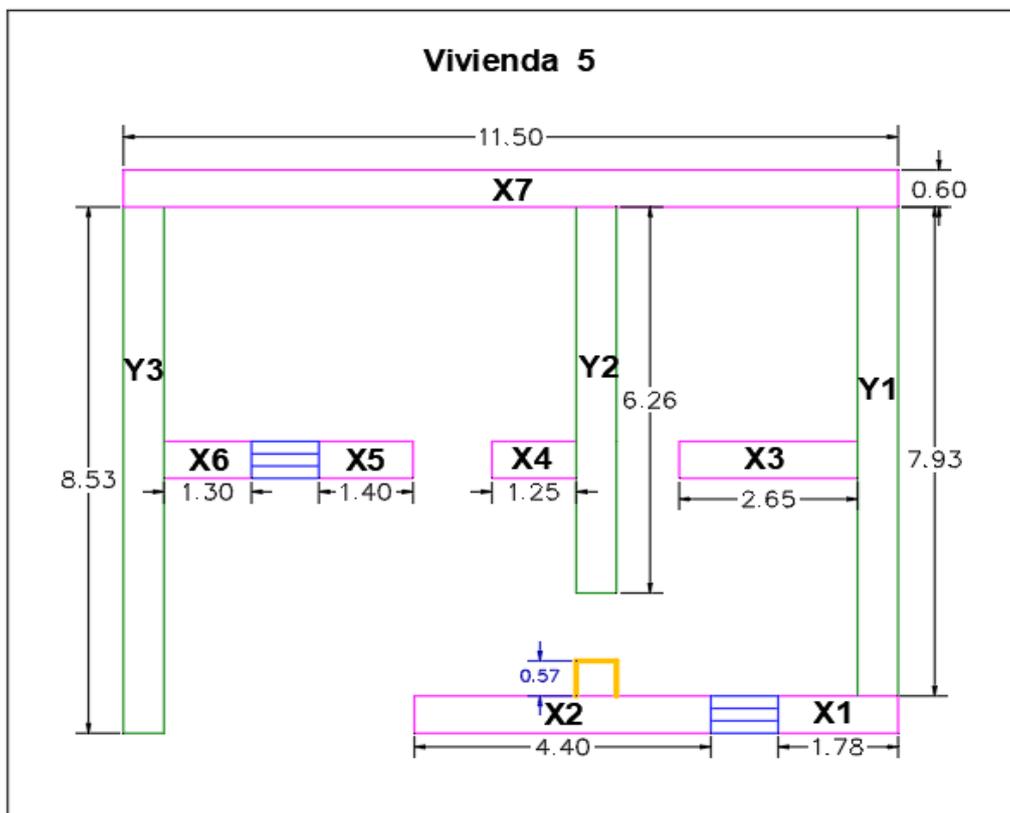
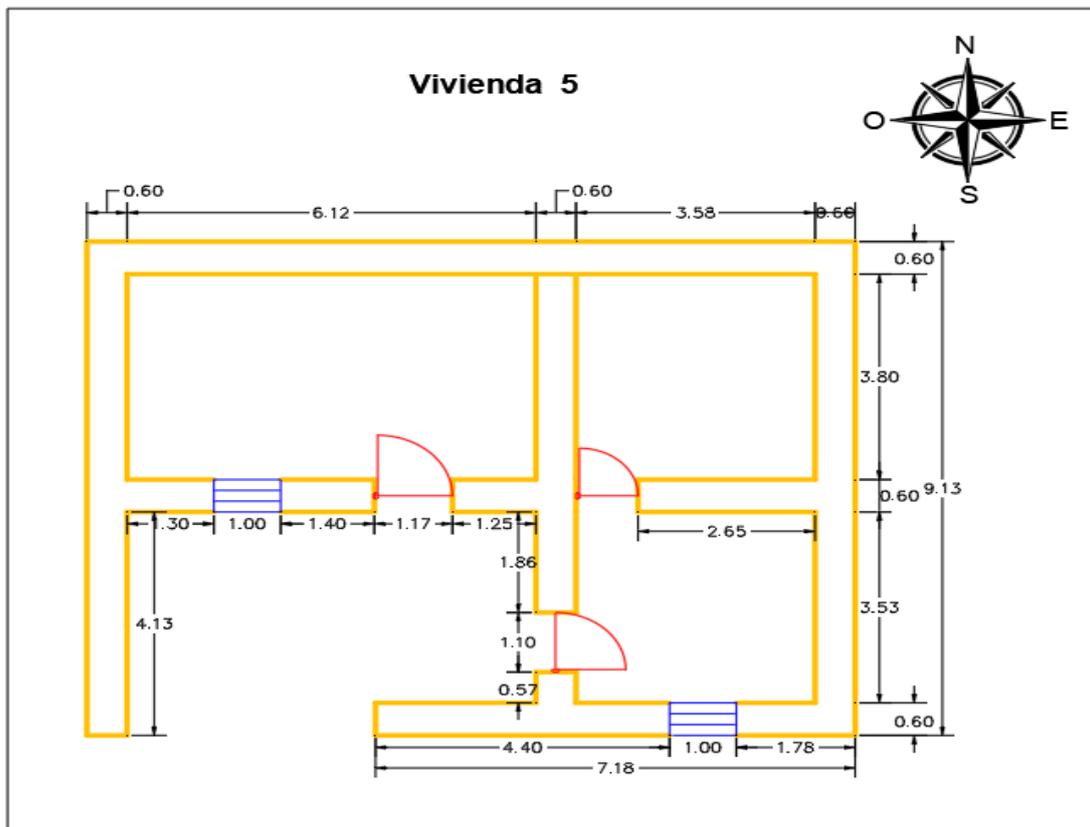
Dimensionamiento de muros

Segundo piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			8
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.85	0.40	0.74
2X	1	1.85	0.40	0.74
3X	1	1.25	0.40	0.50
4X	1	1.63	0.40	0.65
5X	1	6.01	0.40	2.40
6X	1	2.53	0.40	1.01
7X	1	2.66	0.40	1.06
8X	1	1.30	0.40	0.52
			Σ L x t	7.632

Área en planta de la Edificación (m ²):	Ap	132.880
---	----	---------

EJE Y	Cantidad Total de Muros			6
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	4.57	0.40	1.83
2Y	1	1.44	0.40	0.58
3Y	1	4.79	0.40	1.92
4Y	1	5.61	0.40	2.24
5Y	1	5.21	0.40	2.08
6Y	1	7.60	0.40	3.04
			Σ L x t	11.688

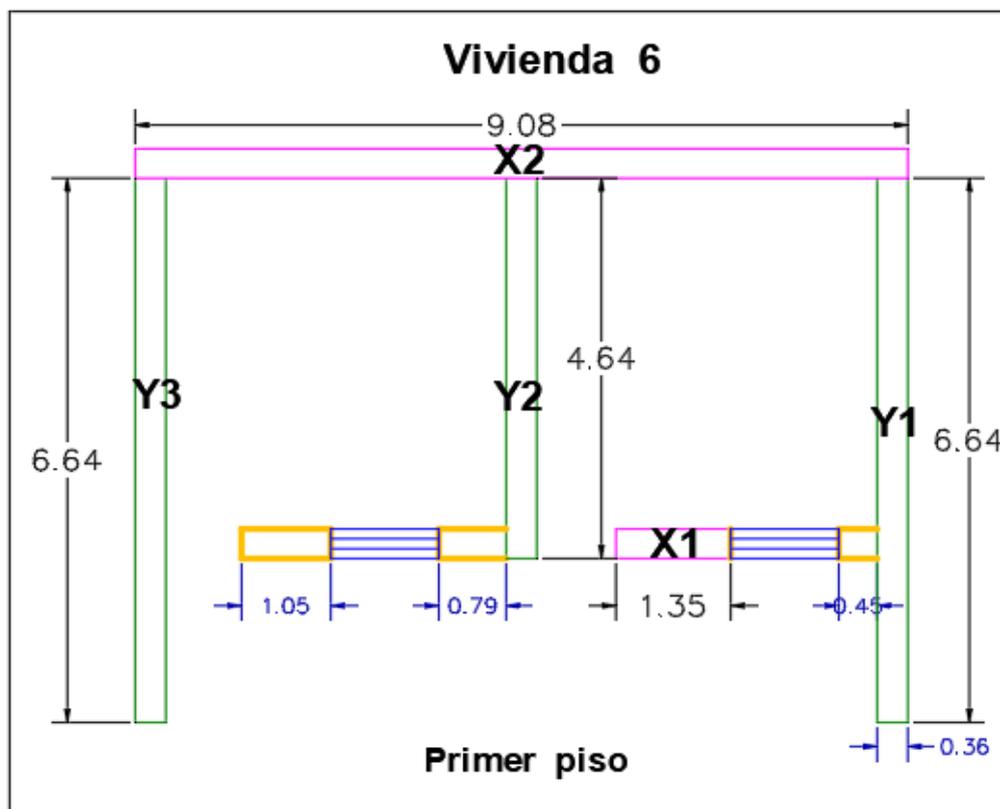
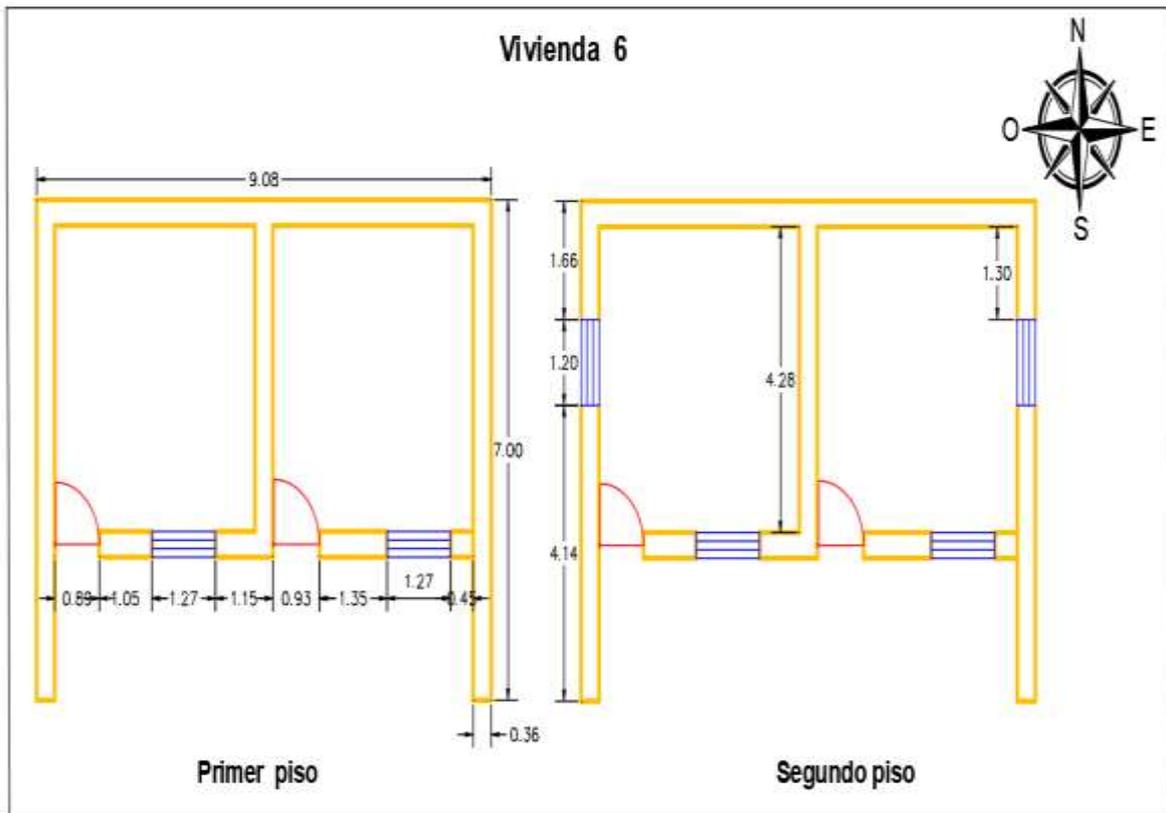


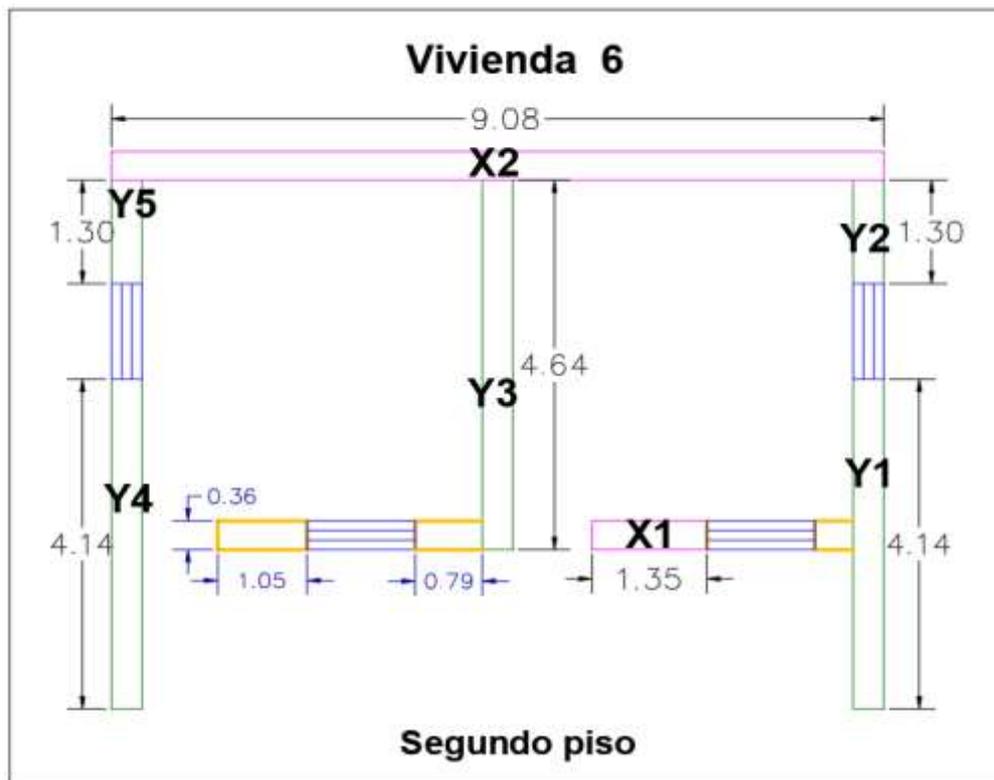
Dimensionamiento de muros

Área en planta de la Edificación (m²): **Ap** 104.995

EJE X		Cantidad Total de Muros		7
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.78	0.60	1.07
2X	1	4.40	0.60	2.64
3X	1	2.65	0.60	1.59
4X	1	1.25	0.60	0.75
5X	1	1.40	0.60	0.84
6X	1	1.30	0.60	0.78
7X	1	11.50	0.60	6.90
Σ L x t				14.568

EJE Y		Cantidad Total de Muros		3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	7.93	0.60	4.76
2Y	1	6.26	0.60	3.76
3Y	1	8.53	0.60	5.12
Σ L x t				13.632





Dimensionamiento de muros

Primer piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			2
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.35	0.36	0.49
2X	1	9.08	0.36	3.27
Σ L x t				3.755

Área en planta de la Edificación (m²):

Ap

63.560

EJE Y	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	6.64	0.36	2.39
2Y	1	4.64	0.36	1.67
3Y	1	6.64	0.36	2.39
Σ L x t				6.451

Dimensionamiento de muros

Segundo piso:

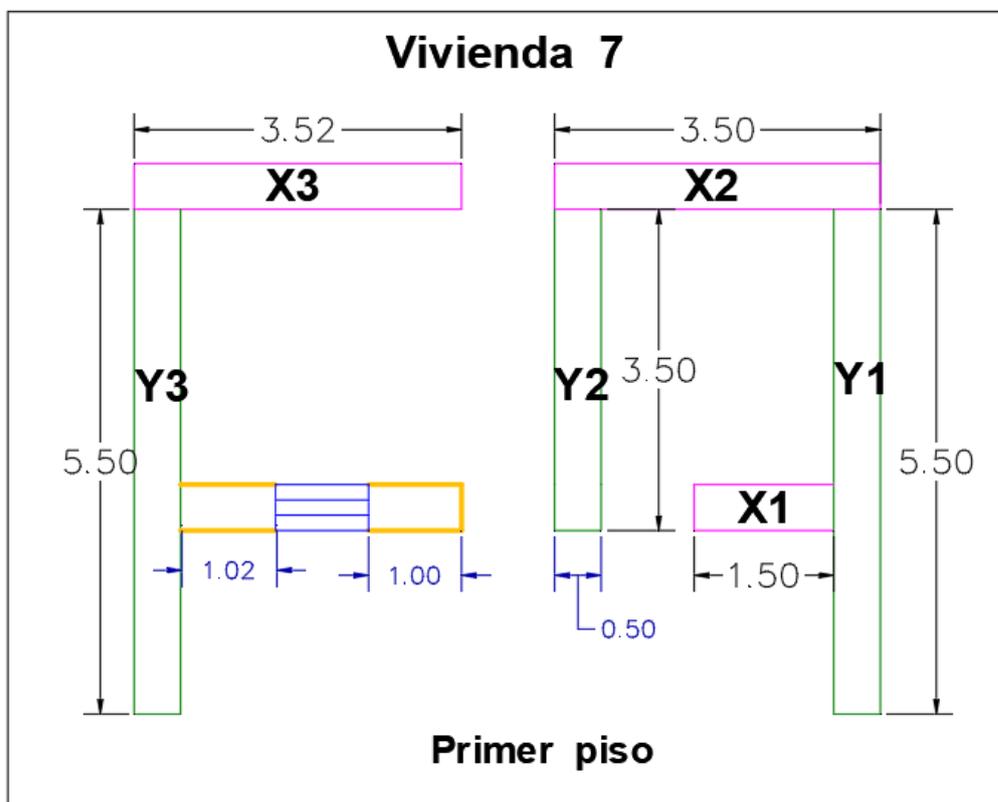
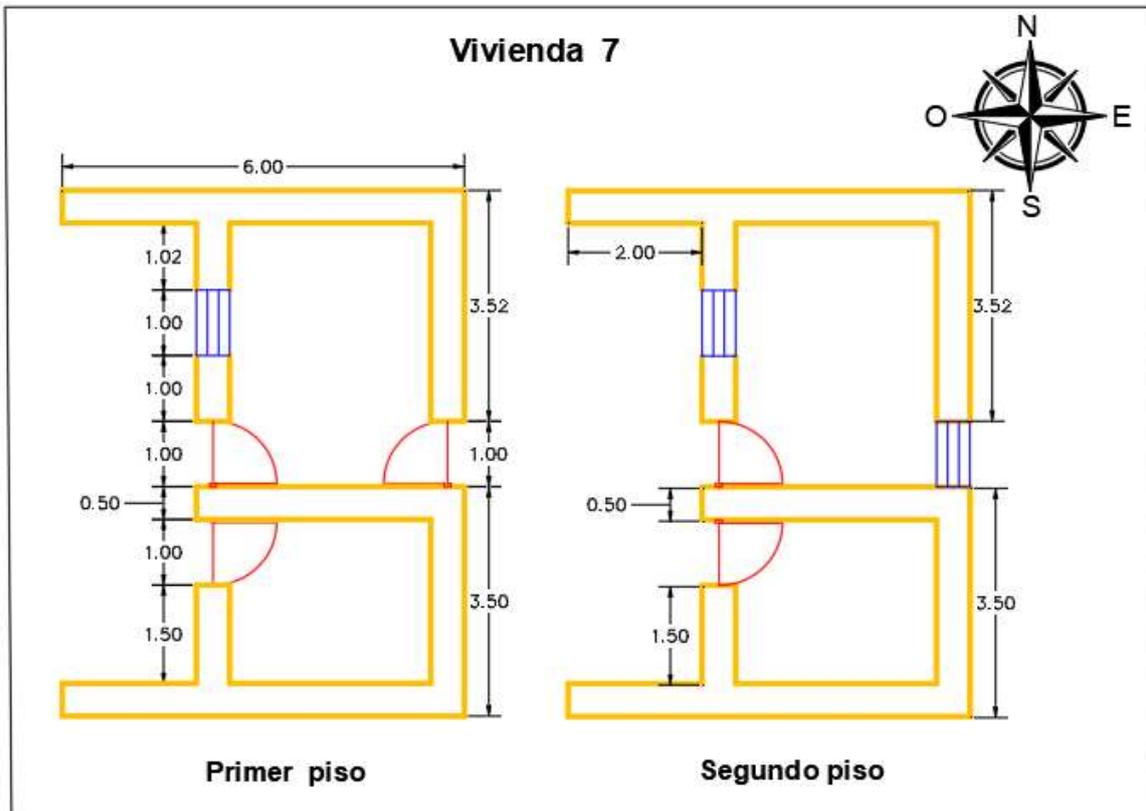
EJE X	Cantidad Total de Muros			2
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.35	0.36	0.49
2X	1	9.08	0.36	3.27
Σ L x t				3.755

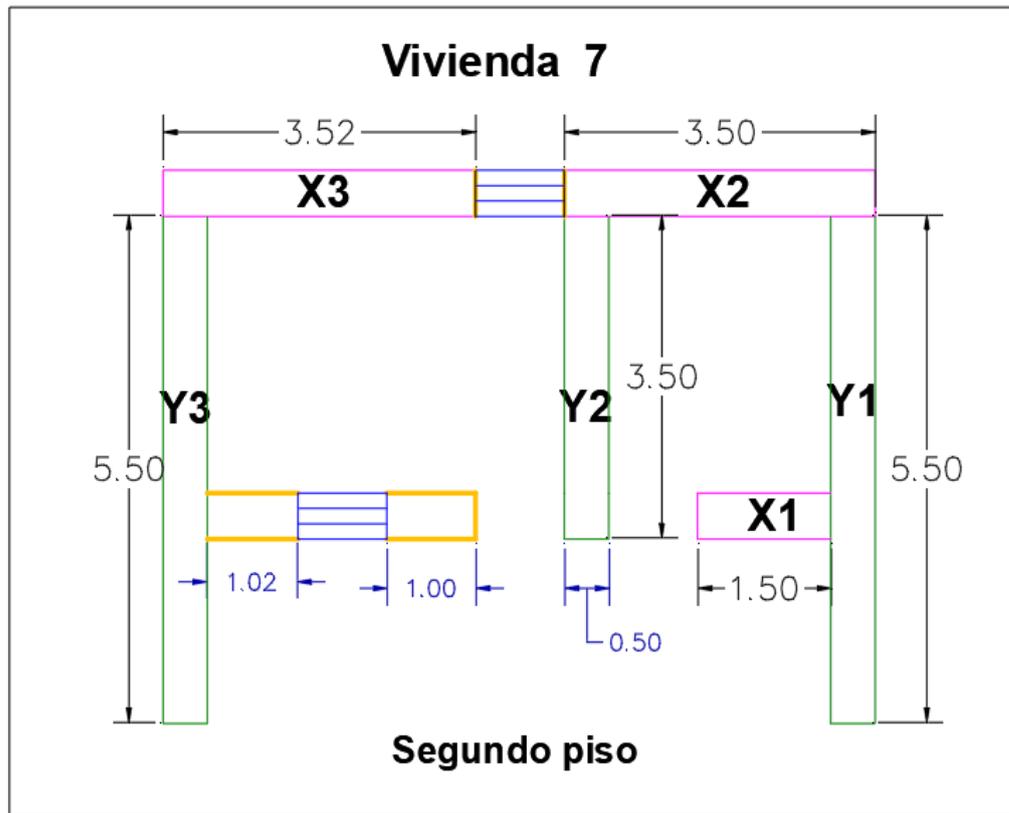
Área en planta de la Edificación (m²):

Ap

63.560

EJE Y	Cantidad Total de Muros			5
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	4.14	0.36	1.49
2Y	1	1.30	0.36	0.47
3Y	1	4.64	0.36	1.67
4Y	1	4.14	0.36	1.49
5Y	1	1.30	0.36	0.47
Σ L x t				5.587





Dimensionamiento de muros

Primer piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.50	0.50	0.75
2X	1	3.50	0.50	1.75
3X	1	3.52	0.50	1.76
$\Sigma L \times t$				4.260

Área en planta de la Edificación (m²): **Ap** 48.120

EJE Y	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	5.50	0.50	2.75
2Y	1	3.50	0.50	1.75
3Y	1	5.50	0.50	2.75
$\Sigma L \times t$				7.250

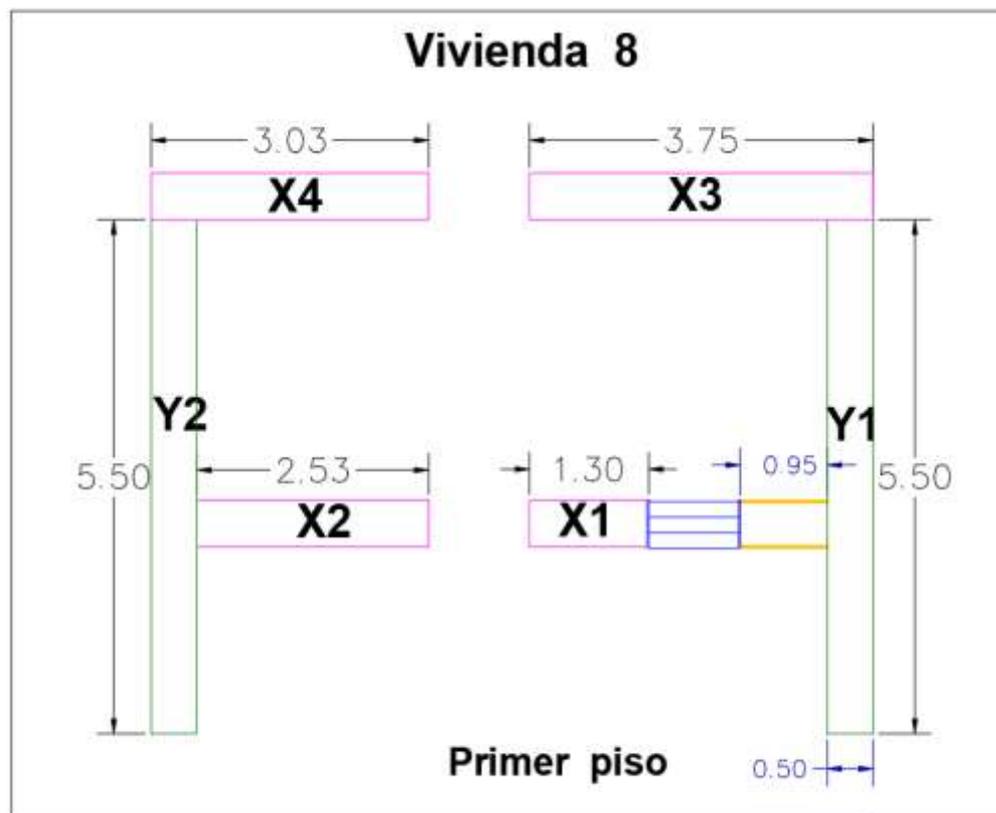
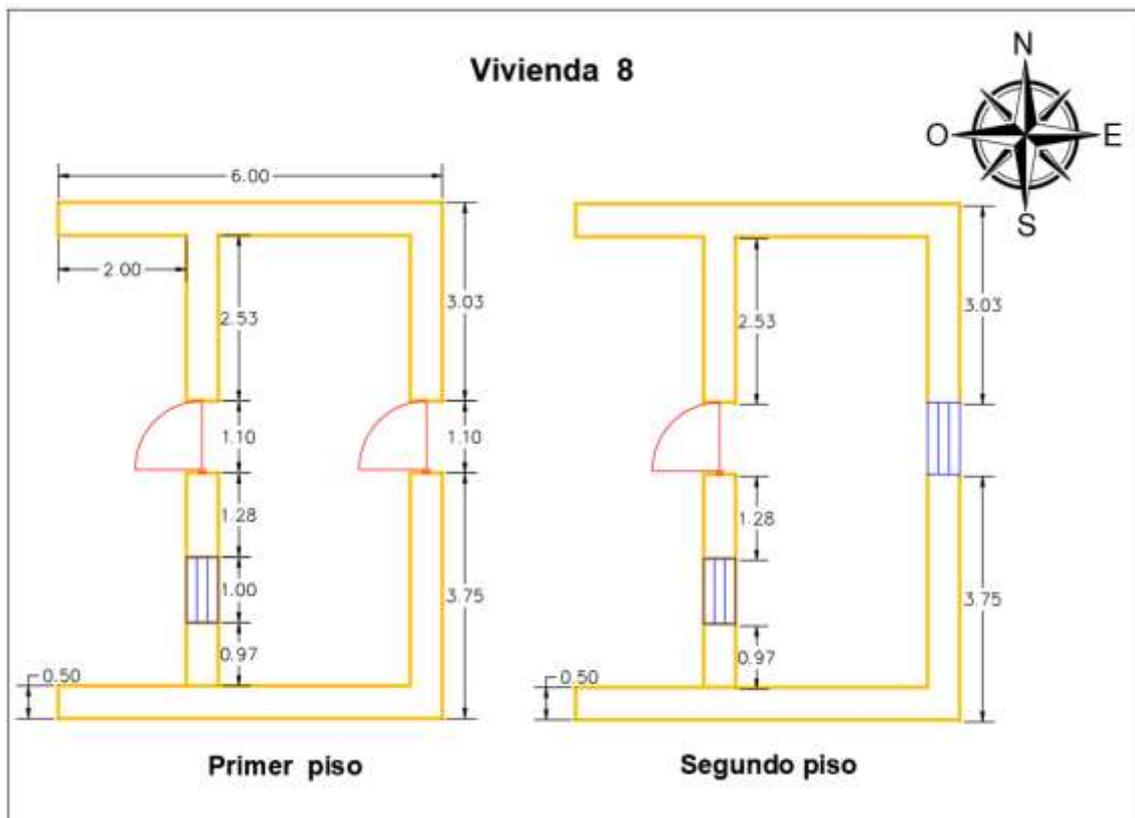
Dimensionamiento de muros

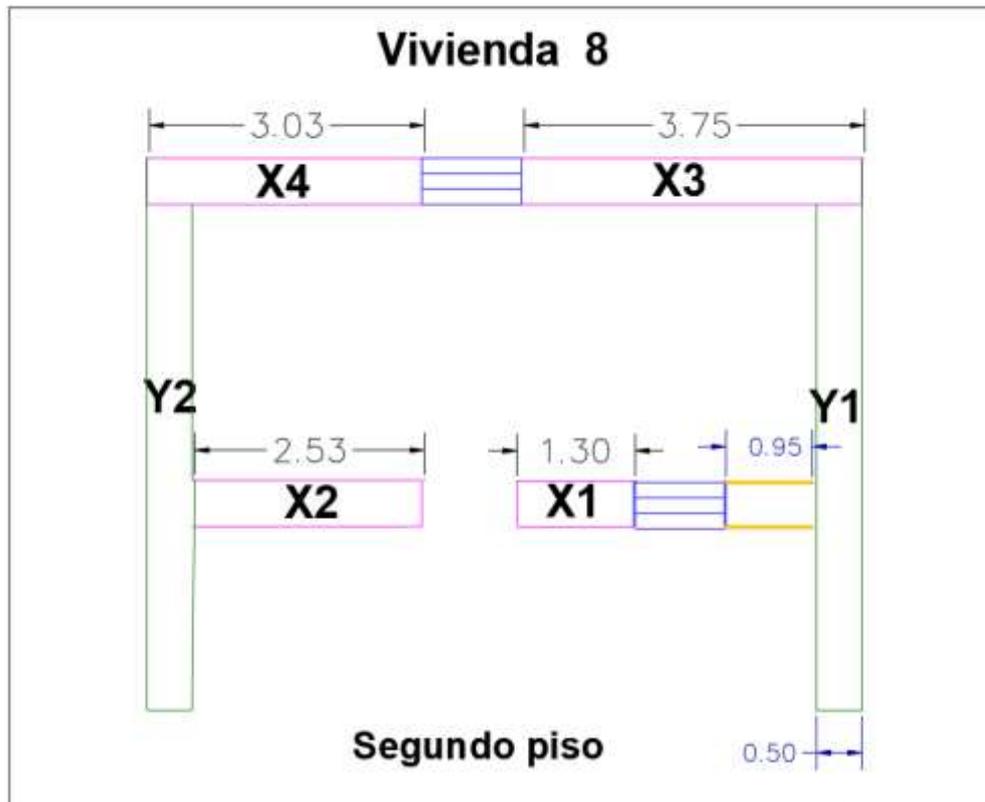
Segundo piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.50	0.50	0.75
2X	1	3.50	0.50	1.75
3X	1	3.52	0.50	1.76
$\Sigma L \times t$				4.260

Área en planta de la Edificación (m²): **Ap** 48.120

EJE Y	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	5.50	0.50	2.75
2Y	1	3.50	0.50	1.75
3Y	1	5.50	0.50	2.75
$\Sigma L \times t$				7.250





Dimensionamiento de muros

Primer piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			4
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.30	0.50	0.65
2X	1	2.53	0.50	1.27
3X	1	3.75	0.50	1.88
4X	1	3.03	0.50	1.52
Σ L x t				5.305

Área en planta de la Edificación (m²): **Ap** 47.280

EJE Y	Cantidad Total de Muros			2
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	5.50	0.50	2.75
2Y	1	5.50	0.50	2.75
Σ L x t				5.500

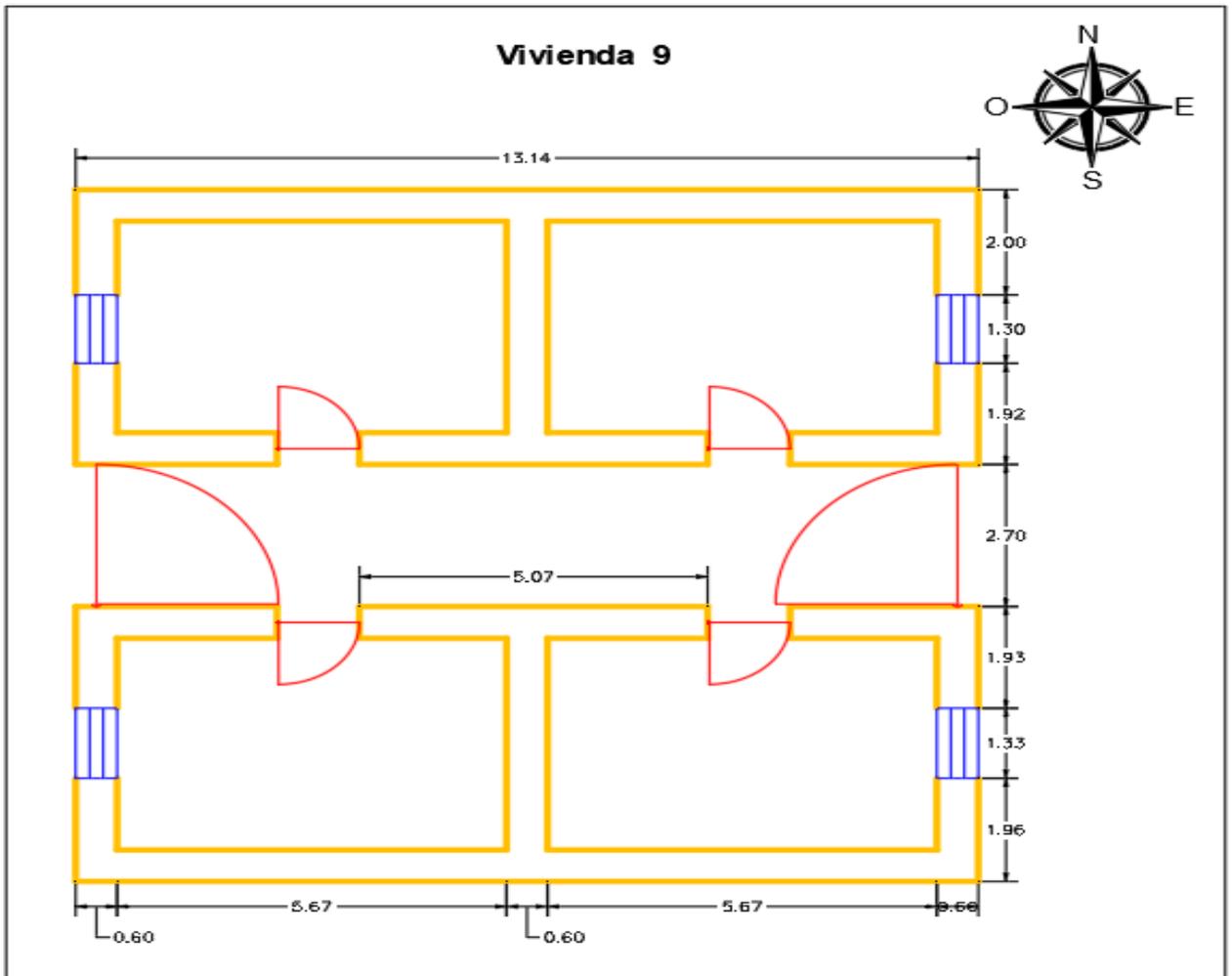
Dimensionamiento de muros

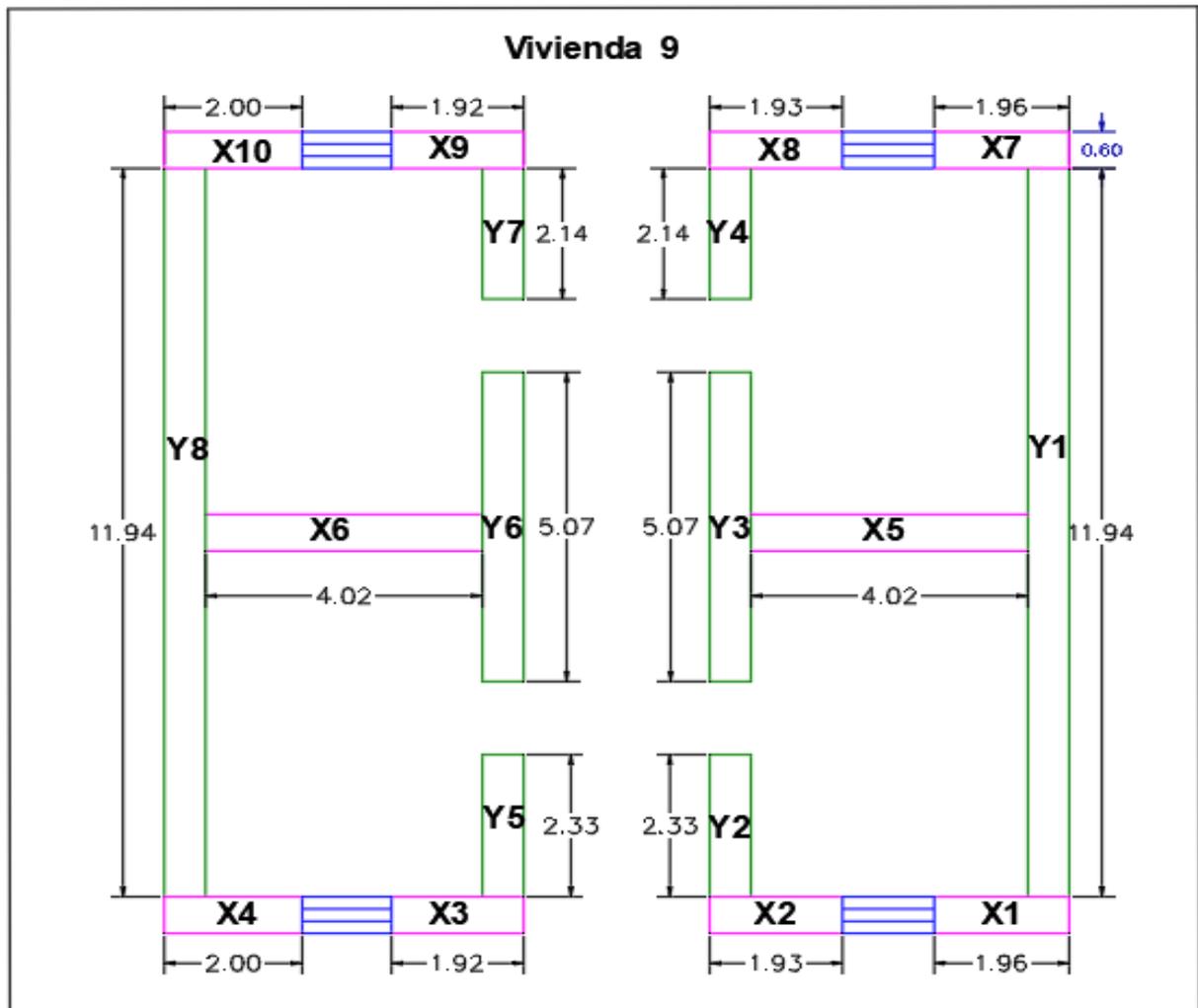
Segundo piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			4
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.30	0.50	0.65
2X	1	2.53	0.50	1.27
3X	1	3.75	0.50	1.88
4X	1	3.03	0.50	1.52
Σ L x t				5.305

Área en planta de la Edificación (m²): **Ap** 47.280

EJE Y	Cantidad Total de Muros			2
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	5.50	0.50	2.75
2Y	1	5.50	0.50	2.75
Σ L x t				5.500



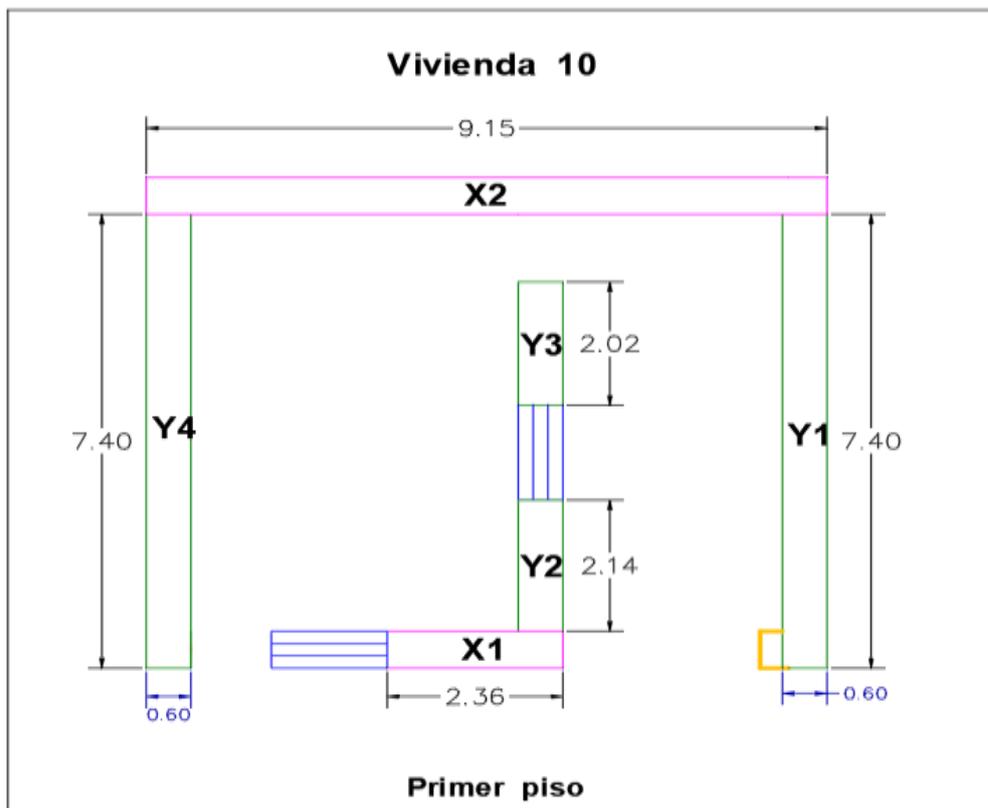
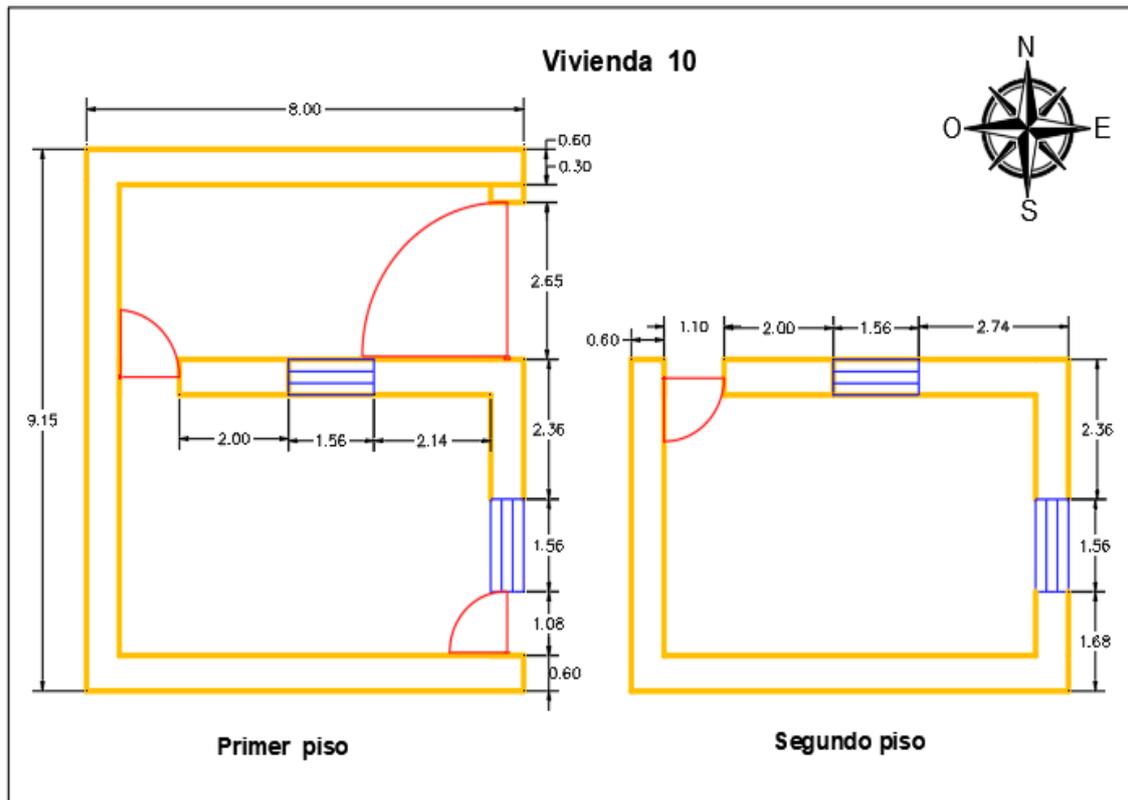


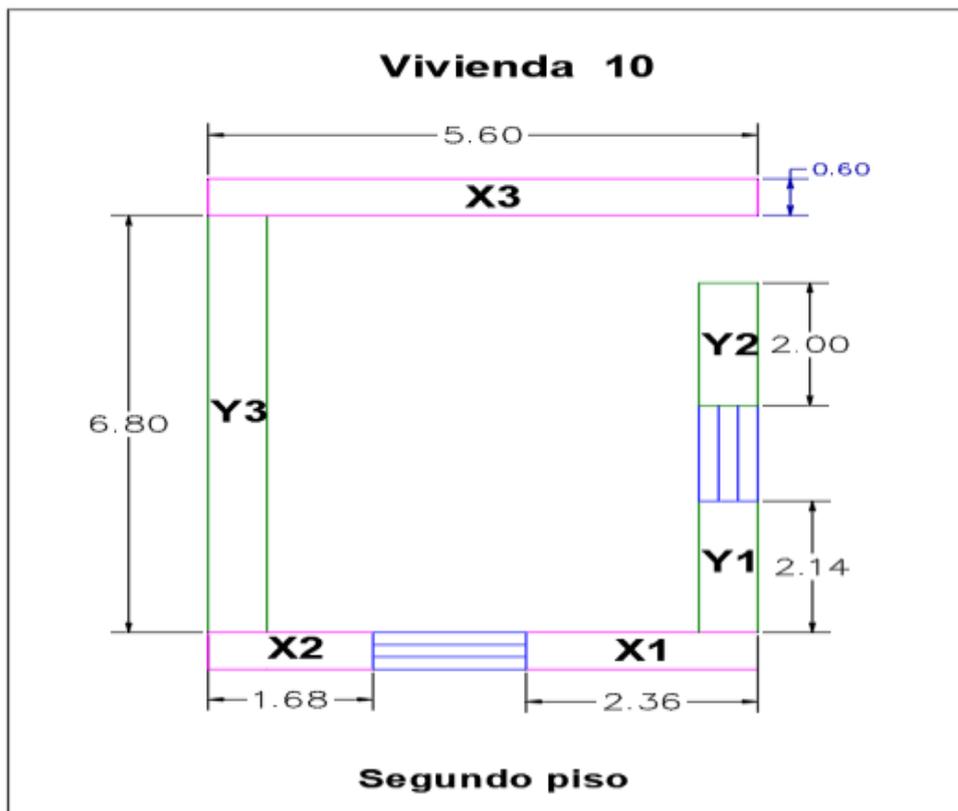
Dimensionamiento de muros

Área en planta de la Edificación (m²): **Ap** **172.660**

EJE X	Cantidad Total de Muros			10
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.96	0.60	1.18
2X	1	1.93	0.60	1.16
3X	1	1.92	0.60	1.15
4X	1	2.00	0.60	1.20
5X	1	4.02	0.60	2.41
6X	1	4.02	0.60	2.41
7X	1	1.96	0.60	1.18
8X	1	1.93	0.60	1.16
9X	1	1.92	0.60	1.15
10X	1	2.00	0.60	1.20
Σ L x t				14.196

EJE Y	Cantidad Total de Muros			8
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	11.94	0.60	7.16
2Y	1	2.33	0.60	1.40
3Y	1	5.07	0.60	3.04
4Y	1	2.14	0.60	1.28
5Y	1	2.33	0.60	1.40
6Y	1	5.07	0.60	3.04
7Y	1	2.14	0.60	1.28
8Y	1	11.94	0.60	7.16
Σ L x t				25.776





Dimensionamiento de muros

Primer piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			2
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	2.36	0.60	1.42
2X	1	9.15	0.60	5.49
Σ L x t				6.906

Área en planta de la Edificación (m²):

Ap

73.205

EJE Y	Cantidad Total de Muros			4
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	7.40	0.60	4.44
2Y	1	2.14	0.60	1.28
3Y	1	2.02	0.60	1.21
4Y	1	7.40	0.60	4.44
Σ L x t				11.376

Dimensionamiento de muros

Segundo piso:

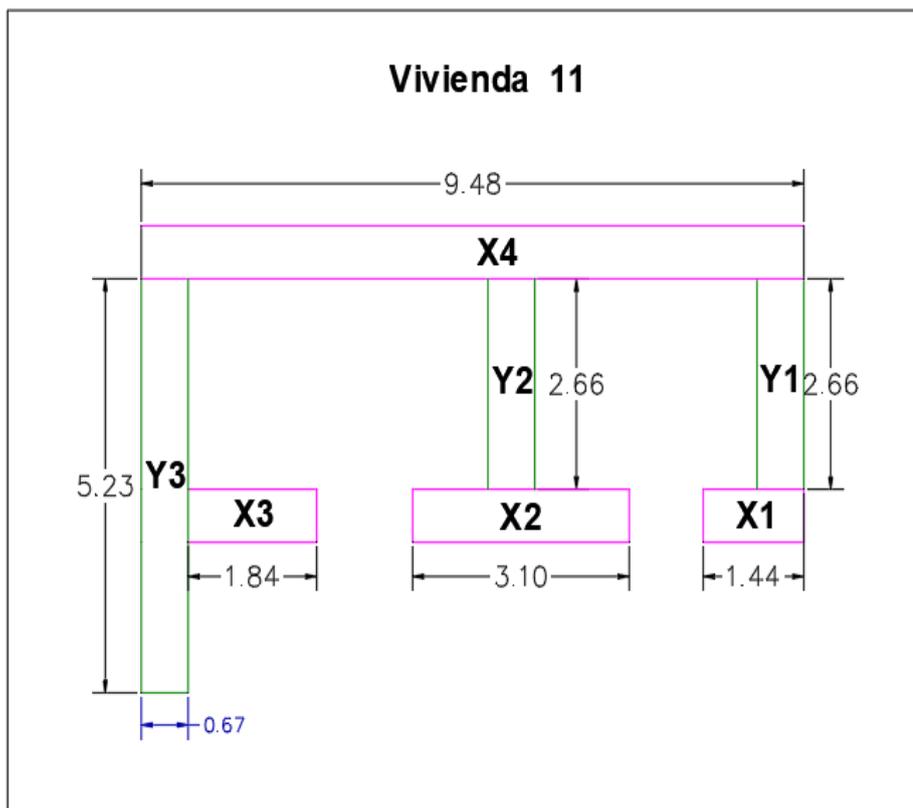
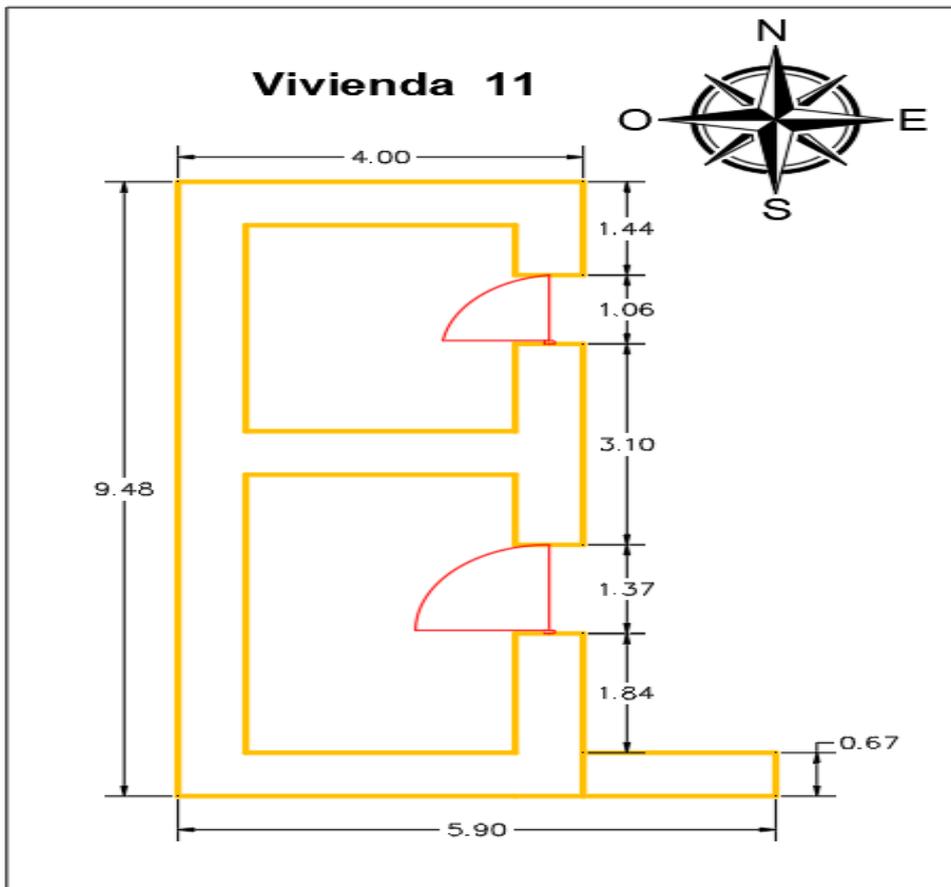
EJE X	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	2.36	0.60	1.42
2X	1	1.68	0.60	1.01
3X	1	5.60	0.60	3.36
Σ L x t				5.784

Área en planta de la Edificación (m²):

Ap

44.800

EJE Y	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	2.14	0.60	1.28
2Y	1	2.00	0.60	1.20
3Y	1	6.80	0.60	4.08
Σ L x t				6.564

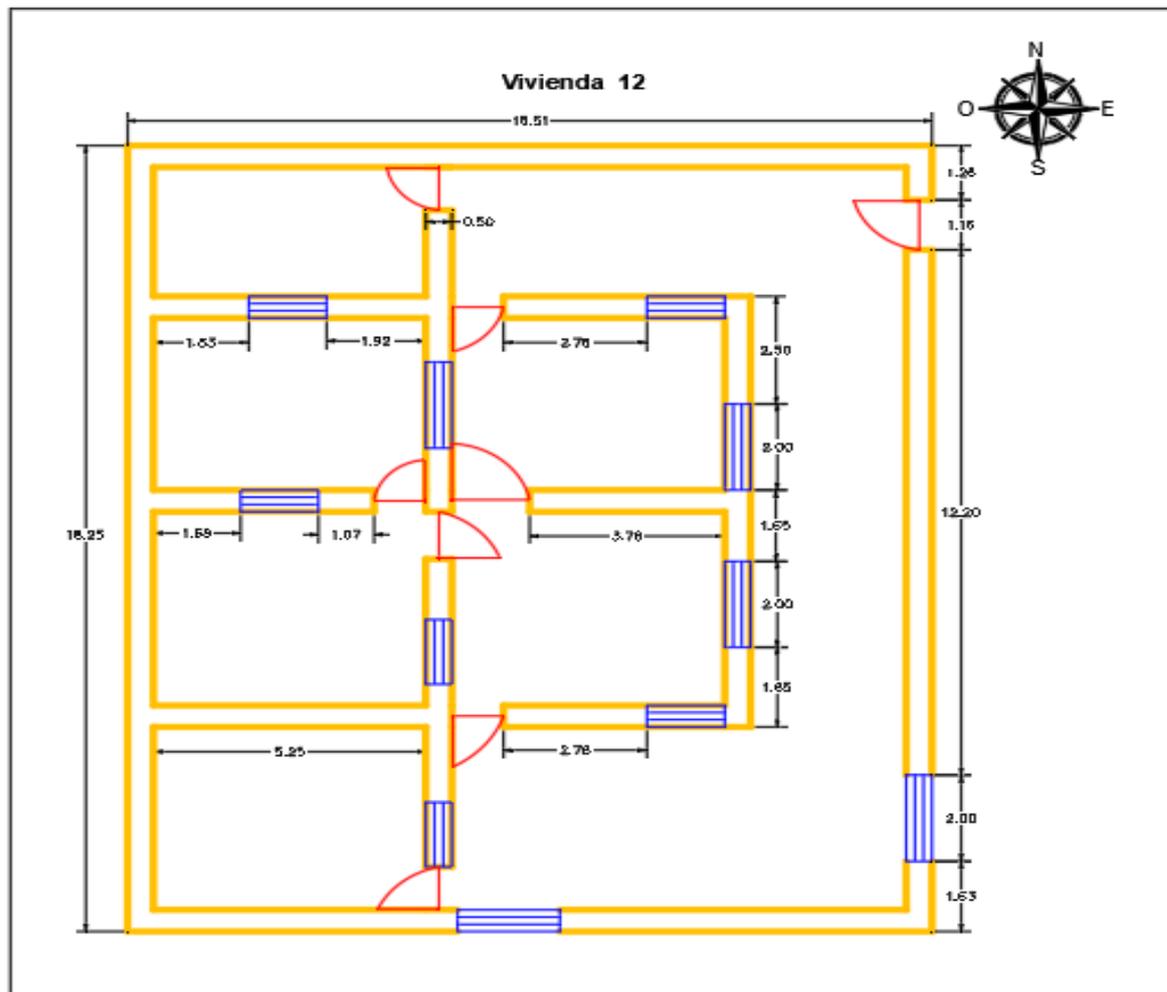


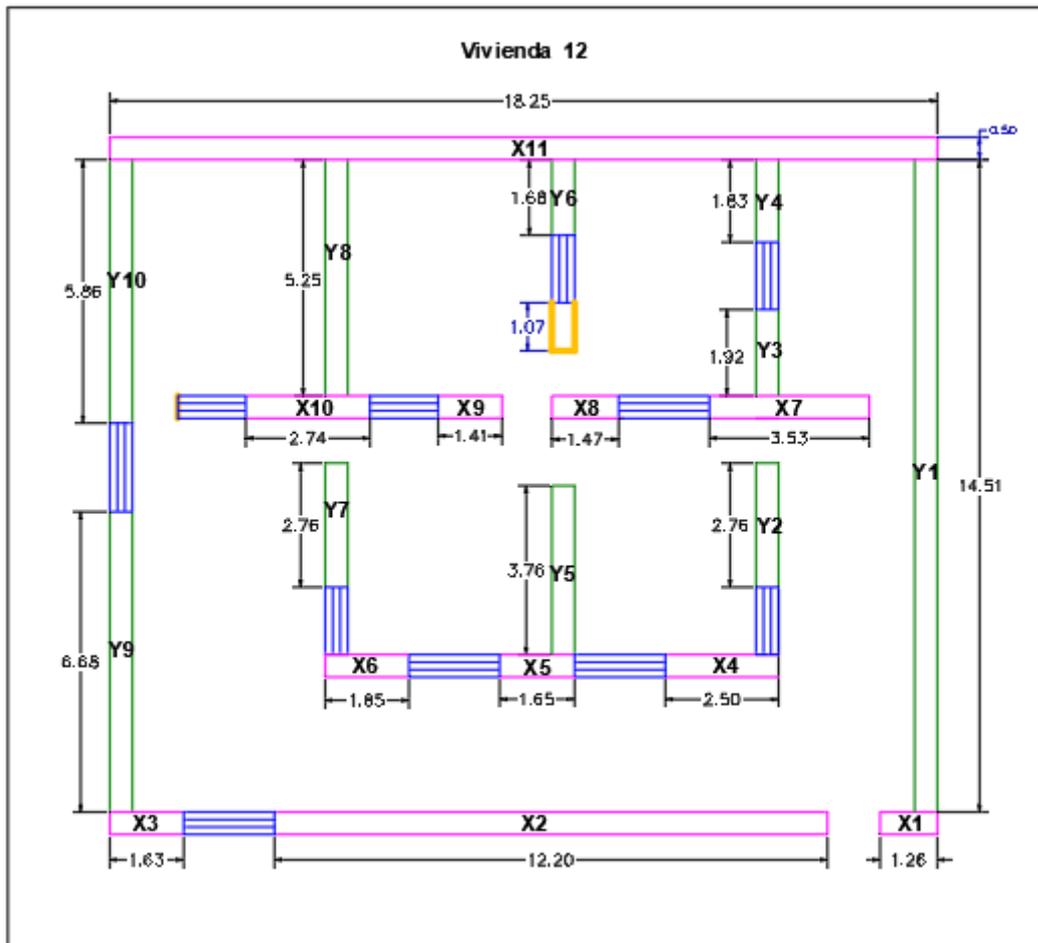
Dimensionamiento de muros

Área en planta de la Edificación (m²): **Ap** **39.193**

EJE X	Cantidad Total de Muros			4
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.44	0.67	0.96
2X	1	3.10	0.67	2.08
3X	1	1.84	0.67	1.23
4X	1	9.48	0.67	6.35
Σ L x t				10.626

EJE Y	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	2.66	0.67	1.78
2Y	1	2.66	0.67	1.78
3Y	1	5.23	0.67	3.50
Σ L x t				7.069





Dimensionamiento de muros

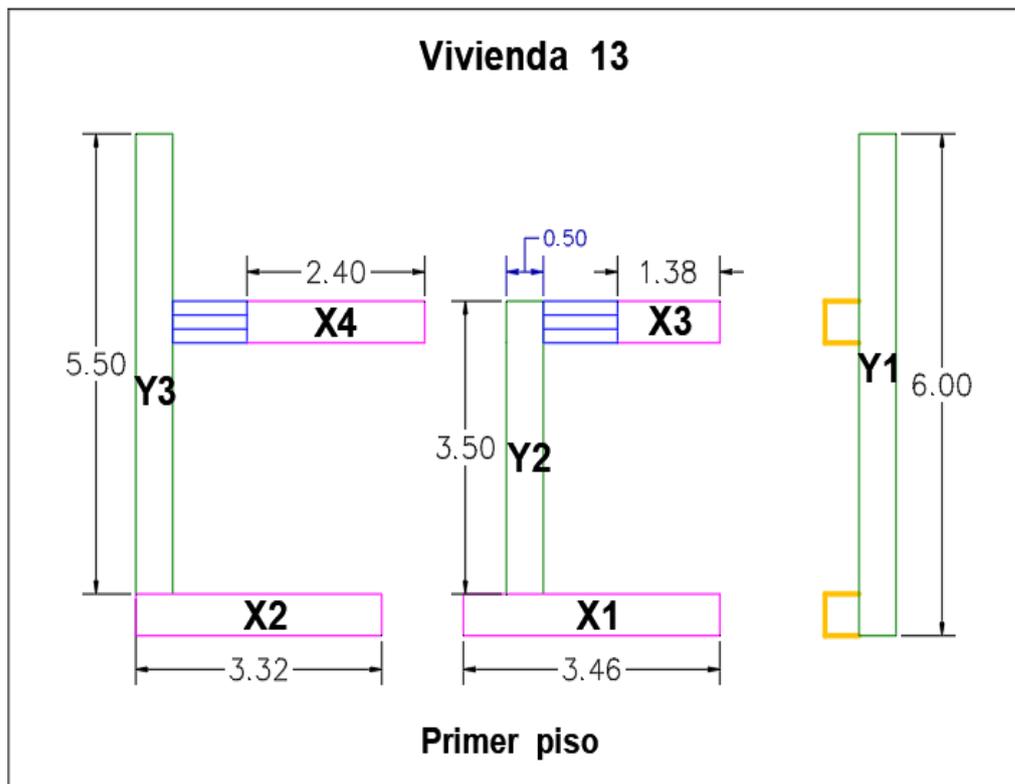
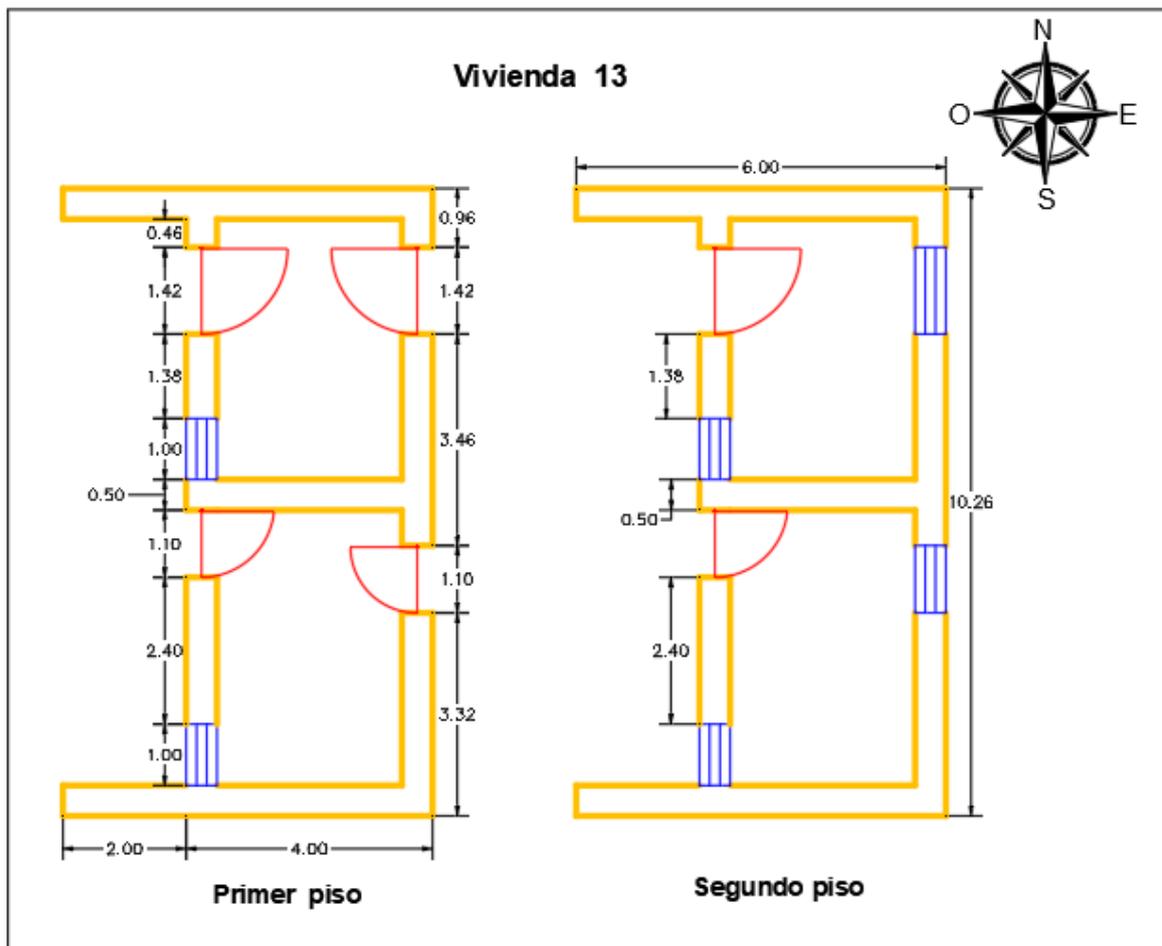
Área en planta de la Edificación (m²):

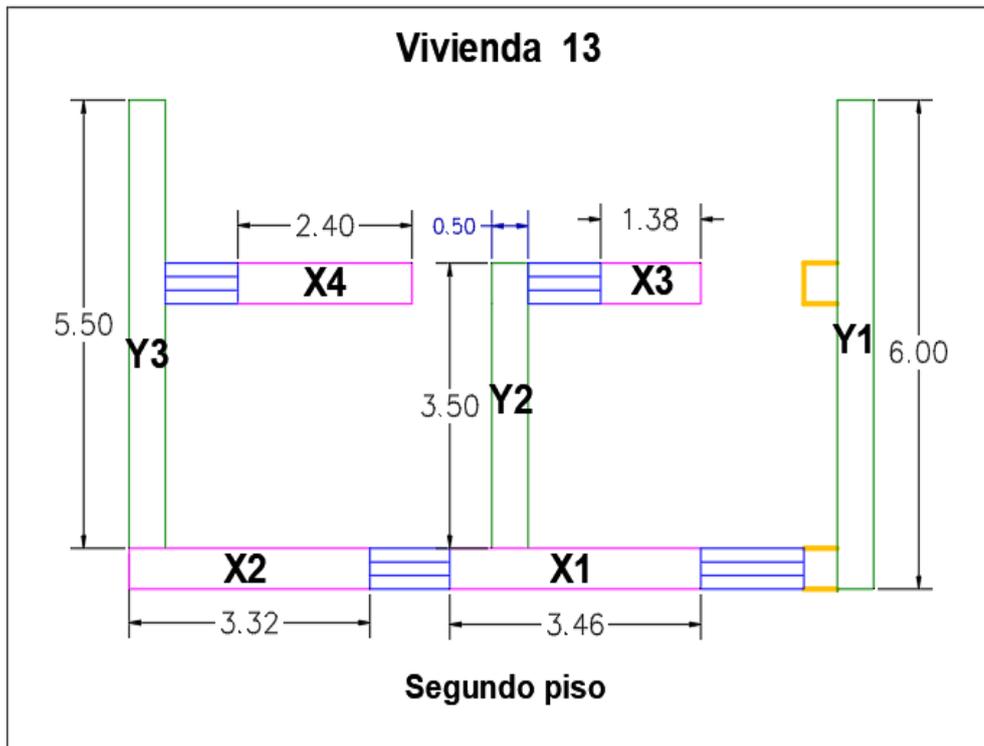
Ap

283.058

EJE X	Cantidad Total de Muros			11
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.26	0.50	0.63
2X	1	12.20	0.50	6.10
3X	1	1.63	0.50	0.82
4X	1	2.50	0.50	1.25
5X	1	1.65	0.50	0.83
6X	1	1.85	0.50	0.93
7X	1	3.53	0.50	1.77
8X	1	1.47	0.50	0.74
9X	1	1.41	0.50	0.71
10X	1	2.74	0.50	1.37
11X	1	18.25	0.50	9.13
Σ L x t				15.120

EJE Y	Cantidad Total de Muros			10
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	14.51	0.50	7.26
2Y	1	2.76	0.50	1.38
3Y	1	1.92	0.50	0.96
4Y	1	1.83	0.50	0.92
5Y	1	3.76	0.50	1.88
6Y	1	1.68	0.50	0.84
7Y	1	2.76	0.50	1.38
8Y	1	5.25	0.50	2.63
9Y	1	6.68	0.50	3.34
10Y	1	5.86	0.50	2.93
Σ L x t				23.505





Dimensionamiento de muros

Área en planta de la Edificación (m²):

Ap

69.020

Primer piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			4
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	3.46	0.50	1.73
2X	1	3.32	0.50	1.66
3X	1	1.38	0.50	0.69
4X	1	2.40	0.50	1.20
			Σ L x t	5.280

EJE Y	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	6.00	0.50	3.00
2Y	1	3.50	0.50	1.75
3Y	1	5.50	0.50	2.75
			Σ L x t	7.500

Dimensionamiento de muros

Área en planta de la Edificación (m²):

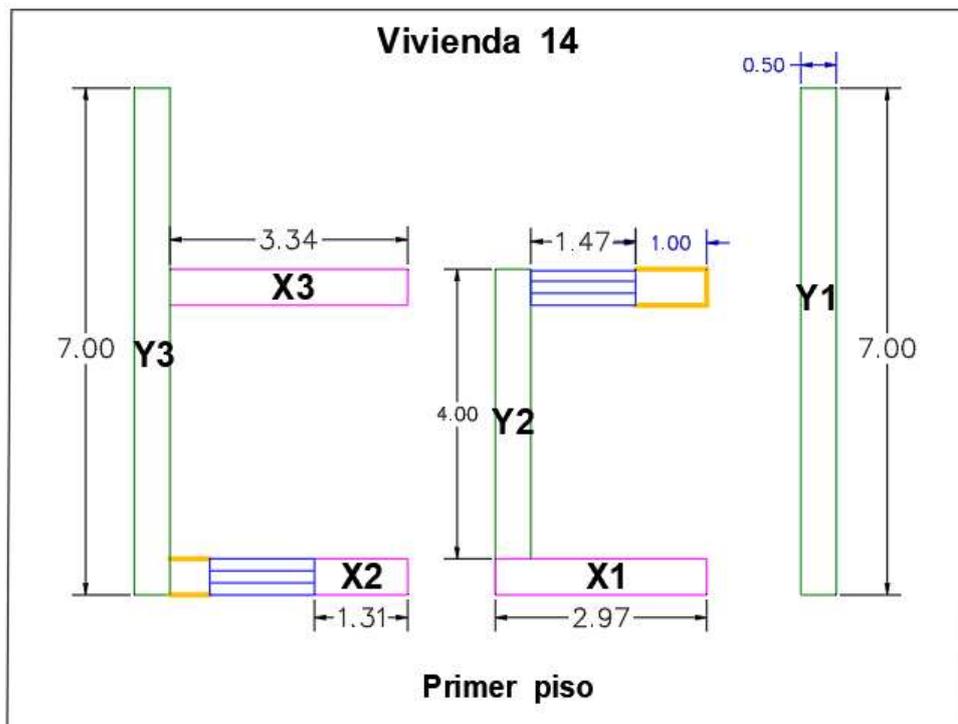
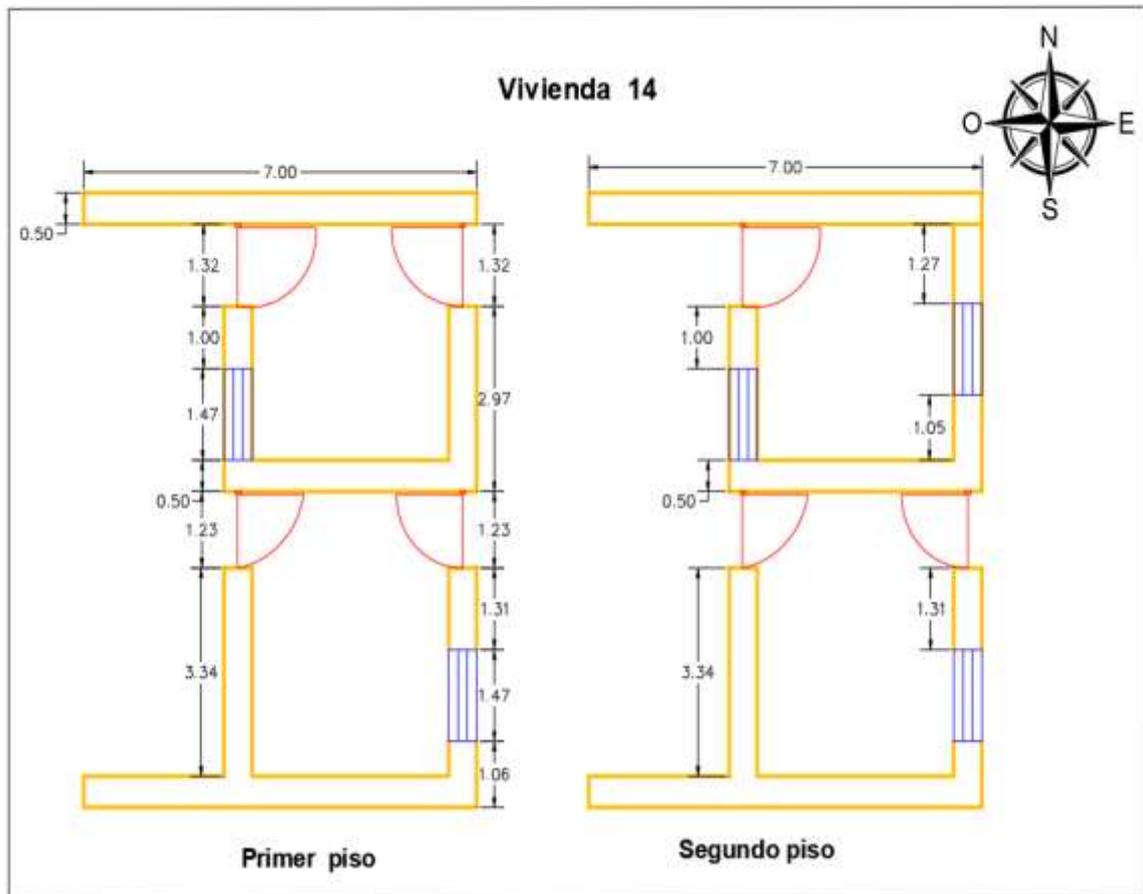
Ap

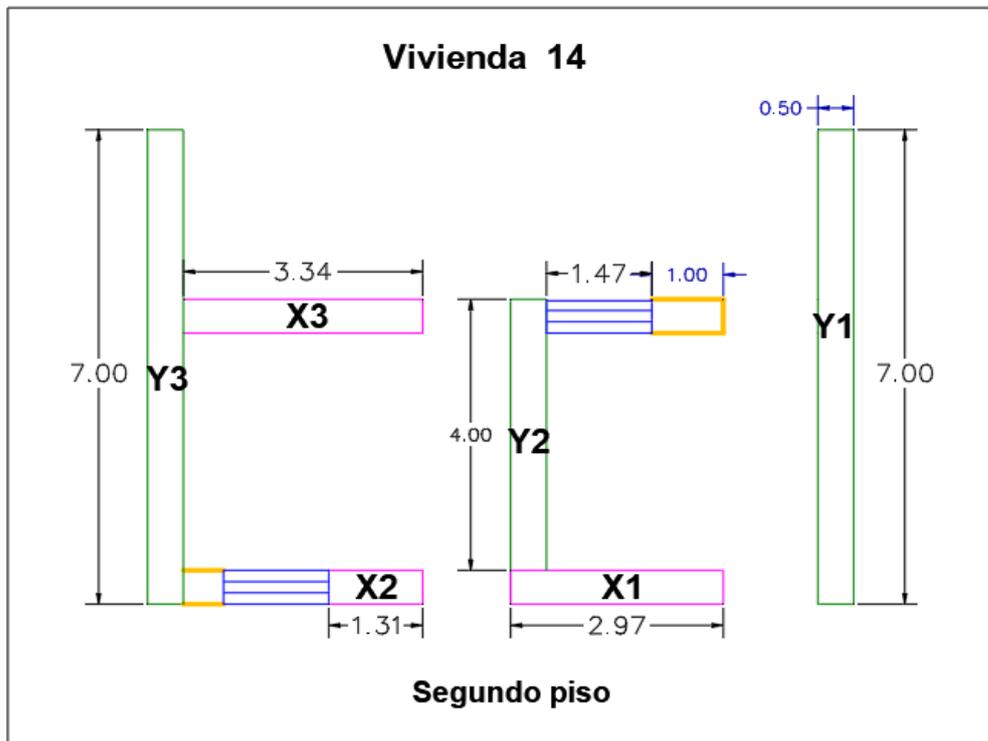
69.020

Segundo piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			4
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	3.46	0.50	1.73
2X	1	3.32	0.50	1.66
3X	1	1.38	0.50	0.69
4X	1	2.40	0.50	1.20
			Σ L x t	5.280

EJE Y	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	6.00	0.50	3.00
2Y	1	3.50	0.50	1.75
3Y	1	5.50	0.50	2.75
			Σ L x t	7.500





Dimensionamiento de muros

Primer piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	2.97	0.50	1.49
2X	1	1.31	0.50	0.66
3X	1	3.34	0.50	1.67
Σ L x t				3.810

Área en planta de la Edificación (m²):

Ap

69.020

EJE Y	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	7.00	0.50	3.50
2Y	1	4.00	0.50	2.00
3Y	1	7.00	0.50	3.50
Σ L x t				9.000

Dimensionamiento de muros

Segundo piso:

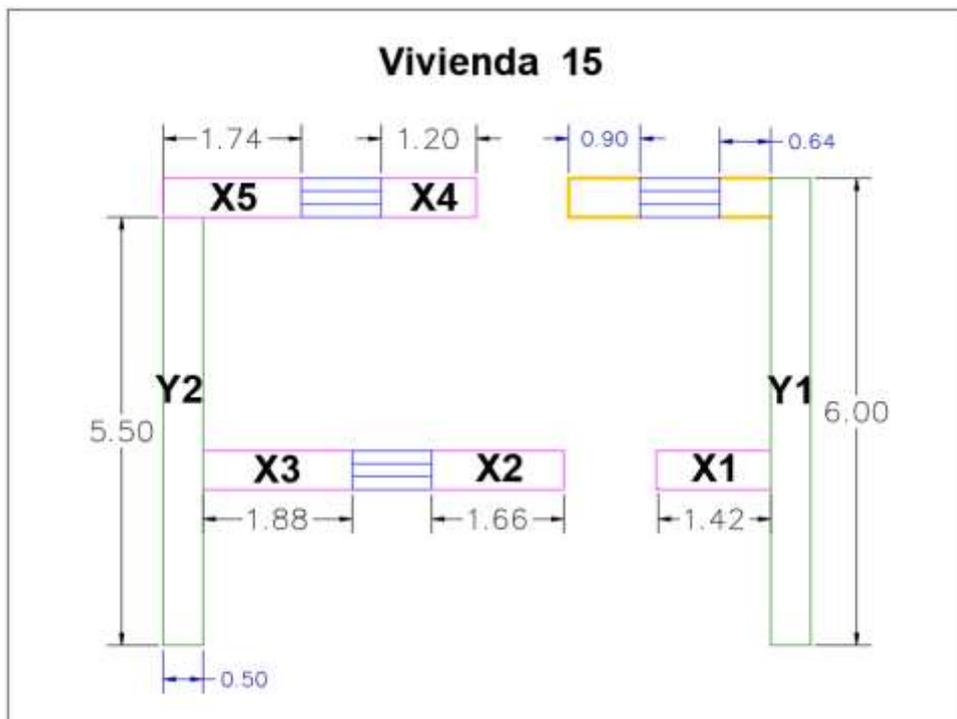
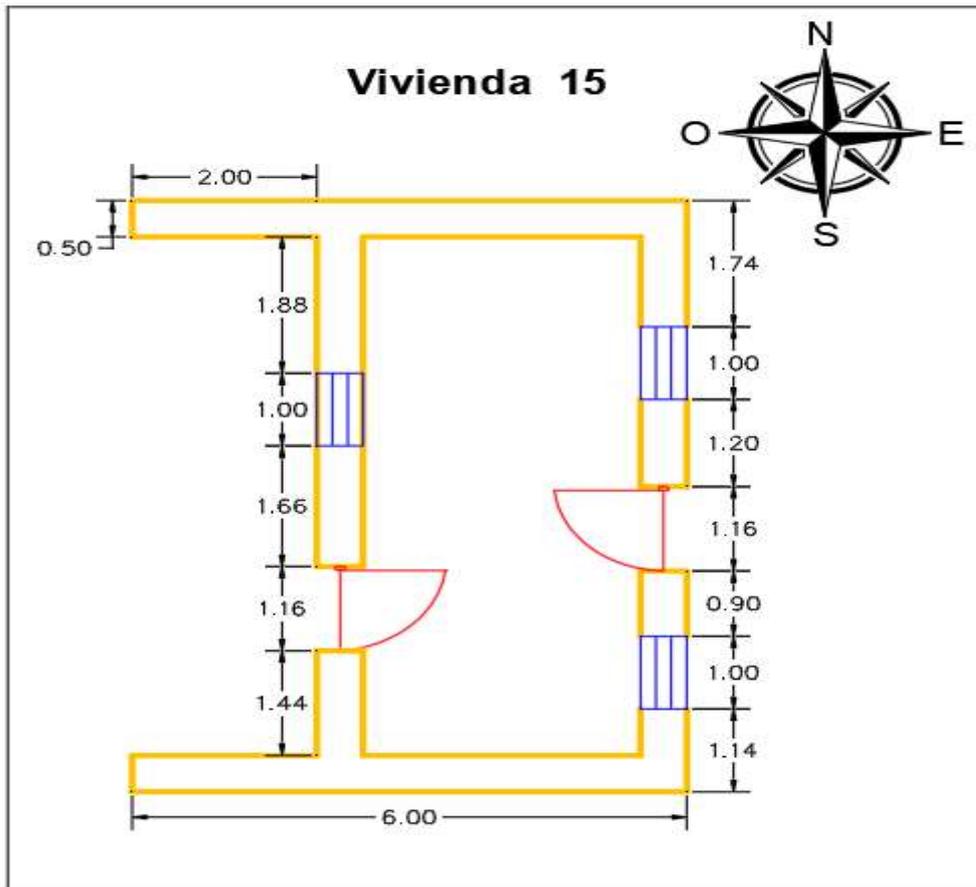
EJE X	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	2.97	0.50	1.49
2X	1	1.31	0.50	0.66
3X	1	3.34	0.50	1.67
Σ L x t				3.810

Área en planta de la Edificación (m²):

Ap

69.020

EJE Y	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	7.00	0.50	3.50
2Y	1	4.00	0.50	2.00
3Y	1	7.00	0.50	3.50
Σ L x t				9.000



Dimensionamiento de muros

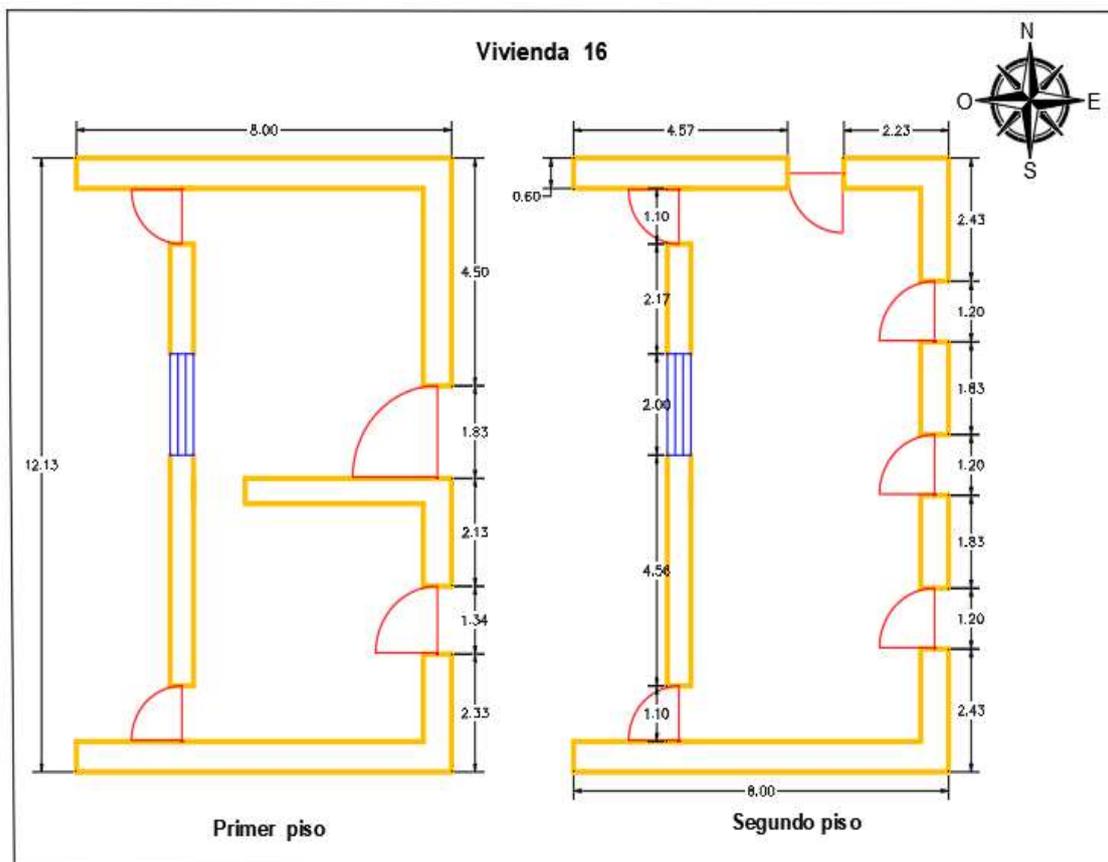
Área en planta de la Edificación (m²):

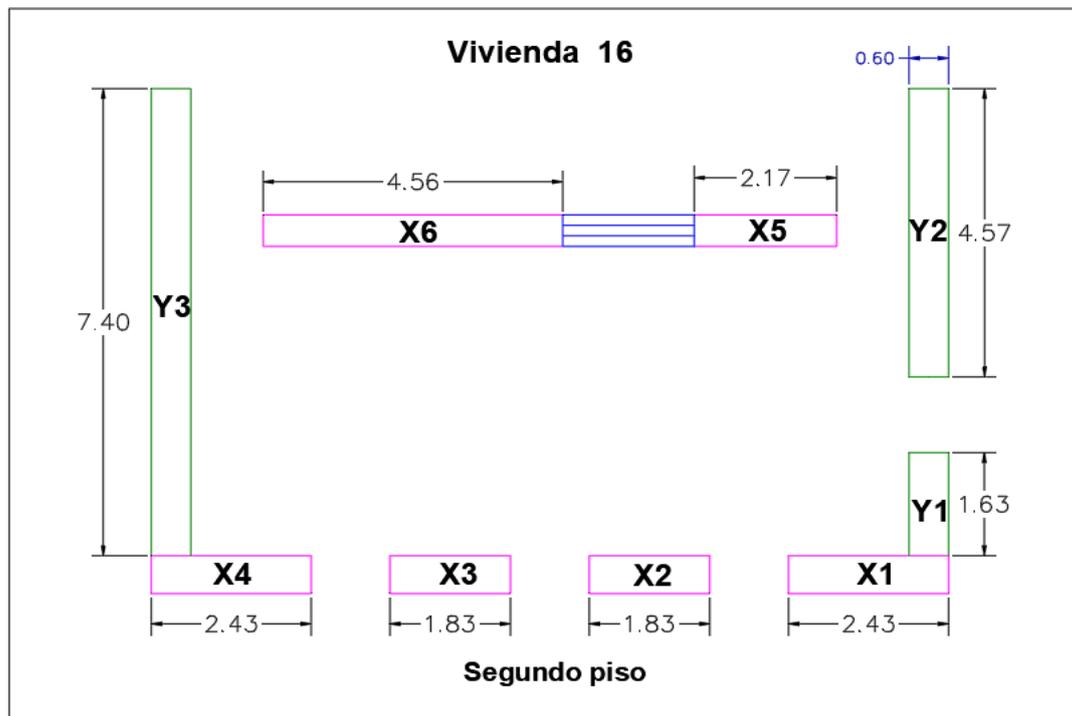
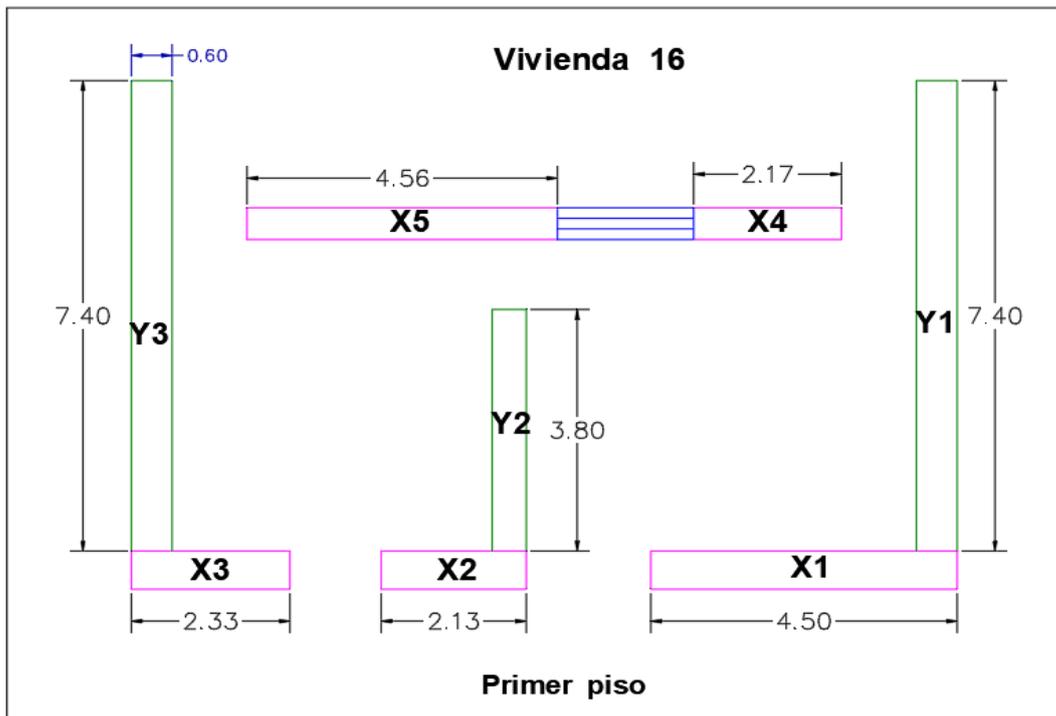
Ap

48.857

EJE X	Cantidad Total de Muros			5
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	1.42	0.50	0.71
2X	1	1.66	0.50	0.83
3X	1	1.88	0.50	0.94
4X	1	1.20	0.50	0.60
5X	1	1.74	0.50	0.87
			$\Sigma L \times t$	3.950

EJE Y	Cantidad Total de Muros			2
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	6.00	0.50	3.00
2Y	1	5.50	0.50	2.75
			$\Sigma L \times t$	5.750





Dimensionamiento de muros

Primer piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			5
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	4.50	0.60	2.70
2X	1	2.13	0.60	1.28
3X	1	2.33	0.60	1.40
4X	1	2.17	0.60	1.30
5X	1	4.56	0.60	2.74
Σ L x t				9.414

Área en planta de la Edificación (m²): **Ap** **97.040**

EJE Y	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	7.40	0.60	4.44
2Y	1	3.80	0.60	2.28
3Y	1	7.40	0.60	4.44
Σ L x t				11.160

Dimensionamiento de muros

Segundo piso:

EJE X	Cantidad Total de Muros			6
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1X	1	2.43	0.60	1.46
2X	1	1.83	0.60	1.10
3X	1	1.83	0.60	1.10
4X	1	2.43	0.60	1.46
5X	1	2.17	0.60	1.30
6X	1	4.56	0.60	2.74
Σ L x t				9.150

Área en planta de la Edificación (m²): **Ap** **97.040**

EJE Y	Cantidad Total de Muros			3
CÓDIGO	CANTIDAD	L (m)	t (m)	L x t (m ²)
1Y	1	1.63	0.60	0.98
2Y	1	4.57	0.60	2.74
3Y	1	7.40	0.60	4.44
Σ L x t				8.160