

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA
ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN CON
ADOBE REFORZADO CON GEOMALLA O MALLA
ELECTROSOLDADA EN EL DISTRITO DE UTCO,
CELENDÍN, CAJAMARCA, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Civil

Autor:

Syntia Juanita Cabanillas Chacon

Asesor:

Ing. José Luis Neyra Torres
<https://orcid.org/0000-0002-6470-2998>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	NEICER CAMPOS VASQUEZ	42584435
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 2	RUBEN KEVIN MANTURANO CHIPANA	42584435
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 3	ERICK HUMBERTO RABANAL CHAVEZ	42009981
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

INFORME DE SIMILITUD – TURMNITIN



DEDICATORIA

A mis padres que me enseñaron a ser perseverante, por su apoyo constante, por ser el impulso para superarme día a día y nunca rendirme. A mis hermanos por ser los mejores amigos que siempre me apoyan y motivan a cumplir cada una de mis metas. A todas las personas especiales que me acompañaron en toda esta etapa aportando a mi formación tanto personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia que siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente en el transcurso de mi vida universitaria.

Al ingeniero José Luis Neyra Torres por el apoyo en las asesorías y enseñanzas para saber cómo plasmar de manera correcta mi investigación.

A la Universidad Privada del Norte por haberme permitido formarme en sus aulas, a cada docente quienes con su apoyo y enseñanzas constituyen la base de mi trayecto estudiantil.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR.....	2
REPORTE DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
Tabla de contenido	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE ECUACIONES	16
RESUMEN	17
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	19
Realidad problemática	20
Formulación del problema.....	69
Objetivos.....	69
Hipótesis	70
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	71
Tipo de investigación.....	71
Población y muestra.....	73
Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	75
Procedimiento	77
Análisis de datos	90
Aplicación.....	91
Aspectos éticos	91
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	94
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	157
REFERENCIAS	163
ANEXOS	171

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	: Material Predominante de la Vivienda en el Distrito de Utco - 2019	39
Tabla 2	: Factor de Suelo (S).....	45
Tabla 3	: Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación.	45
Tabla 4	: Coeficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada ..	46
Tabla 5	: Configuración de mallas electrosoldadas ASTM A497.....	50
Tabla 6	: Propiedades mecánicas para el alambre.....	51
Tabla 7	: Propiedades mecánicas para la malla.....	51
Tabla 8	: Dimensiones de malla electrosoldada utilizada en investigación	52
Tabla 9	: Tipos y usos de los geosintéticos según su función primaria.....	53
Tabla 10	: Coeficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada ..	60
Tabla 11	: Comportamiento de edificaciones durante sismos.....	63
Tabla 12	: Criterios para el diseño de muros.....	67
Tabla 13	: Arriostres Horizontales y Verticales	68
Tabla 14	: Ubicación de la zona del distrito de Utco	79
Tabla 15	: Coordenadas UTM y ubicación del distrito de Utco.....	80
Tabla 16	: Rutas de acceso al Distrito de Utco.....	83
Tabla 17	: Cuadro de Operacionalización de variables.	92
Tabla 18	: Matriz de consistencia del trabajo de investigación.....	93
Tabla 19	: Distribución de ambientes.....	96
Tabla 20	: Cargas del modelo estructural.....	101
Tabla 21	: Datos para el cálculo de la Fuerza Sísmica Horizontal.....	102

Tabla 22	: Criterios para la esbeltez de muros.	103
Tabla 23	: Cuadro de peso de muros en el eje X-X.....	105
Tabla 24	: Cuadro de peso de muros en el eje Y-Y.....	105
Tabla 25	: Cargas de techo.	106
Tabla 26	: Resumen del peso total de la edificación.	106
Tabla 27	: Cargas de techo.	107
Tabla 28	: Cortante directo en el eje X-X.	108
Tabla 29	: Cortante directo en el eje Y-Y.	109
Tabla 30	: Datos para el centro de gravedad eje X-X.	109
Tabla 31	: Datos para el centro de gravedad eje Y-Y.	110
Tabla 32	: Datos para el centro de rigidez eje X-X.....	111
Tabla 33	: Datos para el centro de rigidez eje Y-Y.	111
Tabla 34	: Excentricidad de diseño	112
Tabla 35	: Momento Torsor en eje X-Y	112
Tabla 36	: Cortante por torsión en dirección X.....	113
Tabla 37	: Cortante por torsión en dirección Y.....	113
Tabla 38	: Cortante de diseño en dirección X.....	114
Tabla 39	: Cortante de diseño en dirección Y.....	114
Tabla 40	: Cargas axiales del techo	120
Tabla 41	: Desplazamientos máximos en sentido “X - Y”	126
Tabla 42	: Distorsiones máximos en sentido “X - Y”	128
Tabla 43	: Desplazamientos máximos de la estructura con reforzamiento de geomalla en sentido “X – Y”	131

Tabla 44 : Distorsiones máximas de la estructura con reforzamiento con geomalla en sentido "X - Y"	134
Tabla 45 : Desplazamientos máximos de la estructura con reforzamiento con malla electrosoldada en sentido "X - Y"	137
Tabla 46 : Data de distorsiones máximas de la estructura con reforzamiento con malla electrosoldada en sentido "X - Y"	140
Tabla 47 : Distorsiones máximas de la estructura con reforzamiento con malla electrosoldada en sentido "X - Y"	140
Tabla 48 : Desplazamientos y distorsiones máximas en sentido "X - Y" de la estructura sin reforzamiento.....	146
Tabla 49 : Desplazamientos y distorsiones máximas sentido "X - Y" de la estructura con reforzamiento con geomalla	148
Tabla 50 : Desplazamientos y distorsiones máximas sentido "X - Y" de la estructura con reforzamiento con malla electrosoldada.....	150
Tabla 51 : Máximos desplazamientos en dirección "X - Y" de la estructura sin reforzamiento, con reforzamiento de geomalla y malla electrosoldada ETABS	152
Tabla 52 : Máximas distorsiones en dirección "X - Y" de la estructura sin reforzamiento, con reforzamiento de geomalla y malla electrosoldada.....	152
Tabla 53 : Máximos desplazamientos en dirección "X - Y" de la estructura sin reforzamiento, con reforzamiento de geomalla y malla electrosoldada – SAP2000.....	153
Tabla 54 : Máximas distorsiones en dirección "X - Y" de la estructura sin reforzamiento, con reforzamiento de geomalla y malla electrosoldada SAP2000	154



Tabla 55 : Máximos desplazamientos en dirección de “X - Y” analizados en ETABS y
SAP2000..... 154

Tabla 56 : Máximas distorsiones en dirección de “X - Y” analizados en ETABS y
SAP2000..... 155

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Porcentaje de viviendas de mala calidad en América Latina y el Caribe.....	20
<i>Figura 2:</i> Distribución mundial de las construcciones de adobe	36
<i>Figura 3:</i> Zonas de mayor riesgo sísmico moderado y alto.	36
<i>Figura 4:</i> Viviendas particulares con adobe y tapia como material predominante 2017 ...	37
<i>Figura 5:</i> Porcentaje de material empleados en la construcción de viviendas Perú.....	39
<i>Figura 6:</i> Fallas por flexión perpendicular al plano del muro.....	41
<i>Figura 7:</i> Falla por cortante en el muro.....	41
<i>Figura 8:</i> Falla generalizada de la cubierta.	42
<i>Figura 9:</i> Falla por mala conexión de muros.	42
<i>Figura 10:</i> Mapa de Riesgo de Sismo.	43
<i>Figura 11:</i> Límites geométricos de muros y vanos.	44
<i>Figura 12:</i> Muro de adobe reforzado con malla natural.	47
<i>Figura 13:</i> Muro de adobe reforzado con madera	48
<i>Figura 14:</i> Malla electrosoldada y colocación como refuerzo de muro de adobe.....	52
<i>Figura 15:</i> Geomalla Uniaxial.....	55
<i>Figura 16:</i> Geomalla Biaxial.	56
<i>Figura 17:</i> Geomalla Triaxial.	56
<i>Figura 18:</i> Reforzamientos de muros de adobe con Geomallas.	57
<i>Figura 19:</i> Colocación de geomalla.....	58
<i>Figura 20:</i> Traslape de geomalla.....	58
<i>Figura 21:</i> Ensayo por el método de la junta.....	61

<i>Figura 22:</i>	Detalle de dimensiones mínimas de cimiento.	65
<i>Figura 23:</i>	Delimitación del distrito de Utco, Google Earth.	73
<i>Figura 24:</i>	Vivienda típica de adobe identificada en el distrito de Utco.	74
<i>Figura 25:</i>	Diagrama de flujo y procedimiento del trabajo de investigación.	78
<i>Figura 26:</i>	Imagen Satéltal del Google Earth Pro.	81
<i>Figura 27:</i>	Consulta de ubigeo de centro poblado en data del INEI	82
<i>Figura 28:</i>	Macro localización - región Cajamarca.....	82
<i>Figura 29:</i>	Resumen del clima presente en el distrito de Utco.....	84
<i>Figura 30:</i>	Precipitación de lluvia mensual promedio.....	84
<i>Figura 31:</i>	Vista panorámica de la geología del distrito de Utco.	85
<i>Figura 32:</i>	Material predominante en las viviendas del distrito de Utco.	86
<i>Figura 33:</i>	Diagrama de flujo de las visitas de campo realizadas.	87
<i>Figura 34:</i>	Vista en planta de vivienda típica de distrito de Utco.	95
<i>Figura 35:</i>	Tipo de UBS y conexiones domiciliarias.	95
<i>Figura 36:</i>	Vista en planta vivienda de adobe	97
<i>Figura 37:</i>	Diagrama de las características de vivienda a base de adobe.....	98
<i>Figura 38:</i>	Modelamiento de vivienda de adobe en ETABS.....	99
<i>Figura 39:</i>	Identificación de muros en eje X - Y.....	104
<i>Figura 40:</i>	Distribución de muros de la estructura sin refuerzo	115
<i>Figura 41:</i>	Configuración de grillas y unidades.	116
<i>Figura 42:</i>	Datos de propiedades del material a usado – Adobe.....	117
<i>Figura 43:</i>	Datos de propiedades del material a usado – Madera	118
<i>Figura 44:</i>	Definición de muro 0.40 m de espesor.	119

<i>Figura 45:</i>	Definición de sección de madera 0.220 m x 0.20 m.....	119
<i>Figura 46:</i>	Definición de los tipos de materiales en ETABS	120
<i>Figura 47:</i>	Asignación de la carga de tejado.	121
<i>Figura 48:</i>	Asignación de carga de la estructura de madera.....	121
<i>Figura 49:</i>	Asignación de diafragma rígido.	122
<i>Figura 50:</i>	Asignación del coeficiente sísmico en eje X – Y.	123
<i>Figura 51:</i>	Combinaciones de cargas de la estructura.....	124
<i>Figura 52:</i>	Respuesta sísmica de la edificación sin reforzar.	124
<i>Figura 53:</i>	Desplazamiento de la estructura – dirección “X”	125
<i>Figura 54:</i>	Desplazamiento de la estructura – dirección “Y”.....	125
<i>Figura 55:</i>	Máximo desplazamiento de la estructura – dirección “X”	126
<i>Figura 56:</i>	Máximo desplazamiento de la estructura – dirección “Y”	127
<i>Figura 57:</i>	Distorsión de la estructura – dirección “X”	127
<i>Figura 58:</i>	Distorsión de la estructura – dirección “Y”	128
<i>Figura 59:</i>	Máximo distorsiones de la estructura – dirección “X”.....	129
<i>Figura 60:</i>	Máximo distorsiones de la estructura – dirección “X”.....	129
<i>Figura 61:</i>	Estructura reforzada con geomalla.	130
<i>Figura 62:</i>	Modelo tridimensional de la estructura con reforzamiento con geomalla....	130
<i>Figura 63:</i>	Desplazamientos de la estructura reforzada con geomalla – dirección “X”. 131	
<i>Figura 64:</i>	Máximo desplazamiento de la estructura reforzada con geomalla - dirección “X”	132
<i>Figura 65:</i>	Máximo desplazamiento de la estructura reforzada con geomalla – dirección “Y”	132

Figura 66: Distorsiones de la estructura reforzada con geomalla – dirección “X” 133

Figura 67: Data de las máximas distorsiones de la estructura reforzada con geomalla – dirección “X - Y” 133

Figura 68: Máxima distorsión de la estructura reforzada con geomalla –dirección “X”.134

Figura 69: Máxima distorsión de la estructura reforzada con geomalla – dirección “Y”.135

Figura 70: Estructura reforzada con malla electrosoldada 136

Figura 71: Modelo tridimensional de la estructura con reforzamiento con malla electrosoldada 136

Figura 72: Desplazamientos de la estructura reforzada con malla electrosoldada – dirección “X - Y” 137

Figura 73: Máximo desplazamiento de la estructura reforzada con malla electrosoldada – dirección “X” 138

Figura 74: Máximo desplazamiento de la estructura reforzada con malla electrosoldada – dirección “Y” 139

Figura 75: Distorsiones de la estructura reforzada con malla electrosoldada – dirección “X” 139

Figura 76: Máxima distorsión de la estructura reforzada con malla electrosoldada – dirección “X” 141

Figura 77: Máxima distorsión de la estructura reforzada con malla electrosoldada – dirección “Y” 141

Figura 78: Configuración de grillas y unidades en SAP2000 142

Figura 79: Datos de propiedades de los materiales usados en SAP2000. 143

Figura 80: Definición de muro 0.40 m de espesor. 143

<i>Figura 81:</i>	Distribución de muros modelados en 3D.	144
<i>Figura 82:</i>	Asignación de cargas en SAP 2000.....	145
<i>Figura 83:</i>	Desplazamiento en dirección “X” estructura sin reforzamiento.....	145
<i>Figura 84:</i>	Desplazamiento en dirección “Y” estructura sin reforzamiento.....	146
<i>Figura 85:</i>	Desplazamiento en dirección “X” estructura reforzada con geomalla.	147
<i>Figura 86:</i>	Desplazamiento en dirección “Y” estructura reforzada con geomalla.	148
<i>Figura 87:</i>	Desplazamiento en dirección “X” estructura reforzada con malla electrosoldada	149
<i>Figura 88:</i>	Desplazamiento en dirección “Y” estructura reforzada con malla electrosoldada	150
<i>Figura 89:</i>	Grafica de los máximos desplazamientos en dirección X - Y analizado en ETABS y SAP2000	155
<i>Figura 90:</i>	Grafica de las máximas distorsiones en dirección X - Y analizado en ETABS y SAP2000.....	156

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fuerzas sísmicas horizontales	45
Ecuación 2: Resistencia admisibles a la compresión.....	46
Ecuación 3: Esfuerzo cortante último.....	46
Ecuación 4: Densidad de muros en "X"	107
Ecuación 5: Densidad de muros en "Y".....	107
Ecuación 6: Rigidez Lateral de muros.....	108
Ecuación 7: Cortante Directo	108
Ecuación 8: Centro de gravedad en "X".....	110
Ecuación 9: Centro de gravedad en "Y".....	110
Ecuación 10: Centro de rigidez en "X"	111
Ecuación 11: Centro de rigidez en "Y"	111
Ecuación 12: Momento Torsor.....	112
Ecuación 13: Cortante por torsión	113

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se centra en la problemática habitacional de la población rural, en la región Cajamarca, según los datos obtenidos del INEI el 64.60% representa a la población rural del departamento. Así mismo, el 84.50% de la población del distrito de Utco presenta un déficit habitacional, debido a que las prácticas constructivas las implementan los propios comuneros puesto que estas fueron adquiridas de sus ancestros.

Así mismo, la investigación tiene como objetivo general es "Comparar la respuesta estructural de una edificación con adobe reforzada con geomalla y malla electrosoldada en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023. El cual busca inicialmente verificar cuál de los dos métodos es más eficaz, a través del análisis de vulnerabilidad sísmica realizado luego de ser modelados en los softwares de análisis estructural.

El desarrollado se inició con la identificación de la problemática, seguido se realizó vistas a campo para poder identificar cual es el problema que se presenta en las viviendas de la zona, luego se plasmó el modelo de vivienda dibujada en AutoCAD, seguido se realizó el modelamiento en ETABS v.19.0.0 y SAP2000 v.20.0.0 softwares de análisis estructural para la verificación del comportamiento de la edificación.

Finalmente, los resultados muestran que la estructura reforzada con malla electrosoldada presenta mejor comportamiento sísmico, teniendo un mejor efecto en la disminución de desplazamientos y deformaciones; es decir, ha logrado mitigar la respuesta sísmica y a la vez el nivel de vulnerabilidad sísmica.

PALABRAS CLAVES: Déficit habitacional, vivienda rural, adobe, reforzamiento, geomalla, malla electrosoldada, respuesta estructural.

ABSTRACT

The present research work focuses on the housing problems of the rural population, in the Cajamarca region, according to the data obtained from the INEI, 64.60% represents the rural population of the department. Likewise, 84.50% of the population of the Utco district has a housing deficit, due to the fact that the construction practices are implemented by the community members themselves, since they were acquired from their ancestors.

Likewise, the general objective of the research is to "Compare the structural response of a building with adobe reinforced with geogrid and electro-welded mesh in the District of Utco, Celendín, Cajamarca 2023. Which initially seeks to verify which of the two methods is more effective, through seismic vulnerability analysis carried out after being modeled in structural analysis software.

The development began with the identification of the problem, followed by field views to identify the problem that occurs in the houses in the area, then the housing model drawn in AutoCAD was captured, followed by the modeling in ETABS v.19.0.0 and SAP2000 v.20.0.0 structural analysis software verifies the behavior of the building.

Finally, the results show that the structure reinforced with electro-welded mesh presents better seismic behavior, having a better effect in reducing displacements and deformations; that is, it has managed to mitigate the seismic response and at the same time the level of seismic vulnerability.

KEY WORDS: Housing deficit, rural housing, adobe, reinforcement, geogrid, electro welded mesh, structural response.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La tierra como material de construcción ha estado presente desde el año 8000 a. C., y fueron introducidas por los colonizadores a América del Sur entre los siglos XVI y XVII empleándose diferentes técnicas de construcción con adobe y tierra apisonada originarias del norte de África, a pesar de los avances tecnológicos del siglo XIX y XX, sigue siendo el material menos costoso y el más disponible en las zonas rurales de todo el mundo. Según investigaciones se evidencia que un 60% de la población mundial todavía viven en casas a base de tierra y el porcentaje es mayor en países en vías de desarrollo. Así mismo, los eventos sísmicos que se han presentado a lo largo de los años ha generado el colapso de este tipo de estructuras, el terremoto de Perú del 2007 donde hubo más de 600 muertes y una aproximado de 75 000 casas destruidas, terremoto de Irán del 2003 dejó 40000 personas enterradas bajo ruinas de mampostería de adobe (Reyes J, et al., 2019). Estos sucesos sísmicos destacan la importancia de la investigación y el desarrollo de las diferentes soluciones rentables para proteger la vida de las personas.

Durante de Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN) designado principalmente por la Asamblea General de las Naciones Unidas en la década de 1990, se llevaron a cabo investigaciones para mitigar la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de tierra, según Blondet et al. (2011), ante esto recalca que la tierra posee excelentes propiedades térmicas y acústicas; y que es necesario emplear técnicas constructivas con las cuales las edificaciones sean más resistentes y menos vulnerables. Puesto que, viviendas de tierra se realizan informalmente, sin asesoría técnica. Según sus estudios realizados, se ha llegado a gran parte del Perú llevando capacitaciones para construir de una manera más responsable y concientizada.

Realidad problemática

En los de países de América latina y el Caribe, la población sufre tanto de una escasez de viviendas como de problemas de déficit habitacional; así mismo, un tercio de las familias de países como Nicaragua, Bolivia, Perú y Guatemala habitan en viviendas deficientes, las cuales no cubren con la demanda de vivienda formal, especialmente para la población que se encuentra en zonas rurales y de bajos ingresos (Banco Internacional de Desarrollo - BID, 2012). El déficit habitacional en zonas rurales es bastante evidente; en el Perú el 72.00% de las viviendas son construcciones que se encuentran propensas a colapsos durante algún evento natural como por ejemplo un sismo, causando de esta manera pérdidas de vidas y mayores daños; perjudicando así a una población que se encuentra generalmente en un nivel de pobreza y pobreza extrema.



Figura 1: Porcentaje de viviendas de mala calidad en América Latina y el Caribe.

Fuente: Recopilado del Banco Internacional de Desarrollo “Estudio del BID: América Latina y el Caribe encaran creciente déficit de vivienda” (2012).

Los Censos Nacionales del 2017, revelaron a nivel nacional, que el segundo material más utilizado es el adobe o tapial, con dos millones ciento cuarenta y ocho mil cuatrocientos noventa y cuatro viviendas, que representa el (27.90%) del total de viviendas. Así mismo, a nivel departamental Cajamarca es el tercero en la lista que cuenta con mayor número de viviendas elaborado a base de adobe o tapial con doscientos sesenta y cuatro mil trescientos diez viviendas representando el (70,30%) del total de viviendas del departamento (INEI, 2017). Según los datos estadísticos las prácticas constructivas que se realizan en las zonas rurales de Cajamarca, la gran mayoría se enfoca en el uso de materiales como el adobe; es así como nace el interés de buscar mejoras ante los problemas que acechan en las viviendas de esta índole.

Según (Blondet et al., 2011) señala que “la construcción tradicional de viviendas de tierra se realiza informalmente, sin asesoría técnica, la calidad de estas construcciones es generalmente muy baja” (p. 41), es así como en zonas sísmicas donde se construye con este tipo de material, las edificaciones colapsan cada vez que ocurre un terremoto, causando pérdidas de vidas y económicas.

Así mismo, Blondet, et al. (2003, como se citó en Chacón, et al. 2021) afirma que frente a movimientos telúricos:

Las edificaciones de este tipo sufren daños estructurales severos, que llegan incluso al colapso, causando con ello, pérdidas cuantiosas en términos de vidas humanas y patrimoniales. En el caso de un evento sísmico, el comportamiento de este tipo de estructuras es deficiente debido al excesivo peso de los muros que conforman el sistema estructural resistente y su limitada capacidad de disipar energía (p. 44).

Las viviendas de adobe existentes en gran parte de las zonas rurales aledañas a la ciudad de Cajamarca no representan ese espacio en el cual el poblador se encuentre seguro y en confort con la habitabilidad en ella, generando un grave problema. Las poblaciones en condiciones de pobreza y extrema pobreza de los centros poblados rurales son los más afectados, cuyas viviendas presentan precariedad en su estructura, ausencia de procedimientos constructivos adecuados y ausencia de acondicionamiento confortable considerando los tipos de materiales utilizados (Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012). La población rural de nuestro país presenta una precariedad en su gran mayoría, debido a factores que son tanto por desconocimiento del ciudadano o por la falta de asesoramiento en las técnicas de construcción.

El déficit habitacional en las zonas rurales de la región Cajamarca es significativo puesto que, en gran parte de las viviendas predomina las prácticas constructivas mal enfocadas haciendo uso de materiales como el adobe. En consecuencia, según los censos realizados en transcurso de los años la población rural es la más vulnerable en el tema construcción, dentro de este grupo se encuentra la población del distrito de Utco, perteneciente a la provincia de Celendín, con una representación de 84.50% de déficit habitacional, puesto que la gran mayoría de la población para la elaboración de una vivienda se basa en prácticas ancestrales o conocimientos previos adquiridos en lo largo de su vida; con ello llevando a un riesgo estructural en dichas viviendas (INEI, 2017). La gran mayoría de prácticas constructivas que se realizan en la zona se enfoca en el uso de materiales de la zona; sin embargo, el proceso constructivo no es enfocado teniendo en cuenta lineamientos sismorresistentes.

Justificación

Así mismo, podemos afirmar que este trabajo de investigación se justifica en distintos aspectos:

En el aspecto teórico, la presente investigación se justificó porque se busca la relación existente que puede haber entre una vivienda de adobe sin refuerzo y con refuerzo; Blondet et al. (2015) afirma que “durante los terremotos las edificaciones de adobe son las más afectadas, donde las consecuencias son graves, una manera efectiva de evitar estos daños en viviendas es confinar las paredes de adobe con materiales compatibles con la tierra y así mejorar su comportamiento sismorresistente” (p. 1). De esta manera es imprescindible buscar alternativas que aportan conocimientos y antecedentes para futuras investigaciones y que sobre todo sirva para una mejora de la calidad de vida de la población involucrada, de tal manera que la propuesta sea una alternativa de intervención sísmica a través de construcción de viviendas reforzadas.

En el aspecto metodológico, la investigación contribuye con instrumentos de recolección de datos los cuales fueron obtenidos mediante un proceso selectivo de estudios aprobados por el MVCS realizados en el lugar. Esto servirá de ayuda y guía para otras investigaciones que tengan una problemática similar sobre todo en zonas rural donde existe un gran déficit habitacional.

En el aspecto práctico, se desarrolla la comparación de la respuesta estructural de una edificación considerando el uso de adobe reforzado con geomalla o Malla electrosoldada, y que esta brinde la seguridad sismorresistente necesaria, la optimización del uso de los recursos naturales y que dicha propuesta cumpla con el comportamiento estructural que obtendremos de los resultados de esta investigación (Osma G. & Ordoñez G, 2010).

Finalmente, en el aspecto ambiental esta investigación se justifica porque el material a usar en este tipo de edificación se encuentra en la misma naturaleza lo cual lo convierte en una construcción amigable con el medio ambiente porque no está emitiendo ningún tipo de sustancias o peligros hacia el ambiente. Así mismo, el adobe puede llegar a ser el material del futuro ya que este puede hacer frente a los aumentos de temperatura debido al cambio climático que se está viviendo hoy en día. Por último, en lo social se busca mejorar al comportamiento sismorresistente de las edificaciones de adobe actuales y futuras; así como también, aportar al grupo de estudios que se vienen realizando, los cuales buscan y proponen una metodología enfocada en el tema sismorresistente de este tipo de edificaciones, y con esto a la vez serán de gran aporte para generaciones futuras que busquen realizar este tipo de investigaciones referentes a las construcciones con materiales propios de la naturaleza.

Limitaciones

Dentro de las limitaciones que se presentaron en la investigación, se pudo corroborar que no hay estudios semejantes realizados en la zona de estudio. Sin embargo, hay investigación que se han realizado en zonas rurales de diferentes regiones del Perú, es así como se está considerando como base referencial dichos estudios y plasmar una solución ante la problemática mediante dicha estructura de los antecedentes, teniendo el respaldo de la normatividad para realizar el diseño de la estructura propuesta.

Así mismo, para realizar el análisis de la estructura se está proponiendo un diseño que busca ser objeto de evaluación y verificación de su comportamiento estructural; el cual no es muy recomendable en suelos tipo S3, pero la investigación está considerando un análisis para verificar el comportamiento de la estructura frente a aceleraciones sísmicas con ayuda de los parámetros establecidos según la normativa vigente.

Antecedentes

Se pudo revisar entre tesis y artículos, tanto internacionales y nacionales los cuales fueron consultados y sirvieron como base para este capítulo de la investigación preliminar.

- ***Antecedentes internacionales***

Chacón, J., Suquillo, B., Sosa, D., & Celi, C. (2021) en su estudio de investigación sobre "*Evaluación y Reforzamiento de una Estructura Patrimonial de Adobe con Irregularidad en Planta*" publicado en la Revista Politécnica, vol. 47, núm. 1; en donde realizan técnicas de reforzamiento con malla electrosoldada en el sistema de muros portantes de la estructura de adobe del edificio del antiguo Colegio Simón Bolívar, ubicada en el casco colonial de Quito. Luego de analizarlos en el programa SAP 2000 v.15. se llegó a la conclusión, que con este tipo de reforzamiento tiene un control total de esfuerzos y desplazamientos puesto que el muro de adobe queda embebido entre capas de malla electrosoldada y cubierta por ambos lados con una capa ya sea de concreto o de tierra.

Escamirosa L., Arroyo R., Ocampo M. & Peralta H. (2019) señalan en su estudio realizado de "*Mejoramiento estructural de la vivienda tradicional de adobe de Chiapa de Corzo, Chiapas*" publicado en la Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas, dicho estudio consistió en reducir la vulnerabilidad sísmica en dos viviendas tradicionales de adobe, reforzando los muros a base de mortero combinados con malla electrosoldada, con el fin de ofrecer mayor seguridad a las familias especialmente las de bajos ingresos. En donde obtuvieron como resultado, que emplear la malla como refuerzo en los muros de adobe y según datos de los ensayos realizados los valores de periodos de vibración se redujeron en un aproximado de 13%, y que los desplazamientos laterales disminuyeron en un 45% mitigando de esta manera la vulnerabilidad sísmica.

Así mismo, Reyes J, Smith J., Yamin L., Galvis F., Ángel C., Sandoval J., Gonzalez C. (2019), llevaron a cabo un estudio Seismic experimental assessment of steel and synthetic meshes for retrofitting heritage earthen structures; en el cual se basó en evaluar las mallas de acero y sintéticas para la rehabilitación en estructuras de tierra usando estos dos materiales como refuerzos en los muros; se trabajó con muros de adobe con dimensiones de 2.50 m de largo y 1.80 m de alto y 0.40 m de espesor los cuales fueron sujetos a carga lateral cíclica y tres niveles de carga axial, se encontró que las mallas correctamente instaladas pueden ser muy efectivas para mejorar la resistencia al corte en el plano y la capacidad fuera del plano de muros al prevenir las diferentes fallas y brindar confinamiento sobre todo después de la fisuración; sin embargo, por lo general este tipo de mallas presentaron poca capacidad en las esquinas interiores debido a la dificultad para ser instaladas, recomendando que en investigaciones futuras se incluyan detalles para mejorar las conexiones.

Ruiz D., Silva M., Cerón L., López C. (2017) en su artículo de investigación publicado en la Revista de Ingeniería de Construcción - RIC Colombia, sobre la "*Seismic performance of rammed earth town halls reinforced with confinement wooden elements*" en el cual se evaluó un método de rehabilitación de casas de tapia pisada mediante maderas de confinamiento, realizando pruebas en la mesa vibratoria sobre un modelo a escala 1:20 una sin refuerzo y la otra empleando dichos refuerzos y es empleado en edificaciones de adobe. Finalmente, se obtuvo como resultado que las maderas de confinamiento disminuyen el agrietamiento y fisuración de los muros, es así como el modelo reforzado tuvo 69% menos desplazamientos sísmicos que la estructura sin refuerzo.

En su estudio Saldivar M., Garino L., Navarta G. & Albarracin O. (2016), titulado "*Reforzamiento de viviendas de adobe en zonas sísmicas*", el trabajo de investigación tuvo como objetivo mejorar el comportamiento sísmico de este tipo de viviendas, analizando así diferentes técnicas de refuerzo, se eligió refuerzos metálicos formados por varillas de acero ADN42/50 de 4,2 mm de diámetro, separadas por una distancia de 200mm. Llegando así a la conclusión, en el modelo sin reforzar a las 0.30g no se observó daños, mientras que se aumentó la aceleración hasta 0.40g se abrieron grietas diagonales formando bloques sueltos, los mayores daños se observaron luego de producirse la fractura del muro ciego, posterior al de la ventana. El modelo reforzado tuvo un mejor comportamiento ante las aceleraciones, no presentando grietas tan pronunciadas en un inicio. En conclusión, el último ensayo tubo mejores resultados aumentando la rigidez, evitando el colapso.

Torres A. (2015) en sus tesis "*Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres*" presentada en la Universidad Central del Ecuador, en donde realiza un análisis de las construcciones de adobe y como mejorar la incidencia en la reducción de desastres frente a movimientos sísmicos; es así que evalúa un diseño con adobe sismorresistente, que mediante esto pueda ser empleado en casos prácticos que sean de utilidad y sobre todo sean llevados a la práctica y así poder prevenir muchos desastres e incluso velar por la integridad de las familias que habitan este tipo de vivienda. De esta manera la investigación concluyó que la técnica más apropiada es reforzar los muros con mallas electrosoldadas instaladas en formas de franjas que simulan vigas y columnas.

- *Antecedentes nacionales*

Según tesis de titulación elaborada por Romero J. & Julca R. (2020) "Análisis dinámico no lineal de un modelo de vivienda de adobe reforzado con sogas", cuyo objetivo fue estimar los desplazamientos y fuerzas en los muros de adobe empleando como refuerzo sogas mediante un modelo computacional y ensayos en laboratorio. Concluyendo que, según la comparación de las respuestas del desplazamiento del modelo computacional y el ensayo, se obtuvo un error de 21% y 19% respectivamente, considerando que ambos desplazamientos se produjeron en 8.6 segundos coincidiendo con el valor de la aceleración máxima. Así mismo, las repuesta son similares entre los seis y doce segundos; por ende, oscila en un rango de similar frecuencia. Indicando que el reforzamiento es más eficiente para muros de tierra bajo cargas axiales bajas, previniendo el agrietamiento en un nivel escalonado, evitando el colapso de la vivienda en un primer nivel dando posibilidades de que las personas que habitan dicha vivienda puedan evacuar antes de un colapso de la vivienda.

Así mismo, Yallico R. (2020) desarrollo su tesis titulada "*Evaluación de malla de cuerdas sintéticas como sistema de refuerzo para viviendas de adobe de dos pisos en el Perú mediante ensayos de simulación sísmica*" en donde se realizó ensayos de simulación sísmica de cuatro modelos a escala 1:2, dos de estos sin refuerzo y dos con refuerzo, presentando mejor respuesta sísmica los dos ejemplares reforzados. Concluyendo que las edificaciones reforzadas mejoran el desempeño de desplazamiento de la estructura, energía disipada, degradación de rigidez, así como también el amortiguamiento y lo más resaltante evita el colapso de la estructura, y sobre todo al realizar este tipo de construcción salvaguarda la vida de los habitantes; siendo una buena práctica constructiva elaborar edificaciones de adobe considerando el refuerzo con mallas de cuerdas sintéticas.

Por otra parte, Valle A. (2019) en su tesis titulada "*Evaluación experimental del comportamiento de muros de adobe reforzados con cuerdas sometidos a carga lateral cíclica*" la cual se basó en evaluar viviendas de adobe de dos pisos, se realizó dos evaluaciones una sin refuerzo y la otra reforzada con malla de cuerdas, basado en términos de la degradación de rigidez lateral, así como también el factor de amortiguamiento, la ductilidad y la energía disipada. Obteniendo como resultado los estados límites de daños en los muros, la calidad de albañilería y de refuerzo mediante las características mecánicas tanto de las cuerdas como del adobe empleado; concluyendo que los valores de resistencia obtenidos fueron incluso superiores a los mínimos establecidos en la Norma E.080-2017 Construcción con tierra reforzada.

Otros estudios como el de Romero J. (2019) de la Pontificia Universidad Católica del Perú – Escuela de Posgrado, en su tesis sobre "*Análisis sísmico utilizando bloques rígidos de modelos de vivienda de adobe de 2 pisos*" consistió en estimar los desplazamientos y fuerzas en las sogas utilizados como refuerzo en vivienda de dos pisos de adobe, mediante modelos computacionales usando el programa SAP2000 versión 19 (CSI, 2018). Los datos con los que se trabajó fueron tomados de estudios realizados anteriormente en los laboratorios de la PUCP, de esta manera se concluye que la fase con la que obtuvo menor daño fue con una amplitud de 15 mm; mientras que con una amplitud de 60 mm se obtuvo el máximo daño en la edificación.

En su tesis de titulación de Torres C. (2018), "*Evaluación del comportamiento sísmico de muros de suelo reforzado con geomallas por métodos numéricos*" cuyo objetivo fue aplicar la metodología de análisis dinámico a comportamiento de la estructura con muros de adobe reforzados con geo sintéticos y así analizar la distribución de deformaciones

permanentes horizontales y verticales. Los resultados muestran que las deformaciones permanentes en los muros pueden tener valores hasta 3% de altura de muro, y las deformaciones verticales en la superficie hasta 3% de la altura de los muros, a pesar de ello el muro no pierde del todo su función de servicio. Finalmente, el nivel de deformaciones relativamente menores para una estructura de adobe por efecto de la inclusión de elementos de refuerzo es mínima ya que existe estabilidad.

Por consiguiente, Serrano M. (2016) es su trabajo de investigación titulado "*Herramientas para la capacitación en reforzamiento con malla de cuerdas de viviendas de adobe autoconstruidas en áreas sísmicas*" tuvo como objetivo presentar un diseño y la aplicación de las herramientas tecnológicas empleadas en la construcción sismorresistente con adobe, reforzando los muros con malla de cuerdas de nylon; la aplicación se planteó en una zona sísmica donde la gran parte de la población reside en casas hechas de adobe y a la vez se encuentra en un nivel de pobreza y pobreza extrema en el distrito de Pullo (Ayacucho). Finalmente, se logró demostrar en la mesa vibratoria portátil, el comportamiento estructural de una construcción de adobe reforzada, permitiendo controlar y uniformizar los desplazamientos, mantener la integridad de la construcción y sobre todo evitar el colapso frente a un sismo.

De esta manera, Blondet M., Vargas J., Tarque N., Soto J., Sosa C., Sarmiento J. (2015) en su artículo de investigación titulado "*Refuerzo sísmico de mallas de sogas sintéticas para construcciones de adobe*" realizaron la evaluación de una vivienda con refuerzo sísmico utilizando mallas externas de drizas (sogas sintéticas), que son accesibles en la zona rural del territorio peruano; el análisis se inició en el prototipo de vivienda sin refuerzo analizada en la máquina vibratoria de la PUCP, en donde los muros llegaron a

agrietarse e incluso hubo bloques que se desplomaron; posterior a esto la vivienda fue reparada con barro tamizado y reforzada con malla externa de cuerdas en cada una de las caras de los muros. En dicho trabajo se llega a la conclusión, que la técnica combinada de reforzamiento mantiene la integridad estructural, evitando la degradación excesiva, sobre todo el colapso de los muros de adobe y con ello mitiga la vulnerabilidad sísmica.

Según Solís M., Torrealva D., Santillán P., & Montoya G. (2015) en su estudio "*Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe*" publicado en la revista Informes de la Construcción, dicha investigación se basó en dar refuerzo a los muros de adobe con geomalla considerando técnicas de refuerzo eficaces desde un punto socioeconómico y tecnológico. Se hizo uso del sensor de desplazamientos en cada cara de pila de adobe en total se ensayó 4 pilas, obteniendo el resultado del promedio de estas; es así como, estas tienen una tensión de compresión máxima de 1,1 MPa cuando llega a una deformación de compresión del 0.4%. Finalmente, la geomalla mejora el comportamiento de la mampostería de adobe en términos de ductilidad y resistencia, mejorando de esta manera su comportamiento ante un movimiento sísmico.

En la tesis de Arce R. & Rodríguez V. (2014) titulada "*Propuesta del empleo del adobe reforzado con geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el pueblo joven de Yanama-Ayacucho*" basada en aplicar geomalla en los muros de la vivienda propuesta para luego ser analizada mediante el programa SAP 2000 v14. Se obtuvo como resultado que los desplazamientos laterales máximos de la estructura modelan en dirección X fue de .000201m y en dirección Y de 0.000000051m considerado como óptimo los análisis sismorresistentes, debido a que frente a una fuerza sísmica horizontal los desplazamientos laterales de los muros sean reducidos y tengan un efecto mínimo.

Definiciones conceptuales

Vulnerabilidad sísmica: Medida que permite clasificar a las estructuras de acuerdo con sus características y calidad estructural, considerando rango nada y muy vulnerables ante la acción de un sismo (Maldonado E., & Chio G., 2009).

Déficit habitacional: Definido como la carencia del conjunto de requerimientos que tiene la población para contar con una vivienda digna. Estos requerimientos pueden ser la estructura material o espacial adecuada, así como también viviendas que no tengan acceso a los servicios básicos, definiéndose así los dos componentes más importantes del déficit habitacional: el componente cuantitativo y el componente cualitativo (INEI, 2017).

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

Adobe Estabilizado: Adobe en el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad. Norma Técnica E.080 (MVCS, 2017).

Arcilla: Único material activo e indispensable del suelo. En contacto con el agua permite su amasado, se comporta plásticamente y puede cohesionar el resto de las partículas inertes del suelo formando el barro, que al secarse adquiere una resistencia seca que lo convierte en material constructivo. Tiene partículas menores a dos micras (0.002 mm). Norma Técnica E.080 (MVCS, 2017).

Aditivos naturales: Materiales naturales como la paja y la arena gruesa, que controlan las fisuras que se producen durante el proceso de secado rápido. Norma Técnica E.080 (MVCS, 2017).

Mortero: Material de unión de los adobes en una albañilería. Debe ser de barro mezclado con paja o con arena gruesa y eventualmente con otras sustancias naturales espesas para controlar las fisuras del proceso de secado (cal, mucílago de cactus, y otros comprobados). Norma Técnica E.080 (MVCS, 2017).

Vivienda Rural: Es un lugar central de la existencia humana, donde la relación trabajo producción - vida familiar está en clara interacción con el entorno, no sólo comprende la unidad de habitación, también el espacio de producción; la diseñan, construyen y modifican sus moradores con técnicas tradicionales, auto producción de materiales y componentes básicos (Ccorisapra A. & Mora J., 2019).

Calidad de Vida: Las condiciones óptimas requeridas que rigen según Luengo en 1998, el comportamiento del espacio habitable en términos de confort que generalmente son lo ecológico, biológico, económico productivo, sociocultural, tipológico, tecnológico y estético en sus dimensiones espaciales. Es por extensión, producto de la interacción de estas variables para la conformación de un hábitat saludable, confortable, capaz de satisfacer los requerimientos básicos de sustentabilidad de la vida humana individual y en interacción social dentro del medio (Barranco C., Delgado M., Melin C., & Quintana R., 2010).

Refuerzos: Según el Reglamento Nacional de Edificaciones son elementos constituidos por materiales con alta capacidad de tracción, que sirven para controlar los desplazamientos de muros en caso de fisuras estructurales. Además, estos deben ser compatibles con el material tierra; es decir, flexibles y de baja dureza para no dañarlo durante las vibraciones que produce los sismos (RNE. Norma E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada, 2022).

Geomalla: Es un tipo de polietileno uniaxial, en la edificación se considera como material polimérico de alta densidad, su presentación es en rollos de hasta 100 metros de largo por 3 metros de ancho. Actúa como medio de confinamiento de la mampostería, es usado también como reforzamiento de estructuras (Solís M., Torrealva D., Santillán P., & Montoya G., 2015, p. 02).

Malla electrosoldada: Fabricada mediante alambre liso o corrugado, es empleado como refuerzo de losas, plateas, tabiques, vigas, columnas, muros entre otras aplicaciones (Escamiroso L., Arroyo R., Ocampo M. & Peralta H., 2019, p.08).

Sismo: Vibraciones que son producto del movimiento de las capas internas corteza y manto; además, existen sismos fuertes (igual o mayor a la intensidad VII de la escala de Mercalli Modificada), leves (igual o menor a la intensidad III de la escala de Mercalli Modificada) y moderados (entre las intensidades IV y VI de la escala de Mercalli Modificada) (RNE. Norma E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada, 2022).

Diseño sismorresistente: La estructura sin importar el tipo de material no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, dichas estructuras deberían soportar movimientos del suelo calificados como moderados, pudiendo presentar daños reparables dentro de los límites aceptables. Es decir, el diseño sismorresistente consiste en: evitar pérdida de vidas humanas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar daños a la propiedad (RNE, Norma E.030 "Diseño Sismorresistente", 2022).

Respuesta estructural: Se define como una respuesta que se presenta como resultado ante la cantidad de desplazamiento, velocidad, aceleración de la masa; así como también, fuerza interna o dicho también como esfuerzo interno en la estructura (Chopra, 2014).

Bases teóricas

a) Construcción

El Reglamento Nacional de edificaciones denomina que es comprende las obras de edificación nueva, ampliación, reconstrucción, refacción, remodelación, acondicionamiento y puesta en valor, así como las obras de ingeniería (RNE, 2022).

b) Vivienda

Según el (RNE – Norma A.020, 2022), menciona que: las viviendas establecen como uso principal la residencia de las familias satisfaciendo sus necesidades habitacionales y funcionales de manera adecuada. Además, toda vivienda debe contar con espacios para las funciones de aseo personal, descanso, alimentación y recreación; es decir, debe contar con una distribución adecuada para que los habitantes puedan sentir el confort y la seguridad respectiva al momento de hacer uso de esta.

c) Vivienda Rural

- **Entornos Físicos:** “Conocido como medio rural; entorno natural, del ambiente por las características geográficas, climatológicas, hidrológicas y bióticas, constituye un hábitat para la vivienda y las personas. (Portugal R., 2015).
- **Entorno Social:** Se refiere a las características sociales que posee el lugar en el que se está desarrollando la vivienda; así como también a las actividades que se realizan dentro de ella y la relación con otros grupos sociales (Portugal R., 2015).
- **Entorno Espacial:** Involucra una serie de dimensiones y amplios aspectos, que también son parte de la vivienda, por la relación tan estrecha que existe entre la vivienda y el espacio que esta conforma o representa (Portugal R., 2015).

d) Construcciones con adobe

Actualmente, las pérdidas de vida, lesiones y diversos daños a la propiedad se produce producto de la carga dinámica externa, movimientos telúricos como son los terremotos; los cuales son principales devastadores tanto en Asia, Medio Oriente, África y América Latina, en donde los más afectados son las comunidades más pobres. Así mismo, se puede ubicar que en gran parte del mundo aún existen y se siguen realizando construcciones con adobe. En la *figura 4* se muestra los lugares donde existen construcciones de adobe y en la *Figura 5* las zonas con mayor actividad sísmica; la coincidencia es que en las zonas más sísmica existe gran parte de estas construcciones conllevando a un gran problema por afrontar y buscar soluciones.



Figura 2: Distribución mundial de las construcciones de adobe.
Fuente: De Sensi, 2003.



Figura 3: Zonas de mayor riesgo sísmico moderado y alto.
Fuente: De Sensi, 2003.

Las construcciones de adobe son más propensas a sufrir daños debido a los sismos, puesto que estas son de baja resistencia y fragilidad; teniendo en cuenta las zonas rurales dichas construcciones son construidas sin ningún tipo de refuerzo conllevando a colapsos (Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N., & Iwaki, C., 2011).

e) Construcción en el Perú

Según el censo del 2017 realizado por el INEI, se recogió información sobre los materiales predominantes en la construcción de las viviendas como en las paredes exteriores, piso y techos. Según datos obtenidos del INEI, presentan un mapa en el cual se verifica los departamentos que cuentan con mayor % de construcciones con adobe y tapial, encontrándose Cajamarca como el tercero de la lista (INEI, 2017).

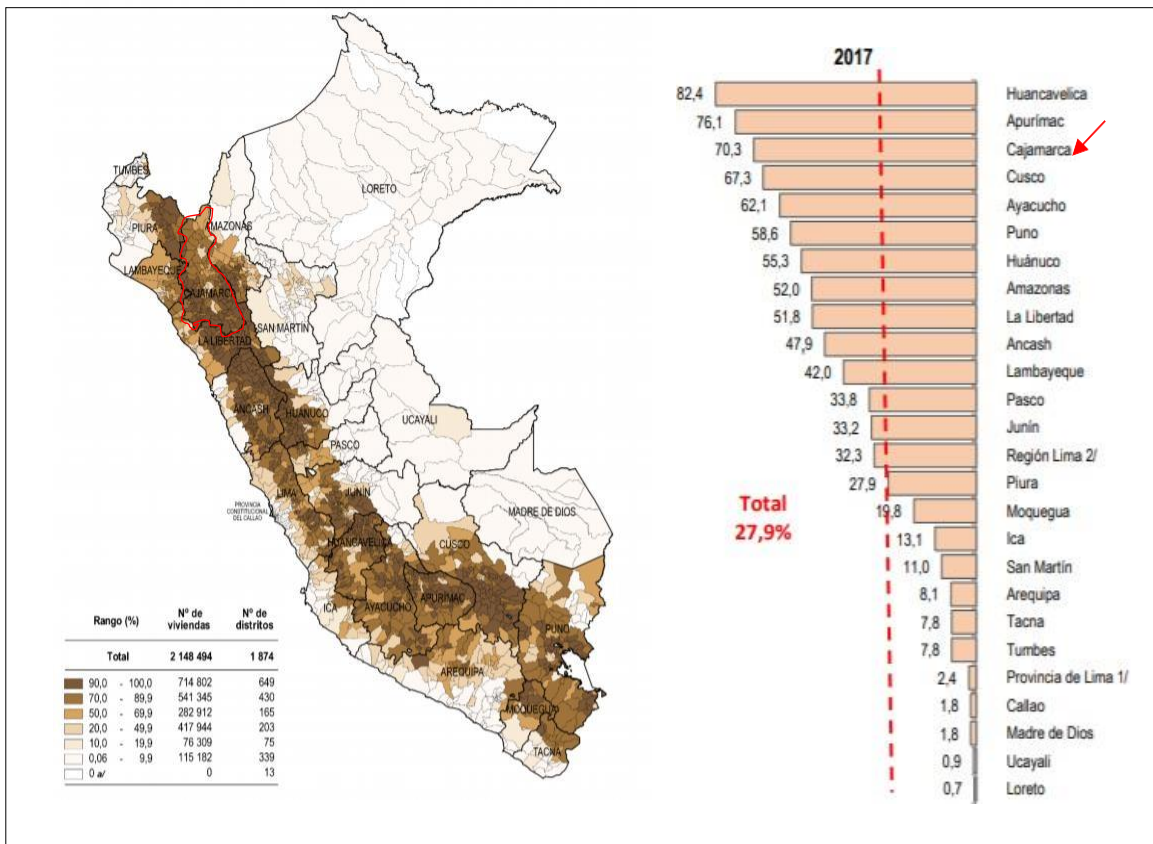


Figura 4: Viviendas particulares con adobe y tapia como material predominante 2017.

Fuente: Adaptado de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática Censo Nacional 2017. XII de población y Vivienda.

Materiales predominantes en paredes exteriores: En área rural el material que mayor predomina en las paredes exteriores de las viviendas son adobe o tapia con un 69.5%, seguido la madera con un 14.0% y el ladrillo o bloque de cemento con un 8.0% y otro tipo de material como triplay, calamina o esteras (INEI, 2017). Así mismo, si nos enfocamos en los departamentos en especial en Cajamarca porque es uno de los que conforman la lista de los departamentos con mayor población rural que urbana; se sabe que el porcentaje de viviendas construidas a base de adobe y tapia es de 70.3%, esto significa que el déficit habitacional es bastante significativo.

Material predominante en los pisos: En el área rural, el material predominante en los pisos de las viviendas es la tierra, que representa el 79,0% y significa en términos absolutos 1 millón 433 mil 29 viviendas; el 15,4% de las viviendas tiene cemento y el 5,1% madera. Según departamento Cajamarca, la vivienda con piso de tierra abarca el 65.0%. Esto significa, que la población está frente a muchos riesgos principalmente de salud, ya que al no contar con un suelo apto y en confort a la vida de la persona están expuestos a contraer enfermedades respiratorias, entre otras (INEI, 2017).

Material predominante en los techos: En las zonas rurales, el material predominante en los techos de las viviendas son las planchas de calamina, madera, teja, entre otros; representando el 61.2% estos tipos de techo a nivel nacional. Así mismo, en el departamento Cajamarca en un 81.70% de viviendas predomina en los techos la calamina (INEI-Censo 2017). Se puede corroborar que el uso de este tipo de material en techos es más usado debido a los costos que es accesible para las familias de bajos recursos, que generalmente representa gran parte de la población rural del Perú.

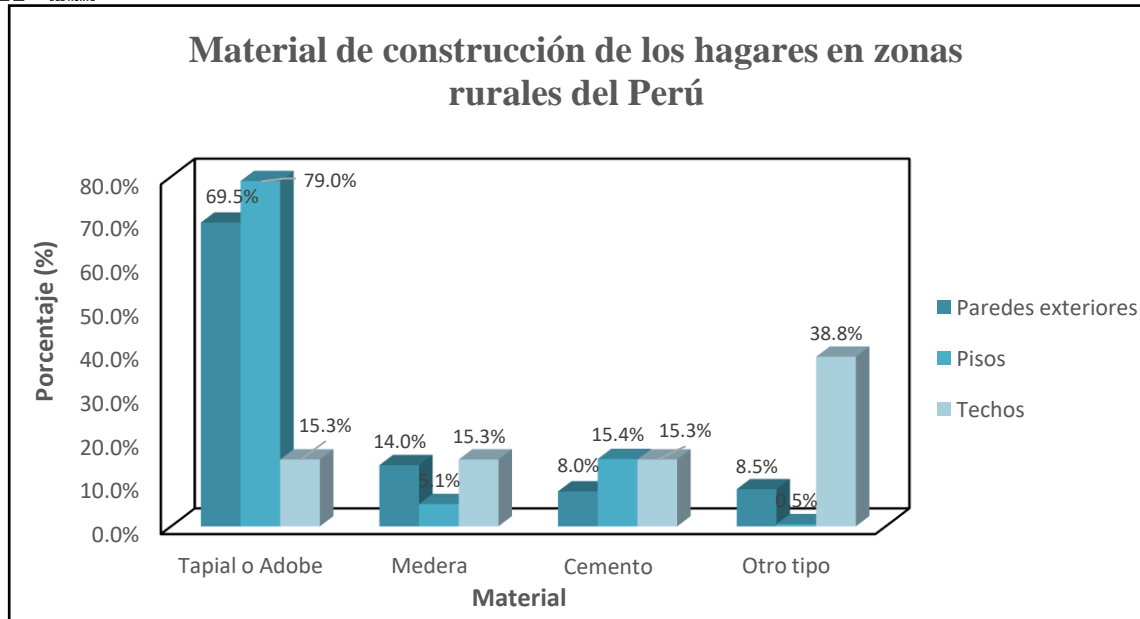


Figura 5: Porcentaje de material empleados en la construcción de viviendas Perú.
Fuente: Adaptado de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Así mismo, según información recopilada de la base de datos de la municipalidad de Utco-2019, Celendín, Cajamarca; en un estudio realizado por el personal técnico se demostró los siguientes resultados evaluados y analizados en base a la información recopilada en campo, se puede apreciar que el gran porcentaje de viviendas en el distrito tiene como material predominante el Tapial y adobe con un 70.0% y 20.0% respectivamente. Por ende, la población en los últimos tiempos sigue empleando las practica constructivas de este tipo (MDU, 2019).

Tabla 1: Material Predominante de la Vivienda en el Distrito de Utco - 2019

CATEGORÍAS	CASOS	%
Adobe	129	20.00 %
Tapial	450	70.00 %
Albañilería	39	6.00 %
Madera	26	4.00 %
Otros (Piedra y barro)	0	0.00 %
TOTAL	644	100.00 %

Fuentes: Adaptado de base de datos de la (MDU, Ecp. Tec. N° 2449296, 2019).

f) Vulnerabilidad sísmica en edificaciones de adobe

Las viviendas de adobe son particularmente más vulnerables debido a su naturaleza intrínsecamente frágil, debido a la pobre calidad de la construcción y el limitado concepto de diseño y construcción; así mismo, se tiene conocimiento de que dicha vulnerabilidad se presenta en países en desarrollo, estos mismo son recordatorio de vulnerabilidad de los productos de bajo costo y sin ingeniería (Dowling, D., Samali, B., & Li, J., 2005).

Con el pasar de los años según estudios enfocados en tipo de edificaciones, nos muestran dos deficiencias, una de ellas la capacidad a flexión de muros sin carga vertical es nula y la segunda la falta de diagrama rígido y una adecuada conexión de este con los muros, esto permitiría que las fuerzas horizontales sean absorbidas por elementos más rígidos en cada tramo de estructuras. Por ende, este tipo de construcción presentan características constructivas que constituyen a aumentar su vulnerabilidad sísmica debido a la edad de las edificaciones a el deterioro de los materiales con llevando a una disminución de su capacidad de soportar un terremoto. así mismo las principales mecanismos y fallas de colapso se describen a continuación (Yamin, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D., 2007).

Falla por flexión perpendicular al plano del muro: Se identifican tres casos, tal cual se muestra en a *Figura 6*.

- I. Agrietamiento horizontal en la base o a una altura intermedia y agrietamientos verticales adicionales, se presenta generalmente en muros largos.
- II. Agrietamiento vertical en la zona central, agrietamiento diagonal que constituye el mecanismo de falla y fisuración en la parte superior.

III. Esquinas no confinadas de muros sueltos, o en esquinas no conectadas adecuadamente con los muros transversales.

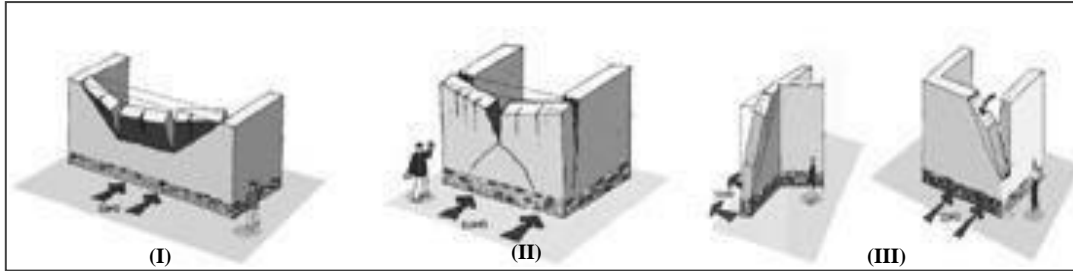


Figura 6: Fallas por flexión perpendicular al plano del muro.
Fuente: Adaptado de, Yamin, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D., 2007.

Falla por cortante en el plano del muro: Esta falla se asocia a altos empujes horizontales, mayormente se da en casos de entresijos o cubiertas muy pesadas y se incrementa con las aberturas de las puertas y ventanas en los muros.

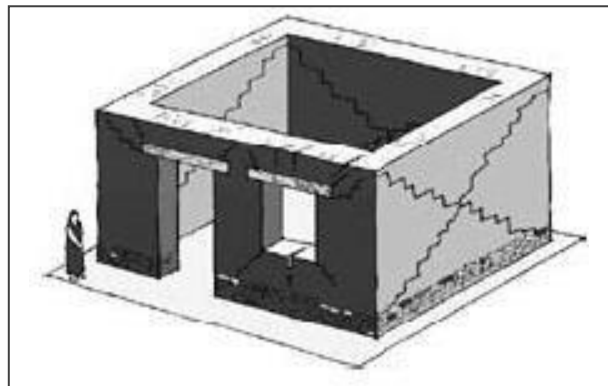


Figura 7: Falla por cortante en el muro.
Fuente: Adaptado de, Yamin, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D., 2007.

Falla generalizada de la cubierta: Se da por ausencia de un apoyo adecuado o por mala estructuración, frecuente en edificación con cubierta muy pesada.

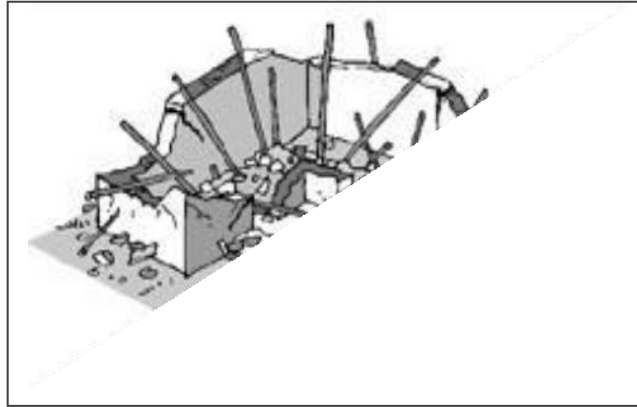


Figura 8: Falla generalizada de la cubierta.

Fuente: Adaptado de, Yamin, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D., 2007.

Falla por mala conexión de muros: Se produce cuando el entrepiso rompe los muros principales en forma casi horizontal generando de esta manera la inestabilidad de la segunda planta.

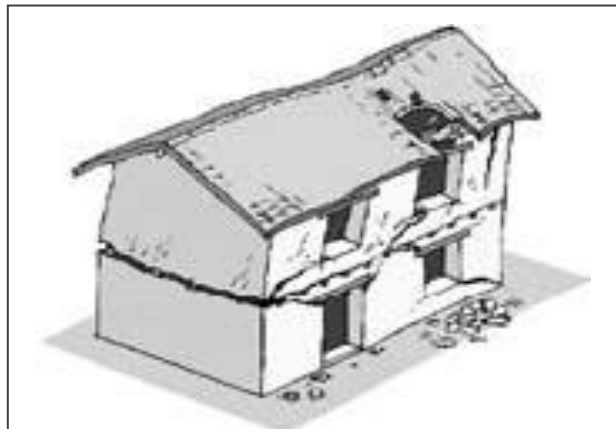


Figura 9: Falla por mala conexión de muros.

Fuente: Adaptado de, Yamin, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D., 2007.

A través del pasar de los años y considerando los acontecimientos ocurridos productos de los sismos en los diferentes países donde se cuenta un con presencia de viviendas de adobe, se ha podido evidenciar la vulnerabilidad que estas presentan; es por ello que los estudios que se vienen realizando se enfocan en encontrar los diferentes factores por los cuales estos sucesos son tan pronunciados, llegando así a la conclusión de que generalmente las fallas más comunes son las antes mencionadas (Romero J. & Julca A., 2020).

Consideraciones básicas:

I. Para realizar construcciones de esta índole se debe tener en cuenta ciertas consideraciones, una de ellas es la ubicación de la edificación. Esta no debe ser construidas en zonas de alto riesgo de desastre, especialmente con peligros como: inundaciones, avalanchas, aluviones y huacos y no se debe construir en suelos con inestabilidad geológica. Además, estas edificaciones, deben reforzarse cimentarse sobre suelos firmes y mediante firmes acuerdos con la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones. Así mismo, el diseño estructural de las edificaciones de tierra reforzada debe estar basados en los siguientes criterios: resistencia, estabilidad y comportamiento sismorresistente (refuerzos compatibles) (RNE-Norma E.080).



Figura 10: Mapa de Riesgo de Sismo.
Fuente: Comisión multisectorial de reducción de riesgos en el desarrollo – CMRRD y Norma E.030.

II. Por otra parte, se debe considerar los siguientes criterios para este tipo de construcción según la (Norma E.080, 2022):

- Los muros deben tener arriostres horizontales (entrepisos y techos) así como arriostres verticales (contrafuerte o muros transversales).
- El espesor (e), densidad y altura libre de muros (H), la distancia entre arriostres verticales (L), el ancho de los vanos (a), así como los materiales y la técnica constructiva para la construcción de una edificación de tierra reforzada, deben ser aplicados de manera continua y homogénea.
- Tener una planta simétrica respecto a los ejes principales.
- Los vanos deben tener las proporciones y ubicación de acuerdo con lo indicado en la *Figura 11*.
- Tener como mínimo una viga collar en la parte superior de cada muro fijada entre sí, así como a los refuerzos, y contruados con un material compatible con la tierra reforzada (madera, caña u otros).

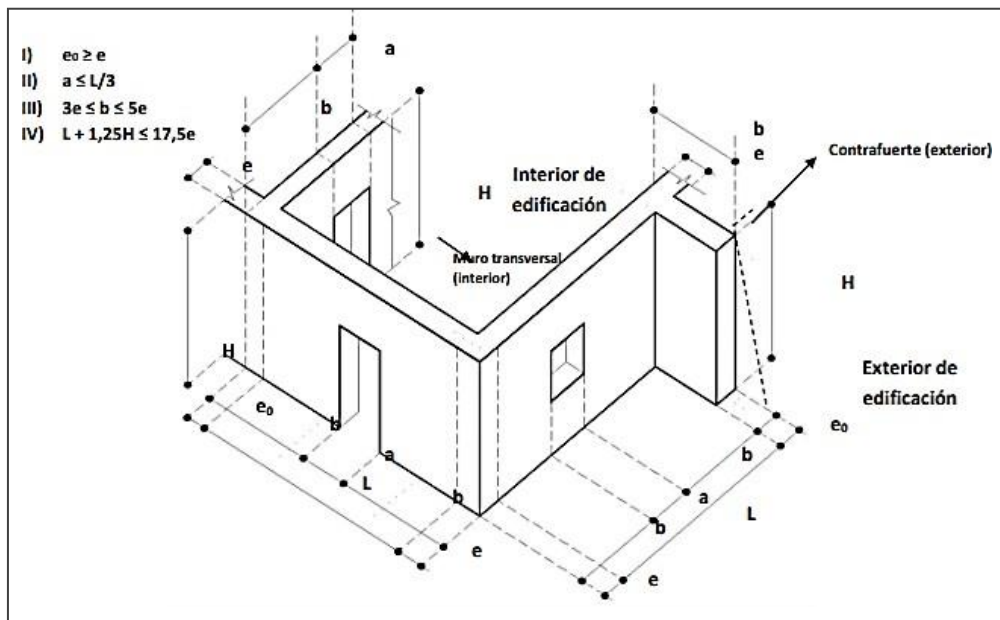


Figura 11: Límites geométricos de muros y vanos.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.080, 2022.

III. **Fuerzas sísmicas horizontales:** Estas se determinan mediante la siguiente expresión según la Norma E.080, 2022.

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

Ec. 1

Donde:

S = Factor de suelo según lo indicado en la Tabla 2.

U = Factor de uso según lo indicado en la Tabla 3.

C = Coeficiente sísmico según lo indicado en la Tabla 4.

P = Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50 % de la carga viva.

Tabla 2: *Factor de Suelo (S).*

Tipo	Descripción	Factor de Suelo (S)
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 0.3 MPa o 3.06 kg. f/cm ²	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 Mpa o 1. 02kg.f/cm ²	1,4

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.080, 2022.

Tabla 3: *Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación.*

Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
NT A.030 Hospedaje		
NT A.040 Educación		
NT A.050 Salud	1,4	15%
NT A.090 Servicios comunales		
NT A.100 Recreación y deportes		
NT A.110 Transporte y Comunicaciones		
NT A.060 Industria	1,2	12%
NT A.070 Comercio		
NT A.080 Oficinas		
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1,0	8%

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.080, 2022.

Tabla 4: *Coefficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada*

Zona Sísmica	Coefficiente Sísmico (C)
4	0,25
3	0,20
2	0,15
1	0,10

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.080, 2022.

IV. **Peso específico de la mampostería de adobe:** Cuando no se presenta elaboración de ensayos se recomienda trabajar con los datos que están plasmados en la norma E.080, debido a que estos datos son obtenidos mediante ensayos reales y se considera datos óptimos para ser considerados en cualquier tipo de investigación.

V. **Resistencia admisible a la compresión (Norma E.080):** La Resistencia se realiza conforme a indicado en la normativa, mediante los ensayos de muretes, en donde se aplica la siguiente formula:

$$f_{adm} = 0.40 f'm \quad \text{Ec. 2}$$

VI. **Esfuerzo Cortante último en muros sin refuerzo:** En este caso según la normativa (Norma E.080, 2022), indica que el coeficiente Poisson (ν), se relaciona principalmente con el módulo de elasticidad (E) y a la vez con el módulo de rigidez (G), usando la siguiente formula:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \rightarrow \nu = \frac{E}{2G} - 1 \quad \text{Ec. 3}$$

g) Técnicas de reforzamiento de muro de adobe

A la fecha se presenta diferentes estudios importantes los cuales hablan de las diferentes técnicas que pueden ser empleadas en las construcciones de adobe reforzado, el cual reduciría la vulnerabilidad de las edificaciones (Huamán E. y Neyra C., 2018): Algunas de estas técnicas son las siguientes:

- **Refuerzo con malla exterior natural en muros de adobe usando cañas y soguillas:** Este tipo de reforzamiento se realiza mediante el armado de una malla con caña ubicada verticalmente a 50 centímetros y sogas tipo cabuya de forma horizontal a 40 centímetros; es decir, trabajara a ambos lados como elemento vertical y la sogas como horizontales, estos estarán unidos mediante una soguilla de yute. Esto permitirá que la estructura incremente su resistencia a tracción ante cualquier tipo de sismo. Al igual que este tipo técnica similar trabajo tiene el reforzamiento con elementos de madera confinantes tal cual se muestra en la *Figura 8*.



Figura 12: Muro de adobe reforzado con malla natural.

Fuente: Recopilado del Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2008)



Figura 13: Muro de adobe reforzado con madera.
Fuente: Recopilado de AIS, 2010.

El trabajar con la propia tierra es una forma más convencional y respetando la naturaleza. Es por ello, que para este tipo de construcciones también se necesita refuerzos. Según la (RNE, Norma E.080, Diseño y construcción con tierra reforzada, 2022) señala que en el caso se utilice refuerzos de tipo vegetal, debe considerarse, según sea el caso, como mínimo lo siguiente:

- **Caña carrizo (hueca) o caña brava (sólida):** Completas, de 25 mm de diámetro aproximado como refuerzo vertical y chancadas tipo carrizo o guadua angustifolia (sin dañarlas) como refuerzo horizontal.
- **Madera en rollizos o aserrada:** Con diámetros igual o mayores a 25 mm como refuerzo vertical externo y sogas naturales (cabuya o sisal) de mínimo 6 mm de diámetro como refuerzo horizontal externo.
- **Ramas trenzadas de fibra vegetal:** En paquetes de diámetros de 25 mm como refuerzo vertical externo y ramas sueltas trenzadas o sogas como refuerzo horizontal externo, con diámetros mayores a 6 mm.
- **Sogas de cabuya, sisal o fibras naturales:** Trenzadas formando mallas ortogonales externas, cumpliendo lo especificado en el inciso i, numeral 6.10 del artículo 6 del Capítulo II).

Así mismo, se ha elegido dos técnicas de refuerzo en este trabajo de investigación; reforzamiento con malla electrosoldada y geomalla. Estas son técnicas que han sido empleadas en la realidad buscando mejoras en este tipo de edificaciones y sobre todo se han realizado con el fin de buscar nuevas soluciones ante la problemática que se suscita cada vez que hay un sismo de gran magnitud poniendo en riesgo la vida de los habitantes.

– **Reforzamiento con Mallas Electrosoldadas en Construcciones de Adobe.**

Si hablamos de mallas de acero nos referimos a los tejidos metálicos que son elaborados con la finalidad de ser usado como refuerzo en elementos estructurales en diferentes campos de la construcción debido a sus propiedades mecánicas que estas poseen (Ortiz X., 2021). Existen diferentes tipos de mallas las cuales según estudios son empleadas de manera positiva en diferentes áreas de la ingeniería; sin embargo, en esta investigación se trabajará con la malla electrosoldada.

Las mallas electrosoldadas están conformadas por alambre corrugado y liso, soldadas en cada una de sus intersecciones, usada en el sector construcción como alternativa de reemplazar las armaduras de fierro tradicional en cualquier elemento, como losas, plateas, muros, canales, entre otros; también usado como refuerzo de muros de concreto, adobe y tapial, su utilidad es diversa debido a su adherencia efectiva con otros materiales, optimo tiempo de instalación y sobre todo calidad (Carrión Z., 2022).

Se ha considerado trabajar en esta investigación con la malla electrosoldada corrugada ASTM A497 que según (Aceros Arequipa, 2022) la denominada MALLA ESOLD A497; así mismo, estas pueden producirse en diferentes medidas y calibres; así mismo, sus dimensiones estándares son de 2.40m x 6.00m existiendo variabilidad en base a

la solicitud del cliente. Presenta cocadas que pueden variar cada 50mm (entre 100mm y 400mm) y los diámetros también pueden variar cada 0.1mm (entre 4mm y 12mm).

Por consiguiente, la malla electrosoldada se fabrica con diámetros entre 2.87 y 12 mm en aceros de bajo carbón, así mismo, tenemos la configuración de los tipos de mallas en donde se señala el tipo de malla, medida, cocada, diámetro y peso de malla según muestra en su catálogo Aceros Arequipa las cuales cumplen con las normativas correspondientes y pueden ser usadas según se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5: *Configuración de mallas electrosoldadas ASTM A497.*

Malla	Medida (m)	Cocada (mm)	Diámetro (mm)	Peso Malla (Kg)	Peso Malla (Kg/m²)
Q-84	2.40 x 6.00	150 x 150	4.00	18.94	1.32
Q-139	2.40 x 6.00	100 x 100	4.20	31.32	2.18
Q-158	2.40 x 6.00	150 x 150	5.50	35.81	2.49
Q-188	2.40 x 6.00	150 x 150	6.00	42.62	2.96
Q-195	2.40 x 6.00	150 x 150	6.10	44.05	3.06
Q-221	2.40 x 6.00	150 x 150	6.50	50.01	3.47
Q-235	2.40 x 6.00	150 x 150	6.70	53.14	3.69
Q-257	2.40 x 6.00	150 x 150	7.00	58.00	4.03
Q-295	2.40 x 6.00	150 x 150	7.50	66.59	4.62
Q-335	2.40 x 6.00	150 x 150	8.00	75.76	5.26
R-80	2.40 x 6.00	150 x 200	3.9/4.5	18.00	1.25

Fuente: Adaptado del catálogo Aceros Arequipa, 2022.

Así mismo, las propiedades mecánicas son importantes debido a que gracias a estas podemos saber la conformidad de la normativa y así poder usarlos, en las Tablas 6 y 7 se muestra propiedades del alambre el cual cumple con la Norma ASTM A 496 y la malla cumpliendo con la Norma ASTM A49.

Tabla 6: *Propiedades mecánicas para el alambre*

Norma	Límite de Fluencia (kg/mm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	Alargamiento (%)	Doblado a 180° (en 2d)	Tolerancia en peso
ASTM A496	50.0 mín. (490 MPa)	56.0 mín. (550 MPa)	8 mín.*	Sin fisura	+/- 6%

Nota: (d=diámetro nominal del alambre, *JIS G3532:2011 SWM-R)

Fuente: Adaptado del catálogo Aceros Arequipa, 2022.

Tabla 7: *Propiedades mecánicas para la malla*

Norma	Resistencia al cizalle (de la soldadura) (Kg/mm ²)	Tolerancias dimensionales			
		Ancho (de malla)	Largo (de malla)	Sobre largo (de alambres transversales)	Espaciamiento (de alambres individuales)
ASTM A497	241*A mín.	+/- 13 mm	25 mm o 1% (el que sea mayor)	+/- 13 mm	+/- 6.35 mm

Nota: (A=sección nominal de alambre grueso)

Fuente: Adaptado del catálogo Aceros Arequipa, 2022.

El acero destinado para la fabricación de dicha malla cumple con los estándares establecidos según la normativa siguiente:

- ASTM A496 / A496M - 07 Standard Specification for Steel Wire, Deformed, for Concrete Reinforcement.
- ASTM A497 / A497M – 07 Standard Specification for Steel Welded Wire Reinforcement, Deformed, for Concrete.
- ASTM A1064/A1064M-18a Standard Specification for Carbon-Steel Wire and Welded Wire Reinforcement, Plain and Deformed, for Concrete.

Se presenta las especificaciones según el tipo de malla electrosoldada a utilizar, en la Tabla 8 se consigna el nombre de la malla, tipo, medidas, cocada y diámetro. Seguido están las propiedades que están establecidas y se pueden tomar esos datos como referencia para poder trabajar.

Tabla 8: Dimensiones de malla electrosoldada utilizada en investigación

DESCRIPCIÓN	MEDIDAS	COCADA	DIAMETRO
	(m)	(mm)	(mm)
Malla Electrosoldada Q-139	2.40 x 6.00	100 x 100	4.2

Fuente: Recopilado y adaptado de Cevallos O. & Diaz V. 2018.

Propiedades de la malla electrosoldada:

- Límite de fluencia (f_y) : 5000 Kg/cm²
- Resistencia a la rotura (f_r) : 5600 Kg/cm²
- Medida : 2.40 m x 6.00 m
- Cocada : 100mm x 100mm
- Diámetro : 4.2 mm
- Peso : 2.96 Kg/cm²



Figura 14: Malla electrosoldada y colocación como refuerzo de muro de adobe.

Fuente: Adaptado de Cevallos O. & Diaz V. (2018.) y Saldivar M., Garino L., Navarta G y Albarricin O. (2016).

– **Reforzamiento con Geomalla en edificaciones de adobe.**

Según la Norma ASTM D4439 el geosintético se define como un “producto manufacturado planar de polimérico usado en diferentes superficies como tierra, suelos, rocas, entre otros” (ASTM Internacional, 2020). Es un producto que puede ser usado en distintas áreas de la ingeniería civil; es por ello, que en esta investigación se empleara como reforzamiento externo de muros de adobe y su función principalmente como refuerzo sismorresistente en construcciones de esta índole, cumpliendo un papel de material reforzador de estructuras propensas ante movimientos sísmico.

Hoy en día con el avance de la tecnología existen diferentes tipos de geosintéticos dependiendo del uso que se dará. En la Tabla 9, se puede apreciar un listado de estos con sus respectivas funciones; en el caso de este trabajo de investigación lo que se busca es un producto el cual sirva como refuerzo ante cualquier sismo y que sobre todo brinde estabilidad a la edificación, siendo la geomalla el más adecuado (Cárdenas R. & Luna J., 2017).

Tabla 9: *Tipos y usos de los geosintéticos según su función primaria.*

Tipos de geosintéticos	Función Primaria				
	Separación	Refuerzo	Filtración	Drenaje	Contención
Geotextil	✓	✓	✓	✓	
Geomalla		✓			
Geonet				✓	
Geomembrana					✓
Revestimiento Geo sintético de Arcilla					✓
Geodren				✓	
Geoespuma	✓				
Geocompuesto	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Recopilado de (Koerner R., 2012), citado por (Cárdenas R. & Luna J., 2017).

Así mismo, el (RNE Norma E.080, 2022) hace mención que el diseño estructural de las edificaciones de tierra reforzada debe estar basados en criterios como resistencia, estabilidad y comportamiento sismorresistente (refuerzos compatibles). Es por ello, que para realizar un tipo de edificación se debe considerar todos los factores que son establecidos en la normativa correspondiente y así evitar futuros desastres que pueden generarse por el simple hecho de no construir responsablemente e incluso poner en juego la vida de las personas.

Por otra parte, Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N., & Iwaki, C. (2011), señala que desde 1994 en el Perú se viene realizando estudios que son muchas veces financiados por organizaciones internacionales para estudios posibilidades de refuerzo para viviendas de tierra, buscando siempre aumentar la resistencia sísmica de las viviendas mediante refuerzos externos, que podrían retardar el colapso de las viviendas y así poder salvar la vida de sus ocupantes. Hace algunos años se han iniciado nuevos estudios de investigación de sistemas de refuerzo de muros de adobe más eficientes haciendo uso de materiales más industrializados. Es así como se encontró que la geomalla como material industrial aumentan la resistencia y capacidad de deformación de muros.

La Norma ASTM D4439 (2020), define a la geomalla como un material geo sintético de alta densidad formado por un conjunto de nervaduras o costillas de tensión, conectadas de forma paralela, con abertura de tamaño suficiente que permite la trabazón del suelo, piedra u otro tipo de material; estas mismas, se caracterizan por sus aberturas que por lo general tienen unas dimensiones de 10 mm a 100 mm entre costillas. Se encuentran tres tipos de geomallas que son usadas como reforzamiento, la uniaxial (UX), biaxial (BX-4100) y triaxial (TriAx), las cuales se describen a continuación.

Geomalla Uniaxial: Es fabricada con resinas selectas de polietileno de alta densidad HDPE, las cuales están diseñadas para resistir la fluencia a someterlas a grades cargas durante periodos prolongados. Así mismo, está compuesta por agujeros en forma de elipses alargadas según se muestra en la *Figura 15*, por lo que su estructura molecular es resistente a la deformación por cargas sostenidas (GEOACE Consultado 03/04/2023).

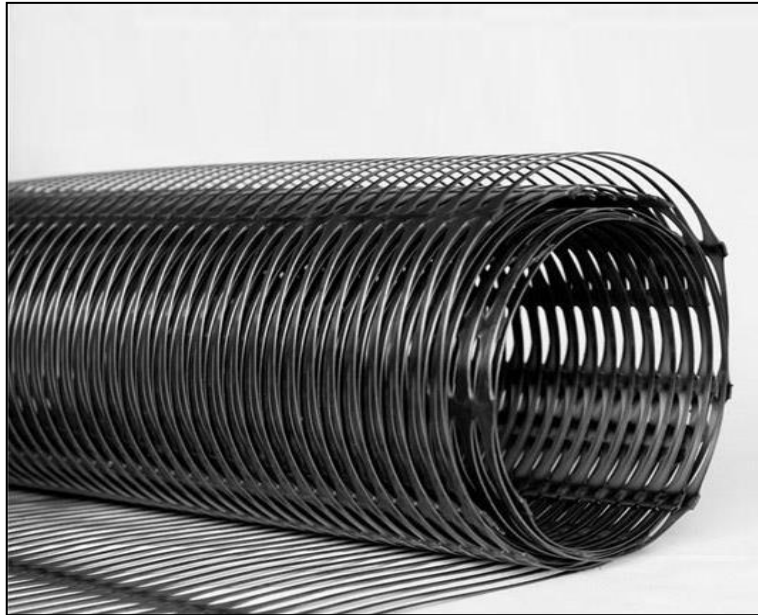


Figura 15: Geomalla Uniaxial.
Fuente: Recopilado de GEOACE – Geo sintéticos - 2023.

Geomalla Biaxial: Es una estructura bidimensional de polipropileno, garantizando alta resistencia a la tensión y un alto módulo de elasticidad en los diferentes usos; tiene unas aberturas casi cuadradas o rectangulares tal cual se muestra en la *Figura 16* que facilitan la transmisión de esfuerzos en las principales direcciones, este tipo de geomalla se utiliza para reforzar elementos que se encuentran sometidos a tracción biaxial (GEOACE, Consultado 03/04/2023).

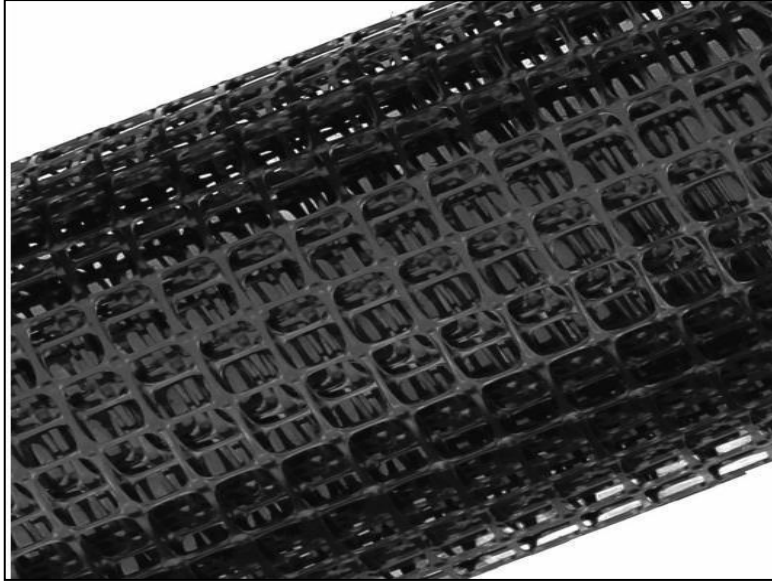


Figura 16: Geomalla Biaxial.

Fuente: Recopilado de GEOACE – Geo sintéticos - 2023.

Geomalla Triaxial: Elaborada a base de polipropileno agujereada, forman aperturas en forma de triángulos equiláteros, orientada según su geometría en aumentar la resistencia en tres direcciones, logrando una gran rigidez de 360 grados, esta brinda mayor rigidez planar y global (GEOACE, Consultado 03/04/2023).

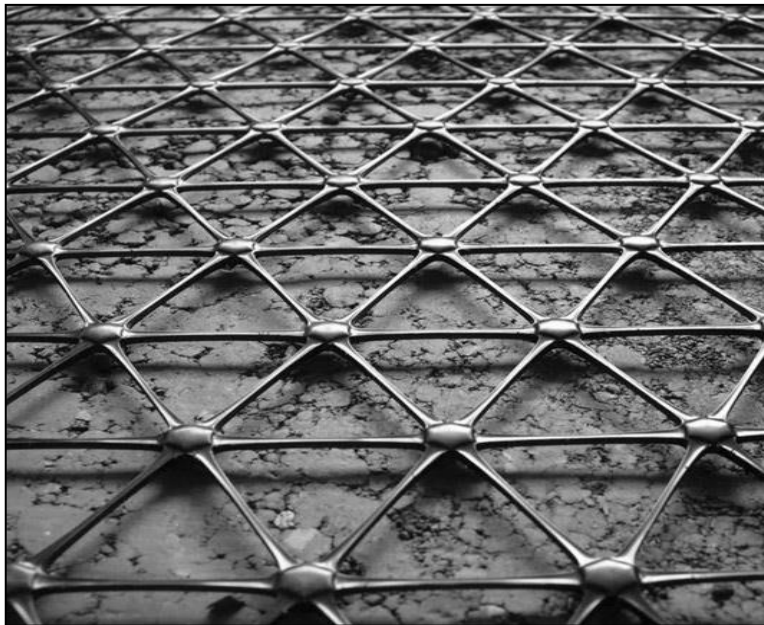


Figura 17: Geomalla Triaxial.

Fuente: Recopilado de GEOACE – Geo sintéticos - 2023.

En el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada (2022), señala que para construcciones de este tipo se deberá considerar refuerzos de mallas sintéticas en nudos integrados (geomallas), dicho refuerzo debe ser externo e incrustado en el enlucido, estas vienen de hasta 100 metros de largo por 3 metros de ancho; así mismo, la geomalla a utilizar debe tener las características necesarias como:

- Conformación de retícula rectangular o cuadrada, con o sin diagonales interiores, con aberturas máximas de 50 mm y nudos integrados.
- Capacidad mínima de tracción de 3,5 kN/m, (356.9 kgf/m) en ambas direcciones, para una elongación de 2%.
- Flexibilidad y durabilidad para su uso como refuerzo embutido en tierra.

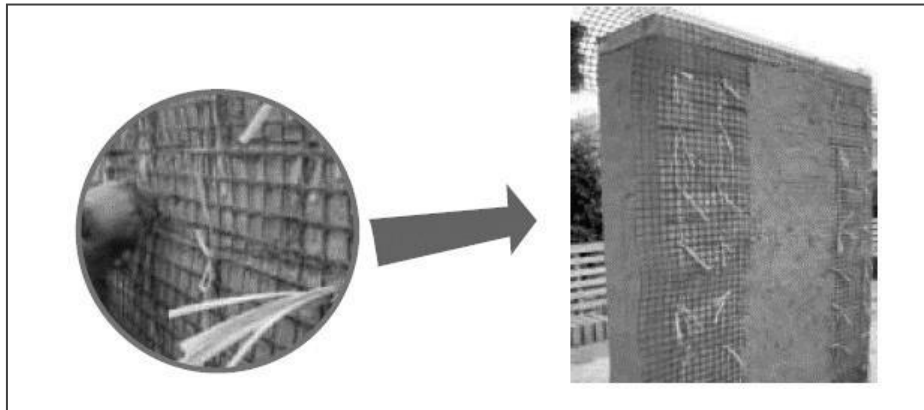


Figura 18: Reforzamientos de muros de adobe con Geomallas.
Fuente: Adaptado de la Norma E.080, 2017.

Consideraciones de uso:

- Los muros portantes y no portantes, incluyendo los vanos, deben envolverse con las geomallas, tensándolas uniformemente. Deben conectarse las geomallas de ambas caras de los muros con cuerdas sintéticas, con una separación máxima de 0.30m, esto permitirá que todo el muro se encuentre reforzado teniendo así un mejor trabajo.

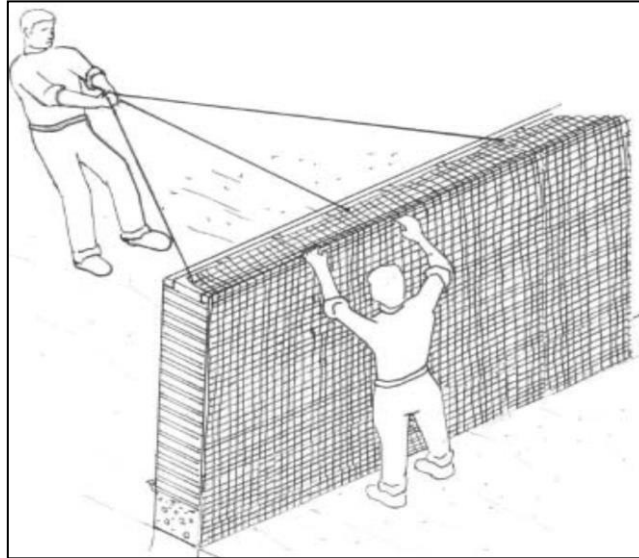


Figura 19: Colocación de geomalla.

Fuente: Recopilado de RNE, Norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada, 2022.

- La geomalla debe estar convenientemente anclada a la base del sobrecimiento y a la viga collar superior; es decir, debe ser trabajado con un traslape de tal manera que los muros sean envueltos en su totalidad, tal cual se muestra en la *Figura 20*.

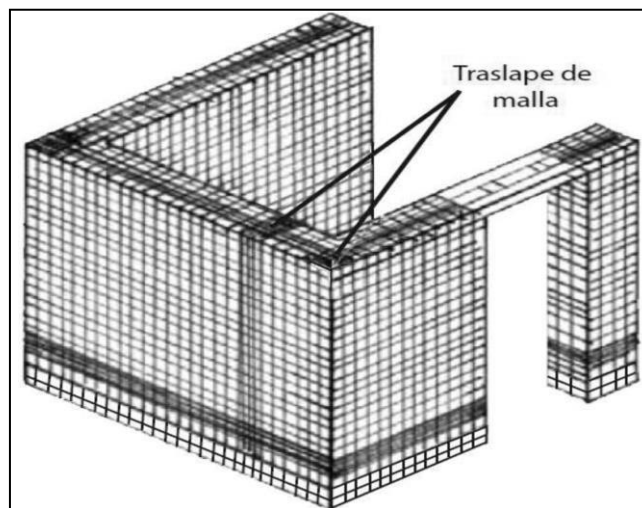


Figura 20: Traslape de geomalla.

Fuente: Recopilado de RNE, Norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada - 2022.

Los esfuerzos de tracción producidos sobre un muro durante un sismo cuando la dirección de este es perpendicular al plano del muro son llamados esfuerzos biaxiales. Esto sucede, porque cuando las cargas son perpendiculares al plano el muro presenta un comportamiento de una losa en dos direcciones. Por consiguiente, lo recomendable es trabajar con las geomallas biaxiales y triaxiales; sin embargo, se utilizará el tipo (biaxial) como refuerzo en construcciones de adobe es esta investigación (Cárdenas R. & Luna J., 2017, p.25).

Geomalla Biaxial (P-BX 2020): Se están considerando datos obtenidos de un antecedente nacional, estudio realizado por (Cárdenas R. & Luna J., 2017), el cual para obtener los datos proporcionado realizaron los ensayos respectivos y así se pudo corroborar la viabilidad de la investigación. Es así como el enfoque se plasma en un estudio existente que sirve como base para la continuidad de este trabajo de investigación que se viene realizando (*Ver Figura 16*).

Se considera tanto propiedades físicas y mecánicas de las geomallas, tal cual describe Cárdenas R. & Luna J. (2017) en su trabajo de investigación; sin embargo, se considera propiedades de una geomalla más accesible, la cual se puede verificar en los resultados.

Propiedades físicas: Son determinadas de forma visual y a la vez usando equipos especialmente calificados y calibrados en los cuales se puede llevar los ensayos correspondientes y obtener datos precisos. Dichas propiedades están de acorde a las normas ASTM D6637, D7737, D7748, entre otros dependiendo del tipo de geomalla que se desea trabajar.

- Distribución de costillas: Se pueden clasificar en base a la dirección o sentido de orientación que muestren las costillas pueden ser unidireccional, bidireccional y triaxial; en el estudio nuestro es bidireccional.
- Abertura (tamaño): Es la separación que existe entre las costillas.
- Espesor: Dimensión de las costillas tanto perpendicularmente o plana.
- Masa por unidad de área: Esta puede ser entre 200 g/m² a 1000 g/m², esta es una de las propiedades principales para poder obtener costos. (Koerner R., 2012).
- Porcentaje (área abierta): Este puede variar entre 40% y 95%, según sea el tipo de geomalla.
- Gravedad específica (densidad): Según la norma ASTM D792 indica que esta propiedad depende especialmente del tipo de polímero que se utiliza para la elaboración de las geomallas según se muestra en la Tabla 10:

Tabla 10 : *Coefficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada*

Polipropileno	Gravedad Especifica
HDPE (Alta densidad)	< 1
PET (Alta tenacidad)	> 1

Fuente: Recopilado y adaptado de Cárdenas R. & Luna J. (2017).

Propiedades mecánicas:

- Resistencia de anclaje: comportamiento que depende de la abertura de la geomalla, la cual permite que esta se trabaje en algún tipo de suelo. Por ende, para que dicha trabazón se llegue a realizar se debe tener en cuenta y asegurar que el suelo sea más pequeño que la apertura de la geomalla (Koerner R.,2012).

- Resistencia de la costilla (junta y simple): El en caso de la costilla simple se debe medir la resistencia a la tensión a una sola costilla de la geomalla teniendo en cuenta la tasa constante de elongación o deformación según lo que indica la norma ASTM D 6637. El segundo método el de la junta o nodo se realiza fijando el espécimen con grapas obteniendo una resistencia siendo esta la fuerza (Ver *Figura 21*. Con estas dos resistencias ya es factible poder calcular una eficiencia que varía entre el 7% y 100% (Koerner R., 2012).

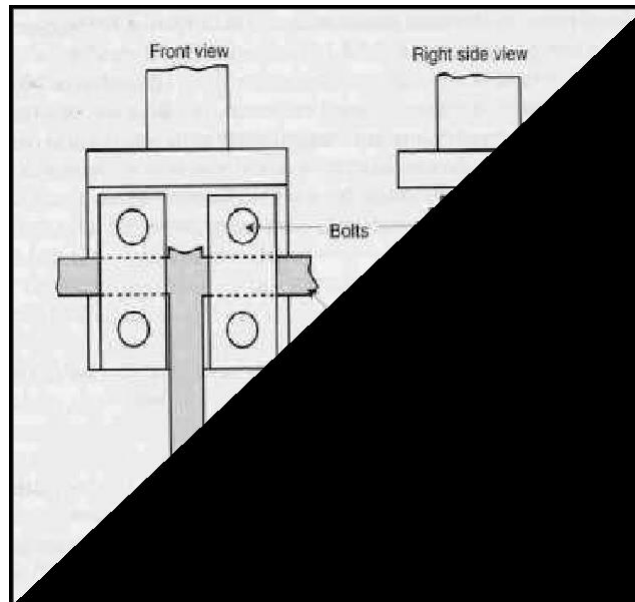


Figura 21: Ensayo por el método de la junta.

Fuente: Recopilado de Koerner R. (2012).

Marco normativo

a. Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma A.020 “VIVIENDA”

Artículo 1.- Constituyen edificaciones para fines de vivienda aquellas que tienen como uso principal o exclusivo la residencia de las familias, satisfaciendo sus necesidades habitacionales y funcionales de manera adecuada (RNE, Norma A.020, 2022).

Artículo 16.- La vivienda debe permitir el desarrollo de las actividades humanas en condiciones de higiene y salud para sus ocupantes, creando espacios seguros para la familia que la habita, proponiendo una solución acorde con el medio ambiente. Los ambientes deberán disponerse de manera tal que garanticen su uso más eficiente, empleando materiales que demanden un bajo grado de mantenimiento (RNE, Norma A.020, 2022).

Artículo 18.- Los materiales constitutivos de los cerramientos exteriores deberán ser estables, mantener un comportamiento resistente al fuego, dotar de protección acústica y evitar que el agua de lluvia o de riego de jardines filtre hacia el interior (RNE, Norma A.020, 2022).

Artículo 22.- Los acabados de pisos deberán ser resistentes a la abrasión, al desgaste, y al punzonamiento, y mantenerse estables frente al ataque de ácidos domésticos (RNE, Norma A.020, 2022).

Artículo 23.- Los techos deben contar con un sistema de evacuación del agua de lluvias hasta el suelo o hasta el sistema de alcantarillado. Deberá evitarse el posible empozamiento de agua de lluvias (RNE, Norma A.020, 2022).

b. Norma E.030 “DISEÑO SISMORESISTENTE”

Dicha norma establece condiciones mínimas las cuales son base el diseño sismorresistente de las edificaciones.

c. Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma E.080 "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA"

La norma se orienta al diseño, construcción, reparación y reforzamiento de edificaciones de tierra reforzada, inspirada en el desarrollo de una cultura de prevención de desastres y en la búsqueda de soluciones económicas, seguras, durables, confortables y de fácil difusión. Las estructuras existentes incluyen las obras patrimoniales de tierra. (RNE, 2022). Así mismo, la normativa también menciona que las edificaciones de tierra deben de ser sobre todo construcciones que estén reforzadas, con el fin de poder conseguir el siguiente comportamiento.

Tabla 11: *Comportamiento de edificaciones durante sismos*

Comportamiento	Descripción
Durante sismos leves	Las edificaciones de tierra reforzada pueden admitir la formación de fisuras en los muros.
Durante sismos moderados	Las edificaciones de tierra reforzadas pueden admitir fisuras más importantes, sin embargo, están controladas por refuerzos, sin producir daños a los ocupantes. La estructura debe ser reparable con costos razonables.
Durante sismos fuertes	Se admite la posibilidad de daños estructurales más considerables, con fisuras y deformaciones permanentes, pero controladas por refuerzos.

Fuente: Adaptado de la Norma E.080, 2022.

Dicho objetivo de esta normativa es establecer sobre todo ciertos requisitos y los criterios técnicos tanto de diseño como el de construcción para cualquier tipo de edificación que se realice con tierra reforzada. Además de atribuir seguridad sísmica a la construcción de este tipo, mediante un diseño que este apto y está a la vez defina cierto comportamiento estructural que sea adecuado. Por otra parte, también busca, conceder una durabilidad a las edificaciones frente a diferentes fenómenos naturales o antrópicos que se presente (Norma E.080, RNE, 2022).

Sistema estructural para edificaciones de tierra reforzada

Según la Norma E.080 (2022), el sistema estructuras de este tipo de edificaciones deben comprender obligatoriamente componentes estructurales que ayuden a la edificación a tener un mejor comportamiento y a si esta generar mayor seguridad ante la presencia de cualquier evento sísmico desde el más crítico a más leve. Estos son los siguientes componentes para considerar:

✓ **Cimentación**

Dentro de la Norma E.080 (2022), se hace mención que los cimientos son la base principal de la edificación por lo que se deben considerar dos condiciones importantes:

- Transmitir las cargas hasta un suelo firme de acuerdo con lo indicado por la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.
- Evitar que la humedad ascienda hacia los muros de tierra.

Una vez que se haya cumplido dichas consideraciones se tiene en cuenta también las dimensiones establecidas, ya que están en base a varios estudios previos, en los cuales se llegaron a obtener dimensiones aptas para el diseño y construcción, en donde todo cimiento debe tener una profundidad mínima de 0.60 m. (medida a partir del terreno natural) y un ancho mínimo de 0.60 m y para esto se puede utilizar:

- Piedra grande tipo pirca compactada, acomodada con piedras pequeñas.
- Concreto Ciclópeo.
- Albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa.

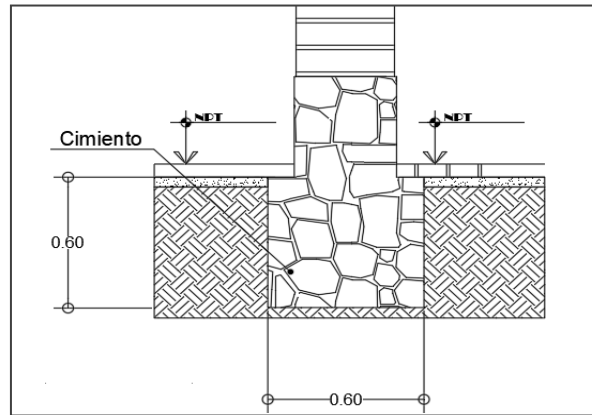


Figura 22: Detalle de dimensiones mínimas de cimiento.
Fuente: Elaboración propia - adaptado de la Norma E.080, 2022.

✓ Sobrecimiento

Este debe cumplir con las siguientes condiciones según normativa establecida:

- Debe transmitir las cargas hasta el cimiento.
- Debe proteger el muro ante la acción de la erosión y la ascensión capilar.

Por otro lado, cabe indicar que todo sobrecimiento debe elevarse sobre el nivel del terreno no menos de 0.30 metros y a la vez tener un ancho mínimo de 0.40 metros. Así mismo, se puede utilizar dos tipos de sobrecimientos que puede ser de Albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa o concreto ciclópeo. (Norma E.080, 2022).

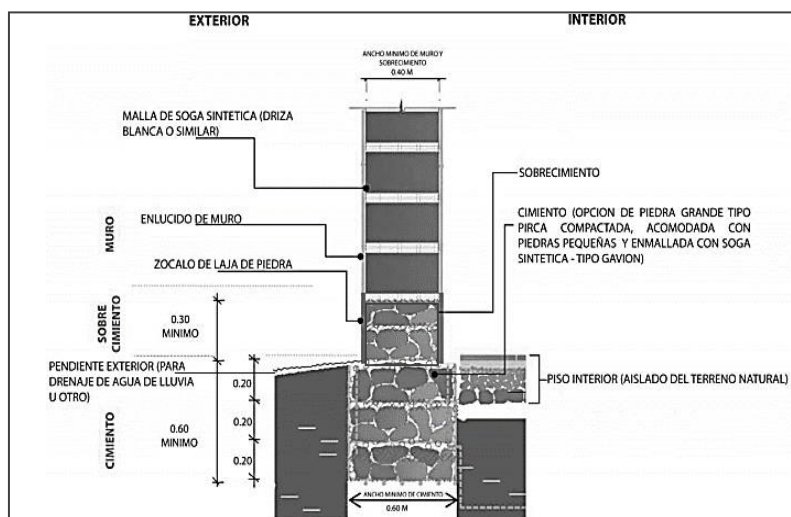


Figura 2: Esquema agrupado de cimiento y sobrecimiento.
Fuente: Adaptado de la Norma E.080, 2017.

✓ Muros

Los muros son los elementos más importantes en la resistencia, estabilidad y comportamiento sísmico de la estructura de una edificación de tierra reforzada. El diseño de los muros debe realizarse usando criterios basados en la resistencia, estabilidad y desempeño, complementariamente. Los tímpanos deben ser del material similar al usado en los techos (madera, caña, fibra vegetal, entre otros) para que sean ligeros, más estables y fácilmente conectables con los techos. Es posible utilizar muros curvos o muros para plantas poligonales, lo cual podría significar formas de adobe especial; si se usan adobes cuadrados o rectangulares, las juntas verticales no deben exceder de 30 mm en su parte más ancha. En la técnica del tapial se puede utilizar moldes circulares (Norma E.080, 2022).

- a) Todos los muros curvos deben ser igualmente reforzados como el caso de los muros rectos y deben tener viga collar superior curva o poligonal.
- b) Los muros con radios mayores a 3.00 m. se deben considerar como muros rectos para la colocación y distanciamiento de arriostres verticales, así como limitaciones de esbelteces, según lo indicado en la presente Norma.
- c) Para radios comprendidos entre 1.25 m y 3.00 m, deben existir muros transversales o arriostres verticales cada $12e$ del muro como máximo (es decir, doce veces el espesor del muro como máximo) y la esbeltez vertical (h/e) no debe ser mayor a 10.
- d) Los muros con radios menores a 1.25 m, no requieren limitaciones de arriostres verticales.

Tabla 12: *Criterios para el diseño de muros*

Criterios	Descripción
De Resistencia	<ul style="list-style-type: none"> – Las construcciones de tierra normalmente no tienen diafragmas horizontales rígidos a nivel de los techos y por tanto los desplazamientos de los muros paralelos son independientes. – Calculadas las áreas tributarias asociadas a cada muro, en cada nivel si es el caso, es posible calcular fuerzas horizontales de diseño. Estas no deben sobrepasar los esfuerzos resistentes admisibles de corte en ellos. – Para estos efectos, al área transversal del muro (largo por espesor), se puede añadir una fracción de los muros transversales o de arriostre, se trate de encuentros en “T” o en “L”, en ambos extremos del muro. Esta área adicional no debe ser mayor al 20 % del área del muro. – De acuerdo con el número de apoyos de cada muro, que es función de los arriostres verticales. Dichos esfuerzos no deben sobrepasar los esfuerzos admisibles a tracción por flexión. – La viga collar tiene como misión mantener conectados los muros entre sí durante un sismo, pero no debe considerarse como un apoyo para los muros salvo que exista un diafragma de entrepiso de madera o una estructura horizontal especial. Por tanto, en general los muros deben tener dos o tres apoyos, considerando también el piso.
De Estabilidad	Debe respetar los límites de grosor, esbeltez vertical y esbeltez horizontal, altura máxima, distancia entre arriostres verticales, aberturas, indicados en esta norma.
De Desempeño	Debe colocarse refuerzos en las conexiones, viga collar superior, dinteles flexibles, refuerzos ortogonales en muros

Fuente: Adaptado de la Norma E.080, 2022.

✓ **Entrepisos y techos**

Según normativa E.080 (2022) establecida en el RNE, los techos deben tener las siguientes consideraciones, para que cumplan con su función establecida de acuerdo con la estructura propuesta.

- Deben ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad posible de muros, evitando concentraciones de esfuerzos en los muros. Además, deben estar adecuadamente fijados a los muros a través de la viga solera.
- Deben estar contruidos mediante entramados de madera, caña o fibras vegetales, o tijerales, o diseñados para resistir las cargas verticales y para transmitir las cargas

horizontales (sísmicas) a todos los muros, a través de las vigas collares superiores.

- Se debe utilizarse tensores horizontales inferiores, para que los tijerales no creen empujes horizontales en los muros.
 - Los techos pueden ser inclinados (una o varias aguas).
 - Se debe considerar las pendientes, las características de impermeabilidad, aislamiento térmico y longitud de los aleros de acuerdo con las condiciones climáticas de cada lugar
 - En el caso de utilizar tijerales, el sistema estructural del techo debe garantizar la estabilidad lateral de los tijerales.
- ✓ **Arriostres**

Para que un muro se considere arriostrado la Norma E.080 indica que debe existir suficiente adherencia o anclaje entre éste y sus elementos de arriostre. Para garantizar una adecuada transferencia de esfuerzos, los elementos de arriostre deben ser horizontales y verticales. Para ello se detalla en la Tabla 13, los tipos de arriostres.

Tabla 13: *Arriostres Horizontales y Verticales*

Arriostres	Descripción
Horizontales	<ul style="list-style-type: none"> – Elementos o conjunto de elementos que deben poseer una rigidez suficiente en el plano horizontal para impedir el libre desplazamiento lateral de los muros. – Los más comunes son los pisos y entrepisos de madera con elementos diagonales, se deben diseñar como apoyos del muro arriostrado, considerándose al muro como una losa vertical sujeto a fuerzas horizontales perpendiculares a éste. – Se debe garantizar la adecuada transferencia de esfuerzos entre el muro y sus arriostres, los que deben conformar un sistema continuo e integrado.
Verticales	<p>Los arriostres verticales son muros transversales o contrafuertes especialmente diseñados, que deben tener una adecuada resistencia y estabilidad para transmitir fuerzas cortantes a la cimentación.</p>

Fuente: Adaptado de la Norma E.080, 2022.

Formulación del problema

¿Qué tipo de reforzamientos ofrece una mejor respuesta estructural en una edificación con adobe en el distrito de Utco, Celendín Cajamarca, 2023?

Formulación de problema específico

- **P.E.1.** ¿Cuál es la respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023?
- **P.E.2.** ¿Cuál es la respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe reforzada con geomalla en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023?
- **P.E.3.** ¿Cuál respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe reforzada con malla electrosoldada en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023?

Objetivos

Objetivo general

Comparar la respuesta estructural de una edificación con adobe reforzada con geomalla y malla electrosoldada en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023.

Objetivos específicos

- **O.E.1.** Determinar la respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023.

- **O.E.2.** Determinar la respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe reforzada con geomalla en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023.
- **O.E.3.** Determinar la respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe reforzada con malla electrosoldada en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023.

Hipótesis

Hipótesis general

La respuesta estructural de una vivienda de adobe es mejor con el reforzamiento de geomalla que con malla electrosoldada en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023.

Hipótesis específicas

- **H.E.1.** La vivienda de adobe en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca es altamente vulnerable ante un sismo si esta no presenta ningún tipo de reforzamiento.
- **H.E.2.** La aplicación de la geomalla permite obtener una mejor respuesta estructural para la estructura de adobe reforzada con geomalla en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca.
- **H.E.3.** La aplicación de la malla electrosoldada permite obtener una mejor respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe reforzada con malla electrosoldada en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Tipo de investigación

Según el propósito

La presente investigación de acuerdo con el fin que persigue es de carácter aplicada, porque se centra en encontrar todos los posibles mecanismos o estrategias, que con el desarrollo de esta misma se pueda lograr el objetivo que se tienen trazado; es por ello, que el tiempo de ámbito al que está destinado o al que se aplica es de una forma específica y está bien delimitada con el que se busca resolver un determinado problema que es identificado por el investigador mediante revisión de información relevante, conocimientos adquiridos durante la formación académica y revisión de normas, buscando siempre una aplicación coherente, práctica y sobre todo que se acople a realidad (Oblitas J., 2018).

Según el nivel de investigación

Según su naturaleza esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, Hernández R., Fernández C. & Baptista M. (2014), mencionan que "se utiliza recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías" (p. 04), por lo tanto, se obtendrá datos medibles en base al modelamiento que se realizará con ayuda de los softwares. De acuerdo con los datos estadísticos recopilados de trabajos de investigación relacionados y también de los obtenidos de los softwares servirán como base para poder analizar y medir cuán factible es aplicar el reforzamiento a los muros de adobe con los dos tipos de refuerzos y así poder predecir los comportamientos estructurales ante sismo fuerte, leve y severo.

Así mismo, según su profundidad es correlacional de acuerdo con la metodología de la investigación Hernández R., Fernández C. & Baptista M. (2014), señalan que este tipo de estudio tiene como "finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular, generalmente sólo se analiza la relación entre dos variables" (p. 93); por ende, tomando en cuenta el objetivo de la investigación el cual es comparar la respuesta estructural de una edificación con adobe reforzada con (geomalla y malla electrosoldada) y verificar cual es la mitigación de la vulnerabilidad sísmica en ambos casos llegando a un comparación, es por esta razón que es este tipo de investigación. También es explicativa, porque se tendrá que aplicar alternativas de refuerzos además de ser evaluados serán explicados como será su función dentro de este tipo de construcciones.

Diseño de investigación

El diseño de investigación viene a ser cuasiexperimental, Oblitas J. (2018) hace mención que "se asemeja a la experimental en el hecho de que se pretende manipular una o varias variables concretas, con la diferencia de que no se posee un control total sobre todas las variables" (p. 27), se trabajara en base a normas y métodos de reforzamiento haciendo uso de la tecnología con el fin de obtener resultados comparativos de las edificaciones de adobe reforzados. También es retrospectiva porque se está tomando antecedentes de estudios que se han venido realizando a lo largo de los años los cuales son base para poder formular y poder corroborar las soluciones factibles para este tipo de edificaciones. con el tiempo se busca que esta investigación también forme parte del listado como antecedentes para continuar con este tipo de estudios y seguir buscando mejoras y soluciones sobre todo en apoyo a la población que es más vulnerables antes sucesos sísmicos.

Población y muestra

Población

Es un conjunto de todos los casos que coincidan con determinadas especificaciones (Oblitas J. 2018), es preferible que al optar por una población se debe establecer con claridad todas las características a las cuales nos estamos enfocando con la finalidad de poder hacer una buena limitación de los parámetros muestrales (Hernández R. et al., 2014). La población tomada para este trabajo de investigación son todas las viviendas del distrito de Utco. Es por ello, que se ha recopilado información de la base de datos de la municipalidad de dicho distrito en el cual obtenemos que existe un total de 644 viviendas.

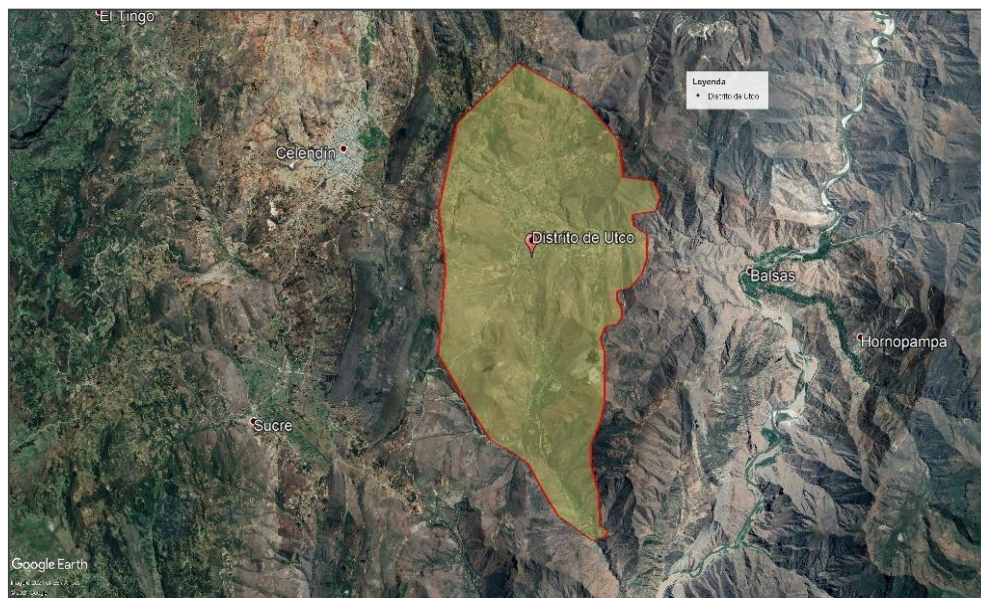


Figura 23: Delimitación del distrito de Utco, Google Earth.
Fuente: Elaboración propia.

Muestra

Se considera muestra a un subgrupo del universo o población del cual se recolectas los datos y que debe ser representativo de ésta (Hernández R., Fernández C. & Baptista M., 2014). En tal sentido, en este trabajo de investigación la muestra es no probabilística o dirigida, es decir, la elección de los elementos no está basada en la probabilidad, sino en las características comunes de la investigación.

En efecto, la muestra delimitada en esta investigación es una vivienda con más fallas en su estructura debido a factores sísmicos, ubicada en el distrito de Utco, provincia Celendín, departamento Cajamarca; la cual, será plasmada con mejoras en base a los parámetros normativos y modelada para obtener diferentes resultados y poder analizar cuál es el más recomendable y de esta manera ser aplicado en futuras construcciones.



Figura 24: Vivienda típica de adobe identificada en el distrito de Utco.
Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, la muestra se trabajará en base a la norma técnica E.080 “Diseño y Construcción con Tierra Reforzada”, establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones con apoyo de las normas A.020 “Vivienda” y Norma E.030 “Diseño sismorresistente”, a la vez también con estudios semejantes los cuales cuenten con datos obtenidos de ensayos realizados cuyos datos nos serán de apoyo y soporte para poder realizar el modelamiento en los softwares y el análisis respectivos y así poder determinar resultados factibles y brindar posibles soluciones frente a este tipo de problemática que se suscita en zonas donde la población se encuentra en situación de pobreza a pobreza extrema.

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Debido al tipo de investigación y para el logro de los objetivos trazados se procederá a realizar y utilizar la siguientes técnicas e instrumentos.

Técnica de recolección de datos

Las técnicas empleadas para la recolección de datos primeramente fue la observación, ya que esto fue lo primero que se realizó; es decir, para poder definir bien la problemática se realizó la visita de campo y se pudo verificar el gran déficit habitacional que presenta la zona y los diferentes riesgos a los que se afrontan las familias al vivir en una vivienda con presencia de fallas y sobre todo construida bajo ningún empleo de técnica constructiva.

Se realizara una revisión y análisis documental de estudios sobre construcción con adobe reforzado con geomalla y malla electrosoldada identificados que están disponibles; en los cuales hay datos confiables y a la vez es necesario indagar las diferentes aplicaciones que tienen dichos estudios, esto también requiere tener la participación activa para acompañar todo el proceso de la investigación de tal manera que podamos identificar el desarrollo de la variable hasta que se llegue a los resultados esperados. La revisión que se realiza es de estudios científicos, artículos obtenidos de revistas, tesis doctorales y datos estadísticos obtenidas de organismos nacionales e internacionales según la problemática que se presenta.

Instrumento de recolección de datos

Los instrumentos de recolección utilizados son los siguientes:

- I. Recolección de datos de estudios semejantes a la temática a tratar y en base a estos poder corroborar terminologías similares y verificar que resultados obtuvieron y que soluciones brindan ante este tipo de problemática. Con esto tendremos una visión más amplia tanto en lo nacional como internacional porque se emplean diferentes soluciones sobre todo de

una población vulnerable que cuentan con viviendas que presenten riesgos frente a eventos sísmicos.

- II. Se realizará visitas de campo a la zona de estudio con el fin de corroborar la problemática de la población rural y conocer de forma personal que problemas estructurales presenta las viviendas construidas a base de adobe y construidas mediante prácticas constructivas adquiridas de sus ancestros.
- III. Se recolectará información visual, mediante la visita a campo con la observación directa que materiales se emplea para el tema de estructuras en las viviendas en el distrito de Utco, provincia Celendín, Cajamarca. Con la visita también se verificar el déficit habitacional analizando la distribución de ambientes de las viviendas. En base a esto, se buscará soluciones empleando un diseño de vivienda apropiada y que sobre todo sea sismorresistente.
- IV. Por otro lado, la obtención de los datos normativos se obtendrá de la revisión de estudios similares al que se está trabajando cuyos datos serán base para realizar el modelamiento respectivo.

Herramientas que se utilizarán

Se hará uso de la tecnología para obtener la evidencia de la problemática (Cámara fotográfica), y a si verificar que aspecto de la vivienda es el más deficiente y que presentan una problemática en temas estructurales. Para plasmar las viviendas se realizarán planos del diseño y para esto se utilizará herramientas tecnológicas que nos facilitará dibujarla, que en este caso es el AutoCAD y en análisis estructural se utilizara el software ETABS y SAP 2000. Finalmente, para el análisis de datos se utilizó la técnica estadística descriptiva, haciendo uso de Excel mediante tablas y gráficos de los datos exportados de los softwares.

Procedimiento

Para seleccionar la zona de estudio, se tuvo en consideración la mayor problemática de habitabilidad según los datos que brinda el INEI, en la cual el distrito de Utco forman parte de la población rural de la región Cajamarca y es uno de las que tienen un mayor déficit habitacional. Enfocándose en esta zona, por el acceso a la información de las familias y autorización por parte de la población para poder obtener la data necesaria y la visita a sus viviendas con el fin de corroborar la problemática presente en sus viviendas de adobe.

Por ende, la presente investigación fue secuencial y se trabajó mediante el siguiente procedimiento el cual esta enlistado y posteriormente detallado:

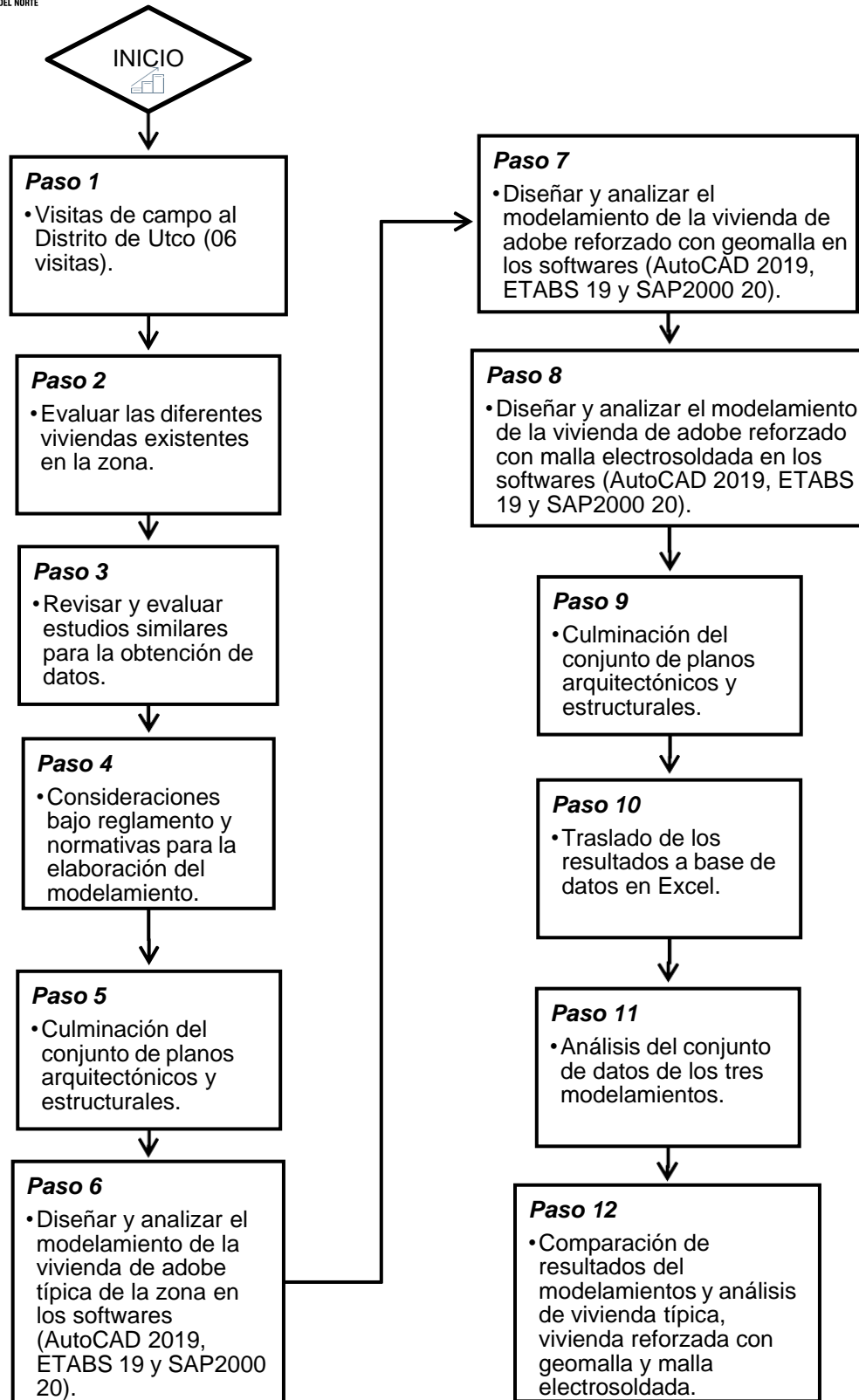


Figura 25: Diagrama de flujo y procedimiento del trabajo de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Paso 1: Visita de campo

Dicho trabajo es desarrollado en una zona en particular, en este tal sentido se enfocó en zona rural, en donde se ubica el distrito de Utco, perteneciente a la Provincia de Celendín, departamento Cajamarca; este llega a ser unos de los distritos con déficit habitacional considerable a nivel de región.

1.1. Descripción de la Zona:

El Distrito peruano de Utco es uno de los doce que conforman la Provincia de Celendín, ubicada en el Departamento de Cajamarca, bajo la administración del Gobierno regional de Cajamarca, en el norte del Perú. Se encuentra ubicado al Sureste de la provincia de Celendín, el distrito fue creado mediante Ley N.º 12171 del 14 de diciembre de 1954. Se caracteriza por ser una zona que presenta diversos climas, esto se debe a que varía desde los 800 m.s.n.m. y alcanza una altitud de los 3,200 m.s.n.m.

Tabla 14: *Ubicación de la zona del distrito de Utco*

Descripción		Coordenadas UTM *	Código Ubigeo
DEPARTAMENTO / REGIÓN	: Cajamarca	-	N.º: 06
PROVINCIA	: Celendín	-	N.º: 0603
DISTRITO	: Utco	E: 824505.00 N: 9236674.80	N.º: 060311
REGIÓN GEOGRÁFICA	Sierra		
REGIÓN NATURAL	Yunga, quechua y Suni		
ALTITUD	800.00 a 3,200.00 m.s.n.m.		

Fuente: <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>, (*) Datum WGS 84, 17S-M

1.2. Georreferenciación de la zona

Para realizar dicha investigación se realizó visitas a campo con la finalidad de obtener una mayor precisión en la ubicación del distrito de Utco, considerando para este trabajado el uso de GPS diferencial para obtener las coordenadas UTM del lugar.

Tabla 15: *Coordenadas UTM y ubicación del distrito de Utco.*

VÉRTICE	LADO	DIST.	ÁNGULO	ESTE	NORTE	COTA
P1	P1 - P2	1216.74	104°45'17"	829170.223	9243556.513	871.000
P2	P2 - P3	3142.75	191°23'12"	828075.716	9243024.985	993.000
P3	P3 - P4	558.24	229°9'55"	825033.294	9242237.253	1383.000
P4	P4 - P5	875.82	234°20'57"	824574.061	9242554.640	1722.000
P5	P5 - P6	308.46	79°33'39"	824558.753	9243430.323	2069.000
P6	P6 - P7	1808.55	99°9'55"	824256.424	9243369.140	2116.000
P7	P7 - P8	1397.35	252°12'58"	824328.228	9241562.012	1460.000
P8	P8 - P9	1184.44	236°2'14"	823015.648	9241082.735	1747.000
P9	P9 - P10	1563.80	247°0'12"	822057.154	9241778.564	1974.000
P10	P10 - P11	779.39	97°8'8"	822408.440	9243302.394	2198.000
P11	P11 - P12	1490.87	233°7'28"	821676.601	9243570.455	2266.000
P12	P12 - P13	589.42	92°26'3"	821246.722	9244998.004	2610.000
P13	P13 - P14	1526.90	87°54'34"	820675.624	9244852.171	2665.000
P14	P14 - P15	1484.12	209°8'26"	821107.120	9243387.505	2269.000
P15	P15 - P16	1236.96	248°54'54"	820780.197	9241939.837	2174.000
P16	P16 - P17	1345.37	272°21'59"	819556.382	9241760.006	2635.000
P17	P17 - P18	1496.37	171°53'12"	819415.918	9243098.026	2995.000
P18	P18 - P19	503.95	84°4'32"	819051.221	9244549.274	3123.000
P19	P19 - P20	1021.57	99°48'11"	818577.756	9244376.659	3240.000
P20	P20 - P21	2458.46	203°39'29"	818759.145	9243371.321	3293.000
P21	P21 - P22	2634.47	155°55'20"	818188.135	9240980.092	3054.000
P22	P22 - P23	1208.21	96°1'52"	818674.896	9238390.984	3113.000
P23	P23 - P24	793.75	247°34'44"	819879.190	9238488.225	2727.000
P24	P24 - P25	1704.00	153°0'41"	820240.010	9237781.220	2737.000
P25	P25 - P26	1829.95	99°20'12"	821619.032	9236780.265	2599.000
P26	P26 - P27	1491.19	155°6'51"	822919.996	9238067.208	2313.000
P27	P27 - P28	1698.32	190°31'44"	823440.381	9239464.646	2264.000
P28	P28 - P29	669.13	210°24'53"	824313.895	9240921.100	1740.000
P29	P29 - P30	1872.90	231°47'17"	824901.202	9241241.735	1599.000
P30	P30 - P31	1156.38	117°50'40"	826623.211	9240505.241	1587.000
P31	P31 - P32	1703.63	228°44'40"	827521.896	9241232.967	1209.000
P32	P32 - P33	420.98	93°7'20"	829200.948	9240944.606	1001.000
P33	P33 - P34	1458.36	100°0'32"	829294.697	9241355.018	869.000
P34	P34 - P35	786.43	273°30'11"	827951.034	9241921.936	1012.000
P35	P35 - P36	1270.74	208°1'54"	828300.45	9242626.482	873.000
P36	P36 - P1	251.11	84°55'55"	829333.829	9243366.018	846.000

Fuente: Elaboración propia.

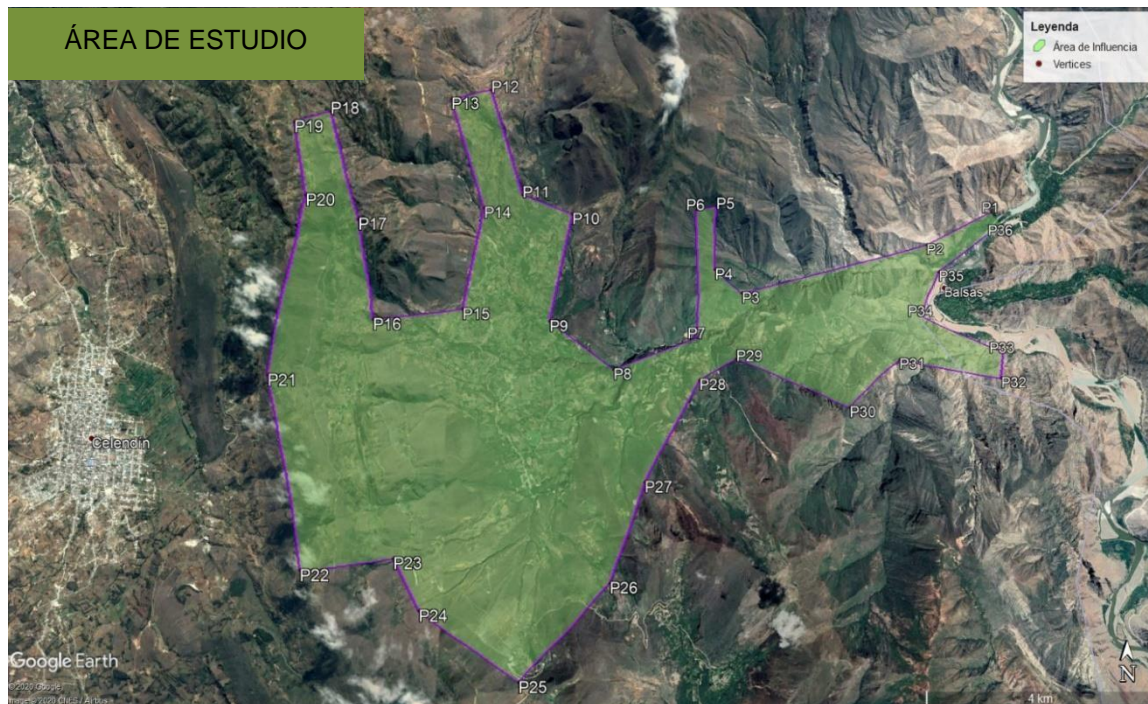


Figura 26: Imagen Satéltital del Google Earth Pro.
Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Dicho trabajo se realizó en la primera visita de campo, debido a que no se contaba con una base de datos y con ayuda del GPS diferencia se tomaron los puntos necesarios para poder así delimitar el área de estudio, y poder enfocar mejor la problemática que se presenta en las viviendas de la zona.

El distrito de Utco forma parte de la provincia de Celendín, no se encuentra muy alejado de dicha provincia; sin embargo, los problema presentes en la zona son bastantes no solo en las viviendas sino en diferentes sectores, se puede brindar diferentes apoyos con estudios anticipados y así poder aportar con el crecimiento del distrito, un poco de intervención de conocimientos de profesionales en las diferentes áreas pueden ser el paso a que este sea un distrito que resalte por sus flora, fauna, agricultura, viviendas, turismo, entre otros.

1.3. Ubicación y Limitaciones distritales:

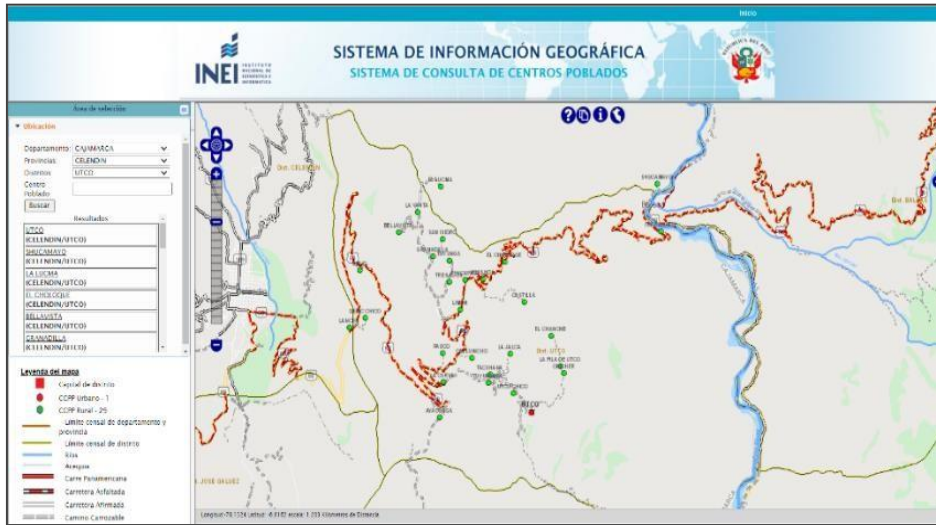


Figura 27: Consulta de ubigeo de centro poblado en data del INEI.

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

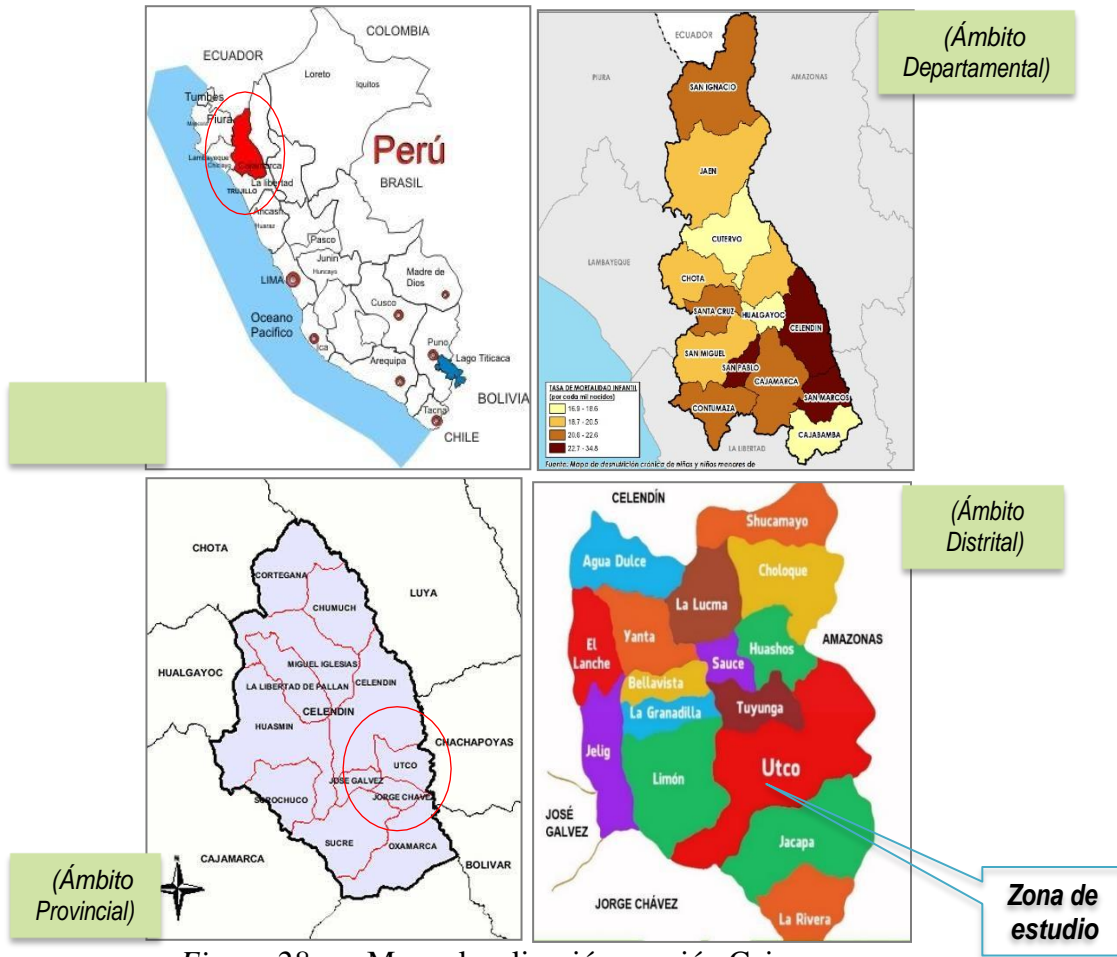


Figura 28: Macro localización - región Cajamarca.

Fuente: Adaptado del Instituto Nacional de Estadística e Informática.

- Norte** : Con el Distrito de Celendín, de la Provincia de Celendín.
- Sur** : Con el Distrito de Jorge Chávez, de la Provincia de Celendín.
- Este** : Con el Río Marañón, al otro lado se encuentra los Distritos Balsas y Chuquibamba, de la Provincia de Chachapoyas.
- Oeste** : Con el Distrito Celendín y José Gálvez de la Provincia de Celendín.

1.4. Accesibilidad:

Para el detalle de las rutas de acceso al área en estudio, se considera como punto de partida la ciudad de Cajamarca, así mismo se debe indicar que el acceso al distrito se realiza mediante la única vía principal (carretera Celendín – Balsas), tal como se describe a continuación:

Tabla 16: *Rutas de acceso al Distrito de Utco*

DE - A	Distancia	Tiempo	T. Vía	Estado	M. Transporte
Cajamarca - Celendín	101.50 Km.	2h 20min	Asfaltada	Bueno	Vehículo (*)
Celendín – Cruce “El Limón”	33.50 Km.	0h 45min	Asfaltada	Bueno	Vehículo (*)
Cruce “El Limón” – Utco	5.90 Km	0h 20min	Afirmado	Regular	Vehículo (**)
TOTAL	140.90Km.	3h 25min			

Fuente: <http://sige.inei.gov.pe/test/atlas/>, (*) Datum WGS 84, 17S-M

1.5. Climatología:

Según información proporcionada por la MDU en base a estudios realizados por la entidad; los veranos son largos, cómodos y nublados y los inviernos son cortos, fríos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 5 °C a 21 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 24 °C. Por consiguiente, existente diversos microclimas que se presentan en el distrito de Utco, por ejemplo, tenemos la región Yunga, región quechua, región Suni. La temporada de lluvia dura 8,4 meses, del 11 de septiembre al 24 de mayo, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 19 de

marzo, con una acumulación total promedio de 65 milímetros. El periodo del año sin lluvia dura 3,6 meses, del 24 de mayo al 11 de septiembre. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 20 de julio, con una acumulación total promedio de 2 milímetros.

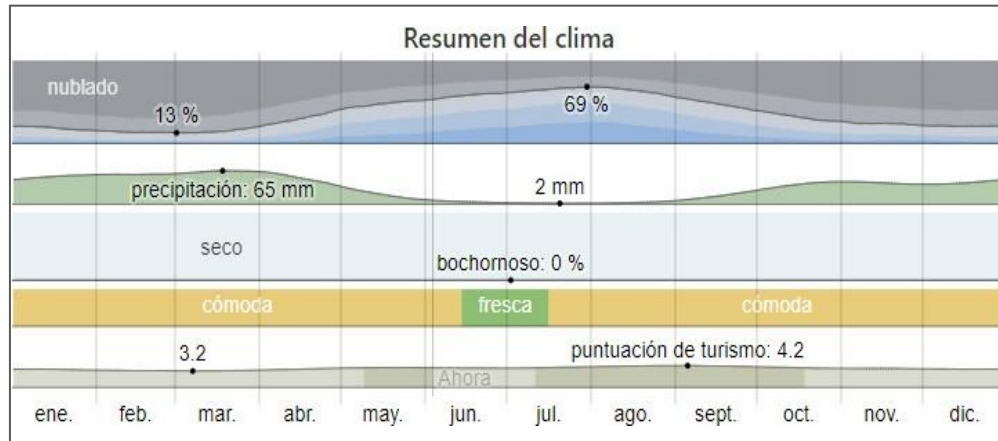


Figura 29: Resumen del clima presente en el distrito de Utco.

Fuente: Recopilado de expediente técnico con código único de inversiones N° 2449296, 2020.

A continuación, se presenta un gráfico en el cual se puede verificar las precipitaciones de lluvias mensuales promedio ver Figura 30 para más detalle.

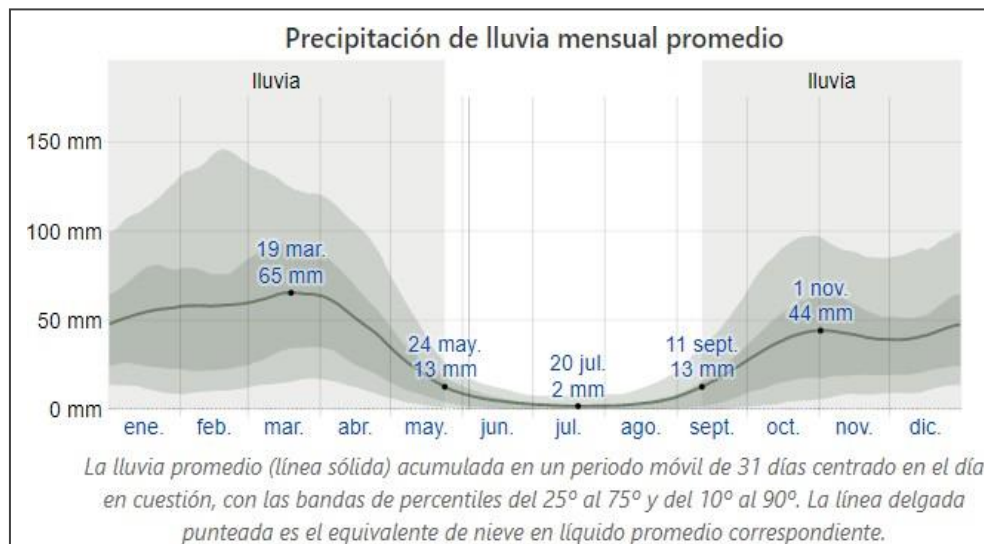


Figura 30: Precipitación de lluvia mensual promedio.

Fuente: Recopilado de expediente técnico con código único de inversiones N° 2449296, 2020.

1.6. Geología y Suelo

Las características geológicas correspondientes para al área de influencia (zona rural de Utco) presentan cinco unidades geológicas: Ks-yu/Formación Yumagual, Ki –g/ Grupo Goyllarisquizga, Ki – chu/ pa/ Formacion Chulec Pariatambo, Ks – ch / Formacion Chota, Qh - al / Aluviales; así como también presencia de paisaje kárstico estalactita, Areniscas y estalagmita.

En el distrito de Utco, se han podido identificar cuatro tipos de suelos y son los siguientes: H / Phacozem, J-H / Fluvisol-Phacozem, L / Leptosol y L-R / Leptosol-Regosol. Estas unidades estratigráficas fueron determinadas por el gobierno regional de Cajamarca – Sub-Gerencia de Acondicionamiento Territorial (Boñon, 2010 – 2011).



Figura 31: Vista panorámica de la geología del distrito de Utco.

Fuente: Elaboración Propia

1.7. Aspectos de sismicidad:

El territorio nacional se encuentra dividido en 3 zonas sísmicas; esta zonificación se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, en las características generales de los movimientos sísmicos y en la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica. En este caso la zonificación sísmica para el distrito de Utco, se encuentra dentro de la ZONA 2.

Considerando que según la escala de Mercalli:

- Grado VI: Daños ligeros a las construcciones
- Grado VII: Daño a las construcciones
- Grado VIII: Fuerte daño a las construcciones

Se realiza la visita con la finalidad de poder tener una mejor perspectiva de la problemática que se presencia en el distrito. Así mismo, se hace uso de la técnica de observación antes mencionada, en la cual se utilizaron los instrumentos como: Cámara fotográfica, cuaderno de apuntes, GPS diferencial. Mediante ello se pudo corroborar, que el déficit habitacional es bastante evidente, revisar.

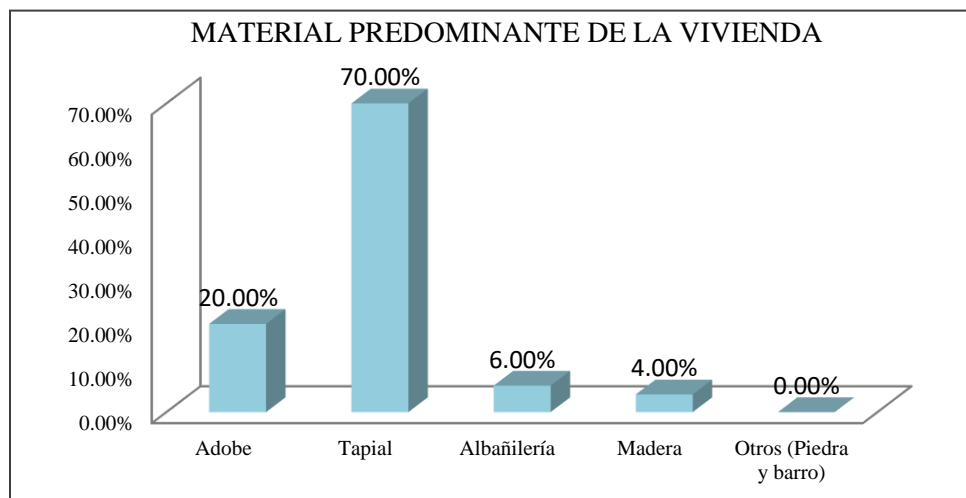


Figura 32: Material predominante en las viviendas del distrito de Utco.
Fuente: Adaptado de base de datos de la Municipalidad Distrital de Utco, 2022.

Por ende, se realizó 6 visitas de campo para poder llevar a cabo este estudio de investigación:

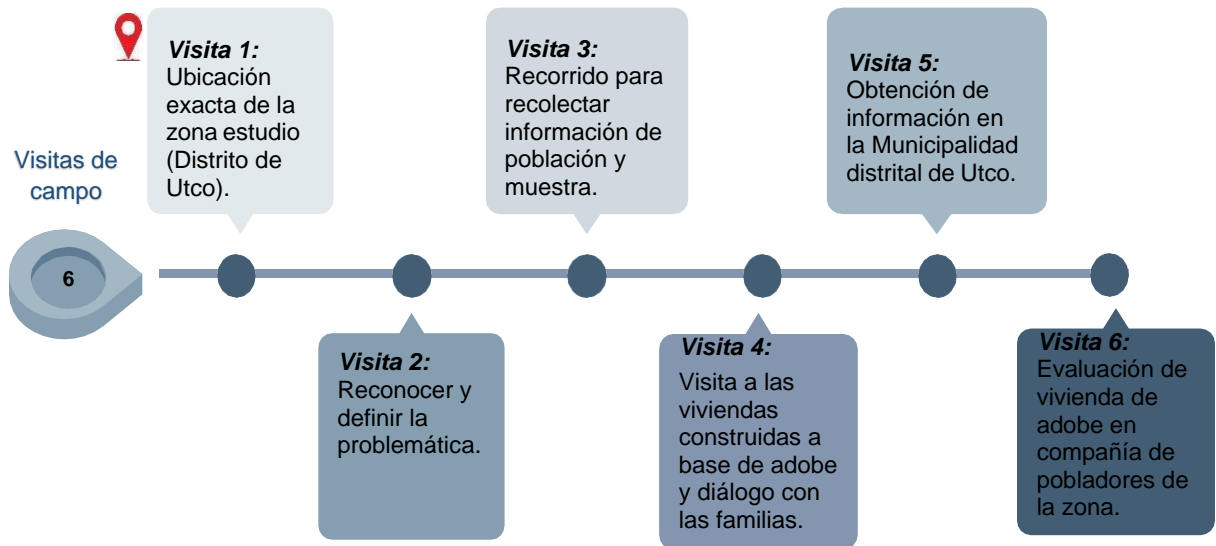


Figura 33: Diagrama de flujo de las visitas de campo realizadas.
Fuente: Elaboración propia.

Paso 2: Evaluar las diferentes viviendas existentes en la zona.

Se realizó el recorrido por las viviendas construidas a base de adobe, a las cuales llegamos con compañía de algunos pobladores de la zona quienes nos brindaron su apoyo para poder recolectar la información necesaria, de esta manera se pudo corroborar la problemática presente en las viviendas, información para la población y muestra, dicha información fue primordial para poder continuar con el desarrollo de la investigación. Se pudo identificar viviendas en mal estado con falla visuales las cuales fueron producto de algún acontecimiento sísmico. Por consiguiente, la población fue muy colaborativa, por lo que el trabajo de campo fue con ayuda directa de ellos y así también poder obtener con mucha más precisión la información y poder plasmarla dentro de la investigación.

Paso 3: Revisar y evaluar estudios similares para la obtención de datos.

Se hizo una revisión sistemática de todos los posibles estudios que tengan relación al tema de investigación, y según la búsqueda se encontró, diferentes estudios realizados en diferentes lugares del Perú y países del mundo; es por ello, que se consideraron los que tenían mayor similitud a la investigación y así estos servirán como una referencia para verificar que criterios se han tenido para realizar soluciones frente a construcciones de adobe afectadas por movimientos sísmicos en zonas rurales, en donde la población y viviendas se encuentra más vulnerable a sufrir daños y perjuicios antes estos fenómenos naturales.

Paso 4: Consideraciones bajo reglamento y normativas para la elaboración del modelamiento.

Se evaluó en base a las normativas consignadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Luego, se procedió a aplicar dichas consideraciones, criterios y características en el modelamiento como una solución frente a la problemática que se presenta en las viviendas de adobe en el distrito de Utco.

Paso 5: Culminación del conjunto de planos arquitectónicos y estructurales.

Se procede con el diseño en el software AutoCAD, en el cual se realiza el diseño arquitectónico y estructural de la vivienda típica de la zona a base de adobe; así mismo, de la vivienda reforzada con geomalla y malla electrosoldada teniendo en cuenta las consideraciones de habitabilidad, luminosidad, ventilación, áreas, entre otras, con el fin de brindar con todo este trabajo una propuesta de mejora de vivienda y así poder llevar a una solución en futuras construcciones que se esté pensando realizar.

Paso 6: Diseñar y analizar el modelamiento de la vivienda de adobe típica de la zona en los softwares (AutoCAD 2019, ETABS 19 y SAP2000 20).

Una vez realizado el diseño en AutoCAD de la vivienda típica de la zona de estudios se procederá a realizar el modelamiento empleando el software ETABS 19 y SAP2000 20 y de esta manera se podrá calcular las derivas de piso, desplazamiento, fuerzas en elementos estructurales considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe.

Paso 7: Diseñar y analizar el modelamiento de la vivienda de adobe reforzado con geomalla en los softwares (AutoCAD 2019, ETABS 19 y SAP2000 20).

Una vez realizado el diseño en AutoCAD de la vivienda de adobe reforzado con geomalla se procederá a realizar el modelamiento empleando el software ETABS 19 y SAP2000 20 y de esta manera se podrá calcular las derivas de piso, desplazamiento, fuerzas en elementos estructurales considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe.

Paso 8: Diseñar y analizar el modelamiento de la vivienda de adobe reforzado con malla electrosoldada en los softwares (AutoCAD 2019, ETABS 19 y SAP2000 20).

Una vez realizado el diseño en AutoCAD de la vivienda de adobe reforzado con malla electrosoldada se procederá a realizar el modelamiento empleando el software ETABS 19 y SAP2000 20 y de esta manera se podrá calcular las derivas de piso, desplazamiento, fuerzas en elementos estructurales considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe.

Paso 9: Culminación del conjunto de planos arquitectónicos y estructurales.

De acuerdo con el resultado obtenido mediante el análisis de modelamientos en los softwares indicados, se procederá con la culminación de detalles de los planos (Ver anexos).

Paso 10: Traslado de los resultados a base de datos en Excel.

Los datos obtenidos mediante el modelamiento se procedieron a ordenar los datos mediante una base y así analizarlos detalladamente en Excel mediante tablas, gráficos, entre otros.

Paso 11: Análisis del conjunto de datos de los tres modelamientos.

Una vez exportado la data a Excel se realizó en análisis de los tres modelamientos: vivienda típica, reforzada con geomalla y malla electrosoldada.

Paso 12: Comparación de resultados del modelamientos y análisis de vivienda típica, vivienda reforzada con geomalla y malla electrosoldada.

Se realiza la comparación de datos; ya que, esto es imprescindible por lo que con esto podremos obtener una respuesta concisa de como una vivienda de adobe debería ser construida y que esta misma brinde la seguridad a la familia que la habita sin poner en riesgo la vida humana.

Análisis de datos

Una vez recolectado los datos de los tres modelamientos se procederá con el trabajo de gabinete, realizando un reordenamiento de los todos los datos obtenidos, un análisis completo, los cálculos matemáticos y en base a esto se creará los gráficos, tablas para obtener resultados positivos en base a la investigación de las viviendas de adobe reforzado con

geomalla y malla electrosoldada y que este sea una opción de construcciones futuras verificando que las viviendas en su funcionalidad sean seguras y pueda ser habitadas.

Aplicación

Una vez que se haya obtenido y evaluado los resultados se calculará cuánto es la mejora de una edificación de adobe con baja densidad de muros; así mismo, se visualizara en los dos softwares de análisis estructural el cual permitirá ver cómo podemos enfocarnos en reforzar los muros con el fin de reducir la vulnerabilidad sísmica y así poder aplicarlas en construcciones futuras, ayudando de esta manera a la población de zonas rurales de bajos recursos, buscando de esta manera reducir la vulnerabilidad sísmica y obteniendo viviendas capaces de soportar a acontecimientos sísmicos de diferentes escalas.

Aspectos éticos

En la presente investigación, se está considerando los aspectos éticos pertinentes. Salvaguardar en primer lugar, la propiedad intelectual de los autores; así como también, de páginas como INEI, SENAMHI, entre otras, citando apropiadamente cada uno de los contenidos que forman parte de esta investigación, utilizando el formato APA con citas textuales y parafraseo. De igual forma, precisando las fuentes bibliográficas.

Toda información recopilada y registrada mediante imágenes de visitas realizadas a las zonas en las cuales está enfocada el estudio, como es el caso de las imágenes de las viviendas; serán usadas netamente para temas de estudio educativo, respetando la integridad de las familias. Además, se presentan datos fidedignos que han sido elaborados y desarrollados, mediante normativas, reglamentos, guías y análisis en softwares, con el fin de obtener un material óptimo y apropiado para su uso.

Tabla 17: Cuadro de Operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de Medición	
V. INDEPENDIENTE	Reforzamiento	Son elementos constituidos por materiales con alta capacidad de tracción, que sirven para controlar los desplazamientos de muros en caso de fisuras estructurales, estos deben ser compatibles con el material tierra; es decir, flexibles y de baja dureza para no dañarlo durante las vibraciones que produce los sismos (RNE. Norma E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada, 2022).	Materiales y técnicas usadas con la finalidad de incrementar la resistencia, así como también la rigidez especialmente en los muros de una edificación de adobe.	Geomalla	Rigidez y resistencia	Ficha Técnica	Tn/m
				Malla Electrosoldada	Rigidez y resistencia	Ficha Técnica	Tn/m
V. DEPENDIENTE	Respuesta Estructural	Es el comportamiento estructural de una edificación frente a un evento sísmico, que se presenta como resultado ante la cantidad de desplazamiento, velocidad, aceleración de la masa; así como también, fuerza interna o dicho también como esfuerzo interno en la estructura (Chopra A., 2014).	Se realiza el análisis estructural de una vivienda rural de adobe reforzada con geomalla y malla electrosoldada en el software ESTABS y SAP 2000 y determinar cuál de estas garantiza una mejor resistencia ante un movimiento sísmico.	Desplazamientos	Desplazamientos laterales	Software (ETABS, SAP 2000)	cm
				Distorsiones	Deformaciones	Software (ETABS, SAP 2000)	Adimensional

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: *Matriz de consistencia del trabajo de investigación*

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
Problema principal	Objetivo general	Hipótesis general			
¿Qué tipo de reforzamientos ofrece una mejor respuesta estructural en una edificación con adobe en el distrito de Utco, Celendín Cajamarca, 2023?	Comparar la respuesta estructural de una edificación con adobe reforzada con geomalla y malla electrosoldada en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023.	La respuesta estructural de una vivienda de adobe es mejor con el reforzamiento de geomalla que con malla electrosoldada en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023.	Variable independiente (VI)	- Geomalla - Malla Electrosoldada	- Resistencia y rigidez - Resistencia y rigidez
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			
¿Cuál es la respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023?	Determinar la respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023.	La vivienda de adobe en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca es altamente vulnerable ante un sismo sino presenta ningún tipo de reforzamiento.	Reforzamiento		
¿Cuál es la respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe reforzada con geomalla en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023?	Determinar la respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe reforzada con geomalla en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023."	La aplicación de la geomalla permite obtener una mejor respuesta estructural para la estructura de adobe reforzada con geomalla en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca.	Variable dependiente (VD)	- Desplazamientos - Distorsiones	- Desplazamientos laterales - Deformaciones
¿Cuál respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe reforzada con malla electrosoldada en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023?	Determinar la respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe reforzada con malla electrosoldada en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca 2023.	La aplicación de la malla electrosoldada permite obtener una mejor respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral para la estructura de adobe reforzada con malla electrosoldada en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca. .	Respuesta estructural		

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En este capítulo se muestra todos los resultados obtenidos, los cuales fueron realizados siguiendo la metodología correspondiente. Se evaluó la problemática mediante las vistas a campo, identificando las viviendas típicas de la zona de estudio, así como también los métodos constructivos empleados. Por otra parte, se muestra el diseño de la vivienda típica de la zona, como también de las dos opciones con reforzamiento trabajados en AutoCAD 2022. Posteriormente se realizó el modelamiento en ETABS y SAP 2000, y luego un análisis estructural considerando ciertos parámetros sísmicos y verificar cuál de los casos genera una mejor estabilidad sísmica.

Descripción y evaluación de la vivienda típica en el Distrito de Utco.

La vivienda típica en el distrito de Utco es una estructura de un nivel construida generalmente a base de unidades de adobe elaborados mediante técnicas constructivas ancestrales. Así mismo, se identificó que los adobes son elaborados de forma cuadrada con dimensiones de 40 cm de largo por 40 cm de ancho y 10 cm de altura; además, estos son trabajados con un suelo que contiene limo y arcilla obtenido del mismo lugar a esto se añade la paja de trigo que se siembra en la zona y agua; dichas unidades son fabricadas de forma artesanal por los pobladores del distrito.

La distribución de la vivienda no es la adecuada, no cuenta con iluminación natural y ventilación. Los vanos son pequeños impidiendo el acceso de la luz solar; además, los ambientes son compartidos para usos variados tal es el caso de la cocina. Sin embargo, hay algo a favor, las áreas de los ambientes son amplios, pero cabe recalcar que falta charlas, capacitaciones a las familias para que estas puedan distribuir el uso adecuado de estos.

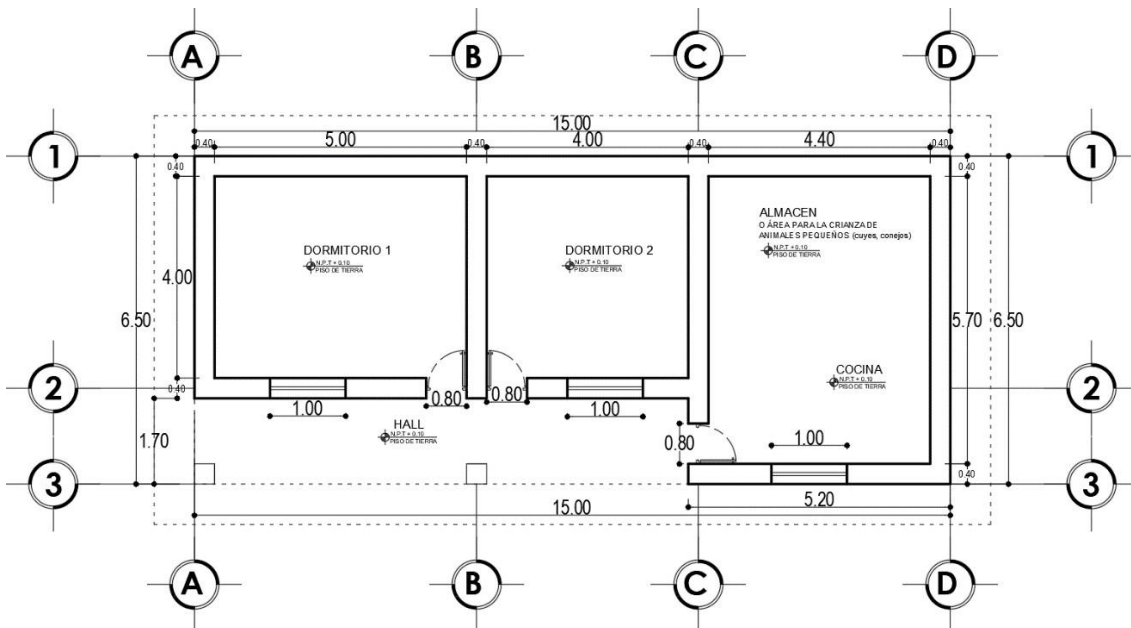


Figura 34: Vista en planta de vivienda típica de distrito de Utco.
Fuente: Elaboración propia.

Según la visita a campo se encontró que la población en la zona de estudio presenta un gran déficit habitacional, careciendo de conocimientos constructivos, así como también de una planificación vivencial. A continuación, se evidencia que los SS.HH también son a base de adobe; así mismo, este al igual que las conexiones básicas están ubicadas muy aparte de la vivienda tal cual se muestra en la *Imagen 35*.



Figura 35: Tipo de UBS y conexiones domiciliarias.
Fuente: Elaboración propia.

Descripción de vivienda propuesta

De acuerdo con algunos criterios que establece la norma E. 080 Diseño y construcción con tierra reforzada, se ha tomado en cuenta ciertos requisitos mínimos para que la vivienda, tenga un adecuado comportamiento sísmico con el fin de reducir el riesgo de pérdidas de vidas y daños materiales, y posibilitar que las paredes de adobe no colapsen. Por ende, para la propuesta de vivienda tubo consideraciones de normativas, reglamentos, según lo observado en la visita técnica a campo realizada a las viviendas, luego de esto se plasmó un diseño que cumpla con los estándares de vivienda y criterios estructurales necesarios. Considerando que esta puede ser empleada a futuro por los propios pobladores de la zona en sus construcciones. Se ha considerado la siguiente distribución de vivienda:

Tabla 19: *Distribución de ambientes.*

AMBIENTES	AREA (m ²)	Perímetro (ml)	ZONA
Sala	17.60	16.80	Social
Cocina	7.08	11.20	Social
Comedor	10.40	13.20	De Servicios
Lavandería	3.96	8.80	De Servicios
Dormitorio Principal	16.36	16.80	Privada
Dormitorio 1	16.36	16.80	Privada
Dormitorio 2	16.36	16.80	Privada
SS. HH.	3.40	8.40	De Servicios
SS. HH.	3.40	8.40	De Servicios
ÁREA TOTAL	139.84 m²	→ 140.00 m²	

Fuente: Elaboración propia.

La edificación cuenta con Sala, comedor, cocina, lavandería, dormitorio principal, dormitorio 1 y 2, dos servicios higiénicos en total son 09 ambientes, con una buena distribución adecuada basada en la Norma A. 010 Condiciones Generales de Diseño; así mismo, el área total es de 139.84 m² (140.00 m²), en donde se cuenta con zonas de servicios, social y privada. En la *Figura 36* se puede evidenciar la vista en planta para que luego esta sea modelada en los softwares antes mencionado.

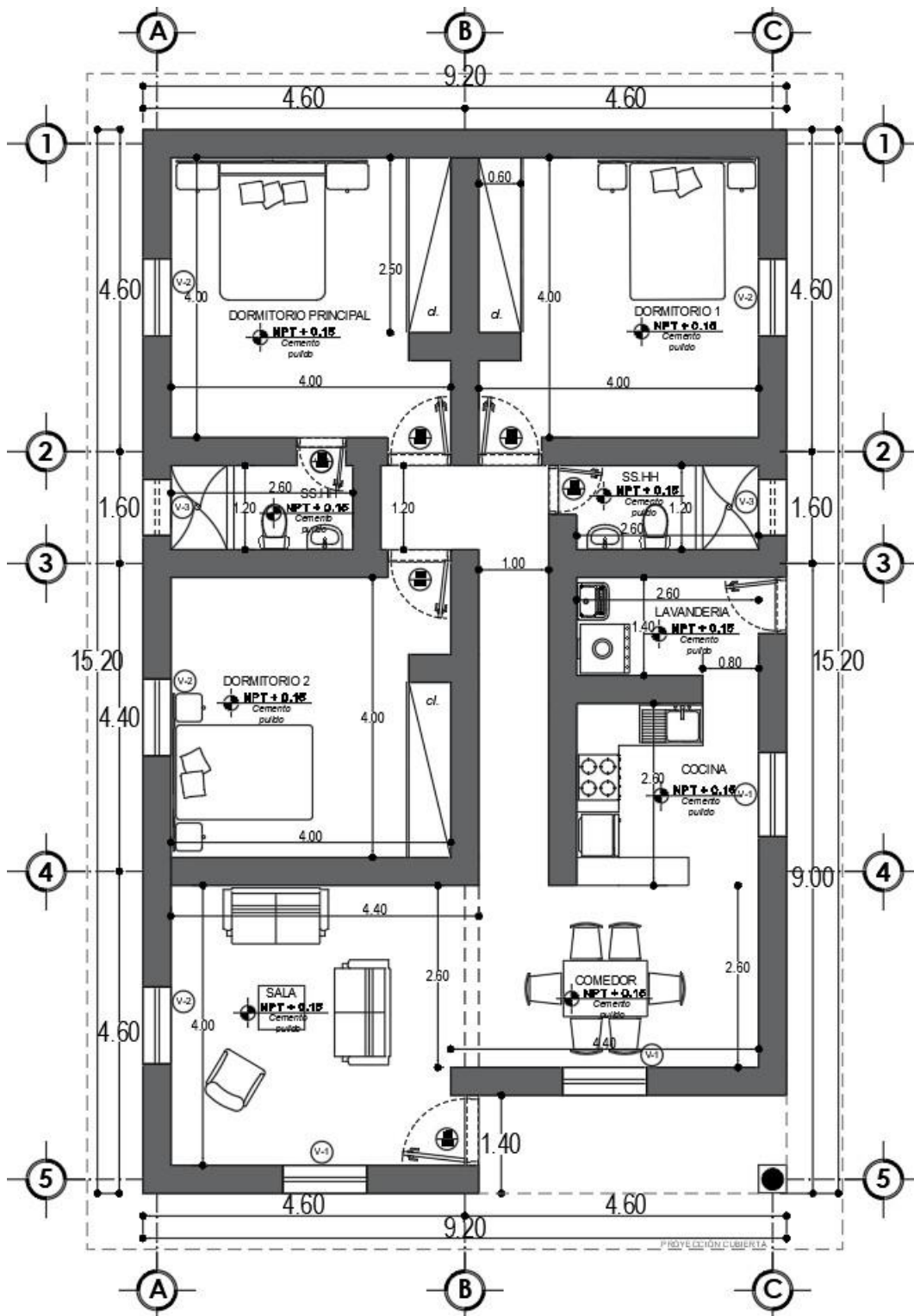


Figura 36: Vista en planta vivienda de adobe.
Fuente: Elaboración propia.

Las características principales de la edificación con adobe se resumen en el diagrama (ver *Figura 37*), pues se está considerando estas en base a la normativa y empleando materiales propios de la zona que son fáciles de adquirir a excepción de ellos refuerzos, ya que estos son materiales elaborados por grandes industrias; sin embargo, se utilizan como material dentro de la elaboración de una vivienda que cumpla con un diseño sismorresistente.



Figura 37: Diagrama de las características de vivienda a base de adobe.
Fuente: Elaboración propia.

Descripción de la estructura

La estructura analizada corresponde a una vivienda hecha de adobe de un solo nivel con nueve ambientes bien definidos con un área total de 140 m², los muros de adobe tienen un espesor de 40 cm, estas a la vez van a estar reforzadas con geomalla o malla electrosoldada para mejorar la estabilidad frente a efectos sísmicos. El proyecto estructural de esta vivienda está ubicado en el distrito de Utco, provincia de Celendín de la región Cajamarca, su desarrollo se basó en proponer las medidas óptimas de refuerzo para dotarle cierta rigidez lateral que le permita un comportamiento adecuado durante un movimiento sísmico.

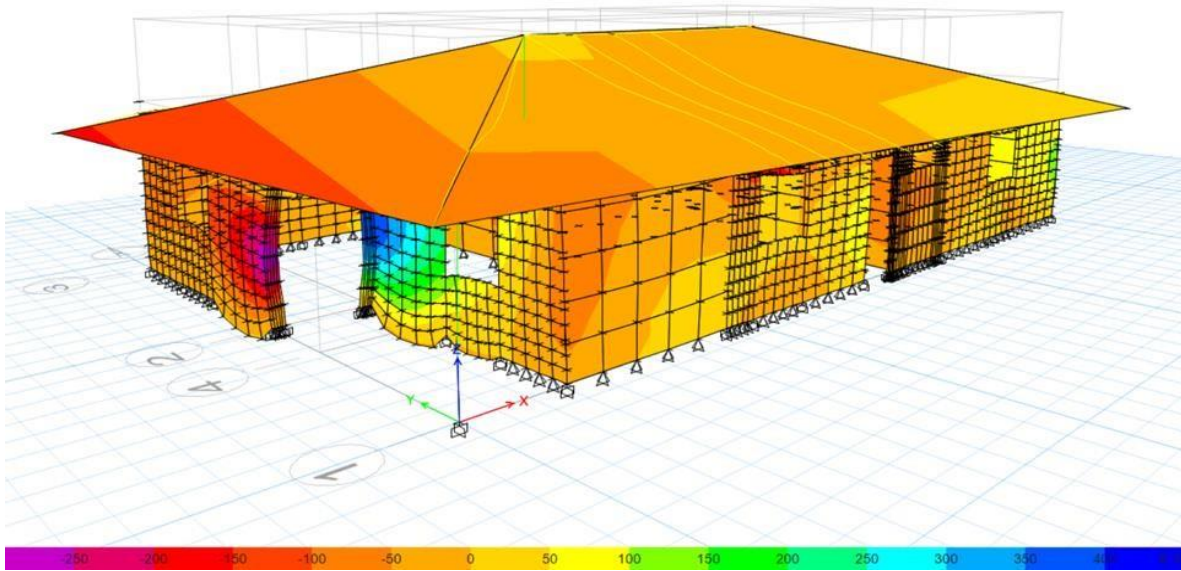


Figura 38: Modelamiento de vivienda de adobe en ETABS.
Fuente: Elaboración propia.

Para poder desarrollar el trabajo se tomó datos de los estudios de suelos obtenidos de los archivos de la municipalidad de Utco; así mismo, se pudo determinar que el lugar de estudio a realizar se cuenta con suelo de tipo (E. 030) S2 = suelo mediamente rígido, ubicado en una Zona 2. Basándose en los proyectos de Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento que viene realizando durante años con el Programa Nacional de Vivienda Rural, se puede definir que el proyecto "Mejoramiento de vivienda rural del programa nacional de vivienda en los centros poblados Pamapa Amaru, Chuco Amaru y otros, distrito de Huancané, provincia de Huancané, departamento de Puno" se ubica en una Zona 2 y se verifica que tiene un gran porcentaje de coincidencia con el lugar de estudio que se viene realizando; por ende, se considera los datos de los ensayos de adobe y así poder seguir con el desarrollo del trabajo de investigación. Por lo que, dicho proyecto está aprobado por el MVCS bajo los lineamientos del PNVR.

Propiedades materiales:

Numero de niveles:	01 nivel
Tipo de edificación:	C Edificación común – Vivienda (según norma E. 030)
Altura de edificación	2.40 m (3.00 m hasta el punto más alto)
Forma geométrica de la planta	Rectangular (15.20 m x 9.20 m)

Características mecánicas de los materiales:

- **Mampostería de adobe**

Peso específico de la Mampostería de Adobe:	Pe m adobe = 1600 Kgf/m ³
Módulo de elasticidad:	Em m adobe = 2040 Kgf/cm ²
Resistencia última a la compresión:	f'm m adobe = 6.12 Kgf/cm ²
Resistencia admisible a la compresión (E.080) [$f_{adm} = 0.40 f'm$]:	f adm = 2.448 Kgf/cm ²
Esfuerzo Cortante último en muros sin refuerzo:	V'm = 0.25 Kgf/cm ²
Coefficiente de Poisson:	Cp = 0.25

- **Madera**

Grupo (según RNE - Norma E.010):	Grupo = C
Peso Específico de Madera:	Pe madera = 900 Kgf/m ³
Módulo de elasticidad:	E = 90000 Kgf/cm ²
Resistencia admisible a tracción por flexión:	f'm madera = 100 Kgf/cm ²
Resistencia admisible al corte:	fy madera = 8 Kgf/cm ²

- **Malla Electrosoldada**

Límite de Fluencia	fy = 5000 Kgf/m ³
Resistencia a la rotura	fr = 5600 Kgf/cm ²
Módulo de elasticidad	E = 2.10E+06 Kgf/cm ²
Medida	2.40 x 6.00 m
Cocada	100 x 100 mm
Diámetro	D = 4.20 mm
Peso	P = 2.18 Kg/m ²

• **Geomalla Biaxial**

Esfuerzo máximo:	=	137 MPa
Elongación máxima:	=	11 %
Módulo de elasticidad:	=	2894 MPa
Resistencia al 5% de elongación:	=	8.9 kN/m
Resistencia al 2% de elongación:	=	4.45 kN/m
Resistencia Última:	=	12.81 kN/m

Cargas:

En la ingeniería las edificaciones y todas sus partes que la componen deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga según la Norma E. 020; especialmente si hablamos de ingeniería estructural se trabaja con dos tipos de cargas: muerta y viva. Para el modelo estructural se consideraron las siguientes cargas:

Carga muerta: Se considera el peso de los materiales de los cuales la edificación soportara, en base a los pesos unitarios de cada uno de los materiales a usar. Entonces, se tiene lo siguiente: (ver Tabla 19).

Carga viva: Según la Norma E. 020 en el artículo 7, la carga viva para techos con cobertura livianas y de planchas onduladas o plegadas, calaminas, fibrocemento, material plástico; representa una cobertura ligera denominado montaje se debe considerar una carga viva de 30 kgf/m². No se considera carga de nieve ya que la zona presenta un clima cálido.

Tabla 20: *Cargas del modelo estructural.*

Descripción	Datos	Unidades
Peso específico de la madera	900	kg/m ³
Peso específico de la mampostería de adobe	1600	kg/m ³
Cobertura liviana con aislante	50	kg/m ²
Carga viva Cobertura ligera	30	kgf/m ² (montaje)

Fuente: Elaboración propia.

Carga sísmica: De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.

080) la fuerza sísmica horizontal para edificaciones de tierra reforzada está determinada por $H = SUCP$, teniendo en consideración características del suelo y estructura como también del uso de dicha edificación. Obteniendo así los siguientes parámetros:

$$H = S.U.C.P \qquad \text{Ec. 1}$$

a.- Cálculo del factor Suelo (S) = 1.40

Por tratarse de un suelo blando y una capacidad portante menor a 1 kg/cm^2 (ver Tabla 2) se verifica que se le asigna un valor de 1.40, por ser un suelo de Tipo II.

b.- Cálculo del factor de Uso (U) = 1.00

Para este caso la construcción va a cumplir una sola función, el de vivienda. Que tendrá un valor de 1.00 y según su tipo de edificación la densidad es del 8.0 % (ver Tabla 3).

c.- Cálculo del Coeficiente sísmico por zona (C) = 0.15

Se obtiene el valor según la zona sísmica consignado dentro del mapa de zonificación; en donde el distrito de Utco se ubica en la Zona 2 obteniendo un coeficiente de 0.15 (Tabla 4).

Tabla 21: *Datos para el cálculo de la Fuerza Sísmica Horizontal.*

Descripción	Datos	Valor
S: Factor Suelo	Suelo Intermedio	1.40
U: Factor de Uso	Vivienda Unifamiliar	1.00
C: Coeficiente Sísmico	Zona Sísmica 2	0.15
H: Fuerza sísmica Horizontal	---	---

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene los siguiente:

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

$$H = 1.40 \times 1.00 \times 0.15 \times P$$

$$H = 0.21 \times P$$

P: Peso de la edificación incluye carga muerta más 50% de la carga viva

$$\Rightarrow P = M \times g$$

$$\Rightarrow H = 0.21 \times P$$

$$H = 0.21 \times M \times g = A \times M \quad (\text{en términos de aceleración})$$

$$0.21 \times M \times g = A \times M$$

$$\frac{0.21 \times M \times g}{M} = A$$

=>Aceleración de la estructura:

$$A = 0.21 \times g \quad \rightarrow (*g = 9.81)$$

$$A = 0.21 \times 9.81$$

$$A = 2.06 \text{ m/s}^2$$

Para el diseño de muros se ha considerado la estabilidad en donde se respetó los límites de grosor, esbeltez horizontal y vertical, altura máxima, distancia entre arriostres verticales, aberturas según la norma. Tenemos dos tipos de esbeltez: Esbeltez vertical es la relación que existe entre la altura del muro y su espesor, mientras que la horizontal es la relación entre el largo del muro y su espesor.

Tabla 22: *Criterios para la esbeltez de muros.*

Esbeltez	Refuerzo y Arriostre	Muro (m) Espesor mínimo	Muro (m) Altura mínima
$\gamma \leq 6$	Solera	0,4 – 0,5	2,4 – 3,0
$6 \leq \gamma \leq 8$	Solera más elementos de refuerzo horizontal y vertical en los encuentros de muros	0,3 – 0,5	2,4 – 4,0
$8 \leq \gamma \leq 9$	Solera más elementos de refuerzo horizontal y vertical en toda la longitud encuentros en los muros	0,3 – 0,5	2,7 – 4,5

Fuente: Adaptado del MVCS y Norma E. 080, 2022.

Considerando los criterios se trabajó con muros de las siguientes dimensiones:

Espesor mínimo de Muro: E = 0.4 m (se ha considerado E=0.4 m)

Atura mínimo de Muro: A = 3.0 m (se ha considera A=2.5 m)

Metrado de Cargas:

Se tiene los siguientes datos para el cálculo de cargas, la vivienda cuenta con un área de 139.84 m^2 , dimensiones en plata (largo = 15.20 m y ancho de 9.20 m):

Peso específico de adobe	: 1600 kg/m^3
Nº de pisos	: 1 nivel
Área de construcción	: 139.84 m^2
Área techada	: 200.00 m^2
Altura de muros	: 2.50 m
Largo	: 15.20 m
Ancho	: 9.20 m

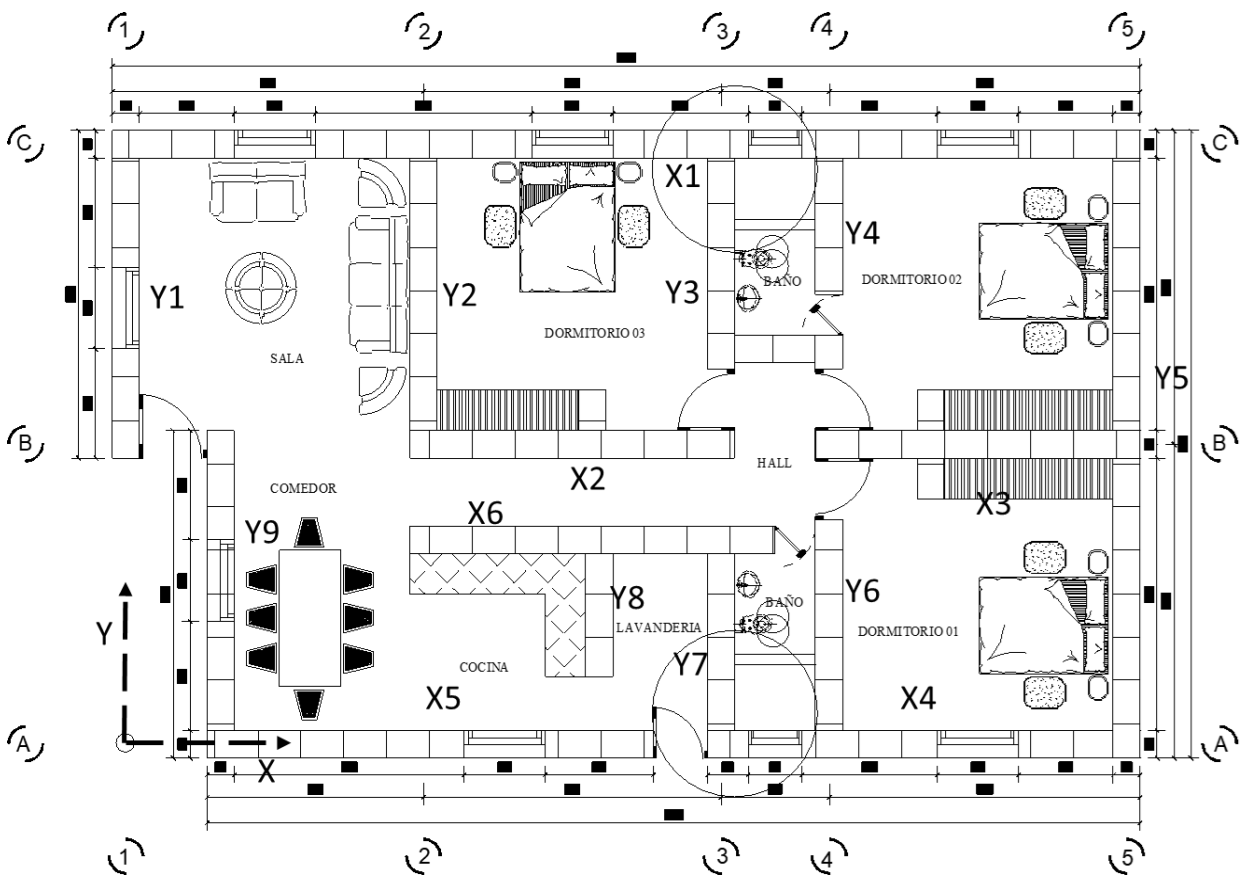


Figura 39: Identificación de muros en eje X - Y.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el cálculo de peso en los muros en el eje “X-X”, en donde se cuenta según el plano en planta de arquitectura con 6 muros en esta dirección. Obteniendo un peso de 67836.64 kilogramos según Tabla 23.

Tabla 23: Cuadro de peso de muros en el eje X-X.

Muro	Long.	t(m)	Área pared (cm ²)	Área ventana	Área neta	Peso (kg)
X1	15.20	40	60800	5.04	60794.96	24317.98
X2	4.80	40	19200	0.00	19200.00	7680.00
X3	4.40	40	17600	0.00	17600.00	7040.00
X4	6.00	40	24000	1.68	23998.32	9599.33
X5	6.60	40	26400	1.68	26398.32	10559.33
X6	5.40	40	21600	0.00	21600.00	8640.00
			169600		169591.60	67836.64

Fuente: Elaboración propia.

Seguido, tenemos el cálculo de peso de muros en el eje “Y-Y”, según lo plasmado existe 9 muros en dicha dirección con un espesor de 40 cm. Así mismo, se obtienes un peso de 54718.656 kilogramos.

Tabla 24: Cuadro de peso de muros en el eje Y-Y.

Muro	Long.	t(m)	Área pared (cm ²)	Área ventana	Área neta	Peso (kg)
Y1	4.40	40	17600	1.68	17598.32	7039.33
Y2	4.00	40	16000	0.00	16000.00	6400.00
Y3	3.10	40	12400	0.00	12400.00	4960.00
Y4	2.00	40	8000	0.00	8000.00	3200.00
Y5	8.80	40	35200	0.00	35200.00	14080.00
Y6	3.10	40	12400	0.00	12400.00	4960.00
Y7	2.60	40	10400	0.00	10400.00	4160.00
Y8	1.80	40	7200	0.00	7200.00	2880.00
Y9	4.40	40	17600	1.68	17598.32	7039.33
			136800		136796.64	54718.656

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, tenemos las siguientes cargas, las cuales son parte de la carga del techo a considerar; si bien es cierto según la norma E. 080, generalmente para este tipo de edificaciones se considera techo no muy pesados empleando materiales como madera y teja ya sea andina o de arcilla. Según la Tabla 25 el peso total es de 14800.00 kilogramos.

Tabla 25: *Cargas de techo.*

Definición	Área	P. Volumen	P. Total
Carga viva	200.00 m ²	30	3000.00
P. del tejado	200.00 m ²	50	10000.00
P. Madera	2.25 m ³	800	1800.00
			14800.00 kg

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido los valores del peso de la estructura, se procede al cálculo de la cortante basal, obteniendo los siguientes:

Tabla 26: *Resumen del peso total de la edificación.*

Definición	Peso (kg)
P. muros eje “X-X”	67836.64
P. muros eje “Y-Y”	54718.656
P. techo	14800.00
137355.30	

Fuente: Elaboración propia.

S = Factor de suelo	→ 1.40
U = Factor de Uso	→ 1.00
C = Coeficiente de Amplificación Sísmica	→ 0.15
P = Peso total de la Vivienda	→ 137355.30 kg

$$H = SUC * P$$

$$H = 28844.61$$

Luego, tenemos la distribución cortante basal:

Tabla 27: *Cargas de techo.*

Piso	Altura (H)	P(carga) kg	P*H	P*H/Σp*H	Fs = %V
1°	2.50	137355.30	343388.24	1.00	28844.61

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la densidad de muros:

Por consiguiente, según la Norma E. 080 la densidad de muros es el “cociente existente entre la suma de las áreas transversales de los muros que se encuentran en paralelo a cada eje principal de la planta y el área total techada” (p. 5); para ellos se utiliza las siguientes formulas, obteniendo un valor de densidad de muros en el eje X-X de 0.0848 y en el eje Y-Y un valor de 0.0810. Por lo cual, estos valores cumplen con lo establecido dentro de la normativa, ya que la densidad de muros en los ejes principales debe ser mínimo al valor del 8.00%, estando correctamente los datos establecidos para la estructura.

$$D_{Mx} = \frac{A_{muro}}{A_T} \quad \cdot \quad \text{Ec. 4}$$

$$M_x = 0.0848$$

$$M_x > 8\% ; 8.48\% > 8\%(\text{segun Norma E. 080}) \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$D_{My} = \frac{A_{muro}}{A_T} \quad \cdot \quad \text{Ec. 5}$$

$$M_y = 0.0810$$

$$M_y > 8\% ; 8.10\% > 8\%(\text{segun Norma E. 080}) \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Cálculo del cortante directo:

La norma E. 080 indica que la resistencia última del murete de adobe a compresión es de 0.60 MPa esto es igual a 6.12 kgf/cm²; en este caso se considera el valor antes mencionado por lo que no se desarrollaron ensayos; así mismo, la norma recomienda tomar este valor cuando no se haga los ensayos. Por otra parte, la resistencia admisible a la compresión según formula es de 2.448 kgf/cm².

$$f^{vm} = 6.12 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E_m = 0.4 \times f^{vm} \quad \rightarrow \quad E_m = 2.448 \text{ kgf/cm}^2$$

Para esto se calculó la rigidez lateral de los muros, calculado por la siguiente formula:

$$K = \frac{E_m \times t}{\frac{h^3}{4(L)} + 3\left(\frac{h}{L}\right)} \quad . \quad \text{Ec. 6}$$

$$V_d = \frac{K}{\sum K} \times f_s \quad . \quad \text{Ec. 7}$$

Se trabajo por ejes, primero con el eje X-X, luego con el eje Y-Y tal cual se detalla en la Tabla 28 y Tabla 29:

Tabla 28: Cortante directo en el eje X-X.

Muro	Long.	t(m)	h1	kx	Vd (kg)
X1	15.20	40	2.50	191.54	11792.87
X2	4.80	40	2.50	46.02	2833.53
X3	4.40	40	2.50	40.16	2472.56
X4	6.00	40	2.50	63.61	3916.41
X5	6.60	40	2.50	72.33	4453.33
X6	5.40	40	2.50	54.83	3375.92
					468.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29: *Cortante directo en el eje Y-Y.*

Muro	Long.	t(m)	h1	ky	Vd (kg)
Y1	4.40	40	2.50	40.16	3967.20
Y2	4.00	40	2.50	34.34	3392.18
Y3	3.10	40	2.50	21.68	2141.33
Y4	2.00	40	2.50	8.47	836.59
Y5	8.80	40	2.50	103.73	10247.00
Y6	3.10	40	2.50	21.68	2141.33
Y7	2.60	40	2.50	15.20	1501.88
Y8	1.80	40	2.50	6.58	649.92
Y9	4.40	40	2.50	40.16	3967.20
				291.99	

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del centro de gravedad:

El centro de gravedad es un concepto muy importante cuando se diseñan estructuras; ya que, de su situación dependerá que éstas sean estables y no pierdan su posición de equilibrio. En el suponemos que está concentrada toda la masa del objeto, pero sólo de forma virtual; puesto que, la masa de una estructura se encuentra repartida por todos sus elementos, su ubicación dependerá de su forma y de su centro de masa. Para ello realizamos los calculo tanto en eje X-X, así como también en el eje Y-Y (ver Tabla 30 y Tabla 31).

Tabla 30: *Datos para el centro de gravedad eje X-X.*

Muro	Xi	Yi	P	P x Xi
X1	7.60	8.80	24317.98	184816.68
X2	7.00	4.40	7680.00	53760.00
X3	12.60	4.40	7040.00	88704.00
X4	11.80	0.00	9599.33	113272.07
X5	4.50	0.00	10559.33	47516.98
X6	7.30	3.00	8640.00	63072.00
			67836.64	551141.72

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31: *Datos para el centro de gravedad eje Y-Y.*

Muro	Xi	Yi	P	P x Yi
Y1	0.00	6.40	7039.33	45051.70
Y2	4.40	6.20	6400.00	39680.00
Y3	8.80	7.05	4960.00	34968.00
Y4	10.40	6.40	3200.00	20480.00
Y5	14.80	4.20	14080.00	59136.00
Y6	10.40	1.75	4960.00	8680.00
Y7	8.80	1.50	4160.00	6240.00
Y8	7.00	2.00	2880.00	5760.00
Y9	1.40	2.20	7039.33	15486.52
			54718.66	235482.22

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, obtenemos que el centro de gravedad en el sentido X es de 8.12 y en sentido de Y es igual a 4.30.

$$X_{CG} = \frac{\sum P_i \times X_i}{\sum P_i} \quad \text{Ec. 8}$$

$$X_{CG} = 8.12$$

$$Y_{CG} = \frac{\sum P_i \times Y_i}{\sum P_i} \quad \text{Ec. 9}$$

$$Y_{CG} = 4.30$$

Cálculo del centro de rigidez:

Punto con respecto al cual la edificación se mueve desplazándose como un todo, a la vez se puede considerar concentradas las rigideces. Si la estructura presenta rotaciones estas serán con respecto a dicho punto. Existe línea de rigidez en el sentido X y también en Y, la intersección de estas es el centro de rigidez.

Tabla 32: *Datos para el centro de rigidez eje X-X.*

Muro	K	Yi	K x Yi
X1	191.54	8.80	1685.57
X2	46.02	4.40	202.50
X3	40.16	4.40	176.70
X4	63.61	0.00	0.00
X5	72.33	0.00	0.00
X6	54.83	3.00	164.50
	468.50		2229.28

Fuente: Elaboración propia.

 Tabla 33: *Datos para el centro de rigidez eje Y-Y.*

Muro	K	Xi	K x Xi
Y1	40.16	0.00	0.00
Y2	34.34	4.40	151.09
Y3	21.68	8.80	190.75
Y4	8.47	10.40	88.08
Y5	103.73	14.80	1535.21
Y6	21.68	10.40	225.44
Y7	15.20	8.80	133.79
Y8	6.58	7.00	46.05
Y9	40.16	1.40	56.22
	291.99		2426.64

Fuente: Elaboración propia.

Por ende, obtenemos que el centro de rigidez en el sentido de X es igual a 8.31 y en el sentido de Y es igual a 4.76.

$$X_{CR} = \frac{\sum Ky X_i}{\sum K} \quad . \quad \text{Ec. 10}$$

$$X_{CR} = 8.31$$

$$Y_{CR} = \frac{\sum Kx Y_i}{\sum K} \quad . \quad \text{Ec. 11}$$

$$Y_{CR} = 4.76$$

Cálculo de la excentricidad:

La excentricidad se desarrolla en los dos ejes X-Y, considerando la excentricidad teórica que llega a ser la diferencia existente entre el centro de rigidez (CR) y el centro de gravedad (CG); así mismo, si hablamos de excentricidad accidental esta se considera como 0.05 veces la dimensión de la edificación en dirección perpendicular a la dirección que está analizando. Una vez obtenido estos dos parámetros se procede al cálculo de la excentricidad de diseño en donde obtenemos para el eje x un valor de 1.04 y para el eje Y un valor de 1.14 (ver Tabla 34).

Tabla 34: *Excentricidad de diseño.*

Eje	E. Teórica	E. Accidental	E. de Diseño		
	$X_{CR} - X_{CG}$	$0.05 \times L$	$1.5 \times \frac{E_T}{E_A}$	$E_T - E_A$	E_D
X	0.19	0.76	1.04	-0.57	1.04
Y	0.45	0.46	1.14	-0.01	1.14

Fuente: Elaboración propia.

Y de esta manera podemos llegar a obtener el momento Torsor de cada eje con la siguiente formula:

$$M_T = (F_1) \times E_D \quad . \quad \text{Ec. 12}$$

Tabla 35: *Momento Torsor en eje X-Y*

Eje	Kg/m	$M_T = (F_1) \times E_D$	Tn/m
X	29970.73		29.97
Y	32946.65		32.95

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del cortante por torsión:

Se obtiene el cortante por torsión para la dirección X y para la dirección Y (ver Tabla 36 y 37)

$$V_T = \left(\frac{K \times d}{\sum K \times d^2} \right) \times M_T \quad \text{Ec. 13}$$

Tabla 36: Cortante por torsión en dirección X.

Muro	K	Y _i	d = Y _i - Y _{CR}	D x K	K x d ²	V _T
X1	191.54	8.80	0.49	93.75	45.88	228.44
X2	46.02	4.40	-3.91	-179.98	703.81	-438.56
X3	40.16	4.40	-3.91	-157.05	614.15	-382.69
X4	63.61	0.00	-8.31	-528.65	4393.34	-1288.20
X5	72.33	0.00	-8.31	-601.12	4995.65	-1464.81
X6	54.83	3.00	-5.31	-291.19	1546.39	-709.57
12299.22						

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37: Cortante por torsión en dirección Y.

Muro	K	X _i	d = X _i - X _{CR}	D x K	K x d ²	V _T
Y1	40.16	0.000	-4.758	191.09	909.28	469.10
Y2	34.34	4.400	-0.358	12.30	4.41	30.20
Y3	21.68	8.800	4.042	87.61	354.09	215.07
Y4	8.47	10.400	5.642	47.78	269.55	117.29
Y5	103.73	14.800	10.042	1041.63	10459.69	2556.99
Y6	21.68	10.400	5.642	122.29	689.94	300.20
Y7	15.20	8.800	4.042	61.45	248.35	150.84
Y8	6.58	7.000	2.242	14.75	33.06	36.20
Y9	40.16	1.400	-3.358	134.87	452.94	331.08
13421.31						

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del cortante por diseño:

El cálculo se obtuvo en dirección X – Y, así como se puede apreciar en las tablas 38 y 39 respectivamente.

Tabla 38: *Cortante de diseño en dirección X.*

Muro	Vd	Vt	Vd - Vt
X1	11792.87	228.44	12021.31
X2	2833.53	-438.56	2394.96
X3	2472.56	-382.69	2089.87
X4	3916.41	-1288.20	2628.21
X5	4453.33	-1464.81	2988.52
X6	3375.92	-709.57	2666.34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39: *Cortante de diseño en dirección Y.*

Muro	Vd	Vt	Vd - Vt
Y1	3967.20	469.10	4436.29
Y2	3392.18	30.20	3422.39
Y3	2141.33	215.07	2356.39
Y4	836.59	117.29	953.87
Y5	10247.00	2556.99	12803.98
Y6	2141.33	300.20	2441.53
Y7	1501.88	150.84	1652.72
Y8	649.92	36.20	686.12
Y9	3967.20	331.08	4298.27

Fuente: Elaboración propia.

Modelamiento de la estructura en ETABS

El modelamiento estructural de esta vivienda se ha diseñado primeramente en el programa ETABS, el cual es un software potente enfocado al análisis de estructuras, que nos va a permitir realizar dimensionamiento, modelado, cálculo y análisis para este proyecto.

Primero se realizó el dibujo plasmado en la visita a campo que se efectuó considerando criterios primordiales para que sea una vivienda óptima para los habitantes; se elaboró planos en planta y elevación en AutoCAD, pudiéndose verificar el área que ocupan los muros de adobe. En la *Figura 40* se puede observar la distribución de muros de adobe que tiene la edificación cumpliendo con el esquema estructura que se busca en una vivienda que sea segura ante eventos naturales.

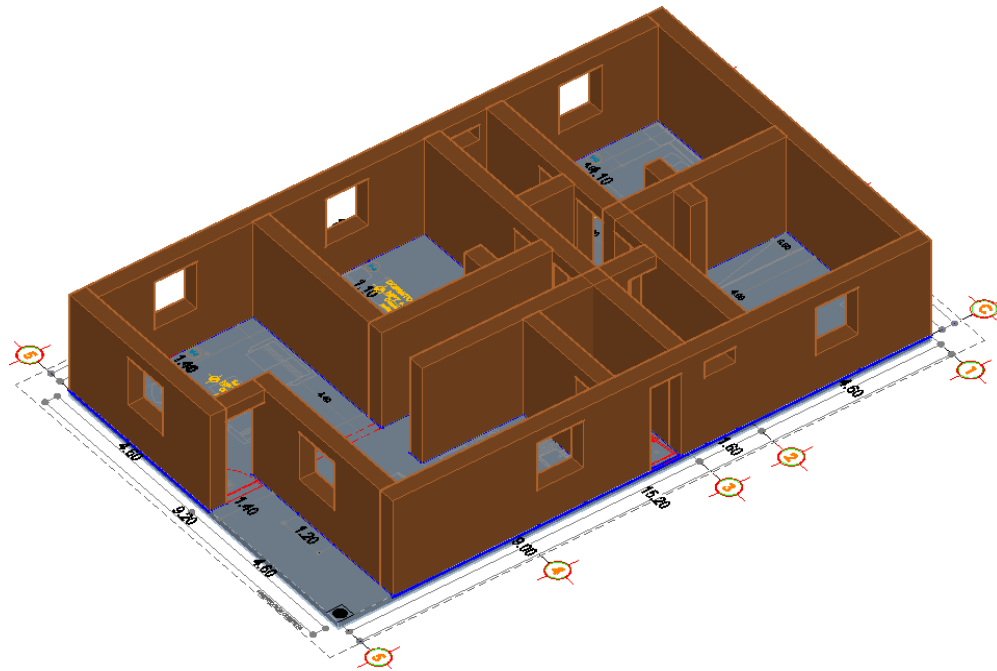


Figura 40: Distribución de muros de la estructura sin refuerzo.

Fuente: Elaboración propia.

El trabajo en el software ETABS se procedió configurando las grillas referentes de los ejes y con ello las dimensiones tanto en dirección de X – Y (ver *Figura 38*) de los muros con elementos Shell.

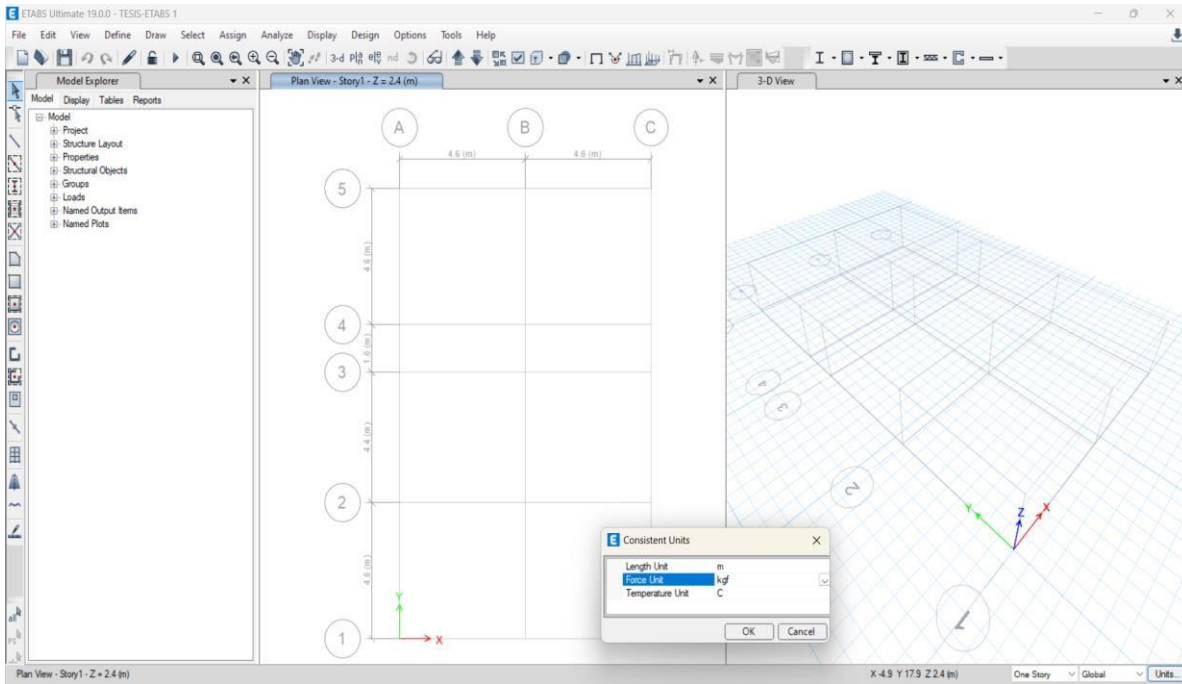


Figura 41: Configuración de grillas y unidades.

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se determinó las propiedades del Peso específico y el módulo de elasticidad; como no se cuenta con resultados de ensayos experimentales, se usó el valor según norma E. 080 de $2040 \text{ kgf/cm}^2 = 20400000 \text{ kgf/m}^2$ para el módulo de elasticidad de mampostería de adobe y para el peso específico según la norma E. 020 “Cargas” es de 1600 kgf/m^3 igual a 16.0 kN/m^3 identificado en la tabla de pesos unitarios (ver *Figura 42*). Se ingreso el material “Adobe” con la configuración respectiva de los valores de las propiedades, realizando la conversión de unidades que corresponda y así poder realizar el modelamiento de la estructura (ver *Figura 39*).

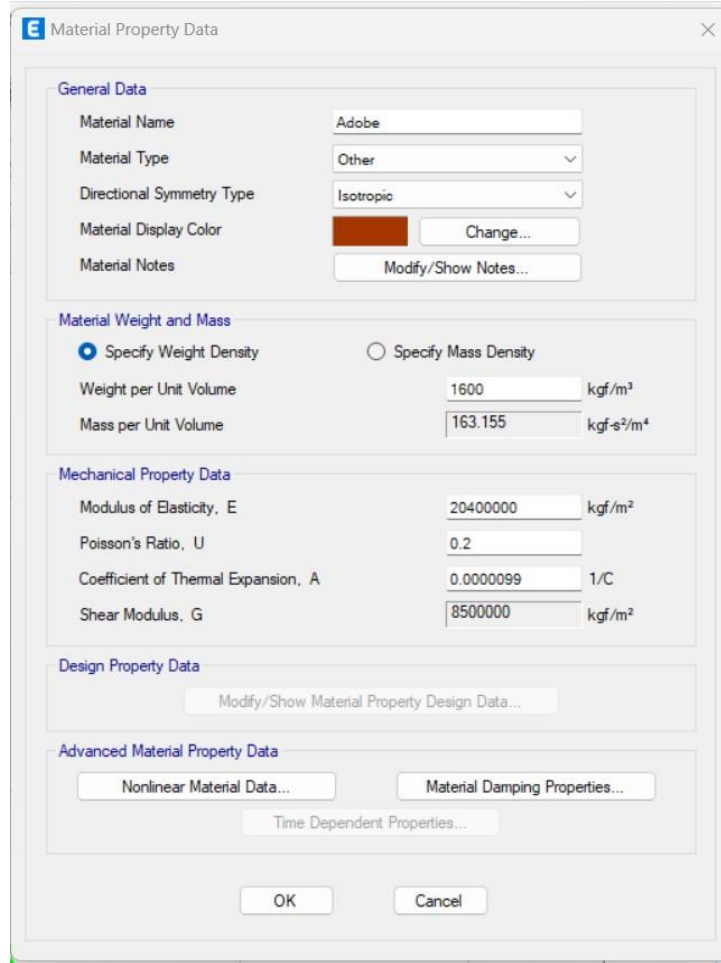


Figura 42: Datos de propiedades del material a usado – Adobe.

Fuente: Elaboración propia.

Las propiedades para la madera fueron tomadas del en base a la clasificación que presenta el Reglamento nacional de Edificaciones en la Norma E. 010 MADERA, según la visita a campo las edificaciones en el distrito de Utco utilizan madera de pino, ciprés, eucalipto, molle para los techos y cielos rasos por lo que son especies que crecen en la zona. Por ende, la densidad de están especies mencionadas esta entre 0.40 a 0.55 g/cm³, perteneciendo al grupo C. Se trabajo con las siguientes propiedades: Peso específico 900kgf/m³ y el módulo de elasticidad 90000 kgf/cm²(ver Figura 43).

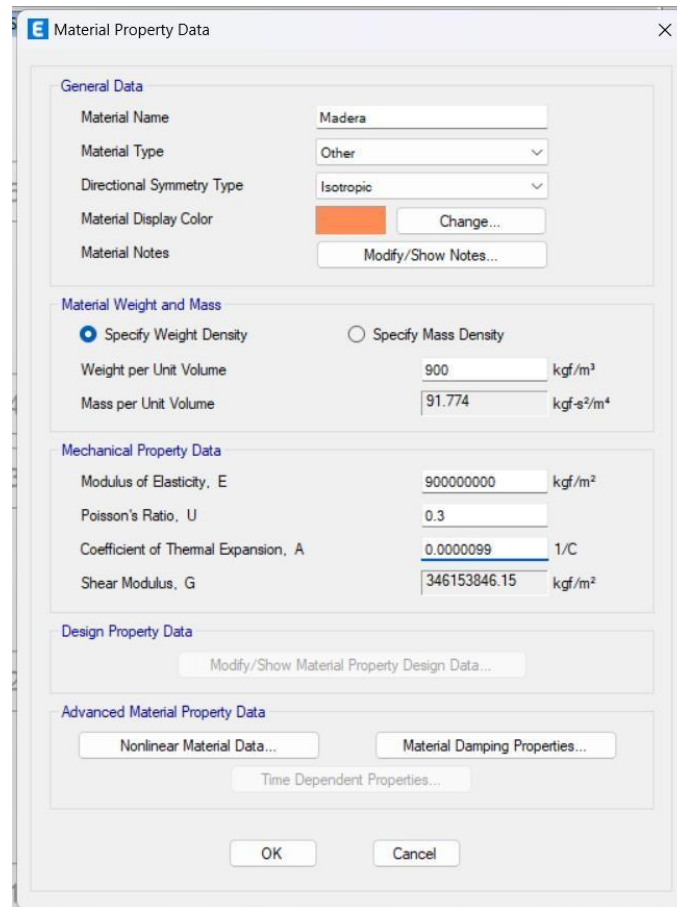


Figura 43: Datos de propiedades del material a usado – Madera.

Fuente: Elaboración propia.

Definición de las secciones de los materiales a usa, primero se tiene la sección de muros de adobe con un espesor 0.40 m (ver Figura 44) , seguido las secciones de madera que va como viga corral en este tipo de edificación con dimensiones de 0.20 m x 0.20 m únicamente para proporcionar una mejor respuesta al modelamiento y así transmitir las cargas correspondientes y definición de diagramas respecto a este material (ver Figura 45).

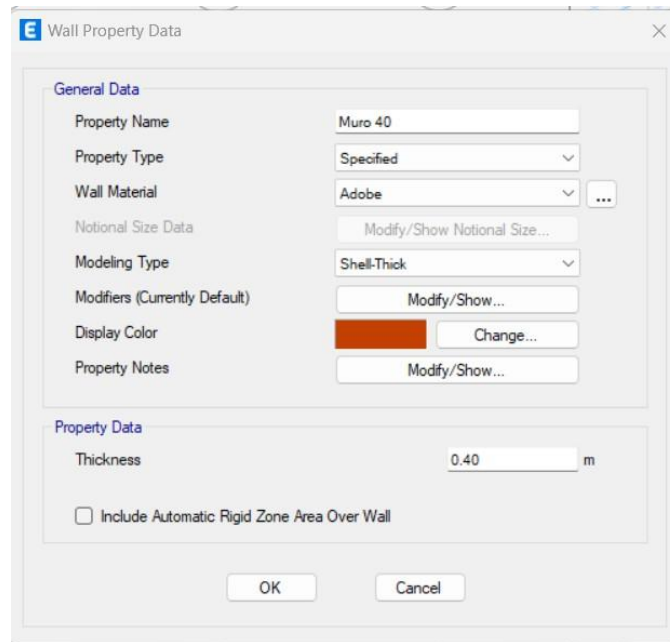


Figura 44: Definición de muro 0.40 m de espesor.

Fuente: Elaboración propia.

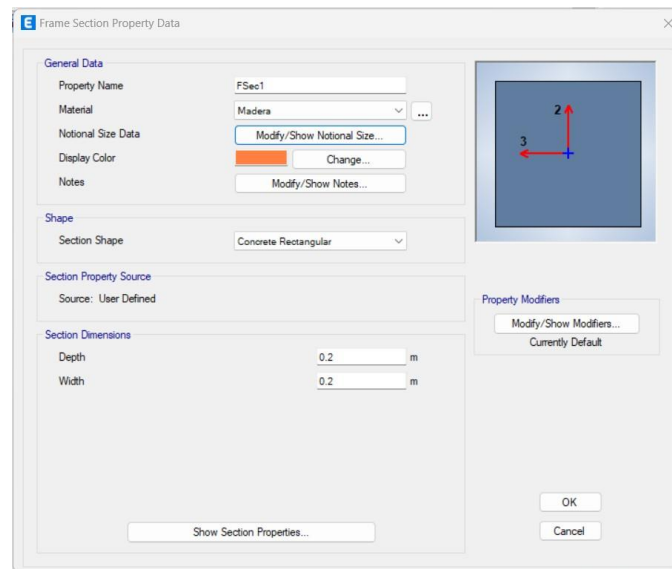


Figura 45: Definición de sección de madera 0.220 m x 0.20 m.

Fuente: Elaboración propia.

Al programa se ingresó todos los tipos de materiales que se va a utilizar con sus respectivas propiedades mecánicas, para este caso son el adobe, la geomalla, la malla electrosoldada y la madera, para el techo se ha considerado teja de arcilla donde solo se necesita conocer su peso volumétrico para tomar en cuenta el peso por carga muerta por m².

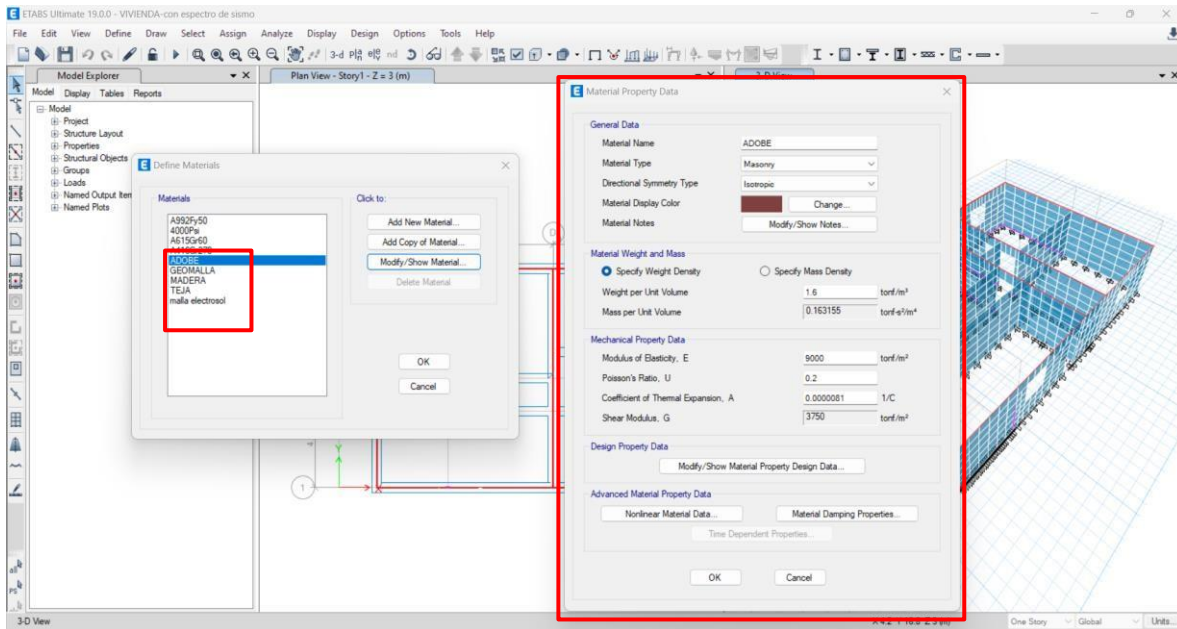


Figura 46: Definición de los tipos de materiales en ETABS.

Fuente: Elaboración propia.

Las cargas axiales provenientes del techo se han desintegrado en forma lineal sobre los muros de acuerdo con el peso volumétrico de los materiales, descrito en el metrado de cargas. Según se especifica en la Tabla 40.

Tabla 40: Cargas axiales del techo.

Definición	Área	P. Volumétrico	P. Total	Perímetro Portantes	P. Obtenido
Carga viva	200.00 m ²	30	3000.00	50 m	60 kg
P. del tejado	200.00 m ²	50	10000.00	50 m	200 kg
P. Madera	2.25 m ³	800	1800.00	50 m	36 kg

Fuente: Elaboración propia.

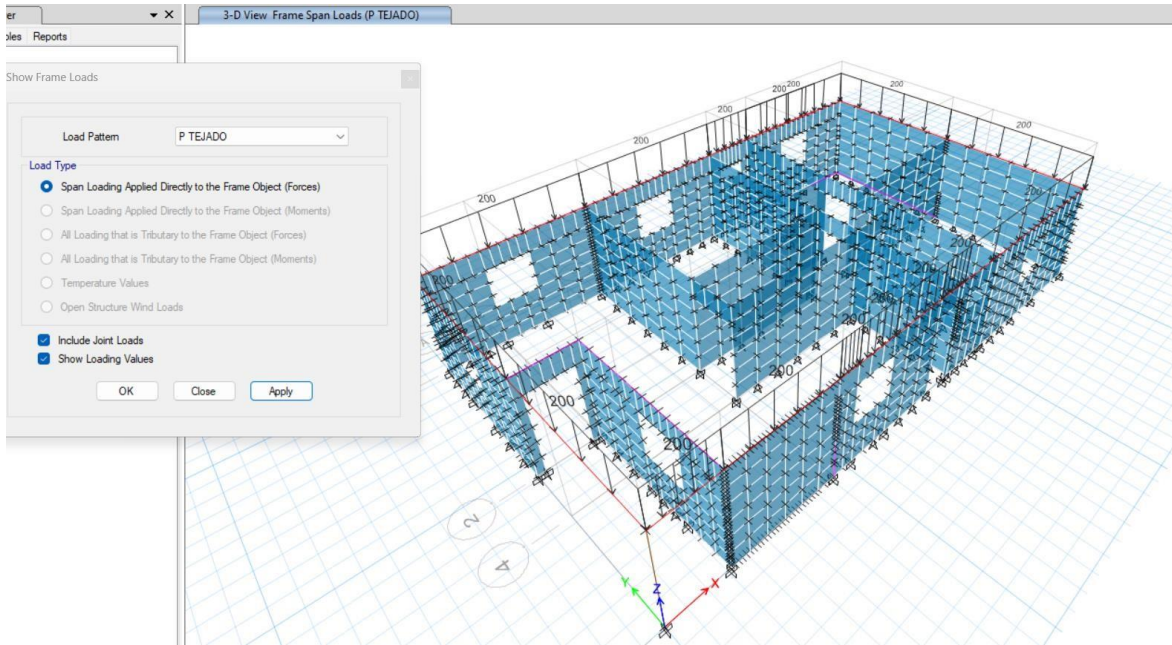


Figura 47: Asignación de la carga de tejado.

Fuente: Elaboración propia.

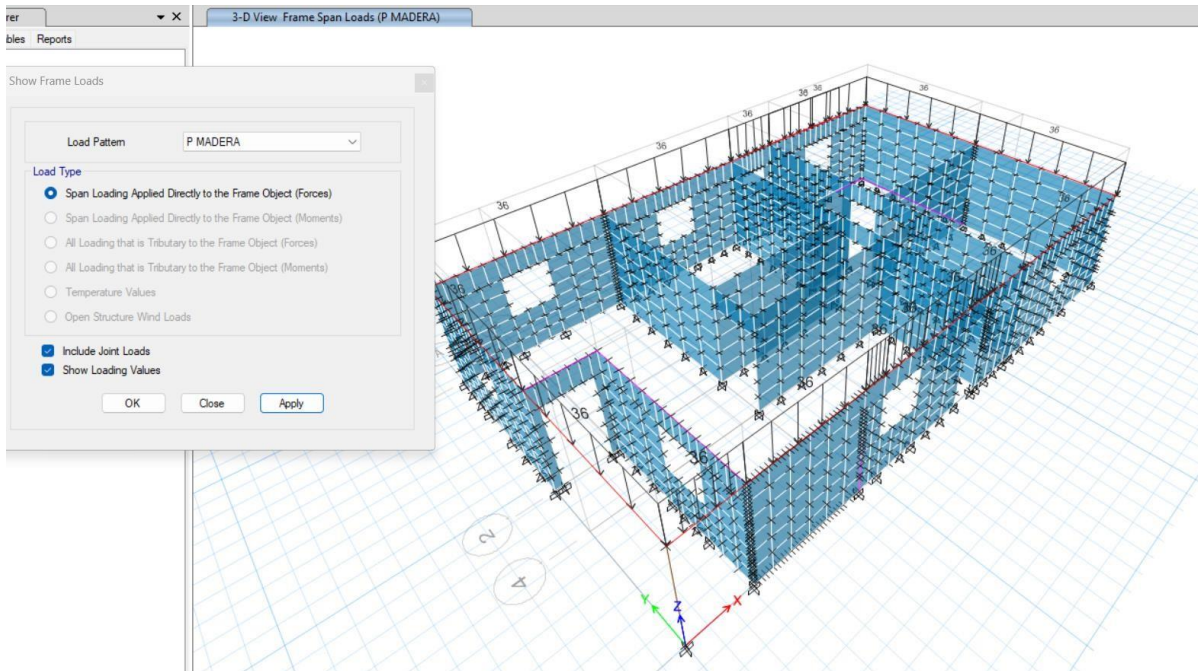


Figura 48: Asignación de carga de la estructura de madera.

Fuente: Elaboración propia.

Asignación de un diafragma rígido: Aunque la estructura es de adobe, esta se encuentra conectada por dinteles, vigas, adobes traslapados, esto hace que toda su forma trabaje como un solo conjunto.

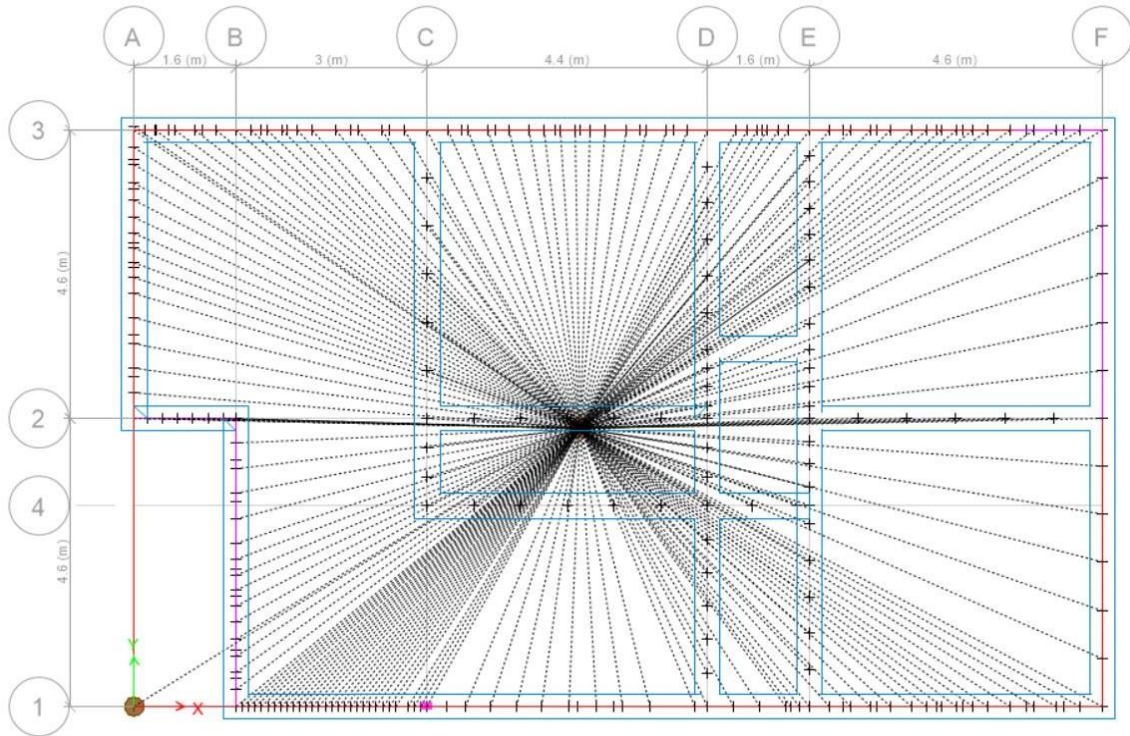


Figura 49: Asignación de diafragma rígido.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis sismorresistente: La seguridad sísmica en cualquier dirección está garantizada por los muros de adobe en ambas direcciones suficiente para soportar las cargas aplicadas dentro de los rangos especificados en la Norma E. 080 del RNE. La construcción de adobe tiene el mismo sistema estructural en ambas direcciones; por lo tanto, se usará el mismo coeficiente sísmico tanto en el eje X como en el eje Y.

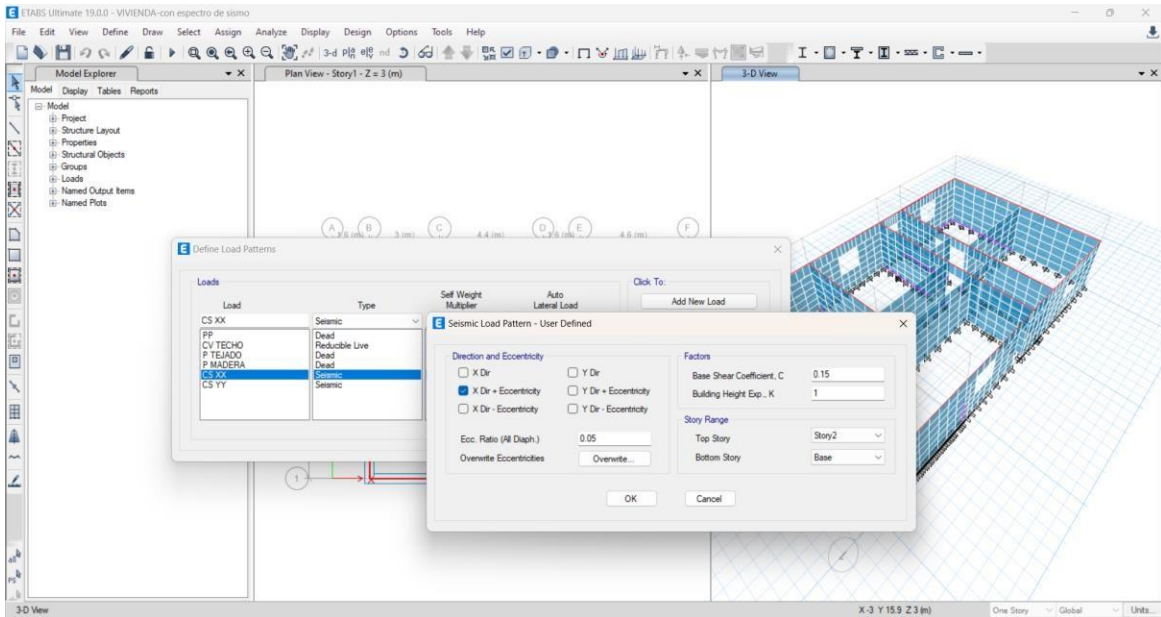


Figura 50: Asignación del coeficiente sísmico en eje X – Y.

Fuente: Elaboración propia.

Combinación de carga: La edificación está sometida a tres principales cargas, las cuales son: Muerta - Viva - Sísmica.

Carga por peso propio	Carga gravitacional del tipo Dead ==> muerta
Carga por peso de tejado	Carga gravitacional del tipo Dead ==> muerta
Carga por peso de madera	Carga gravitacional del tipo Dead ==> muerta
Carga viva sobre el techo	Carga gravitacional del tipo Reducible Live ==> viva
Carga de sismo en X	Carga sísmica
Carga de sismo en Y	Carga sísmica

Una vez estimadas las cargas probables, se aplicó a éstas, sus respectivos factores de mayoración, y a todas estas combinaciones se aplicó la carga envolvente.

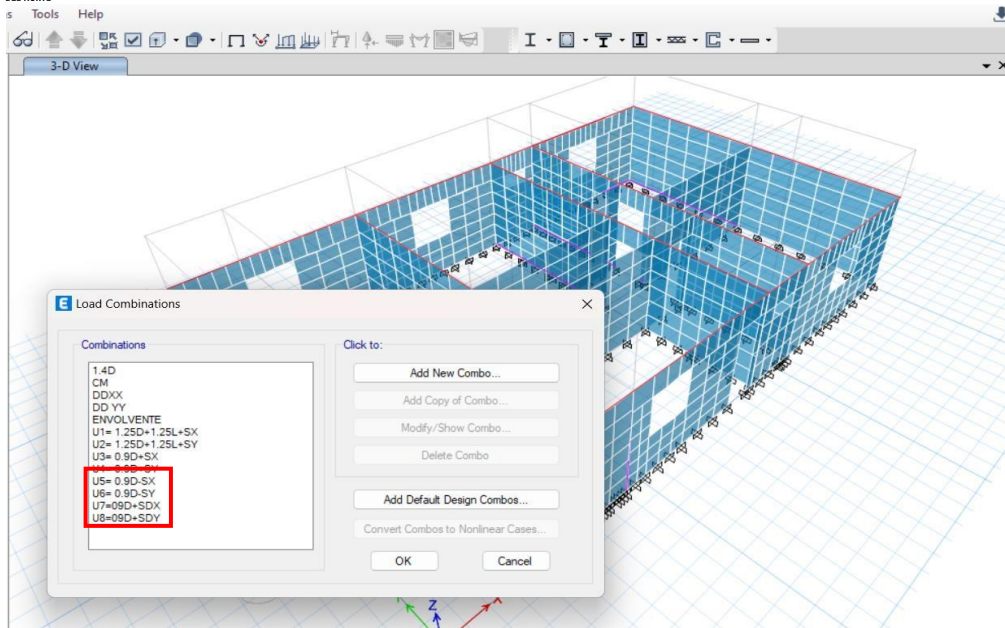


Figura 51: Combinaciones de cargas de la estructura.

Fuente: Elaboración propia.

Modelamiento de la estructura sin reforzamiento

Una vez concluido con el ingreso de la data al software ETABS se procedió a la realizar las verificaciones de respuesta sísmica de la edificación de adobe sin reforzar.

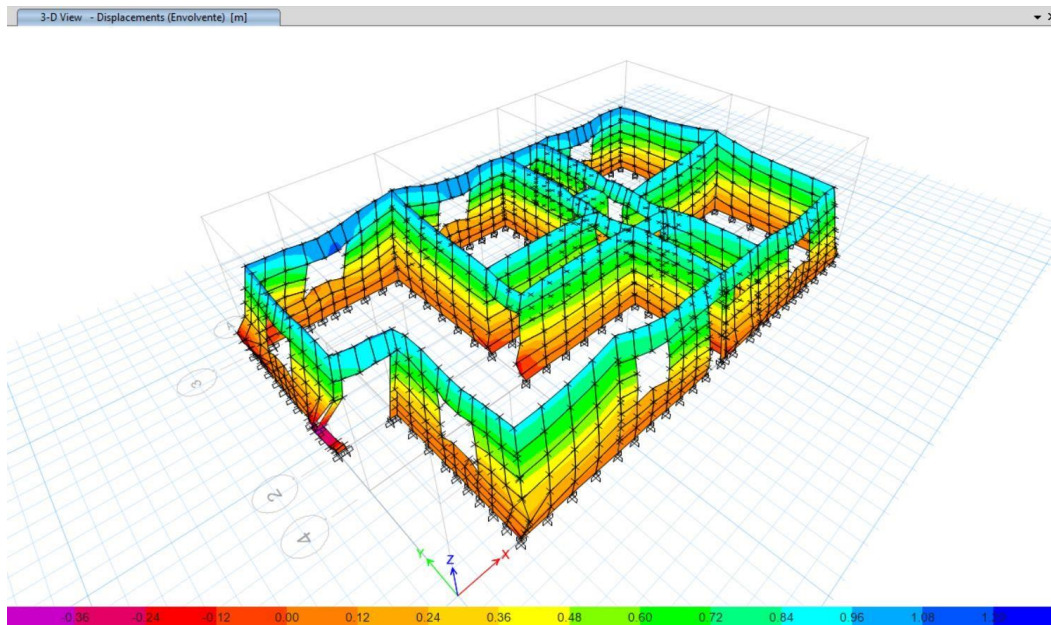


Figura 52: Respuesta sísmica de la edificación sin reforzar.

Fuente: Elaboración propia.

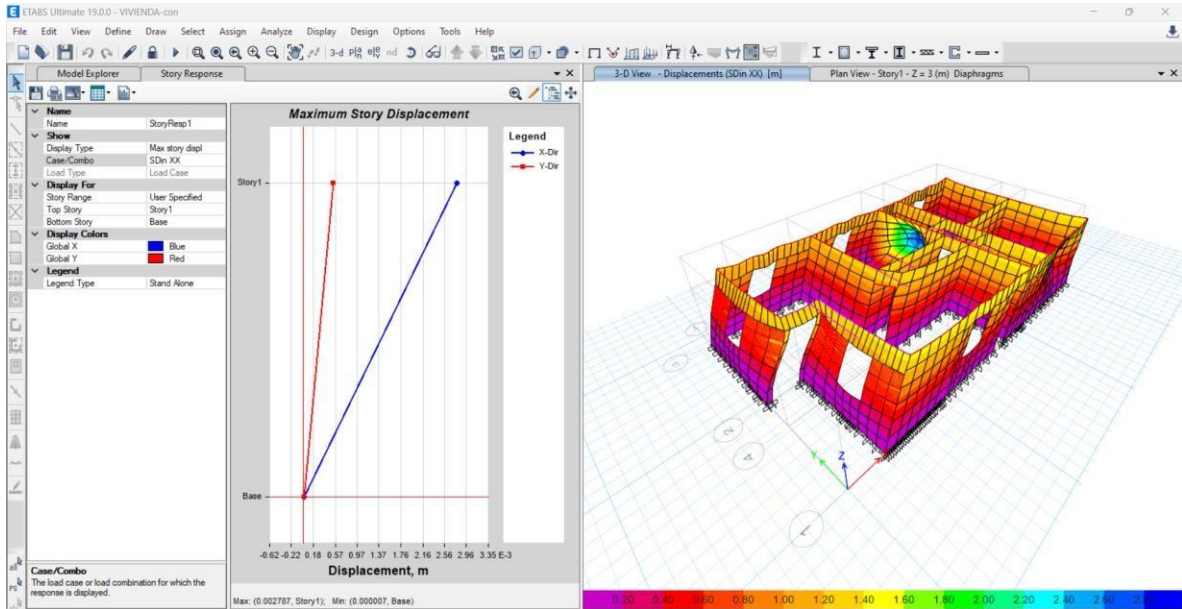


Figura 53: Desplazamiento de la estructura – dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.

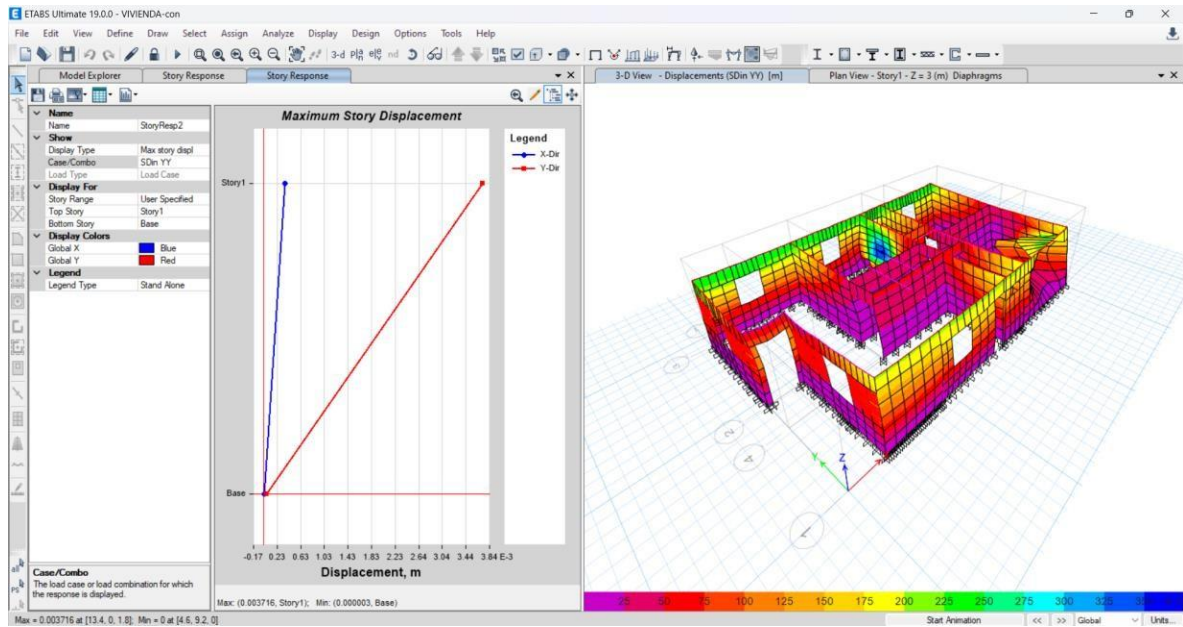


Figura 54: Desplazamiento de la estructura – dirección “Y”.

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis se obtiene los resultados de los desplazamientos que se muestran en la *Figura 54* y *55*. Según la *Tabla 41*, en el caso de ocurrir un sismo en el sentido de “X”, obtendríamos desplazamientos máximos en “x” de 22.9 cm y en “y” 7.0 cm.

Por consiguiente, si ocurre el sismo en el sentido “Y” los máximos desplazamientos en “x” serían de 3.0 cm y en “y” de 37.2 cm.

Tabla 41: *Desplazamientos máximos en sentido “X - Y”.*

Dirección del sismo	h(m)	Dx (cm)	Dy (cm)
X	2.50	22.9	7.0
Y	2.50	3.0	37.2

Fuente: Elaboración propia.

Dichos desplazamientos se producen principalmente en la parte alta de los muros; así mismo, para que un muro no llegue al colapso su desplazamiento máximo no debería ser mayor a la mitad del ancho del muro. Además, se puede apreciar que los muros cumplen satisfactoriamente con los máximos desplazamientos; sin embargo, se llegarían a formar grietas que la acumulación de estas podría generarse el colapso de la edificación. Es por esto, que se recomienda realizar reforzamiento en los muros, especialmente en la parte alta de estos con la finalidad de reducir los desplazamientos y con ello el colapso de la estructura.

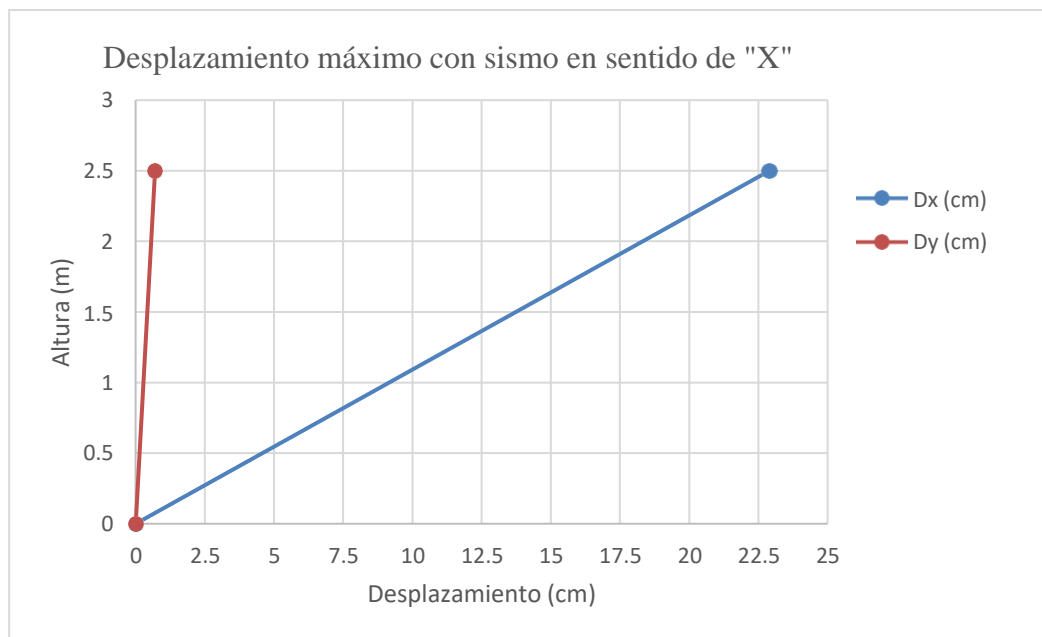


Figura 55: Máximo desplazamiento de la estructura – dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.

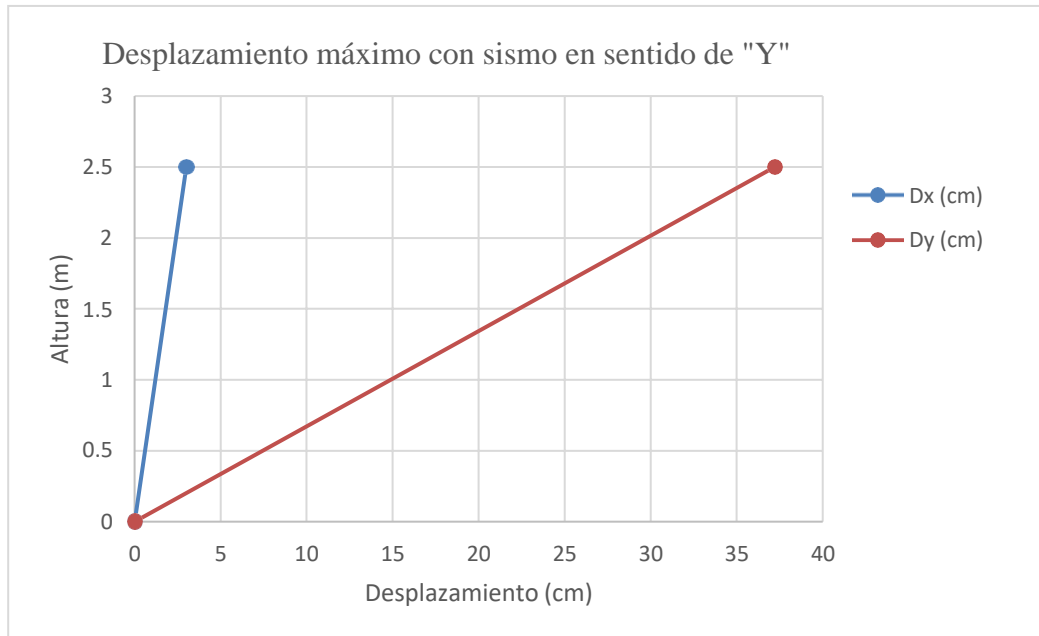


Figura 56: Máximo desplazamiento de la estructura – dirección “Y”.

Fuente: Elaboración propia.

Distorsiones

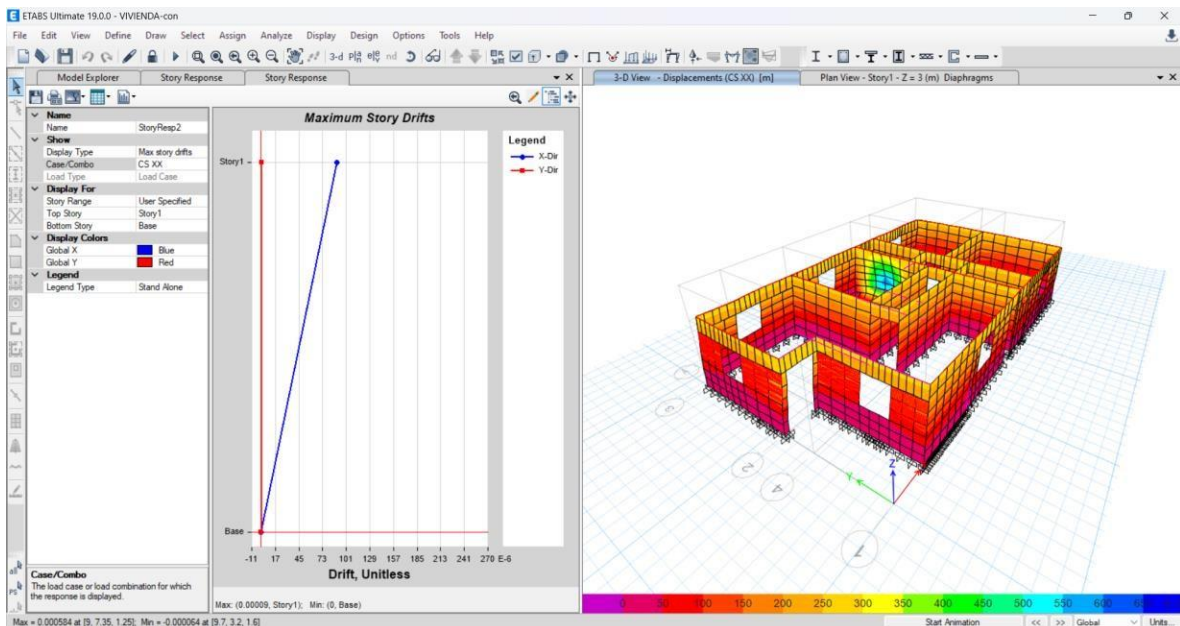


Figura 57: Distorsión de la estructura – dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.

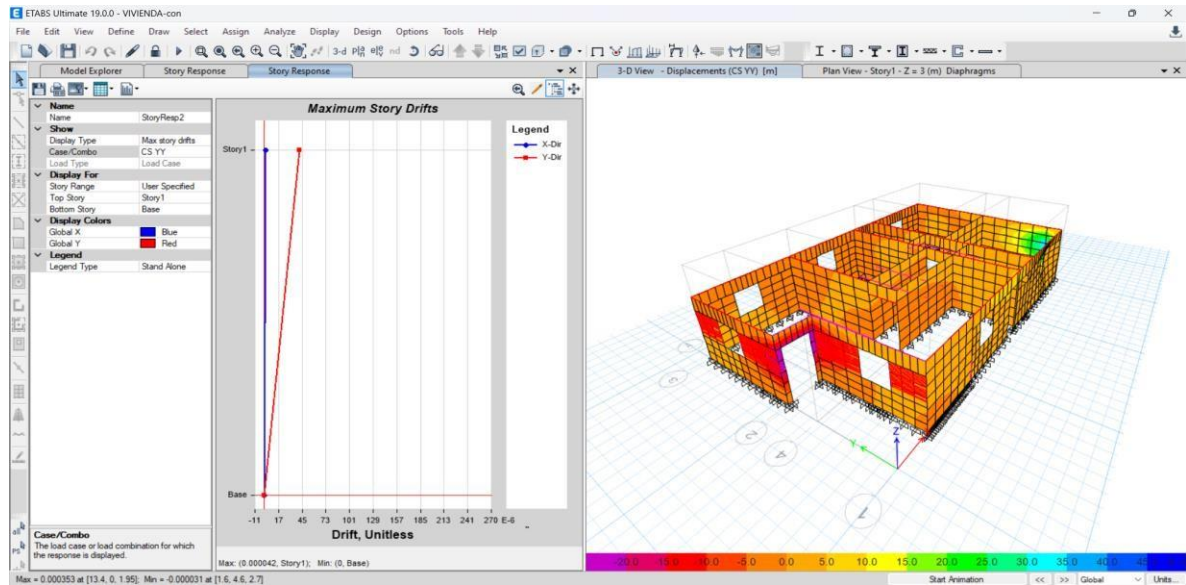


Figura 58: Distorsión de la estructura – dirección “Y”.
Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 57* se puede apreciar la distorsión que sufre la estructura si el sismo ocurriera en el sentido del eje “X”, y en la *Figura 58* la distorsión en caso de que el sismo sea en sentido del eje “Y”. pues bien, para que estas estén dentro del rango considerable se debe regir a los establecido en la Norma E. 030 de máximas distorsiones.

Tabla 42: Distorsiones máximas en sentido “X - Y”.

Dirección del sismo	h(m)	δ_x	δ_y	Norma E. 030	Distorsión Real
X	2.5	0.009	0.0064	0.005	NO CUMPLE (δ_x y δ_y)
Y	2.5	0.0031	0.0042	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de que ocurriera un sismo en sentido de “Y” las distorsiones cumple con lo establecido en la normativa no superando el 0.005. mientras que en el sentido de “X” la distorsión máxima si se produjese un sismo es de $\delta_x = 0.009$ y $\delta_y = 0.0064$, siendo estas mayores al parámetro máximo establecido en el reglamento nacional de edificaciones en la Norma e. 030 “Diseño sismorresistente” que es de 0.005; por lo que, los muros en este sentido necesitarían de algún reforzamiento para evitar un colapso de la edificación frente a un sismo.

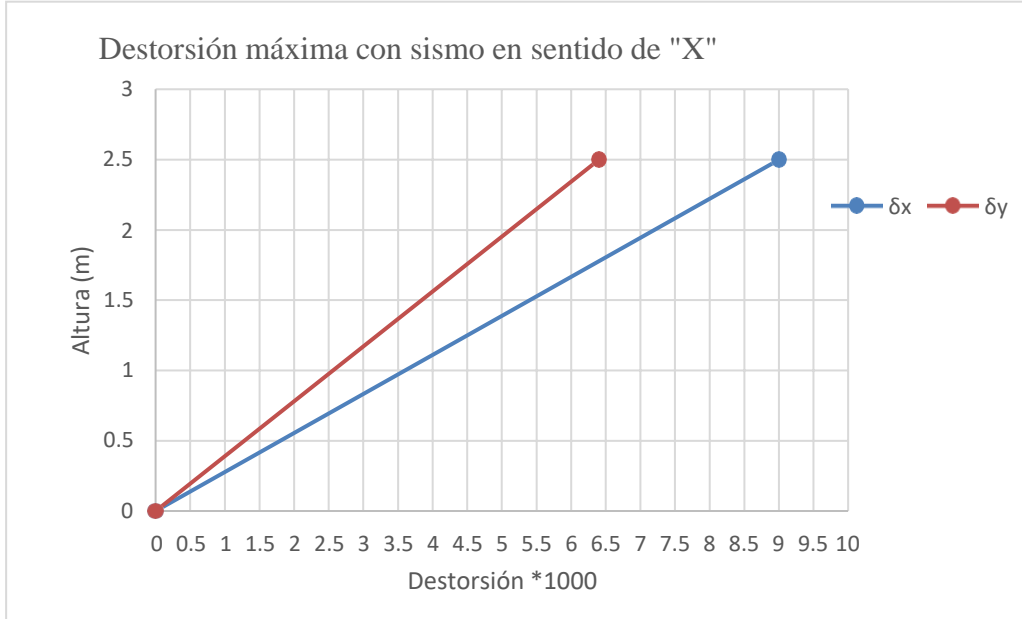


Figura 59: Máximo distorsiones de la estructura – dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.

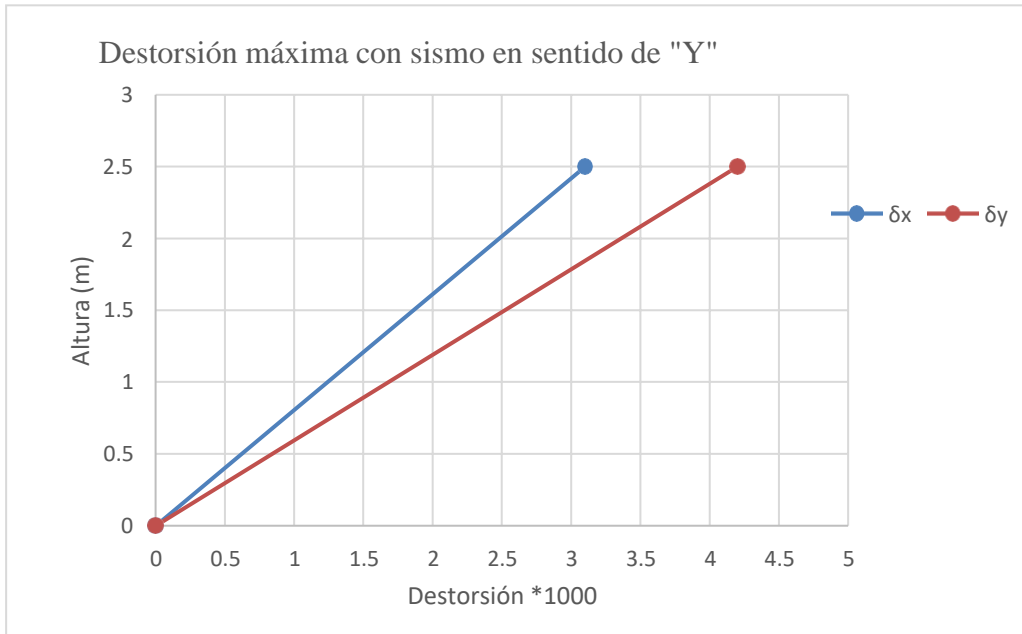


Figura 60: Máximo distorsiones de la estructura – dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.

Modelamiento de la estructura reforzada con Geomalla

Una vez ingresado los datos de las propiedades de la geomalla al software se procede a realizar el análisis correspondiente. Cabe recalcar el refuerzo se aplicó en los muros de la estructura con geomalla biaxial.

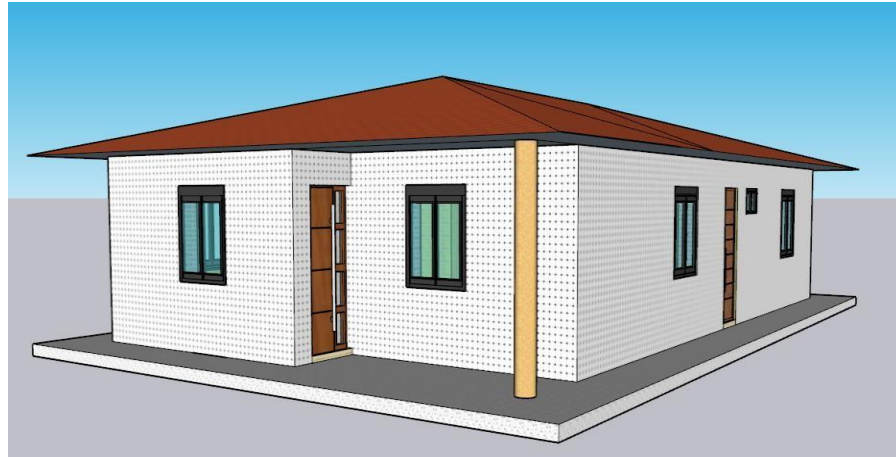


Figura 61: Estructura reforzada con geomalla.

Fuente: Elaboración propia.

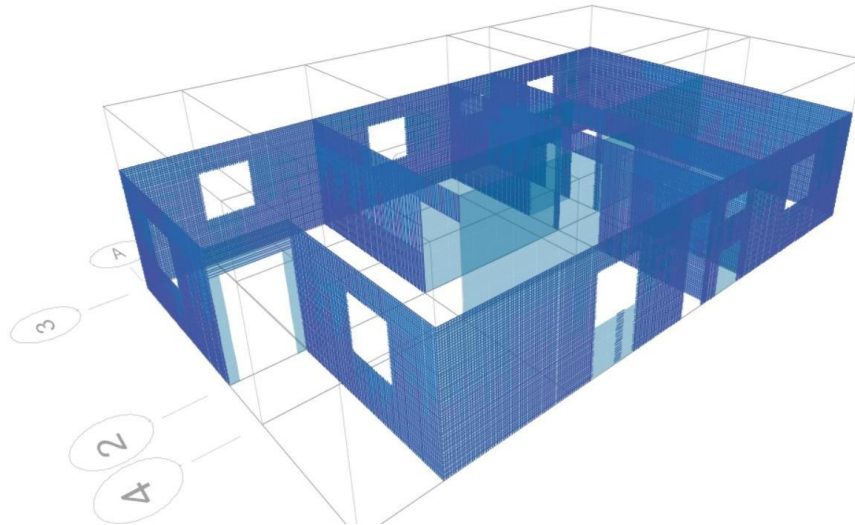


Figura 62: Modelo tridimensional de la estructura con reforzamiento con geomalla.

Fuente: Elaboración propia.

Desplazamientos

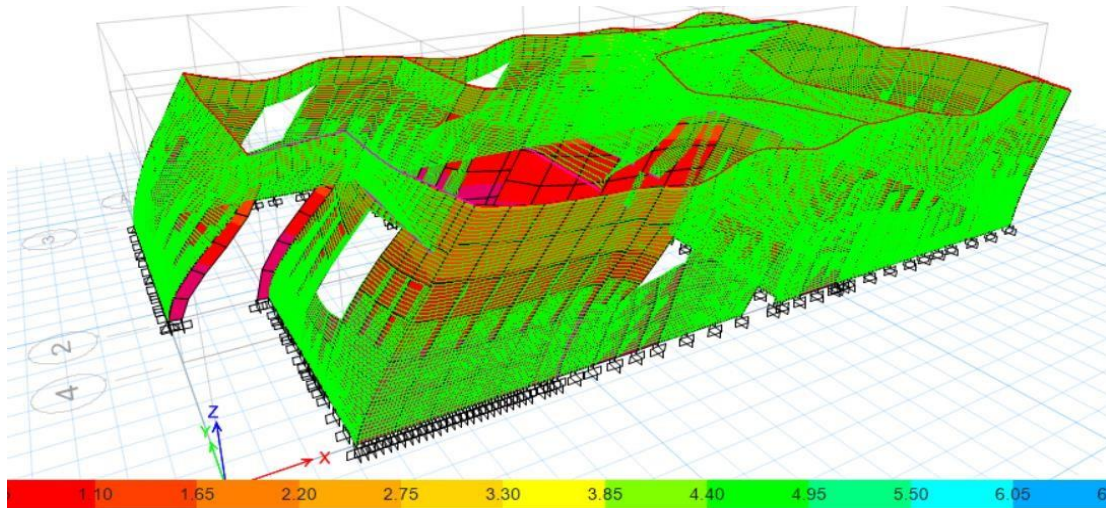


Figura 63: Desplazamientos de la estructura reforzada con geomalla – dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la verificación de la misma estructura inicial, pero esta vez con reforzamiento con geomalla en los muros, considerando las propiedades físicas y mecánicas que se encuentra en las Fichas técnicas de los distribuidores de este material. Por otra parte, en el Figura 63 se observa los desplazamientos producto de un sismo en el sentido de “X” y de igual manera sucede en el sentido en “Y”.

Tabla 43: Desplazamientos máximos de la estructura con reforzamiento de geomalla en sentido “X – Y”.

Dirección del sismo	h(m)	Dx (cm)	Dy (cm)
X	2.50	4.51	3.7
Y	2.50	1.9	8.05

Fuente: Elaboración propia.

Seguido, tenemos el gráfico (ver Figura 64) de máximo desplazamiento si ocurriese un sismo en sentido de “X”; por ende, en eje “el desplazamiento obtenido es de 4.51 cm y en “y” 3.7 cm. Así mismo, en el sentido de “Y” el desplazamiento en “x” es de 1.9 cm y en “y” es 8.05 cm. El mayor desplazamiento es de 8.05 cm en los muros del eje “y”, esto conlleva que se proponga realizar reforzamiento en los muros, puesto que este es el eje que representa

la mayor longitud de la estructura; además, se verifica que el desplazamiento mayor se produce cuando el sismo es en sentido de “Y” (ver *Figura 64* y *Figura 65*), pero al usar refuerzo tal cual indica la norma E. 080 reduce en comparación a la edificación sin ningún tipo de reforzamiento.

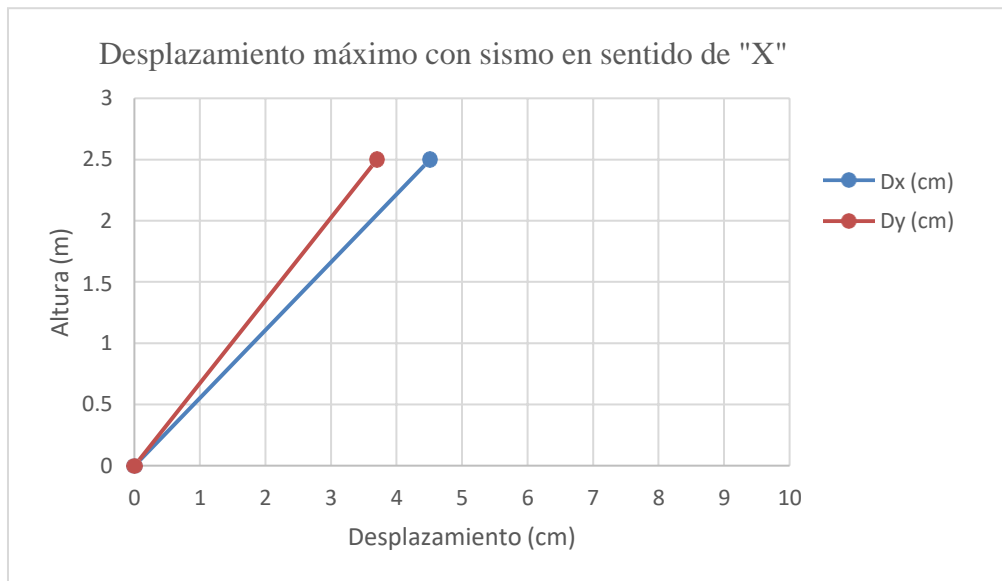


Figura 64: Máximo desplazamiento de la estructura reforzada con geomalla - dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 65: Máximo desplazamiento de la estructura reforzada con geomalla – dirección “Y”.

Fuente: Elaboración propia.

Distorsiones

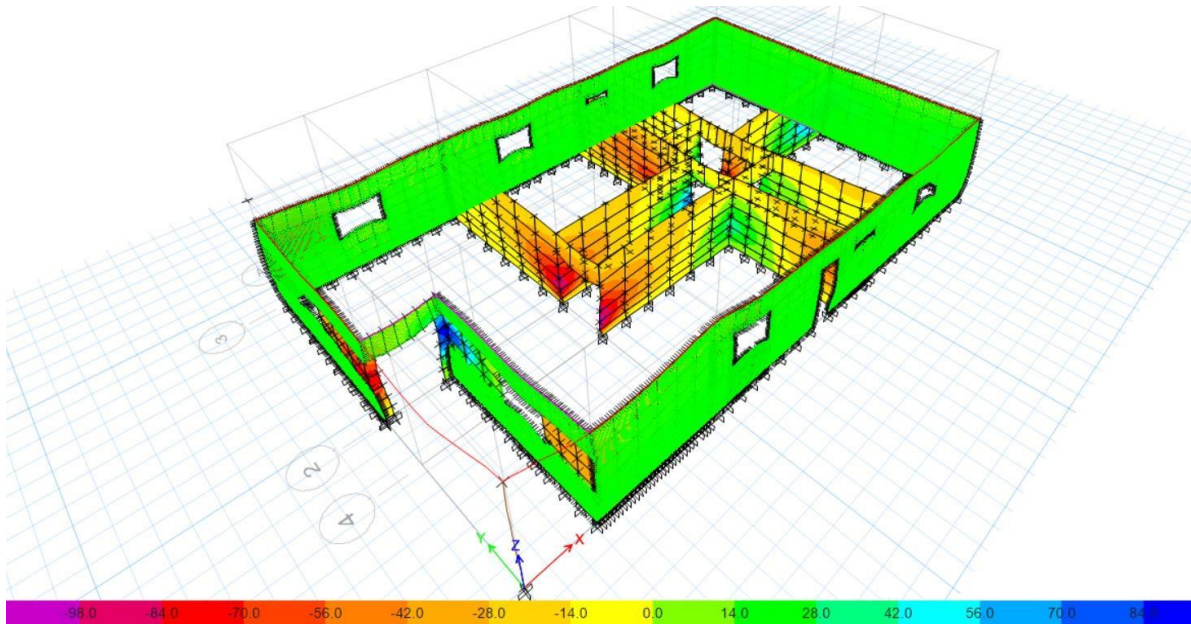


Figura 66: Distorsiones de la estructura reforzada con geomalla – dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.

File Edit Format-Filter-Sort Select Options								
Units: As Noted								
Filter: Story Drifts								
	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Step Label	Direction	Drift
	Story1	SDin XX	LinRespSpec	Max			X	0.015151
	Story1	SDin XX	LinRespSpec	Max			Y	0.002717
	Story1	SDin YY	LinRespSpec	Max			X	0.00161
	Story1	SDin YY	LinRespSpec	Max			Y	0.002086

Figura 67: Data de las máximas distorsiones de la estructura reforzada con geomalla – dirección “X - Y”.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis en el software nos proporciona el resultado de las máximas distorsiones tanto en sentido “X” e “Y”, acá se puede verificar las irregularidades que presenta la estructura en altura a partir del registro de los máximos valores obtenidos de los análisis realizados.

Tabla 44: *Distorsiones máximas de la estructura con reforzamiento con geomalla en sentido “X - Y”.*

Dirección del sismo	h(m)	δ_x	δ_y	Norma E. 030	Distorsión Real
X	2.5	0.015151	0.002717	0.005	NO CUMPLE (δ_x)
Y	2.5	0.001610	0.002086	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 44 se verifica que en el caso que ocurriese un sismo en sentido de “X” las distorsiones identificadas no cumplen con lo que se establece en la norma E. 030, obteniendo un valor de $\delta_x = 0.015151$ este supera a los 0.005 permitido reglamentariamente. Se tiene que realizar un estudio y verificar como poder reforzar esa área y evitarse colapsos de la estructura y con ello hasta incluso pérdidas de vidas.

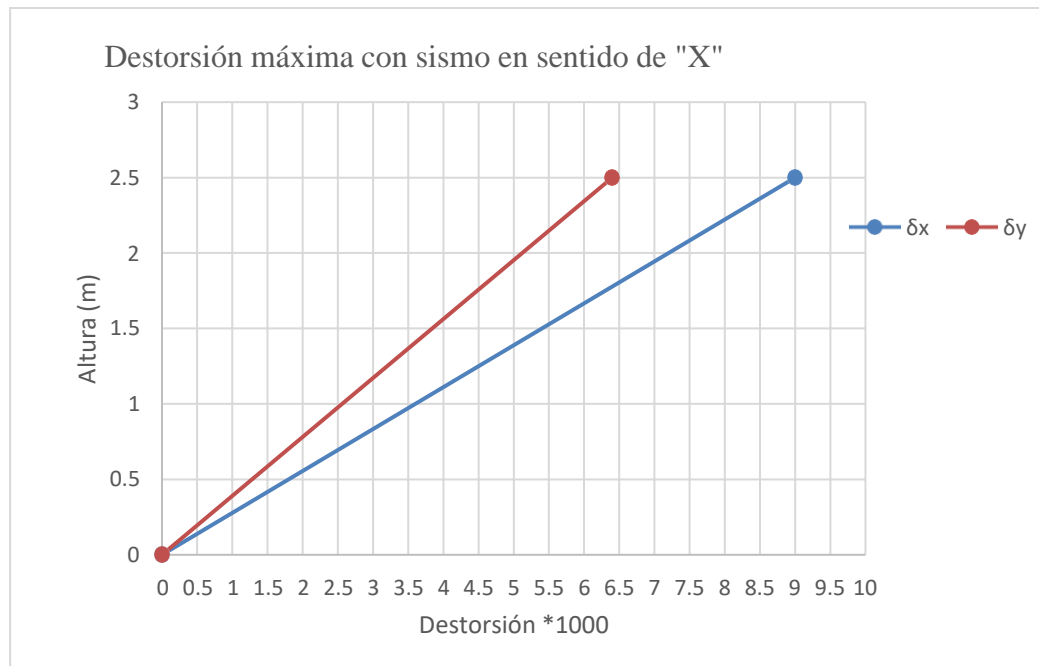


Figura 68: Máxima distorsión de la estructura reforzada con geomalla – dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.

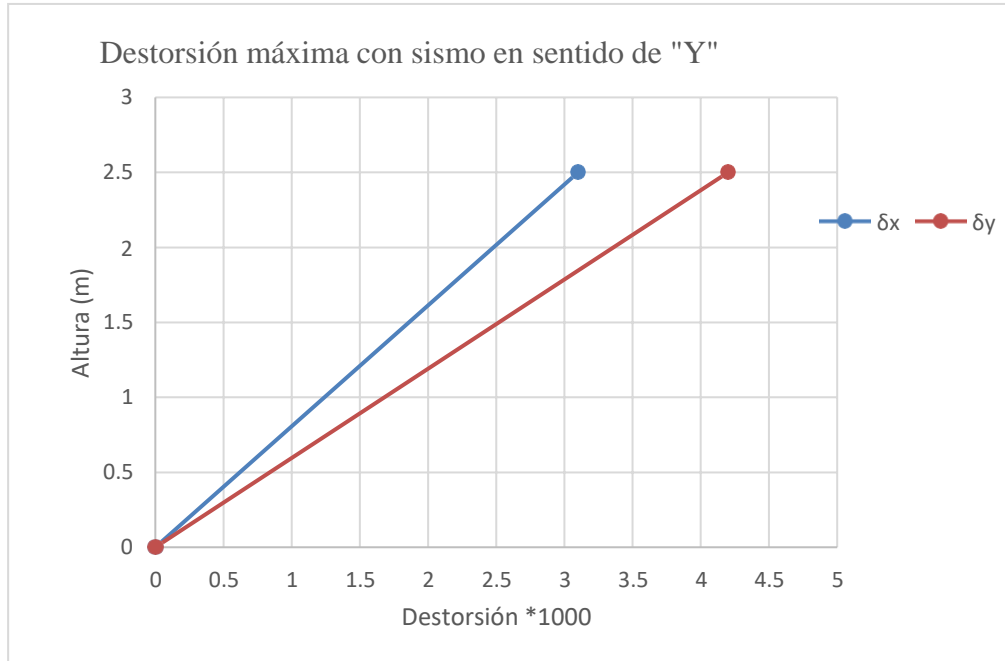


Figura 69: Máxima distorsión de la estructura reforzada con geomalla – dirección “Y”.

Fuente: Elaboración propia.

Modelamiento de la estructura reforzada con Malla Electrosoldada

Si bien es cierto que la norma E. 080 incluye como refuerzos especiales a la malla de alambre, pues bien, en este caso se analiza la estructura con malla electrosoldada la cuales cumplen con el confinamiento en muros de mampostería de adobe, está a la vez integra los muros de adobe transversal entre sí, para que frente a un sismo evite la separación de muros.



Figura 70: Estructura reforzada con malla electrosoldada.
Fuente: Elaboración propia.

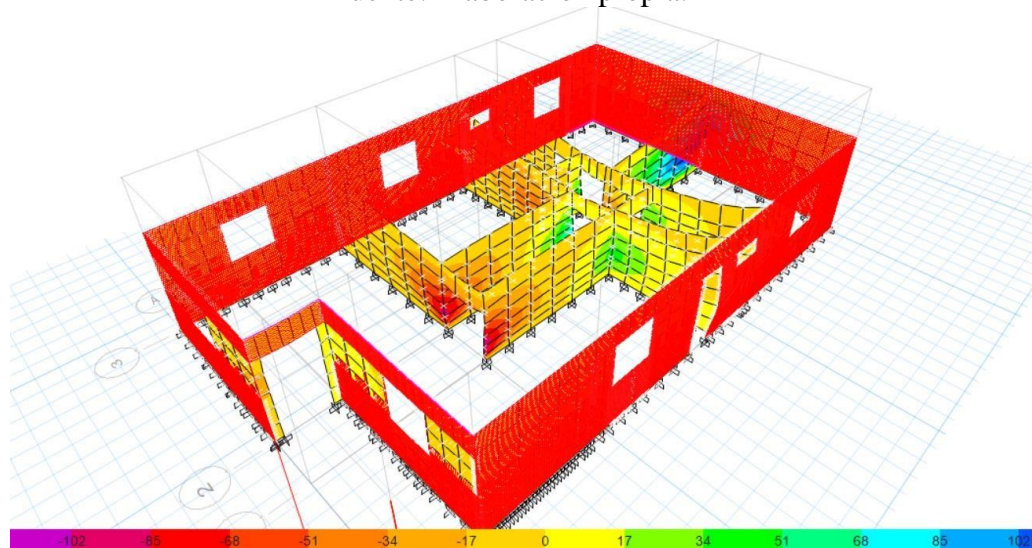


Figura 71: Modelo tridimensional de la estructura con reforzamiento con malla electrosoldada.
Fuente: Elaboración propia.

Desplazamientos

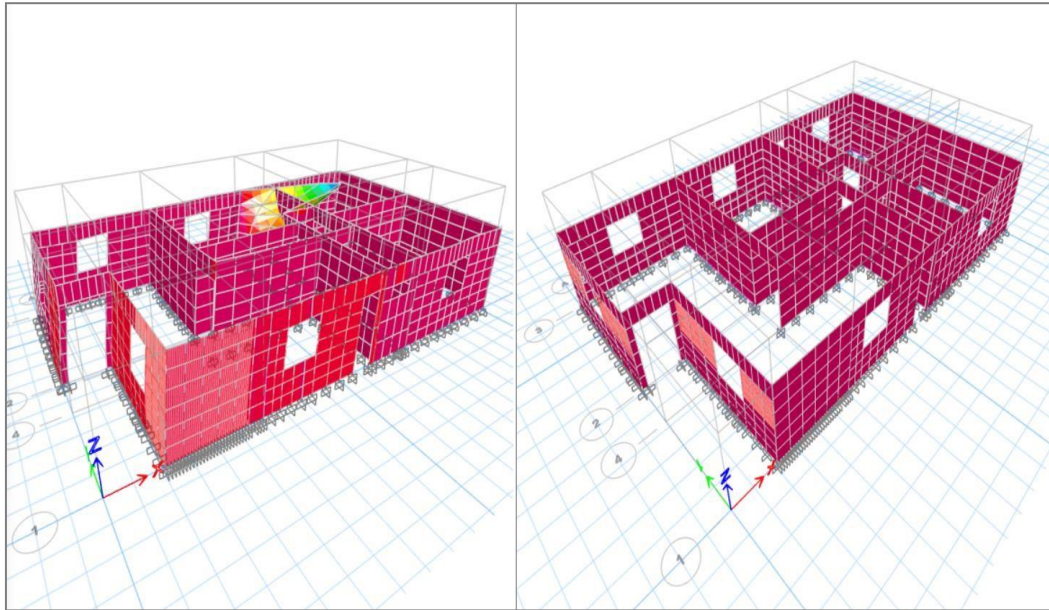


Figura 72: Desplazamientos de la estructura reforzada con malla electrosoldada – dirección “X - Y”.

Fuente: Elaboración propia.

La verificación del desplazamiento lateral de la estructura reforzada se realizó luego de haber ingresado los datos de las características del material en base a la ficha técnica que se muestra en anexos. Al trabajar con este refuerzo se espera que mediante este reforzamiento se pueda controlar las grietas de tracción por flexión; ya que, estas se propagan de arriba hacia abajo en la posición de los muros. Por consiguiente, en la *Figura 72* se visualiza los desplazamientos tanto en sentido “X” e “Y”.

Tabla 45: Desplazamientos máximos de la estructura con reforzamiento con malla electrosoldada en sentido “X - Y”.

Dirección del sismo	h(m)	Dx (cm)	Dy (cm)
X	2.50	2.4	1.0
Y	2.50	1.4	2.8

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 45 se detalla los máximos desplazamientos si ocurriese un sismo; en sentido de “X” tenemos un $D_x = 2.4$ cm y en $D_y = 1.0$ cm Por otra parte, en sentido de “Y” tenemos $D_x = 1.4$ cm y en $D_y = 2.8$ cm. El mayor desplazamiento surge es en D_y con 2.8 cm; sin embargo, el desplazamiento se ubica en un rango considerable y esto llevaría a verificar el reforzamiento y así buscar soluciones y evitar presencia de grietas en los muros.

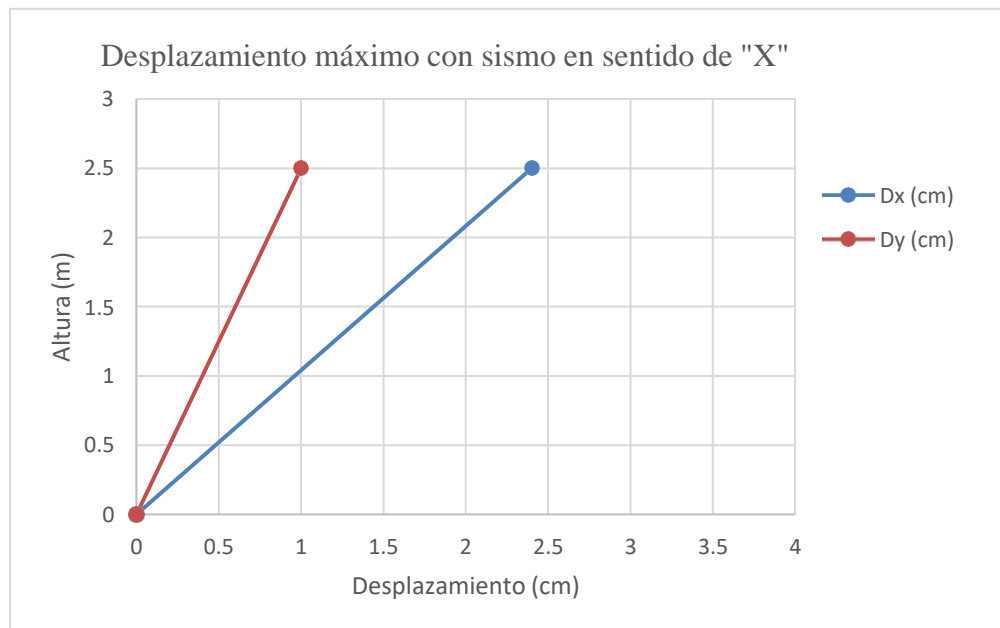


Figura 73: Máximo desplazamiento de la estructura reforzada con malla electrosoldada – dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 74*, se observa el máximos desplazamiento en dirección Y, en el caso de que suscitase un movimiento sísmico, considerando que se está verificando el análisis sismorresistente de la edificación de adobe reforzada con malla electrosoldada. Así mismo, la diferencia entre D_x y D_y no es grande por lo que este tipo de reforzamiento hace que la estructura presente mayor rigidez y resistencia ante un movimiento sísmico.



Figura 74: Máximo desplazamiento de la estructura reforzada con malla electrosoldada – dirección “Y”.

Fuente: Elaboración propia.

Distorsiones

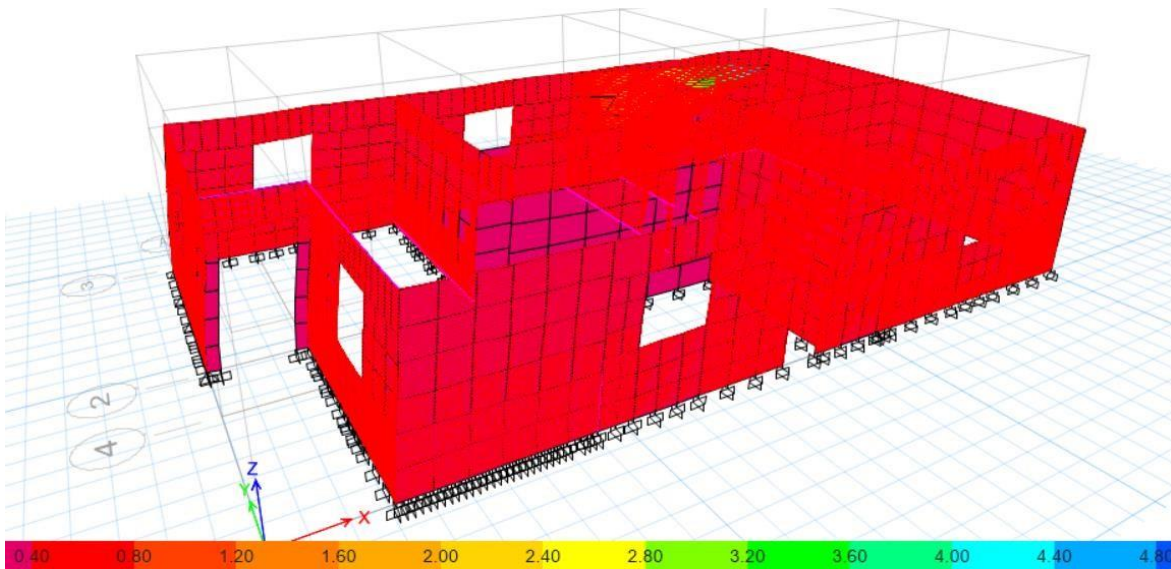


Figura 75: Distorsiones de la estructura reforzada con malla electrosoldada – dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46: *Data de distorsiones máximas de la estructura con reforzamiento con malla electrosoldada en sentido “X - Y”.*

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift
Story 1	SDin XX	LinRespSpec	Max	X	0.000773
Story 1	SDin XX	LinRespSpec	Max	Y	0.000131
Story 1	SDin YY	LinRespSpec	Max	X	0.000921
Story 1	SDin YY	LinRespSpec	Max	Y	0.000240

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 46 se puede observar que mediante el análisis realizado en el software se obtiene las máximas distorsiones en los dos sentidos tanto en “X” e “Y”. para ambas direcciones del sismo, las distorsiones máximas surgen en la parte alta de los muros.

Tabla 47: *Distorsiones máximas de la estructura con reforzamiento con malla electrosoldada en sentido “X - Y”.*

Dirección del sismo	h(m)	δ_x	δ_y	Norma E. 030	Distorsión Real
X	2.5	0.000773	0.000131	0.005	CUMPLE
Y	2.5	0.000921	0.000240	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Las distorsiones máximas se muestran en la Tabla 47, de acuerdo a la propuesta de la Norma E. 030 las distorsiones se calculan como el promedio de las distorsiones de los extremos de los entrepisos; sin embargo, en el trabajo de investigación solo se está considerando un piso y en base a ello se realiza la evaluación considerando como estudio los extremos de muro del primer piso; por ende, los valores son cercanos al máximo establecido por norma que es de 0.005. es por ello, que si ocurriese un sismo en dirección de ”X” tenemos que $\delta_x = 0.000773$ y $\delta_y = 0.000131$, en dirección “Y” obtenemos que $\delta_x = 0.000921$ y $\delta_y = 0.000240$, por lo que, las distorsiones cumplen en ambas direcciones.

En la *Figura 76* y *Figura 77*, se observa la gráfica con las máximas distorsiones en direcciones de “X” e “Y” respectivamente.

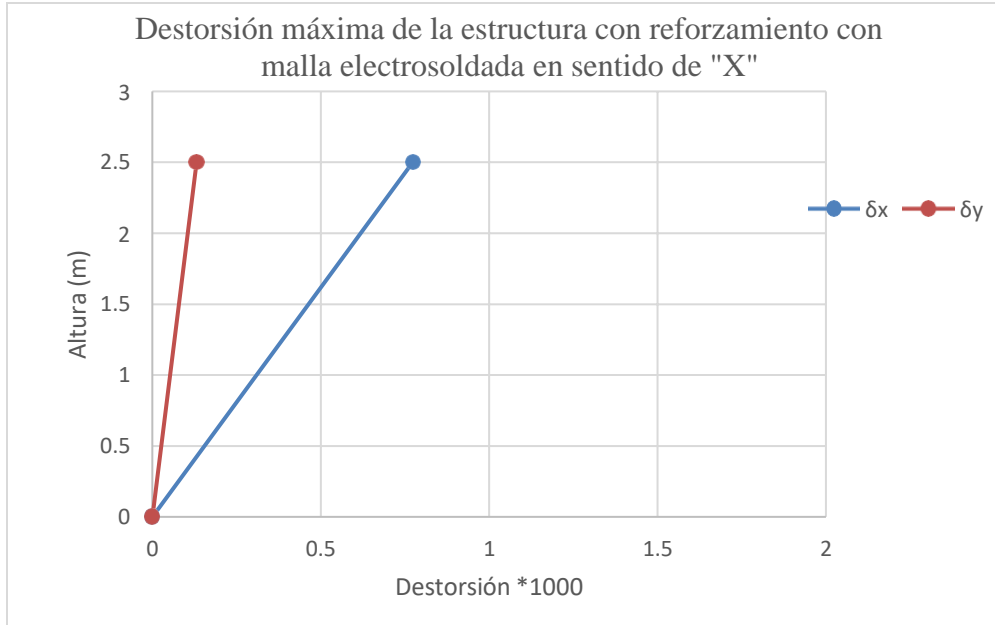


Figura 76: Máxima distorsión de la estructura reforzada con malla electrosoldada – dirección “X”.

Fuente: Elaboración propia.

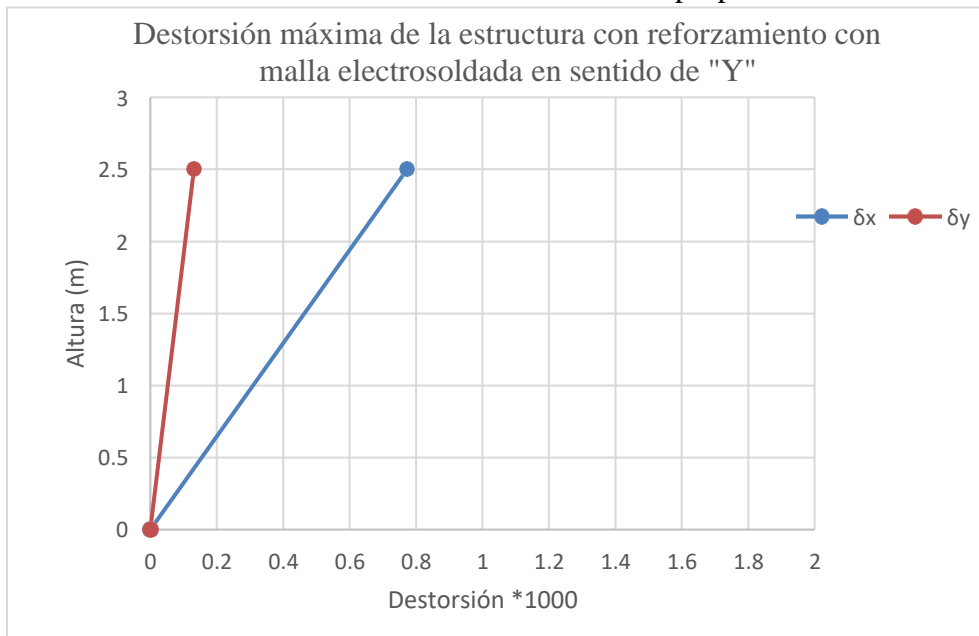


Figura 77: Máxima distorsión de la estructura reforzada con malla electrosoldada – dirección “Y”.

Fuente: Elaboración propia.

Modelamiento de estructura en SAP 2000

El objetivo del diseño de construcciones de adobe es proyectar edificaciones que resistan las acciones sísmicas, evitando la posibilidad de colapso de estas. Independientemente de los criterios que siempre se utilizan para dimensionar los elementos de una construcción, para este proyecto se ha considerado adicionalmente estudiar la colocación de refuerzos y/o arriostramientos que mejoren el comportamiento integral de la estructura.

Se procedió configurando las grillas referentes de los ejes y con ello las dimensiones tanto en dirección de X – Y - Z (ver *figura 78*) de los muros con elementos Shell.

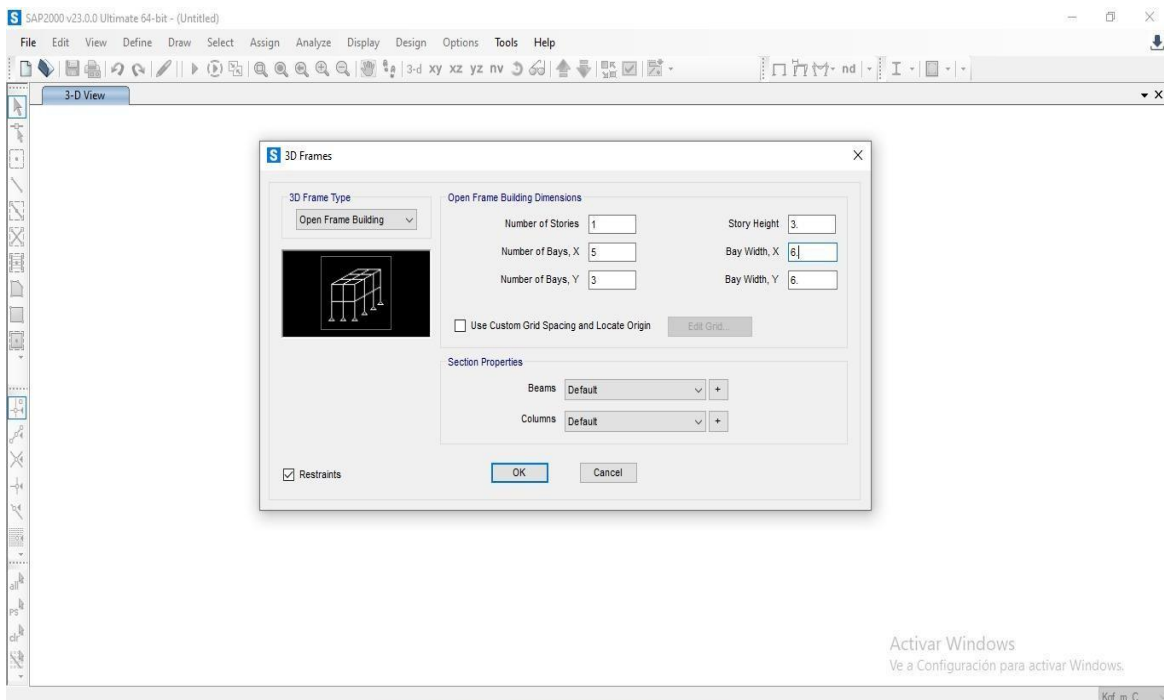


Figura 78: Configuración de grillas y unidades en SAP2000 .

Fuente: Elaboración propia.

Seguido, se ingresó al programa las propiedades de los materiales, tales como Peso específico y el módulo de elasticidad (ver *Figura 79*).

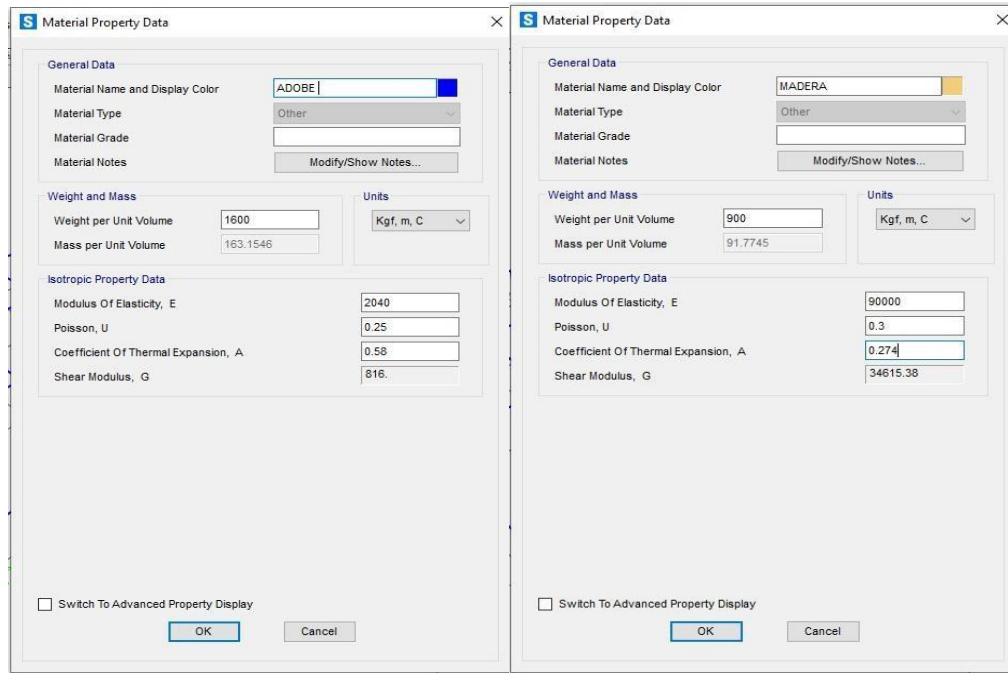


Figura 79: Datos de propiedades de los materiales usados en SAP2000.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 80, se definió las secciones de los materiales a usar, primero se tiene la sección de muros de adobe con un espesor 0.40 m.

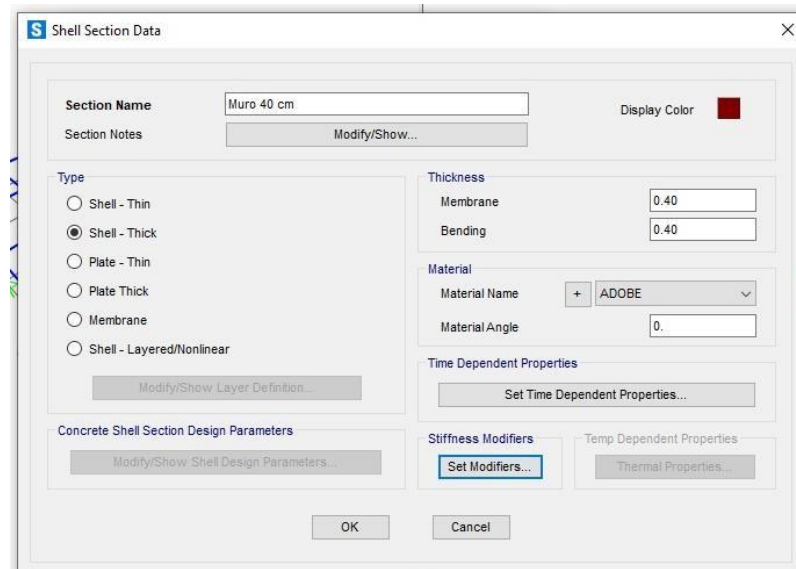


Figura 80: Definición de muro 0.40 m de espesor.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez ingresado al programa todos los tipos de materiales con sus respectivas propiedades mecánicas y físicas, como es el adobe, la geomalla, la malla electrosoldada y la madera, para el techo se ha considerado teja de arcilla donde solo se necesita conocer su peso volumétrico para tomar en cuenta el peso por carga muerta por m^2 . En la *Figura 81* se evidencia el modelamiento de los muros en 3D de la estructura.



Figura 81: Distribución de muros modelados en 3D.

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se ingresaron las cargas considerando las mismas del otro programa (ETABS). En la *Figura 82* se verifica las cargas aplicadas a la estructura como los son las cargas muertas (peso de teja, de la estructura de madera y peso propio), cargas vivas, cargas sísmicas (CCXX y CCYY).

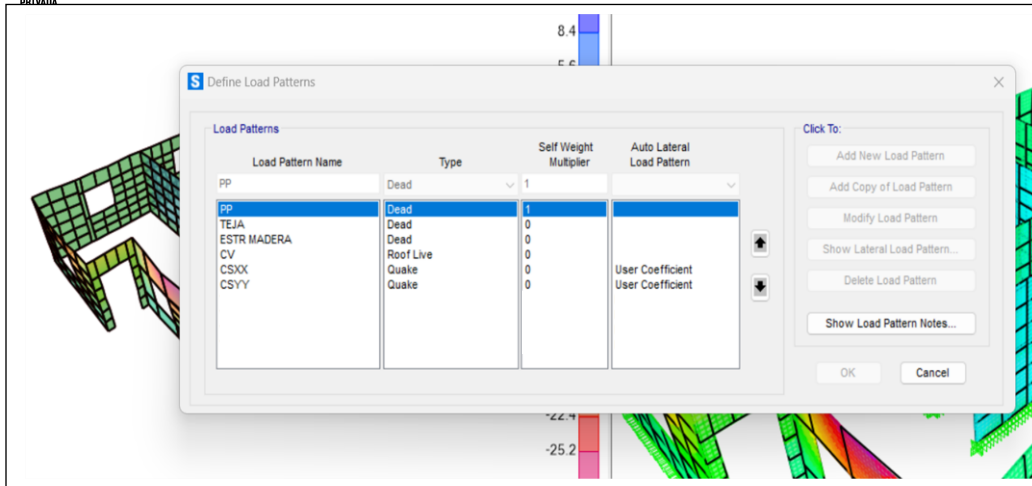


Figura 82: Asignación de cargas en SAP 2000.

Fuente: Elaboración propia.

Verificación de los desplazamientos de los muros por efectos de sismo.

Edificación sin reforzamiento:

En el caso de que ocurriera un sismo en dirección de “X” se tiene un desplazamiento de 22.4 cm, significa que el desplazamiento se genera en parte superiores del muro (Ver Figura 83). Esto conlleva a emplear algún tipo de refuerzo con la finalidad de reducir agrietamientos y con ello los desplazamientos.

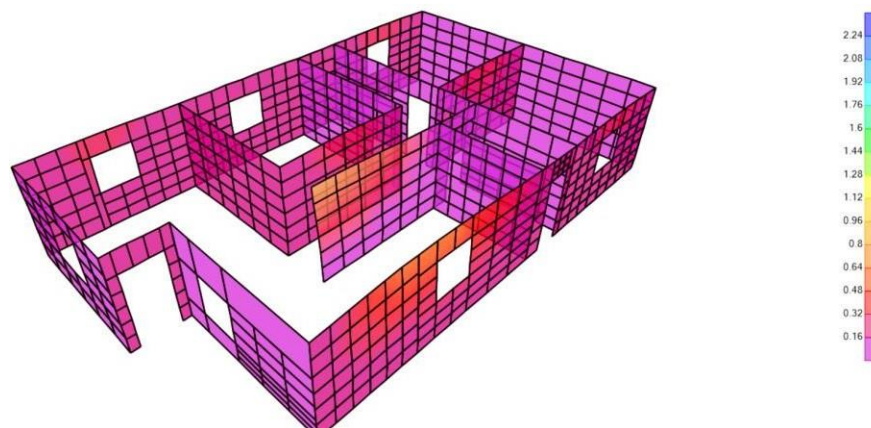


Figura 83: Desplazamiento en dirección “X” estructura sin reforzamiento.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura se muestra la estructura modelada en 3D y el desplazamiento real máximo en dirección de “Y” que es de 9.10 cm.

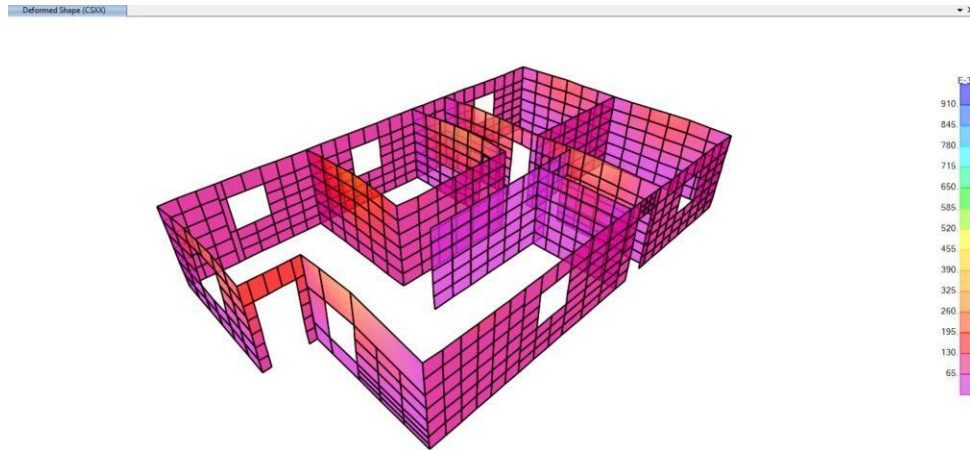


Figura 84: Desplazamiento en dirección “Y” estructura sin reforzamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, según el análisis realizado tenemos las distorsiones máximas en el caso de que ocurriese un sismo tanto en sentido “X” e “Y”. las cuales no deben superar lo establecido en la normativa que es de 0.005.

Tabla 48: *Desplazamientos y distorsiones máximas en sentido “X - Y” de la estructura sin reforzamiento.*

Dirección del sismo	h(m)	Desplazamiento (D)	Distorsión (δ)	Norma E. 030	Distorsión Real
X	2.5	22.400 cm	0.025	0.005	NO CUMPLE
Y	2.5	9.100 cm	0.017	0.005	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 48, se presenta el máximo desplazamiento que es en el eje X con 22.4 cm, mientras que en la dirección Y es de 9.10 cm, siendo el mas evidente el de X. Por otra parte, la distorsión en X e Y no cumplen con lo que establece la normativa, ya que estas superan los 0.005.

Edificación con reforzamiento con geomalla:

Así como especifica en la norma e. 080, actualmente las construcciones de adobe necesitan de algún tipo de refuerzo para que estas tengan mejor respuesta ante un movimiento sísmico y que en efecto de vivienda esta brinde seguridad a sus habitantes. Es por ello, que en este caso se ha considerado el uso de geomalla como refuerzo para este tipo de estructura.

Luego de ingresar los datos de los materiales se procede con el análisis y verificación respectiva de la estructura; así mismo, la *Figura 85* y *86* nos muestran los desplazamientos en dirección de “X” e “Y” con dimensiones de 8.7356 cm y .549 cm respectivamente.

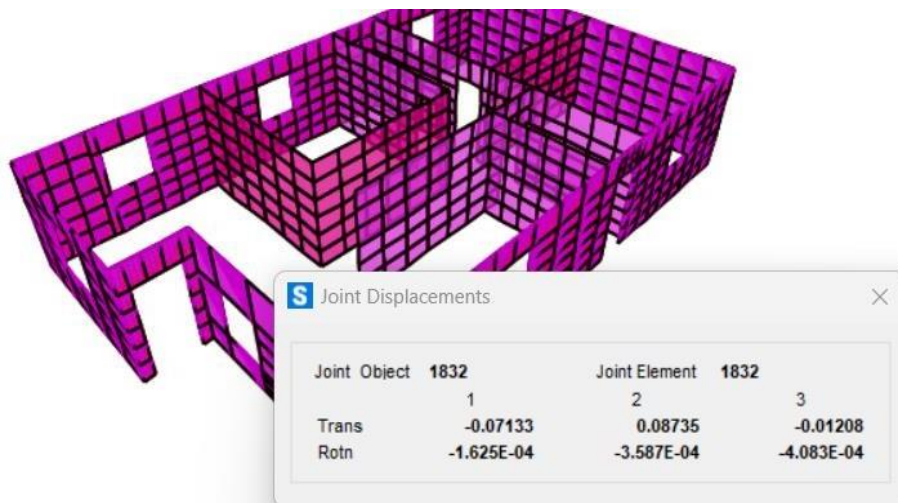


Figura 85: Desplazamiento en dirección “X” estructura reforzada con geomalla.

Fuente: Elaboración propia.

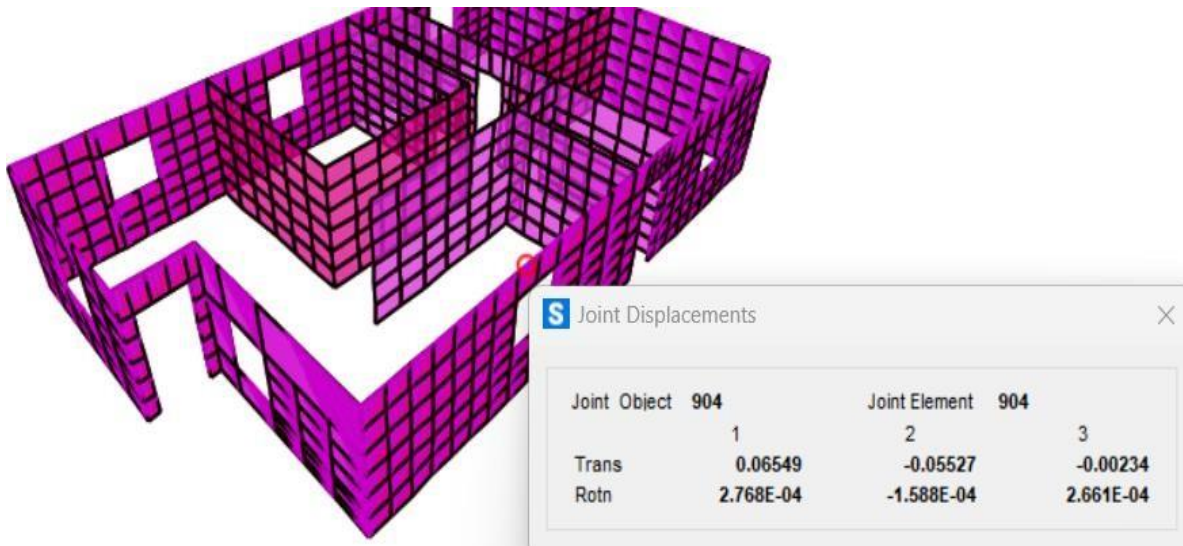


Figura 86: Desplazamiento en dirección “Y” estructura reforzada con geomalla.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 49, se analiza los desplazamientos y distorsiones en ambas direcciones, obteniendo que este ocurre en dirección del sismo en X con 8.735 cm. Así mismo, las distorsiones con este tipo de reforzamiento no cumplen con la normativa en la dirección Y, mientras que en la dirección de X las distorsión en menor a limite que establece la E.030 que es de 0.005, generando así que los muros sean más rigidez y sean más resistente ante el movimiento.

Tabla 49: Desplazamientos y distorsiones máximas sentido “X - Y” de la estructura con reforzamiento con geomalla.

Dirección del sismo	h(m)	Desplazamiento (D)	Distorsión (δ)	Norma E. 030	Distorsión Real
X	2.5	8.735 cm	0.011	0.005	NO CUMPLE
Y	2.5	6.549 cm	0.004	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Edificación con reforzamiento con malla electrosoldada:

Se trabajo con malla electrosoldada Q-139, debido a que esta cumple con las propiedades físicas que consideramos son viables usarlo como refuerzo en los muros de adobe; así mismo, esta cumple con la ASTM A496 / A496M - 07 “Standard Specification for Steel Wire, Deformed, for Concrete Reinforcement”, aunque si bien es cierto es para como refuerzo en muros de concreto se está empleando en muros de adobe.

Las especificaciones técnicas de sus propiedades con las mismas que se mencionan en el modelamiento en ETABS. Ahora bien, según el análisis realizado una vez ingresado las propiedades tanto mecánicas como físicas obtenemos en la *Figura 87 y 88* los desplazamientos de la estructura reforzada tanto en sentido del eje X e Y con 2.75 cm y 0.74 cm respectivamente.

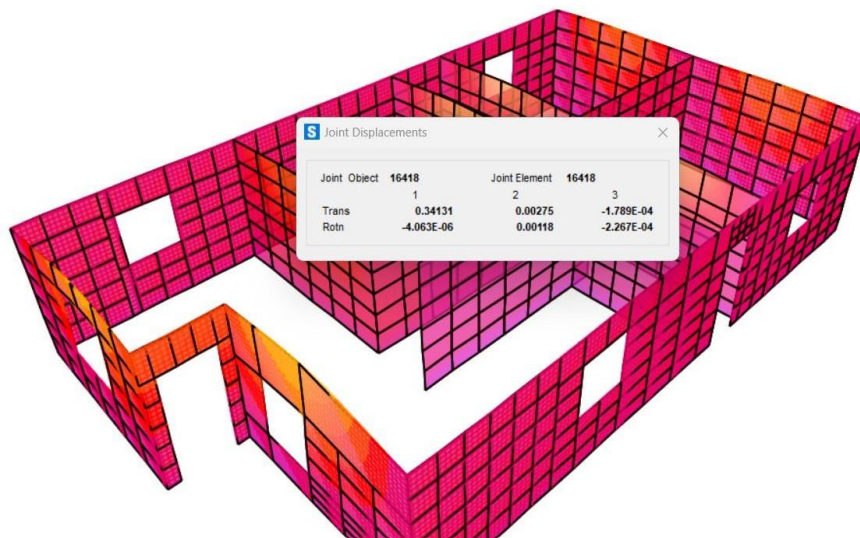


Figura 87: Desplazamiento en dirección “X” estructura reforzada con malla electrosoldada.

Fuente: Elaboración propia.

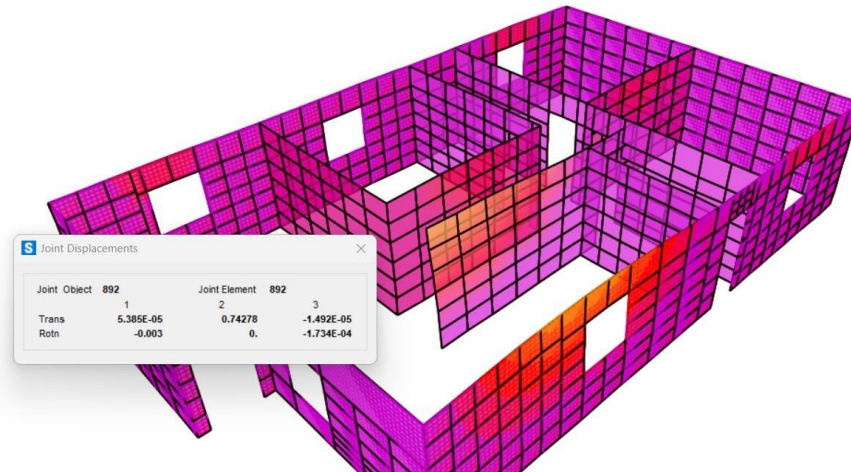


Figura 88: Desplazamiento en dirección “Y” estructura reforzada con malla electrosoldada.

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que los desplazamientos también se verifico las distorsiones en ambos sentidos, según la Tabla 50 el máximo desplazamiento surge en X con 8.735 cm y respecto a las distorsiones en ambos sentidos cumplen, puesto que los desplazamientos son mínimos en comparación con los otros análisis; por ende, este tipo de refuerzo hace que la estructura tenga mayor estabilidad y con ello mejor respuesta sísmica.

Tabla 50: Desplazamientos y distorsiones máximas sentido “X - Y” de la estructura con reforzamiento con malla electrosoldada.

Dirección del sismo	h(m)	Desplazamiento (D)	Distorsión (δ)	Norma E. 030	Distorsión Real
X	2.5	2.750 cm	0.005	0.005	CUMPLE
Y	2.5	0.740 cm	0.002	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Resumen de resultados

Los resultados obtenidos muestran la mejora obtenida mediante el análisis y verificación de una vivienda rural a base de adobe reforzada con geomalla y malla electrosoldada. Así mismo, en toda la elaboración de la investigación hemos observado que son diversas las secuencias de respuesta sísmica que presenta la estructura, en donde la aplicación que se hace de usar materiales que tenga trabajabilidad con el adobe y puedan formar un resultado óptimo y que sobre todo es favorable para que, así como se ha mencionado en otros estudios semejantes.

En la Tabla 51 se observa los desplazamientos analizados en el software ETABS, en donde se verifica tendría la estructura frente a un sismo en sentido de X e Y. dichos desplazamientos se ven comprados entre los tres casos de la estructura sin reforzamiento, reforzada con geomalla y por último reforzada con malla electrosoldada.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede inferir que la malla electrosoldada es uno de los refuerzos más efectivos, por lo que los desplazamientos que se suscitaron en el modelamiento en el software ETABS tanto en X e Y son mucho menor a los otros dos casos conllevando a la reducción de desplazamientos laterales y un mínimo de grietas en los muros. Es así como, al suscitarse un sismo en dirección de X el $D_x = 2.4$ cm y el $D_y = 1.0$ cm, por otra parte, si el sismo fuese en sentido de Y el $D_x = 1.4$ cm y el $D_y = 2.8$ cm.

Tabla 51: *Máximos desplazamientos en dirección “X - Y” de la estructura sin reforzamiento, con reforzamiento de geomalla y malla electrosoldada – ETABS.*

Estructura (ETABS)	Dirección del sismo	Altura (m)	Dx (cm)	Dy (cm)
Sin reforzamiento	X	2.5	22.9	7.0
	Y	2.5	3.0	37.2
Geomalla	X	2.5	4.51	3.7
	Y	2.5	1.9	8.05
Malla electrosoldada	X	2.5	2.4	1.0
	Y	2.5	1.4	2.8

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 52 se resumen las máximas distorsiones en dirección X e Y de la estructura modelada en software ETABS sin ningún tipo de reforzamiento y reforzada con geomalla y malla electrosoldada. De acuerdo con la propuesta de la norma E. 030 y según el análisis realizado, se verifica que las distorsiones en los tres casos solo están cumpliendo siempre y cuando el sismo ocurriese en dirección de Y en ambos ejes (δx y δy).

Tabla 52: *Máximas distorsiones en dirección “X - Y” de la estructura sin reforzamiento, con reforzamiento de geomalla y malla electrosoldada ETABS.*

Estructura (ETABS)	Dirección del sismo	Altura (m)	δx	δy	Norma E. 030	Distorsión Real
Sin reforzamiento	X	2.5	0.015151	0.002717	0.005	NO CUMPLE (δx)
	Y	2.5	0.00161	0.002086	0.005	CUMPLE
Geomalla	X	2.5	0.015151	0.002717	0.005	NO CUMPLE (δx)
	Y	2.5	0.00161	0.002086	0.005	CUMPLE
Malla electrosoldada	X	2.5	0.000773	0.000131	0.005	NO CUMPLE (δx)
	Y	2.5	0.000921	0.00024	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se resumen los resultados obtenidos del modelamiento de la estructura de adobe en el software SAP 2000. puesto que es un programa de elementos finitos que permite realizar la modelación, análisis y verificación muchos problemas de la rama de la ingeniería. Por ende, en la Tabla 53, tenemos los desplazamientos de la estructura sin reforzamiento, reforzada con geomalla y malla electrosoldada, apreciando que esta última presenta una mejor función con los muros de adobe, ya que mediante el reforzamiento esta permite la estabilidad de la estructura con desplazamientos máximos en X de 2.750 cm y en Y con 0.740 cm.

Tabla 53: *Máximos desplazamientos en dirección “X - Y” de la estructura sin reforzamiento, con reforzamiento de geomalla y malla electrosoldada – SAP2000.*

Estructura (SAP 2000)	Dirección del sismo	Altura (m)	Desplazamiento (D)
Sin reforzamiento	X	2.5	22.400 cm
	Y	2.5	9.100 cm
Geomalla	X	2.5	8.735 cm
	Y	2.5	6.549 cm
Malla electrosoldada	X	2.5	2.750 cm
	Y	2.5	0.740 cm

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, en las distorsiones analizadas no llegan a cumplir con la normativa cuando se verifica la estructura sin reforzamiento sobrepasando el mínimo establecido en la norma E. 030. Seguido cuando la estructura es refuerzo con geomalla solo cumple las distorsiones en Y más no en X; finalmente cuando se aplica el refuerzo de malla electrosoldada las distorsiones cumplen.

Tabla 54: *Máximas distorsiones en dirección “X - Y” de la estructura sin reforzamiento, con reforzamiento de geomalla y malla electrosoldada SAP2000 .*

Estructura (SAP 2000)	Dirección del sismo	Altura (m)	Distorsión (δ)	Norma E. 030	Distorsión Real
Sin reforzamiento	X	2.5	0.025	0.005	NO CUMPLE
	Y	2.5	0.017	0.005	NO CUMPLE
Geomalla	X	2.5	0.011	0.005	NO CUMPLE
	Y	2.5	0.004	0.005	CUMPLE
Malla electrosoldada	X	2.5	0.005	0.005	CUMPLE
	Y	2.5	0.002	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Era de esperar que la estructura de adobe tendría una respuesta estructural de valores cercanos entre los refuerzos de geomalla y malla electrosoldada. Logrando con esto que los dos métodos son recomendables como reforzamiento para muros de adobe. Además, en la Tabla 55 se observa la comparación en una sola base los resultados de desplazamientos y distorsiones de la estructura modelada tanto Enel software ETABS y SAP 2000.

Tabla 55: *Máximos desplazamientos en dirección “X - Y” analizados en ETABS y SAP2000.*

Estructura	Dirección del sismo	Altura (m)	Desplazamiento (D) ETABS	Desplazamiento (D) SAP2000
Sin reforzamiento	X	2.5	22.900 cm	22.400 cm
	Y	2.5	37.200 cm	9.100 cm
Geomalla	X	2.5	4.510 cm	8.735 cm
	Y	2.5	8.050 cm	6.549 cm
Malla electrosoldada	X	2.5	2.400 cm	2.750 cm
	Y	2.5	2.800 cm	0.740 cm

Fuente: Elaboración propia

Tal como vemos en las siguientes tablas resumen: Tabla 55 y 56, se verifica que para el tipo de edificación con muros de adobe el material que mayor trabajaría en conjunto como reforzamiento y así poder reducir los daños generados producto de algún sismo es la geomalla; sin embargo, el que mejor trabajaría es la malla electrosoldada que esta debe ser considerada en base sus propiedades especificadas en las fichas técnicas de cada proveedor.

Tabla 56: Máximas distorsiones en dirección “X - Y” analizados en ETABS y SAP2000.

Estructura	Dirección del sismo	Altura (m)	Desplazamiento (D)	
			ETABS	SAP2000
Sin reforzamiento	X	2.5	0.015151	0.025
	Y	2.5	0.002086	0.017
Geomalla	X	2.5	0.015151	0.011
	Y	2.5	0.002086	0.004
Malla electrosoldada	X	2.5	0.000773	0.005
	Y	2.5	0.00024	0.002

Fuente: Elaboración propia.

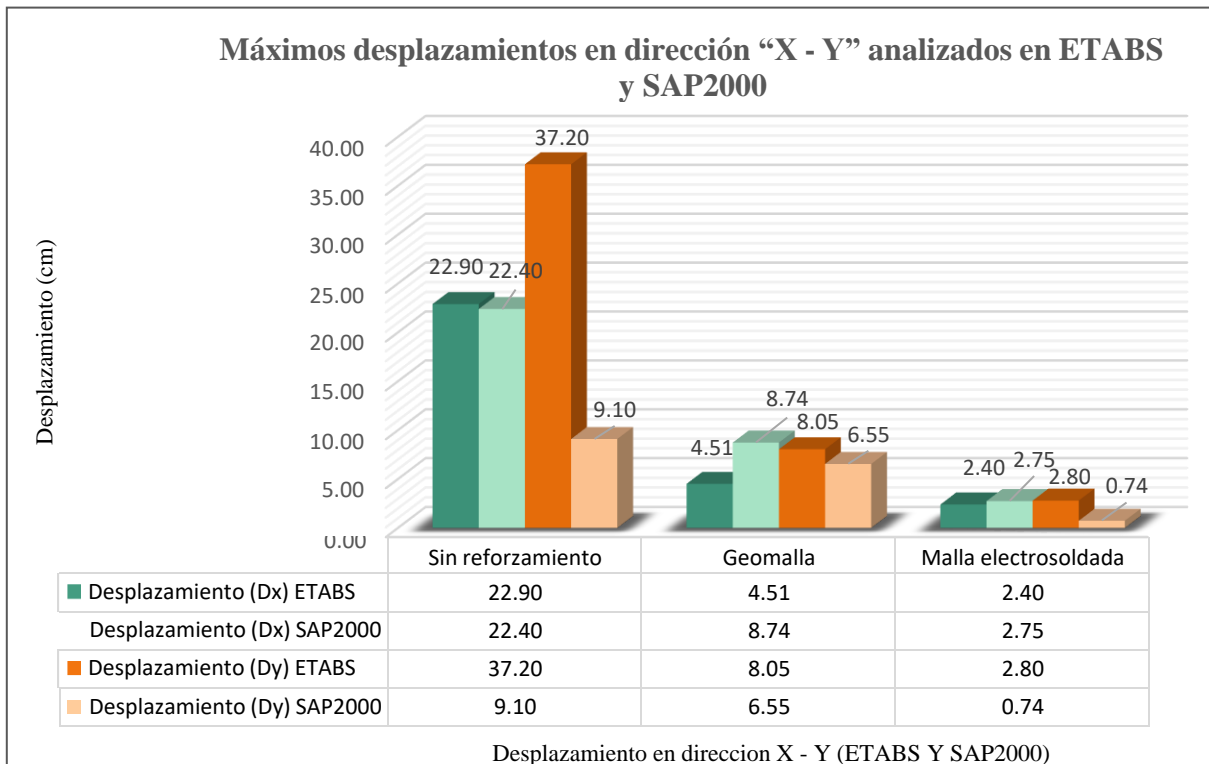


Figura 89: Grafica de los máximos desplazamientos en dirección X – Y analizado en ETABS y SAP2000.

Fuente: Elaboración propia.

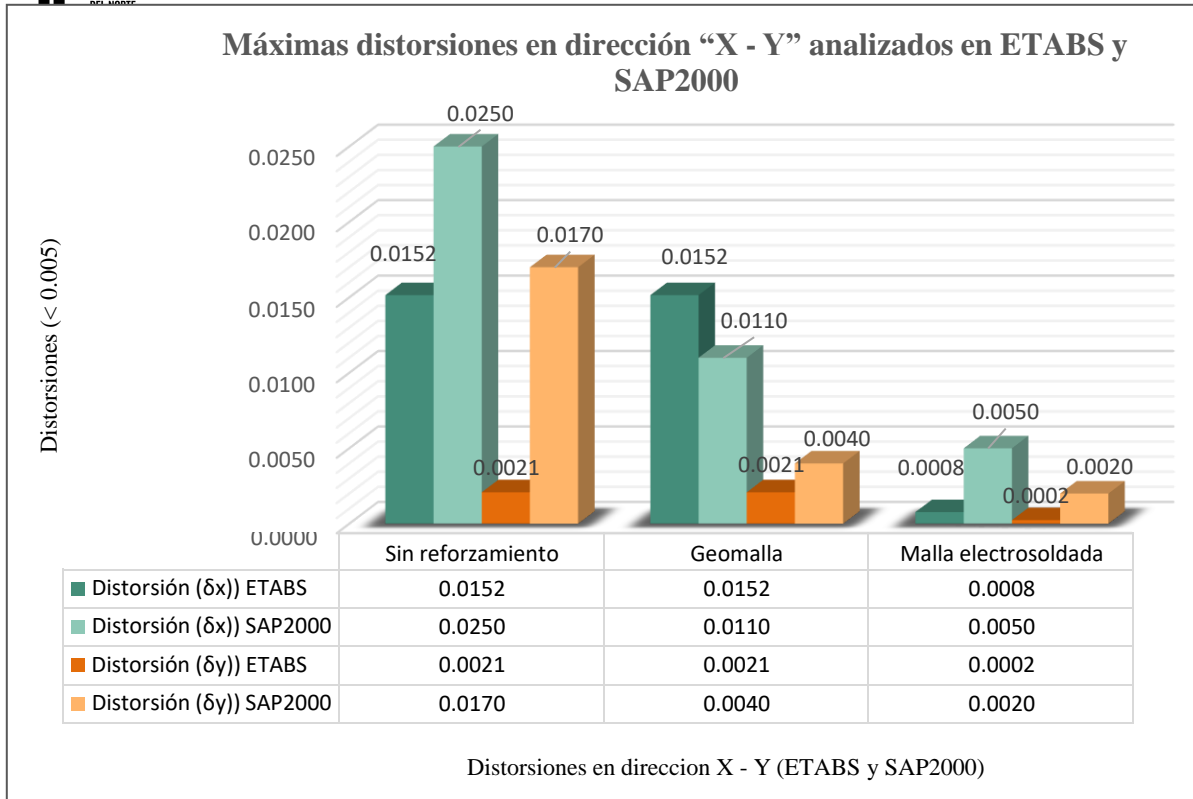


Figura 90: Grafica de las máximas distorsiones en dirección X - Y analizado en ETABS y SAP2000.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la *Figura 89* y *Figura 90* se observa la variación que se presenta frente al suceso de un sismo en dirección de X e Y, modelados y analizados en dos softwares distintos como es ETABS y SAP 2000, existiendo una gran diferencia entre una estructura sin refuerzo y una reforzada con geomalla y malla electrosoldada. Así mismo, la malla electrosoldada fue la mejor técnica de reforzamiento la cual presento mayores reducciones en los desplazamientos laterales y distorsiones en ambos sentidos tanto en X e Y.

Los mismos resultados se pueden apreciar en las gráficas ; en la *Figura 89* se pueden observar los máximos desplazamientos y en la *Figura 90* se observa las máximas distorsiones en ambos sentidos tanto en X y en Y.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En este capítulo se describirá sobre los resultados obtenidos y el análisis de vulnerabilidad sísmica en una vivienda de adobe sin reforzamiento y reforzada con geomalla y malla electrosoldada en el distrito de Utco, provincia Celendín, departamento Cajamarca, realizando una comparación de los resultados con estudios semejantes los cuales sirvieron de base para el desarrollo de esta investigación.

Interpretación comparativa

Para la obtención de datos se realizó una búsqueda de estudios que sirvan como antecedentes en donde se haya trabajado con vivienda de adobe y que a la vez se hayan propuesto métodos de reforzamiento, puesto que según Serrano M. (2016), señala que en la Norma E. 080 se ha extendido mejorando la técnica de construcciones con adobe, llevando así a incluir diversos reforzamientos que pueden ser empleados; sin embargo, no se lleva a la práctica en muchos casos especialmente en las zonas rurales donde gran porcentaje de viviendas están hechas a base de tierra esto sucede por desconocimiento. Por ello, con esto se busca difundir y promocionar y así la población pueda adoptar nuevas técnicas de construcción con adobe.

Según el antecedente del estudio realizados por Chacón, J., Suquillo, B., Sosa, D., & Celi, C. (2021), utiliza la malla electrosoldada como refuerzo en los muros obteniendo así desplazamientos de 8.0 cm como promedio haciendo uso del software SAP2000 v.15; así mismo, como resultado de su análisis indican que el parámetro más significativo es la relación del ancho del elemento finito respecto a la longitud principal del elemento estructural, y que al aplicar el refuerzo de malla garantiza un porcentaje de error mínimo para

un análisis en base a los desplazamientos, generando una estructura que frente a un sismo presentará fallas leves. Por consiguiente, nuestros resultados obtenidos posicionan a la malla electrosoldada como el refuerzo que mitiga la vulnerabilidad sísmica de una edificación a base de adobe, por lo que existe una notable disminución de desplazamientos en los muros tanto en X con en Y; sin embargo, los muros ubicados en dirección X tienen mayores desplazamientos en comparación con Y, por el hecho de que la edificación propuesta tiene en planta una forma rectangular, pero a pesar de esto los resultados están dentro del rango de la normativa. Por ende, según la comparación el tipo de refuerzo con malla electrosoldada reduce los desplazamientos siendo este el más efectivo a emplear en este tipo de edificaciones.

Por otro lado, en el antecedente del estudio realizado por Huamán E. & Neyra C. (2018), donde analiza la vulnerabilidad sísmica de del Local Municipal de Acraquia en donde luego de hacer el modelamiento en el software ETABS, en cuanto al comportamiento estructural de la edificación los resultados que obtienen con el refuerzo de malla electrosoldada respecto a los desplazamientos estos no superan los 4.0 cm, teniendo un mejor efecto de disminuir deformación ante un sismo y con ello menor presencia de fallas en los muros. Por consiguiente, en los resultados obtenidos en esta investigación mediante el modelamiento en el software ETABS, también se presencia que los desplazamientos y distorsiones máximas disminuyen con este tipo de refuerzo presentando mayor resistencia de la estructura de soportar cargas sin colapsar y mayor rigidez de la estructura de oponerse a las deformaciones productor del movimiento.

El comportamiento de los muros estructurales, según Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N., & Iwaki, C. (2011), es muy breve, por lo que la tierra tiende a fisurarse ante un nivel muy bajo de esfuerzo. Por ende, según los estudios que se vienen realizando a lo largo de los años se ha demostrado que la integración entre los muros de tierra y los refuerzos de cualquier tipo que sea permite tener un comportamiento más adecuado de los muros, obteniendo de esta manera una vivienda optima y sobre todo sismorresistente.

Implicancias

En primer lugar, este estudio de investigación desde un punto de vista académico ha logrado y permitido abordar la problemática de viviendas de adobe presente en muchas zonas rurales para así analizar cuáles son los efectos que puede traer un acontecimiento natural y sobre todo buscar soluciones como en este caso por medio de resultados posterior a una larga investigación en campo como también en lo académico aplicando conocimientos adquiridos y de esta manera contribuir al desarrollo de investigaciones que fomentan las soluciones a problemas sociales de este tipo. Esto se traduce en la necesidad de seguir desarrollando estudios donde se presente la realidad de los problemas estructurales de las viviendas de adobe y se formulen planteamientos que nos acerquen a obtener mejores estructuras con este material y que brinden una mejor seguridad ante cualquier movimiento sísmico.

A su vez, desde el punto de vista práctico mediante los resultados obtenidos y análisis de datos permite confirmar que la tierra sigue siendo uno de los materiales empleados en las viviendas y que para obtener una mejor respuesta estructural se debe emplear algún tipo de refuerzo que ofrezca trabajabilidad entre los dos como es el caso de la geomalla y malla electrosoldada los cuales se adecuan a la mampostería presentando efectos sobresalientes aptos a ser aplicados.

Para finalizar, este trabajo de investigación mediante la implicancia de aproximaciones teórica y a la vez metodológicas permitirán que mediante su aplicación sea utilizada como antecedente ante futuros estudios; por lo que los resultados muestran un buen comportamiento observado mediante el sistema de refuerzo planteado en donde estos presentan resistencia ante fuerzas causadas por sismos (San Bartolome A. & Quiun D., 2015).

4.2. Conclusión

Con relación a los objetivos planteados en la investigación y después de todo el procedimiento realizado llegamos a obtener resultados que muestran gran diferencia en los plasmado y a la vez esto nos brindan una mejor visión de las mejores soluciones a emplear; por ende, se llega a las siguientes conclusiones:

Se determinó que al emplear reforzamiento con geomalla y malla electrosoldada en los muros de adobe de una vivienda ubicada en el distrito de Utco, Celendín, Cajamarca; y que, mediante análisis y verificación, esta presenta una reducción de desplazamientos y distorsiones en los muros de la estructura generando que disminuya la vulnerabilidad sísmica.

Mediante el modelamiento de la estructura sin ningún tipo de reforzamiento en una vivienda de adobe en el Distrito de Utco, Celendín, Cajamarca en el software ETABS v19.0.0 se determinó la respuesta estructural considerando análisis dinámico espectral; en donde, los desplazamientos máximos fueron de 22.9 cm y 37.2 cm en el caso de que se suscitase un sismo en dirección de X e Y respectivamente; mientras que en el software SAP2000 v20.0.0 Los desplazamientos fueron de 22.4 cm y 9.10 cm. Es decir, la diferencia respecto a los desplazamientos en X es de 0.5 cm y en E igual a 28.1 cm; si bien es cierto ambos softwares son usados para análisis estructural los resultados que ambos muestren son algo parecidos tal

cual obtuvimos los nuestros. Mediante los desplazamientos, se verifica que la vivienda de adobe sin reforzamiento presentaría muchas fallas frente a un suceso sísmico e incluso podrían llegar al colapso poniendo en riesgo la vida de los habitantes.

Así mismo, al emplear la geomalla como refuerzo en los muros de adobe los resultados muestran un moderado daño en muros haciendo a este uno de los métodos más efectivos puesto que los desplazamientos máximos disminuyeron en 18.39 cm y 13.67 respecto a un movimiento sísmico en dirección de X, mientras que en dirección Y disminuyeron en 29.15 cm y 2.55 cm analizados en los softwares ETABS v19.0.0 y SAP2000 v20.0.0 respectivamente. Por tanto, la determinación del nivel de vulnerabilidad sísmica de la estructura está relacionado directamente con los máximos desplazamientos, con esto la edificación presenta mayor estabilidad ante un suceso sísmico y con ello disminuye el pronunciamiento de fallas en la edificación y en el peor de los casos llegar al colapso. Cabe resaltar, aunque la estructura es de adobe, y está conectada por dinteles, vigas, adobes traslapados y a esto se añade la geomalla en los muros tanto internamente como externa que trabaje como refuerzo, esto hace que toda su forma trabaje como un solo conjunto y pueda tener mejores resultados antes cualquier evento natural.

De la misma forma, se empleó el uso de malla electrosoldada como refuerzo en los muros de adobe de la estructura plasmada, en donde se realizó el análisis respectivo en los dos softwares antes mencionados. Así mismo, luego del modelamiento y posterior análisis se pudo verificar que los desplazamientos y distorsiones máximas fueron de menor magnitud teniendo una diferencia con el refuerzo con geomalla de 1.76 en X y 2.06 en dirección Y tanto en ETABS v19.0.0 y SAP2000 v20.0.0. Por las características físicas y mecánicas del refuerzo con malla electrosoldada, este tiene la capacidad para disipar la energía fuera del

rango, ante esto la mampostería de adobe no llegaría al colapso por lo que hace que la estructura sea más estable ante un evento sísmico.

En conclusión, una edificación a base de adobe debería llevar algún tipo de refuerzo, debido a que en el transcurso de los años los eventos sísmicos han dejado antecedentes con grande evidencia de lo cuan vulnerables son estas edificaciones. A pesar de que hoy en día existe antecedentes de estudios que se han ido elaborando algunos programas incluso del estado en apoyo a las rurales las cuales son más vulnerables por el tipo de edificación, en algunas partes del Perú aún se construye sin ningún conocimiento técnico basándose en sus conocimientos adquiridos de sus ancestros, llevando pérdidas económicas, pérdidas de vidas. Es así como, con esta investigación se busca seguir con la línea de estudios que opten por las mejoras para este tipo de viviendas rurales y a la vez poner en alerta a las autoridades con la finalidad de llegar a mitigar el elevado riesgo sísmico y concientizar a la población de la importancia de tener una vivienda segura.

REFERENCIAS

Aceros Arequipa (01 de junio del 2022). Mallas Electrosoldadas, ASTM A497. Recuperado de: www.acerosarequipa.com.

Arce R. & Rodríguez V. (2014). *Propuesta de empleo del adobe reforzado con geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el pueblo joven Yanama-Ayacucho*. [Tesis para optar título, Universidad Nacional de Huancavelica].

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS (2010). *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*. Colombia. Presidencia de la Republica red de solidaridad Social.

ASTM International (2020). *ASTM D4439: Standard terminology for geosynthetics*. Recuperado de: <https://compass.astm.org/document/?contentCode=ASTM%7CD4439-20%7Cen-US>

Banco Internacional de Desarrollo – BID (14 de mayo del 2012). Estudio del BID: *América Latina y el Caribe encaran creciente déficit de vivienda*. Recuperado de: <https://www.iadb.org/es/noticias/estudio-del-bid-america-latina-y-el-caribe-encaran-creciente-deficit-de-vivienda>

Barranco C., Delgado M., Melin C., & Quintana R. (2010). *Trabajo social en vivienda: investigación sobre calidad de vida percibida*. *Portularia*, X (2), 101-112. [fecha de Consulta 23 de mayo de 2023]. ISSN: 1578-0236. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=161015612009>

Blondet M., Vargas J., Tarque N., Soto J., Sosa C., Sarmiento J. (2015). *Refuerzo sísmico de mallas de sogas sintéticas para construcciones de adobe*. Informes de la Construcción, 15° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 67-80. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6085973>

Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N., & Iwaki, C. (2011). Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Informes de la Construcción, 63(523), 41-50.

Cárdenas R. & Luna J. (2017). *Estudio experimental de la influencia de los diferentes tipos de mortero y substratos de albañilería en la adherencia con geomallas*. [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú].

Carrión Z. (2022). *Reforzamiento de muros de mampostería con mallas poliméricas y electrosoldada para la reducción de la vulnerabilidad sísmica de viviendas informales en el distrito de ate - lima, 2022*. [Tesis para optar el título, Universidad Privada del Norte]. Recopilado de: <https://hdl.handle.net/11537/31458>

Ccorisapra A. & Mora J. (2019). *Propuesta de construcción de una vivienda modular rural con instalaciones sostenibles en el distrito de Sondorillo – Piura*. [Tesis para optar el título, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Recopilado de: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628040/Ccorisapra_CA.pdf?sequence=3

Cevallos O. & Diaz V. (2018). *Reforzamiento estructural de muros de ladrillo pandereta con mallas para tarrajeo y electrosoldada*. [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú].

Chacón, J., Suquillo, B., Sosa, D., & Celi, C. (2021). *Evaluación y Reforzamiento de una Estructura Patrimonial de Adobe con Irregularidad en Planta*. *Revista Politécnica*, 47(1), 43-56. [fecha de Consulta 27 de octubre de 2022]. ISSN: 1390-0129. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=688772208005>

Chopra A. (2014). *Dinámica de estructuras*. Estado de México. Ed. 4th. Pp. 001-1031. Recuperado de: https://www.academia.edu/36451323/Dinamica_de_Estructuras_4Ed_Anil_K_Chopra

Dowling, D., Samali, B., & Li, J. (2005). *An improved means of reinforcing adobe walls-external vertical reinforcement*. In *SismoAdobe2005: international seminar on architecture, construction, and conservation of earthen buildings in seismic areas, Lima, Peru*.

Escamirosa L., Arroyo R., Ocampo M., & Peralta H. (2019). *Mejoramiento estructural de la vivienda tradicional de adobe de Chiapa de Corzo, Chiapas / Structural improvement of the traditional housing of adobe from Chiapa de Corzo, Chiapas*. *RICSH Revista Iberoamericana De Las Ciencias Sociales Y Humanísticas*, 8(15), 104 - 135. <https://doi.org/10.23913/ricsh.v8i15.163>

Expedientes Técnico “*Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y saneamiento básico rural en: El Lanche, El Choloque, Limón (Granadilla, Tuyunga,*

Bellavista, El Tambo, Pencapata, Calluincho), Gelic, La Lucma, San Isidro, Shucamayo, Ocshali (Choropata) - 8 localidades del distrito de Utco - provincia de Celendín - departamento de Cajamarca", Código Único de Inversiones N.º: 2449296. (2020). Consultado en: Municipalidad Distrital de Utco.

GEOACE PERU (03 de abril del 2023). *Geomallas Uniaxial, Biaxial y Triaxial*. Recuperado de: <https://www.geoaceperu.com/categoria-producto/geomallas/>.

Hernández R., Fernández C. & Baptista M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ed. 6th. pp. 001-632. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Huamán E. & Neyra C. (2018). *Propuesta de reforzamiento en adobe para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia 2018*. [Tesis de titulación, Universidad Cesar Vallejo].

INEI. *Censos Nacionales XII de Población y VII de Vivienda, 22 de octubre del 2017, Perú: Resultados Definitivos. Lima, octubre de 2018*. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/parte01.pdf

Koerner R. (2012). *Designing with Geosynthetics*. Xlibris Publishing Co., New York. Ed. 6th. Vol. 1. pp. 001-526. Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?id=qZtSAAAAQBAJ>

Maldonado, E., & Chio, G. (2009). *Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra*. Ingeniería y Desarrollo, (25), 180-199. [fecha de Consulta 23 de mayo de 2023]. ISSN: 0122-3461. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85212371011>

Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento (2012). Programa Nacional de Vivienda rural. Sistema constructivo para viviendas rurales. Lima.

Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento (2017). *Resolución Ministerial N° 121-2017-Vivienda, Modificación de la denominación y contenido de la Norma E.080 del RNE, Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda*, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento construcción (2010). Manual de construcción / Edificaciones Antisísmicas de adobe.

Oblitas J. (2018). Guía de investigación científica 2018. Facultad de ingeniería, Universidad Privada del Norte. Lima, Perú.

Osma G. & Ordoñez G. (2010). *Desarrollo sostenible en edificaciones*. Revista UIS Ingenierías, 9(1),103-121. [fecha de Consulta 14 de abril de 2023]. ISSN: 1657-4583. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553756877008>

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD (2008). *Manual para la Reparación y Reforzamiento de Viviendas de Albañilería Confinada Dañadas por Sismos*. Recuperado de: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/pe/ManualReparacionAlbanileria1.pdf>

Reglamento Nacional de Edificaciones (2022). *Norma A. 020 “Vivienda”*, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2022). *Norma E. 010 “Madera”*, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2022). *Norma E. 030 “Diseño Sismorresistente”*,

Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2022). *Norma E. 080 “Diseño y Construcción con Tierra Reforzada”*, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Reyes J, Smith J., Yamin L., Galvis F., Ángel C., Sandoval J., González C. (2019). *Seismic experimental assessment of steel and synthetic meshes for retrofitting heritage earthen structures*. Engineering Structures, 198, 109477. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109477>.

Rojas D. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento para el sistema bombas hidráulicas de la empresa CEDAL S.A.* [Tesis para optar el título, Universidad de Guayaquil]. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/24514>

Romero J. & Julca R. (2020). *Análisis dinámico no lineal de un modelo de vivienda de adobe reforzado con sogas*. [Tesis para optar título, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].

Romero J. (2019). *Análisis sísmico utilizando bloques rígidos de modelos de vivienda de adobe de 2 pisos*. [Tesis de Magister, Pontificia Universidad Católica del Perú].

Ruiz D., Silva M., Cerón L., López C. (2017). *Seismic performance of rammed earth town halls reinforced with confinement wooden elements/Evaluación del comportamiento sísmico de casas consistoriales de tapia pisada reforzadas con maderas de confinamiento*. Revista Ingeniería de Construcción RIC, 32(2), 25-44. Recuperado de: <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/633>

- Saldívar, M., Garino, L., Navarta, G., & Albarracín, O. (2016). *Reforzamiento de viviendas de adobe en zonas sísmicas*. Congreso Euroamericano REHABEND 2016. Burgos, España. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/310707121>
- San Bartolomé A. & Quiñón D., (2015). Diseño de malla electrosoldadas para el reforzamiento sísmico de viviendas de adobe típicas del Perú. *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.* 30(1), 71-80. Recuperado de: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652015000100008
- Serrano M. (2016). *Herramientas para la capacitación en reforzamiento con malla de cuerdas de viviendas de adobe autoconstruidas en áreas sísmicas*. [Tesis de Magister, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Solís M., Torrealva D., Santillán P., & Montoya G. (2015). *Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe*. *Informes de la Construcción*, 67(539), 539-592. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.141>
- Torres A. (2015). *Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres*. [Tesis para optar título, Universidad Central de Ecuador]. Recopilado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5429>
- Torres C. (2018). *Evaluación del comportamiento sísmico de muros de suelo reforzado con geomallas por métodos numéricos*. [Tesis para optar título, Universidad Nacional Ingeniería].
- Valle A. (2019). *Evaluación experimental del comportamiento de muros de adobe reforzados con cuerdas sometidos a carga lateral cíclica*. [Tesis de Magister, Pontificia Universidad Católica del Perú].

Yallico R. (2020). *Evaluación de malla de cuerdas sintéticas como sistema de refuerzo para viviendas de adobe de dos pisos en el Perú mediante ensayos de simulación sísmica.*

[Tesis de Magister, Pontificia Universidad Católica del Perú].

Yamin, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D. (2007). *Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas de adobe y tapia pisada.* Apuntes. Revista de Estudios Sobre Patrimonio Cultural - Journal of Cultural Heritage Studies, 20(2), 286-303. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2718688>

ANEXOS

Anexo 1: Solicitud de autorización de uso de información.

ALCALDÍA

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Entidad: Municipalidad Distrital de Utco
Sumilla: SOLICITO AUTORIZACIÓN PARA EL DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN DEL DISTRITO DE UTCO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS

Sr. JOSÉ WILSON ORTIZ ZAMORA
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DE UTCO

Yo, Syntia Juanita Cabanillas Chacón, identificada con DNI N.º 75680482, domiciliada en el Pje. Santa Sofía N.º 100-2º Piso INT. “A” Barrio San Martín, Distrito, Provincia, Región Cajamarca, con teléfono N.º 978761346, ante usted con el debido respeto me presento y expongo: Que, al encontrarme culminando la carrera de Ingeniería Civil solicito la autorización para el desarrollo de mi trabajo de investigación sobre la tesis “Comparación de la respuesta estructural de una edificación con adobe reforzado con geomalla o malla electrosoldada en el distrito de Utco, Celendín, Cajamarca, 2023” a desarrollarse en el Distrito de Utco, y así poder optar el grado de Ingeniero Civil; así mismo, permiso para acceder a la información que sea necesaria para el desarrollo de dicha investigación. Por lo expuesto:

Sin otro en particular, aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

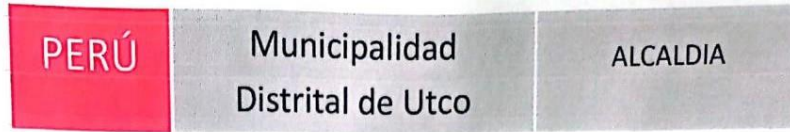
Utco, 21 de abril del 2023

Atentamente.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL UTCO	
(MESA DE PARTES)	
Exp. N.º	502
Folios:	01
Fecha:	21-04-2023
FIRMA	



.....
Bach. Syntia J. Cabanillas Chacón
DNI: N.º 75680482



“Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo”

Utco, 31 de mayo del 2023

CARTA N° 011-2023-MDU/A

Srta.
SYNTIA JUANITA CABANILLAS CHACÓN

Presente.-

ASUNTO : RESPUESTA A SU SOLICITUD

De mi consideración;

Por intermedio del presente es grato dirigirme a su digna persona, para hacer llegar un cordial saludo a nombre de Alcaldía; y al mismo tiempo informarle que resulta procedente su solicitud, autorizando a la solicitante **SYNTIA JUANITA CABANILLAS CHACÓN** Bachiller de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte para que desarrolle su investigación “Comparación de la respuesta estructural de una edificación con adobe reforzado con geomalla o malla electrosoldada en el distrito de Utco, Celendín, Cajamarca, 2023” dentro del marco del Distrito de Utco; así mismo, permiso para acceder a la información pertinente que sea de utilidad para el desarrollo de su investigación.

Es cuanto tengo que informar a usted para su conocimiento y fines.

Atentamente


MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE
UTCO
Abg. José Wilson Ortiz Zamora
Abg. José Wilson Ortiz Zamora
ALCALDE

Jr. Plaza de Armas S/N – Utco
E-mail: muniutco2023@gmail.com

Anexo 2: Fichas técnicas.

MALLAS ELECTROSOLDADAS

ASTM A497

DENOMINACIÓN:
MALLA ELECTROSOLDADA CORRUGADA ASTM A497
(Denominación corta: MALLA ESOLD A497)

DESCRIPCIÓN:
Malla electrosoldada fabricada con alambres corrugados de diámetros entre 2.87 y 12.00 mm en aceros de bajo carbono.

USOS:
En el sector construcción, las mallas pueden reemplazar las armaduras de hierro tradicional en cualquier elemento, como losas, plateas, muros, canales, cisternas, entre otros.

NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN:
- ASTM A496 / A496M - 07 Standard Specification for Steel Wire, Deformed, for Concrete Reinforcement.
- ASTM A497 / A497M - 07 Standard Specification for Steel Welded Wire Reinforcement, Deformed, for Concrete.
- ASTM A1064/A1064M-18a Standard Specification for Carbon-Steel Wire and Welded Wire Reinforcement, Plain and Deformed, for Concrete.

PRESENTACIÓN:
Despacho por unidad.

DIMENSIONES NOMINALES:
Las mallas pueden ser producidas en diferentes medidas y calibres, sus dimensiones estándar son de 2.40m x 6.00m, pero estas pueden variar de acuerdo con los requerimientos de los clientes. Así mismo, las cocadas pueden variar cada 50mm (entre 100mm y 400mm) y los diámetros pueden variar cada 0.1mm (entre 4mm a 12mm).

Ejemplo de algunas configuraciones:

Malla	Medida (m)	Cocada (mm)	Diámetro (mm)	Peso Malla (kg)	Peso Malla (kg/m ²)
Q-84	2.40x 6.00	150x150	4.00	18.94	1.32
Q-139	2.40x 6.00	100x100	4.20	31.32	2.18
Q-158	2.40x 6.00	150x150	5.50	35.81	2.49
Q-188	2.40x 6.00	150x150	6.00	42.62	2.96
Q-195	2.40x 6.00	150x150	6.10	44.05	3.06
Q-221	2.40x 6.00	150x150	6.50	50.01	3.47

Malla	Medida (m)	Cocada (mm)	Diámetro (mm)	Peso Malla (kg)	Peso Malla (kg/m ²)
Q-235	2.40x 6.00	150x150	6.70	53.14	3.69
Q-257	2.40x 6.00	150x150	7.00	58.00	4.03
Q-295	2.40x 6.00	150x150	7.50	66.59	4.62
Q-335	2.40x 6.00	150x150	8.00	75.76	5.26
R-80	2.40x 6.00	150x200	3.9/4.5	18.00	1.25

PROPIEDADES MECÁNICAS:
Para el alambre:

Norma	Límite de Fluencia (kg/mm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	Alargamiento (%)	Doblado a 180° (en 2d)	Tolerancia en peso
ASTMA496	50.0 mín. (490 MPa)	56.0 mín. (550 MPa)	8 mín*	Sin fisura	±- 6%

d = diámetro nominal del alambre. * JIS G3532:2011 SWM-R.

Para la malla:

Norma	Resistencia al corte de la soldadura (kg/mm ²)	Tolerancias dimensionales			
		Ancho (de malla)	Largo (de malla)	Sobrelargo (de alambres transversales)	Espaciamiento (de alambres individuales)
ASTMA497	241% mín.	±- 13 mm	25 mm o 1% (el que sea mayor)	±- 13 mm	±- 6.35 mm

A = sección nominal del alambre más grueso.

IDENTIFICACIÓN:
Las mallas se identificarán con una tarjeta metálica consignando: fabricante, código de la malla, dimensiones nominales, cantidad y norma de fabricación.

CERTIFICACIÓN DE CALIDAD:
Si el cliente lo requiere, se emite Certificado de Calidad, consignándose: Designación de la Norma, Dimensiones y sus tolerancias, Propiedades Mecánicas.

CCQA01-F167/01/JUN 22

FICHA TÉCNICA

GEOMALLA BIAxIAL BX4100

Para mejoramiento de subrasantes blandas y refuerzo de capa base

Las geomallas son elementos elaborados con resinas selectas de polipropileno, las cuales son química y biológicamente inertes y muy resistentes a procesos degenerativos de los suelos; son resistentes al desgaste, rasgaduras y punzonamiento, a fin de resistir cargas dinámicas aplicadas en cualquier dirección en el plano de la geomalla.

La geomalla es una estructura integral, con un peso molecular y características moleculares que imparten:

- Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural contra los esfuerzos mecánicos desarrollados durante la instalación.
- Alta resistencia a la deformación provocada por fuerzas aplicadas durante su uso
- Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural contra las sollicitaciones ambientales de largo plazo.

La geomalla estructural acepta la fuerza aplicada mediante trabazón mecánica con:

- Suelo compactado o materiales de relleno.
- Secciones contiguas de la misma malla cuando está traslapada y embebida en suelo compactado o materiales de relleno.
- Conectores mecánicos rígidos como horquillas, pines o ganchos.

La geomalla estructural posee suficiente rigidez a la flexión para ser capaz de lograr una instalación eficiente sobre suelos pobres o húmedos; y suficiente rigidez torsional para resistir movimientos de rotación en el plano provocados por los suelos compactados o los materiales de relleno, cuando están sujetos a fuerzas de desplazamiento lateral tales como las causadas por un vehículo en movimiento.

La geomalla estructural posee completa continuidad de todas las propiedades a través de su estructura y es apropiada para el refuerzo interno del suelo compactado o materiales de relleno a fin de mejorar su capacidad de soporte en aplicaciones estructurales.

La geomalla estructural presenta las características indicadas en la tabla siguiente:

PROPIEDAD	METODO DE ENSAYO	UNIDAD	VALOR MARV ¹
Tamaño de Abertura²			
MD	ASTM D 4751	mm (Pulg.)	33 (1.3)
XMD	ASTM D 4751	mm (Pulg.)	33 (1.3)
Espesor mínimo de la costilla²			
MD	ASTM D 1777	mm (Pulg.)	0.76 (0.03)
XMD	ASTM D 1777	mm (Pulg.)	0.76 (0.03)
Capacidad a la Tensión al 2% de Elongación³			
MD	ASTM D 6637-10	kN/m (lb/ft)	4.0 (270)
XMD	ASTM D 6637-10	kN/m (lb/ft)	5.5 (380)

Además tiene las siguientes características mecánicas:


PROPIEDAD	METODO DE ENSAYO	UNIDAD	VALOR MARV ¹
Capacidad a la Tensión al 5% de Elongación³			
MD	ASTM D 6637-10	kN/m (lb/ft)	8.0 (550)
XMD	ASTM D 6637-10	kN/m (lb/ft)	10.5 (720)
Resistencia última a la tensión³			
MD	ASTM D 6637-10	kN/m (lb/ft)	12.8 (880)
XMD	ASTM D 6637-10	kN/m (lb/ft)	13.5 (920)
Eficiencia de las juntas⁴	ASTM D7737-11	%	93
Rigidez Flexural⁵	ASTM D 7748-12	mg-cm	250,000
Estabilidad de las Aperturas⁶	GRI GG9	m-N/deg	0.28
Resistencia al Daño por instalación⁷	ASTM D6637	%SC / %SW / %GP	90/83/70
Resistencia a la Degradación a Largo Plazo⁸	EPA 9090 INMERSION	%	100
Resistencia a la Degradación por rayos UV⁹	ASTM D4355-05	%	100

Notas:

1. Los valores indicados son los valores mínimos promedio de rollo determinados por el método de ASTM D-4759-02 salvo que se especifique lo contrario. Los valores mínimos promedios de rollo (MARV) son valores estadísticos iguales a los valores promedio menos dos veces la desviación estándar.

2. Dimensiones nominales.
3. Determinado de acuerdo con la norma ASTM D6637 – 10 Método A.
4. La capacidad de transferencia de carga se determina de acuerdo a la norma ASTM D7737-11 usando un 10% de la velocidad mínima de esfuerzo.
5. La resistencia a la carga flexural se mide sobre la base de la norma ASTM-D7748-12, usando una muestra de 2 costillas de ancho, con costillas transversales cortadas al ras con los bordes externos de las costillas longitudinales, y longitud lo suficientemente larga para permitir el desarrollo de la prueba.
6. La resistencia al movimiento rotacional en el plano es medida aplicando un momento de 20 kg-cm en la junta central de un espécimen de 9” x 9” restringido en su perímetro, de acuerdo a la metodología GRI GG9.
7. La pérdida de capacidad de carga o integridad estructural debido a los daños de construcción en arena arcillosa (SC), arena bien gradada (SW) y piedra chancada clasificada o agregado pobremente gradado (GP). El material será ensayado de acuerdo con ASTM D5818-06 y la capacidad de carga medida de acuerdo con ASTM D6637-01.
8. La pérdida de capacidad debido a ataque químico o biológico se mide sobre la base de la prueba de inmersión EPA 9090.
9. La resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural se mide sometiendo a la muestra a 500 horas de luz ultravioleta y un ambiente agresivo de acuerdo a ASTM D4355-05
10. Las iniciales MD denotan la dirección principal de la geomalla (dirección de extrusión de la máquina) y XMD la dirección transversal del espécimen.
11. Para mayor información sobre los procesos de ensayos y normas mencionadas puede visitar los siguientes websites: www.astm.org; www.drexel.edu/gri o www.epa.gov.

Anexo 3: Estudio de suelos - Expediente.: Cod. N.º: 2449296 (Solo se adjunta las conclusiones del estudio, exactamente el estudio de suelos del proyecto contempla 415 hojas).



JOSÉ LEZAMA LEIVA
INGENIERO CIVIL
CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERÍA
REG. C.I.P. N° 14061 – RUC 10266787711
REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES N° CO 112
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

Jr. Huánuco N° 442
Telf. 365096 CEL 976625363 - 976666525
RPC Claro 966724895
Cajamarca

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO:

“MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RURAL EN: EL LANCHE, EL CHOLOQUE, LIMÓN (GRANADILLA, TUYUNGA, BELLAVISTA, EL TAMBO, PENCAPATA, CALLUINCHO), GELIC, LA LUCMA, SAN ISIDRO, SHUCAMAYO, OCSHALI (CHOROPATA) - 8 LOCALIDADES DEL DISTRITO DE UTCO - PROVINCIA DE CELENDÍN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”

SOLICITANTE: ING. ALDO CESAR MANTILLA GUTIÉRREZ – CONSULTOR

CAJAMARCA, SEPTIEMBRE DEL 2019



JOSE LEZAMA LEIVA
INGENIERO CIVIL
CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P. Nº 14061 - RUC 10266787711
REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES Nº CO 112

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

9.0.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Correlacionando la investigación de campo realizada con los resultados de los ensayos de laboratorio y según el análisis efectuado en el transcurso del informe, establecemos las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El terreno en estudio se encuentra ubicado en las localidades de El Lanche, El Choloque, Limón, Gelic, La Lucma, San Isidro, Shucamayo y Ocshali, jurisdicción del distrito de Utco, Provincia de Celendín, Región Cajamarca.
- Los trabajos de campo fueron realizados por el solicitante.
- El subsuelo de los terrenos donde se ejecutará el Proyecto: “MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RURAL EN: EL LANCHE, EL CHOLOQUE, LIMÓN (GRANADILLA, TUYUNGA, BELLAVISTA, EL TAMBO, PENCAPATA, CALLUINCHO), GELIC, LA LUCMA, SAN ISIDRO, SHUCAMAYO, OCSHALI (CHOROPATA) - 8 LOCALIDADES DEL DISTRITO DE UTCO - PROVINCIA DE CELENDÍN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”, está conformado básicamente, por un estrato de suelo orgánico, mezclado con fragmentos rocosos de tamaño máximo de 1” y raicillas con bajo grado de compacidad y bajo contenido de humedad. Luego, encontramos estratos de suelo conformados por arcilla inorgánica de mediana plasticidad, mezclada con apreciable porcentaje de arena gruesa a fina y exenta de fragmentos rocosos; limo inorgánico de baja compresibilidad, mezclado con apreciable porcentaje de arena gruesa a fina y bajo porcentaje de fragmentos rocosos de tamaño máximo de 3/4”. Grava limosa de tamaño máximo de 2 1/2”, mezclada con apreciable porcentaje de arena gruesa a fina y apreciable porcentaje de partículas finas menores que 0.075 mm., de baja plasticidad y roca sedimentaria (Caliza), compuesta de carbonato de calcio, de color gris. Presenta pequeñas oxidaciones de hierro y se encuentra en proceso de meteorización. Se encuentran con bajo grado de compacidad y alto contenido de humedad.
- Se recomienda que la profundidad de cimentación sea con respecto al nivel actual del terreno como se muestra a continuación:

Captación : 0.80 m.
Reservorio : 1.30 m.
Pase Aéreo : 1.00 m.
PTAR : 1.50 m.

- La capacidad de carga admisible o de diseño del suelo de fundación, utilizando la fórmula de TERZAGHI para el modo de falla por corte local en suelos, basándonos en los parámetros de los resultados obtenidos del ensayo de Corte Directo en suelos (A.S.T.M. D 3080), realizado en laboratorio, se obtuvo lo siguiente:

ESTRUCTURA	CAPTACIÓN	PASE AÉREO	PASE AÉREO	PASE AÉREO
SISTEMA	EL LANCHE	EL LANCHE	EL LANCHE	EL LANCHE
CALICATA	C-1	C-2	C-4	C-11
MUESTRA	M-1	M-1	M-1	M-1
Q_{ad} (kg/cm²)	0.72	0.76	0.85	0.87

ESTRUCTURA	RESERVORIO	CAPTACIÓN / RESERVORIO	CAPTACIÓN / RESERVORIO	CAPTACIÓN
SISTEMA	EL LANCHE	GELIC	GELIC	LIMÓN-CALLUINCHO
CALICATA	C-12	C-17	C-20	C-22
MUESTRA	M-1	M-1	M-1	M-1
Q_{ad} (kg/cm²)	0.73	0.78	0.82	0.75


José F. Lezama Leiva
INGENIERO CIVIL
REG. C.I.P. 14061

Jr. Huánuco Nº 442, Telef. 365096 – Cel. 976625363, Cajamarca
Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados JLL.



JOSE LEZAMA LEIVA
INGENIERO CIVIL
CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P. N° 14061 - RUC 10266787711
REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES N° CO 112

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

ESTRUCTURA	RESERVORIO	CAPTACIÓN	RESERVORIO	CAPTACIÓN / RESERVORIO
SISTEMA	LIMÓN-CALLUINCHO	LIMÓN	LIMÓN	SAN ISIDRO
CALICATA	C-24	C-30	C-31	C-32
MUESTRA	M-1	M-1	M-1	M-1
Q_{ad} (kg/cm²)	0.91	0.71	0.91	0.90

ESTRUCTURA	PASE AÉREO	RESERVORIO	PASE AÉREO	CAPTACIÓN
SISTEMA	LIMÓN	LIMÓN	LIMÓN	LA LUCMA
CALICATA	C-38	C-39	C-40	C-45
MUESTRA	M-1	M-1	M-1	M-1
Q_{ad} (kg/cm²)	0.72	0.93	0.72	0.83

ESTRUCTURA	RESERVORIO	CAPTACIÓN	CAPTACIÓN	RESERVORIO
SISTEMA	LA LUCMA	EL CHOLOQUE	EL CHOLOQUE	EL CHOLOQUE
CALICATA	C-47	C-53	C-55	C-57
MUESTRA	M-1	M-1	M-1	M-1
Q_{ad} (kg/cm²)	0.87	0.75	0.70	0.82

ESTRUCTURA	CAPTACIÓN	LC / PASE AÉREO	LC / PASE AÉREO	LC / PASE AÉREO
SISTEMA	CHOROPATA	CHOROPATA	CHOROPATA	CHOROPATA
CALICATA	C-61	C-63	C-65	C-66
MUESTRA	M-1	M-1	M-1	M-1
Q_{ad} (kg/cm²)	0.85	0.88	0.72	0.86

ESTRUCTURA	RESERVORIO	RD / PASE AÉREO	CAPTACIÓN	LC / PASE AÉREO
SISTEMA	CHOROPATA	CHOROPATA	SHUCAMAYO	SHUCAMAYO
CALICATA	C-67	C-76	C-77	C-79
MUESTRA	M-1	M-1	M-1	M-1
Q_{ad} (kg/cm²)	0.90	0.73	0.76	0.86

ESTRUCTURA	LC / PASE AÉREO	LC / PASE AÉREO	LC / PASE AÉREO	LC / PASE AÉREO
SISTEMA	SHUCAMAYO	SHUCAMAYO	SHUCAMAYO	SHUCAMAYO
CALICATA	C-80	C-81	C-82	C-84
MUESTRA	M-1	M-1	M-1	M-1
Q_{ad} (kg/cm²)	0.88	0.77	0.79	0.81

Jose Lezama Leiva
INGENIERO CIVIL
REG. C.I.P. 14061



JOSE LEZAMA LEIVA
INGENIERO CIVIL
CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P. Nº 14061 - RUC 10266787711
REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES Nº CO 112

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

ESTRUCTURA	RESERVORIO	PTAR	PTAR	RESERVORIO
SISTEMA	SHUCAMAYO	LIMÓN	CHOROPATA	CHOROPATA - URB.
CALICATA	C-86	C-90	C-91	C-92
MUESTRA	M-1	M-1	M-1	M-1
Q_{ad} (kg/cm²)	0.82	0.88	0.88	0.84

- Con la finalidad de brindarle mayor seguridad a la cimentación de **los reservorios**, se recomienda que a partir del nivel de cimentación propuesto, se realice un mejoramiento de terreno que consistirá en colocar una capa de piedra mediana de río de tamaño máximo de 8", de 0.20 m. de espesor, debidamente compactada con alta energía de compactación. Finalmente, colocar un solado de concreto de 0.20 m. de espesor, de cemento : agregado global, de una proporción en volumen aparente de 1 : 8 y baja relación agua / cemento. Ver anexo – CROQUIS DE DETALLE DE CIMENTACIÓN.
- Con la finalidad de brindarle mayor seguridad a la cimentación de los **pases aéreos**, se recomienda que a partir del nivel de cimentación propuesto, se realice un mejoramiento de terreno que consistirá en colocar un solado de concreto de 0.20 m. de espesor, de cemento : agregado global, de una proporción en volumen aparente de 1 : 8 y baja relación agua / cemento. Ver anexo – CROQUIS DE DETALLE DE CIMENTACIÓN.
- Con la finalidad de brindarle mayor seguridad a la cimentación de las **plantas de tratamiento de agua residual**, se recomienda que a partir del nivel de cimentación propuesto, se realice un mejoramiento de terreno que consistirá en colocar una capa de piedra mediana de río de tamaño máximo de 8", de 0.20 m. de espesor, debidamente compactada con alta energía de compactación. Finalmente, colocar un solado de concreto de 0.10 m. de espesor, de cemento : agregado global, de una proporción en volumen aparente de 1 : 8 y baja relación agua / cemento. Ver anexo – CROQUIS DE DETALLE DE CIMENTACIÓN.
- El ingeniero estructurista estará a cargo de determinar las dimensiones de la cimentación, acorde a la capacidad admisible de carga del terreno de fundación compatible con las cargas transmitidas y la Norma Técnica E - 060.
- El coeficiente de infiltración determinado a partir de los ensayos de Test de Percolación en cada una de las calicatas estudiadas, está dado como se muestra a continuación:

Ensayo	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7
Calicata	C-13	C-14	C-15	C-16	C-18	C-19	C-21
Infiltración	11.11	10.91	9.84	11.36	5.56	5.94	5.77

Ensayo	T-8	T-9	T-10	T-11	T-12	T-13	T-14
Calicata	C-25	C-26	C-27	C-28	C-29	C-33	C-34
Infiltración	2.90	5.77	6.38	6.74	6.67	6.98	9.35

Jose Lezama Leiva
Jose L. Lezama Leiva
INGENIERO CIVIL
REG. C.I.P. 14061

Ensayo	T-15	T-16	T-17	T-18	T-19	T-20	T-21
Calicata	C-35	C-36	C-37	C-41	C-42	C-43	C-44
Infiltración	5.77	5.61	2.11	6.90	7.23	6.98	6.38



JOSE LEZAMA LEIVA
INGENIERO CIVIL
CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA

REG. C.I.P. Nº 14061 - RUC 10266787711
REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES Nº CO 112

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

Ensayo	T-22	T-23	T-24	T-25	T-26	T-27	T-28
Calicata	C-48	C-49	C-50	C-51	C-52	C-58	C-59
Infiltración	1.92	1.89	1.90	5.36	5.13	5.56	5.45

Ensayo	T-29	T-30	T-31	T-32	T-33	T-34	T-35
Calicata	C-60	C-68	C-69	C-70	C-71	C-72	C-73
Infiltración	6.98	2.38	2.44	6.52	6.25	6.98	2.63

Ensayo	T-36	T-37	T-38	T-39	T-40	T-41	T-42
Calicata	C-74	C-75	C-87	C-88	C-89	C-90	C-91
Infiltración	5.08	4.92	4.84	5.26	5.56	4.69	9.68

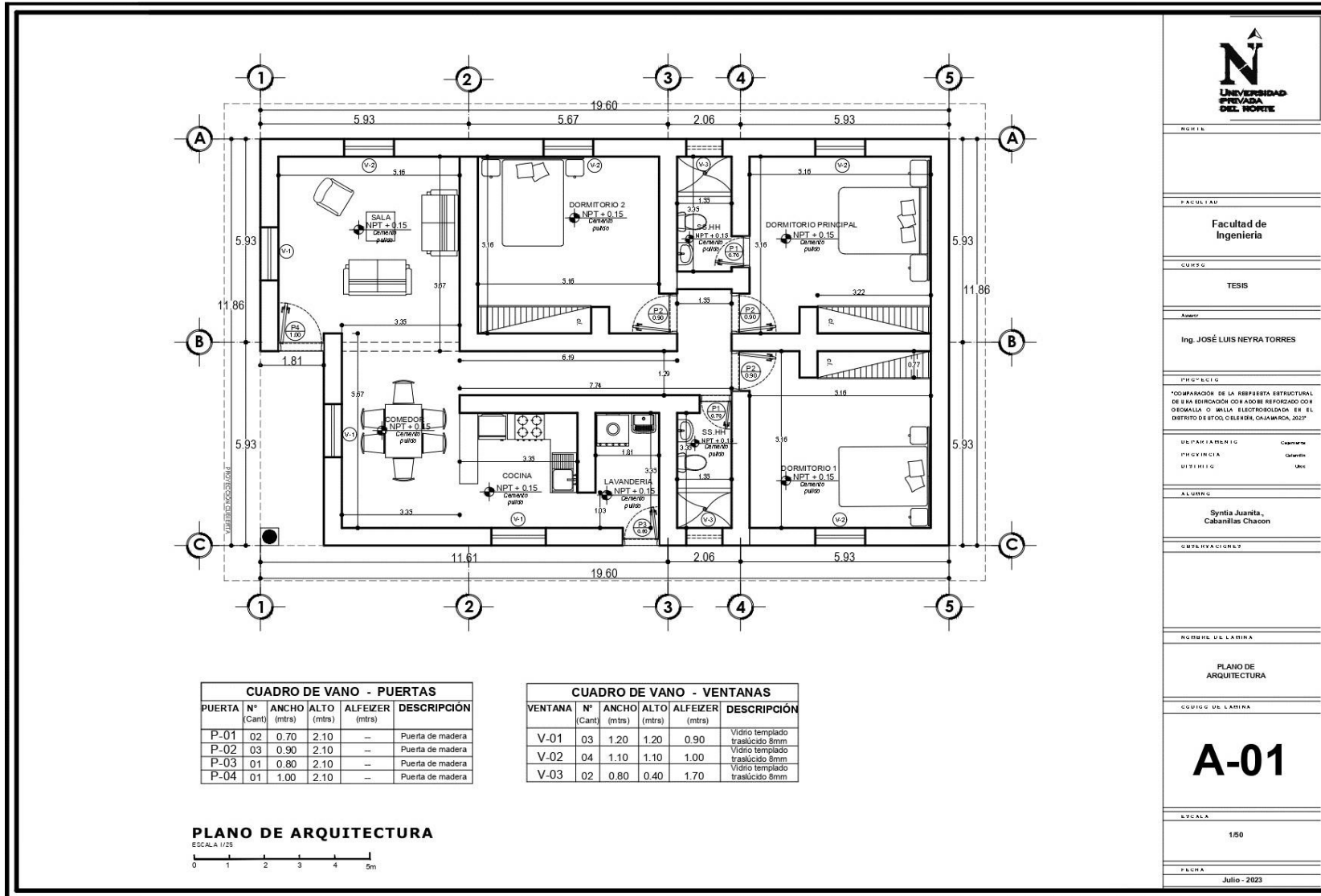
- El concreto a utilizar en la cimentación debe ser diseñado por un especialista en Tecnología del Concreto, empleando agregados que deben cumplir con la Norma A.S.T.M. C 33M-16. Además, el agua a ser utilizada para las mezclas de concreto, debe cumplir con la Norma N.T.P. 339.088. Asimismo, utilizar agregados lavados, por cuanto, estos pueden contener sustancias deletéreas que influyen negativamente en las propiedades del concreto endurecido.
- De acuerdo al Análisis Químico del Suelo de Fundación, en lo que respecta a sulfatos, cuyos resultados nos indican que este caso se consideraría como exposición moderada, Categoría S, Clase S1 (proporción de sulfatos: $0.10\% < SO_4^{2-} < 0.20\%$) según el Código ACI 318S-14 y el capítulo 4 de la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Así mismo, la clasificación de suelo también es de Suelo, Categoría S, Clase S2 esto se evidencia en los ensayos de la localidad céntrica de la zona de estudios, en donde existen Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 Mpa. Por consiguiente, se recomienda utilizar Cemento Pórtland Tipo MS (A.S.T.M. C 1157), con una relación agua/ material cementante máxima de 0.50 y una resistencia a compresión de diseño mínima de $f_c = 28$ Mpa, en la preparación del concreto de la cimentación y de las estructuras en contacto con el agua (captación y reservorios).
Para el caso de las estructuras que no estén en contacto con el suelo y/o agua, se recomienda utilizar sin restricciones Cemento Pórtland Tipo I (A.S.T.M. C 150).
- Se recomienda, realizar muestreo de especímenes de las mezclas de concreto a elaborar en la ejecución de la Obra, acorde a la Norma A.S.T.M. C 172. Asimismo, se debe utilizar un método de curado adecuado para el concreto acorde a la Norma A.S.T.M. C 31M-17 (temperatura de agua de curado: $23^\circ C \pm 2^\circ C$, humedad relativa: 95%), con la finalidad de alcanzar el grado de hidratación y por ende la resistencia mecánica requerida en obra y los especímenes de concreto deberán ensayarse de acuerdo a la Norma A.S.T.M. C 39, con la finalidad de evaluar el control de calidad del concreto en concordancia con el Reglamento ACI 318S -14.
- Finalmente, podemos concluir, que para el diseño de la cimentación del Proyecto: **“MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RURAL EN: EL LANCHE, EL CHOLOQUE, LIMÓN (GRANADILLA, TUYUNGA, BELLAVISTA, EL TAMBO, PENCAPATA, CALLUINCHO), GELIC, LA LUCMA, SAN ISIDRO, SHUCAMAYO, OCSHALI (CHOROPATA) - 8 LOCALIDADES DEL DISTRITO DE UTCO - PROVINCIA DE CELENDÍN - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”**; se deberá tener en cuenta todas las conclusiones y recomendaciones antes descritas, dada la importancia de la obra, de tal suerte, que se asegure mayor estabilidad y durabilidad de la Obra a construir.

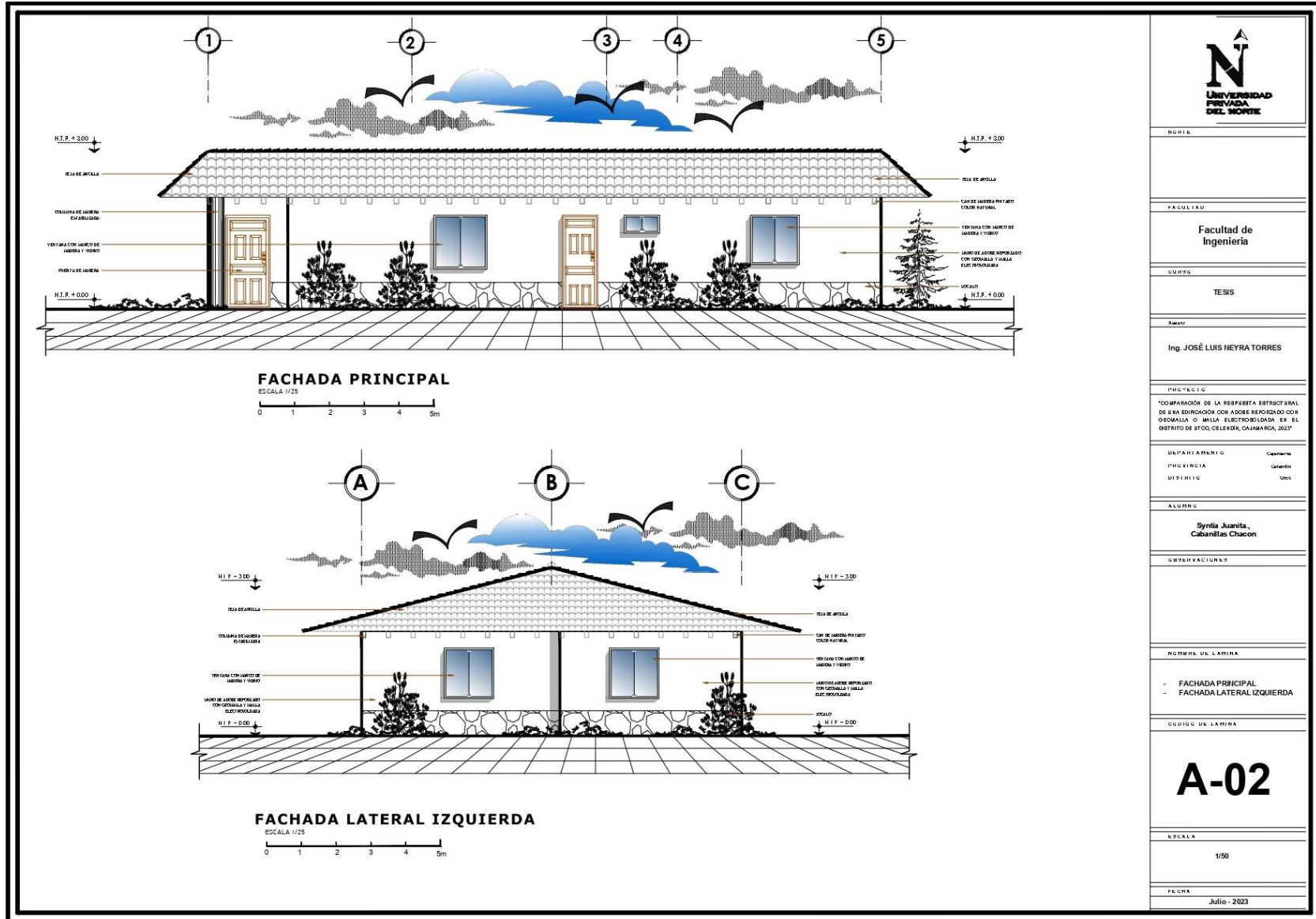

José L. Lezama Leiva
INGENIERO CIVIL
REG. C.I.P. 14061

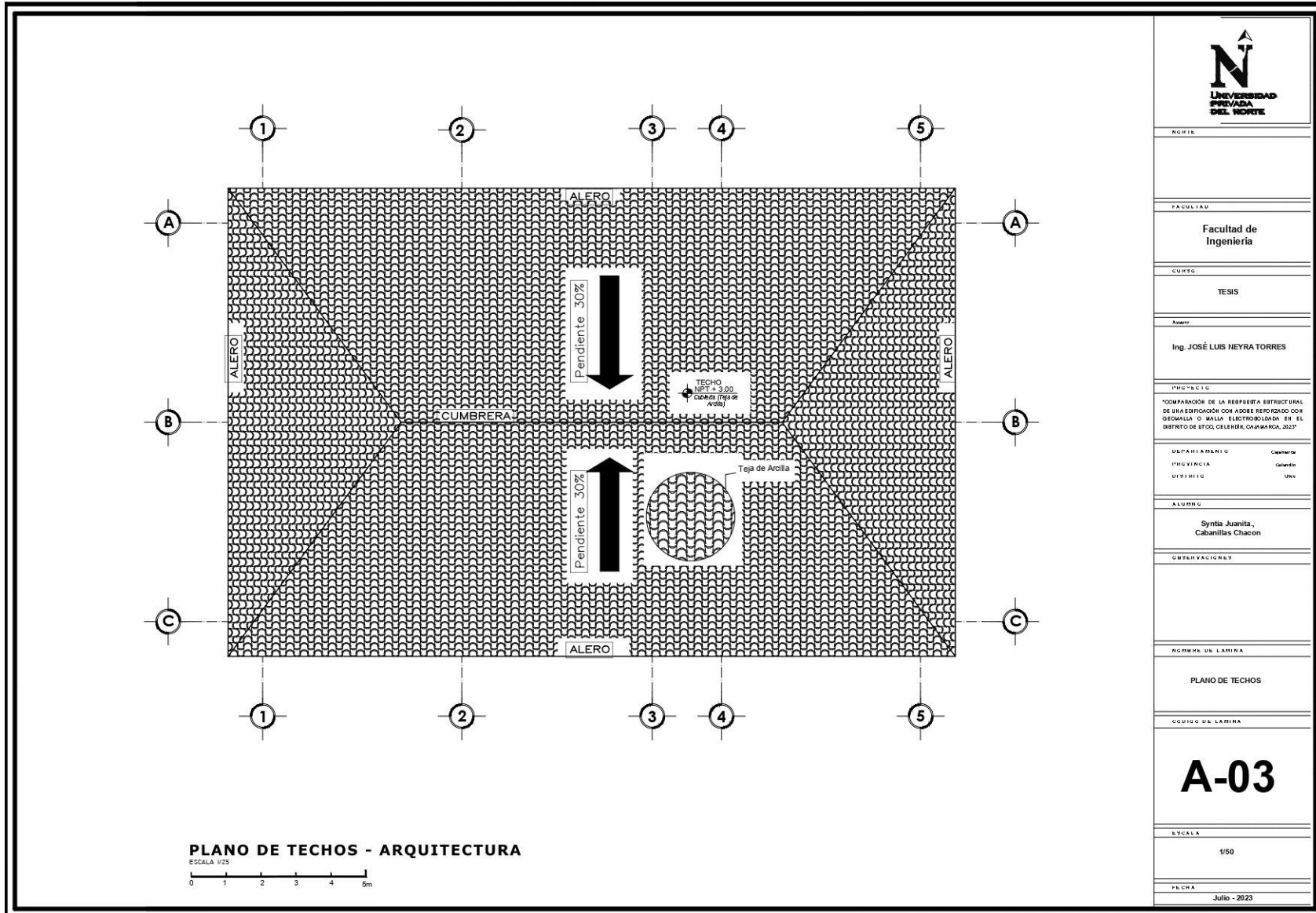
Jr. Huánuco Nº 442, Telef. 365096 – Cel. 976625363, Cajamarca
Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados JLL.

- 56 -

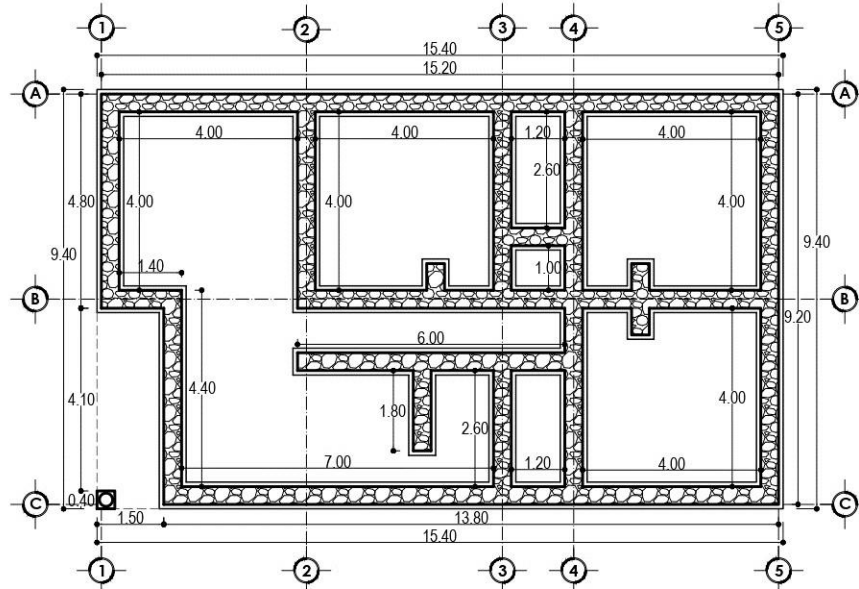
Anexo 4: Planos.



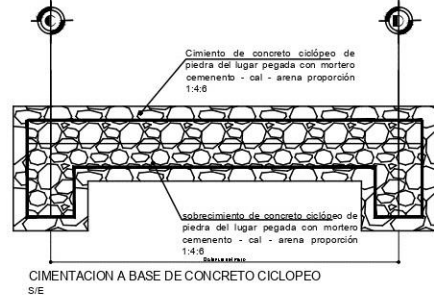




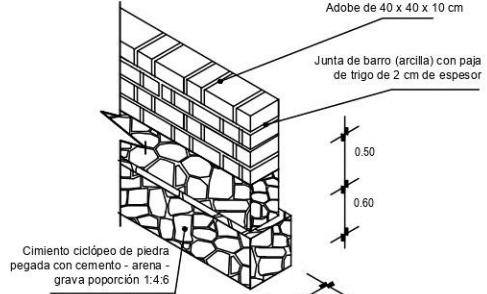
NORTE	
FACULTAD	
Facultad de Ingeniería	
CURSO	
TESIS	
Autor	
Ing. JOSÉ LUIS NEYRA TORRES	
PROYECTO	
"COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN CON ADOBE REFORZADO CON GEOMALLA O MALLA ELECTROSOLDADA EN EL DISTRITO DE UTCO, CELENDIN, CAJAMARCA, 2023"	
DEPARTAMENTO	Cajamarca
PROVINCIA	Cajalí
DISTRITO	Utco
ALUMNO	
Synthia Juanita, Cabanillas Chacon	
OBSERVACIONES	
NÚMERO DE LÁMINA	
PLANO DE TECHOS	
CÓDIGO DE LÁMINA	
A-03	
ESCALA	
1/50	
FECHA	
Julio - 2023	



PLANO DE CIMENTACIÓN
ESCALA 1/50
0 1 2 3 4 5m

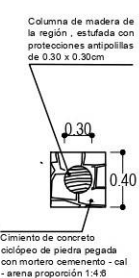
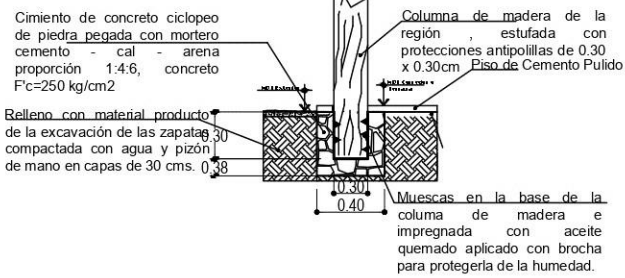
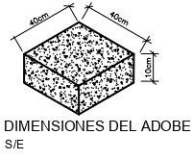
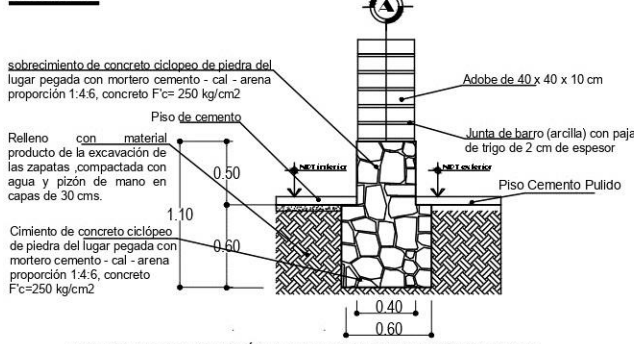


Isométrico de A - 1



CORTE DE CIMENTACION EN MUROS DE ADOBE S/E

DETALLES



NOMBRE DE LA LAMINA	
FACULTAD	
Facultad de Ingeniería	
CURSO	
TESIS	
AUTOR	
Ing. JOSÉ LUIS NEYRA TORRES	
PROYECTO	
"COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN CON ADOBE REFORZADO CON GEOMALLA O MALLA ELECTROSOLDADA EN EL DISTRITO DE UTCO, CELENDIN, CAJAMARCA, 2023"	
DEPARTAMENTO	Cajamarca
PROVINCIA	Cajamarca
DISTRITO	Utco
ALUMNO	
Synthia Juanita, Cabanillas Chacón	
OBSERVACIONES	
NOMBRE DE LA LAMINA	
PLANO DE ESTRUCTURAS (CIMENTACIONES Y DETALLES)	
CÓDIGO DE LA LAMINA	
E-01	
ESCALA	
1/50	
FECHA	
Julio - 2023	

Anexo 5: Panel fotográfico.



Foto N.º 1: Macro - Localización de la zona de estudio Distrito de Utco – Celendín – Cajamarca.

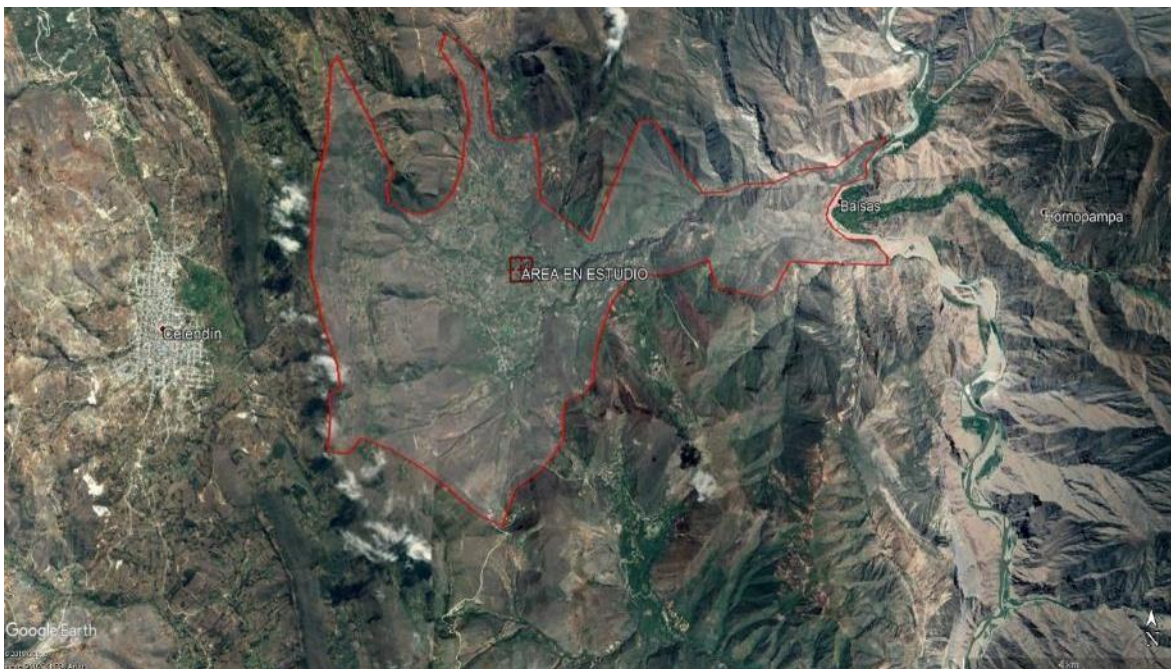


Foto N.º 2: Localización del área en estudio, ubicación aglomerada de las viviendas del distrito de Utco.



Foto N.º 3: Vivienda (1) de adobe de un piso sin ningún tipo de refuerzo; así mismo, hacen uso de madera y calamina como cobertura de techos.



Foto N.º 4: Vivienda (2) de dos pisos de adobe sin ningún tipo de refuerzo, construida con técnicas adquiridas de sus ancestros.



Foto N.º 5: Vivienda (3) de adobe presenta agrietamientos (falla por cortante de muro).



Foto N.º 6: Vivienda (4) de adobe presenta agrietamientos (falla por cortante de muro).



Foto N.º 7: Vivienda (5) de un piso a base de adobe presenta algunos agrietamientos en los muros.



Foto N.º 8: Vivienda (6) de adobe presenta evidencia de la técnica de construcción hecha por los mismos pobladores de la zona adquirida de sus ancestros.



Foto N.º 9: Vivienda (7) de adobe se evidencia poca iluminación, ya que cuenta con solo una puerta y no cuenta con ventanas.



Foto N.º 10: Letrinas a base de adobe, la estructura presenta fallas en los muros.



Foto N.º 11: Típica Vivienda (8) de adobe en el distrito de Utco, según visita a campo estas solo cuentan generalmente con dos ambientes usados como cocina y habitación para toda la familia.



Foto N.º 12: Falla en los muros, se aprecia que no existe una unión correcta de muros.