

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS  
VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL  
PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBLADO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO –  
PROVINCIA DE TRUJILLO.**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GEOLOGIA-GEOTECNIA**

**AUTOR:** Br. Palacios Garay Heiner Edwin  
Br. Tandaypan Hernandez Cristhian Michel

**ASESOR:** Ing. Enrique Lujan Silva

**TRUJILLO - PERÚ**

**2017**

## **PRESENTACIÓN**

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada “Antenor Orrego”, para el título Profesional de Ingeniero Civil, es grato poner a vuestra consideración, la presente tesis titulada: “ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD SISMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTECNICO-SISMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.”

Atentamente:

---

Heiner Edwin Palacios Garay

---

Cristhian Michel Tandypan Hernandez

## **DEDICATORIA**

### **A Dios Todopoderoso:**

Deseo Agradecer inigualablemente al creador de la vida y de las esperanzas fieles, expresándole, lo más profundo de mi ser, al eterno Padre Celestial, Dios Eterno - Fuerte, grande como nadie lo es, amado Señor Jesucristo.

### **A mis padres Milner Palacios y Zoraida Garay:**

Por apoyarme ejemplarmente, a seguir adelante día a día, con el fin de ser una persona, de provecho para mi sociedad.

### **A mis queridos Abuelos Vicente Garay y Petronila Jara:**

Por guiarme siempre en el camino de la rectitud.

### **A mis queridos Tíos:**

Que me alentaron siempre en todo momento.

### **Al Dr. William Soto Santiago:**

Por su ayuda incondicional e inagotable, para la realización de mi vida.

**Palacios Garay Heiner Edwin**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios Todopoderoso:**

Por darme la vida, por guiarme en el camino del servicio en el amor, por la capacidad intelectual y por haberme permitido finalizar con éxito esta etapa de mis estudios.

### **A mis padres Florencio Tandaypan y Maribel Hernandez:**

Agradecerles de corazón por su inmenso apoyo dado día a día hasta este momento, por su sacrificio, por ese amor de Padres brindado en cada momento y en especial en esta etapa de mi vida. Su ejemplo de superación ha sido mi base para enfrentar todo obstáculo. Todo logro va para ustedes que son fuente de inspiración a ser mejor cada día.

### **A mi abuelo Santiago Hernandez Chingay:**

Por brindarme ese primer amor a la construcción, por enseñarme hacer las tareas dadas lo mejor posible y enseñarme a enfrentar la vida con alegría y comicidad.

### **A mi hermana María de los Ángeles:**

Por ser esa persona que me enseñó a luchar en esta vida, que a pesar de las dificultades uno debe de sonreír y brindar amor.

### **A mis hermanos Rodrigo y Samin:**

Quienes a pesar de sus cortas edades eh aprendido a ver la vida como un regalo maravilloso, lleno de alegrías y hermosos momentos juntos.

### **A mis Amigos/as:**

Por compartir momentos agradables e inolvidables y estar a mi lado en momentos de difíciles. En especial a los “Amistosos” por compartir ese amor que nos brinda Papá Dios.

**Tandaypan Hernandez Cristhian Michel**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Al Ingeniero Enrique Lujan Silva**, primero por el aporte de sus valiosos conocimientos brindados, así como por el apoyo desinteresado y generoso a lo largo de toda la elaboración de la tesis, segundo por ser un excelente docente y una gran persona.

**Al Ingeniero Cesar Cancino Rodas**, por las recomendaciones y demostrarnos la importancia en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

**Al Ingeniero Johan Edgar Laucata Luna**, por su disponibilidad y apoyo durante la realización del trabajo.

**Al Ingeniero Juan Paul Henríquez Ulloa**, por sus valiosas recomendaciones y sugerencias que permitieron organizar muy bien el desarrollo del trabajo de investigación.

A los propietarios de las viviendas encuestadas del C.P. El Milagro, por su disposición durante la realización de las encuestas, su gran interés y muestra de apoyo.

Finalmente, al jurado evaluador, por las revisiones de los diferentes capítulos y por sus valiosos comentarios.

## RESUMEN

En el siguiente trabajo de investigación se desarrolló el análisis de vulnerabilidad sísmica en las viviendas de albañilería confinada desde el punto de vista Geotécnico - Sísmico del Centro Poblado El Milagro – Distrito de Huanchaco – Provincia de Trujillo. El C.P. El Milagro presenta una gran incertidumbre en lo que respecta a su análisis de vulnerabilidad Geotécnica-Sísmica, esto es debido a que las viviendas existentes, no han sido diseñadas con la normativa vigente, y a la vez, no ha existido una supervisión técnica calificada durante el proceso de construcción. Para poder evaluar la vulnerabilidad Sísmica – Geotécnica de la zona, como primer trabajo fue en realizar 30 encuestas a propietarios y a sus respectivas viviendas, para conocer la realidad de las edificaciones existentes, obteniendo como resultado que muchas de las viviendas son construcciones recientes, en proceso de desarrollo y un pequeño porcentaje son viviendas antiguas. En este proceso de encuestas se realizó levantamientos arquitectónicos de las viviendas, para conocer su geometría y poder determinar si existió mano de obra calificada, la calidad y tipos de materiales de los elementos estructurales utilizados en la construcción. Los resultados de la ficha de encuestas, permitieron evaluar si la densidad de muros existente de la vivienda era el adecuado, también poder evaluar la calidad del proceso constructivo y de los materiales utilizados; determinando así, que la zona tiene un alto grado estructural de vulnerabilidad sísmica. En lo que respecta al comportamiento del suelo en la zona de estudio, se realizó 7 estudios de mecánica de suelos en diferentes sitios estratégicos, de esta manera poder realizar una microzonificación geotécnica y conocer sus características principales, como la ubicación del nivel freático, su capacidad portante por resistencia y su capacidad portante por asentamiento; determinando así, que la zona posee un buen suelo para potenciales construcciones. Y por último se realizó una microzonificación de peligros, obteniendo como resultados que existen zonas aledañas a la quebrada León que afecta en gran magnitud a viviendas del C.P. El Milagro. Estos dos estudios, estructural y geotécnico nos brinda el resultado final del grado de vulnerabilidad Geotécnico-Sísmico.

**Palabras clave:** Albañilería, viviendas, autoconstrucción, vulnerabilidad sísmica, estudio de suelos, geotecnia, microzonificación.

## ABSTRACT

In the following research work the analysis of seismic vulnerability was carried out in the confined masonry dwellings from the Geotechnical - Seismic point of view of the El Milagro - Huanchaco District - Trujillo Province. C.P. El Milagro presents great uncertainty regarding its analysis of Geotechnical-Seismic vulnerability, this is due to the fact that the existing houses, have not been designed with the current regulations, and at the same time, there has not been a qualified technical supervision during the Building process. In order to be able to evaluate the seismic - geotechnical vulnerability of the area, the first job was to carry out 30 surveys of owners and their respective dwellings, in order to know the reality of existing buildings, resulting in many of the houses being recent constructions, of development and a small percentage are old dwellings. In this process of surveys was carried out architectural surveys of houses, to know their geometry and to determine if there was skilled labor, quality and types of materials of the structural elements used in construction. The results of the survey sheet allowed us to evaluate whether the existing wall density of the dwelling was adequate, also to evaluate the quality of the construction process and the materials used; thus determining that the area has a high structural degree of seismic vulnerability. Regarding soil behavior in the study area, 7 soil mechanics studies were carried out at different strategic sites, in order to be able to perform a geotechnical microzoning and to know its main characteristics, such as the location of the water table, its capacity resistance and its carrying capacity by settlement; thus determining that the area has a good soil for potential constructions. Finally, a microzoning of dangers was obtained, obtained as results that there are areas bordering the Quebrada León that affects in great magnitude homes of the C.P. El Milagro. These two structural and geotechnical studies give us the final result of the degree of Geotechnical-Seismic vulnerability.

**Key words:** Masonry, dwellings, selfconstruction, seismic vulnerability, soil study, geotechnics, microzoning.



# INDICE

CAPITULO I INTRODUCCIÓN .....	1
<b>1.1. Realidad Problemática .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Delimitación del Problema .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Características y Análisis del Problema.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4. Formulación del Problema .....</b>	<b>10</b>
<b>1.5. Formulación de la Hipótesis .....</b>	<b>10</b>
<b>1.6. Objetivos del Estudio.....</b>	<b>11</b>
<b>1.7. Justificación del Estudio .....</b>	<b>12</b>
<b>1.8. Limitaciones del Estudio.....</b>	<b>13</b>
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	3
<b>2.1 Antecedentes .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Bases Teóricas.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Conceptos relacionados con la investigación .....</b>	<b>27</b>
CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
<b>3.1 Introducción.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Características Generales de la Zona de Estudio .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Características Demográficas de la Zona.....</b>	<b>33</b>
<b>3.4 Selección de zona de Estudio .....</b>	<b>36</b>
<b>3.5 Ubicación de Viviendas Encuestadas .....</b>	<b>37</b>
<b>3.6 Ubicación de Calicatas.....</b>	<b>39</b>
<b>3.7 Metodología Utilizada en la Investigación .....</b>	<b>41</b>
<b>3.8 Variables de Estudio y Operacionalización .....</b>	<b>42</b>
CAPITULO IV LA VIVIENDA INFORMAL.....	30
<b>4.1 Introducción.....</b>	<b>45</b>
<b>4.2 Proceso de Autoconstrucción.....</b>	<b>45</b>
<b>4.3 Definición sobre Viviendas de Albañilería.....</b>	<b>53</b>
<b>4.4 Materiales y Características en la Albañilería.....</b>	<b>56</b>
<b>4.5 Requisitos estructurales mínimos.....</b>	<b>57</b>
<b>4.6 Procedimiento constructivo .....</b>	<b>61</b>
CAPITULO V FICHA DE ENCUESTA .....	44
<b>5.1 Alcances de ficha de encuesta.....</b>	<b>63</b>
<b>5.2 Descripción detallada de la ficha de encuesta.....</b>	<b>63</b>
CAPITULO VI SUELOS .....	63
<b>6.1 Definición de Suelos .....</b>	<b>70</b>
<b>6.2 Componentes Del Suelo .....</b>	<b>71</b>
<b>6.3 Propiedades y Textura De Los Suelos.....</b>	<b>72</b>

6.4	Clases De Textura De Los Suelos .....	72
6.5	Factores Que Influyen En La Formación De Los Suelos.....	73
6.6	Formación De Los Suelos .....	74
6.7	Criterios Para La Clasificación De Los Suelos .....	77
6.8	Tipos De Suelo.....	79
6.9	La Estructura Del Suelo .....	82
6.10	Estudios de Los Suelos.....	88
6.11	Clasificación de los Suelos .....	90
6.12	Los Suelos y Las Cimentaciones.....	91
CAPITULO VII MICROZONIFICACIÓN.....		63
7.1	Introducción.....	97
7.2	Microzonificación según Material Predominante.....	97
7.3	Clasificación por Números de Niveles.....	101
7.4	Antecedentes al Estudio de Suelo .....	102
7.5	Ubicación Y Descripción Del Área En Estudio.....	102
7.6	Geología Y Sismicidad .....	103
7.7	Trabajos de Campo .....	105
7.8	Ensayos de Laboratorio.....	105
7.9	Trabajos De Gabinete.....	106
7.10	Conformación del Subsuelo.....	106
7.11	Calicata C-1.....	106
7.12	Calicata C-2.....	111
7.13	Calicata C-3.....	117
7.14	Calicata C-4.....	122
7.15	Calicata C-5.....	127
7.16	Calicata C-6.....	133
7.17	Calicata C-7.....	139
7.18	Microzonificación Geotécnica .....	144
7.19	Microzonificación de Peligros .....	149
CAPITULO VIII PELIGRO SÍSMICO: VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA.....		90
8.1	Alcances de la Ficha de Reporte de Viviendas.....	156
8.2	Descripción detallada de ficha de reporte.....	156
1.1.	Análisis Sísmico.....	158
1.2.	Vulnerabilidad Sísmica.....	163
1.3.	Peligro Sísmico .....	165
1.4.	Riesgo Sísmico.....	168
1.5.	Diagnóstico.....	168

<b>1.6. Gráficos y Fotografías .....</b>	<b>169</b>
<b>1.7. Resultados del Riesgo Sísmico en la Zona.....</b>	<b>172</b>
<b>CAPITULO IX CONCLUSIONES.....</b>	<b>173</b>
<b>9.1 Conclusiones Parciales.....</b>	<b>174</b>
<b>1.1. Conclusión General.....</b>	<b>175</b>
<b>CAPITULO X RECOMENDACIONES .....</b>	<b>176</b>
<b>CAPITULO XI BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>178</b>
<b>CAPITULO XI ANEXOS .....</b>	<b>181</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
Tabla N° 1	VARIABLES	10
Tabla N° 2	Características del C.P. El Milagro	30
Tabla N° 3	Población absoluta y relativa según distritos	34
Tabla N° 4	Población del distrito de Huanchaco y del Centro Poblado El Milagro	34
Tabla N° 5	Tasas de crecimiento anual por periodos inter censales según distritos	35
Tabla N° 6	Resistencia de la albañilería	55
Tabla N° 7	Sectores Analizados – C.P. El Milagro	92
Tabla N° 8	Sectores Analizados – C.P. El Milagro	137
Tabla N° 9	Capacidad Portante de Sectores	139
Tabla N° 10	Profundidad del NAF	139
Tabla N° 11	Datos de los EMS	140
Tabla N° 12	Niveles de peligro C.P. El Milagro	147
Tabla N° 13	Parámetros para evaluar la Vulnerabilidad sísmica	156
Tabla N° 14	Rango numérico para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica	157
Tabla N° 15	Combinación de los parámetros para la evaluación de vulnerabilidad sísmica	157
Tabla N° 16	Ejemplo para evaluar la Vulnerabilidad Sísmica	158
Tabla N° 17	Valores de los parámetros del Peligro Sísmico	158
Tabla N° 18	Valores de los parámetros del Peligro Sísmico	159
Tabla N° 19	Combinaciones de los parámetros para la evaluación de peligro sísmico	160
Tabla N° 20	Ejemplo para evaluar el Peligro Sísmico	161
Tabla N° 21	Calificación de Riesgo Sísmico	161
Tabla N° 22	Resultado de la Densidad de Muros	162

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Pág.</b>
Figura N° 1	Distribución Actual de las Placas Tectónicas	2
Figura N° 2	Sección Tectónica Este-Oeste de Trujillo	4
Figura N° 3	Zonas Sísmicas	5
Figura N° 4	Mapa del C.P El Milagro – Trujillo	6
Figura N° 5	Material Predominante de Viviendas del Centro Poblado El Milagro	7
Figura N° 6	Vivienda Conformada por Ladrillos de Arcilla - Sector IV –C.P. El Milagro	8
Figura N° 7	Vivienda conformada por ladrillos de adobe - Sector V –C.P. El Milagro	8
Figura N° 8	Asesoría Brindada en Viviendas C.P El Milagro	9
Figura N° 9	Población y vivienda en el departamento de La Libertad	12
Figura N° 10	Interacción de la placa Nazca con la Sudamericana	19
Figura N° 11	Epicentro y foco	20
Figura N° 12	Análisis del Peligro Sísmico	28
Figura N° 13	Mapa político del Perú	31
Figura N° 14	Departamento La Libertad – Trujillo	31
Figura N° 15	Distrito de Huanchaco	32
Figura N° 16	C. P El Milagro	32
Figura N° 17	Municipalidad del C.P. El Milagro	33
Figura N° 18	Plano básico Trujillo Metropolitano 2012	36
Figura N° 19	Zonas de viviendas encuestadas	37
Figura N° 20	Vivienda encuestada Sector IV	37
Figura N° 21	Vivienda encuestada Sector V y Sector II	38
Figura N° 22	Vivienda Encuestada Sector VI –B	38
Figura N° 23	Vivienda Encuestada Sector III	38
Figura N° 24	Ubicación de Calicata - Sector VI	39
Figura N° 25	Ubicación de Calicata - Sector VI-B	39
Figura N° 26	Ubicación de Calicata - Sector III	40
Figura N° 27	Ubicación de Calicata - Sector I	40
Figura N° 28	Ubicación de Calicata - Sector IV	41

Figura N° 29	Zona Arqueológica – Canal Wichansao. Sector V – C.P. El Milagro	45
Figura N° 30	Zona Arqueológica – Canal Wichansao. Sector V – C.P. El Milagro	46
Figura N° 31	Ocupación del terreno y habilitación viviendas provisionales. Sector VI-B – C.P. El Milagro	46
Figura N° 32	Ocupación del terreno y habilitación viviendas provisionales. Sector IX – C.P. El Milagro	47
Figura N° 33	Zapata y columna armada. Sector Pueblo Joven – C.P. El Milagro	48
Figura N° 34	Armado de muros de fachada con columnas. Sector III – C.P. El Milagro	49
Figura N° 35	Preparado de la losa aligerada para su vaciado. Sector V – C.P. El Milagro	50
Figura N° 36	Retomando la construcción de un segundo piso. Sector I – C.P. El Milagro	51
Figura N° 37	Formato de ficha de encuesta	68
Figura N° 38	Tipos de Suelo (NTP E 0.50)	70
Figura N° 39	Tipos de Suelo (NTP E 0.50)	71
Figura N° 40	Erosión de montañas, causada por precipitación del agua	76
Figura N° 41	Depósito de materiales en cono de deyección de un río	76
Figura N° 42	Clasificación De Suelos (NTP E 0.50)	78
Figura N° 43	Estructuras Moleculares de los Suelos	83
Figura N° 44	Técnicas de Investigaciones	84
Figura N° 45	Técnicas de Investigaciones	84
Figura N° 46	Aplicaciones de Ensayos	87
Figura N° 47	Ensayos de Laboratorio	87
Figura N° 48	Perfil constituido por diversos tipos de suelos superpuestos en capas	88
Figura N° 49	Ejemplos de perfil estratigráficos del subsuelo	89
Figura N° 50	A través de la masa de arena la presión ejercida por la zapata es transferida a la capa de arcilla empujándola a los lados produciendo, eventualmente, el humedecimiento de la zapata	93
Figura N° 51	Mapa de Material Predominante – C.P. El Milagro	98

Figura N° 52	Sectores Analizados – C.P. El Milagro	99
Figura N° 53	Material Predominante Zona Alta – C.P. El Milagro	100
Figura N° 54	Material Predominante Zona Baja – C.P. El Milagro	100
Figura N° 55	Viviendas por el Número de Pisos – C.P. El Milagro	101
Figura N° 56	Sismicidad	104
Figura N° 57	Curva de Compactación	105
Figura N° 58	Cuadro de Cimentaciones	106
Figura N° 59	Fórmula	107
Figura N° 60	Fórmula	107
Figura N° 61	Cimiento Corridos	108
Figura N° 62	Cimiento Cuadrado	108
Figura N° 63	Cimiento Corrido	109
Figura N° 64	Cimiento Corrido	110
Figura N° 65	Detalle De Cimentación	110
Figura N° 66	Detalle De Zapata	111
Figura N° 67	Cuadro de Cimentaciones	111
Figura N° 68	Formula	112
Figura N° 69	Formula	112
Figura N° 70	Cimiento Corridos	113
Figura N° 71	Cimiento Cuadrado	113
Figura N° 72	Cimiento Corrido	115
Figura N° 73	Cimiento Corrido	115
Figura N° 74	Detalle de Cimentación	116
Figura N° 75	Detalle de Zapata	116
Figura N° 76	Detalle de Cimentaciones	117
Figura N° 77	Formula	117
Figura N° 78	Formula	117
Figura N° 79	Cimiento Corrido	118
Figura N° 80	Cimiento Cuadrado	120
Figura N° 81	Cimiento Corrido	120
Figura N° 82	Cimiento Corrido	121
Figura N° 83	Detalle de Cimentación	121
Figura N° 84	Detalle de Zapatas	122
Figura N° 85	Cuadro de Cimentaciones	123

Figura N° 86	Formula	123
Figura N° 87	Formula	123
Figura N° 88	Cimiento Corridos	124
Figura N° 89	Cimiento Cuadrado	125
Figura N° 90	Cimiento Corrido	125
Figura N° 91	Cimiento Corrido	126
Figura N° 92	Detalle de Cimentación	127
Figura N° 93	Detalle de Zapatas	127
Figura N° 94	Detalle de Cimentaciones	128
Figura N° 95	Formula	128
Figura N° 96	Formula	129
Figura N° 97	Cimiento Corrido	129
Figura N° 98	Cimiento Cuadrado	131
Figura N° 99	Cimiento Corrido	131
Figura N° 100	Cimiento Corrido	132
Figura N° 101	Detalle de Cimentación	132
Figura N° 102	Cuadro de Zapatas	133
Figura N° 103	Cuadro d Cimnetaciones	134
Figura N° 104	Formula	134
Figura N° 105	Formula	134
Figura N° 106	Cimiento Corrido	135
Figura N° 107	Cimiento Cuadrado	136
Figura N° 108	Cimiento Corrido	136
Figura N° 109	Cimiento Corrido	137
Figura N° 110	Detalle de Cimentación	137
Figura N° 111	Detalle de Zapatas	138
Figura N° 112	Detalle de Cimentaciones	139
Figura N° 113	Formula	139
Figura N° 114	Formula	140
Figura N° 115	Cimiento Corrido	140
Figura N° 116	Cimiento Cuadrado	141
Figura N° 117	Cimiento Corrido	142
Figura N° 118	Cimiento Corrido	142
Figura N° 119	Detalle de Cimentación	143

Figura N° 120	Detalle de Zapatas	145
Figura N° 121	Mapa Geotécnico – C.P. El Milagro	149
Figura N° 122	Mapa de Peligros – C.P El Milagro	150
Figura N° 123	Rutas de las Quebradas en Trujillo	151
Figura N° 124	Quebrada de León	151
Figura N° 125	Vivienda afectada por Inundación	152
Figura N° 126	Vivienda afectada por Inundación	152
Figura N° 127	Vía de Evitamiento conexión Huanchaco – C.P. El Milagro	153
Figura N° 128	Vía de Evitamiento Inhabilitada	153
Figura N° 129	Vía de Evitamiento conexión Huanchaco – C.P. El Milagro	157
Figura N° 130	Ficha de Reporte – Antecedentes	158
Figura N° 131	Ficha de Reporte – Datos Técnicos	163
Figura N° 132	Ecuación de riesgo sísmico	163
Figura N° 133	Ecuación de Vulnerabilidad Sísmica	166
Figura N° 134	Ecuación de Peligro Sísmico	170
Figura N° 135	Planos en Planta de Vivienda	170
Figura N° 136	Vista Frontal y Junta Sísmica	170
Figura N° 137	Vista Frontal y Junta Sísmica	171
Figura N° 138	Resultados de Riesgo Sísmico	172





**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

# **CAPITULO I**

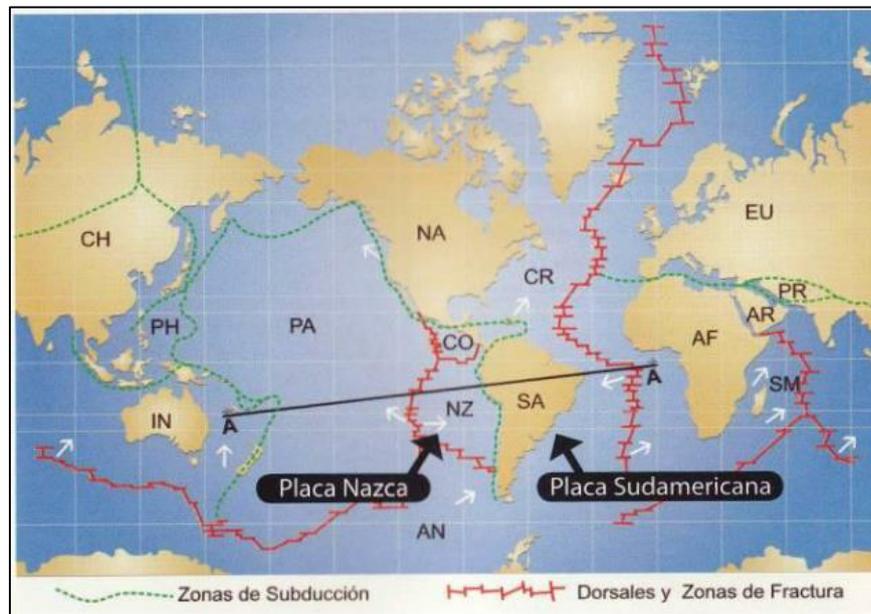
# **INTRODUCCIÓN**



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

## 1.1. Realidad Problemática

El Perú forma parte del cinturón de fuego del Pacífico, por consiguiente, la costa peruana está en una zona de alta actividad tectónica y sísmica, conformada por las placas de nazca y sudamericana. Los terremotos de gran intensidad azotaron en repetidas ocasiones las ciudades ubicadas en esta región. Los sismos más recientes ocurridos en la costa central-norte fueron, Chimbote el 31 de mayo de 1970 y en Lima el 03 de octubre de 1974. En definitiva, los terremotos de gran intensidad volverán a afectar las ciudades costeras. (Kuroiwa, 2002).



**Figura N° 1: Distribución Actual de las Placas Tectónicas (PNUD- Lima-Perú)**

La Vulnerabilidad Sísmica de albañilería se caracteriza por su variabilidad en el tiempo y en el espacio, al depender no solo de la sismicidad de la región si no también, de la densidad de población, el nivel de Desarrollo económico y el grado de preparación para hacer frente a una crisis sísmica, condiciones que pueden dar lugar a una catástrofe sísmica. Obviamente, la posible catástrofe es mayor cuando las viviendas están construidas sin asesoría técnica generando problemas en las estructuras de albañilería. (MPT, 1995).



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

La costa norte del Perú ha sido objeto de estudio sobre vulnerabilidades sísmicas de viviendas de albañilería, entre ellas el distrito de Trujillo y algunos de sus sectores, sin embargo, los estudios están enfocados mayormente al análisis estructural, y no también, al estudio del suelo en el cual se encuentra situada la edificación, con lo cual carece un estudio de vulnerabilidad sísmica desde el punto de vista geotécnico-sísmico.

Según datos estadísticos del INEI del 2015 crecimiento anual de la población peruana es alrededor del 1,6%, lo que origina el incremento en la demanda de viviendas que se van formando cada año.

La población de Trujillo incrementó, con ello también lo hizo con el transcurrir de los años el sector del C.P. El Milagro, generando un crecimiento descontrolado a causa de una inexistente planificación urbana. La población de menos recursos provenientes de la sierra, la selva y habitantes mismos de la zona, frente a la necesidad de vivienda y desconociendo la magnitud sísmica latente, construye sus viviendas con sus escasos medios económicos. Esto implica que exista viviendas sin asesoría técnica profesional, generando que los pobladores y/o maestros albañiles hayan sido ejecutores mismos de la obra, siendo estas últimas personas no capacitadas técnicamente para su correcta ejecución, junto a ello el desconocimiento de las propiedades del terreno sobre el que se asienta la vivienda (estudios de suelo), escasa calidad de los materiales idóneos para sus viviendas, planos mal elaborados y un proceso constructivo mal ejecutado.

La albañilería de arcilla constituye un material noble, muy económico. Pero de bajo nivel técnico de la construcción, al ejecutarse con una mano de obra poco calificada y materiales de baja calidad. **(MPT 1995).**

Además, se conoce que la zona se encuentra expuesto por la presencia de un río (rio seco), el cual genera un riesgo muy elevado en épocas del fenómeno del niño y como también, cuenta un relleno sanitario informal, zona donde no es apta para la construcción. En consecuencia, existen en su mayoría viviendas



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

de alta vulnerabilidad sísmica en la infraestructura y en la superestructura, generando un riesgo en la vida de los pobladores. Por esta razón nuestra investigación analizara el nivel de vulnerabilidad existente en la zona del centro poblado menor de El Milagro.

### 1.2. Delimitación del Problema

El Centro Poblado Menor El Milagro, distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo se ubica en los trópicos de la costa occidental de América del Sur. Está afectado, como se puede observar en la Figura N° 2, por la subducción de la placa de Nazca y la placa continental sudamericana.



**Figura N° 2:** Sección Tectónica Este-Oeste de Trujillo (US Geological Survey - EE. UU)

Geográficamente según la Norma Técnica Peruana E.030–2016 el C.P. El Milagro perteneciente al distrito de Huanchaco, se encuentra en una zona altamente sísmica (Zona 4) como se muestra en la Figura N° 3.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**Figura N° 3: Zonas Sísmicas (E. 030-2016)**

Es un área frágil y expuesta a la amenaza constante de episodios sísmicos y de alteraciones climáticas (MPT 2002). La zona se comenzó a estudiar desde el 10 de septiembre y en este contexto se tomó como premisa seleccionar la zona de estudio con los siguientes aspectos:

- a) Predominio de autoconstrucción con material de albañilería confinada de ladrillo artesanal.
- b) Mayor densidad poblacional de los sectores al distrito perteneciente.
- c) Carencia de estudios característicos de la zona como topográfica y tipología del suelo y cercanía a cauces de ríos, durante gran parte del año estos cauces se encuentran secos y son explotados como canteras. Sin embargo, están expuestas a inundaciones propias del fenómeno del Niño.



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 4: Mapa del C.P El Milagro - Trujillo (Google Maps 2016)**

Finalmente, para definir el área de estudio, se ha considerado los aspectos ya enunciados previamente. El distrito seleccionado fue: Huanchaco y su sector El Milagro, por su mayor vulnerabilidad frente a la presencia de un sismo (Figura N° 4). Para la recolección de datos y análisis de estudio de las viviendas, se apoyó en encuestas y análisis según la Norma Técnica Peruana E. 030, E. 070 y E. 050.

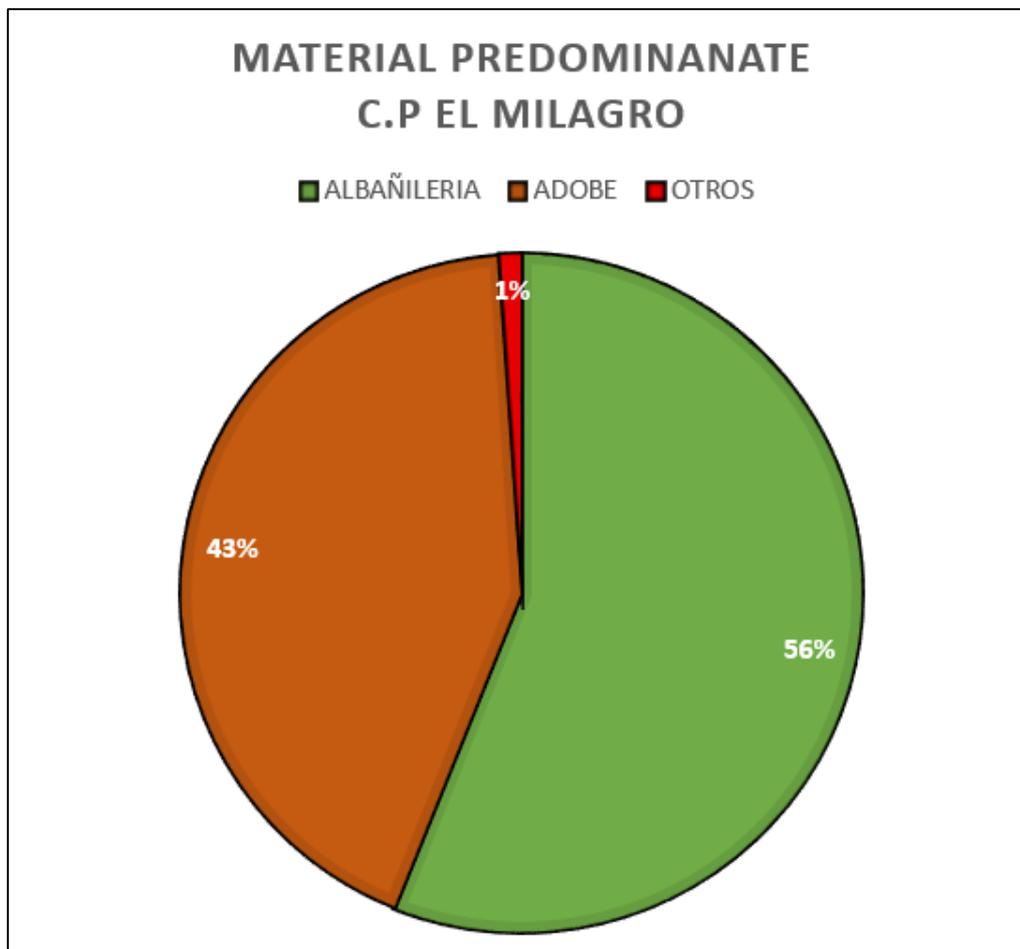
### 1.3. Características y Análisis del Problema

El Centro Poblado El Milagro desde su fundación en el año 1979, y de su creación política en el año 1981, fue creciendo básicamente siguiendo un mismo patrón, la autoconstrucción, causada por la falta de un planeamiento urbano, práctica que, hasta la fecha, hoy en día se realiza. La necesidad por parte de los propietarios de tener una vivienda digna donde vivir o una



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

edificación donde desarrollar sus actividades, aprovechando los recursos a su disposición, viviendas conformados por ladrillos de arcilla cocida, ladrillos de barro y muchas veces la combinación de ambas, el cual no siempre les brindan seguridad frente a un fenómeno de la naturaleza, que podrían ser específicamente los sismos, suelos de poca capacidad portante, deslizamiento de ríos o causes, debido a eso, existe una incertidumbre en cuanto al grado de vulnerabilidad de las edificaciones, las cuales están compuestas tanto de vidas humanas y de valores materiales. Ver Figura N° 5, 6 y 7.



**Figura N° 5: Material Predominante de Viviendas del Centro Poblado El Milagro (Fuente: Los Autores)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**Figura N° 6: Vivienda Conformada por Ladrillos de Arcilla - Sector IV –  
C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**



**Figura N° 7: Vivienda Conformada por Ladrillos de Adobe - Sector V –  
C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**

El gobierno con el afán de reducir la informalidad en la construcción de viviendas en sectores de escasos recursos, creó un programa denominado Techo Propio y entre otros, cabe resaltar que la asesoría brindada por el



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

ingeniero a cargo de este programa no es de manera constante, con lo cual no se asegura la buena ejecución de la vivienda.



**Figura N° 8: Asesoría Brindada en Viviendas**  
**C.P El Milagro (Los Autores)**

La infraestructura existente en la zona como centro de salud, comisaria, zonas recreacionales, pistas, veredas, son esenciales para una rápida evacuación y atención de los habitantes afectados ante un fenómeno natural. Se pudo constatar que la zona cuenta actualmente con una nueva infraestructura de centro de salud y a la vez un local policial modernizado, con lo cual mejoraría la atención de la población ante un evento sísmico.

En la actualidad las edificaciones de albañilería confinada y concreto armado en la zona presentan un problema de vulnerabilidad geotécnica-sísmico, la cual a su vez tiene como raíces las denominadas “Fallas estructurales”, “Fallas constructivas” y “Fallas geotécnicas”, es así que al ocurrir un evento sísmico de importante magnitud podrían sufrir graves daños o su colapso total. Debido a eso, es de suma importancia conocer el grado de vulnerabilidad sísmica, incertidumbre que podría brindar las pautas para la protección de vidas humanas y valores materiales en el sector de estudio.



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

## 1.4. Formulación del Problema

¿En qué medida las viviendas de albañilería confinada del centro poblado El Milagro son vulnerables desde el punto de vista geotécnico-sísmico?

## 1.5. Formulación de la Hipótesis

### 1.5.1 General

Si las viviendas de albañilería confinada, se encuentran construidas por sistemas de autoconstrucción y cimentadas sobre suelos no aptos para la construcción, serán más propensas a ser vulnerables; desde el punto de vista geotécnico-sísmico.

### 1.5.2 Variables

- Variable independiente (V1) : Viviendas de Albañilería Confinada
- Variable dependiente (V2) : Vulnerabilidad Sísmica

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION
VIVIENDAS DE ALBAÑILERIA CONFINADA	En este tipo de construcción se utilizan ladrillos de arcilla cocida, columnas de amarre, vigas soleras, etc. En este tipo de viviendas primero se construye el muro de ladrillo, luego se procede a vaciar el concreto de las columnas de amarre y, finalmente, se construye el techo en conjunto con las vigas.	PLANOS	METROS	NTP E. 070 y E. 030
VULNERABILIDAD SISMICA	La vulnerabilidad sísmica de una edificación es una magnitud que permite cuantificar el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad resistente de una estructura bajo unas condiciones probables de sismo.	GRAFICOS ESTADISTICOS	PORCENTAJE	ENSAYOS DE SUELOS NTP E. 050

**Tabla N° 1: Variables (Fuente: Los Autores)**



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

## 1.6. Objetivos del Estudio

### 1.6.1 General

Identificar el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada del centro poblado El Milagro desde el punto de vista geotécnico - sísmico.

### 1.6.2 Específicos

- a. Identificar los sistemas constructivos de mayor utilización en la construcción de viviendas informales del centro poblado El Milagro.
- b. Estimar el riesgo sísmico estructural de 30 viviendas de albañilería confinada informales en el C.P. El Milagro según NTP E. 030 y E. 070.
- c. Realizar un estudio de los tipos de suelos existentes en la zona para identificar sus características geotécnicas según NTP E. 050.
- d. Realizar una exploración geotécnica según el tipo de suelo existente, para la identificación de zonas de riesgo e indicando el uso del uso para el plan de desarrollo urbano.

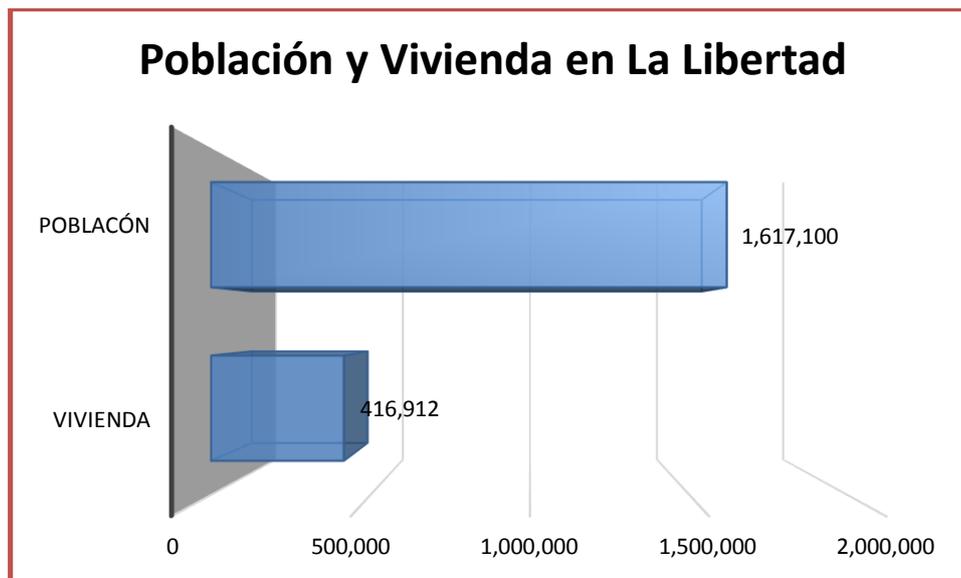
Se tuvo que previamente visitar el C.P El Milagro y contactar con personal técnico que proporcione información acerca de la zona, como el proceso constructivo que se utiliza y de la zonificación actual. Además, desarrollar estrategias para lograr acceder a la información de los propietarios de unas 30 viviendas y hacer el estudio de suelos necesario.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 1.7. Justificación del Estudio

La necesidad de una vivienda está relacionada con el incremento de la población (Figura N° 9). Por lo que a mayor población le corresponde una mayor necesidad de viviendas.



**Figura N° 9: Población y vivienda en el departamento de La Libertad (INEI 2007)**

Debido a que generalmente los pobladores no cuentan con recursos necesarios, mucho de ellos optan por construir de manera informal, es decir sin una dirección técnica profesional con la cual les asegure una mejor calidad en la construcción de su vivienda.

Debido a la informalidad presentada en las viviendas se desea conocer el nivel de vulnerabilidad sísmica en la zona frente a fenómenos tales como sismos de gran magnitud e inundaciones.

En el presente trabajo de investigación se pretende realizar diferentes procedimientos como encuestas, análisis de viviendas, análisis de muestras de suelos, todo ello sustentado acorde al Reglamento Nacional de Edificaciones.



## **ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

La solución más eficaz es recomendar a la municipalidad de El Milagro que incluyan dentro de su plan de desarrollo, la reducción de la vulnerabilidad de fenómenos naturales en sus viviendas. Apoyando con la supervisión y capacitación para disminuir la autoconstrucción en sus ciudadanos.

Así también los beneficiados serán las futuras viviendas del centro poblado El Milagro con una mejor calidad de construcción más resistente ante un evento sísmico.

### **1.8. Limitaciones del Estudio**

- a) Escaso apoyo de las familias encuestadas
- b) Lotizaciones no actualizadas
- c) Zona expuesta a la delincuencia



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

# **CAPITULO II**

# **MARCO TEÓRICO**



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

## 2.1 Antecedentes

**TITULO: MANUAL PARA LA REDUCCION DEL RIESGO SISMICO DE VIVIENDAS EN EL PERU**

AUTOR: Julio Kuroiwa

PAIS: Perú.

AÑO: 2016.

RESUMEN: Según estimaciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, cerca del 70% de las viviendas que se construyen en el país son in-formales, es decir, que son edificadas por el propietario con la ayuda o por medio de un “maestro de obra”. Como consecuencia de ello, la mano de obra es deficiente en la mayoría de casos, lo que se aprecia, por ejemplo, en el asentamiento de las piezas de ladrillo, con espesores no uniformes del mortero y las juntas verticales no rellenas, o no compactadas adecuadamente. Por lo que es necesario conocer el nivel de vulnerabilidad en las que se encuentran las viviendas, para ello se elaboró esta manual para medir la vulnerabilidad existente en zonas altamente sísmicas.

**TITULO: Vulnerabilidad Sísmica en Edificaciones del Distrito de Chiclayo**

AUTOR: Barandiaran, Briones, Chuquicahua, Diaz y Zapata.

PAIS: Perú.

AÑO: 2014.

RESUMEN: La investigación, aplica una metodología simple para determinar el riesgo sísmico de viviendas informales en el distrito de Chiclayo. Para ello se analizará las características técnicas, así como los errores arquitectónicos, constructivos y estructurales de viviendas construidas informalmente. La mayoría de las viviendas informales se caracterizan por carecer de diseño arquitectónico, estructural y por construirse con materiales de baja calidad,



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

generalmente estas viviendas son construidas por los mismos pobladores de la zona, quienes no poseen los conocimientos necesarios para la práctica constructiva.

**TITULO: MICROZONICACIÓN GEOTECNICA DE LA CIUDAD DE TRUJILLO**

AUTOR: Enrique Lujan Silva

PAIS: Perú.

AÑO: 2011.

RESUMEN: La Microzonificación Sísmica de una Ciudad envuelve el manejo de una gran cantidad de información referente a la evaluación del riesgo sísmico, amenaza geológica, clasificación de las propiedades del suelo local, análisis de la respuesta dinámica de los depósitos, evaluación de los efectos de interacción suelo – estructura, creación de código para el diseño, planificación urbana, responsabilidad gubernamental, compañías de seguros y planes de defensa civil, evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de las edificaciones existentes, especialmente aquellas de usos vital, tales como: hospitales, colegios, Dependencias Gubernamentales y Cuerpos de Bomberos, entre otros.

**TITULO: Reducción de Desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza**

AUTOR: Julio Kuroiwa

PAIS: Perú.

AÑO: 2002.

RESUMEN: La vulnerabilidad sísmica es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones realizadas por el hombre durante un sismo. La vulnerabilidad refleja la falta de resistencia de una edificación frente a los sismos y depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de la técnica de construcción.



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

**TITULO: Diagnóstico Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica de las Autoconstrucciones en Lima**

AUTOR: Roberto Flores

PAIS: Perú.

AÑO: 2002.

RESUMEN: En muchos países en desarrollo, las viviendas informales son construidas sin asesoramiento técnico ni profesional. Estas viviendas muchas veces presentan serios problemas respecto a su ubicación, configuración estructural y proceso constructivo, que las hacen muy vulnerables ante los sismos.

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1 Los Sismos y Terremotos

La sismicidad es el estudio de los sismos que ocurren en algún lugar en específico. Un lugar puede tener alta o baja sismicidad, lo que tiene relación con la frecuencia con que ocurren sismos en ese lugar. Un estudio de sismicidad es aquel que muestra un mapa con los epicentros y el número de sismos que ocurren en algún período. La sismicidad tiene ciertas leyes. Una de las más usadas es la ley de Charles Francis Richter que relaciona el número de sismos con la magnitud. Los temblores y terremotos se producen cuando ocurren movimientos de la corteza de la Tierra a través de fallas o fracturas. **(Benito & Jiménez, 1999)**

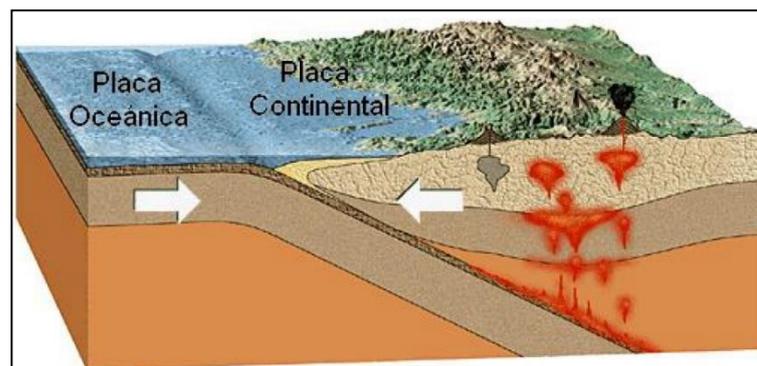
Si retrocedemos en el tiempo, de acuerdo a Giner y Molina (2001) la idea de que los terremotos representaban una reacción elástica a un fenómeno de generación de esfuerzos fue propuesta por primera vez por Hooke en su “A discourse on the causes of earthquakes” publicado en 1705. En el siglo XIX,



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

los primeros sismólogos modernos Mallet (1810-1881) y Milne (1880 - 1913) empiezan a mostrar interés por localizar el punto o zona del interior de la Tierra donde se produce el evento sísmico y buscar una relación con las fracturas existentes en la corteza terrestre (fallas). Lyell (1868) consideró que los terremotos eran un agente importante en el dinamismo de la Tierra, al observar las fracturaciones y cambios en la elevación del terreno que estos producían. A pesar de ser el primero en describir cuidadosamente las fracturas y deformaciones producidas por varios terremotos, al igual que sus contemporáneos Mallet y Milne, aún creían que la causa inmediata de los terremotos era de origen térmico, bien debida a la actividad volcánica o contracción térmica. (Carrillo, 2008)

Con los estudios realizados hoy en día, se puede dar una definición más cercana acerca de los sismos que son perturbaciones súbitas en el interior de la tierra que dan origen a vibraciones o movimientos del suelo. El origen de los sismos en nuestro territorio se debe principalmente a la interacción de la placa Nazca (placa oceánica) con la placa Sudamericana (placa continental) (Figura 2.1). Frente a la costa del Perú se produce el fenómeno de subducción en el que la placa Nazca se introduce debajo de la placa Sudamericana. Cuando se presenta un movimiento relativo entre estas dos placas se generan ondas sísmicas, que producen el movimiento del suelo.



**Figura 10: Interacción de la Placa Nazca con la Sudamericana**

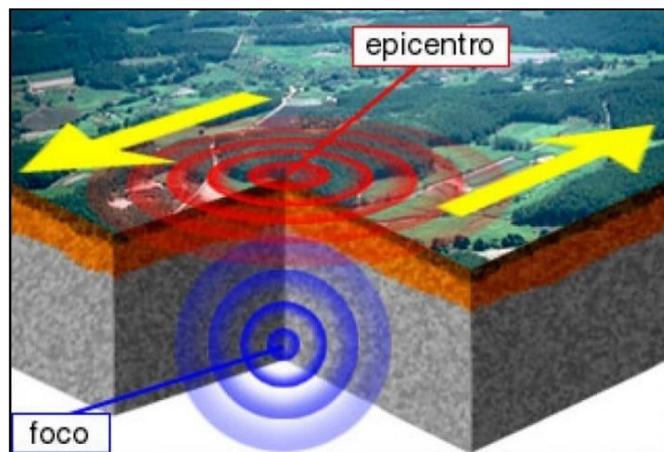
(Fuente: [www.igm.cl/Terremoto.html](http://www.igm.cl/Terremoto.html))

Las ondas sísmicas se clasifican en ondas de cuerpo y en ondas de superficie. Las ondas de cuerpo son aquellas que se transmiten desde el interior de la



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

corteza terrestre hacia la superficie. En cambio, las ondas superficiales solo se transmiten sobre la superficie y son las más perjudiciales para las edificaciones. Para el estudio de los sismos es necesario conocer dos puntos imaginarios. Uno de ellos es el foco o hipocentro, que es el centro de propagación de las ondas sísmicas. El foco se idealiza como un punto en la superficie de falla donde se inicia la ruptura. El otro punto importante es el epicentro, que es la proyección del foco sobre la superficie terrestre (Figura 2.2).



**Figura N° 11: Epicentro y foco (Fuente: [www.harcourtschool.com](http://www.harcourtschool.com))**

Los sismos pueden ser medidos en función de su magnitud y de su intensidad. La magnitud está relacionada a la cantidad total de energía que se libera por medio de las ondas sísmicas (Sarría 1995). La intensidad es la medida o estimación empírica de la vibración o sacudimiento del suelo. La intensidad de un sismo se mide teniendo en cuenta los daños causados en las edificaciones y en la naturaleza a través de cómo el hombre percibe las vibraciones sísmicas (Kuroiwa 2002).



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 2.2.2 Clasificación de los Sismos

Según **Andrés y Rodríguez (2008)** relaciona la estructura interna de la tierra con los movimientos sísmicos y clasifica los sismos de la siguiente manera:

#### a. Sismos tectónicos

Son producidos cuando la corteza de la Tierra se rompe y se mueve a lo largo de una falla o fractura. Al igual que en otras partes del mundo, la corteza de la Tierra en Centroamérica está fracturada en grandes segmentos que se mueven en varios sentidos y a diferentes velocidades, empujándose o estirando los unos de los otros. Al principio, las rocas de la corteza resisten dichos movimientos, pero, a medida que las presiones aumentan, la corteza empieza a romperse. El sismo es el movimiento que se produce durante esas rupturas. Si la ruptura es grande, se puede sentir un temblor de tierra. (**Escudero Puente, 2011**)

Igualmente, si uno está cerca del sitio de ruptura, es más posible que sienta el temblor que si está alejado de él. Para simular un sismo se puede, por ejemplo, deslizar un bloque de madera sobre una superficie áspera y sentir claramente las vibraciones que este movimiento provoca. Un temblor de tierra es similar, pero de tamaño mucho mayor. Los sismos ocurren en superficie o más comúnmente en profundidad. El epicentro es el punto de la superficie terrestre bajo el cual ocurrió un sismo, es decir que se define con dos coordenadas: latitud y longitud. El hipocentro, en cambio, es el punto de la Tierra donde ocurrió el sismo, es decir que se define con tres coordenadas: latitud, longitud y profundidad. (**Andrés & Rodríguez, 2008**)

#### b. Sismos volcano-tectónicos

Son sismos provocados por rupturas de la corteza de la Tierra, pero, en este caso, las rupturas están relacionadas con el movimiento de los magmas. Generalmente, son de tamaño muy pequeño, solo perceptibles con instrumentos especialmente diseñados, por lo que no son peligrosos. Más bien,



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

cuando estos sismos son detectados, pueden constituir señales preventivas, ya que indican que un volcán puede estar reactivándose. (Escudero Puente, 2011)

### c. Tremor

Es un tipo de sismo causado por el movimiento de un magma en la corteza. Como cualquier fluido que se mueve por un canal (por ejemplo, el aire en una trompeta), el magma causa vibraciones y ruido al moverse por una fractura o un conducto subterráneo. El tremor no es peligroso y es muy útil, ya que ofrece información a los vulcanólogos sobre el movimiento del magma en profundidad. (Escudero Puente, 2011)

### 2.2.3 Peligrosidad Sísmica

Para Benito y Jiménez (1999) la peligrosidad sísmica se define como la probabilidad de excedencia de un cierto valor de la intensidad del movimiento del suelo, producido por terremotos, en un determinado emplazamiento y durante un periodo de tiempo dado. Por otro lado, el documento Natural Disasters and Vulnerability Analysis divide los fenómenos naturales capaces de provocar desastres en tres categorías, a saber: fenómenos meteorológicos e hidrológicos, terremotos y volcanes. Propone que se apliquen a todos los fenómenos mencionados las definiciones siguientes:

**Peligrosidad o amenaza «H» (natural hazard):** Probabilidad de que ocurra un fenómeno natural potencialmente desastroso en un lugar determinado y dentro de un período de exposición definido previamente.

**Vulnerabilidad «V» (vulnerability):** Nivel de la pérdida ocasionada en un elemento o conjunto de elementos amenazados si ocurre un fenómeno natural de una magnitud determinada. Se valora en una escala que va del 0 al 1: sin daños y pérdida total, respectivamente.

**Elementos amenazados «E» (elements at risk):** Valor económico de la población, de los edificios y obras civiles, de las actividades económicas, de los servicios públicos e infraestructuras, etc., amenazados dentro de un área geográfica determinada, incluidas las pérdidas económicas indirectas presentes y futuras.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

**Riesgo «R» (risk):** número de muertos y de heridos, pérdidas materiales e interrupción de la actividad económica a causa de cierto fenómeno natural. Por consiguiente, el riesgo es función de la peligrosidad, de la vulnerabilidad y de los elementos amenazados. Los sismos sacuden la Tierra durante pocos minutos y no pueden ser predecibles del todo, terminan rápidamente y causan diferentes problemas. En primer lugar, es necesario localizar dónde se encuentran las fallas, determinar su tamaño y estimar su potencial para causar sismos, ya que no todas las fallas provocan sismos. Luego, se debe procurar que las construcciones (edificios, puentes, casas) de las cercanías sean lo suficientemente fuertes para resistir los potenciales sismos. Comúnmente, los grandes sismos provocan deslizamientos de tierras, por lo que la estabilidad de los terrenos debe ser también considerada. A menudo, tras los grandes sismos ocurren incendios que pueden causar severos daños adicionales. Desafortunadamente, muchos viejos edificios no han sido construidos para resistir grandes sismos, o la planificación y las normas utilizadas para su construcción no fueron suficientemente buenas. Por lo tanto, aún existen elevadas probabilidades de que ocurran daños y desastres. Entonces, ¿qué hacer en caso de sismo? En varios lugares, como en edificios públicos, por ejemplo, deberían existir espacios de refugio en caso de sismo. Por supuesto, estos espacios deben ser cámaras reforzadas que resistan las sacudidas. Durante un fuerte sismo, es una buena idea buscar refugio en zonas abiertas, estando siempre atentos a los objetos que empiezan a desprenderse y a caer. Como medida preventiva, hemos de intentar localizar caminos alternativos de escape ya que, en Centroamérica, cada ciudadano tiene elevadas probabilidades de experimentar al menos un terremoto en su vida.

### 2.2.4 Vulnerabilidad Sísmica

Se denomina vulnerabilidad al grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características. Estas estructuras se pueden calificar en “más vulnerables” o “menos vulnerables” ante un evento sísmico. (Laucata Luna, 2013)



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

Se debe de tener en cuenta que la vulnerabilidad sísmica de una estructura es una propiedad intrínseca a sí misma, y, además, es independiente de la peligrosidad del lugar ya que se ha observado en sismos anteriores que edificaciones de un tipo estructural similar sufren daños diferentes, teniendo en cuenta que se encuentran en la misma zona sísmica. En otras palabras, una estructura puede ser vulnerable, pero no estar en riesgo si no se encuentra en un lugar con un determinado peligro sísmico o amenaza sísmica. Es preciso resaltar que no existen metodologías estándares para estimar la vulnerabilidad de las estructuras. El resultado de los estudios de vulnerabilidad es un índice de daño que caracteriza la degradación que sufriría una estructura de una tipología estructural dada, sometida a la acción de un sismo de determinadas características. **(Laucata Luna, 2013)**

### 2.2.5 Clases De Vulnerabilidad Sísmica

#### a. Vulnerabilidad Estructural

Se refiere a que tan susceptibles a ser afectados o dañados son los elementos estructurales de una edificación o estructura frente a las fuerzas sísmicas inducidas en ella y actuando en conjunto con las demás cargas habidas en dicha estructura. Los elementos estructurales son aquellas partes que sostienen la estructura de una edificación, encargados de resistir y transmitir a la cimentación y luego al suelo; las fuerzas causadas por el peso del edificio y su contenido, así como las cargas provocadas por los sismos. Entre estos elementos se encuentran las columnas, vigas, placas de concreto, muros de albañilería de corte, etc. Debido a ello como se dirá que un buen diseño estructural es la clave para que la integridad del edificio sobreviva aún ante desastres naturales severos como lo son los terremotos. **(Carrillo, 2008)**.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### **b. Vulnerabilidad No Estructural**

Un estudio de vulnerabilidad no estructural busca determinar la susceptibilidad a daños que estos elementos puedan presentar. Sabemos que al ocurrir un sismo la estructura puede quedar inhabilitada debido a daños no estructurales, sean por colapso de equipos, elementos arquitectónicos, etc., mientras que la estructura permanece en pie. Esto generalmente se aplica a los hospitales y clínicas donde entre el 80% y 90% del valor de la instalación no está en las columnas, vigas, losas, etc.; sino en el diseño arquitectónico, en los sistemas electromecánicos y en el equipo médico contenido dentro del hospital. Dentro del sistema electromecánico podríamos mencionar las líneas tuberías, apoyos de equipos, la conexión de los equipos, etc. De igual forma, dentro de los elementos arquitectónicos tenemos las fachadas, vidrios, tabiques, mamparas, puertas, ventanas, escaleras, etc.; y que una vez afectados todos estos elementos obligan a la paralización del servicio dentro del hospital, lo que afectaría directamente a las personas que necesiten ayuda en un momento dado. **(Laucata Luna, 2013).**

### **c. Vulnerabilidad Funcional**

Un estudio de la vulnerabilidad funcional busca determinar la susceptibilidad de un hospital o clínica a sufrir un “colapso funcional” como consecuencia de un sismo. Esto es sólo visible en el momento en que ocurre una emergencia. A fin de determinar en esta tercera etapa la vulnerabilidad funcional, se evalúa lo referente a la infraestructura. En primer lugar, el sistema de suministro de agua y de energía eléctrica, que son las partes más vulnerables. También son afectadas por los sismos las tuberías de alcantarillado, gas y combustibles, para lo cual se realizan investigaciones sobre su resistencia y flexibilidad. Estos aspectos funcionales incluyen también un análisis detallado de las áreas externas, vías de acceso a exteriores y su conexión con el resto de la ciudad; las interrelaciones, circulaciones primarias y secundarias, privadas y públicas y los accesos generales y particulares de las áreas básicas en que se subdivide el



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

hospital. Se analiza la posibilidad de inutilización de ascensores, acumulación de escombros en escaleras y pasillos, como así también el atascamiento de puertas. (Carrillo, 2008)

### 2.2.6 Factor Suelo En Edificaciones

#### a. Concepto De Suelo En Edificaciones

Según **Juárez Badillo (2005)** es común creencia la de que el suelo es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, no sujeta a ninguna organización. Pero en realidad se trata de un conjunto con organización definida y propiedades que varían “vectorialmente”. En la dirección vertical generalmente los suelos tienen perfil y este es un hecho del que se hace abundante aplicación. “Suelo” es un término del que hacen uso diferentes profesionales. La interpretación varía de acuerdo con sus respectivos intereses. Para el agrónomo, por ejemplo, la palabra se aplica a la parte superficial de la corteza capaz de sustentar vida vegetal, siendo esta interpretación demasiado restringida para el ingeniero. Para el geólogo es todo material intemperizado en el lugar en que ahora se encuentra y con contenido de materia orgánica cerca de la superficie, esta definición peca de parcial en ingeniería, al no tomar en cuenta los materiales transportados e intemperizados posteriormente a su transporte. Para los fines de esta obra, la palabra suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. Quedan excluidos de la definición las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se ablandan o se integran rápidamente por acción de la intemperie. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 2.3 Conceptos relacionados con la investigación

#### 2.3.1 Definición De Términos Básicos

**a. Vulnerabilidad Sísmica:** “La vulnerabilidad sísmica es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones realizadas por el hombre durante un sismo. La vulnerabilidad refleja la falta de resistencia de una edificación frente a los sismos” (**Bommer, 1998**). Depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de la técnica de construcción.

**b. Riesgo Sísmico:** “El riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como:  $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$  (**Kuroiwa, 2002**). Esta evaluación de riesgo es en forma individual para cada estructura. “Cuando se desea calcular el riesgo sísmico de una determinada zona, entonces la ecuación del riesgo sísmico se ve afectada por la densidad poblacional:  $\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Exposición} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Costo}$ ”. (**Bommer, 1998**). En este caso el riesgo sísmico es medido en términos de pérdidas de vidas o económicas. “La exposición es el número de personas o viviendas de la zona, o el valor productivo del comercio del lugar. El costo está relacionado al número de personas en cada vivienda o valor monetario de reparación de cada vivienda” (**Bommer, 1998**).

**c. Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica:** “En la actualidad, los procedimientos y herramientas para el análisis de la vulnerabilidad y peligro sísmico se encuentran muy avanzados. Las teorías para el análisis de la vulnerabilidad van desde técnicas directas de campo, basada en observaciones, hasta técnicas probabilísticas con análisis computacionales no lineales de las estructuras”. (**Bonett, 2003**).

**d. Acción dinámica:** “Una acción tiene variación dinámica cuando su variación en el tiempo es rápida y da origen a fuerzas de inercias comparables



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

en magnitud con las fuerzas estáticas”. (**Bozzo Rotondo & Barbat Barbat, 2000**).

**e. Resistencia por Desempeño:** “Los conceptos de resistencia y desempeño se han considerado como sinónimos. Sin embargo, con las enseñanzas aprendidas de los sismos ocurridos durante los últimos 25 años, se ha generado un importante cambio sobre la concepción de que al incrementar la resistencia se aumenta la seguridad y se reduce el daño. Por lo tanto, algunos códigos de diseño sismo resistente han sido actualizados haciendo énfasis en cambiar la concepción de resistencia por desempeño”. (**Carrillo, 2008**)

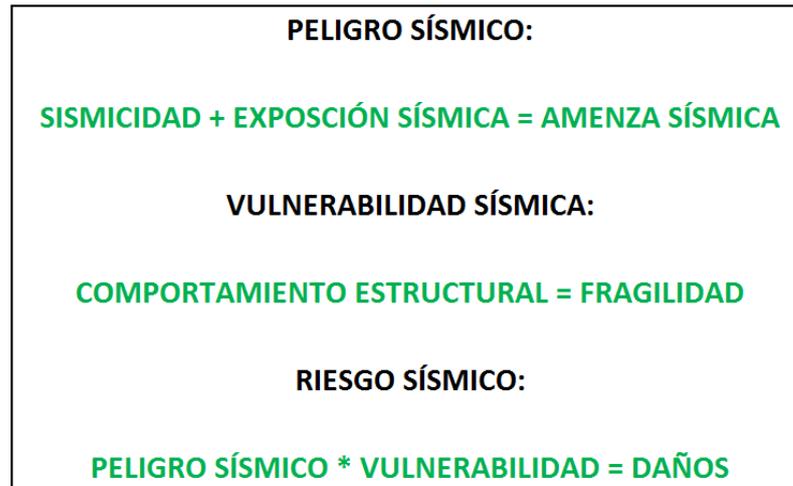
**f. Función Vulnerabilidad:** “Una función de vulnerabilidad muestra en forma continua el grado de daño que puede lograr un tipo de estructura específica cuando está expuesta a una acción sísmica determinada. Las funciones de vulnerabilidad se calculan a partir de los datos de daño observados o son construidas artificialmente”. (**Chio Cho, Gomez Araujo, & Maldonado Rondón, 2007**)

**e. Estructura Dinámica:** “Toda estructura responde dinámicamente ante la acción de cargas o deformaciones, generando fuerzas inerciales iguales a su masa por la aceleración (segunda ley de Newton, ecuación dinámica de equilibrio). Para cargas o deformaciones aplicadas de una manera lenta, que es el caso de cargas muertas y vivas no dinámicas, las fuerzas inerciales pueden despreciarse, lo que hace posible un análisis estático de la estructura”. (**Oviedo & Duque, 2006**)

Con todo lo expuesto se puede llegar a un resumen sobre los conceptos relacionados sobre Vulnerabilidad Sísmica, Peligro Sísmico y Riesgo Sísmico en el siguiente recuadro.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**Figura N° 12: Análisis del Peligro Sísmico (Fuente: Los Autores)**



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

# **CAPITULO III**

# **MATERIALES Y**

# **MÉTODOS**



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

## 3.1 Introducción

En este capítulo se describen las características de las zonas encuestadas como demografía y estadísticas socioeconómicas que se consideran pertinentes para la investigación. Además, se muestra el porcentaje de viviendas observadas en el campo que han sido construidas con mano de obra de buena, regular y mala calidad. Una característica común en todas las ciudades encuestadas es que las viviendas son construidas sin asesoramiento técnico. Los datos estadísticos mostrados en este capítulo se basan en la información obtenida del último censo y de las proyecciones que establece el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI 2007).

## 3.2 Características Generales de la Zona de Estudio

El Centro Poblado El Milagro, se encuentra ubicado en el distrito de Huanchaco en la región de La Libertad, forma parte de la zona urbana de la ciudad de Trujillo, se encuentra ubicada a una distancia de 10 km del centro histórico de Trujillo.

Las áreas que involucran el ámbito de intervención del proyecto se encuentran enmarcadas en el siguiente cuadro:

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>La Libertad</b>
<b>PROVINCIA</b>	<b>Trujillo</b>
<b>DISTRITO</b>	<b>Huanchaco</b>
<b>LOCALIDAD</b>	<b>El Milagro</b>
<b>ALTITUD</b>	<b>125.00 m.s.n.m</b>
<b>COORDENADAS</b>	<b>8°01'22" - 79°04'02"</b>
<b>FECHA DE ELABORACION</b>	<b>10 Setiembre del 2016</b>

**Tabla N° 2: Características del C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 13:** Mapa político del Perú (Fuente INEI)



**Figura N° 14:** Departamento La Libertad – Trujillo (Fuente INEI)



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**Figura N° 15: Distrito de Huanchaco (Fuente INEI)**



**Figura N° 16: C. P El Milagro (Fuente: Google Maps 2016)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 17: Municipalidad del C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**

### 3.3 Características Demográficas de la Zona

La Libertad alberga aproximadamente a 1,771,000 habitantes según el censo INEI 2007, lo que representa el 5.9% de la población nacional. Es el tercer departamento más poblado del país, después de Lima (30.8%) y Piura (6.1%).

Según la municipalidad de Trujillo, los distritos de El Porvenir, La Esperanza y Huanchaco (El Milagro) vienen creciendo mediante ocupaciones informales en las faldas de los cerros y en terrenos eriazos. Se estima que en la actualidad el área metropolitana albergue alrededor de 857,900 habitantes.

Como se muestra en la Tabla N° 3, el distrito de Trujillo en donde se concentra el mayor porcentaje de la población provincial (36.3%), a la vez el distrito de Huanchaco su incremento es progresivo (5.5%).



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

DISTRITOS	1981		1993		2007	
	Hab.	%	Hab.	%	Hab.	%
Trujillo	209,256	51.2	247,028	41.4	294,899	36.3
El Porvenir	72,481	17.7	80,698	13.5	140,507	17.3
Florencia de Mora <sup>14</sup>			35,806	6.0	40,014	4.9
Huanchaco	7,402	1.8	19,935	3.3	44,806	5.5
La Esperanza	62,948	15.4	105,361	17.6	151,845	18.7
Laredo	15,280	3.7	28,019	4.7	32,825	4.0
Moche	10,626	2.6	22,020	3.7	29,727	3.7
Poroto	2,115	0.5	4,401	0.7	3,601	0.4
Salaverry	5,026	1.2	8,278	1.4	13,892	1.7
Simbal	2,453	0.6	3,600	0.6	4,082	0.5
Víctor Larco Herrera	21,258	5.2	42,169	7.1	55,781	6.9
<b>Provincia Trujillo</b>	<b>408,845</b>	<b>100.0</b>	<b>597,315</b>	<b>100.0</b>	<b>811,979</b>	<b>100.0</b>

**Tabla N° 3: Población Absoluta y Relativa según Distritos (Fuente: INEI 2007)**

Según la municipalidad de Trujillo el porcentaje de población del C.P El Milagro equivale al 55% de la población de Huanchaco. Tomando las estadísticas de estimaciones y proyecciones del INEI 2015, se obtiene la siguiente población del C. P El Milagro para el año 2016. (Tabla N° 4).

ZONAS	HABITANTES
Huanchaco	68,938
El Milagro	37,916

**Tabla N° 4: Población del distrito de Huanchaco y del Centro Poblado El Milagro (Fuente: INEI 2015)**

Según el plan de desarrollo urbano metropolitano 2012-2022 de la municipalidad de Trujillo señala el acelerado ritmo de crecimiento poblacional de los distritos de El Porvenir, Huanchaco y Salaverry, tres distritos que forman parte del área metropolitana de la ciudad de Trujillo y, asegurando que, por donde se ha expandido mayormente la ciudad.

Es la resaltante situación de Huanchaco cuya tasa de crecimiento anual del último periodo intercensal es del 6.0% (Tabla N° 5); sin embargo, analizando la dinámica de la población al interior del distrito, advierte que, en el último



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

periodo intercensal, el centro poblado El Milagro crece a una tasa de 9.9%, mientras que el resto de la población de Huanchaco lo hace a una tasa de 2.8%, lo que significa que más crece el norte de la ciudad que el oeste de la misma.

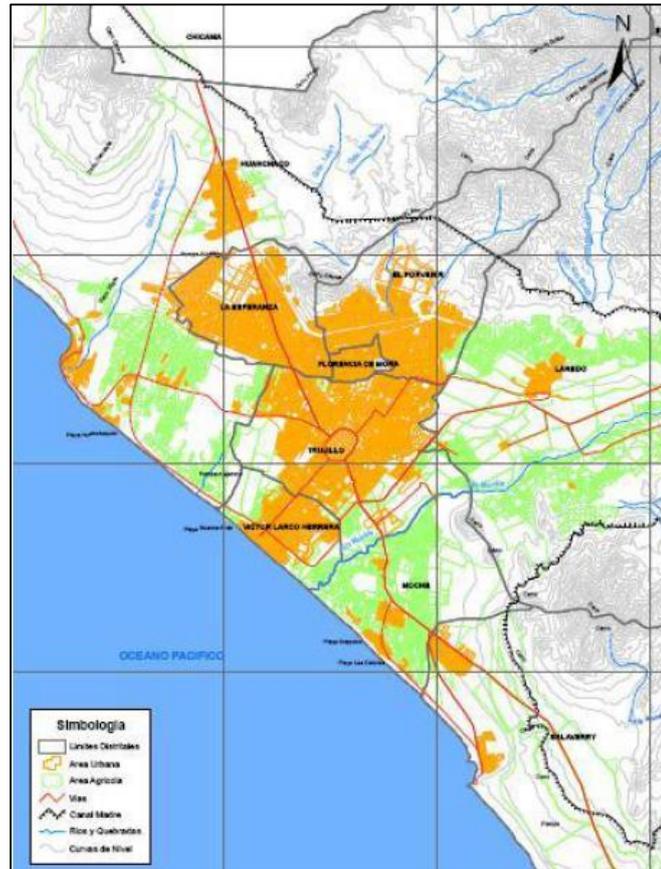
PROVINCIAS	Periodos	
	1981-1993	1993-2007
Trujillo	1.4	1.3
El Porvenir	0.5	4.0
Florencia de Mora		0.8
Huanchaco	8.6	6.0
La Esperanza	4.4	2.7
Laredo	5.2	1.1
Moche	6.3	2.2
Poroto	6.3	-1.4
Salaverry	4.2	3.8
Simbal	3.2	0.9
Víctor Larco Herrera	5.9	2.0
<b>Provincia de Trujillo</b>	<b>3.2</b>	<b>2.2</b>

**Tabla N° 5: Tasas de Crecimiento Anual por Periodos Inter Censales según Distritos (Fuente: INEI 2007)**

La Municipalidad de Trujillo observa que Huanchaco, el tradicional balneario de la región, es el distrito de mayor dinámica de crecimiento poblacional, así como del desarrollo turístico y recreativo, principalmente en los meses de verano. En su territorio se encuentra el aeropuerto Carlos Martínez de Pinillos y el complejo arqueológico “Ciudadela de Chan Chan”, que refuerzan la vocación turística del distrito; sin embargo, el crecimiento urbano también es atribuido al desarrollo de asentamientos humanos en el norte del distrito, como es el caso del Centro Poblado El Milagro, cuya cercanía al distrito de la Esperanza promueve su expansión.



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 18: Plano básico Trujillo Metropolitano 2012**  
(Fuente: Municipalidad Provincial de Trujillo 2012)

### 3.4 Selección de zona de Estudio

Para la seleccionar la zona de estudio se recurrió al plano metropolitano de Trujillo, donde se intentó ubicar zonas de diferente naturaleza, tipologías del suelo y topografía. Es así que se ubicó al distrito de Huanchaco y su sector el Centro Poblado El Milagro con la mayor densidad poblacional. El distrito tiene como característica la autoconstrucción. Se seleccionaron viviendas que podían considerarse como típicas de la zona. Sin embargo, en muchos casos fue determinante la voluntad de los propietarios. Se realizó 30 encuestas y como también estudios de suelos de la zona.



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

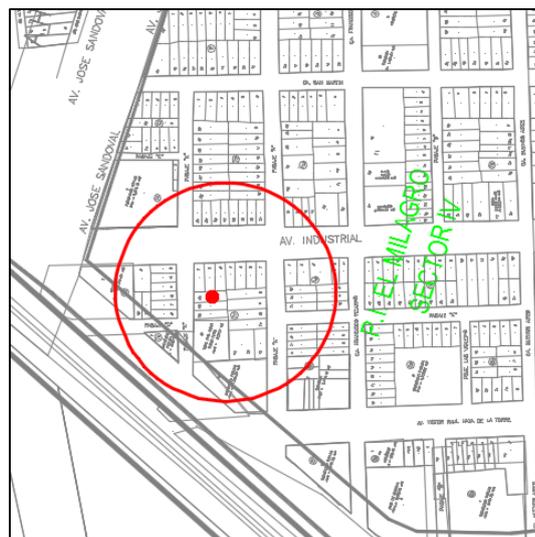
## 3.5 Ubicación de Viviendas Encuestadas

Las viviendas encuestadas del centro poblado El Milagro fueron 10 viviendas de albañilería confinada, se tomaron 7 viviendas en la parte baja y 3 de la parte alta, las zonas parte baja y alta están separadas por la presencia de la avenida Miguel Grau.

La ubicación de algunas viviendas donde se realizaron las encuestas, se muestran a continuación, en las siguientes figuras:



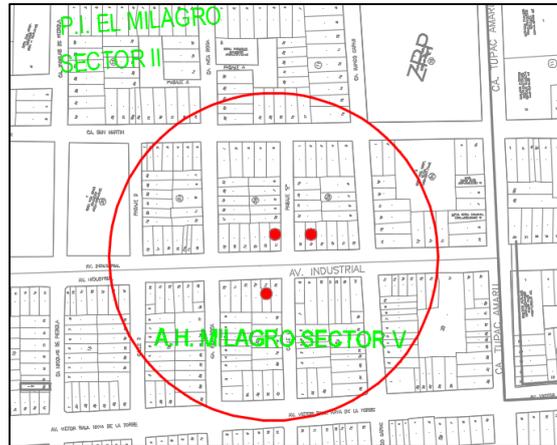
**Figura N° 19: Zonas de viviendas encuestadas**



**Figura N° 20: Vivienda encuestada Sector IV**



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 21:** Vivienda encuestada Sector V y Sector II



**Figura N° 22:** Vivienda Encuestada Sector VI -B





# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

**Figura N° 23: Vivienda Encuestada Sector III**

### 3.6 Ubicación de Calicatas

El estudio de suelo fue llevado a cabo en un terreno ubicado en el Centro Poblado El Milagro perteneciente al Distrito de Huanchaco, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad, para determinar las características físico-mecánicas del suelo dentro de la profundidad activa y a partir de ellas, los parámetros necesarios para el análisis de la vulnerabilidad sísmica-geotécnica de la presente investigación. Para determinar los parámetros de la zona, se realizaron 5 calicatas.

Los trabajos realizados se muestran en las siguientes imágenes:



**Figura N° 24: Ubicación de Calicata - Sector VI**



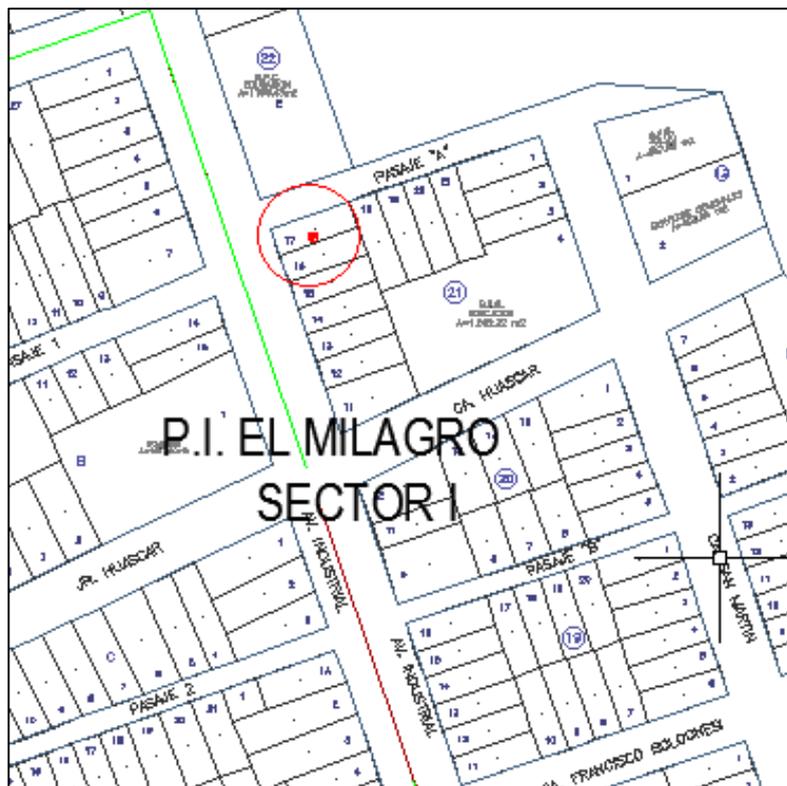


ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

**Figura N° 25:** Ubicación de Calicata - Sector VI-B



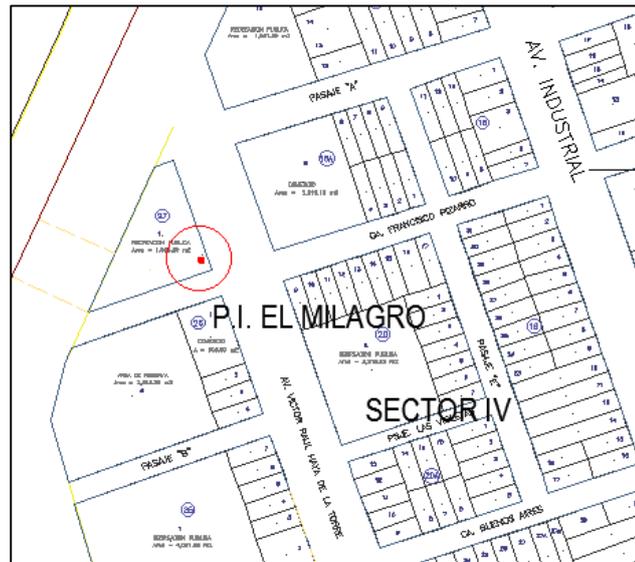
**Figura N° 26:** Ubicación de Calicata - Sector III



**Figura N° 27:** Ubicación de Calicata - Sector I



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 28:** Ubicación de Calicata - Sector IV

## 3.7 Metodología Utilizada en la Investigación

### 3.7.1 Nivel de la Investigación

A continuación, se ha considerado las siguientes categorías para la investigación:

#### 1. Explicativa

El tipo de investigación que se utilizó fue del método explicativa, el cual busca establecer las distintas causas del fenómeno, en el caso de las viviendas de albañilería confinada se estableció una ficha de encuesta en cual se evaluó las distintas tipologías de la estructura que podría presentar generado por el autoconstrucción. La ficha utilizada se presenta en el capítulo 5, para su mejor apreciación.

### 3.7.2 Diseño de la Investigación

#### 1. De Campo

La siguiente investigación se centra de hacer el estudio donde el fenómeno se da de manera natural, para lo cual se requirió ir a la zona de estudio y realizar



## **ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

observaciones a las condiciones actuales de las viviendas, detallándolo por el método de encuestas las diferentes tipologías encontradas.

A la vez se requirió ir a la zona para obtener una muestra de suelo existente, con lo cual se pretendía estudiar las características de la zona mediante una muestra de suelo del lugar.

### **3.8 Variables de Estudio y Operacionalización**

- Variable independiente : Viviendas de Albañilería Confinada
- Variable dependiente : Vulnerabilidad Sísmica



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

# **CAPITULO IV**

## **LA VIVIENDA**

### **INFORMAL**



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

## 4.1 Introducción

En la actualidad la informalidad en la construcción es un hecho muy común en los diferentes sectores sociales y en especial en poblaciones con escasos recursos económicos. Este hecho no solo propio en el Perú, sino que a la vez se produce en países en vías de desarrollo. Los propietarios, son aquellos que recurren a la informalidad, provocando construcciones con materiales inadecuados, sin dirección técnica capacitada y sin emplear reglamos nacionales establecidos.

Los gobiernos de turno en su afán de solucionar el problema del autoconstrucción, implementa asistencia técnica con métodos financieros (Bonos) otorgados por el Ministerio de Vivienda. Los beneficiarios tratan de cumplir con los perfiles que les plantea la entidad financiadora, como el nivel socioeconómico, disponer de título de propiedad y planos. Sin embargo, cuando el dueño de la vivienda postula al programa y cumple los requisitos para la construcción de su vivienda el profesional encargado de la supervisión técnica está sobrecargado, por lo que su asistencia técnica no es constante. Esto genera que muchas veces no llegue a realizar una sola visita técnica al lugar de la obra. Si bien es cierto se forzó al propietario a cumplir con las exigencias técnicas determinadas, pero no se ejecutan en su verdadera dimensión en la obra.

## 4.2 Proceso de Autoconstrucción

El poblador, generalmente con pocos recursos económicos, se ve en la necesidad de obtener un terreno que mayormente se originan en los pueblos jóvenes o asentamientos humanos. Luego para edificar su vivienda, emplea el tiempo disponible, consiguiendo su objetivo en numerosas etapas y en periodos muy variables. Dependiendo de su capacidad económica, utiliza la mano de obra a su alcance generalmente de escaso asesoramiento técnico. Usualmente este proceso del autoconstrucción se refleja a continuación:



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### a. Ocupación, lotización y habitación en viviendas provisionales

Los pobladores con necesidad de un terreno, generalmente no toma en cuenta si el lugar donde se asentará su vivienda esta cimentado por zonas arqueológicas. El canal de Wichansao fue alterado por invasiones para el uso de viviendas como se muestra en la siguiente Figura N° 29.



**Figura N° 29: Zona Arqueológica – Canal Wichansao.  
Sector V – C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**

Muchas veces la falta de supervisión previa por parte de las autoridades, genera el autoconstrucción en zonas intangibles. En estas zonas los materiales predominantes en muros es el adobe y en techos conformados por fibrocemento y calamina metálica. Ver Figura N° 30.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**Figura N° 30: Zona Arqueológica – Canal Wichansao.  
Sector V – C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**

Una vez ocurrida la ocupación del terreno, por lo general la familia procede a realizar los trabajos de nivelación.



**Figura N° 31: Ocupación del terreno y habilitación viviendas  
provisionales. Sector VI-B – C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**Figura N° 32: Ocupación del terreno y habilitación viviendas provisionales**

**Sector IX – C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**

Luego para el replanteo de la vivienda usualmente buscan la asistencia de una persona con conocimiento en el tema. Esta delimitación lo realizan con estacas de madera o de metal y el trazado con: yeso, greda de color y piedras. A la vez construyen pequeñas viviendas de manera provisional llamadas “chozas” mayormente elaboradas de esteras, piedras, plástico (polímero) las cuales son rusticas. Generalmente optan por cercar con piedras sobrepuestas y como también de unidades de barro hecho de quincha. Seguidamente se habita el lote enmarcado y este se mantiene habitado durante todo el periodo de construcción.

**b. Construcción de los cimientos y el armado de columnas**

De acuerdo a la referencia del trazado y enmarcado previo proceden a la excavación de zanjas para la cimentación superficial. Ver la imagen de la (Figura N° 33) de una cimentación de una columna.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 33: Zapata y columna armada**

**Sector Pueblo Joven – C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**

La mayor dificultad se refleja en el nivelado, porque en lo concerniente a la profundidad de la excavación esto está a libre criterio del propietario. Es muy posible que se busque la opinión de un maestro de obra si u otro obrero que tenga experiencia para su realización. En el armado de columnas se hace necesaria la participación de un especialista, porque el llenado de las zanjas les es más sencillo. Por lo general lo realizan con concreto ciclópeo, aunque algunos dueños utilizan concreto armado.

Las dimensiones más comunes utilizadas en columnas son de 25x25 cm, a la vez los aceros de refuerzo empleado son de 4 varillas de  $\varnothing 1/2$ " y con estribos de  $\varnothing 1/4$ " espaciadas 1@5, 4@10 y el resto @25 cm en ambos extremos.

### **c. Construcción de muros y llenado de columnas**

En esta actividad se da prioridad a los muros de la fachada. Durante esta etapa interviene: un obrero multifacético “maestro de obra”, quien generalmente se desempeña en distintas tareas como albañil, carpintero encofrador, enfierrador. En otro caso se contratan particularmente a un albañil y un encofrador. Ambos realizan los trabajos de asentado de los ladrillos y prosiguen con el vaciado de



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

las columnas aun cuando en muchos casos son etapas discontinuas. Se puede ver en la (Fig. 4.6) este muro de fachada con sus columnas.



**Figura N° 34:** Armado de muros de fachada con columnas  
Sector III - El Milagro (Fuente: Los Autores)

Estas actividades precisan de mayor conocimiento técnico que los trabajos anteriores. Se tiene que nivelar el asentado de los ladrillos en los muros, preparar mortero, armar y desarmar los encofrados, preparar el concreto, aunque muchas veces la actividad del mezclado del concreto con los agregados se hace en el suelo, sin el uso de una mezcladora. También esta etapa algunas veces involucra la construcción de dinteles y vigas soleras. Se culmina con la colocación de un techo liviano, cuyo material puede ser: esteras, caña chancada con torta de barro y/o poliuretano, calaminas o policarbonato.

### **d. Construcción del techo y vaciado**

Esta actividad normalmente se prolonga más que las anteriores, pudiendo fácilmente superar el lustro o la década o simplemente quedarse con el techo liviano. Esto principalmente por la carencia económica del propietario y la mayor inversión económica que significa esta fase.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

La siguiente imagen Figura N° 35 se visualiza preparado de una losa aligerada unidireccional para su vaciado.



**Figura N° 35: Preparado de la losa aligerada para su vaciado  
Sector V - El Milagro (Fuente: Los Autores)**

El propietario requiere de los agregados, el cemento, agua para el concreto, el acero de refuerzo, y madera para el encofrado. Algunas veces mezcladora de concreto y recursos para la contratación de personal para encofrado y armado, así como el propio vaciado del concreto. Finalmente, el tradicional festejo entre otros.

### **e. Construcción de muros en el segundo piso**

Antes de levantar los muros del segundo nivel generalmente se procede a tarrajear los muros exteriores y algunos muros interiores. En especial los muros destinados a las áreas sociales (sala, comedor). La construcción del segundo nivel se repite las etapas del primer nivel, lógicamente desde el levantamiento de muros. Los muros se levantan por etapas, es usual observar muros sin ningún tipo de confinamiento o arriostre por lapsos de tiempo prolongados.

En la Figura N°36 a continuación se puede observar la construcción de muros en un segundo piso, con el primer piso ya habitado.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 36: Retomando la construcción de un segundo piso  
Sector I – C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**

En la autoconstrucción, el tiempo que demanda en la construcción de las viviendas es variable. Puede oscilar fácilmente en lapsos inferiores a un año como a la vez durar hasta 20 años, dependiendo de la capacidad de ahorro de la familia. Los nuevos sistemas de endeudamiento por medio de agentes hipotecarios permiten acceder al crédito, si se tiene el título del terreno. Anteriormente se ocupaba el ex-Banco de materiales de proporcionar estos créditos. En otros casos resulta difícil acreditar el ingreso familiar porque se dedican a actividades como el comercio informal de artesanías, confección de calzado, etc.

El tiempo total transcurrido para el autoconstrucción de las viviendas depende directamente de los ahorros familiares. Algunos propietarios llegan al techado después de 15 a 20 años de ocupar el lote de terreno. Mientras otros con los recursos disponibles techan sus viviendas antes del año de establecerse en el terreno.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 4.3 Definición sobre Viviendas de Albañilería

Según el artículo 2 de la Norma Técnica de Edificaciones E.070 Albañilería, las definiciones son:

- 1. Albañilería o mampostería:** Material estructural compuesto por “unidades de albañilería” asentadas con mortero o por “unidades de albañilería” apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.
- 2. Albañilería armada:** Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados.
- 3. Albañilería confinada:** Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.
- 4. Albañilería no reforzada:** Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma.
- 5. Albañilería reforzada o albañilería estructural:** Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma.
- 6. Altura efectiva:** Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real.
- 7. Arriostre:** Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano.
- 8. Borde libre:** Extremo horizontal o vertical no arriostrado de un muro.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

- 9. Concreto Líquido o grout:** Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida.
- 10. Columna:** Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.
- 11. Confinamiento:** Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.
- 12. Construcciones de albañilería:** Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.
- 13. Espesor efectivo:** Es igual al espesor del muro sin el tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras endentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro.
- 14. Muro arriostrado:** Muro provisto de elementos de arriostre.
- 15. Muro de arriostre:** Muro portante transversal al muro al que provee estabilidad y resistencia lateral.
- 16. Muro no portante:** Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos.
- 17. Muro portante:** Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

- 18. Mortero:** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.
- 19. Placa:** Muro portante de concreto armado, diseñado de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.
- 20. Plancha:** Elemento perforado de acero colocado en las hiladas de los extremos libres de los muros de albañilería armada para proveerles ductilidad.
- 21. Tabique:** Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.
- 22. Unidad de albañilería:** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Pueden ser sólida, hueca, alveolar o tubular.
- 23. Unidad de albañilería alveolar:** Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.
- 24. Unidad de albañilería apilable:** Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero.
- 25. Unidad de albañilería hueca:** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- 26. Unidad de albañilería sólida (o maciza):** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- 27. Unidad de albañilería tubular (o pandereta):** Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.
- 28. Viga solera:** Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

**4.4 Materiales y Características en la Albañilería**

La construcción en albañilería confinada es el sistema más usada en el C.P. El Milagro, las diferentes variedades de materiales (concreto, acero de refuerzo, ladrillo y mortero) son componen que conforman los muros confinados, el cual genera un comportamiento muy complejo de analizar. De acuerdo a la norma de albañilería E.070 se obtiene algunos valores para las unidades de albañilería. Según se muestra en la siguiente Tabla N° 6:

<b>TABLA 9 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa ( kg / cm<sup>2</sup>)</b>				
<b>Materia Prima</b>	<b>Denominación</b>	<b>UNIDAD</b> $f'_b$	<b>PILAS</b> $f'_m$	<b>MURETES</b> $v_m$
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto Bloque Tipo P (*)		4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

(\*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.  
 (\*\*\*) El valor  $f'_b$  se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de  $f'_c = 13,72 \text{ MPa}$  (140  $\text{kg/cm}^2$ ). El valor  $f'_m$  ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 10.

**Tabla N° 6: Resistencia de la Albañilería (N.T.P E.070)**

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

- Unidades de arcilla:  $E_m = 500 f'_m$
- Unidades Sílico-calcáreas:  $E_m = 600 f'_m$



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

- Unidades de concreto vibrado:  $E_m = 700 f'_m$
- Para todo tipo de unidad de albañilería:  $G_m = 0.4 E_m$

Opcionalmente, los valores de  $E_m$  y  $G_m$  podrán calcularse experimentalmente según se especifica el artículo 13 de NTE E.070.

### 4.5 Requisitos estructurales mínimos

Según lo que dicta el capítulo 7 de NTE E.070. (MVCS 2006), y teniendo en cuenta la actualización de norma E.030 (MVCS 2016) se adoptaron los siguientes valores:

#### 3.5.1 Requisitos Generales

Esta Sección será aplicada tanto a los edificios compuestos por muros de albañilería armada como confinada.

#### 3.5.2 Muro Portante

##### a. Espesor Efectivo “t”

El espesor efectivo (ver 2.3.13) mínimo será:

$$t \geq \frac{h}{20} \text{ Para zonas sísmicas 2, 3 y 4}$$

$$t \geq \frac{h}{25} \text{ Para zonas sísmicas 1}$$

4.1

Donde “h” es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo (ver 2.3.6).

##### b. Esfuerzo Axial Máximo

El esfuerzo axial máximo ( $\sigma_m$ ) producido por la carga de gravedad máxima de servicio ( $P_m$ ), incluyendo el 100% de sobrecarga, será inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0.2 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f'_m \quad 4.2$$



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

Donde “L” es la longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados). De no cumplirse esta expresión habrá que mejorar la calidad de la albañilería ( $f'_m$ ), aumentar el espesor del muro, transformarlo en concreto armado, o ver la manera de reducir la magnitud de la carga axial “ $P_m$ ” (\*).

(\*) La carga axial actuante en un muro puede reducirse, por ejemplo, utilizando losas de techo macizas o aligeradas armadas en dos direcciones.

### c. Aplastamiento

Cuando existan cargas de gravedad concentradas que actúen en el plano de la albañilería, el esfuerzo axial de servicio producido por dicha carga no deberá sobrepasar a  $0,375 f'_m$ . En estos casos, para determinar el área de compresión se considerará un ancho efectivo igual al ancho sobre el cual actúa la carga concentrada más dos veces el espesor efectivo del muro medido a cada lado de la carga concentrada.

### 3.5.3 Estructuración en planta

#### a. Muros a Reforzar

En las Zonas Sísmicas 2, 3 y 4 (E.030-2016) se reforzará cualquier muro portante (ver art. 17 NTE E.070) que lleve el 10% ó más de la fuerza sísmica, y a los muros perimetrales de cierre. En la Zona Sísmica 1 se reforzarán como mínimo los muros perimetrales de cierre.

#### b. Densidad Mínima de Muros Reforzados

La densidad mínima de muros portantes (ver art. 17 NTE E.070) a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de corte de los muros reforzados}}{\text{Área de la planta típica}} = \frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56} \quad 4.3$$

Dónde: “Z”, “U” y “S” corresponden a los factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030-2016.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

“N” es el número de pisos del edificio,

“L” es la longitud total del muro (incluyendo columnas, si existiesen) y “t” es el espesor efectivo del muro.

De no cumplirse la ecuación (2.3), podrá cambiarse el espesor de algunos de los muros, o agregarse placas de concreto armado, en cuyo caso, para hacer uso de la fórmula, deberá amplificarse el espesor real de la placa por la relación  $E_c / E_m$ , donde  $E_c$  y  $E_m$  son los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería, respectivamente.

### 3.5.4 Albañilería Confinada

Adicionalmente a los requisitos especificados en 2.5.2 y 2.5.3, deberá cumplirse lo siguiente:

- a. Se considerará como muro portante confinado, aquél que cumpla las siguientes condiciones:
  - Que quede enmarcado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de confinamiento horizontal para el caso de los muros ubicados en el primer piso.
  - Que la distancia máxima centro a centro entre las columnas de confinamiento sea dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor que 5 m. De cumplirse esta condición, así como de emplearse el espesor mínimo especificado en la ecuación 2.1), la albañilería no necesitará ser diseñada ante acciones sísmicas ortogonales a su plano, excepto cuando exista excentricidad de la carga vertical (ver el Capítulo 10 NTE E.070).
  - Que se utilice unidades de acuerdo a lo especificado en artículo 5 (5.3) de NTE E.070.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

- Que todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollen plena capacidad a la tracción. (Ver Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado (NTE E.060) y artículo 11 (11.5) NTE E.070).
- Que los elementos de confinamiento funcionen integralmente con la albañilería. Ver artículo 11 (11.2 y 11.7) NTE E.070.
- Que se utilice en los elementos de confinamiento, concreto con:

$$f_c \geq 171.5 \text{ MPa (175 Kg/cm}^2\text{)} \quad 4.4$$

**b.** Se asumirá que el paño de albañilería simple (sin armadura interior) no soporta acciones de punzonamiento causadas por cargas concentradas. Ver artículo 29 (29.2) NTE E.070.

**c.** El espesor mínimo de las columnas y solera será igual al espesor efectivo del muro.

**d.** El peralte mínimo de la viga solera será igual al espesor de la losa de techo.

**e.** El peralte mínimo de la columna de confinamiento será de 15 cm. En el caso que se discontinúen las vigas soleras, por la presencia de ductos en la losa del techo o porque el muro llega a un límite de propiedad, el peralte mínimo de la columna de confinamiento respectiva deberá ser suficiente como para permitir el anclaje de la parte recta del refuerzo longitudinal existente en la viga solera más el recubrimiento respectivo (ver artículo 11.10 NTE E.070).

**f.** Cuando se utilice refuerzo horizontal en los muros confinados, las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,50 cm. y terminarán en gancho a 90°, vertical de 10cm de longitud (MVCS 2006).

### 3.5.5 Muro estructurales

Los muros son elementos resistentes muy empleados en la construcción para soportar cualquier tipo de cargas. Pueden construirse de tapial, piedra, ladrillo, concreto o concreto armado. Son utilizados para contener tierras, agua, servir de elemento de apoyo o cerramiento de cualquier construcción. Su forma



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

dependerá en gran parte de los esfuerzos que deba resistir, forma de ejecución y materiales empleados en su construcción.

El muro de piedra natural o artificial, llamado de mampostería, recibe denominaciones diferentes. Según la forma de la piedra, el labrado de sus caras y las diferentes posiciones en la colocación. Por ejemplo: mampostería de lajas, mampostería de cantos rodados y mampostería regular. Se empleó en un principio a los muros de piedra, como elementos portantes. Esto debido a su gran resistencia mecánica y buenas propiedades para contrarrestar la acción de los agentes atmosféricos. El hombre empleó este sistema para satisfacer sus necesidades de vivienda en la antigüedad.

### 3.5.6 Mortero

El mortero a emplear debe ser trabajable, para lo cual deberá usarse la máxima cantidad de agua posible (se recomienda un slump de 6 pulgadas medido en el cono de Abrams). Se debe evitar la segregación de tal manera que no se aplaste con el peso de las hiladas superiores (San Bartolomé 1998).

## 4.6 Procedimiento constructivo

Según el libro Diseño y Construcción de estructuras simorresistentes de Albañilería de Ángel San Bartolomé, Daniel Quiun y Wilson Silva, el procedimiento constructivo debe considerarse lo siguiente: el espesor recomendable de las hiladas por adhesión, para condiciones normales de asentado está entre 9 y 12 mm. Este debe ocurrir en la junta sobre la unidad más grande. El espesor exacto de la junta se precisará en función de calibrar la altura de las hiladas, para que sean submúltiplos de la altura del muro. Son inaceptables, juntas de mortero excesivas porque reducen la resistencia a la compresión y al corte de la albañilería. Tampoco lo son aquellas insignificantes, porque reducen la resistencia a la tracción. Toda unidad de albañilería es absorbente. Esta característica, para fines del asentado de unidades, se mide con la propiedad llamada succión, que es la velocidad inicial



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

de absorción en la cara de asiento de la unidad. La succión es necesaria para lograr el íntimo contacto del mortero con la unidad de albañilería. Sin embargo, cuando es excesiva se controlará mediante el humedecimiento previo al asentado de la unidad de albañilería, de lo contrario, causará efectos negativos.

El arte de asentar unidades consiste en estrechar al máximo el contacto tanto horizontal como vertical de la unidad con el mortero y uniformizar dicho contacto en todas las interfaces mortero-unidad. Los muros deben construirse a plomo y en línea, asentando como máximo hasta la mitad de la altura del entrepiso o 1.2 m en una jornada de trabajo. Los muros tienen una estabilidad precaria y una resistencia a la tracción muy reducida. En consecuencia, no deben someterlos a golpes o vibraciones y tampoco servir a otros procesos constructivos como los puntales de encofrado.

No es permisible romper o picar los muros, por lo que disminuye su capacidad de resistencia, salvo que exista indicación expresa autorizando esta operación en el proyecto. Pues lo que se está haciendo es romper un elemento estructural y crear planos debilitados que limitan la resistencia del muro. Esta rotura se hace principalmente con el propósito de alojar tubos para instalaciones eléctricas o sanitarias (Arango 2002). Para lograr un buen arriostamiento con las columnas, los dientes en los muros deben tener una longitud máxima de 5 cm. Las pequeñas dimensiones de las columnas, los ganchos de los estribos y su conexión dentada de albañilería, hacen que el concreto deba tener un alto revenimiento (se recomienda un slump de 5”). Además, se debe utilizar piedras con tamaños menores de 1/2”, con una buena técnica de vibración o de chuceo. La finalidad de estas recomendaciones es que el concreto pueda discurrir llenando todos los intersticios. Así evitar la formación de cangrejas, las que pueden disminuir al corte del muro hasta en 50% (San Bartolomé 1998).



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

# **CAPITULO V**

# **FICHA DE ENCUESTA**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 5.1 Alcances de ficha de encuesta

El formato de la ficha de encuesta se obtuvo según lo propuesto la universidad Pontificia Universidad Católica del Perú para recopilar información necesaria en la evaluación de Vulnerabilidad Sísmica y así obtener el Peligro Sísmico existente de las viviendas de albañilería confinada, ya sea de uno o más pisos. Se considera el uso de otros materiales complementarios como: madera, concreto, acero, etc. Además, incluye el plano de la vivienda en planta de cada piso, así como la vista frontal y donde corresponda una vista lateral.

### 5.2 Descripción detallada de la ficha de encuesta

La ficha de encuesta comprende: datos generales, datos técnicos, esquemas de la vivienda, información complementaria y fotos que ayudarán a observar el estado de la vivienda.

#### 5.2.1 Datos Generales

##### a. Número de Vivienda

El número correlativo de la vivienda encuestada.

##### b. Fecha de Encuesta

El día, mes y año en que se realizó la encuesta.

##### c. Familia

Los apellidos de la familia que reside en la vivienda encuestada.

##### d. Número de Habitantes

Número de personas que residen en la vivienda encuestada.

##### e. Ubicación de la Vivienda

La dirección de la vivienda, incluye el sector; el tipo y nombre de vía: avenida, calle, pasaje, jirón, carretera.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### **f. ¿Recibió asesoría técnica para la construcción de su vivienda y por qué?**

Si algún profesional de la rama, dirigió la asesoría de la construcción de la vivienda.

Adicionalmente las personas que participaron en su construcción.

### **g. Fecha de inicio y término de la construcción**

Período de construcción de la vivienda encuestada.

### **h. Tiempo de residencia de la familia**

Para tener conocimiento si habitó en la vivienda mientras la construían o después

de haber sido terminada.

### **i. Pisos existentes y proyectados en la vivienda**

Para tener presente cuantos pisos más el propietario desea ampliar en la vivienda.

### **j. Secuencia de construcción de los ambientes**

Si la construcción se realizó por partes o la hicieron toda al mismo tiempo.

## **Datos Técnicos**

### **a. Entorno de la vivienda**

La ubicación en manzana, pendiente y características de la zona.

### **b. Tipo de suelo**

El tipo de suelo clasificado, sobre el cual se encuentra la vivienda. Los tipos de suelo son: rígidos, intermedios y flexibles. Además, si es necesario, agregar información acerca de algunos componentes característicos observados, como gravas, arcillas, limos, etc.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### c. Características de los principales elementos de las viviendas

- **Cimentación:** Las dimensiones y profundidad aproximadas de la cimentación que el propietario pueda proporcionar. La información de los materiales empleados en su construcción.
- **Muros:** Las dimensiones de la unidad de albañilería utilizada, ya sea ladrillos macizos, pandereta u otros si lo hubieran. También se incluirá la medida aproximada de las juntas entre las unidades de albañilería y el espesor de los muros.
- **Columnas y Vigas:** Las dimensiones de la sección de los diferentes elementos y el tipo de refuerzo de los mismos de ser visible. En caso de haber otros materiales diferentes al concreto se indicará el tipo y sus dimensiones.
- **Techo o Entrepiso:** Se especifica si se utilizó diafragma rígido, como losa aligerada o losa maciza. Se especifica la altura de la losa. En caso de haber otros materiales diferentes al concreto, se indica el tipo y sus dimensiones.

### d. Observaciones y comentarios

Describe los problemas o aspectos resaltantes observados durante la visita de la vivienda. Los aspectos estructurales involucran: estado de los elementos estructurales, muros con grietas o fisuras producidas por sismos o continuidad en los muros de un piso a otro. En los aspectos constructivos y de material se tiene la presencia de eflorescencia, variedad en las dimensiones de las unidades de albañilería, cangrejeras en columnas o el acero expuesto a corrosión. O cualquier característica no considerada en la ficha de encuesta que pueda influir en la vulnerabilidad de la vivienda. De esta manera, también se evalúa otros factores que puedan afectar negativamente el comportamiento sísmico de la vivienda.

### 5.2.2 Esquema de la Vivienda

El esquema de la vivienda presenta los planos de planta y elevación de fachada de las viviendas encuestadas. Estos son elaborados a partir de bosquejos efectuados durante la visita, para ellos se utilizó el software AutoCAD 2017.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

Además de la distribución de los ambientes, se incluyen las medidas de los elementos estructurales. La existencia o no de la junta sísmica con las viviendas vecinas se indica. El área de terreno, cuadros de vanos y otras descripciones que se consideraron importantes se incluyen.

### **5.2.3 Información Complementaria**

Se identifica y clasifican los principales defectos que pudieran afectar la vulnerabilidad de las viviendas de acuerdo con los siguientes ítems:

#### **a. Problemas de ubicación**

Son propios de la zona donde se sitúa la vivienda, tales como estar sobre quebradas, rellenos sanitarios, viviendas con asentamiento, viviendas en pendiente pronunciadas, nivel freático visible o suelo no consolidado.

#### **b. Problemas de estructuración**

Son los principales errores estructurales encontrados, fuera de la inadecuada densidad de muros. Los problemas de configuración como: losa a desnivel con vecino, insuficiencia de junta sísmica, reducción en planta, juntas frías o torsión en planta. Los problemas en los muros abarcan: muros portantes de ladrillos pandereta, unión muro y techo, muros sin viga solera, muros resistentes a sismo sin confinar o muros inadecuados para soportar empuje lateral. U otros problemas estructurales como: columnas cortas, losas no monolíticas, tabiquería sin arriostre o cercos no aislados de la estructura. Todos estos problemas incrementan de manera significativa la vulnerabilidad de la vivienda.

#### **c. Factores degradantes**

Son los principales factores degradantes en las viviendas. Estos son: las armaduras expuestas y corroídas por intemperismo, la humedad en muros o losas, la eflorescencia en muros y los muros agrietados. Estos problemas pueden generar la degradación de la resistencia estructural de las viviendas con el paso del tiempo.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### **d. Mano de obra**

El encuestador, de acuerdo con la calidad de construcción de muros y elementos de concreto armado, califica la mano de obra como buena, regular o de mala calidad, considerando lo siguiente:

- Mala calidad, corresponde a presencia de juntas entre unidades de albañilería mayores a 3cm, elementos desaplomados, cangrejas en los elementos de concreto.
- Regular calidad, son viviendas con elementos de albañilería con juntas de 2 a 3 cm, presencia de elementos más o menos desaplomados y unas pocas cangrejas en los elementos de concreto.
- Buena calidad, presencia de albañilería con juntas de 1 a 2 cm en elementos aplomados. No existen cangrejas en los elementos de concreto.

### **e. Materiales deficientes**

Se califica la calidad de los materiales de construcción empleados en la vivienda, en especial la calidad de los ladrillos de arcilla. El encuestador verificará si los ladrillos son de fabricación artesanal o industrial. Generalmente los artesanales son de mala calidad, tienen mucha variabilidad dimensional, se rayan fácilmente con un clavo. Además, no presentan un color parejo por una falta de una cocción uniforme y completa de la unidad.

### **f. Otros**

De existir otro problema en la vivienda no descrito anteriormente que influya en el buen comportamiento sísmico, se procede a anotar y describir adecuadamente.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**VULNERABILIDAD SISMICA-GEOTECNICA EN EL C.P.  
EL MILAGRO  
FICHA DE ENCUESTA**

Fecha de encuesta: .....  
Vivienda N°: .....

Familia: ..... Cantidad de Personas de la vivienda: .....

Dirección: .....

1.- ¿Recibió asesoría técnica para construir su vivienda, por qué? .....

2.- ¿Cuándo empezó a construirla? ..... ¿Cuándo terminó? .....

Tiempo de residencia en la vivienda: .....  
N° de pisos actual: ..... N° de pisos proyectados: .....

3.- Secuencia de construcción de los ambientes:  
Paredes Limites ( ). Sala-Comedor ( ). Dormitorio 1 ( ). Dormitorio 2 ( ). Cocina ( ).  
Baños ( ). Otros ( ). Toda a la vez ( ). Primero un cuarto ( ). Sala// Baño ( ).

4.- ¿Cuánto invirtió en la construcción de su vivienda? .....

**Datos Técnicos:**

Parametros del suelo			Observaciones
Rígidos ( )	Intermedios ( )	Flexibles ( )	
<b>Características de los principales elementos de la vivienda</b>			
Elemento	Características		Observaciones
	Cimiento	Zapata	
(m)	Profundidad	Profundidad	
	Ancho	Sección	
Muros	Ladrillo Macizo	Ladrillo Pandereta	
	Dimensiones	Dimensiones	
	Juntas	Juntas	
Techo	Difragma rígido	Otro	
	Tipo	Tipo	
	Peralte	Peralte	
Columnas	Concreto	Otro	
	Dimensiones	Dimensiones	
Vigas	Concreto	Otro	
	Dimensiones	Dimensiones	

**Observaciones y comentarios:**

.....

.....

.....

.....

.....

**Figura N° 37: Formato de ficha de encuesta (Fuente: Los Autores)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

# **CAPITULO VI**

## **SUELOS**



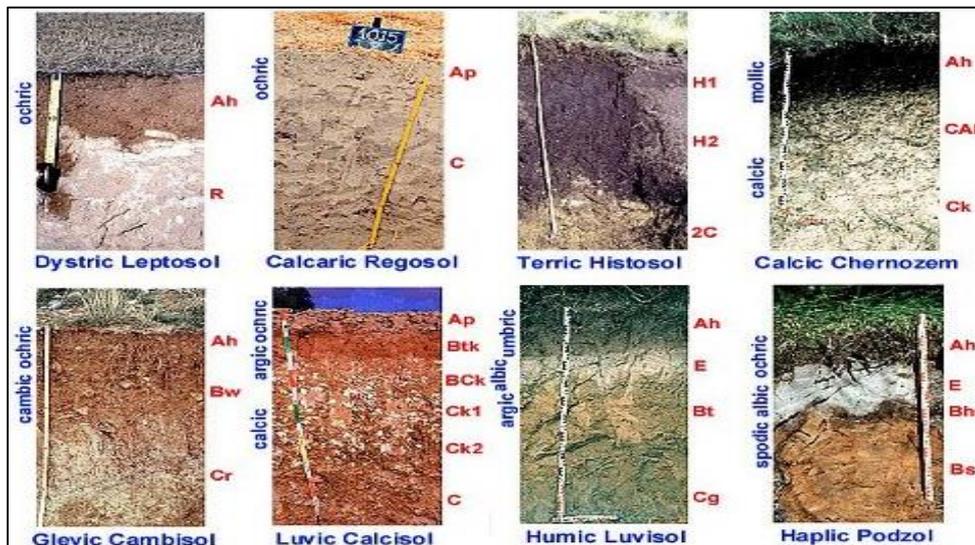
# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

## 6.1 Definición de Suelos

Es la capa más superficial de la corteza terrestre, que resulta de la descomposición de las rocas por los cambios bruscos de temperatura y por la acción del agua, del viento y de los seres vivos.

El proceso mediante el cual los fragmentos de roca se hacen cada vez más pequeños, se disuelven o van a formar nuevos compuestos, se conoce con el nombre de meteorización.

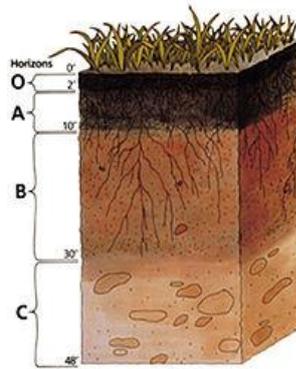
Los productos rocosos de la meteorización se mezclan con el aire, agua y restos orgánicos provenientes de plantas y animales para formar suelos. Luego el suelo puede ser considerado como el producto de la interacción entre la litosfera, la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera. Este proceso tarda muchos años, razón por la cual los suelos son considerados recursos naturales no renovables. En el suelo se desarrolla gran parte de la vida terrestre, en él crece una gran cantidad de plantas, y viven muchos animales.



**Figura N° 38:** Tipos de Suelo (NTP E 0.50)



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 39: Tipos de Suelo (NTP E 0.50)**

### 6.2 Componentes Del Suelo

Se pueden clasificar en inorgánicos, como la arena, la arcilla, el agua y el aire; y orgánicos, como los restos de plantas y animales. Uno de los componentes orgánicos de los suelos es el humus. El humus se encuentra en las capas superiores de los suelos y constituye el producto final de la descomposición de los restos de plantas y animales, junto con algunos minerales; tiene un color de amarillento a negro, y confiere un alto grado de fertilidad a los suelos.

❖ Fase Sólida: Comprende, principalmente, los minerales formados por compuestos relacionado con la litosfera, como sílice o arena, arcilla o greda y cal. También incluye el humus.

❖ Fase Líquida: Comprende el agua de la hidrosfera que se filtra por entre las partículas del suelo.

❖ Fase Gaseosa: Tiene una composición similar a la del aire que respiramos, aunque con mayor proporción de dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Además, presenta un contenido muy alto de vapor de agua. Cuando el suelo es muy húmedo, los espacios de aire disminuyen, al llenarse de agua.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 6.3 Propiedades y Textura De Los Suelos

Entre las propiedades de los suelos se encuentran: El color, distribución del tamaño de las partículas, consistencia, textura, estructura, porosidad, atmósfera, humedad, densidad, pH, materia orgánica, capacidad de intercambio iónico, sales solubles y óxidos amorfos-sílice alúmina y óxidos de fierro libres.

Las propiedades físicas de los suelos dependen de la composición mineralógica, de la forma y del tamaño de las partículas que lo forman y del ambiente que los rodea. El tamaño, la forma y la composición química de las partículas determinan la permeabilidad, la capilaridad, la tenacidad, la cohesión y otras propiedades resultantes de la combinación de todos los integrantes del suelo.

Otra propiedad física de los suelos que hay que considerar es la temperatura, que tiene como fuente principal la irradiación solar.

Las propiedades físicas permiten conocer mejor las actividades agrícolas fundamentales como el laboreo, la fertilización, el drenaje, la irrigación, la conservación de suelos y agua, así como, el manejo adecuado de los residuos cosechas. Tanto las propiedades físicas como las químicas, biológicas y mineralógicas determinan, entre otras, a la productividad de los suelos.

### 6.4 Clases De Textura De Los Suelos

Los suelos muestran gran variedad de aspectos, fertilidad y características químicas en función de los materiales minerales y orgánicos que lo forman. El color es uno de los criterios más simples para calificar las variedades de suelo. La regla general, aunque con excepciones, es que los suelos oscuros son más fértiles que los claros. La oscuridad suele ser resultado de la presencia de grandes cantidades de humus.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

A veces, sin embargo, los suelos oscuros o negros deben su tono a la materia mineral o a humedad excesiva; en estos casos, el color oscuro no es un indicador de fertilidad.

Los suelos rojos o castaño-rojizos suelen contener una gran proporción de óxidos de hierro (derivado de las rocas primigenias) que no han sido sometidos a humedad excesiva. Por tanto, el color rojo es, en general, un indicio de que el suelo está bien drenado, no es húmedo en exceso y es fértil.

Los suelos amarillos o amarillentos tienen escasa fertilidad. Deben su color a óxidos de hierro que han reaccionado con agua y son de este modo señal de un terreno mal drenado.

Los suelos grisáceos pueden tener deficiencias de hierro u oxígeno, o un exceso de sales alcalinas, como carbonato de calcio.

La textura general de un suelo depende de las proporciones de partículas de distintos tamaños que lo constituyen. Las partículas del suelo se clasifican como arena, limo y arcilla. Las partículas de arena tienen diámetros entre 2 y 0,05 mm, las de limo entre 0,05 y 0,002 mm, y las de arcilla son menores de 0,002 mm.

En general, las partículas de arena pueden verse con facilidad y son rugosas al tacto. Las partículas de limo apenas se ven sin la ayuda de un microscopio y parecen harina cuando se tocan. Las partículas de arcilla son invisibles si no se utilizan instrumentos y forman una masa viscosa cuando se mojan.

### 6.5 Factores Que Influyen En La Formación De Los Suelos

Los principales factores que influyen en la formación de los suelos son:

**Factores Litológicos:** Son aquellos que se refieren a la naturaleza física y química de la roca madre, la cual puede ser de cualquier tipo.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

**Factores Biológicos:** Son aquellos que están representados por los seres vivos (plantas, animales, microorganismos), los cuales juegan un papel importantes en el desarrollo de los suelos.

**Factores Topográficos:** Son aquellos que se derivan de la ubicación geográfica de los suelos.

**Factores Climáticos:** Son los más importantes en la formación de los suelos ya que el clima establece las condiciones de temperatura y humedad.

- El aumento de la temperatura influye de manera decisiva en muchas de las reacciones químicas que se desarrollan en los suelos, con lo cual se hace mas intenso el proceso de desintegración de las rocas.

- El aumento de la humedad o de las precipitaciones es favorable para el aumento de los compuestos orgánicos y la disminución de las sales en los suelos.

- El exceso de precipitaciones ocasiona un intenso lavado del suelo y por consiguiente lo deja estéril.

**Factores Temporales:** El tiempo es otro factor necesario para que el resto de los factores que influyen en la formación de los suelos puedan actuar.

### 6.6 Formación De Los Suelos

Según Julio Pacheco nos dice que, el suelo es resultado de la interacción de cinco factores: El material parental, el relieve, el tiempo, el clima, y los seres vivos. Los tres primeros factores desempeñan un rol pasivo, mientras que el clima y los seres vivos participan activamente en la formación del suelo.

El material parental o roca madre es el sustrato a partir del cual se desarrolla el suelo. De éste se deriva directamente la fracción mineral del suelo y ejerce una fuerte influencia sobre todo en la textura del suelo.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

El clima influye en la formación del suelo a través de la temperatura y la precipitación, los cuales determinan la velocidad de descomposición de los minerales y la redistribución de los elementos; así como a través de su influencia sobre la vida animal y vegetal.

Los seres vivos (plantas, animales, bacterias y hongos) son el origen de la materia orgánica del suelo, y facilitan su mezcla con la materia mineral. El relieve afecta a la cantidad de agua que penetra en el suelo y a la cantidad de material que es arrastrado, sea por el agua o el viento.

El tiempo es necesario para un completo desarrollo del suelo. El tiempo de formación de un pequeño volumen de suelo es muy largo (1 cm<sup>3</sup> de suelo puede tardar entre 100 y 1000 años en formarse) pero su destrucción es muy rápida.

Los suelos, tal como los apreciamos a simple vista, proceden de la disgregación de las rocas y el subsiguiente transporte de transporte de los residuos a otros lugares. Los agentes causantes de la alteración del relieve de la tierra y de la formación de los suelos son:

- La erosión
- El intemperismo

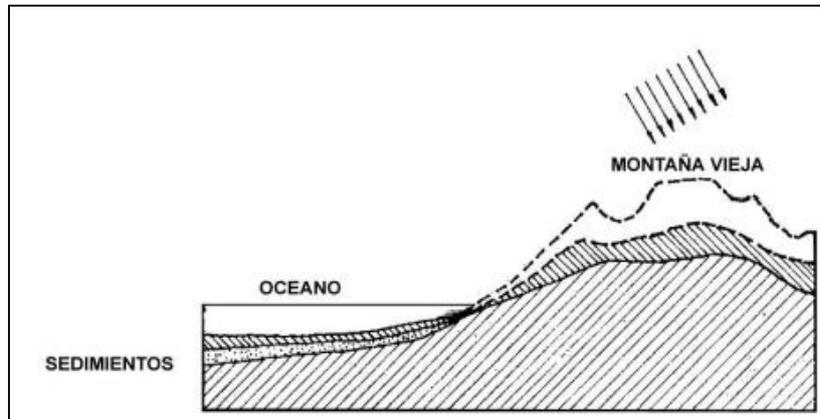
La erosión es producida por la acción de diversas fuerzas de la naturaleza: uno de los agentes erosivos más espectaculares es el agua. Gran parte de la humedad absorbida por la atmosfera cae sobre los continentes en forma de lluvia, nieve, granizo y rocío, mientras que un apreciable volumen de la precipitación penetra hasta subsuelo, pero otro mayor desemboca por gravedad al mar por los cauces de los ríos o en forma de torrentes y manantiales, reponiendo de esa manera el nivel de los océanos (Fig. N°40).

En su recorrido el enorme caudal de agua, desempeñando el papel de sorprendente escultor, va, año tras año en forma incesante, remodelando el relieve terrestre, arrastrando aguas abajo todo cuanto encuentra en su trayecto. Los fragmentos de las rocas, por efecto de su arrastre por el agua sobre el fondo



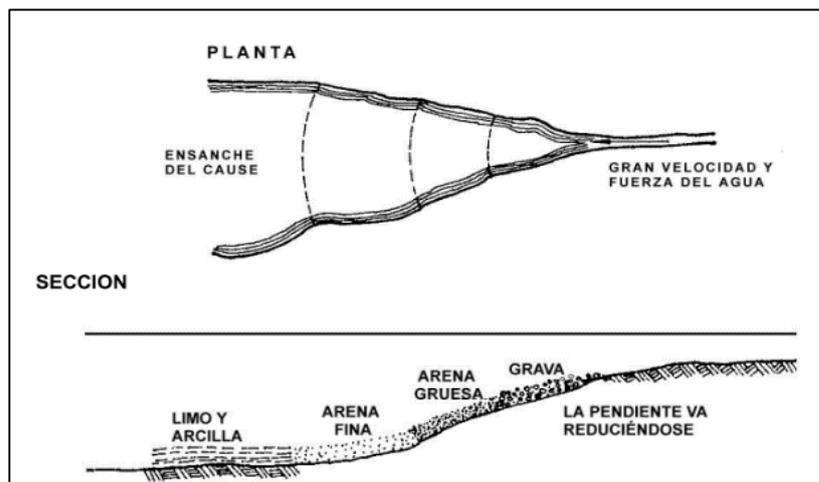
## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

de los lechos de los ríos, pierden su forma angulosa, transformándose en cantos rodados.



**Figura N° 40: Erosión de montañas, causada por precipitación del agua**  
(Fuente: Julio Pacheco)

Al reducirse la pendiente por la cual transcurre el agua, disminuye la velocidad y la fuerza del caudal, depositándose sobre el suelo, primero las piedras grandes, luego las pequeñas y, finalmente, el lodo igualmente, cuando el cono de deyección se ensancha, la corriente de agua pierde velocidad y los fragmentos pesados van quedando en el trayecto, mientras que los menudos son arrastrados aguas abajo (Fig. N°41).



**Figura N° 41: Depósito de materiales en cono de deyección de un río**  
(Fuente: Julio Pacheco)



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 6.7 Criterios Para La Clasificación De Los Suelos

Los criterios más considerados para la clasificación de los suelos los Petrográficos, los genéticos y los climáticos.

**Clasificación Petrográfica:** Es aquella que toma en cuenta el predominio de uno de los integrantes de la fracción mineral del suelo, de donde resultan suelos silíceos, arcillosos, calizos, salinos, etc.

**Clasificación Genética:** Es aquella que toma en cuenta el proceso que dio origen a los suelos. Esta divide los suelos en:

**Suelos Autóctonos:** Son aquellos que resultan del proceso de desintegración de las rocas de un lugar, sin que los materiales desintegrados sean transportados a otros, por los que estos se quedan cubriendo la roca madre.

**Suelos Alóctonos:** Son los que se forman por los componentes que han llegado de fuentes de suministro alejadas del lugar de depósito.

La clasificación de los suelos suele basarse en la morfología y la composición del suelo, con énfasis en las propiedades que se pueden ver, sentir o medir. A continuación, se presentan algunas clasificaciones.

#### **Clasificación N°1**

- **Suelos Zonales:** Suelos que reflejan la influencia del clima y la vegetación como los controles más importantes.
- **Suelos Azonales:** Son aquellos que no tienen límites claramente definidos y no están mayormente influenciados por el clima.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

- **Suelos Intrazonales:** Son aquellos que reflejan la influencia dominante de un factor local sobre el efecto normal del clima y la vegetación. Ej.: los suelos hidromorficos (pantanos) o calcimorficos formados por calcificación.

**Clasificación N°2**

- **Suelos Exodinamorficos:** Son aquellos suelos que reflejan la influencia del clima y la vegetación.
- **Suelos Exodinamorficos:** Son aquellos suelos influenciados por el material parental.

**Clasificación N°3**

- **Pedocales:** Suelos con acumulación de carbonatos de calcio, generalmente están en ambientes áridos y semiáridos.
- **Pedalfers:** Suelos con alta lixiviación y segregación de Al y Fe , generalmente están en ambientes húmedos.

Textura	Arenoso	Franco	Franco limoso	Arcilloso	Agente de agregación
Tacto	Áspero	Áspero	Suave	Terronoso o plástico	Tensión superficial
Drenaje interno	Excesivo	Bueno	Suave	Suave o pobre	Materia orgánica
Agua disponible para las plantas	Baja	Media	Alta	Alta	Alta concentración de electrolitos
Agua transportable	Baja	Media	Alta	Alta	Bajo potencial electrocinético
Labranza	Fácil	Fácil	Media	Difícil	Bajo potencial electrocinético
Erosión eólica	Alta	Media	Baja	Baja	Bajo potencial electrocinético

**Figura N° 42: Clasificación De Suelos (NTP E 0.50)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 6.8 Tipos De Suelo

#### ➤ Los suelos no evolucionados

Estos son suelos brutos muy próximos a la roca madre. Apenas tienen aporte de materia orgánica y carecen de horizonte B.

Si son resultado de fenómenos erosivos, pueden ser: regosoles, si se forman sobre roca madre blanda, o litosoles, si se forman sobre roca madre dura.

También pueden ser resultado de la acumulación reciente de aportes aluviales. Aunque pueden ser suelos climáticos, como los suelos poligonales de las regiones polares, los reg (o desiertos pedregosos), y los ergs, de los desiertos.

#### ➤ Los suelos poco evolucionados

Los suelos poco evolucionados dependen en gran medida de la naturaleza de la roca madre. Existen tres tipos básicos: los suelos ránker, los suelos rendzina y los suelos de estepa.

Los suelos ránker son más o menos ácidos y tienen un humus de tipo moder o mor. Pueden ser fruto de la erosión, si están en pendiente, del aporte de materiales coluviales, o climáticos, como los suelos de tundra y los alpinos.

Los suelos rendzina se forman sobre una roca madre carbonatada, como la caliza, y suelen ser fruto de la erosión. El humus típico es el mull y son suelos básicos.

Los suelos de estepa se desarrollan en climas continentales y mediterráneo subárido. El aporte de materia orgánica es muy alto, por lo que el horizonte A está muy desarrollado.

La lixiviación es muy escasa. Un tipo particular de suelo de estepa es el suelo chernozem, o brunizem o las tierras negras; y según sea la aridez del clima pueden ser desde castaños hasta rojos.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### ➤ **Los suelos evolucionados**

Estos son los suelos que tienen perfectamente formados los tres horizontes. Encontramos todo tipo de humus, y cierta independencia de la roca madre. Los suelos típicos son: los suelos pardos, lixiviados, podsólicos, podsoles, ferruginosos, ferralíticos, pseudogley, gley y halomorfos (solonchaks, alcalinos, solonetz y solods).

Los suelos lixiviados son típicos de regiones de gran abundancia de precipitaciones en el clima templado, dominados por los procesos de lixiviación. El tipo de humus también es mull.

Los podsoles son suelos de podsolización acentuada; es decir, tienen gran acumulación de elementos ferruginosos, silicatos y alumínicos en el horizonte B. La lixiviación arrastra estos elementos del horizonte A al B. El humus típico es el mor.

Los suelos podsólicos tienen una podsolización limitada. Son de color ocre claro o rojizo. El tipo de humus es mor. Tanto este como el anterior son típicos de los climas templados.

Los suelos ferruginosos se desarrollan en los climas cálidos con una estación seca muy marcada. A este tipo de suelo pertenece el suelo rojo mediterráneo. Se caracterizan por la rubefacción de los horizontes superficiales. En ocasiones se desarrolla la terra rossa sobre roca madre caliza.

Los suelos ferralíticos se encuentran en climas cálidos y muy húmedos. La roca madre está alterada y libera óxidos de hierro, aluminio y sílice. Son suelos muy lixiviados. Estos suelos pueden tener caparazón si se ven sometidos a la erosión o a migraciones masivas de coloides.

Los suelos gley son suelos hidromorfos, en los que los procesos de descomposición de la materia biológica se hacen de manera anaeróbica, y la carga orgánica es abundante y ácida. Se encuentran en condiciones de agua estancada. Es un suelo asfixiante, poco propicio para la vida.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

La presencia de agua es permanente, como ocurre en la orilla de los ríos y lagos. Es de color gris verdoso debido a la presencia de hierro ferroso.

Los suelos pseudogley son semejantes a los gley; pero la capa freática es temporal, por lo que se alternan los períodos húmedos con los secos. Este suelo y el anterior suelen tener humus de turba.

Los fenómenos de hidromorfia son los responsables de la lixiviación de los suelos y de la capacidad de estos para contener vida en las épocas secas. Si la hidromorfia no es muy acusada tendremos otro tipo de suelo.

Los suelos halomorfos presentan abundancia de cloruro sódico, ya sea de origen marino o geológico. Según el grado de saturación y de lixiviación se distinguen:

- Suelos solonchaks, que aparecen en regiones con una estación muy seca, debido a los fenómenos de migración ascendente de los coloides salinos, y no tiene horizonte B.
- Suelos alcalinos, que aparecen en climas ligeramente más húmedos, se trata de suelos solonchaks que reciben aportes de agua dulce.
- Los suelos solonetz son alcalinos y reciben aportes minerales y orgánicos producto de la lixiviación. Estos coloides forman un horizonte B salino, pero el horizonte A está menos saturado.
- Los suelos solods que tienen una lixiviación más intensa que los solonetz, lo que permite que se produzcan fenómenos de podsolización.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 6.9 La Estructura Del Suelo

Se refiere a la manera en que las partículas del suelo se agrupan en fragmentos mayores. Las partículas irregulares de aristas y vértices agudos dan lugar a una estructura en bloques con forma de nuez. Si las partículas son más o menos esféricas, la estructura es granular. Algunos suelos tienen estructura prismática o en columnas, formada por prismas o columnas verticales de tamaño comprendido entre 0,5 y 10 centímetros.

La estructura laminar consiste en trozos planos en posición horizontal. La estructura influye en la proporción de agua que es absorbida por el suelo, en la susceptibilidad del suelo a la erosión y en la facilidad de cultivo.

Si las cargas negativas son compensadas (como ocurre en los depósitos marinos), obtendremos una estructura "dispersa" mucho más compacta al poder ponerse las caras contiguas en contacto. Si en el complejo arcilloso existen coloides orgánicos, el floculado que deriva de estos presenta las partículas minerales distanciadas entre sí por las moléculas orgánicas, las que siendo de notables dimensiones, provocan la formación de amplios espacios vacíos que dan al suelo una estructura de tipo lacunar. El floculado por lo tanto puede estar constituido por gránulos y por grumos más o menos complejos, es decir de aglomerados de diámetros más o menos grandes que dan lugar a una estructura tipo granular o de grumos bastante rica en espacios vacíos entre las zonas de contacto entre los aglomerados mismos.

#### 6.9.1 Estructura Molecular De Un Suelo

La estructura del suelo es una propiedad que está mudando continuamente, en función de un complejo de factores físicos, químicos y biológicos. Podemos resumirla en: rocoso, arenoso, limoso, arcilloso, franco y humífero.SAM

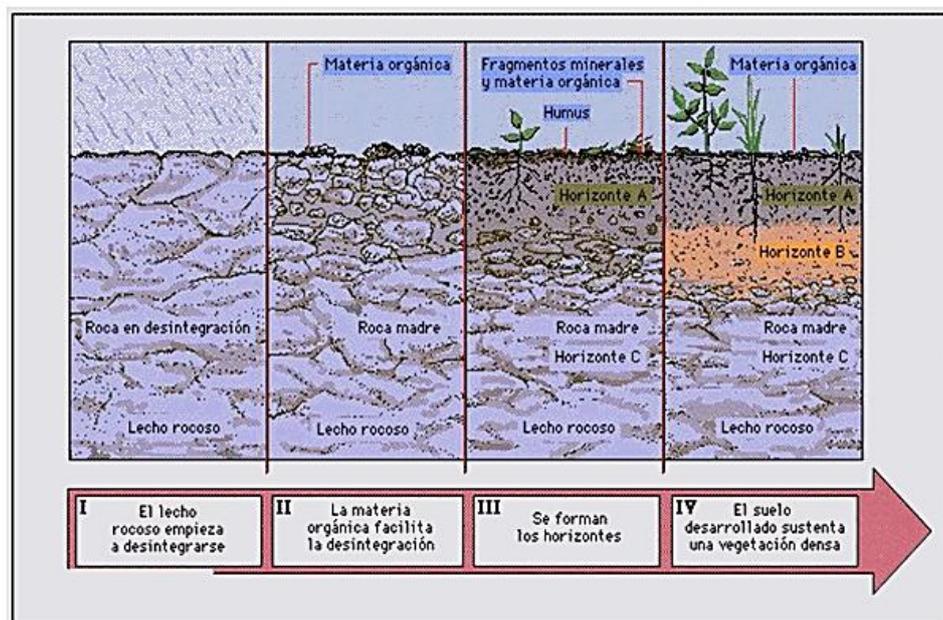


## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

Como agentes o factores que favorecen una buena estructura de los grumos, desde el punto de vista de la utilización agronómica del suelo, se puede recordar:

- ❖ Las operaciones de labranza de la tierra que introducen sustancias orgánicas, o la formación de espacios vacíos.
- ❖ La acción mecánica ejercida por las raíces de las plantas.
- ❖ La variación climática, variación entre hielo y deshielo, o entre períodos secos y períodos húmedos.
- ❖ Las acciones químicas y coagulantes de ciertos iones como el calcio, el óxido de hierro, etc.

Algunos factores, por otra parte, tienden a destruir la estructura de grumos arriba mencionada.



**Figura N° 43: Estructuras Moleculares de los Suelos (NTP E 0.50)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

**6.9.2 Técnicas De Investigación Según Norma E.050**

Las Técnicas de Investigación de campo aplicables en los EMS son las indicadas en la Figura N° 44.

Método de ensayo normalizado para la capacidad portante del suelo por carga estática y para cimientos aislados	NTP 339.153 (ASTM D 1194)
Método normalizado para ensayo de corte por veleta de campo de suelos cohesivos	NTP 339.155 (ASTM D 2573)
Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL)	NTE 339.159 (DIN4094)
Norma práctica para la investigación y muestreo de suelos por perforaciones con barrena	NTP 339.161 (ASTM D 1452)
Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción	NTP 339.162 (ASTM D 420)
Método de ensayo normalizado de corte por veleta en miniatura de laboratorio en suelos finos arcillosos saturados.	NTP 339.168 (ASTM D 4648)
Práctica normalizada para la perforación de núcleos de roca y muestreo de roca para investigación del sitio.	NTP 339.173 (ASTM D 2113)
Densidad in-situ mediante el método del reemplazo con agua en un pozo de exploración **	NTP 339.253 (ASTM D5030)
Densidad in-situ mediante el método del balón de jebe **	ASTM D2167
<i>Cono Dinámico Superpesado (DPSH)</i>	UNE 103-801:1994
<i>Cono Dinámico Tipo Peck</i>	UNE 103-801:1994***

**Figura N° 44: Técnicas de Investigaciones (NTP E0.50)**



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

<b>TÉCNICA</b>	<b>NORMA APLICABLE*</b>
Método de ensayo de penetración estándar SPT	NTP 339.133 (ASTM D 1586)
Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D 2487)
Densidad in-situ mediante el método del cono de arena **	NTP 339.143 (ASTM D1556)
Densidad in-situ mediante métodos nucleares (profundidad superficial)	NTP 339.144 (ASTM D2922)
Ensayo de penetración cuasi-estática profunda de suelos con cono y cono de fricción	NTP 339.148 (ASTM D 3441)

**Figura N° 45: Técnicas de Investigaciones (NTP E0.50)**

### **6.9.3 Aplicación De Las Técnicas De Investigación Según Norma E.050 (Suelos Y Cimentaciones)**

La investigación de campo se realizará de acuerdo a lo indicado en el presente capítulo, respetando las cantidades, valores mínimos y limitaciones que se indican en esta Norma y adicionalmente, en todo aquello que no se contradiga, se aplicara la guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción. NPT 339.162 (ASTM D 420)

#### **Pozos o Calicatas y Trincheras**

Son excavaciones de formas diversas que permiten una observación directa del terreno, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ que no requieran confinamiento. Las calicatas y trincheras serán realizadas según la NTP 339.162 (ASTM D 420). El PR deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes.

#### **Perforaciones Manuales Y Mecánicas**



## **ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Son sondeos que permiten reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del terreno, así como extraer muestras del mismo y realizar ensayos in situ.

La profundidad recomendable es hasta 10 metros en perforación manual, sin limitación en perforaciones mecánicas.

Las perforaciones manuales o mecánicas tendrán las siguientes limitaciones:

### **b-1) Perforaciones mediante Espiral Mecánico**

Los espirales mecánicos que no dispongan de un dispositivo para introducir herramientas de muestreo en el eje, no deben usarse en terrenos donde sea necesario conocer con precisión la cota de los estratos, o donde el espesor de los mismos sea menor de 0,30m.

### **b-2) Perforaciones por Lavado con Agua**

Se recomiendan para diámetros menores a 0.100 m . Las muestras procedentes del agua del lavado no deberán emplearse para ningún ensayo de laboratorio.

### **6.9.4 Método De Ensayo De Penetración Estándar (SPT) NTP 339.133 (ASTM D 1586)**

Los ensayos de penetración Estándar (SPT) son aplicaciones, no se recomienda ejecutar ensayos SPT en el fondo de calicatas, debido a la pérdida de confinamiento.

### **✓ Ensayo De Penetración Cuasi-Estática Profunda De Suelos Con Cono De Fricción (Cpt) NTP 339.148 (ASTM D 3341)**

Este método se conoce también como el cono holandés. Véase aplicación en la Figura N°46.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

✓ **Cono Dinámico Superpesado (Dpsh)**

Se utiliza para auscultaciones dinámicas que requieren investigación adicional de suelos para su interpretación y no sustituyen al Ensayo de Penetración Estándar.

✓ **Metodo De Ensayo Normalizado Para La Auscultacion Con Penetrometro Dinamico Ligero De Punta Conica (Dpl) Ntp 339.159 (Din 4094)**

Las auscultaciones dinámicas son ensayos que requieren investigación adicional de suelos para su interpretación y no sustituyen al Ensayo de Penetración Estándar.

No se recomienda ejecutarse ensayos DPL en el fondo de calicatas, debido a la perdida de confinamiento.

APLICACIÓN Y LIMITACIONES DE LOS ENSAYOS								
Ensayos In Situ	Norma Aplicable	Aplicación Recomendada			Aplicación Restringida		Aplicación No Recomendada	
		Técnica de Investigación	Tipo de Suelo <sup>(1)</sup>	Parámetro a obtener <sup>(2)</sup>	Técnica de Investigación	Tipo de Suelo <sup>(1)</sup>	Técnica de Investigación	Tipo de Suelo <sup>(1)</sup>
SPT	NTP339.133 (ASTM D1586)	Perforación	SW, SP, SM, SC-SM	N	Perforación	CL, ML, SC, MH, CH	Calicata	Lo restante
DPSH	UNE 103 801:1994	Auscultación	SW, SP, SM, SC-SM	N <sub>20</sub>	Auscultación	CL, ML, SC, MH, CH	Calicata	Lo restante
Cono tipo Peck	UNE 103 801:1994 <sup>(4)</sup>	Auscultación	SW, SP, SM, SC-SM	C <sub>n</sub>	Auscultación	CL, ML, SC, MH, CH	Calicata	Lo restante
CPT	NTP 339.148(ASTM D3441)	Auscultación	Todos excepto gravas	q <sub>p</sub> , f <sub>c</sub>	Auscultación	—	Calicata	Gravas
DPL	NTP 339.159 (DIN 4094)	Auscultación	SP	n	Auscultación	SW, SM	Calicata	Lo restante
Veleta de Campo <sup>(3)</sup>	NTP 339.155 (ASTM D2573)	Perforación/ Calicata	CL, ML, CH, MH	C <sub>v</sub> , St	—	—	—	Lo restante
Prueba de carga	NTP 339.153 (ASTM D1194)	—	Suelos granulares y rocas blandas	Asentamiento vs. Presión	—	—	—	—

**Figura N° 46: Aplicaciones de Ensayos (NTP E0.50)**



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

✓ Ensayo De Laboratorios Según Norma E.050

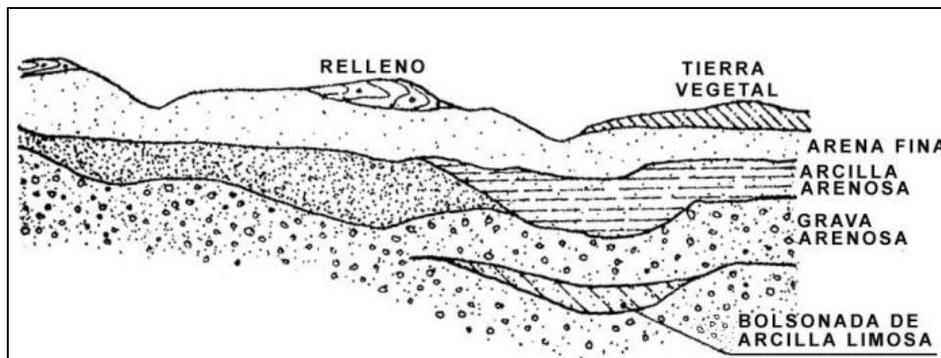
TABLA N° 5 ENSAYOS DE LABORATORIO	
ENSAYO	NORMA APLICABLE
Contenido de Humedad	NTP 339.127 (ASTM D2216)
Análisis Granulométrico	NTP 339.128 (ASTM D422)
Límite Líquido y Límite Plástico	NTP 339.129 (ASTM D4318)
Peso Específico Relativo de Sólidos	NTP 339.131 (ASTM D854)
Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D2487)
Densidad Relativa *	NTP 339.137 (ASTM D4253) NTP 339.138 (ASTM D4254)
Peso volumétrico de suelo cohesivo	NTP 339.139 (BS 1377)
Límite de Contracción	NTP 339.140 (ASTM D427)
Ensayo de Compactación Proctor Modificado	NTP 339.141 (ASTM D1557)

**Figura N° 47: Ensayos De Laboratorio (NTP E0.50)**

**6.10 Estudios de Los Suelos**

El término suelo abarca genéricamente los diversos tipos de materiales, tales como la grava, la arena, los limos, las arcillas, y las innumerables mezclas de ellos: arcilla limosa, arena limosa, grava arenosa, limo arenoso, etc. Roca es la parte sólida de la corteza terrestre.

Generalmente los suelos se presentan en capas superpuestas (Fig. 48) constituyendo el suelo, son producto, de acuerdo a lo ya expuesto, de la erosión y el intemperismo. Cada capa de suelo posee ciertas propiedades específicas que la caracterizan para cimentaciones de estructuras.



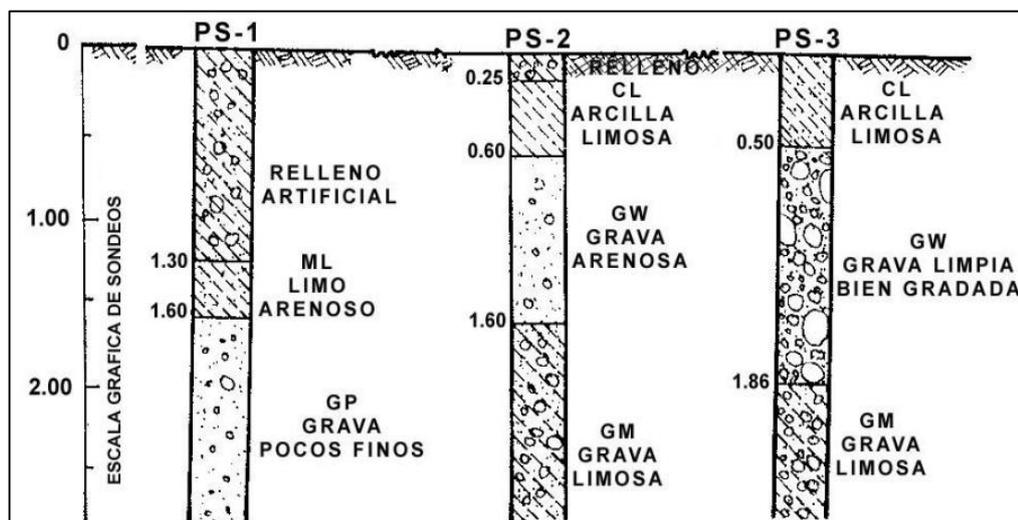
**Figura N° 48: Perfil constituido por diversos tipos de suelos superpuestos en capas (Fuente: Julio Pacheco)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

A través de los cimientos son transferidos al suelo el peso de las estructuras, las fuerzas que actúan sobre ellas y las sobrecargas correspondientes. Las estructuras serán estables si las capas de suelo que las sustentan son suficientemente resistentes.

De lo expuesto fluye la necesidad, especialmente en obras de importancia, de explorar el subsuelo para informarnos cómo está constituido y conocer, mediante análisis y ensayos especializados, las características y resistencia de las diversas capas de suelo. La exploración se llevará a cabo excavando pozos (calicatas), convenientemente ubicados en las áreas destinadas a las edificaciones. Durante la excavación de los pozos exploratorios son expuestas, en espesores variables, las diversas capas de suelos, de las que se toman muestras representativas para someterlas posteriormente, a análisis y ensayos en laboratorios de mecánica de suelos. Con los registros tomados en el campo, pruebas "in situ" y ensayos en laboratorios se procede a elaborar perfiles estratigráficos, en los que se puede apreciar la naturaleza, profundidad y espesor de las diversas capas descubiertas en la excavación de las calicatas (Figura N° 49).



**Figura N° 49: Ejemplos de perfil estratigráfico del subsuelo (Fuente: Julio Pacheco)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

Naturalmente, de detectarse - durante las excavaciones - agua subterránea, deberá determinarse el nivel que alcanza. Los estudios de los suelos son vertidos en informes que además de los perfiles estratigráficos correspondientes, incluyen resultados de los análisis y ensayos, conclusiones concernientes a la profundidad mínima de la cimentación, presiones admisibles y otras recomendaciones que se juzgue necesarias, por ejemplo, sobre eventuales perturbaciones que pudieran originarse por alteración del grado de humedecimiento del suelo. Estos informes son utilizados por los ingenieros estructurales para diseñar los cimientos y las estructuras.

### 6.11 Clasificación de los Suelos

De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcciones de diversos tipos de suelos son identificados según el Sistema Unificado de Clasificación (SUCS). Este sistema agrupa los suelos en dos clases: suelos de partículas gruesas y suelos de partículas finas.

Se considera suelos de partículas gruesas cuando más de la mitad de la masa del suelo, al ser sometida a tamizado, es retenida en la malla N° 200.

- A este tipo de suelo corresponden la grava y la arena.

Cuando más de la mitad de la masa del suelo pasa la malla N° 200 se le considera suelo de partículas finas: limos y arcillas.

A su vez, a los suelos de partículas gruesas se les subclasifica en:

- Gravas: Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4.
- Arenas: Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N° 4.

Aproximadamente puede considerarse que la abertura del tamiz N° 4 equivale a medio centímetro.

En los estudios del suelo, cada tipo de suelo es identificado mediante simbología convencional; así, por ejemplo, la grava es identificada con la letra G (proveniente del idioma inglés, gravel); la arena con la letra S (sand); la



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

arcilla, C (clay); el limo, M; Pt identifica la turba y otros suelos con alto contenido de materia orgánica.

- La abertura del tamiz N° 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista y equivale a 0.074 mm (74 micras).

Generalmente - según hemos visto las capas del subsuelo están constituidas por diversos tipos de materiales. En estos casos, se les designa de manera compuesta; por ejemplo, GM significa grava limosa. Otros símbolos también son empleados para precisar importantes propiedades de los suelos, que trascienden en su capacidad portante y comportamiento en cimentaciones.

### 6.12 Los Suelos y Las Cimentaciones

En obras de importancia y características especiales, y, sobre todo, cuando es proyectada su construcción en terrenos cuyo subsuelo no es conocido, es obligatorio el estudio del suelo para cada caso en particular. No es prudente deducir la resistencia y comportamiento de un suelo a partir de las características de otro, aun cuando estén próximos entre sí. A continuación, se ofrece con propósito ilustrativo ciertas pautas indicativas del probable comportamiento de algunos tipos de suelos. Desde luego, no eximen de la obligatoriedad de contar, especialmente en los casos precedentemente indicados, con los correspondientes estudios de suelos.

#### 6.12.1. Grava

Con excepción de las gravas pizarrosas, la grava es material apropiado para cimentaciones siempre y cuando subyacentes no existan estratos frágiles o blandos, ni esté expuesta a socavación la cimentación. La grava tiene reducida o casi nula capilaridad; por tanto, no es probable que la presencia de agua subterránea, o su humedecimiento, sean causas de disminución de su resistencia ni origen de asentamientos.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 6.12.2. Arena

No es prudente generalizar respecto al probable comportamiento y resistencia de las capas de arena, pues debido a causas ya expuestas, relacionadas con su formación, los suelos de esta naturaleza se encuentran en diverso estado de compacidad, además de tener variada granulometría. Si las arenas, medias y gruesas, son compactas y su granulometría es favorable tienen apropiada resistencia para sustentar estructuras. No ocurre lo mismo con las arenas muy finas, sobre todo si son sueltas, como es el caso de arenas cuyo origen es producto del transporte del viento (arenas eólicas). Las capas de arena suelta son muy susceptibles a densificarse por efecto de la vibración causada por movimientos sísmicos, pudiendo esperarse, eventualmente, asentamiento de la cimentación e indeseables efectos de carácter estructural. Cuando se trate de este tipo de suelo, es preciso profundizar las excavaciones para cimientos y definitivamente limitar las presiones de contacto cemento - suelo. La razón de esta exigencia podemos percibirla cuando caminamos por la playa, la arena fluye a cada lado hundiéndose los pies; sin embargo, a cierta profundidad los pies no bajan ya más: la capacidad de carga ha aumentado. Lo mismo pasa con cimentaciones construidas a mayor profundidad. La presencia de agua en suelos arenosos, especialmente cuando se trate de arenas finas sueltas, puede ser causa de marcada disminución de su resistencia en caso de ocurrencia de sismos y, eventualmente, origen del fenómeno de licuefacción, tal como ocurriera en algunas zonas de la ciudad de Chimbote en el terremoto de 1,970.

### 6.12.3. Limo

Es un suelo de partículas muy pequeñas, relativamente no es plástico y tiene capilaridad elevada. Cuando se encuentra en estado suelto su resistencia es pequeña; su presencia debe ser motivo de reserva por parte del diseñador y el constructor.

### 6.12.4. Arcilla

Es dura cuando está seca, pero su consolidación se produce lentamente. Cuando es humedecida se torna plástica y deformable, modificando su consistencia según el grado de humedecimiento que alcance; por lo tanto, en suelos



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

arcillosos la alteración del contenido de agua en su masa juega importante rol en su comportamiento y resistencia. El humedecimiento, que en algunos casos llega hasta la saturación, se produce de diversas maneras. Causas potenciales de humedecimiento son las lluvias y el aumento del caudal de los ríos y arroyos. También los suelos pueden humedecerse por efecto de la capilaridad, es decir, por succión del agua que pudiera encontrarse en capas inferiores. La succión es pequeña o casi nula en suelos granulares (arenas y gravas), pero suele ser grande en suelos arcillosos, ascendiendo el agua hasta alcanzar los cimientos de los edificios.

### **6.12.5. Suelos que Contienen Materia Orgánica**

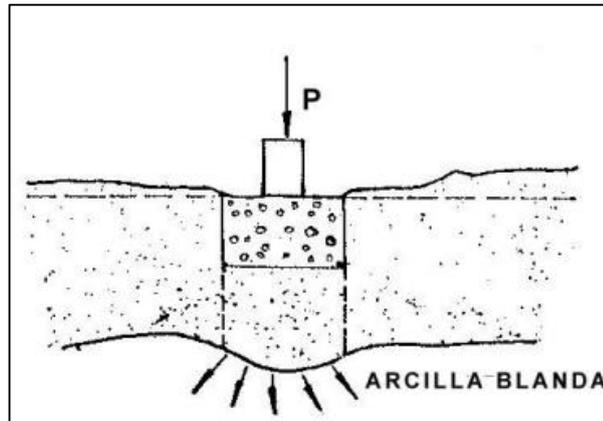
Los suelos que contienen materia orgánica, la turba y el fango, definitivamente no son apropiados para cimentaciones. Estas capas deben ser eliminadas durante la excavación, la misma que debe profundizarse hasta encontrar capas suficientemente resistentes. Los suelos de color marrón oscuro, grisoscuro o negro, o tengan olor característico, estructura esponjosa o fibrosa, corresponden a este inconveniente tipo de suelo. Desde luego, un suelo producto de rellenos tampoco es apropiado para cimentaciones.

### **6.12.6. Homogeneidad del Suelo**

Otra característica que también debe tenerse en cuenta en cimentaciones es la uniformidad del subsuelo. Cuando las capas subyacentes a la cimentación son suficientemente resistentes la condición es favorable: sin embargo, cuando una capa de comprobada resistencia para la cimentación prevista reposa sobre otra de menor resistencia la situación cambia sustancialmente. A modo ilustrativo, veamos el caso de una zapata cimentada sobre una capa de arena y que debajo de esta se encuentre una de arcilla blanda (Figura N°50). La presión supuesta como admisible para la arena es transferida a la capa de arcilla blanda, la misma que fluye hacia los lados, lo probable es que se produzca el asentamiento de la zapata.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 50:** A través de la masa de arena la presión ejercida por la zapata es transferida a la capa de arcilla empujándola a los lados produciendo, eventualmente, el humedecimiento de la zapata. (Fuente: Julio Pacheco)

Por ello insistimos en que el aspecto de las capas superficiales no es suficiente para deducir con certeza el comportamiento de un determinado suelo. Es indispensable la exploración de las capas inferiores hasta la profundidad que procede en cada caso.

### 6.12.7. Homogeneidad del Suelo

La capacidad portante o carga admisible de un determinado tipo de suelo es la presión máxima que puede aplicársele sin que se produzca la rotura de la masa situada debajo de cimientos. Presión o intensidad de carga es la fuerza ejercida sobre la unidad de superficie de contacto entre cimiento y suelo. La unidad que expresa la presión es el  $kg/cm^2$  (kilogramo por centímetro cuadrado). Por ejemplo, si la carga que transmite al suelo una zapata es 60 toneladas y el área de la zapata es de 3  $m^2$ , entonces la presión transmitida a la superficie de contacto entre zapata y suelo es:

$$\frac{60,000 \text{ kg}}{30,000 \text{ cm}^2} = 2 \text{ kg/cm}^2$$

Pues bien, la capa de suelo deberá ser capaz de soportar la presión aplicada (en este caso, 2  $kg/cm^2$ ). Como podemos observar, la acción sobre el terreno no



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

depende exclusivamente de la carga absoluta aplicada, sino también del área de contacto entre el cimiento y el suelo.

Las presiones admisibles varían sustancialmente según el suelo de que se trate. Es frecuente especificar 4 kg/cm<sup>2</sup> para conglomerados compactos y bien graduados. A las mezclas de canto rodado y arena ("hormigón") suele asignárseles valores de 3 a 4 kg/cm<sup>2</sup> como presiones admisibles. La capacidad portante de las arenas gruesas y mezclas de arena y grava compactas es aproximadamente 2 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que para arenas finas la presión admisible es limitada a 1 kg/cm<sup>2</sup>. Las presiones admisibles de los suelos predominantemente arcillosos dependen de su grado de dureza. Sus valores fluctúan entre 1.5 kg/cm<sup>2</sup> en caso de arcillas inorgánicas duras y sin riesgo de humedecimiento, hasta valores muy bajos, 0.5 kg/cm<sup>2</sup>, si se trata de arcillas inorgánicas blandas.

Una arcilla es dura cuando se parte con dificultad en terrones que no se pueden pulverizar o amasar fácilmente con los dedos. Una arcilla es firme o de consistencia media cuando se puede amasar, aunque con bastante esfuerzo.

Las arcillas blandas se pueden amasar con relativa facilidad, pero no tienen consistencia pastosa. Arcillas de consistencia pastosa deben desecharse para cimentaciones. Otra manera práctica e indicativa de la consistencia o dureza de los suelos es el grado de dificultad que presentan al ser excavados. La lampa penetra con facilidad en suelos blandos, mientras que la excavación de suelos de dureza media requiere de pico. En suelos duros el pico rebota; puede penetrar, pero con esfuerzo.

Los valores de las presiones admisibles aquí expuestos son simplemente referenciales e ilustrativos. Pueden variar sustancialmente en cada caso en particular; desde luego, no se ofrecen para fines de diseño.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

# **CAPITULO VII**

# **MICROZOFICACIÓN**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 7.1 Introducción

La Microzonificación Geotécnica de una Ciudad envuelve el manejo de una gran cantidad de información referente a la evaluación del riesgo Geotécnico, amenaza geológica, clasificación de las propiedades del suelo local.

El Distrito de Huanchaco del C.P El Milagro, hoy en día no cuenta con un estudio de microzonificación geotécnica, por lo tanto, es importante realizar una investigación sobre microzonificación geotécnica en dicho distrito. Primeramente, se realizará la microzonificación según el material predominante (Albañilería, Adobe, Otros; esta última combinación de Albañilería y adobe). Segundo una microzonificación según las características del suelo con el apoyo transcendental de los datos obtenidos del estudio de suelo; y tercera y última, una microzonificación de peligros encontrados en la zona.

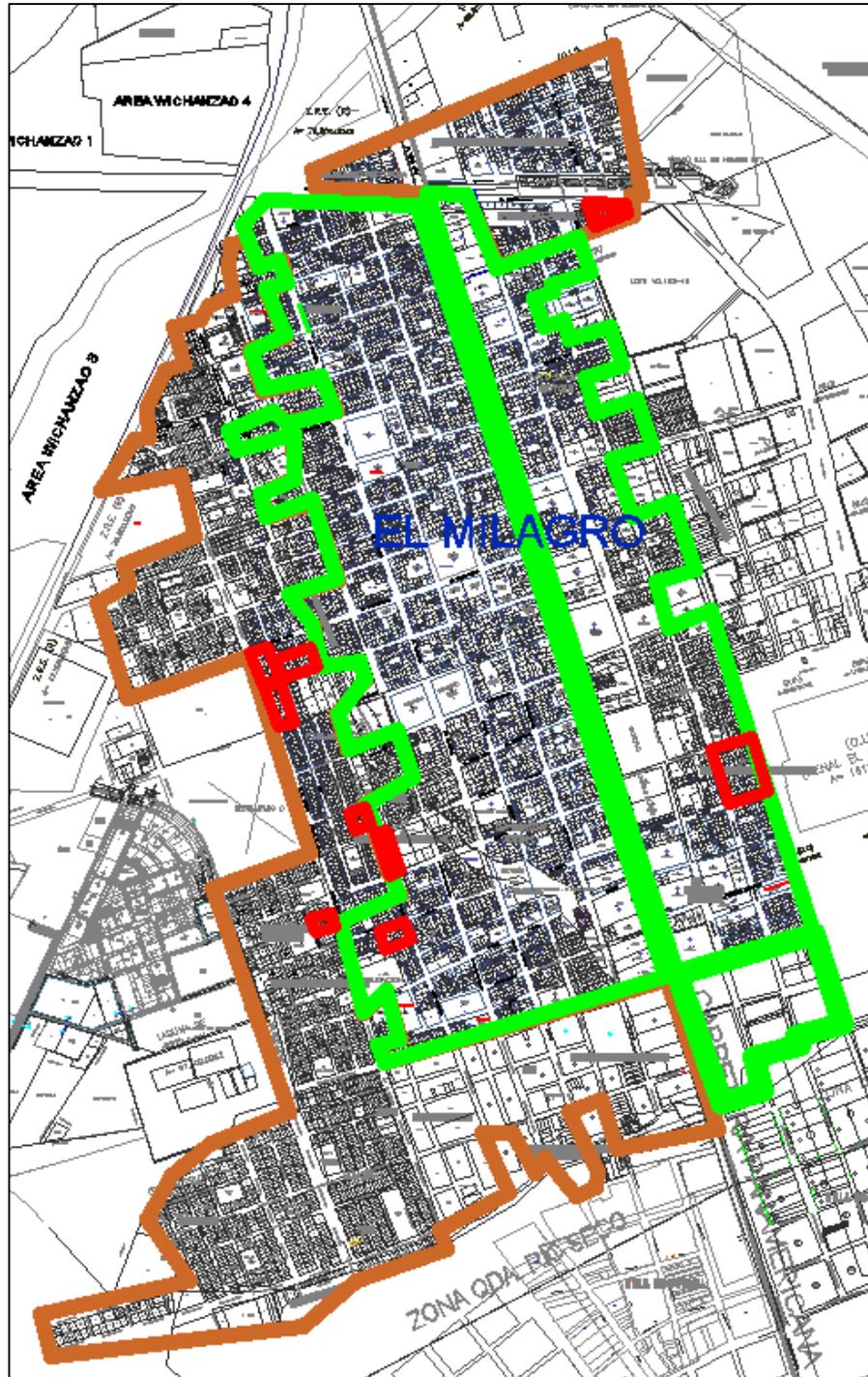
### 7.2 Microzonificación según Material Predominante

Para la elaboración de este mapa se tuvo que realizar un recorrido las calles, pasajes y avenidas de la zona, se localizó las manzanas y sus sectores correspondientes, mediante el método de la observación se detallaron el material que predominaba cada manzana. Para ello se clasificó de color Verde los materiales compuestos por Albañilería y mortero, como se describe anteriormente en el capítulo IV; de color Marrón a los materiales que predominaban el adobe, siendo definido por la NTP E.080 como un bloque macizo sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos; y, por último, de color Rojo a los materiales predominantes compuestos de esteras, quincha y piedra con barro u otro material.

El siguiente mapa se muestra el grafico general del material predominante de la zona, ver Figura N°51:



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



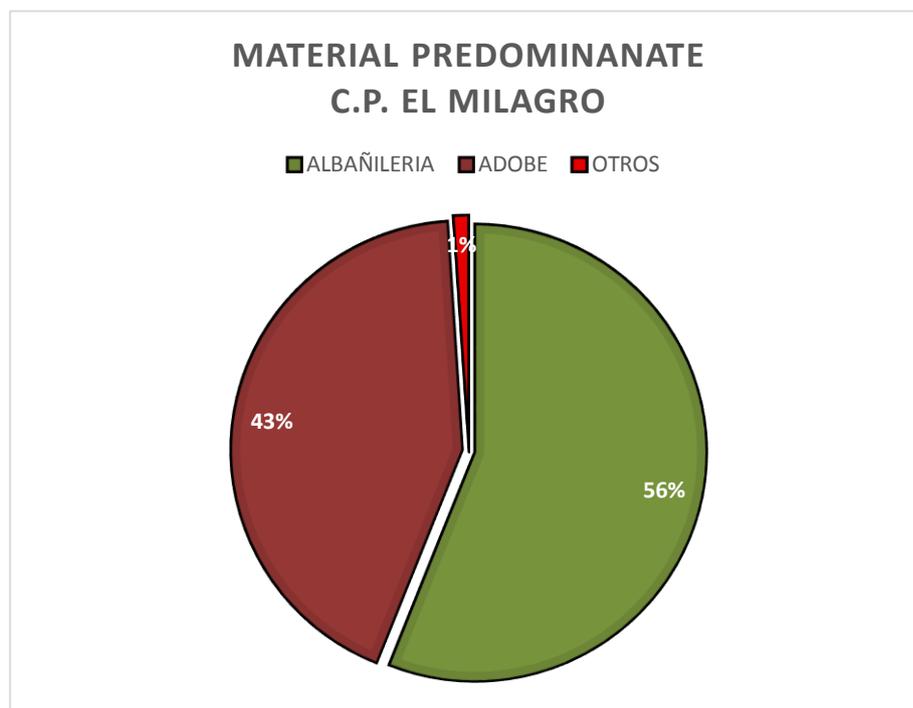
**Figura N° 51:** Mapa de Material Predominante – C.P. El Milagro  
(Fuente: Los Autores)



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Parte Baja	
1	Sector Pueblo Joven
2	Sector 1
3	Sector 2
4	Sector 4
5	Sector 5
6	Sector 6-A
7	Sector 6-B
8	Sector 6-C
9	Sector 6-D
10	Sector 7-A
11	Sector Los Pedregales
12	Sector La Molina 1
13	Sector La Molina 2
14	Sector 10-A
Parte Alta	
15	Sector 3
16	Sector 9
17	Sector 10

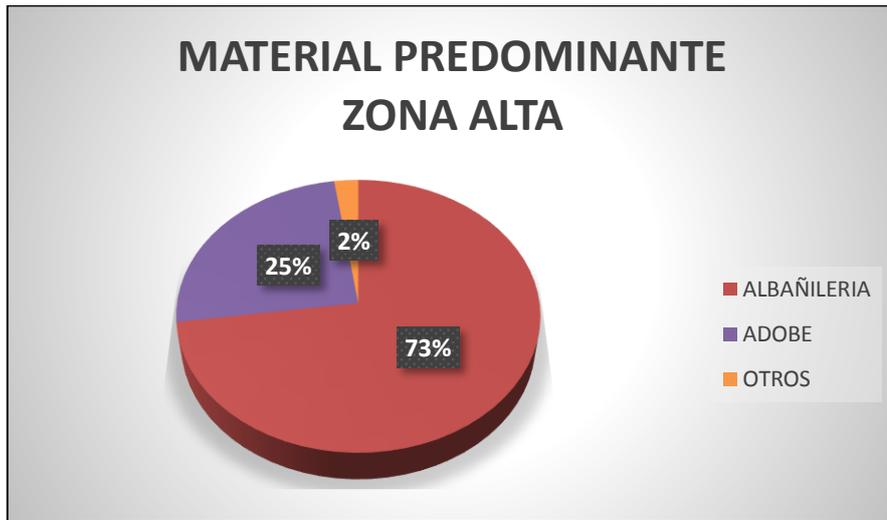
**Tabla N° 7: Sectores Analizados – C.P. El Milagro**  
(Fuente: Los Autores)



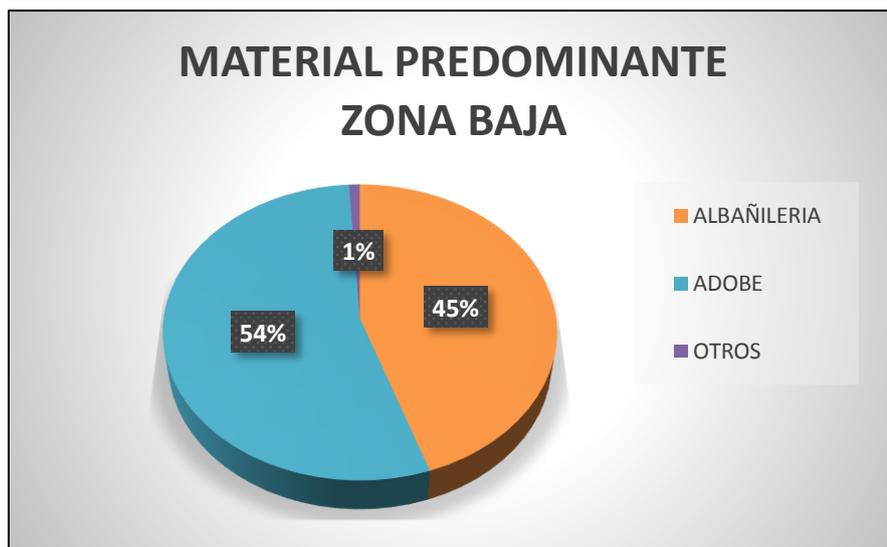
**Figura N° 52: Sectores Analizados – C.P. El Milagro (Los Autores)**



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 53:** Material Predominante Zona Alta – C.P. El Milagro  
(Los Autores)



**Figura N° 54:** Material Predominante Zona Baja – C.P. El Milagro  
(Los Autores)

Los sectores de la zona baja donde predomina la construcción con adobe son: La Molina 1 y 2, Los pedregales, Sector VI-A, VI-D; parte del Sector VI-A, V y IV. Y en la zona alta, el adobe predomina en los sectores X-A, IX y X.



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

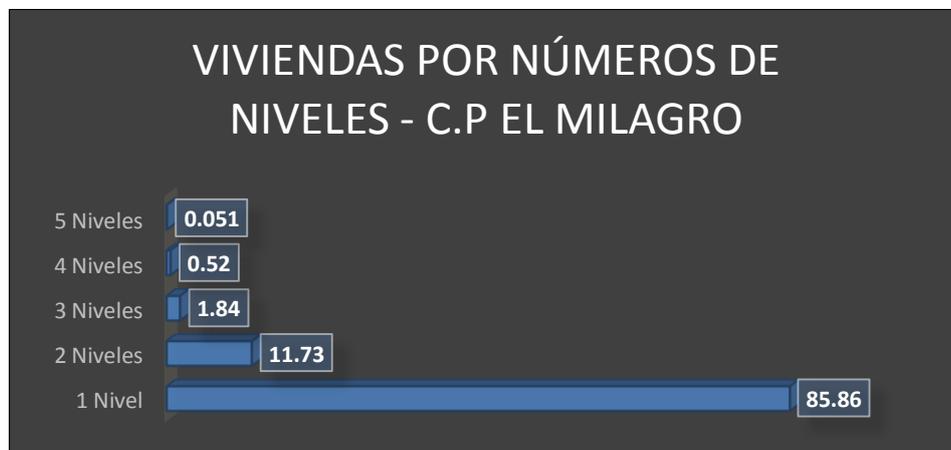
### 7.3 Clasificación por Números de Niveles

Se realizó un estudio por número de pisos de las viviendas, se contabilizó alrededor de 7,878 viviendas, tanto para la zona alta, como para la zona baja, a la vez, las viviendas fueron clasificadas por el número de niveles.

Como hemos observado en los gráficos previos, los sectores La Molina 1 y 2, Los Pedregales, su crecimiento se ve limitado alrededor de un 90%, esto se debe porque la mayoría no cuenta con un título de propiedad y a la incertidumbre de obtenerlo no construyen a más de 1 nivel, la mayoría solo poseen certificado de propiedad, ya que dicho terreno pertenece a terceros.

En la recolección de datos no se tomó en cuenta las instituciones públicas que brindan servicios a los pobladores, tales como postas médicas, instituciones educativas, comisaría, etc.

A continuación, se muestra los porcentajes obtenidos según el número de niveles de las viviendas de albañilería confinada, adobe y otros:



**Figura N° 55: Viviendas por el Número de Pisos – C.P. El Milagro**  
(Los Autores)



## **ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

### **7.4 Antecedentes al Estudio de Suelo**

La geología de Trujillo y alrededores consiste de afloramientos rocosos (rocas sedimentarias, volcánico sedimentarias y plutónicas) y depósitos sedimentarios (marinos, eólicos, coluvio-aluviales y aluviales), las cuales han sufrido las deformaciones terrestres presentándose estructuras regionales (lineamientos estructurales y diaclasas) que tienen una orientación andina (Noroeste-Sureste). Los materiales corresponden a edades desde el mesozoico (Jurásico Superior) al Cenozoico (Cuaternario Reciente).

La identificación de esas unidades morfológicas, el conocimiento de los procesos que las crearon, así como su localización en el territorio, constituyen requisitos indispensables para el uso prudente del medio, para garantizar la estabilidad y permanencia una futura obra de ingeniería, para la prevención y mitigación de los efectos de los desastres naturales. La tecnología moderna permite realizar estos estudios con un elevado nivel de calidad.

El estudio de mecánicas de suelos fue realizado por el Laboratorio de suelos INGENIERIA EIRL con el fin de presentar un análisis técnico-profesional para la realización de esta investigación de la vulnerabilidad sísmica – geotécnica del C.P. El Milagro.

La información que se presentan a continuación, recogen todos los datos y características que han sido obtenidos como resultado de los cálculos desarrollados en los correspondientes anejos, y que permiten marcar las líneas principales para la materialización de este estudio.

Esta investigación de Mecánica de Suelos consta de los documentos siguientes:

### **7.5 Ubicación Y Descripción Del Área En Estudio**

El Proyecto de Investigación se encuentra ubicado en el Centro Poblado El Milagro, perteneciente al Distrito de Huanchaco, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad.



## **ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

El área del terreno es de forma regular, de superficie moderadamente plana en la totalidad del terreno que comprende el proyecto, lo que si se nota es la presencia del material de relleno superficial conformado por suelo orgánico en suelto.

### **7.3.1. Acceso al Área en Estudio**

El Centro Poblado El Milagro, perteneciente al Distrito de Huanchaco, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad, se localiza a 20 minutos de recorrido en auto desde el centro de la Ciudad de Trujillo.

### **7.3.2. Clima**

Durante el invierno, que se presenta en los meses de mayo a Setiembre la temperatura promedio mínima alcanza los 14° C y en el verano que se presenta en los meses de diciembre a marzo la temperatura máxima puede alcanzar los 31° deberán tomarse las previsiones en caso, de que pueda presentarse nuevamente situaciones desfavorables del clima, originado por la presencia de otro Fenómeno del Niño. La temperatura máxima puede alcanzar los 35° C y podrían presentarse precipitaciones pluviales de gran magnitud, pudiendo generar problemas a la infraestructura por construir.

## **7.6 Geología Y Sismicidad**

### **7.4.1. Geología**

El Centro Poblado El Milagro, perteneciente al Distrito de Huanchaco, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad. De acuerdo al Mapa Geológico, se identificó en el área de estudio un grupo litológico principal constituido por un depósito de sedimentos de tipo aluvial cuya edad geológica pertenece al cuaternario reciente (Q-al).

En el área en estudio no se determinó la presencia del Nivel de Aguas Freáticas (NAF) a la profundidad de 3.00 m. Asimismo no se determinó la presencia de Estructuras Geológicas importantes, como Fallas, Discordancias, Grietas pronunciadas, etc. La Geodinámica Externa en el área de estudio no presenta



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

en la actualidad riesgo alguno como posibles Aluviones, Huaycos, Deslizamientos de masas de tierra, Inundaciones, etc. La litología del suelo fue caracterizada por un suelo del tipo transportado, identificándose en la superficie material de rellenos conformado por material orgánico con basura en estado suelto y luego la presencia de gravas bien graduadas.

Geológicamente la zona de estudio se encuentra cerca a las orillas del mar de Huanchaco, las cuales para épocas de verano se nota la presencia de fenómenos meteorológicos como el denominado Fenómeno El Niño, la cual con sus incrementos de avenidas de aguas puede ocasionar daños a las estructuras cercanas. Para este caso se recomienda tomar las medidas necesarias como Obras de Protección de las riberas de mar y así salvaguardar la infraestructura de las obras civiles que están comprendidas en la zona de estudio.

### 7.4.2. Sismicidad

De acuerdo al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E- 030-2016) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, presentado por el Dr. Ing. Jorge Alva Hurtado (1984), el cual se basa en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la zona de Alta Sismicidad ( Zona 4), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades tan considerables como VIII a IX en la escala Mercali Modificada.

De acuerdo con la nueva Norma Técnica NTE E -030 y el predominio del suelo bajo la cimentación, se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, los siguientes parámetros:

ESTANDARES	CANTIDAD
Factor de Zona	$Z = 0.45$
Factor de Amplificación del suelo	$S = 1.05$
Período que define la plataforma del espectro	$T_p = 0.60$

**Figura N° 56: Sismicidad (NTP E.030)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 7.7 Trabajos de Campo

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico del área de estudio, se realizaron exploraciones del suelo mediante la excavación de calicatas y muestreo del suelo.

#### 7.5.1 Calicatas

Se excavó estratégicamente (7) calicatas o pozo de exploración a cielo abierto, asignándole como C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-7 las cuales fueron convenientemente ubicadas en la zona a edificarse.

### 7.8 Ensayos de Laboratorio

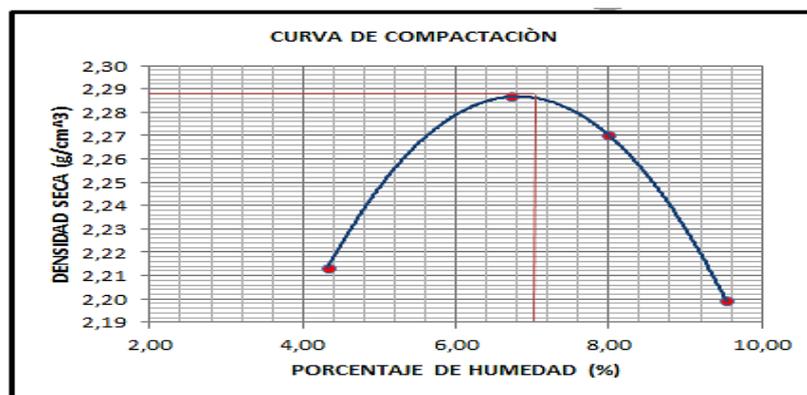
#### 7.6.1 Ensayos Estándar:

Con las muestras de suelos tomadas en el campo se han efectuado los siguientes ensayos, con fines de identificación y clasificación de suelos:

- Análisis Granulométricos por Tamizado (Norma ASTM D422)
- Límite Líquido (Norma ASTM D423)
- Límite Plástico (Norma ASTM D424)
- Contenido de Humedad (ASTM-D2216)
- Peso Específico Relativo de Sólidos (ASTM D854)

#### 7.6.2 Ensayos especiales:

- Densidades Máximas y Mínimas secas
- Sales Solubles Totales (Ex Itintec)



**Figura N° 57:** Curva de Compactación (Fuente: NTP E. 050)



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 7.9 Trabajos De Gabinete

#### 7.9.1. Perfil Estratigráfico

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorio, se ha establecido un Perfil Estratigráfico, según las calicatas indicadas.

### 7.10 Conformación del Subsuelo

En los siguientes ítems, se muestran los diferentes resultados obtenidos del estudio suelo de la zona del C.P. El Milagro.

#### 7.11 Calicata C-1

A 0.20 m. superficialmente se presenta una capa conformada por material de suelo orgánico con basura en estado suelto. 0.20 - 3.00 m. Luego se da paso a la presencia de material conformado por grava bien graduada (GW), de regular humedad, baja plasticidad y de compacidad media a compacta. Se nota la presencia de piedras a medida que nos vamos profundizando. No se presenta el Nivel Freático (NAF) a la profundidad explorada.

- **Profundidad de la Cimentación**

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos, característica de la estructura, se recomienda cimentar en la grava bien graduada GW, de estado de compacidad media a compacta, a una profundidad de cimentación mínima de:

<b>Cimentación</b>	<b>B (m)</b>	<b>Df (m)</b>
<b>Cimiento Corrido</b>	<b>0.7</b>	<b>1.6</b>
<b>Cimiento Cuadrado</b>	<b>1.5</b>	<b>1.8</b>

**Figura N° 58: Cuadro de Cimentaciones (Estudio de Suelos)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

- **Tipo de Cimentación**

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas de la edificación a construir, se recomienda utilizar una cimentación superficial, tal como Cimentación Corrida y Cimentación Cuadrada.

- **Cálculo de la Capacidad Portante Admisible**

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para la cimentación. La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), con los parámetros de Vesic (1971).

- **Densidad Relativa (Dr)**

Con los resultados de los ensayos en el laboratorio de densidades máximas y mínimas a diferentes profundidades obtenemos los siguientes valores de densidad relativas de los suelos de cimentación.

### Según Terzaghi y Peck:

- **Cimiento Corrido**

FORMULA
$q_{ul} = s_c * C * N_c + 0.50 * s * B * N + s_q * D_f * N_q \quad (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 59: Fórmula (Terzaghi y Peck)**

- **Cimiento Cuadrado**

FORMULA
$q_{ul} = 1.3 * s_c * C * N_c + 0.40 * s * B * N + s_q * D_f * N_q \quad (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 60: Fórmula (Terzaghi y Peck)**

Donde:

$q_{ul}$  : = Capacidad Ultima de Carga en kg/cm<sup>2</sup>.

$q_{ad}$  : = Capacidad Portante Admisible en kg/cm<sup>2</sup>.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

F.S. := Factor de Seguridad = 3

:= Peso Específico Total.

B := Ancho de la Zapata o Cimiento Corrido en m.

Df. := Profundidad de la cimentación.

Nc, N, Nq := Parámetros que son función de sc, s, sq := Factores de forma.

C := Cohesión en kg/cm<sup>2</sup>.

**a) Cimiento Corrido**

<b>C = 0.00 Kg/cm<sup>2</sup> = 24.00 ° F.S. = 3.00</b>		
<b>Df = 1.60 m.</b>	<b>Nc = 19.32</b>	<b>sc = 1.50</b>
<b>B = 0.70 m.</b>	<b>N = 9.44</b>	<b>st = 0.60</b>
	<b>Nq = 9.60</b>	<b>sq = 1.45</b>

**Figura N° 61: Cimiento Corridos (Estudio de Suelos)**

De (1) se tiene:

**qul = 4.395 kg/cm<sup>2</sup>**

**qad = 1.458 kg/cm<sup>2</sup>**

**b) Cimiento Cuadrado**

<b>C = 0.00 Kg/cm<sup>2</sup> = 24.00 ° F.S. = 3.00</b>		
<b>Df = 1.80 m.</b>	<b>Nc = 19.32</b>	<b>sc = 1.50</b>
<b>B = 1.50 m.</b>	<b>N = 9.44</b>	<b>st = 0.60</b>
	<b>Nq = 9.60</b>	<b>sq = 1.45</b>

**Figura N° 62: Cimiento Cuadrado (Estudio de Suelos)**

De (1) se tiene:

**qul = 5.154 kg/cm<sup>2</sup>**

**qad = 1.718 kg/cm<sup>2</sup>**

- Cálculo de Asentamientos**

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados Asentamientos totales y los Asentamientos Diferenciales, de los cuales los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa una pulgada, que es el asentamiento máximo tolerable para



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

estructuras convencionales. El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1964), considerando el tipo de cimentación superficial recomendado. Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme en ambos casos. El asentamiento elástico inicial será:

$$S = q_s B(1-u^2) I_f / E_s \quad (3)$$

Donde:

S = Asentamiento (cm)

$q_s$  = Esfuerzo Neto Transmisible ( $\text{kg/cm}^2$ )

B=Ancho de Cimentación (cm)

$E_s$ = Módulo de Elasticidad ( $\text{kg/cm}^2$ )  $u$  = Relación de Poisson

$I_f$  = Factor de Influencia que depende de la Forma y la Rigidez de la Cimentación

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde ira desplantada la cimentación.

Para este tipo de suelo de arenas y gravas, donde ira desplantada la cimentación es conveniente considerar los siguientes módulos de elasticidad  $E=3000 \text{ kg/cm}^2$  y un coeficiente de Poisson de  $u=0.25$ .

Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando cimentación rígida y flexible, se considera además que los esfuerzos transmitidos son iguales a la capacidad admisible de carga.

<b>CIMIENTO CORRIDO (<math>D_f = 1.60 \text{ m.}</math>)</b>
<b><math>q_s = 1.465 \text{ kg/cm}^2</math></b>
<b><math>B = 70 \text{ cm.}</math></b>
<b><math>E_s = 300 \text{ kg/cm}^2</math></b>
<b><math>I_f = 1.97</math> (Flexible)</b>
<b><math>I_f = 1.83</math> (rigido)</b>
<b><math>u = 0.25</math></b>

**Figura N° 63: Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Se obtiene:

Cimentación flexible = **0.631 cm.**

Cimentación rígida: **S = 0.586 cm.**

<b>CIMIENTO CORRIDO (<math>D_f = 1.80</math> m.)</b>	
<b>qs</b>	<b>= 1.718 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>B</b>	<b>= 150 cm.</b>
<b>Es</b>	<b>= 300 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>If</b>	<b>= 1.97 (Flexible)</b>
<b>If</b>	<b>= 1.83 (rígido)</b>
<b>u</b>	<b>= 0.25</b>

**Figura N° 64: Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**

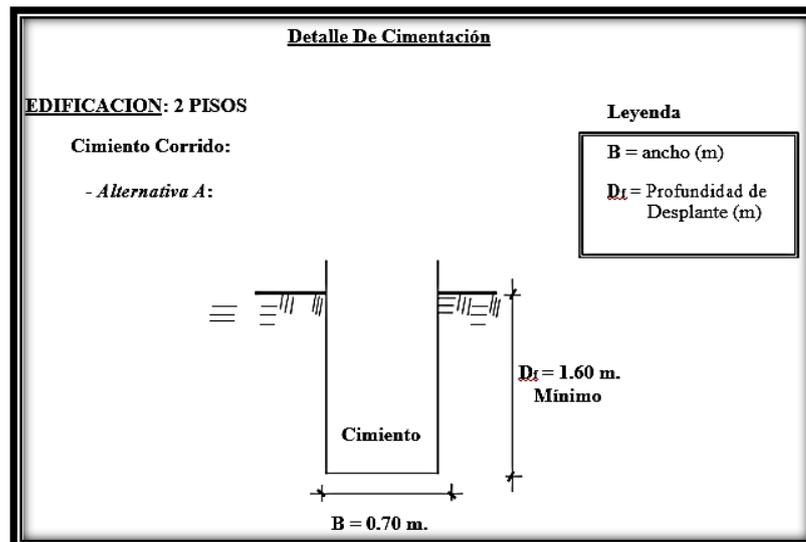
Se obtiene:

Cimentación flexible: **S = 1.587 cm.**

Cimentación rígida : **S = 1.474 cm.**

• **Agresión al Suelo de Cimentación**

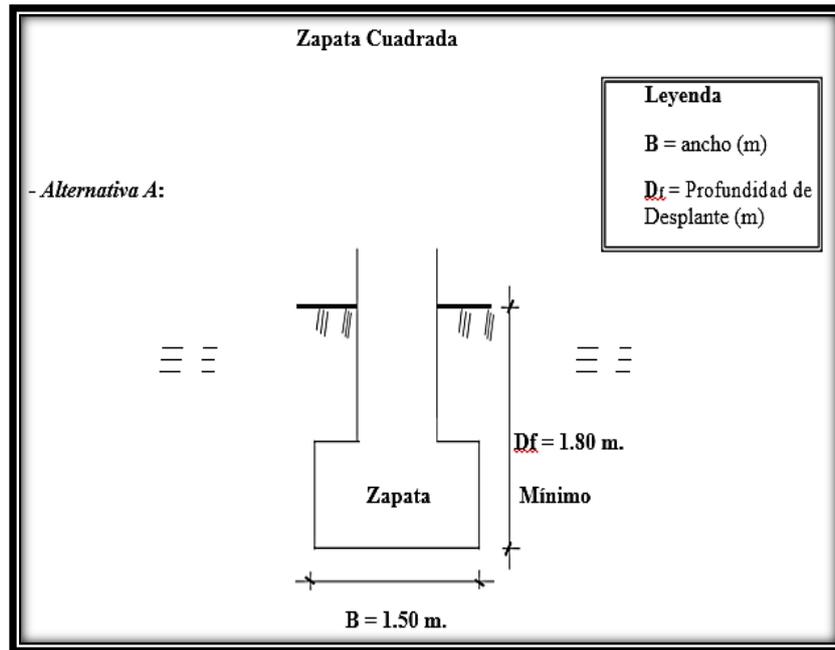
Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones moderadas de sulfatos sales solubles totales y cloruros, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación. Por lo tanto, el recubrimiento de las varillas de acero será mayor que el comúnmente utilizado y el cemento a usar será el Tipo MS.



**Figura N° 65: Detalle De Cimentación (Estudio de Suelos)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**Figura N° 66: Detalle De Zapata (Estudio de Suelos)**

**7.12 Calicata C-2**

De 0.0 - 0.20 m. Superficialmente se presenta una capa conformada por material de suelo orgánico con basura en estado suelto. De 0.20 – 2.80 m. Luego se da paso a la presencia de material conformado por grava bien graduada (GW), de regular humedad, baja plasticidad y de compacidad media a compacta. Se nota la presencia de piedras a medida que nos vamos profundizando.

- **Profundidad de la Cimentación**

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos, característica de la estructura, se recomienda cimentar en la grava bien graduada GW, de estado de compacidad media a compacta, a una profundidad de cimentación mínima de:

<b>Cimentación</b>	<b>B (m)</b>	<b>Df (m)</b>
<b>Cimiento Corrido</b>	<b>0.7</b>	<b>1.6</b>
<b>Cimiento Cuadrado</b>	<b>1.5</b>	<b>1.8</b>

**Figura N° 67: Cuadro de Cimentaciones (Estudio de Suelos)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

- **Tipo de Cimentación**

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas de la edificación a construir, se recomienda utilizar una cimentación superficial, tal como Cimentación Corrida y Cimentación Cuadrada.

- **Cálculo de la Capacidad Portante Admisible**

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para la cimentación. La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), con los parámetros de Vesic (1971).

- **Densidad Relativa (Dr)**

Con los resultados de los ensayos en el laboratorio de densidades máximas y mínimas a diferentes profundidades obtenemos los siguientes valores de densidad relativas de los suelos de cimentación.

**Según Terzaghi y Peck:**

- **Cimiento Corrido**

<b>FORMULA</b>
$q_{ul} = s_c * C * N_c + 0.50 * s * B * N + s_q * D_f * N_q (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 68: Formula (Terzaghi y Peck)**

- **Cimiento Cuadrado**

<b>FORMULA</b>
$q_{ul} = 1.3 * s_c * C * N_c + 0.40 * s * B * N + s_q * D_f * N_q (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 69: Formula (Terzaghi y Peck)**

Donde:



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

qul := Capacidad Ultima de Carga en kg/cm<sup>2</sup>.

qad := Capacidad Portante Admisible en kg/cm<sup>2</sup>.

F.S. := Factor de Seguridad = 3

γ := Peso Específico Total.

B := Ancho de la Zapata o Cimiento Corrido en m.

Df. := Profundidad de la cimentación.

N<sub>c</sub>, N<sub>s</sub>, N<sub>q</sub> := Parámetros que son función de s<sub>c</sub>, s<sub>s</sub>, s<sub>q</sub> := Factores de Forma.

C := Cohesión en kg/cm<sup>2</sup>.

**a) Cimiento Corrido**

<b>C = 0.00 Kg/cm<sup>2</sup> = 24.00 ° F.S. = 2.80</b>		
<b>Df = 1.80 m.</b>	<b>N<sub>c</sub> = 19.32</b>	<b>s<sub>c</sub> = 1.50</b>
<b>B = 1.50 m.</b>	<b>N = 9.44</b>	<b>s<sub>t</sub> = 0.60</b>
	<b>N<sub>q</sub> = 9.60</b>	<b>s<sub>q</sub> = 1.45</b>

**Figura N° 70: Cimiento Corridos (Estudio de Suelos)**

De (1) se tiene:

**qul = 4.395 kg/cm<sup>2</sup>**

**qad = 1.465 kg/cm<sup>2</sup>**

**b) Cimiento Cuadrado**

<b>C = 0.00 Kg/cm<sup>2</sup> = 24.00 ° F.S. = 2.80</b>		
<b>Df = 1.80 m.</b>	<b>N<sub>c</sub> = 19.32</b>	<b>s<sub>c</sub> = 1.50</b>
<b>B = 1.60 m.</b>	<b>N = 9.44</b>	<b>s<sub>t</sub> = 0.60</b>
	<b>N<sub>q</sub> = 9.60</b>	<b>s<sub>q</sub> = 1.45</b>

**Figura N° 71: Cimiento Cuadrado (Estudio de Suelos)**

De (1) se tiene:

**qul = 5.154 kg/cm<sup>2</sup>**

**qad = 1.718 kg/cm<sup>2</sup>**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### • Cálculo de Asentamientos

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados asentamientos Totales y los asentamientos Diferenciales, de los cuales los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa una pulgada, que es el asentamiento máximo tolerable para estructuras convencionales. El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1964), considerando el tipo de cimentación superficial recomendado. Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme en ambos casos.

El asentamiento elástico inicial será:

$$S = q_s B(1-u^2) I_f / E_s \quad (3)$$

Donde:

S = Asentamiento (cm)

$q_s$  = Esfuerzo Neto Transmisible (kg/cm<sup>2</sup>)

B = Ancho de Cimentación (cm)

$E_s$  = Módulo de Elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>) u = Relación de Poisson

$I_f$  = Factor de Influencia que depende de la Forma y la Rigidez de la Cimentación

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde ira desplantada la cimentación.

Para este tipo de suelo de arenas y gravas, donde ira desplantada la cimentación es conveniente considerar los siguientes módulos de elasticidad  $E=3000$  kg/cm<sup>2</sup> y un coeficiente de Poisson de  $u=0.25$ .



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando cimentación rígida y flexible, se considera además que los esfuerzos transmitidos son iguales a la capacidad admisible de carga.

<b>CIMIENTO CORRIDO (Df = 1.70 m.)</b>
<b>qs = 1.718 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>B = 150 cm.</b>
<b>Es = 300 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>If = 1.97 (Flexible)</b>
<b>If = 1.83 (rígido)</b>
<b>u = 0.25</b>

**Figura N° 72: Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**

Se obtiene:

Cimentación flexible= **0.631 cm.**

Cimentación rígida: **S = 0.586 cm.**

<b>CIMIENTO CORRIDO (Df = 1.80 m.)</b>
<b>qs = 1.718 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>B = 150 cm.</b>
<b>Es = 300 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>If = 1.97 (Flexible)</b>
<b>If = 1.83 (rígido)</b>
<b>u = 0.25</b>

**Figura N° 73: Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**

Se obtiene:

Cimentación flexible: **S = 1.587 cm.**

Cimentación rígida: **S = 1.474 cm.**

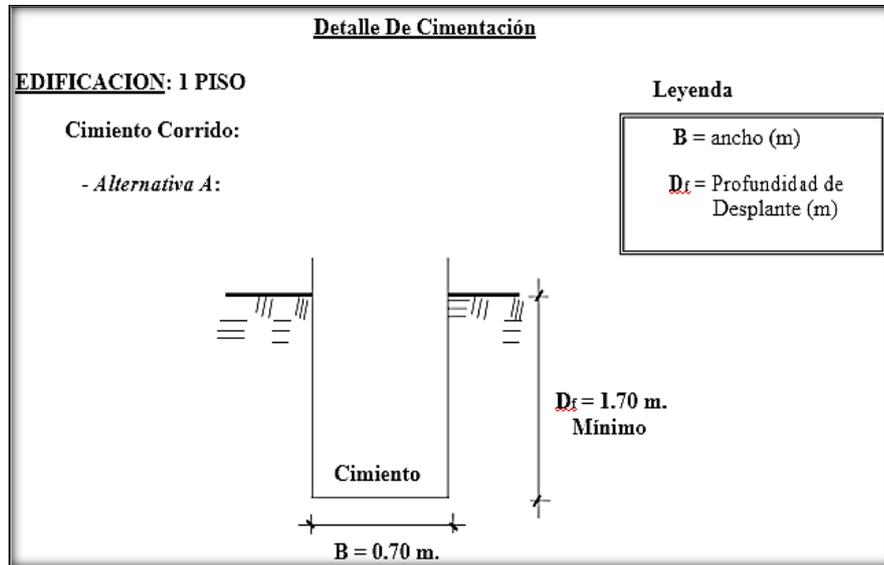
- **Agresión Al Suelo De Cimentación**

Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones moderadas de sulfatos sales solubles totales y cloruros, que podrían atacar al concreto y la armadura

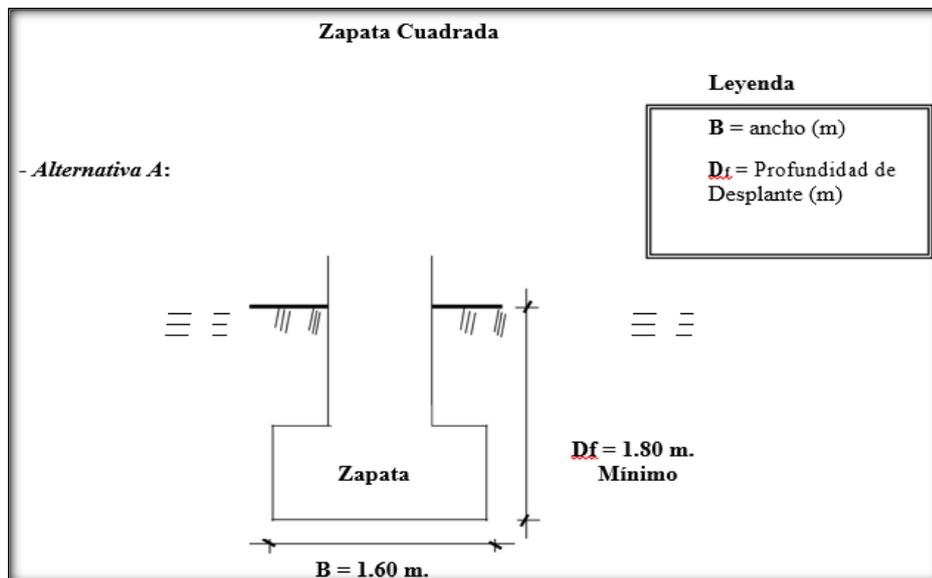


ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

de la cimentación. Por lo tanto, el recubrimiento de las varillas de acero será mayor que el comúnmente utilizado y el cemento a usar será el **Tipo MS**.



**Figura N° 74: Detalle De Cimentación (Estudio de Suelos)**



**Figura N° 75: Detalle De Zapata (Estudio de Suelos)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 7.13 Calicata C-3

De 0.0- 0.20 m. Superficialmente se presenta una capa conformada por material de suelo orgánico con basura en estado suelto. De 0.20 – 2.90 m. Luego se da paso a la presencia de material conformado por grava bien graduada (GW), de regular humedad, baja plasticidad y de compactación media a compacta.

- **Profundidad de la Cimentación**

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos, característica de la estructura, se recomienda cimentar en la grava bien graduada GW, de estado de compactación media a compacta, a una profundidad de cimentación mínima de:

<b>Cimentación</b>	<b>B (m)</b>	<b>Df (m)</b>
<b>Cimiento Corrido</b>	<b>0.7</b>	<b>1.6</b>
<b>Cimiento Cuadrado</b>	<b>1.5</b>	<b>1.8</b>

**Figura N° 76: Detalle De Cimentaciones (Estudio de Suelos)**

- **Tipo de Cimentación**

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas de la edificación a construir, se recomienda utilizar una cimentación superficial, tal como Cimentación Corrida y Cimentación cuadrada.

- **Cálculo de la Capacidad Portante Admisible**

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para la cimentación. La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), con los parámetros de Vesic (1971).



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

- **Densidad Relativa (Dr)**

Con los resultados de los ensayos en el laboratorio de densidades máximas y mínimas a diferentes profanidades obtenemos los siguientes valores de densidad relativas de los suelos de cimentación.

**Según Terzaghi y Peck:**

- **Cimiento Corrido**

FORMULA
$q_{ul} = s_c * C * N_c + 0.50 * s * B * N + s_q * D_f * N_q (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 77: Formula (Terzaghi y Peck)**

- **Cimiento Cuadrado**

FORMULA
$q_{ul} = 1.3 * s_c * C * N_c + 0.40 * s * B * N + s_q * D_f * N_q (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 78: Formula (Terzaghi y Peck)**

Donde:

$q_{ul}$  : = Capacidad Ultima de Carga en kg/cm<sup>2</sup>.

$q_{ad}$ : = Capacidad Portante Admisible en kg/cm<sup>2</sup>.

F.S. : = Factor de Seguridad = 3

$s$  := Peso Específico Total.

$B$  : = Ancho de la Zapata o Cimiento Corrido en m.

$D_f$  : = Profundidad de la cimentación.

$N_c, N, N_q$  : = Parámetros que son función de  $s_c, s, s_q$  = Factores de Forma.

$C$  : = Cohesión en kg/cm<sup>2</sup>.

**a) Cimiento Corrido**



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

<b>C = 0.00 Kg/cm<sup>2</sup> = 24.00 ° F.S. = 2.90</b>		
<b>Df = 1.80 m.</b>	<b>Nc = 19.32</b>	<b>sc = 1.50</b>
<b>B = 1.60 m.</b>	<b>N = 9.44</b>	<b>st = 0.60</b>
	<b>Nq = 9.60</b>	<b>sq = 1.45</b>

**Figura N° 79: Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**

De (1) se tiene:

$$q_{ul} = 4.395 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ad} = 1.465 \text{ kg/cm}^2$$

**b) Cimiento Cuadrado**

<b>C = 0.00 Kg/cm<sup>2</sup> = 24.00 ° F.S. = 3.00</b>		
<b>Df = 1.80 m.</b>	<b>Nc = 19.32</b>	<b>sc = 1.50</b>
<b>B = 1.60 m.</b>	<b>N = 9.44</b>	<b>st = 0.60</b>
	<b>Nq = 9.60</b>	<b>sq = 1.45</b>

**Figura N° 80 Cimiento Cuadrado (Estudio de Suelos)**

De (1) se tiene:

$$q_{ul} = 5.154 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ad} = 1.798 \text{ kg/cm}^2$$

- **Cálculo de Asentamientos**

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados asentamientos totales y los Asentamientos Diferenciales, de los cuales los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa una pulgada, que es el asentamiento máximo tolerable para estructuras convencionales. El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1964), considerando el tipo de cimentación superficial recomendado. Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme en ambos casos.

El asentamiento elástico inicial será:

$$(3)$$



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

$$S = q_s B(1-u^2) I_f / E_s$$

donde:

S = Asentamiento (cm)

$q_s$  = Esfuerzo Neto Transmisible

(kg/cm<sup>2</sup>) B = Ancho de

Cimentación (cm)

$E_s$  = Módulo de Elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)

u = Relación de Poisson

$I_f$  = Factor de Influencia que depende de la Forma y la Rigidez de la Cimentación

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde ira desplantada la cimentación. Para este tipo de suelo de arenas y gravas, donde ira desplantada la cimentación es conveniente considerar los siguientes módulos de elasticidad  $E=3000$  kg/cm<sup>2</sup> y un coeficiente de Poisson de  $u=0.25$ . Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando cimentación rígida y flexible, se considera además que los esfuerzos transmitidos son iguales a la capacidad admisible de carga.

<b>CIMIENTO CORRIDO (<math>D_f = 1.80</math> m.)</b>
<b><math>q_s = 1.465</math> kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>B = 70 cm.</b>
<b><math>E_s = 300</math> kg/cm<sup>2</sup></b>
<b><math>I_f = 1.97</math> (Flexible)</b>
<b><math>I_f = 1.83</math> (rigido)</b>
<b>u = 0.25</b>

**Figura N° 81 Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Se obtiene:

Cimentación flexible: **S = 0.631 cm.**

Cimentación rígida: **S = 0.586 cm.**

<b>CIMIENTO CORRIDO (<math>D_f = 1.60</math> m.)</b>	
<b><math>q_s = 1.465</math></b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>B = 180</b>	<b>cm.</b>
<b><math>E_s = 300</math></b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
<b><math>I_f = 1.97</math></b>	<b>(Flexible)</b>
<b><math>I_f = 1.83</math></b>	<b>(rígido)</b>
<b>u = 0.25</b>	

**Figura N° 82 Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**

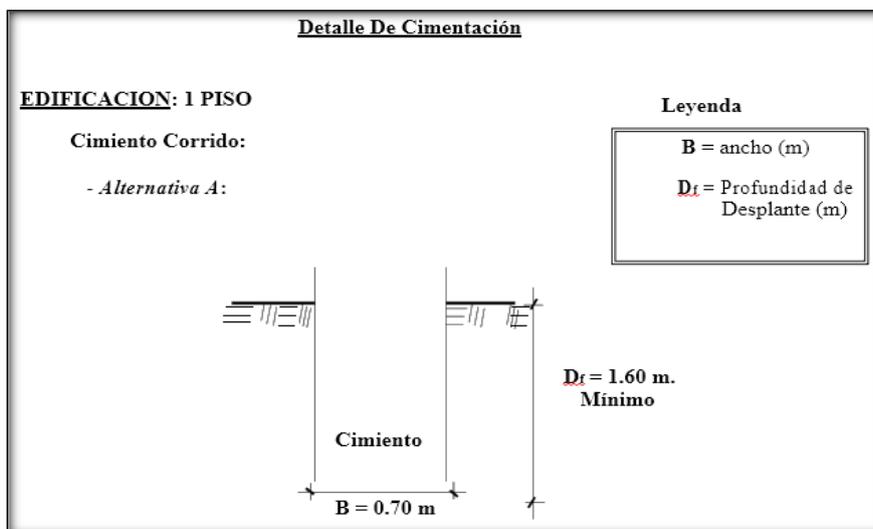
Se obtiene:

Cimentación flexible: **S = 1.587 cm.**

Cimentación rígida: **S = 1.474 cm.**

- Agresión Al Suelo De Cimentación**

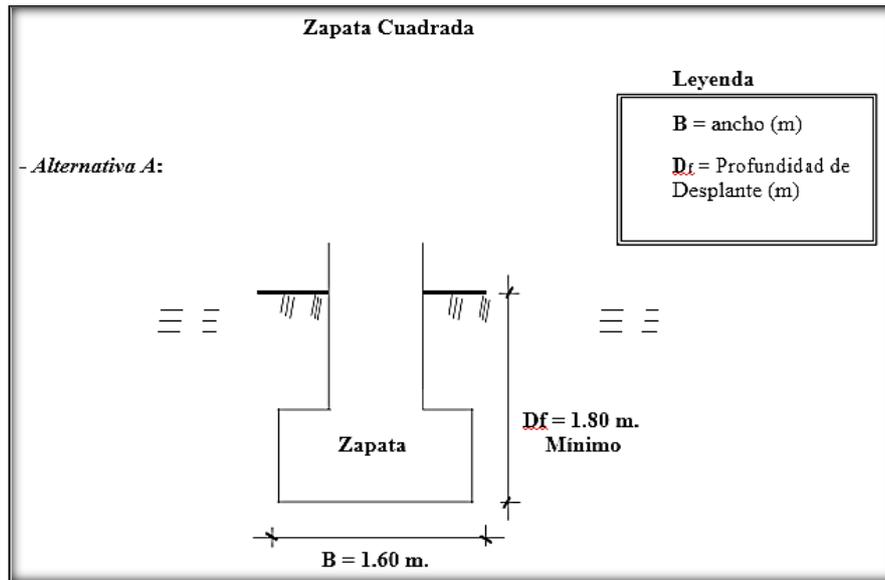
Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones moderadas de sulfatos sales solubles totales y cloruros, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación. Por lo tanto, el recubrimiento de las varillas de acero será mayor que el comúnmente utilizado y el cemento a usar será el **Tipo MS**.



**Figura N° 83: Detalle de Cimentación (Estudio de Suelos)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**Figura N° 84: Detalle de Zapata (Estudio de Suelos)**

**7.14 Calicata C-4**

De 0.0- 0.20 m. Superficialmente se presenta una capa conformada por material de suelo orgánico con basura en estado suelto. De 0.20 – 2.70 m. Luego se da paso a la presencia de material conformado por grava bien graduada (GW), de regular humedad, baja plasticidad y de compacidad media a compacta. Se nota la presencia de piedras a medida que nos vamos profundizando. No se presenta el Nivel Freático (NAF) a la profundidad explorada.

- **Profundidad de la Cimentación**

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos, característica de la estructura, se recomienda cimentar en la grava bien graduada GW, de estado de compacidad media a compacta, a una profundidad de cimentación mínima de:

Cimentación	B (m)	D <sub>f</sub> (m)
Cimiento Corrido	0.7	1.6
Cimiento Cuadrado	1.5	1.8

**Figura N° 85: Cuadro de Cimentaciones (Estudio de Suelos)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

- **Tipo de Cimentación**

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas de la edificación a construir, se recomienda utilizar una cimentación superficial, tal como Cimentación Corrida y Cimentación Cuadrada.

- **Cálculo de la Capacidad Portante Admisible**

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para la cimentación. La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), con los parámetros de Vesic (1971).

- **Densidad Relativa (Dr)**

Con los resultados de los ensayos en el laboratorio de densidades máximas y mínimas a diferentes profundidades obtenemos los siguientes valores de densidad relativas de los suelos de cimentación.

**Según Terzaghi y Peck:**

- **Cimiento Corrido**

<b>FORMULA</b>
$q_{ul} = s_c * C * N_c + 0.50 * s * B * N + s_q * D_f * N_q (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 86: Formula (Terzaghi y Peck)**

- **Cimiento Cuadrado**

<b>FORMULA</b>
$q_{ul} = 1.3 * s_c * C * N_c + 0.40 * s * B * N + s_q * D_f * N_q (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 87: Formula (Terzaghi y Peck)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Donde:

$q_{ul}$  := Capacidad Última de Carga en  $kg/cm^2$ .

$q_{ad}$ : = Capacidad Portante Admisible en  $kg/cm^2$ .

F.S. := Factor de Seguridad = 3

$\gamma$  := Peso Específico Total.

$B$  := Ancho de la Zapata o Cimiento Corrido en m.

$D_f$  := Profundidad de la cimentación.

$N_c, N_s, N_q$  := Parámetros que son función de  $s_c, s_s, s_q$  := Factores de Forma.

$C$  := Cohesión en  $kg/cm^2$ .

**a) Cimiento Corrido**

<b><math>C = 0.00 \text{ Kg/cm}^2 = 24.00 \text{ }^\circ \text{ F.S.} = 3.00</math></b>		
<b><math>D_f = 1.60 \text{ m.}</math></b>	$N_c = 19.32$	$s_c = 1.50$
<b><math>B = 0.70 \text{ m.}</math></b>	$N_s = 9.44$	$s_s = 0.60$
	$N_q = 9.60$	$s_q = 1.45$

**Figura N° 88: Cimiento Corridos (Estudio de Suelos)**

De (1) se tiene:

**$q_{ul} = 4.395 \text{ kg/cm}^2$**

**$q_{ad} = 1.805 \text{ kg/cm}^2$**

**b) Cimiento Cuadrado**

<b><math>C = 0.00 \text{ Kg/cm}^2 = 24.00 \text{ }^\circ \text{ F.S.} = 3.00</math></b>		
<b><math>D_f = 1.80 \text{ m.}</math></b>	$N_c = 19.32$	$s_c = 1.50$
<b><math>B = 1.50 \text{ m.}</math></b>	$N_s = 9.44$	$s_s = 0.60$
	$N_q = 9.60$	$s_q = 1.45$

**Figura N° 89: Cimiento Cuadrado (Estudio de Suelos)**

De (1) se tiene:



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

$$q_{ul}=5.154\text{kg/cm}^2$$

$$q_{ad}=1.718\text{kg/c}^2$$

- **Cálculo de Asentamientos**

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados Asentamientos totales y los Asentamientos Diferenciales, de los cuales los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa una pulgada, que es el asentamiento máximo tolerable para estructuras convencionales. El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1964), considerando el tipo de cimentación superficial recomendado. Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme en ambos casos.

El asentamiento elástico inicial será:

$$S = q_s B(1-u^2) I_f / E_s \quad (3)$$

Donde:

S = Asentamiento (cm)

$q_s$  = Esfuerzo Neto Transmisible ( $\text{kg/cm}^2$ )

B=Ancho de Cimentación (cm)

$E_s$ = Módulo de Elasticidad ( $\text{kg/cm}^2$ )  $u$  = Relación de Poisson

$I_f$  = Factor de Influencia que depende de la Forma y la Rigidez de la Cimentación

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde iría desplantada la cimentación.

Para este tipo de suelo de arenas y gravas, donde iría desplantada la cimentación es conveniente considerar los siguientes módulos de elasticidad  $E=3000 \text{ kg/cm}^2$  y un coeficiente de Poisson de  $u=0.25$ .



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando cimentación rígida y flexible, se considera además que los esfuerzos transmitidos son iguales a la capacidad admisible de carga.

<b>CIMIENTO CORRIDO (Df = 1.60 m.)</b>
<b>qs = 1.465 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>B = 70 cm.</b>
<b>Es = 300 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>If = 1.97 (Flexible)</b>
<b>If = 1.83 (rígido)</b>
<b>u = 0.25</b>

**Figura N° 90: Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**

Se obtiene:

Cimentación flexible: **S = 0.631 cm.**

Cimentación rígida: **S = 0.586 cm.**

<b>CIMIENTO CORRIDO (Df = 1.80 m.)</b>
<b>qs = 1.718 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>B = 150 cm.</b>
<b>Es = 300 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>If = 1.97 (Flexible)</b>
<b>If = 1.83 (rígido)</b>
<b>u = 0.25</b>

**Figura N° 91: Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**

Se obtiene:

Cimentación flexible: **S = 1.587 cm.**

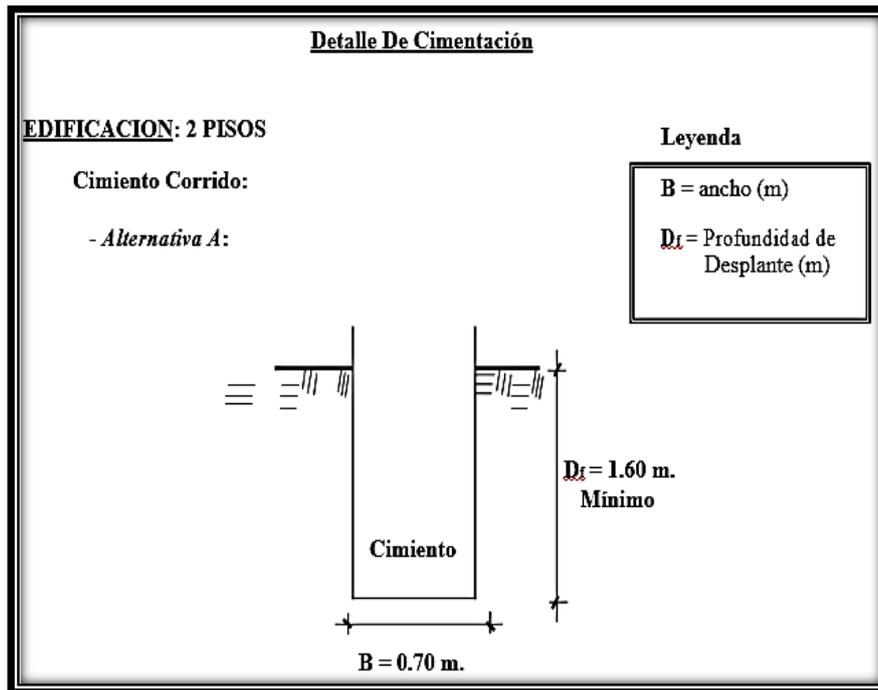
Cimentación rígida : **S = 1.474 cm.**

- **Agresión Al Suelo De Cimentación**

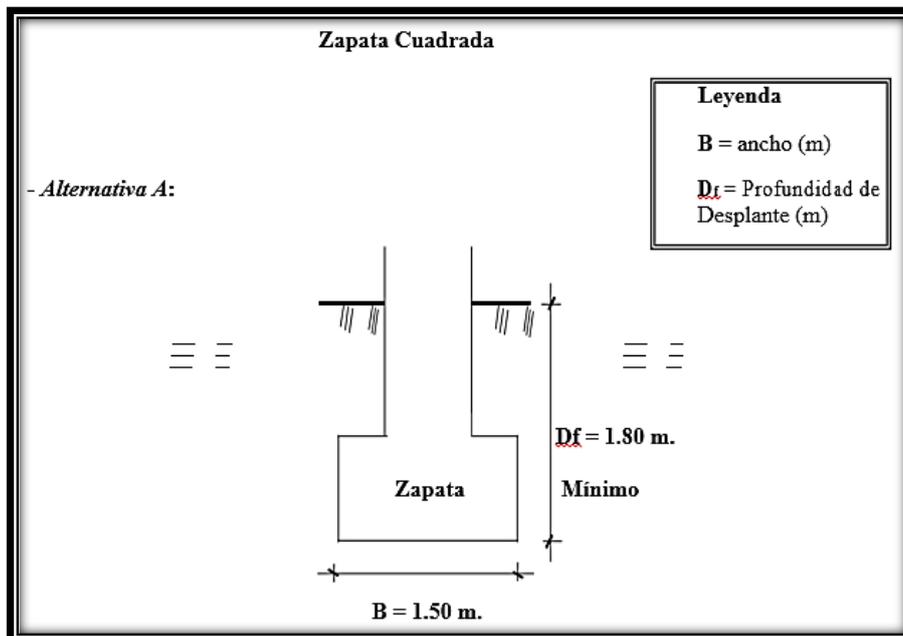
Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones moderadas de sulfatos sales solubles totales y cloruros, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación. Por lo tanto, el recubrimiento de las varillas de acero será mayor que el comúnmente utilizado y el cemento a usar será el Tipo MS.



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 92: Detalle De Cimentación (Estudio de Suelos)**



**Figura N° 93: Detalle De Zapatas (Estudio de Suelos)**

### 7.15 Calicata C-5

De 0.0- 0.20 m. Superficialmente se presenta una capa conformada por material de suelo orgánico con basura en estado suelto. De 0.20 – 2.50 m. Luego se da paso a la presencia de material conformado por grava bien graduada (GW), de



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

regular humedad, baja plasticidad y de compacidad media a compacta. Se nota la presencia de piedras a medida que nos vamos profundizando. No se presenta el Nivel Freático (NAF) a la profundidad explorada.

- **Profundidad de la Cimentación**

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos, característica de la estructura, se recomienda cimentar en la grava bien graduada GW, de estado de compacidad media a compacta, a una profundidad de cimentación mínima de:

<b>Cimentación</b>	<b>B (m)</b>	<b>Df (m)</b>
<b>Cimiento Corrido</b>	<b>0.7</b>	<b>1.6</b>
<b>Cimiento Cuadrado</b>	<b>1.5</b>	<b>1.8</b>

**Figura N° 94: Detalle De Cimentaciones (Estudio de Suelos)**

- **Tipo de Cimentación**

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas de la edificación a construir, se recomienda utilizar una cimentación superficial, tal como Cimentación Corrida y Cimentación Cuadrada.

- **Cálculo de la Capacidad Portante Admisible**

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para la cimentación. La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), con los parámetros de Vesic (1971).

- **Densidad Relativa (Dr)**

Con los resultados de los ensayos en el laboratorio de densidades máximas y mínimas a diferentes profanidades obtenemos los siguientes valores de densidad relativas de los suelos de cimentación.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

**Según Terzaghi y Peck:**

- **Cimiento Corrido**

<b>FORMULA</b>
$q_{ul} = s_c * C * N_c + 0.50 * s * B * N + s_q * D_f * N_q (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 95: Formula (Terzaghi y Peck)**

- **Cimiento Cuadrado**

<b>FORMULA</b>
$q_{ul} = 1.3 * s_c * C * N_c + 0.40 * s * B * N + s_q * D_f * N_q (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 96: Formula (Terzaghi y Peck)**

Donde:

$q_{ul}$  : = Capacidad Ultima de Carga en kg/cm<sup>2</sup>.

$q_{ad}$ : = Capacidad Portante Admisible en kg/cm<sup>2</sup>.

F.S. : = Factor de Seguridad = 3

$s$  := Peso Específico Total.

$B$  : = Ancho de la Zapata o Cimiento Corrido en m.

$D_f$  : = Profundidad de la cimentación.

$N_c, N, N_q$  : = Parámetros que son función de  $s_c, s, s_q$  : = Factores de Forma.

$C$  : = Cohesión en kg/cm<sup>2</sup>.

**a) Cimiento Corrido**

<b><math>C = 0.00 \text{ Kg/cm}^2 = 24.00 \text{ }^\circ \text{ F.S.} = 2.90</math></b>		
<b><math>D_f = 1.80 \text{ m.}</math></b>	<b><math>N_c = 19.32</math></b>	<b><math>s_c = 1.50</math></b>
<b><math>B = 1.60 \text{ m.}</math></b>	<b><math>N = 9.44</math></b>	<b><math>s_t = 0.60</math></b>
	<b><math>N_q = 9.60</math></b>	<b><math>s_q = 1.45</math></b>

**Figura N° 97: Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

De (1) se tiene:

$$q_{ul} = 4.395 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ad} = 1.465 \text{ kg/cm}^2$$

**a) Cimiento Cuadrado**

<b>C = 0.00 Kg/cm<sup>2</sup> = 24.00 ° F.S. = 3.00</b>		
<b>Df = 1.80 m.</b>	<b>Nc = 19.32</b>	<b>sc = 1.50</b>
<b>B = 1.60 m.</b>	<b>N = 9.44</b>	<b>st = 0.60</b>
	<b>Nq = 9.60</b>	<b>sq = 1.45</b>

**Figura N° 98: Cimiento Cuadrado (Estudio de Suelos)**

De (1) se tiene:

$$q_{ul} = 5.154 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ad} = 1.820 \text{ kg/cm}^2$$

- **Cálculo de Asentamientos**

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados asentamientos totales y los asentamientos diferenciales, de los cuales los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa una pulgada, que es el asentamiento máximo tolerable para estructuras convencionales. El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1964), considerando el tipo de cimentación superficial recomendado. Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme en ambos casos.

El asentamiento elástico inicial será:

$$S = q_s B(1-u^2) I_f / E_s \quad (3)$$

Donde:



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

S = Asentamiento (cm)

qs = Esfuerzo Neto Transmisible

(kg/cm<sup>2</sup>) B = Ancho de

Cimentación (cm)

Es= Módulo de Elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)

u = Relación de Poisson

If = Factor de Influencia que depende de la Forma y la Rigidez de la Cimentación

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde ira desplantada la cimentación. Para este tipo de suelo de arenas y gravas, donde ira desplantada la cimentación es conveniente considerar los siguientes módulos de elasticidad  $E=3000 \text{ kg/cm}^2$  y un coeficiente de Poisson de  $u=0.25$ . Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando cimentación rígida y flexible, se considera además que los esfuerzos transmitidos son iguales a la capacidad admisible de carga.

<b>CIMIENTO CORRIDO (<math>D_f = 1.80 \text{ m.}</math>)</b>
<b>qs = 1.465 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>B = 70 cm.</b>
<b>Es = 300 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>If = 1.97 (Flexible)</b>
<b>If = 1.83 (rigido)</b>
<b>u = 0.25</b>

**Figura N° 99: Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**

Se obtiene:

Cimentación flexible: **S = 0.631 cm.**

Cimentación rígida: **S = 0.586 cm.**



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

<b>CIMIENTO CORRIDO (<math>D_f = 1.60</math> m.)</b>	
$q_s =$	$1.465 \text{ kg/cm}^2$
$B =$	$180 \text{ cm.}$
$E_s =$	$300 \text{ kg/cm}^2$
$I_f =$	$1.97 \text{ (Flexible)}$
$I_f =$	$1.83 \text{ (rígido)}$
$u =$	$0.25$

**Figura N° 100:** Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)

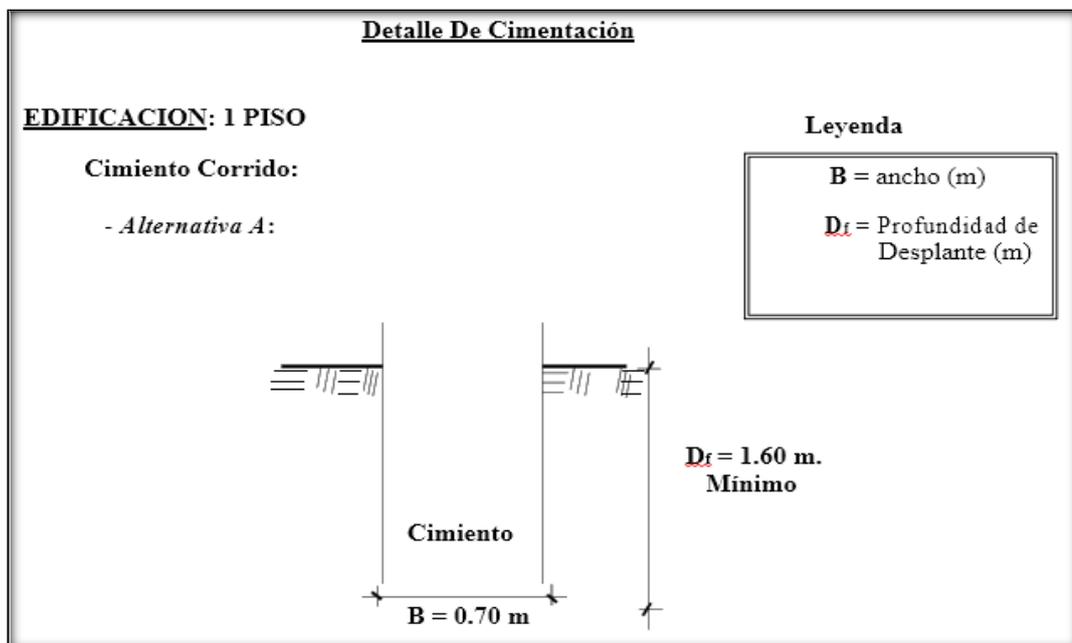
Se obtiene:

Cimentación flexible:  $S = 1.587 \text{ cm.}$

Cimentación rígida:  $S = 1.474 \text{ cm.}$

- **Agresión Al Suelo De Cimentación**

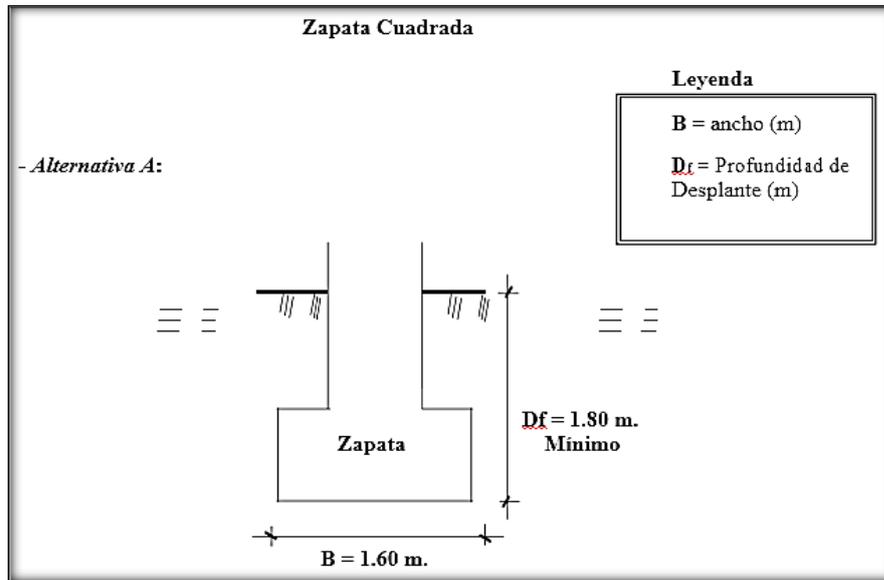
Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones moderadas de sulfatos sales solubles totales y cloruros, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación. Por lo tanto, el recubrimiento de las varillas de acero será mayor que el comúnmente utilizado y el cemento a usar será el Tipo MS.



**Figura N° 101:** Detalle De Cimentación (Estudio de Suelos)



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**Figura N° 102: Detalle De Zapatas (Estudio de Suelos)**

**7.16 Calicata C-6**

De 0.0 - 0.20 m. Superficialmente se presenta una capa conformada por material de suelo orgánico con basura en estado suelto. De 0.20 – 2.60 m. Luego se da paso a la presencia de material conformado por grava bien graduada (GW), de regular humedad, baja plasticidad y de compacidad media a compacta. Se nota la presencia de piedras a medida que nos vamos profundizando.

- Profundidad de la Cimentación**

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos, característica de la estructura, se recomienda cimentar en la grava bien graduada GW, de estado de compacidad media a compacta, a una profundidad de cimentación mínima de:

<b>Cimentación</b>	<b>B (m)</b>	<b>Df (m)</b>
<b>Cimiento Corrido</b>	<b>0.7</b>	<b>1.6</b>
<b>Cimiento Cuadrado</b>	<b>1.5</b>	<b>1.8</b>

**Figura N° 103: Cuadro de Cimentaciones (Estudio de Suelos)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

- **Tipo de Cimentación**

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas de la edificación a construir, se recomienda utilizar una cimentación superficial, tal como Cimentación Corrida y Cimentación Cuadrada.

- **Cálculo de la Capacidad Portante Admisible**

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para la cimentación. La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), con los parámetros de Vesic (1971).

- **Densidad Relativa ( $D_r$ )**

Con los resultados de los ensayos en el laboratorio de densidades máximas y mínimas a diferentes profundidades obtenemos los siguientes valores de densidad relativas de los suelos de cimentación.

**Segun Terzaghi y Peck:**

- **Cimiento Corrido**

<b>FORMULA</b>
$q_{ul} = s_c * C * N_c + 0.50 * s * B * N + s_q * D_f * N_q \quad (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 104: Formula (Terzaghi y Peck)**

- **Cimiento Cuadrado**

<b>FORMULA</b>
$q_{ul} = 1.3 * s_c * C * N_c + 0.40 * s * B * N + s_q * D_f * N_q \quad (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

**Figura N° 105: Formula (Terzaghi y Peck)**

Donde:

qul := Capacidad Ultima de Carga en kg/cm<sup>2</sup>.

qad := Capacidad Portante Admisible en kg/cm<sup>2</sup>.

F.S. := Factor de Seguridad = 3

γ := Peso Específico Total.

B := Ancho de la Zapata o Cimiento Corrido en m.

Df. := Profundidad de la cimentación.

N<sub>c</sub>, N<sub>s</sub>, N<sub>q</sub> := Parámetros que son función de s<sub>c</sub>, s<sub>s</sub>, s<sub>q</sub>; = Factores de Forma.

C := Cohesión en kg/cm<sup>2</sup>.

**a) Cimiento Corrido**

C = 0.00 Kg/cm <sup>2</sup> = 24.00 ° F.S. = 2.80		
Df = 1.80 m.	N <sub>c</sub> = 19.32	s <sub>c</sub> = 1.50
B = 1.50 m.	N <sub>s</sub> = 9.44	s <sub>s</sub> = 0.60
	N <sub>q</sub> = 9.60	s <sub>q</sub> = 1.45

**Figura N° 106: Cimiento Corridos (Estudio de Suelos)**

De (1) se tiene:

**qul = 4.395 kg/cm<sup>2</sup>**

**qad = 1.205 kg/cm<sup>2</sup>**



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

**b) Cimiento Cuadrado**

<b>C = 0.00 Kg/cm<sup>2</sup> = 24.00 ° F.S. = 2.80</b>		
<b>Df = 1.80 m.</b>	<b>Nc = 19.32</b>	<b>sc = 1.50</b>
<b>B = 1.60 m.</b>	<b>N = 9.44</b>	<b>st = 0.60</b>
	<b>Nq = 9.60</b>	<b>sq = 1.45</b>

**Figura N° 107: Cimiento Cuadrado (Estudio de Suelos)**

De (1) se tiene:

$$q_{ul} = 5.154 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ad} = 1.718 \text{ kg/cm}^2$$

- **Cálculo de Asentamientos**

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados asentamientos totales y los Asentamientos Diferenciales, de los cuales los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa una pulgada, que es el asentamiento máximo tolerable para estructuras convencionales. El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1964), considerando el tipo de cimentación superficial recomendado. Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme en ambos casos.

El asentamiento elástico inicial será:

$$S = q_s B(1-u^2) I_f / E_s \quad (3)$$

Donde:

S = Asentamiento (cm)

$q_s$  = Esfuerzo Neto Transmisible (kg/cm<sup>2</sup>)

B = Ancho de Cimentación (cm)

$E_s$  = Módulo de Elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)

u = Relación de Poisson

$I_f$  = Factor de Influencia que depende de la Forma y la Rigidez de la Cimentación



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde ira desplantada la cimentación. Para este tipo de suelo de arenas y gravas, donde ira desplantada la cimentación es conveniente considerar los siguientes módulos de elasticidad  $E=3000 \text{ kg/cm}^2$  y un coeficiente de Poisson de  $u=0.25$ . Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando cimentación rígida y flexible, se considera además que los esfuerzos transmitidos son iguales a la capacidad admisible de carga.

<b>CIMIENTO CORRIDO (<math>D_f = 1.70 \text{ m.}</math>)</b>
<b><math>q_s = 1.718 \text{ kg/cm}^2</math></b>
<b><math>B = 150 \text{ cm.}</math></b>
<b><math>E_s = 300 \text{ kg/cm}^2</math></b>
<b><math>I_f = 1.97 \text{ (Flexible)}</math></b>
<b><math>I_f = 1.83 \text{ (rigido)}</math></b>
<b><math>u = 0.25</math></b>

**Figura N° 108: Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**

Se obtiene:

Cimentación flexible:  **$S = 0.631 \text{ cm.}$**

Cimentación rígida:  **$S = 0.586 \text{ cm.}$**

<b>CIMIENTO CORRIDO (<math>D_f = 1.80 \text{ m.}</math>)</b>
<b><math>q_s = 1.718 \text{ kg/cm}^2</math></b>
<b><math>B = 150 \text{ cm.}</math></b>
<b><math>E_s = 300 \text{ kg/cm}^2</math></b>
<b><math>I_f = 1.97 \text{ (Flexible)}</math></b>
<b><math>I_f = 1.83 \text{ (rigido)}</math></b>
<b><math>u = 0.25</math></b>

**Figura N° 109: Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**

Se obtiene:

Cimentación flexible:  **$S = 1.587 \text{ cm.}$**

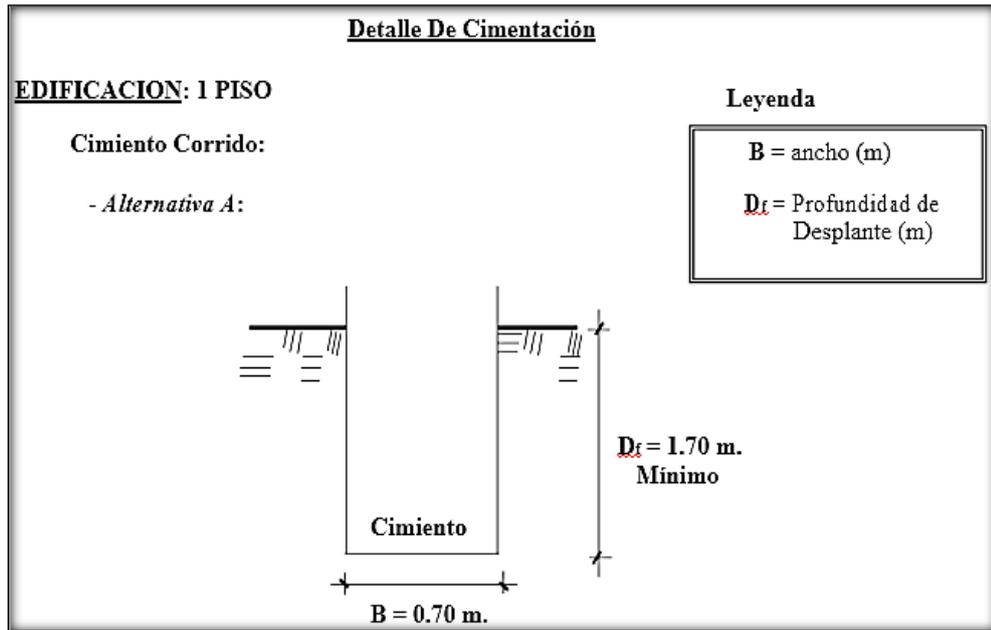
Cimentación rígida:  **$S = 1.474 \text{ cm.}$**

- **Agresión Al Suelo De Cimentación**

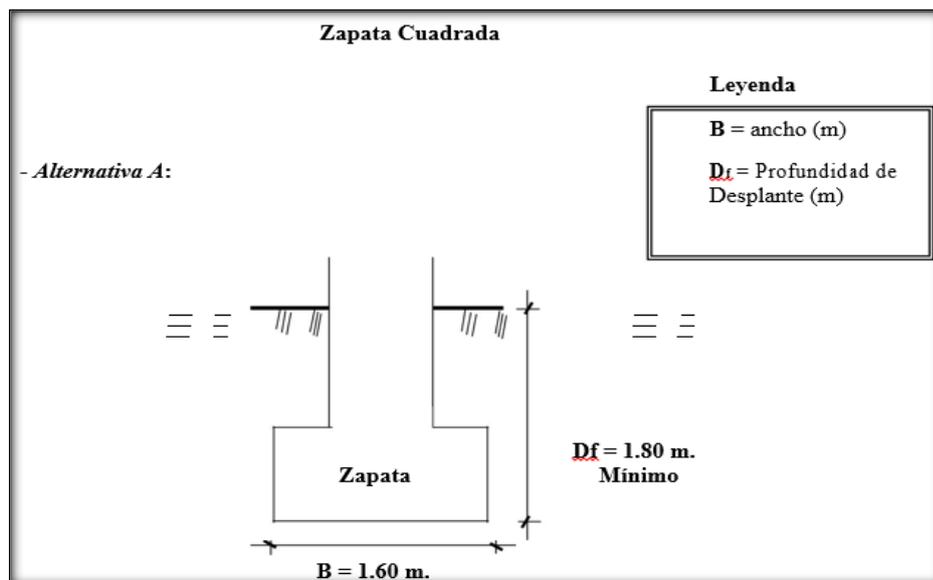


**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones moderadas de sulfatos sales solubles totales y cloruros, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación. Por lo tanto, el recubrimiento de las varillas de acero será mayor que el comúnmente utilizado y el cemento a usar será el Tipo MS.



**Figura N° 110: Detalle De Cimentación (Estudio de Suelos)**



**Figura N° 111: Detalle De Zapata (Estudio de Suelos)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 7.17 Calicata C-7

De 0.0 - 0.20 m. Superficialmente se presenta una capa conformada por material de suelo orgánico con basura en estado suelto. De 0.20 – 2.40 m. Luego se da paso a la presencia de material conformado por grava bien graduada (GW), de regular humedad, baja plasticidad y de compacidad media a compacta. Se nota la presencia de piedras a medida que nos vamos profundizando.

- **Profundidad de la Cimentación**

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos, característica de la estructura, se recomienda cimentar en la grava bien graduada GW, de estado de compacidad media a compacta, a una profundidad de cimentación mínima de:

<b>Cimentación</b>	<b>B (m)</b>	<b>Df (m)</b>
<b>Cimiento Corrido</b>	<b>0.7</b>	<b>1.6</b>
<b>Cimiento Cuadrado</b>	<b>1.5</b>	<b>1.8</b>

**Figura N° 112: Detalle De Cimentaciones (Estudio de Suelos)**

- **Tipo de Cimentación**

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas transmitidas de la edificación a construir, se recomienda utilizar una cimentación superficial, tal como Cimentación Corrida y Cimentación Cuadrada.

- **Cálculo de la Capacidad Portante Admisible**

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para la cimentación. La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), con los parámetros de Vesic (1971).



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

- **Densidad Relativa (Dr)**

Con los resultados de los ensayos en el laboratorio de densidades máximas y mínimas a diferentes profanidades obtenemos los siguientes valores de densidad relativas de los suelos de cimentación.

### Segun Terzaghi y Peck:

- **Cimiento Corrido**

FORMULA
$q_{ul} = s_c * C * N_c + 0.50 * s * B * N + s_q * D_f * N_q (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 113: Formula (Terzaghi y Peck)**

- **Cimiento Cuadrado**

FORMULA
$q_{ul} = 1.3 * s_c * C * N_c + 0.40 * s * B * N + s_q * D_f * N_q (1) \quad q_{ad} = q_{ul} / F.S.$

**Figura N° 114: Formula (Terzaghi y Peck)**

Donde:

$q_{ul}$  : = Capacidad Ultima de Carga en kg/cm<sup>2</sup>.

$q_{ad}$ : = Capacidad Portante Admisible en kg/cm<sup>2</sup>.

F.S. : = Factor de Seguridad = 3

$s$  := Peso Específico Total.

$B$  : = Ancho de la Zapata o Cimiento Corrido en m.

$D_f$  : = Profundidad de la cimentación.

$N_c, N, N_q$  : = Parámetros que son función de  $s_c, s, s_q$  : = Factores de Forma.

$C$  : = Cohesión en kg/cm<sup>2</sup>.



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

a) Cimiento Corrido

<b>C = 0.00 Kg/cm<sup>2</sup> = 24.00 ° F.S. = 2.90</b>		
<b>Df = 1.80 m.</b>	<b>Nc = 19.32</b>	<b>sc = 1.50</b>
<b>B = 1.60 m.</b>	<b>N = 9.44</b>	<b>st = 0.60</b>
	<b>Nq = 9.60</b>	<b>sq = 1.45</b>

**Figura N° 115:** Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)

De (1) se tiene:

$$q_{ul} = 4.395 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ad} = 1.465 \text{ kg/cm}^2$$

b) Cimiento Cuadrado

<b>C = 0.00 Kg/cm<sup>2</sup> = 24.00 ° F.S. = 3.00</b>		
<b>Df = 1.80 m.</b>	<b>Nc = 19.32</b>	<b>sc = 1.50</b>
<b>B = 1.60 m.</b>	<b>N = 9.44</b>	<b>st = 0.60</b>
	<b>Nq = 9.60</b>	<b>sq = 1.45</b>

**Figura N° 116:** Cimiento Cuadrado (Estudio de Suelos)

De (1) se tiene:

$$q_{ul} = 5.154 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ad} = 1.718 \text{ kg/cm}^2$$

- **Cálculo de Asentamientos**

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados asentamientos totales y los asentamientos diferenciales, de los cuales los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa una pulgada, que es el asentamiento máximo tolerable para estructuras convencionales.

El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1964), considerando el tipo de cimentación superficial recomendado. Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme en ambos casos.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

El asentamiento elástico inicial será:

$$S = q_s B(1-u^2) I_f / E_s \quad (3)$$

donde:

S = Asentamiento (cm)

$q_s$  = Esfuerzo Neto Transmisible

(kg/cm<sup>2</sup>) B = Ancho de

Cimentación (cm)

$E_s$  = Módulo de Elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)

u = Relación de Poisson

$I_f$  = Factor de Influencia que depende de la Forma y la Rigidez de la Cimentación

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde iría desplantada la cimentación. Para este tipo de suelo de arenas y gravas, donde iría desplantada la cimentación es conveniente considerar los siguientes módulos de elasticidad  $E=3000$  kg/cm<sup>2</sup> y un coeficiente de Poisson de  $u=0.25$ . Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando cimentación rígida flexible, se considera además que los esfuerzos transmitidos son iguales a la capacidad admisible de carga.

<b>CIMIENTO CORRIDO (<math>D_f = 1.80</math> m.)</b>
<b><math>q_s = 1.465</math> kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>B = 70 cm.</b>
<b><math>E_s = 300</math> kg/cm<sup>2</sup></b>
<b><math>I_f = 1.97</math> (Flexible)</b>
<b><math>I_f = 1.83</math> (rígido)</b>
<b>u = 0.25</b>

**Figura N° 117: Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)**

Se obtiene:



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Cimentación flexible:  $S = 0.631$  cm.

Cimentación rígida:  $S = 0.586$  cm.

<b>CIMIENTO CORRIDO (<math>D_f = 1.60</math> m.)</b>	
$q_s =$	$1.465 \text{ kg/cm}^2$
$B =$	$180 \text{ cm.}$
$E_s =$	$300 \text{ kg/cm}^2$
$I_f =$	$1.97$ (Flexible)
$I_f =$	$1.83$ (rígido)
$u =$	$0.25$

**Figura N° 118:** Cimiento Corrido (Estudio de Suelos)

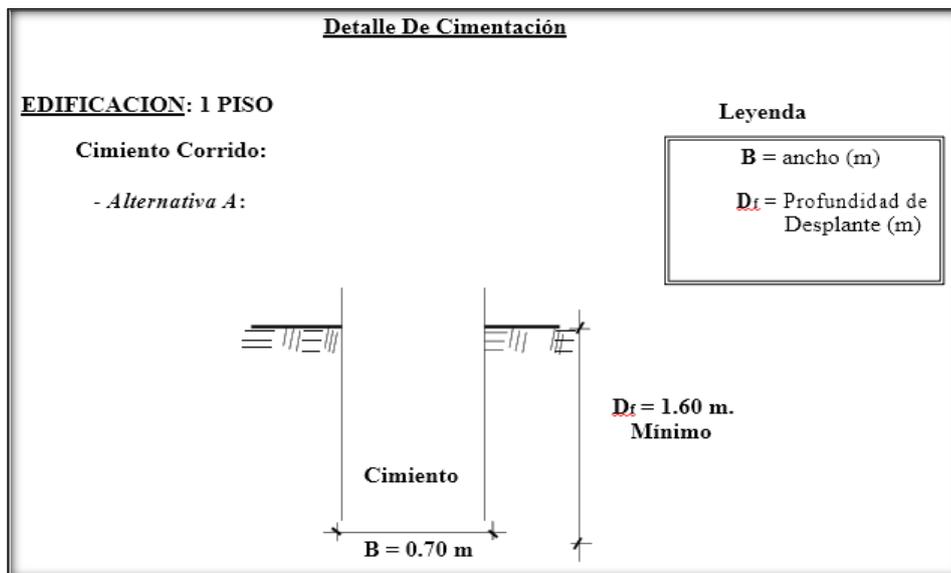
Se obtiene:

Cimentación flexible:  $S = 1.587$  cm.

Cimentación rígida:  $S = 1.474$  cm.

• **Agresión Al Suelo De Cimentación**

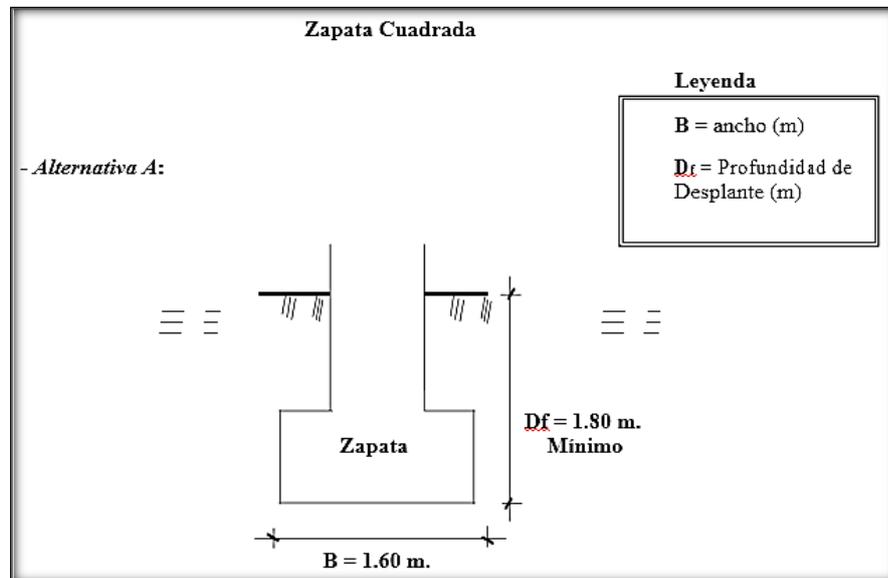
Se concluye que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones moderadas de sulfatos sales solubles totales y cloruros, que podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación. Por lo tanto, el recubrimiento de las varillas de acero será mayor que el comúnmente utilizado y el cemento a usar será el Tipo MS.



**Figura N° 119:** Detalle De Cimentación (Estudio de Suelos)



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.



**Figura N° 120: Detalle De Zapatas (Estudio de Suelos)**

## 7.18 Microzonificación Geotécnica

El Diseño estructural y de cimentación debe considerar el Mapa geotécnico, porque allí se define el comportamiento del suelo, que va estar en contacto con la estructura a construir. Van a afectar el diseño de cimentaciones: el tipo de suelo (cohesivo, granular con finos, de alta o baja plasticidad), la variación de estratos, la consistencia (media, blanda, dura), las propiedades físicas y mecánicas (cohesión, ángulo, de fricción interna, índice de compresión), la ubicación del nivel freático, la profundidad de cimentación, la capacidad portante por resistencia, la capacidad portante por asentamiento, el esfuerzo neto, los asentamientos diferenciales y totales, los agentes agresivos y ataque químico de suelos y aguas subterráneas (sales, cloruros, sulfatos), la expansibilidad y fuerza expansiva del suelo, la estabilidad del talud de la excavación, las especificaciones del Reglamento nacional de edificaciones, etc. Solo si conocemos esto procedemos a diseñar la cimentación, en caso contrario el diseñador se convierte en un peligro público. “No hay gloria en las cimentaciones”, dijo el Dr. Terzaghi, pero si repudio para el ingeniero si falla una edificación.

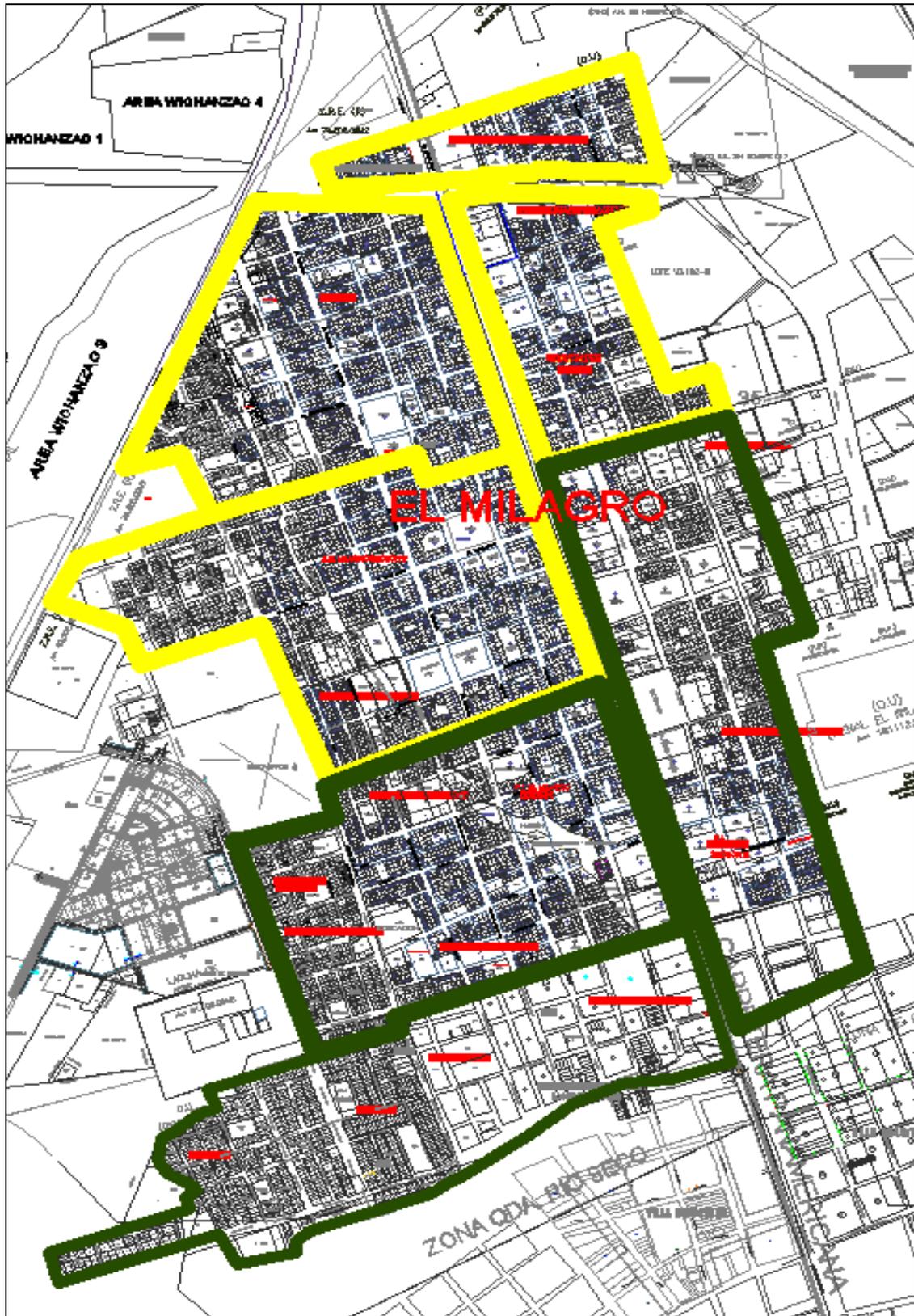


**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Los sectores cuyo suelo fueron analizados son los siguientes:

<b>Parte Baja</b>	
1	Sector Pueblo Joven
2	Sector 1
3	Sector 2
4	Sector 4
5	Sector 5
6	Sector 6-A
7	Sector 6-B
8	Sector 6-C
9	Sector 6-D
10	Sector 7-A
11	Sector Los Pedregales
12	Sector La Molina 1
13	Sector La Molina 2
14	Sector 10-A
<b>Parte Alta</b>	
15	Sector 3
16	Sector 9
17	Sector 10

**Tabla N° 8: Sectores Analizados – C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**



**Figura N° 121:** Mapa Geotécnico – C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

A continuación, se presentan el resumen de la capacidad portante del suelo de los sectores analizados:

Calicata	Zonas	CAPACIDAD PORTANTE	NAF
C-1	PARTE DEL SECTOR III	1.458kg/cm <sup>2</sup>	NO SE ENCONTRARON CAPAS FREÁTICAS
C-2	IX Y PARTE DEL SECTOR III	1.718kg/cm <sup>2</sup>	
C-3	IV Y II	1.798kg/cm <sup>2</sup>	
C-4	V Y VI-A	1.805kg/cm <sup>2</sup>	
C-5	X-A Y X	1.820kg/cm <sup>2</sup>	
C-6	SECTOR VI-B, VI-D, I, VI-C	1.205kg/cm <sup>2</sup>	
C-7	LA MOLINA 1 Y 2 , LOS PEDREGALES Y VII-A	1.208kg/cm <sup>2</sup>	

**Tabla N° 9: Capacidad Portante de Sectores (Fuente: Los Autores)**

En lo que respecta a la capa freática (NAF) a 3 mts de excavación no se encontraron rastros de humedecimiento. Por lo que el suelo es adecuado para construcciones profundas como potenciales edificaciones con sótano. Esto lo confirma el Instituto de Investigación en Desastres y Medio Ambiente **IIDMA**, que establece que en esta zona el nivel de la capa freática comprende entre los 55 – 65 mts de profundidad.

ZONA	PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (m)
Distritos La Esperanza y Florencia de Mora	55 a 65 m
Distrito El Porvenir	30 a 50 m
Central Antigua	25 a 35 m
Urb. Residenciales al Norte del Centro Cívico	30 a 40 m
Urb. Residenciales al Sur del Centro Cívico	15 a 25 m
Distrito de Víctor Larco	0,5 a 3 m
Balneario de Buenos Aires	0,26 a 0,47 m

**Tabla N° 10: Profundidad NAF (Fuente: IIDMA)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

A continuación, se presentan algunas características del suelo encontrado:

<b>DATOS DE ESTUDIO DE SUELOS</b>	
<b>COEFICIENTE DE POISSON</b>	<b>0.25</b>
<b>MODULO DE ELASTICIDAD</b>	<b>300 Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA</b>	<b>2.69 gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>12.97%</b>
<b>PESO UNIT. HUMEDAD</b>	<b>48.20 - 53.20 %</b>
<b>PESO SUMERGIDO</b>	<b>128.00 gr</b>

**Tabla N° 11: Datos de EMS (Fuente: Los Autores)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 7.19 Microzonificación de Peligros

Se debe considerar el Mapa de Peligros, de la zona donde se va a construir una edificación. Este se confecciona después de zonificar las áreas de peligros geológicos, climáticos, y geológico-climáticos.

Delimitamos las áreas de peligro muy alto (color rojo), Alto (color anaranjado), Medio (color amarillo) o Bajo (color verde). Nos indica las áreas que son aptas para una buena condición urbana segura.

Indicamos cuales son las áreas apropiadas para expansión urbana y equipamiento, y cuáles son las áreas donde se requieren estudios y especificaciones especiales, o donde no se debe construir. Identificamos también las zonas críticas de una ciudad, donde se requieren obras de mitigación.

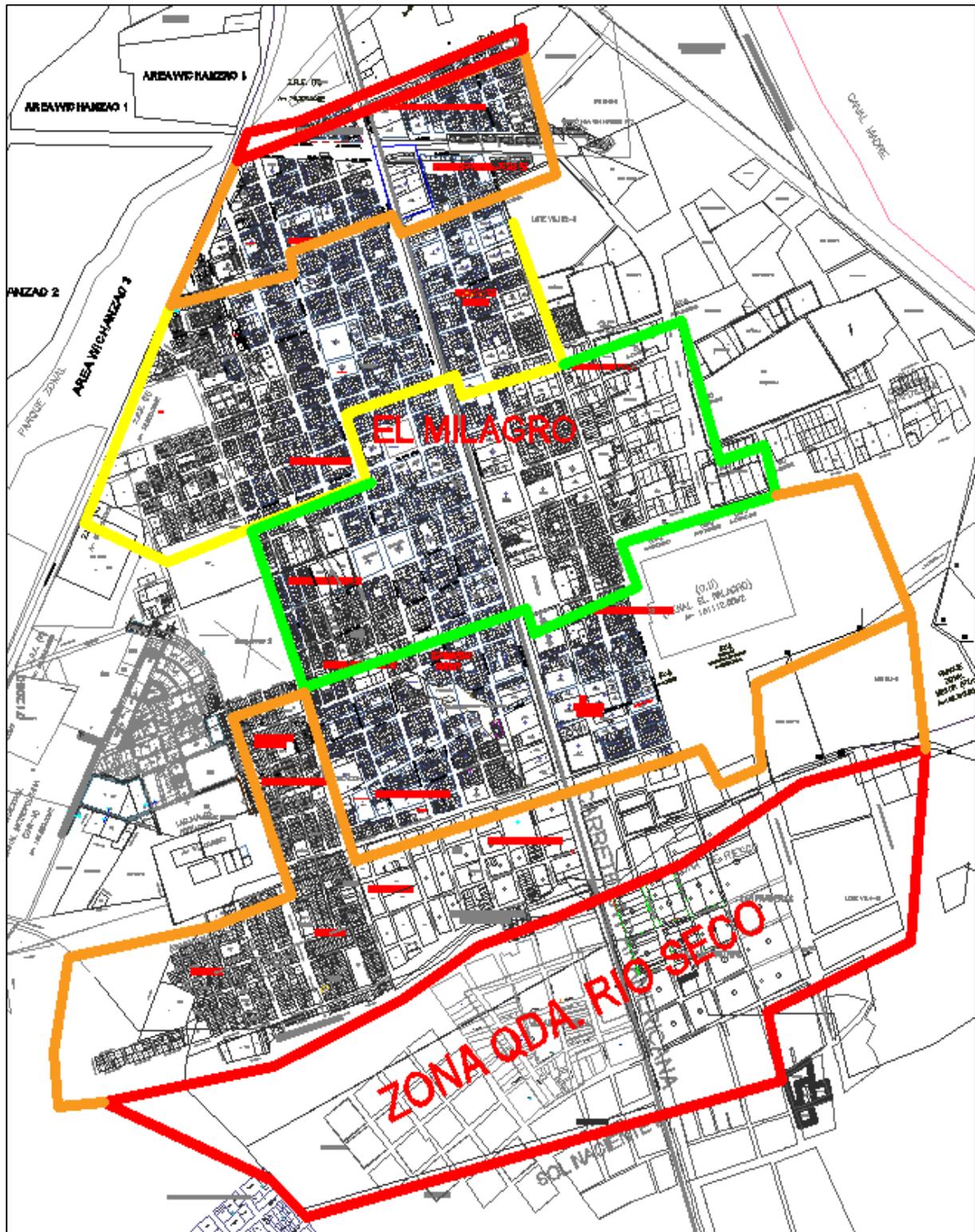
Las Naciones Unidas han clasificado en cuatro grupos, los fenómenos naturales que pueden causar desastres, y que son representados en un Mapa de peligros naturales:

- Generados por procesos dinámicos en el interior de la tierra (Geodinámica Interna). - Terremotos, Maremotos o tsunamis, actividad volcánica.
- Generados por procesos dinámicos en la superficie terrestre (Geodinámica externa). - Deslizamientos, derrumbes, aludes, aluviones, desglaciación.
- Generados por fenómenos meteorológicos, oceanográficos. - Cambios climáticos (como el fenómeno de El Niño), cambios climáticos (sin el Niño), Inundaciones, sequías, temporales, granizo.
- De origen biológico. - Plagas (langostas), epidemias.

Los desastres más frecuentes en nuestro país son:

- Inundaciones, Aluviones menores (Huaycos o llocllas), deslizamientos.
- Sequías temporales y terremotos.

El mapa de peligros obtenido según lo analizado fue el siguiente:



**Figura N° 122:** Mapa de Peligros – C.P El Milagro (Los Autores)



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 7.19.1. Niño Costero

El nuevo fenómeno denominado Niño Costero azotó en el mes marzo a diferentes localidades de Trujillo. Según Senamhi, este fenómeno fue algo inusual al Fenómeno del Niño, del cual ya se conocía, ya que la fecha en la que se presentó y las condiciones climáticas no cumplían para ser denominado como un nuevo suceso del Fenómeno del Niño, sino fue bautizado por los especialistas como Niño Costero.

El 17 de marzo del 2017 comenzó el nuevo fenómeno denominado Niño Costero, siendo el C.P. El Milagro (zona de estudio), el Distrito El Porvenir y la ciudad céntrica de Trujillo los más afectados. La conexión vial entre el C.P. El Milagro y la ciudad de Trujillo fueron bloqueadas producto de las inundaciones provocadas por la quebrada León, afectando a muchas viviendas.

La entrada al C.P. El Milagro, provenientes de la ciudad de Trujillo, donde se localiza la quebrada León de mayor importancia existen numerosas viviendas de manera informal, dichas viviendas fueron afectadas a gran escala. Esto se ve reflejado de color rojo en el mapa de peligros.

En las siguientes imágenes se visualiza la ruta de la quebrada León y la magnitud de destrucción provocada:



**Figura N° 123: Rutas de las Quebradas en Trujillo (Fuente: Google Maps 2016)**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

A continuación, se muestra algunas imágenes productos del fenómeno del Niño Costero:



**Figura N° 124:** Quebrada Leon C.P El Milagro (Fuente: Los Autores)



**Figura N° 125:** Vivienda afectada por Inundación (Fuente: Los Autores)



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**Figura N° 126: Vivienda afectada por Inundación (Fuente: Los Autores)**



**Figura N° 127: Vía de Evitamiento conexión Huanchaco – C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**Figura N° 128: Vía de Evitamiento Inhabilitada (Fuente: Los Autores)**



**Figura N° 129: Vía de Evitamiento conexión Huanchaco – C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

**7.19.2. Sismicidad**

Como hemos visto en el mapa de material predominante es la albañilería con un 56%, le sigue un 43% correspondiente al adobe, esto debe de tomarse muy en cuenta, ya que mayormente el material de albañilería no ha seguido un proceso de construcción adecuada y junto a ello existe una importante cantidad de viviendas construidas con adobe, por lo cual sumando la alta sismicidad que existe en la zona, puede ocasionar terribles daños materiales y de vidas humanas.

En la siguiente tabla se observa los niveles generales de Peligro existente en las zonas del C.P. El Milagro:

<b>NIVELES DE PELIGRO</b>		
<b>AREAS</b>	<b>NIVEL</b>	<b>LEYENDA</b>
<p>PARTE DE: SOL NACIENTE, LA VILLA INDUSTRIAL Y LAS PRADERAS</p>	<p><b>ALTO</b></p>	
<p>LA MOLINA I Y II, LOS PEDREGALES SECTORES VIIA-VID, IV, IX, X</p>	<p><b>MEDIO</b></p>	
<p>SECTORES I-II-III-IV-V Y IX</p>	<p><b>BAJO</b></p>	

**Tabla N° 12: Niveles de Peligro C.P. El Milagro (Fuente: Los Autores)**



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

**CAPITULO VIII**  
**PELIGRO SÍSMICO:**  
**VIVIENDAS DE**  
**ALBAÑILERÍA**



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

## 8.1 Alcances de la Ficha de Reporte de Viviendas

Las fichas de reporte fueron elaboradas en el software Microsoft Office Excel. En las cuales se simplifica, completa y ordenadamente la información estructural, arquitectónica y constructiva, recopilada de cada vivienda de albañilería encuestada. Las fichas incluyen el análisis y cálculo de la vulnerabilidad, riesgo y peligro sísmico de cada vivienda. Las fichas de reporte están conformadas por 3 páginas.

La primera incluye los antecedentes, aspectos técnicos, deficiencias constructivas. La segunda página se hace los cálculos para el análisis sísmico. El cual se contempla la adecuada densidad de muros mínima requerida en la vivienda en cada dirección considerando la calidad de la mano de obra y de los materiales. La vulnerabilidad sísmica está en función a la vulnerabilidad estructural y a la vulnerabilidad no estructural. En la tercera página se incluye los planos de planta y elevación de la vivienda. En la misma página se muestra fotos de los problemas más resaltantes de la vivienda. Las ecuaciones representadas en el presente capítulo fueron propuestas por Laucata y Mosqueira.

## 8.2 Descripción detallada de ficha de reporte

A continuación, se describirá de una forma más detallada el contenido de las fichas de reporte:

### 8.2.1 Antecedentes

Se sintetiza los datos de la encuesta, como la ubicación de las viviendas, el tipo de asesoría que recibió durante las etapas de diseño y de construcción de la vivienda. Además, el número de pisos existentes y los proyectados a futuro, la duración de la construcción y la secuencia constructiva. La topografía y geología del terreno de la vivienda, donde se detalla la pendiente y el tipo de suelo sobre el cual está la vivienda. El estado de la vivienda es una descripción



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

general de cómo se encuentra la vivienda actualmente, los principales defectos y en qué etapa de la construcción se encuentra la vivienda.

A continuación, en la Fig. 130 se presenta los Antecedentes de la Ficha de Reporte de una vivienda del C.P El Milagro.



**VULNERABILIDAD SISMICA EN VIVIENDAS DEL  
C.P EL MILAGRO  
FICHA DE ENCUESTA**

Vivienda Nº: 3

Antecedentes:

**Dirección:** Sector 5 , Av Industrial - MZ. 20 LT. 14

**Dirección técnica de diseño:** No

**Dirección técnica en la construcción:** Ahorros propios, Maestro de obra.

**Pisos construidos:** 2                      **Pisos proyectados:** 3                      **Antigüedad de la vivienda:** 8 Años

**Topografía y Geología:** Grava Bien Graduada

**Estado de la vivienda :** La vivienda es de muros de adobe y albañilería  
Los muros portantes son mayormente de material de adobe. Se observa degradacion de los fierros expuestas a la interperie.

**Secuencia de la construcción de la vivienda:** Sala - Dormitorios - Baño

**Figura N° 130: Ficha de Reporte - Antecedentes**

### 8.2.2 Aspectos Técnicos

#### a. Elementos de la Vivienda

En esta sección se detalla los tipos de materiales utilizados en la construcción y las dimensiones de los elementos estructurales de las viviendas tales como: cimientos, muros, techos, columnas y vigas.

#### b. Deficiencias en la estructura

En esta sección se describe los problemas más comunes que se observan en las viviendas. Estos problemas están relacionadas a la ubicación de las viviendas, problemas constructivos y estructurales, calidad de mano de obra y algún otro que pueda afectar la vulnerabilidad de la vivienda. A continuación, en la Fig.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

N° 131 se presenta los Aspectos Técnicos de la Ficha de Reporte de una vivienda del C.P El Milagro.

<b>Datos Técnicos:</b>	
<b>Elementos de la vivienda</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Características</b>
<b>Cimientos</b>	Cimiento corrido de 0.40 mt de ancho y 1.00 mt de profundidad, Zapatas 0.80 x0.80 a 1.20 mt de profundidad sobre suelo de grava.
<b>Muros</b>	Ladrillo macizo de arcilla y adobe artesanal, 9x13x23, juntas de 2.5 cm en el primer piso.
<b>Techos</b>	1er piso losa aligerada con altura de 20 cm con ladrillos de concreto y arcilla. 2do piso de fibrocemento
<b>Columnas</b>	En el 1er Piso 15 de 0.25x0.25 mt
<b>Vigas</b>	Longitudinales chata 0.25x0.20 mt.
<b>Deficiencias en la estructura:</b>	
<b>Problemas de Ubicación</b>	<b>Problemas Constructivos</b>
	Ladrillos artesanales
	Ladrillos de adobe
	Juntas muy espaciadas
	Ladrillos de adobe y de arcilla combinadas
<b>Problemas Estructurales</b>	<b>Mano de Obra</b>
Insuficiencia junta sísmica	Regular
Tabiquería no arriotrada	<b>Otros</b>
	Armaduras expuestas y corroidas
	Muros Agrietados

**Figura N° 131: Ficha de Reporte – Datos Técnicos**

**1.1. Análisis Sísmico**

**a. Verificación de la densidad de muros del primer piso ante los sismos severo para albañilería Confinada**

El análisis por sismo, de las viviendas de albañilería, se basó principalmente en la comparación de la densidad de muros. Entre la densidad existente ( $A_e$ ), con la densidad mínima requerida ( $A_r$ ) de muros para que las viviendas soporten adecuadamente el cortante sísmico generado por los sismos severos (0,4g). La verificación de la densidad se realiza en los muros del primer piso de la vivienda por soportar mayor carga sísmica. Para determinar el área mínima de muros en la ecuación (8.1), que debe tener cada vivienda en su primer piso. Se ha supuesto que el esfuerzo cortante actuante debe ser menor que el esfuerzo de corte resistente de los muros.

$$\boxed{\frac{VE}{Ar} \leq \frac{VR}{Ae}} \quad 8.1$$



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

VE = Fuerza cortante actuante (KN) de los muros en un nivel

R = Fuerza de corte resistente (KN) de los muros en un nivel

Ar = Área (m<sup>2</sup>) requerida de muros

Ae = Área (m<sup>2</sup>) existente de muros confinados

**La fuerza cortante en la base VE se expresa como (NTE E.030 2016)**

$$VE = \frac{ZUSC}{R} P \quad 8.2$$

Z = Factor de zona	4	=	0.45
U = Factor de uso que para viviendas		=	1.00
S = Factor de suelo			
Suelo duro (S0)		=	0.80
Suelo muy rígido (S1)		=	1.00
Suelos intermedios (S2)		=	1.05
Suelos Blandos (S3)		=	1.10
C = Factor de amplificación sísmica			
R = Factor de reducción		=	3.00
P = = Peso de la estructura (kN)			

El peso de la estructura se detalla en la siguiente expresión:

$$P = A_{tt} * \gamma \quad 8.3$$

Att = Suma de las áreas techada (m<sup>2</sup>) de todos los pisos de la vivienda.

$\gamma = 8 \text{Kn/m}^2$



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

VR, se expresa como: (art.26.3 NTE E.070)

$$VR = 0.5 * v'm * \alpha * t * l + 0.23 P_g \quad 8.4$$

Donde:

$$\frac{VE}{Ar} \approx \frac{VR}{Ae} \quad 8.5$$

$v'm$  = Resistencia a compresión diagonal de los muretes de albañilería.

$V'm$  = Para ladrillo de fabricación artesanal 510 kPa (Tabla 9 NTEE.070)

$\alpha$  = Factor de reducción por esbeltez, varía entre  $1/3 \leq \alpha \leq 1$

$t$  = Espesor (m) del muro en análisis

$l$  = Longitud (m) del muro en análisis

$P_g$  = Carga gravitacional (kN) de servicio con sobrecarga reducida.

La condición más desfavorable para las viviendas es que ambos términos de la ecuación (8.1) sean equivalentes.

Despejando de la ecuación (7.5) el término Ar, se puede calcular el área mínima requerida para cada vivienda de albañilería.

La expresión VR, se ha simplificado, asumiendo que la carga  $0,23 \cdot P_g = 0$  por ser pequeña para vivienda de dos pisos y la esbeltez puede considerarse con el valor de 1. (Justificación tesis de Mosqueira y Tarque 2005).

La ecuación (8.4) queda reducida a:

$$VR = 0.5 * v'm * t * l \quad 8.6$$

Reemplazando las ecuaciones (8.2), (8.3) y (8.6) en la ecuación (8.5) se tiene:



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

$$\frac{ZUCS}{R * Ar} * A_{tt} * y \approx \frac{0.5 * v'm * t * l}{Ae} \quad 8.7$$

Remplazando valores y reordenando la ecuación (6.7) se tiene:

$$Ar \approx \frac{Z * S * A_{tt} * y}{Ae} \quad 8.8$$

Donde:

Ar expresado en m<sup>2</sup>

La ecuación (8.8) determina el área mínima de muros en cada dirección que deben tener el primer piso de las viviendas, para asegurar un adecuado comportamiento sísmico.

Si se quiere saber el área mínima de muros para otros niveles, hay que cambiar el área techada (Att) por la suma del área techada del nivel en estudio y de las áreas techadas por encima del nivel en estudio. Por ejemplo, para conocer el área mínima de muros del 2do nivel de una vivienda de 3 pisos, hay que sumar el área techada del 2do y 3er nivel.

De acuerdo con la teoría del diseño a rotura de viviendas de albañilería se tiene que asegurar que la suma a resistencia a corte de todos los muros (en una dirección) sea mayor que el cortante sísmico impuesto

Es posible establecer una relación de Ae/Ar para decidir si las viviendas de albañilería tienen o no adecuada densidad de muros. Con Ar calculada con la ecuación (8.8) y Ae de las fichas de encuesta, se determina la relación Ae/Ar. Para hallar el área mínima requerida para no hacer cálculos se ha utilizado la relación desfavorable (8.5) volviendo a despejar sólo que se asume en el cálculo de VR la segunda expresión 0.23Pg donde se considera que exista mayor carga. Para ello se ocupó un muro de cabeza obteniéndose:

Finalmente se obtiene:



ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

$$\frac{VR}{Ar} \approx 315Pa$$

Valdiviezo 2005

$$Ar \approx \frac{Z * S * A_{tt} * y}{380}$$

8.9

Quedando cálculos:

$$\frac{Z * S * A_{tt} * y}{380} < Ar < \frac{Z * S * A_{tt} * y}{300}$$

8.10

Si la expresión definimos un valor:

$$K = Z * S * A_{tt} * y$$

y la expresión (7.10) la dividimos entre  $K/300$ , obtenemos:

$$0.8 < Ar \left( \frac{K}{300} \right) < 1$$

8.11

Esta relación califica preliminarmente, si la densidad de muros, es adecuada para soportar sismos severos, a través de los siguientes rangos de valores.

Si  $Ae/Ar \leq 0.80$  entonces la vivienda no tiene adecuada densidad de muros.

Si  $Ae/Ar \geq 1$  entonces la vivienda tiene adecuada densidad de muros.

Si  $0.80 < Ae/Ar < 1$  entonces se requiere calcular con mayor detalle las sumas de fuerzas resistentes de la vivienda ( $\sum VR$ ) y la fuerza cortante basal VE.

#### b. Factores influyentes en el riesgo sísmico

En esta parte de las fichas de reporte se realiza el cálculo del riesgo sísmico para cada una de las viviendas encuestadas. El riesgo sísmico depende de dos factores: la vulnerabilidad sísmica y el peligro sísmico (**Kuroiwa 2002**).



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

$$\text{Riesgo sísmico} = \text{Vulnerabilidad sísmica} \times \text{Peligro sísmico}$$

**Figura N° 132: Ecuación de riesgo sísmico**

**1.2. Vulnerabilidad Sísmica**

Para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas se ha analizado la vulnerabilidad estructural y la vulnerabilidad no estructural (**Kuroiwa 2002**).

La vulnerabilidad estructural se estima en función de los siguientes parámetros: la densidad de muros, la calidad de mano de obra y la calidad de materiales. A cada uno de los parámetros se les asigna un valor numérico (Tabla N° 13). Por ejemplo, si la vivienda tiene densidad de muros adecuada, entonces se le asigna el valor de 1.

<b>Vulnerabilidad</b>			
<b>Estructural</b>			
<b>Densidad (60%)</b>		<b>Mano de Obra y Materiales (40%)</b>	
Adecuada	1	Buena Calidad	1
Aceptada	2	Regular Calidad	2
Inadecuada	3	Mala Calidad	3

**Tabla N° 13: Parámetros para evaluar la Vulnerabilidad sísmica**

Los valores asignados a cada parámetro se reemplazan en la ecuación de la figura N° 133 para calificar numéricamente la vulnerabilidad sísmica de las viviendas. Se ha considerado un 60% de participación de la densidad de muros porque la densidad es calculada en las fichas de reporte para cada vivienda. Para la calidad de mano de obra y la calidad de materiales se ha considerado un 40%.

$$\text{Vulnerabilidad Sísmica} = 0.6 \times \text{Densidad de Muros} + 0.4 \times \text{Mano de Obra}$$

**Figura N° 133: Ecuación de Vulnerabilidad Sísmica**

En la Tabla 14 se pueden ver los rangos numéricos para vulnerabilidad sísmica baja, media y alta.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

<b>Vulnerabilidad Sísmica</b>	<b>Rango</b>
<b>Baja</b>	<b>1 a 1.4</b>
<b>Media</b>	<b>1.5 a 2.1</b>
<b>Alta</b>	<b>2.2 a 3</b>

**Tabla N° 14: Rango numérico para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica**

Según Mosqueira, los rangos mostrados en la tabla N° 14 encierran todas las posibles combinaciones de los parámetros (Tabla N° 15) que califican la vulnerabilidad sísmica.

Vulnerabilidad Sísmica	ESTRUCTURAL						Valor Numérico
	Densidad de Muros (60%)			Calidad Mano de Obra y Materiales (40%)			
	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Buena	Regular	Mala	
BAJA	X			X			1.0
	X			X			1.1
	X			X			1.2
	X				X		1.3
	X				X		1.4
MEDIA	X				X		1.5
	X					X	1.6
	X					X	1.7
	X					X	1.8
		X		X			1.6
		X		X			1.7
		X		X			1.8
		X			X		1.9
		X			X		2.0
		X			X		2.1
ALTA		X				X	2.2
		X				X	2.3
		X				X	2.4
			X	X			2.2
			X	X			2.3
			X	X			2.4
			X		X		2.5
			X		X		2.6
			X		X		2.7
			X			X	2.8
		X			X	2.9	
		X			X	3.0	

**Tabla N° 15: Combinación de los parámetros para la evaluación de vulnerabilidad sísmica**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Por ejemplo, en la Tabla N° 16 se muestra que la densidad de muros es adecuada (se le asigna el valor de 1), mano de obra de calidad mala (se asigna el valor de 3). De acuerdo a la ecuación 8.5 se tiene que  $0.6 \times 1 + 0.4 \times 3 = 1.8$ ; esto significa que la vivienda tiene vulnerabilidad sísmica media.

Vulnerabilidad			
Supestructura (Estructural)			
Densidad		Mano de Obra y Materiales	
Adecuada	X	Buena Calidad	
Aceptable		Regular Calidad	
Inadecuada		Mala Calidad	X

**Tabla N° 16: Ejemplo para evaluar la Vulnerabilidad Sísmica**

### 1.3. Peligro Sísmico

El peligro sísmico se estima en función de los siguientes parámetros: sismicidad, tipo de suelo, topografía y pendiente de la zona donde está ubicada la vivienda. A cada uno de los parámetros se les asigna un valor numérico (Tabla N° 17). La sismicidad de la costa peruana es alta, entonces a todas las viviendas de la costa se le asigna 3 como valor de sismicidad.

Peligro					
Sismicidad (40%)		Suelo (40%)		Topografía Y Pendiente (10%)	
Baja	1	Rígido	1	Plana	1
Media	2	Intermedio	2	Media	2
Alta	3	Flexible	3	Pronunciada	3

**Tabla N° 17: Valores de los parámetros del Peligro Sísmico**

Los valores asignados a cada parámetro se reemplazan en la ecuación de la figura N° 134 para calificar numéricamente el peligro sísmico de las viviendas. Se ha considerado 40% de participación tanto para la sismicidad como para el tipo de suelo, ya que estos parámetros se relacionan directamente con el cálculo



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

de la fuerza sísmica  $V$  establecida en la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E-030 - 2016 (MTC 2003).

$$\text{Peligro Sísmico} = 0.4 \times \text{Sismicidad} + 0.4 \times \text{Suelo} + 0.2 \times \text{Topografía y pendiente}$$

**Figura N° 134: Ecuación de Peligro Sísmico**

En la tabla N° 18 se pueden ver los rangos numéricos de peligro sísmico bajo, medio y alto para cada valor de sismicidad.

Sismicidad	Peligro Sísmico	Rango
Alta	Bajo	1.8
	Medio	2 a 2.4
	Alto	2.6 a 3
Media	Bajo	1.4 a 1.6
	Medio	1.8 a 2.4
	Alto	2.6
Baja	Bajo	1 a 1.6
	Medio	1.8 a 2
	Alto	2.2

**Tabla N° 18: Valores de los parámetros del Peligro Sísmico**

Los rangos mostrados en la tabla N° 19 encierran todas las posibles combinaciones de los parámetros que califican el peligro sísmico. En estas combinaciones se toma como eje principal la sismicidad de la zona donde está construida la vivienda.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Sismicidad (40%)	Suelos (40%)			Topografía (20%)			Peligro Sísmico	Valor Numérico
	Rígidos	Intermedios	Flexibles	Plana	Mediana	Pronunciada		
ALTA	X			X			Bajo	1.8
	X				X		Medio	2.0
	X					X		2.2
		X		X				2.2
		X			X			2.4
		X				X	Alto	2.6
			X	X				2.6
			X		X			2.8
		X			X	3.0		
MEDIA	X			X			Bajo	1.4
	X				X			1.6
	X					X	Medio	1.8
		X		X				1.8
		X			X			2.0
		X				X		2.2
			X	X				2.2
			X		X			2.4
			X			X		Alta
BAJA	X			X			Bajo	1.0
	X				X			1.2
	X					X		1.4
		X		X				1.4
		X			X		1.6	
		X				X	Medio	1.8
			X	X				1.8
			X		X			2.0
			X			X		Alto

**Tabla N° 19: Combinaciones de los parámetros para la evaluación de peligro sísmico (Fuente: Mosqueira)**

Por ejemplo, en la Tabla N° 20 se muestra a una vivienda construida en una zona de sismicidad alta (se le asigna el valor de 3), el suelo es intermedio (se le asigna el valor de 2) y la topografía es plana (se le asigna el valor de 1). De acuerdo a la ecuación de la figura N° 134 se tiene  $0.4 \times 3 + 0.4 \times 2 + 0.2 \times 1 = 2.2$ .



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Luego como la vivienda está en una zona de sismicidad alta y el resultado es 2.2 la zona donde se ubica la vivienda tiene como resultado peligro sísmico medio.

Peligro					
Simicidad		Suelo		Topografía y Pendiente	
Baja		Rígido		Plana	X
Media		Intermedios	X	Media	
Alta	X	Flexibles		Pronunciada	

**Tabla N° 20: Ejemplo para evaluar el Peligro Sísmico**

**1.4. Riesgo Sísmico**

Luego de establecer las calificaciones de vulnerabilidad y peligro sísmico se evalúa el nivel de riesgo sísmico que tiene cada vivienda con la calificación del riesgo mostrado en la tabla N° 21. Por ejemplo, si la vivienda tiene vulnerabilidad sísmica alta y la zona donde está construida la vivienda tiene peligro sísmico medio, entonces la vivienda tiene riesgo sísmico alto.

Riesgo Sísmico			
Vulnerabilidad \ Peligro	Baja	Media	Alta
Bajo	BAJO	MEDIO	MEDIO
Medio	MEDIO	MEDIO	ALTO
Alto	MEDIO	ALTO	ALTO

**Tabla N° 21: Calificación de Riesgo Sísmico**

**1.5. Diagnóstico**

En esta parte los evaluadores explican los posibles daños que las viviendas sufrirán de acuerdo al nivel de riesgo sísmico calculado. Según Mosqueira deducimos que:

El riesgo sísmico bajo significa que la vivienda no sufrirá daños ante eventos sísmicos. La vivienda tiene adecuada densidad de muros, buena calidad de



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

mano de obra y materiales adecuados, y se encuentra construida sobre un suelo estable.

El riesgo sísmico medio significa que la vivienda no tiene adecuada densidad en una de sus direcciones, pero se encuentra construida sobre un suelo estable. En este caso, se puede afirmar que la vivienda sufrirá algunos daños en sus muros.

El riesgo sísmico alto significa que la vivienda sufrirá daños importantes en sus muros. También, la vivienda podría presentar problemas de asentamiento por estar construida sobre un suelo muy flexible o con pendiente elevada. En este caso la vivienda debe ser reforzada y para ello se recomienda el asesoramiento técnico de profesionales en ingeniería civil.

**1.6. Gráficos y Fotografías**

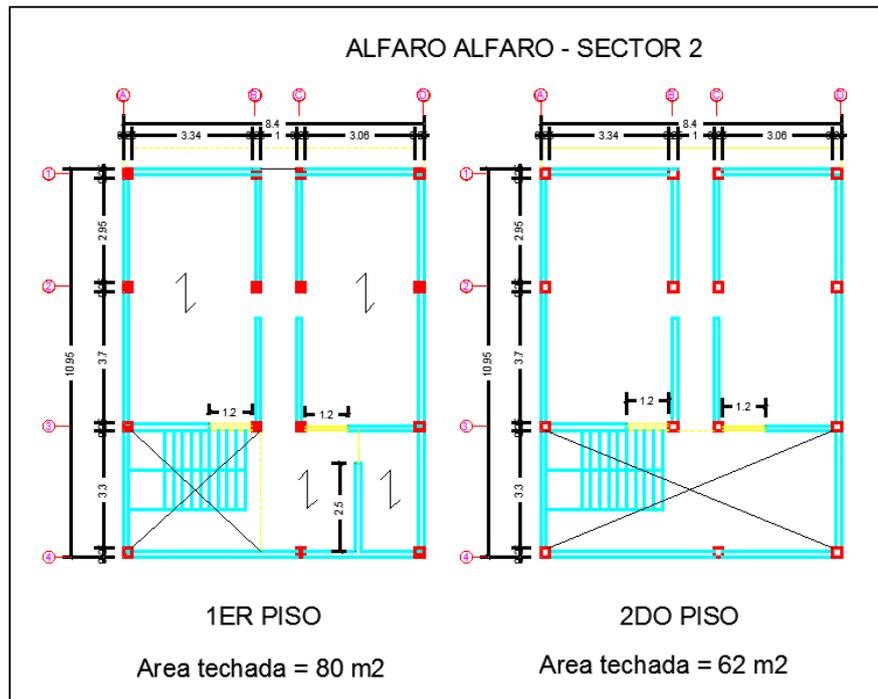
Anteriormente se presentaron las fichas, las cuales contienen información de la vivienda encuestada. A continuación, se presentan los cálculos obtenidos de la densidad de muros, los planos en planta de las viviendas con sus respectivas dimensiones estructurales. Como también las vistas con sus elevaciones frontales, se verifica si las viviendas tienen las juntas sísmicas. Finalmente se presentan fotografías donde se resaltan los errores constructivos de las viviendas encuestadas.

Area	Area de muros		Ae/Ar	Densidad	Resultado
	Existente:Ae	Requerida:Ar		Ae/Area Piso 1	
m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Adimensional	%	
Análisis en el sentido "X"					
140.5	2.43	1.77	1.37	1.73	<b>Aceptable</b>
Análisis en el sentido "Y"					
140.5	3.22	1.77	1.82	2.29	<b>Adecuado</b>

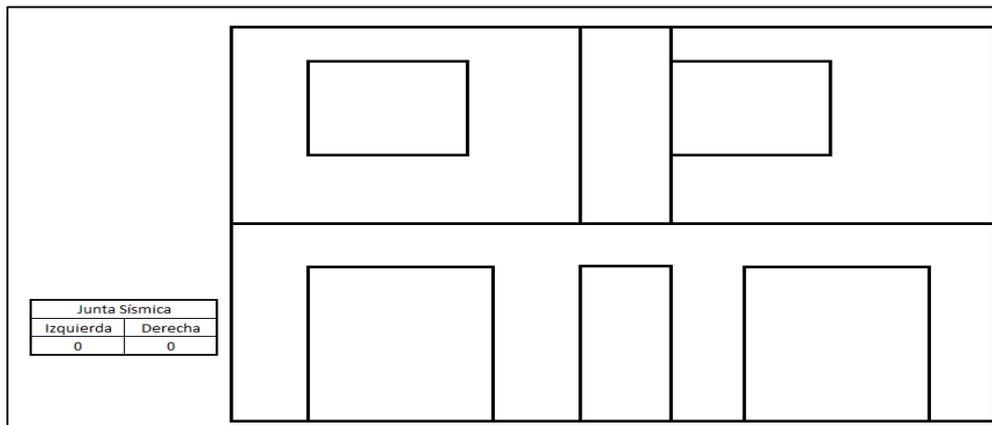
**Tabla N° 22: Resultado de la Densidad de Muros**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**



**Figura N° 135: Planos en Planta de Vivienda**



**Figura N° 136: Vista Frontal y Junta Sísmica**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Familia Alfaro Alfaro



Dirección

Sector 5 , Av Industrial - MZ. 20 LT. 14



Piso inferior con ladrillo de adobe  
y piso superior con ladrillo de concreto.



Mal confinamiento entre muro y  
columnas, mal alineamiento de  
ladrillos y juntas.



**Figura N° 137: Fotografías y errores constructivos de la vivienda**

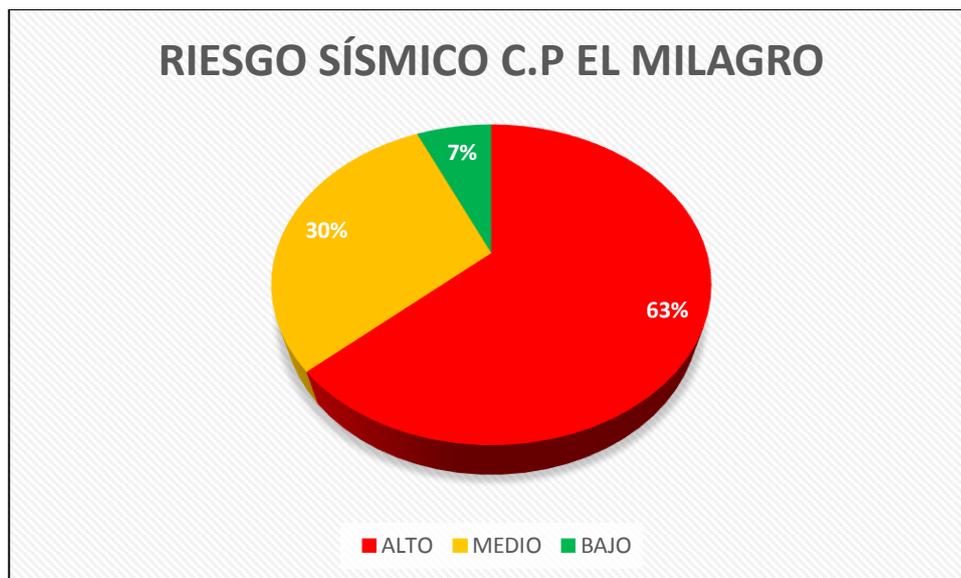


## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 1.7. Resultados del Riesgo Sísmico en la Zona

Al evaluar las 30 viviendas, a la vez teniendo en cuenta los parámetros anteriores con respecto a su vulnerabilidad y Peligro Sísmico, se obtuvo que un 60% de viviendas tienen un riesgo sísmico alto; un 33% de viviendas un riesgo sísmico medio y un 7% viviendas tiene un peligro sísmico bajo.

Los factores más predominantes que afectaron a las viviendas con un nivel de riesgo sísmico alto fue por la poca densidad de muros que existen ( $A_e$ ), y como también la mano de obra calificada y la calidad de los materiales empleados en la obra. A continuación, se muestra el gráfico del resultado final del riesgo sísmico en porcentajes de la evaluación de las viviendas de albañilería confinada:



**Figura 138: Resultados de Riesgo Sísmico**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

# **CAPITULO IX**

# **CONCLUSIONES**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

### 9.1 Conclusiones Parciales

- En el Centro Poblado El Milagro el material predominante es la albañilería con porcentaje de 56% y de 43% para material conformado de adobe y el 1% otros, las viviendas con expansión hacia la vía de Evitamiento y aledañas al distrito de la Esperanza, están mayormente conformadas por material de adobe y en este porcentaje, se encuentran los sectores La Molina 1 y 2, Los Pedregales y Sector VII-A, que la mayoría no cuentan con título de propiedad.
- Como hemos observado la zona del C.P El Milagro se encuentra en una zona altamente sísmica, con lo cual el 56% de albañilería no asegura un buen comportamiento sísmico, ya que la mano de obra y los materiales utilizados fueron mayormente de origen informal durante su ejecución.
- Se encontró que el riesgo sísmico analizado de las 30 viviendas, es de nivel alto, elevándose a un 63%, causado principalmente por la poca densidad de muros, tanto como en su dirección transversal y longitudinal (X, Y).
- Según los estudios de suelos realizados, el C.P. El Milagro tiene un buen suelo para la construcción, su capacidad portante alcanza de 1.2 Kg/cm<sup>2</sup> a 1.8 Kg/cm<sup>2</sup>, y su nivel freático está a una profundidad de 55 a 65 mts. Y el tipo de suelo encontrado en la zona fue de Grava Rocoso (GW).
- A pesar de contar con un buen suelo en toda la zona, la superestructura no está construidas debidamente según la normativa de edificaciones, por lo que no garantiza la seguridad la integridad del ocupante durante un evento sísmico.
- Según la microzonificación de peligros, existe en los sectores VII-A, La Molina 1 y 2, Pedregales y parte del sector III, el cauce de río de la quebrada León, que puede ocasionar como en el último fenómeno del Niño Costero perdidas de materiales y hasta vidas humanas.



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

## 1.1. Conclusión General

- A pesar que la zona cuenta con un buen suelo (GW), en el C.P. El Milagro tiene un riesgo sísmico alto, debido a la vulnerabilidad Sísmica y según el mapa de Peligros existen zonas vulnerables a inundaciones y socavación debido a la existencia quebrada León.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

# **CAPITULO X**

# **RECOMENDACIONES**



## ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.

- Se ve la necesidad de un reforzamiento masivo de las viviendas existentes para reducir la vulnerabilidad sísmica, más aún para viviendas de material predominante de adobe, para ello se debería proponer programas económicos con incentivos del estado, ya que es una zona en vía de crecimiento.
- Se debe realizar una mejor capacitación a los trabajadores que construyen viviendas como también a los propietarios para reducir la expansión de viviendas de construcciones informales.
- El análisis de las viviendas presentadas aquí, son exclusivamente para edificaciones de albañilería confinada, se recomienda hacer un análisis para edificaciones netamente de adobe y concreto armado, guiados por la normativa vigente.
- Se recomienda que la municipalidad incluya en su plan de desarrollo metropolitano, la reducción de vulnerabilidad sísmica de sus viviendas. Apoyando con la supervisión técnica de futuras construcciones en la zona.
- Realizar convenios con ONG que trabajen por la sostenibilidad de las ciudades en vía de crecimiento como lo es el C.P. El Milagro.
- Realizar un mapeo de las viviendas que se encuentran expuestas a riesgos producidos por la naturaleza como es el caso de las inundaciones causadas por la quebrada León y hacer una reubicación inmediata de las familias.
- Como es una zona en vía de desarrollo, carece de un planeamiento urbano previamente organizado, se podría generar un proyecto de esta magnitud guiada por arquitectos e ingenieros, ya que, la zona tiene un potencial de desarrollo urbano por ser joven y a la vez estar en vía de crecimiento.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

# **CAPITULO XI**

# **BIBLIOGRAFÍA**



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Kuroiwa, J. (2002). Reducción de Desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza, (1 ed.), Lima, Perú.

Municipalidad Provincial de Trujillo (2012). Plan de Desarrollo Urbano Sencico, Trujillo, Perú.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO (UNT) Y INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL(Indeci) (2012). Plan de Desarrollo Urbano Sencico, Trujillo, Perú.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO (UNT) Y INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL(Indeci) (2012). Mapa de Peligros de la Ciudad de Trujillo y Zonas Aledañas, Trujillo, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (MVCS) (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificaciones E.060 Concreto Armado. Sencico, Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (MVCS) (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificaciones E.050 Suelos y Cimentaciones. Sencico, Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (MVCS) (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificaciones E.020 Cargas. Sencico, Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (MVCS) (2016). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificaciones E.030 Diseño Sismo Resistente. Sencico, Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (MVCS) (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificaciones E.070 Albañilería. Sencico, Lima, Perú.

Julio Pacheco Z. (2012). El Maestro de Obra (2ª ed.). Lima: Perú.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

Arango Ortiz (2002). Análisis, Diseño y Construcción en Albañilería. (3ª ed.).  
Perú.

Luis I. Gonzalez de Vallejo (2012). Ingeniería Geológica. España.

Montoya, J. y Pinto, F. (2010). Cimentaciones. Mérida

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2016). Perú: Migración  
Interna Reciente y el Sistema de Ciudades, 2002-2007. Recuperado de  
<http://www.unfpa.org.pe/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2016). Censos  
Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda: sistema de consulta de  
resultados censales. Recuperado de <http://www.desa.inei.gob.pe/>

Johan Edgar Laucata Luna (2013). Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de  
Las Viviendas Informales en la Ciudad de Trujillo. Biblioteca de Tesis de la  
Pontificia Universidad del Perú. Lima.

Cabello, M. C. (2000). Zonificación Geotécnica Preliminar de la Ciudad de  
Moquegua. Biblioteca de Tesis de la Universidad Privada de Moquegua,  
Moquegua.

Vizcarra, M. A. (1986) Microzonificación Sísmica de Moquegua Aplicada al  
Planeamiento Urbano para la Mitigación de Desastres Naturales Empleando el  
Método Simplificado. Biblioteca de Tesis de la Universidad Nacional de  
Ingeniería, Lima, Perú.

Ruiz Vasquez M., Gonzales Huescas S. (2001). Geología Aplicada a la  
Ingeniería Civil. LIMUSA, México.



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA  
CONFINADA DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTÉCNICO-SÍSMICO DEL CENTRO  
POBALDO EL MILAGRO - DISTRITO DE HUANCHACO – PROVINCIA DE TRUJILLO.**

# **CAPITULO XI**

## **ANEXOS**