

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**APLICACIÓN DEL MÉTODO ITALIANO  
PARA LA DETERMINACIÓN DE LA  
VULNERABILIDAD EN EL CENTRO POBLADO  
“SANTA CRUZ”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO CIVIL**

**KARIN JANETT ARBIETO TELLO**

**Lima- Perú**

**2012**

## DEDICATORIA

A mi hija por su inmenso cariño,  
a mi familia por su apoyo incondicional.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	5
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	6
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	8
<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	10
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES</b> .....	12
1.1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.2. ANTECEDENTES.....	13
1.3. RIESGO SÍSMICO.....	13
1.4. VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	14
1.4.1. Clasificación de metodologías existentes para la evaluación de la vulnerabilidad.....	15
1.5. MÉTODO ITALIANO.....	15
1.5.1. Definición.....	15
1.5.2. Calificación de parámetros del método italiano.....	19
1.6. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	21
1.6.1. Definición.....	21
1.6.2. Base de datos.....	21
1.6.3. Modelos Vectoriales.....	23
1.6.4. Modelos Ráster.....	25
1.6.5. Ventajas e Inconvenientes de los Modelos vectorial y ráster.....	26
1.6.6. Elaboración de mapas temáticos en ArcGIS.....	27
1.6.7. Aplicaciones del SIG.....	28

## **CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DEL CENTRO POBLADO**

<b>“SANTA CRUZ”</b> .....	<b>29</b>
2.1. UBICACIÓN .....	29
2.2. INFORMACIÓN DEL CENTRO POBLADO “SANTA CRUZ” OBTENIDA DEL CATASTRO URBANO.....	30
2.2.1. Área de estudio .....	30
2.2.2. Reconocimiento topográfico .....	31
2.2.3. Descripción de la situación económica y social de la población .....	34
2.2.4. Descripción de las edificaciones existentes.....	40
2.3. ESTUDIO EXISTENTE DE SUELO .....	40
2.3.1. Ensayo y clasificación de suelos .....	41
2.4. INFORMACIÓN RECOPIADA EN LAS FICHAS CATASTRALES .....	41
2.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	52
2.6. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO .....	53

## **CAPÍTULO III: APLICACIÓN DEL MÉTODO ITALIANO PARA LA**

<b>DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD</b> .....	<b>54</b>
3.1. CALIFICACIÓN DE PARÁMETROS DEL MÉTODO ITALIANO .....	54
3.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN UN SIG Y OBTENCIÓN DEL MAPA TEMÁTICO.....	65
3.3. RESULTADO .....	66

## **CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** ..... **74** |

4.1. CONCLUSIONES.....	74
4.2. RECOMENDACIONES .....	75

## **BIBLIOGRAFÍA**..... **76** |

## **ANEXO A** ..... **78** |

A. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y COMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO ITALIANO .....	79
A.1. ESCALA DE VULNERABILIDAD PARA EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO .....	79

A.2.	DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DEL MÉTODO ITALIANO .....	80
<b>ANEXO B</b>	.....	90
B.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN UN SIG .....	91
B.1.	DESCRIPCIÓN DE PROCESOS .....	91
B.2.	ELABORACIÓN DEL ALGORITMO ÍNDICE DE VULNERABILIDAD .....	92
B.2.1.	Definición de variables.....	92
B.2.2.	Algoritmo índice de vulnerabilidad .....	94
B.3.	EJECUCIÓN DEL ALGORITMO EN SIG.....	96
<b>ANEXO C</b>	.....	98
C.	RESULTADO DE CALIFICACIONES DEL CENTRO POBLADO "SANTA CRUZ"-LIMA 2011.....	99
<b>ANEXO D</b>	.....	107
D.	TABLAS UTILIZADAS PARA LA OBTENCIÓN DE LA CALIFICACIÓN DEL PARÁMETRO 3.....	108
<b>ANEXO E</b>	.....	110
E.	MAPAS TEMÁTICOS .....	111

## RESUMEN

El presente informe tiene como antecedente el levantamiento catastral del centro poblado Santa Cruz, realizado en los meses de octubre y noviembre del 2011, a través de un convenio entre la Universidad Nacional de Ingeniería y la Municipalidad distrital de Végueta. A través de este catastro se observó las carencias de la población, propias de la situación económica que atraviesan. La zona en que se encuentra esta población, así como el estado de sus viviendas, hace que se requiera un estudio de estudio de vulnerabilidad sísmica.

Para este estudio existen diversas metodologías; una de ellas es el Método Italiano, caracterizado por ser un método rápido, que no necesita de mucho cálculo y que es materia de este trabajo.

Los datos recogidos del levantamiento catastral forman parte de la información requerida para el desarrollo del estudio de vulnerabilidad sísmica.

Para la aplicación de este método se tiene en cuenta las definiciones dadas por sus creadores; sin embargo, se adapta algunos criterios de acuerdo a lo hallado en la zona. Esta metodología considera las características estructurales de la edificación, la calidad del material, el estado de conservación, entre otras; estas características son evaluadas dando como resultado un índice de vulnerabilidad que determina la vulnerabilidad de la edificación. Los resultados se muestran en forma visual a través de un mapa temático (mapa temático de vulnerabilidad) generado por un software del Sistema de Información Geográfico (SIG), en este caso ArcGIS 10.0, que sirve para el almacenamiento de los datos.

La evaluación de la vulnerabilidad con esta metodología ha sido aplicada en varios países con buenos resultados.

Las normas, los materiales, la mano de obra son diferentes en cada país, por lo que se adecuan las consideraciones para la calificación de algunos parámetros.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1.	Escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini (1984), para edificaciones de mampostería.....	17
Tabla 1.2.	Calificación de edificaciones de mampostería.....	20
Tabla 1.3.	Ventajas y desventajas del modelo vectorial .....	26
Tabla 1.4.	Ventajas y desventajas del modelo ráster .....	26
Tabla 3.1.	Calificación de edificaciones de mampostería adaptado .....	55
Tabla 3.2.	Resumen cantidad de lotes por clase.....	66
Tabla 3.3.	Resumen % de lotes por clase.....	66
Tabla 3.4.	Resumen cantidad de lotes por vulnerabilidad .....	73
Tabla A1.	Escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini (1984), para edificaciones de concreto armado.....	79
Tabla B.1.	Descripción de pasos para la obtención de la cartografía y del mapa temático.....	91
Tabla C1.	Resultado de calificaciones del centro poblado Santa Cruz.....	99
Tabla D1.	Valores del coeficiente de momentos "m" y dimensión crítica "a".....	108
Tabla D2.	Resistencias características de la albañilería .....	108

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.	Enumeración de parámetros del índice de vulnerabilidad .....	17
Figura 1.2.	Superposición de capas.....	22
Figura 1.3.	Modelo de datos .....	23
Figura 1.4.	Estructura de datos vectoriales.....	24
Figura 1.5.	Representación vectorial.....	25
Figura 1.6.	Esquema de mapa temático.....	27
Figura 2.1.	Distritos de Huaura. Ubicación del distrito Végueta - centro poblado Santa Cruz .....	29
Figura 2.2.	Imagen Satelital, ubicación del centro poblado de Santa Cruz. Vista de planta .....	30
Figura 2.3.	Límites del área de estudio .....	31
Figura 2.4.	Vista Av. 28 de Julio.....	32
Figura 2.5.	Vista Av. Los Ángeles .....	32
Figura 2.6.	Vista del área asignada para mercado. Ubicación Mz “90” .....	33
Figura 2.7.	Vista de losa deportiva. Ubicación Mz “28” .....	33
Figura 2.8.	Situación de pobreza – centro poblado “Santa Cruz”. Mz “16” Lt “4” .....	34
Figura 2.9.	%Población Masculina vs %Población Femenina .....	35
Figura 2.10.	Población (%) vs Edades .....	35
Figura 2.11.	Población Masculina (%) vs Edades .....	36
Figura 2.12.	Población Femenina (%) vs Edades .....	36
Figura 2.13.	Población (%) vs Ocupación .....	37
Figura 2.14.	Población (%) vs Grado Instrucción .....	38
Figura 2.15.	Población (%) vs Ingresos.....	39
Figura 2.16.	Información de la ficha catastral.....	42
Figura 2.17.	Ejemplo de croquis .....	44
Figura 2.18.	Vivienda de adobe .....	45
Figura 2.19.	Vivienda de ladrillo de arcilla. Techo de caña con barro.....	46
Figura 2.20.	Vivienda de ladrillo de arcilla, techo aligerado. Mz “16” Lt “1” .....	46
Figura 2.21.	Vivienda de bloques de concreto. Mz “91” Lt “14” .....	47
Figura 2.22.	Predio vacío, cercado con muros de adobe. Mz “15” Lt “2” .....	47
Figura 2.23.	Material predominante .....	48

Figura 2.24.	Predio vacío, cercado con esteras. Mz “6” Lt “2” .....	49
Figura 2.25.	Predio vacío, cercado con muros de albañilería de arcilla.....	49
Figura 2.26.	Vivienda de adobe en mal estado. Mz “14” Lt “9” .....	50
Figura 2.27.	Vivienda de albañilería de arcilla en estado de conservación regular. Mz “95” Lt “3” .....	50
Figura 2.28.	Vivienda de albañilería de arcilla en estado de conservación bueno. Mz “93” Lt “4”.....	51
Figura 2.29.	Estado de conservación.....	52
Figura 3.1.	Tipos de confinamiento de muros .....	59
Figura 3.2.	Piso blando .....	63
Figura 3.3.	Procedimiento de obtención cartográfica y mapa temático .....	65
Figura 3.4.	Organización del sistema resistente.....	67
Figura 3.5.	Calidad del sistema resistente .....	67
Figura 3.6.	Resistencia convencional.....	68
Figura 3.7.	Posición del edificio y cimentación.....	68
Figura 3.8.	Diafragmas horizontales .....	69
Figura 3.9.	Configuración en planta .....	69
Figura 3.10.	Configuración en elevación.....	70
Figura 3.11.	Espaciamiento máximo entre muros .....	70
Figura 3.12.	Tipo de cubierta .....	71
Figura 3.13.	Elementos no estructurales.....	71
Figura 3.14.	Estado de conservación.....	72
Figura 3.15.	Vulnerabilidad de la zona de estudio.....	73
Figura A1.	Estructura tipo cajón .....	80
Figura A2.	Configuración en planta.....	84
Figura A4.	Estructuras irregulares o de sistemas de marcos .....	85
Figura A5.	Relación dimensiones en planta .....	87
Figura A6.	Estructuras irregulares en elevación.....	88
Figura B1.	Diagrama de flujo para el cálculo del índice de vulnerabilidad.....	93
Figura B2.	Utilización del Field calculator.....	96
Figura B3.	Ubicación del archivo “cal-indice.cal” .....	97
Figura B4.	Ejecución del algoritmo.....	97

## LISTA DE SÍMBOLOS

- a** : Dimensión crítica del paño de albañilería, en m. Ver Tabla 3.1
- A<sub>cons</sub>** : Área construida en m<sup>2</sup>
- A<sub>i</sub>** : Área del muro de material "i"
- A<sub>m</sub>** : Área de la sección transversal del total de muros resistente en m<sup>2</sup>
- A<sub>t</sub>** : Área media cubierta de los pisos
- A<sub>x</sub>** : Área total de muros resistentes en el sentido "x"
- A<sub>y</sub>** : Área total de muros resistentes en el sentido "y"
- b** : Dimensión del muro. Ver Tabla 3.1
- C** : Coeficiente de amplificación sísmica. Adimensional, ver norma NTE E.030
- C<sub>1</sub>** : Coeficiente sísmico para elementos no estructurales. Adimensional ver norma NTE E.030
- e** : Espesor bruto del muro (incluyendo tarrajeos), en m
- f'<sub>b</sub>** : Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería, en Kg/cm<sup>2</sup>
- f'<sub>m</sub>** : Resistencia de la albañilería a compresión axial, en Kg/cm<sup>2</sup>. Ver Tabla 3.2
- f'<sub>t</sub>** : Esfuerzo admisible en tracción por flexión, en Kg/cm<sup>2</sup>. Ver 29.8 de NTE E.070
- f<sub>a</sub>** : Esfuerzo resultante de la carga axial, en Kg/cm<sup>2</sup>
- f<sub>m</sub>** : Esfuerzo generado por la carga sísmica, en Kg/cm<sup>2</sup>
- F<sub>a</sub>** : Es el esfuerzo admisible para carga axial, en Kg/cm<sup>2</sup>
- F<sub>m</sub>** : Esfuerzo admisible para compresión por flexión, en Kg/cm<sup>2</sup>
- h** : Altura media de los pisos en m
- h<sub>m</sub>** : Altura del muro
- H** : Altura total de la edificación
- i** : Número de materiales diferentes
- I** : Momento de inercia, en cm<sup>4</sup>
- I<sub>v</sub>** : Índice de vulnerabilidad. Adimensional
- L** : Espaciamiento entre muros transversales

- L<sub>g</sub>** : Longitud libre del muro, en cm
- L<sub>t</sub>** : Longitud total del muro, en cm
- m** : Coeficiente de momento. Adimensional, ver Tabla 3.1
- M** : Masa del piso inferior
- M<sub>s</sub>** : Momento flector distribuido por unidad de longitud producido por la carga sísmica "w", en kg-m/m
- N** : Número de pisos
- P** : Carga de gravedad que soporta el muro, en Kg
- P<sub>g</sub>** : Carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida según NTE E.030, en Kg
- P<sub>s</sub>** : Carga permanente y sobrecarga por unidad de área (no incluye muros)
- q** : Peso promedio de los pisos por unidad de área cubierta
- R** : Coeficiente de reducción de solicitaciones sísmicas. Adimensional, ver norma NTE E.030
- s** : Espesor del muro, en cm
- S** : Factor de suelo. Adimensional, ver norma NTE E.030
- t<sub>i</sub>** : Resistencia a cortante del material "i"
- t<sub>k</sub>** : Resistencia a cortante del tipo de mampostería, por unidad de área
- T** : Altura de la torreta
- U** : Factor de uso e importancia. Adimensional, ver norma NTE E.030
- V'<sub>m</sub>** : Resistencia característica a corte de la albañilería, en Kg
- V<sub>a</sub>** : Fuerza cortante actuante total, en Kg
- V<sub>ad</sub>** : Fuerza cortante admisible, en Kg
- V<sub>m</sub>** : Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería, en Kg
- y<sub>t</sub>** : Distancia al extremo de la sección en tracción, en cm
- w** : Carga sísmica uniformemente distribuida, en kg/m<sup>2</sup>
- W** : Peso promedio de la planta, en t/m<sup>2</sup>
- Z** : Factor de zona. Adimensional, ver norma NTE E.030
- ΔA** : Variación de áreas
- ΔM** : Variación de masa
- α** : Factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez
- γ<sub>m</sub>** : Peso específico de la mampostería

## LISTA DE SIGLAS

<b>AASHTO</b>	:	American Association of State Highway Officials (Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras del Estado)
<b>ATC</b>	:	Applied Technology Council (Consejo de Tecnología Aplicada)
<b>CNC</b>	:	Consejo Nacional de Catastro
<b>EMS-98</b>	:	Escala Macrosísmica Europea 1998
<b>MSK</b>	:	Escala Medvedev-Sponheuer-Karnik
<b>SEAOC</b>	:	Structural Engineers Association of California (Asociación de Ingenieros Estructurales de California)
<b>SERGISAI</b>	:	Seismic Risk evaluation through integrated use of Geographical Information Systems and Artificial Intelligence techniques (Evaluación de Riesgo Sísmico a través del uso Integrado de sistemas de Información Geográfica y técnicas de Inteligencia Artificial)
<b>SIG</b>	:	Sistema de Información Geográfica (Geographic Information System)
<b>SNCP</b>	:	Sistema Nacional Integrado de Información Catastral Predial
<b>SUCS</b>	:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
<b>VBA</b>	:	Visual Basic for Applications

## INTRODUCCIÓN

En el centro poblado Santa Cruz no se cuenta con un estudio de vulnerabilidad sísmica que pueda dar alcances para plantear una estrategia de prevención adecuada a su realidad; en vista de esto se plantea la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de esa zona, mediante la aplicación de un método ya existente y utilizado en diferentes países con muy buenos resultados.

El objetivo principal de este informe es presentar una metodología que permita evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones existentes, adecuando los criterios de acuerdo a las normas vigentes, y que sirva para ayudar a formular estrategias de prevención para eventos sísmicos.

Se presenta a continuación un resumen de cada capítulo.

### Capítulo I

Este capítulo se refiere a temas relacionados con vulnerabilidad sísmica, como son: la ocurrencia de sismos y sus consecuencias, definición de riesgo y vulnerabilidad sísmica, así como la clasificación de los métodos existentes para la evaluación de esta vulnerabilidad, descripción del método Italiano y su aplicación en edificaciones de mampostería y de concreto armado.

### Capítulo II

Se describe la ubicación del centro poblado Santa Cruz, la delimitación y descripción de la zona de estudio, estudio de suelo existente, información obtenida del catastro y complementada con el levantamiento posterior, de acuerdo a lo requerido y previsto para el estudio de vulnerabilidad sísmica, descripción de las edificaciones existentes, mapas temáticos referentes a los parámetros obtenidos del catastro.

### Capítulo III

Se presenta una adaptación del método Italiano para su aplicación en el centro poblado Santa Cruz referente a los parámetros involucrados. Muestra los resultados, el cálculo del índice de vulnerabilidad, la elaboración del mapa temático y se presentan tablas de resultados.

### Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

### 1.1. INTRODUCCIÓN

Los grandes terremotos son considerados por muchos como las más grandes catástrofes naturales que azotan a la humanidad. Los grandes sismos ocurridos en los últimos años han mostrado su acción catastrófica en cuanto a pérdida de vidas humanas, destrucción del medio ambiente y su capacidad perturbadora sobre los procesos productivos y la actividad social.

Una forma de mitigar los efectos de un evento sísmico consiste en la búsqueda de estrategias de prevención a través de la evaluación previa de la vulnerabilidad sísmica de estructuras. Debido a esto surge la necesidad de establecer metodologías que evalúen la vulnerabilidad sísmica de distintos tipos de edificaciones, tomando como referencia metodologías ampliamente estudiadas en otros países, adaptándolas a cada realidad y necesidad. En este caso se opta por el Método Italiano (Índice de vulnerabilidad sísmica) que permite realizar estudios a gran escala, teniendo gran aceptación en Europa. Se puede mencionar como ejemplo de aplicación el Proyecto SERGISAI realizado en España e Italia, así como también ha sido usado en: Cuenca (Ecuador), Cali (Colombia), Barcelona, Catania, Calabria, Sicilia, Almería, Murcia y otras. Ver referencia (2).

## 1.2. ANTECEDENTES

El método Italiano fue inicialmente propuesto por Benedetti y Petrini (1984). Comienza a desarrollarse en Italia a partir de 1976 con motivo de los estudios post-terremotos realizados. En 1982 empieza su utilización en numerosas ocasiones. Como resultado de ello se obtiene un importante banco de datos sobre daños de edificios para diferentes intensidades de terremotos y las comprobaciones realizadas demuestran buenos resultados en la aplicación del método. Ver referencia (4).

Esta metodología ha sido estudiada y adaptada a la forma de construir en diferentes lugares del mundo como es el caso de Concepción (Chile), en que utilizan muros de concreto armado, ver referencia (1); este método es referido también en diferentes textos como el método del índice de vulnerabilidad; sin embargo se reserva este término (método del índice de vulnerabilidad) para un nuevo método basado en la escala macrosísmica europea. Ver referencia (6).

Lo que se busca con la información sobre el estado de vulnerabilidad sísmica actual de las edificaciones es ayudar a plantear estrategias de prevención, para que una vez sucedido el terremoto se tenga una salida rápida hacia la recuperación de la normalidad; la normalidad se entiende como las condiciones socioeconómicas y de calidad de vida comparables a las existentes antes del terremoto.

Cabe mencionar que el término de vulnerabilidad sísmica se encuentra inmerso dentro de lo que se denomina “riesgo sísmico”.

## 1.3. RIESGO SÍSMICO

Es “el número esperado de vidas perdidas, personas heridas, daños a la propiedad, y alteración de la actividad económica debido a la ocurrencia de terremotos”.

El análisis de riesgo de una ciudad se suele representar de acuerdo a la fórmula [1]. Ver referencia (6).

$$r(e, x, t) = p(e, x, t) \cdot v(e, x, t) \cdot c(e, x, t) \quad \dots\dots\dots [1]$$

Donde:

- $r(e, x, t)$  Define el riesgo del elemento  $e$ , expuesto en el lugar " $x$ " en el instante " $t$ "
- $p(e, x, t)$  Función que define la peligrosidad sísmica que es independiente del elemento
- $v(e, x, t)$  Función que define la vulnerabilidad sísmica del elemento expuesto " $e$ "
- $c(e, x, t)$  Función de costo o valor económico del elemento expuesto

Para mayor detalle sobre estos términos consultar referencia (3).

#### 1.4. VULNERABILIDAD SÍSMICA

La vulnerabilidad sísmica es la susceptibilidad a sufrir daños parciales o totales de uno o un grupo de edificaciones por la ocurrencia de movimientos sísmicos de intensidad y magnitud dadas, en un periodo de tiempo y en lugar determinado; estos daños están representados en bienes materiales y en vidas humanas, en la pérdida de funcionalidad.

Se definen dos tipos de vulnerabilidad: Física y funcional.

- **Vulnerabilidad Física.** Susceptibilidad de los elementos estructurales y no estructurales a sufrir daños. En cuanto a los elementos no estructurales estos pueden ser componentes arquitectónicos (puertas, ventanas, parapetos), componentes electromecánicos (ductos, equipos) entre otros.
- **Vulnerabilidad Funcional.** Susceptibilidad de una edificación para seguir prestando los servicios para los que fue construida. Esto es aplicable a edificaciones como hospitales, centros de salud, clínicas, en donde no solo interesa un buen comportamiento estructural.

### **1.4.1. Clasificación metodologías existentes para la evaluación de la vulnerabilidad**

Las edificaciones deben ser estudiadas, para conocer su situación y buscar mecanismos que reduzcan su vulnerabilidad sísmica y por ende reducir el riesgo sísmico.

Hoy en día se tiene una diversidad de metodologías, las que dependen de factores como:

- Naturaleza y objetivo del estudio
- Información Disponible
- Características del elemento que se pretende estudiar
- Metodología de evaluación empleada
- Resultado esperado
- Destinatario de esta información

Estas metodologías son utilizadas por entidades de acuerdo a sus intereses. A las autoridades públicas regionales o locales, por ejemplo, les importa conocer la relación costo/beneficio, ya que implica un nivel de riesgo el adoptar políticas de inversión, impuestos, leyes, ordenación y planificación del territorio.

De las metodologías existentes se pueden mencionar las consideradas por Corsanero y Petrini (1960), las de Dolce (1994), las de Bustamante et al (2007). Mayor referencia en (3).

## **1.5. MÉTODO ITALIANO**

### **1.5.1. Definición**

El Método Italiano define a la vulnerabilidad sísmica de un edificio mediante un índice de vulnerabilidad "Iv", que se obtiene a partir de la evaluación y ponderación de diferentes parámetros relacionados con componentes estructurales y no estructurales, que tienen un papel importante en el comportamiento sísmico del edificio. Ver referencia (6).

Este método es subjetivo, debido a que realiza la calificación de los edificios en base a la opinión de expertos, en informes realizados por comisiones que han estudiado las causas de los daños dejados por los sismos, apoyándose en cálculos simplificados de estructuras, intentando identificar los parámetros más relevantes que controlan el daño estructural.

Al calificar diversos aspectos de los edificios tratando de distinguir las diferencias existentes en un mismo tipo de construcción o tipología, como el tipo de suelo sobre el cual están los cimientos y la inclinación que estos presentan, así como la configuración en planta y elevación, el sistema de organización resistente para ver el grado de organización de los elementos, la tipología estructural, resistencia de la edificación ante cargas sísmicas, el sistema de losa y como está unido al sistema resistente, la ubicación de elementos no estructurales, entre otros; se convierte en un método que ofrece ciertas ventajas sobre otros que clasifican las construcciones por tipologías, material, año de construcción como son el ATC-13 y las escalas de EMS-98, MSK, entre otros.

La importancia de este método es que se puede aplicar para edificios de mampostería y para edificios de concreto armado.

De acuerdo a Benedetti y Petrini se consideran once parámetros. Para dar valor ( $K_i$ ) a cada uno de estos parámetros se toma en cuenta la clase obtenida para cada una de ellos de acuerdo a lo observado en campo. Cada valor de estos parámetros se afecta por un factor de peso ( $W_i$ ). La suma ponderada de estos valores da como resultado  $I_v$ ; a medida que va subiendo este valor la edificación es más vulnerable. Ver Figura 1.1.

Las tablas 1.1 y A1 (ver anexo A), muestran la descripción, clases y pesos correspondientes a cada uno de los once parámetros para edificaciones de mampostería y de concreto armado respectivamente.

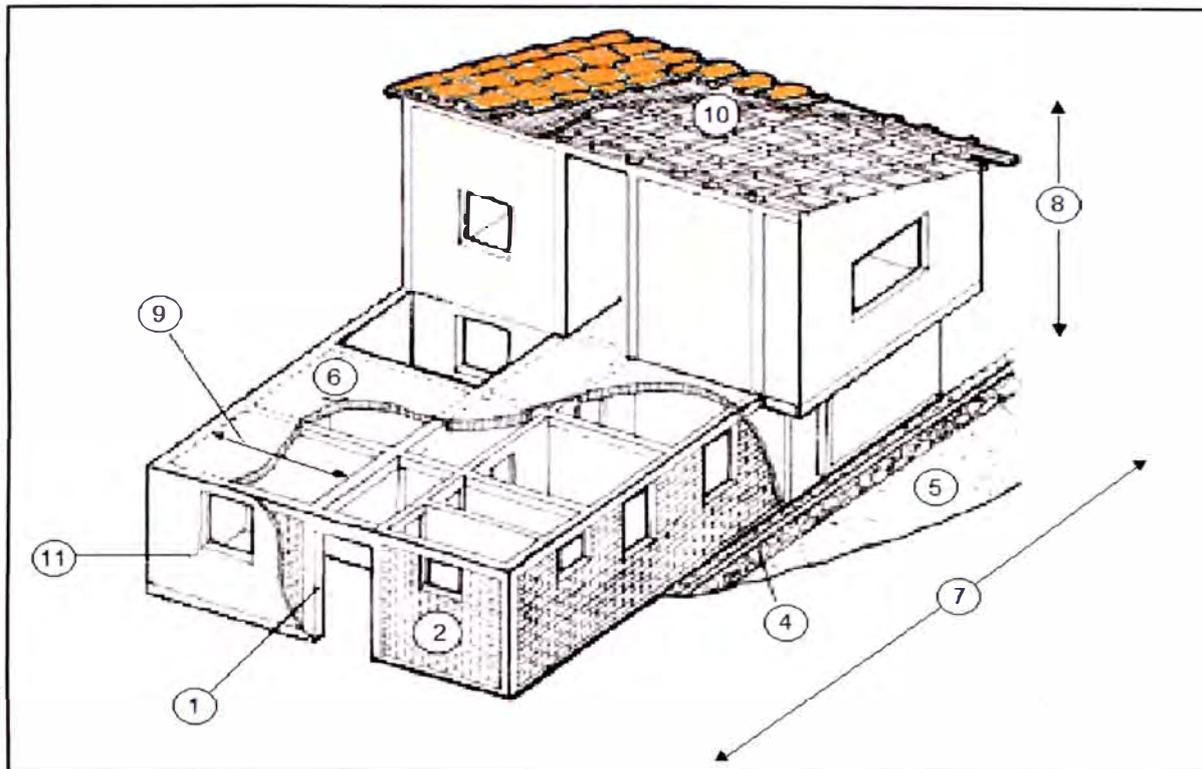


Figura 1.1. Enumeración de parámetros del índice de vulnerabilidad en mampostería. Fuente: Esperanza Maldonado Rondón. “Estimación del daño sísmico en edificaciones de mampostería a partir de la aplicación de funciones de vulnerabilidad simuladas”, 2008.

Tabla 1.1. Escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini (1984), para edificaciones de Mampostería.

i	Parámetros	Valores Ki				Peso Wi
		A	B	C	D	
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1,00
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0,25
3	Resistencia Convencional	0	5	25	45	1,50
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0,75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1,00
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0,50
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1,00
8	Separación Máxima entre muros	0	5	25	45	0,25
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1,00
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0,25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	1,00

Fuente: Yépez et al, 1996.

Así para estructuras de mampostería, a cada parámetro se le atribuye una de las cuatro calificaciones A, B, C o D; siguiendo una serie de instrucciones detalladas con el propósito de minimizar las diferencias de apreciación entre los observadores. A cada una de estas calificaciones le corresponde un valor numérico “ $K_i$ ”. Las Clases A, B, C y D, van respectivamente desde condiciones favorables a desfavorables. El índice de vulnerabilidad “ $I_v$ ” se obtiene mediante la ecuación [2] de acuerdo a la referencia (6).

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} (K_i \cdot W_i) \dots\dots\dots [2]$$

Cuanto mayor es el índice de vulnerabilidad peor es la capacidad resistente del edificio.

Originariamente los valores y pesos de estas tablas se calibraron y asignaron en base a datos observados en catástrofes sísmicas. En el caso de Barcelona se usaron datos de terremotos ocurridos en España, análisis dinámicos de las estructuras y simulaciones numéricas. También es posible incorporar la opinión de expertos para adaptar la metodología a edificios específicos de diferentes entornos urbanos. La ecuación [2] puede normalizarse para obtener índices en el rango entre cero (nada vulnerable) y uno (nada resistente) o entre cero y 100. La ecuación [3] muestra un ejemplo de este tipo de normalización para el caso en el que el máximo valor del índice de vulnerabilidad es de 34. Ver referencia (7).

$$I_v = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (K_i \cdot W_i) + 1}{34} \dots\dots\dots [3]$$

Cabe mencionar que gran parte de los estudios es sobre edificaciones de mampostería, tales como las existentes en Italia así como también en América Latina. Es aplicable a muchas tipologías de los dos grandes grupos de estructuras mencionadas, lo cual evita el enorme problema de tener que describir detalladamente la tipología específica de cada estructura y tener que utilizar descripciones de daño y funciones de vulnerabilidad que respondan exclusivamente a esa tipología. Luego, no requiere de una descripción al detalle, siendo ésta la principal ventaja frente a otros métodos existentes. Ver referencia (15).

Algunas de las razones tomadas en cuenta para elegir esta metodología según la referencia (7) son:

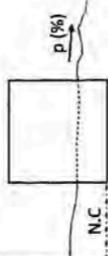
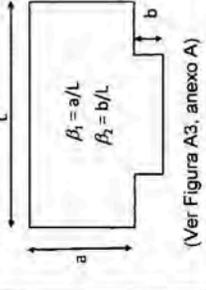
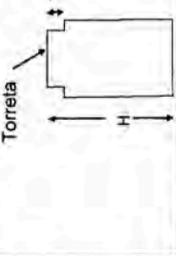
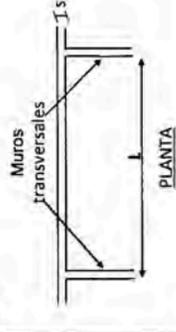
- Está fundamentada en datos reales.
- Se puede aplicar en estudios a nivel urbano.
- Se tiene la experiencia de haberse aplicado en diferentes ciudades de Italia y en el resto del mundo con buenos resultados.

### **1.5.2. Calificación de parámetros del método italiano**

Para estructuras de mampostería se consideran los parámetros mostrados en la Tabla 1.1 ya que es el tipo de estructura que se encontró en la zona en estudio. Se describen los criterios tomados para su calificación en la Tabla 1.2.

Ver definición de parámetros en el anexo A.

Tabla 1.2. Calificación de edificaciones de mampostería

PARÁMETRO	CLASIFICACIÓN			
	A	B	C	D
Parámetro 1. Organización del sistema resistente	La edificación está construido de acuerdo a las recomendaciones de la norma de construcción y diseño sismorresistente.	La edificación presenta, en todas las plantas, conexiones en muros mediante vigas de amarre, las que tienen la capacidad de transmitir cortantes verticales.	Edificación constituida por paredes ortogonales bien ligadas sin vigas de amarre.	Conformado por paredes ortogonales no ligadas
Parámetro 2. Calidad del sistema resistente	Mampostería en ladrillo o bloques prefabricados de buena Calidad. Mampostería en piedra bien cortada, con piezas homogéneas de dimensiones constantes en todo el muro. Buen ligamento entre las piezas.	Mampostería en ladrillo, bloques o piedra bien cortada no muy homogéneo en todo el muro. Presencia de buen ligamento.	Mampostería en piedra mal cortada, piezas no homogéneas. Ladrillos de baja calidad sin ligamento.	Mampostería en piedra irregular mal trabada, ladrillo de baja calidad, con inclusión de guijarros. Con piezas no homogéneas o sin ligamento.
Parámetro 3. Resistencia Convencional $\delta = \frac{c}{0,4}$ (Ver ecuaciones 15, 16 y 17, anexo A)	$\delta \geq 1$	$0,6 \leq \delta < 1$	$0,4 \leq \delta < 0,6$	$\delta < 0,4$
Parámetro 4. Posición del edificio y cimentación 	Edificación cimentado sobre terreno estable con 'p' ≤ 10%. N.C se encuentra en el mismo nivel. No existe empuje no equilibrado por causa de un terraplén.	Edificación cimentado sobre roca. 10% < p < 30%, o sobre terreno suelto, 10% < p < 20%. N.C difieren máximo 1m. No existe empuje no equilibrado por causa de un terraplén.	La cimentación de la edificación es sobre terreno suelto, 20% ≤ p ≤ 30%, o sobre terreno rocoso, 30% ≤ p ≤ 50%. N.C difieren máximo 1m. Presencia de terraplenes no equilibrados	La cimentación es sobre terreno suelto, p > 30%, o sobre terreno rocoso, p > 50%. N.C difieren más de 1m. Presencia de terraplenes no equilibrados.
Parámetro 5. Diafragmas horizontales.	Cumple condición 1, 2 y 3	Cumple condición 2 y 3	Cumple condición 3	no cumple ninguna de las condiciones
Parámetro 6. Configuración en planta  (Ver Figura A3, anexo A)	$b_1 \geq 0,8$ ó $b_2 \leq 0,1$	$0,8 > b_1 \geq 0,6$ ó $0,1 < b_2 \leq 0,2$	$0,6 > b_1 \geq 0,4$ ó $0,2 < b_2 \leq 0,3$	$0,4 > b_1$ ó $0,3 < b_2$
Parámetro 7. Configuración en elevación 	$\Delta M/M > 10\%$ $\Delta M$ : variación de masa M: masa del piso inferior	$10\% \leq \Delta M/M \leq 20\%$ , T/H < 10%. Porches que afectan menos del 10% del área en planta.	$20\% < \Delta M/M < 50\%$ , 10% < T/H < 40%. Porches que afectan entre 10% al 20% del área en planta.	$\Delta M/M \geq 50\%$ , T/H > 40%. Porches que afectan a más 20% del área en planta
Parámetro 8. Espaciamiento máximo entre muros 	$L/s \leq 15$	$15 < L/s \leq 18$	$18 < L/s \leq 25$	$L/s > 25$
Parámetro 9. Tipo de cubierta	Edificación con cubierta estable y provista de viga cumbreira. Edificación con cubierta plana	Edificación con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira. Edificación con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbreira	Edificación con cubierta inestable, sin viga cumbreira
Parámetro 10. Elementos no estructurales	Edificación sin cornisas y sin parapetos. Edificación con cornisas bien conectadas a la pared, con chimeneas de pequeña dimensión y poco peso. Edificación cuyo balcón es parte de la estructura	Como la Clase A.	Edificación con elementos de dimensión pequeña, mal conectados a la pared	Edificación con chimenea u otro elemento en el techo mal conectado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de terremoto. Edificación con balcones contruidos posteriormente conectadas de forma deficiente
Parámetro 11. Estado de conservación	Muros en buena condición, sin fisuras visibles	Muros que presentan fisuras no extendidas, con excepción de los casos en los cuales dichas fisuras han sido producidas por terremotos.	Muros con fisuras de tamaño medio entre 2 a 3 mm de ancho o con fisuras producidas por sismos. Edificación que no presenta fisuras pero que se caracteriza por un regular estado de conservación de la mampostería.	Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o fisuras muy graves de más de 3 mm de ancho

## 1.6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El resultado del estudio de vulnerabilidad se visualiza mediante mapas temáticos generados por un SIG. Por tal razón es conveniente definir algunos conceptos concernientes a este sistema, el cual permite el almacenamiento y procesamiento de datos.

### 1.6.1. Definición

Un SIG es un conjunto de herramientas para obtener, almacenar, recuperar, transformar y desplegar datos espaciales para diferentes propósitos. Ver referencia (5).

La información se puede representar en diferentes capas, tales que permitan visualizar un gran número de datos (superposición de capas).

Ver Figura 1.2.

### 1.6.2. Base de datos

La información geográfica, que se divide en dos elementos: entidad y atributo o variable, es un conjunto de datos espaciales georreferenciados. La entidad puede ser un elemento físico real como una casa, lago, ciudad, o un elemento sin representación física real como catastro, censo. Las variables o atributos de las entidades se pueden estudiar considerando el aspecto temático, localización o ambos. La entidad se representa en forma digital, denominándose objeto; estos objetos son: punto, línea ó polígono.

A todo objeto se asocian unos atributos que pueden ser gráficos (objetos geográficos con ubicaciones específicas en el mundo real) o alfanuméricos (descripciones, calificaciones o características que se nombran).

Para crear una base de datos en un SIG se hace un proceso de abstracción (pasar la complejidad del mundo real a una representación simplificada de puntos, líneas o polígonos), tal que pueda ser procesada por el lenguaje de las computadoras. La captura de la información se

logra mediante procesos de digitalización, procesamiento de imágenes de satélite, fotografías, videos, entre otros.

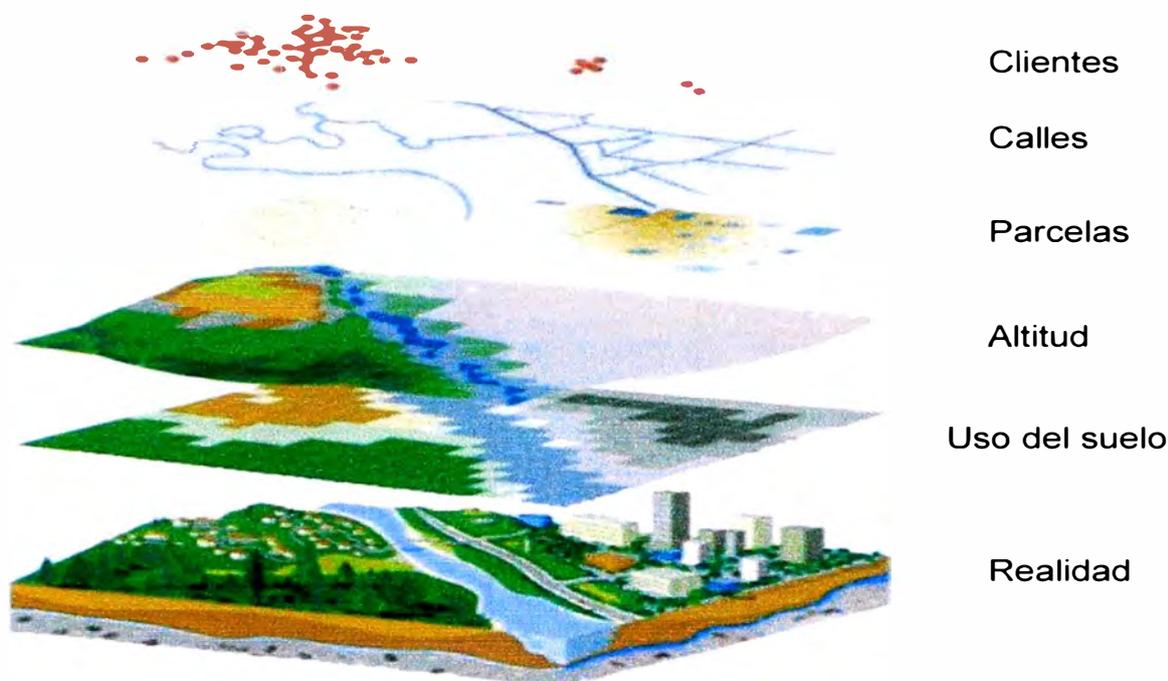


Figura 1.2. Superposición de capas. Fuente: Juan Peña LLopis. “Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio”, 2008.

El desarrollo de una base de datos espacial conlleva una simplificación de la realidad para adaptarla a un modelo de datos. Existen dos modelos de datos: Vectorial y ráster. Ver Figura 1.3.

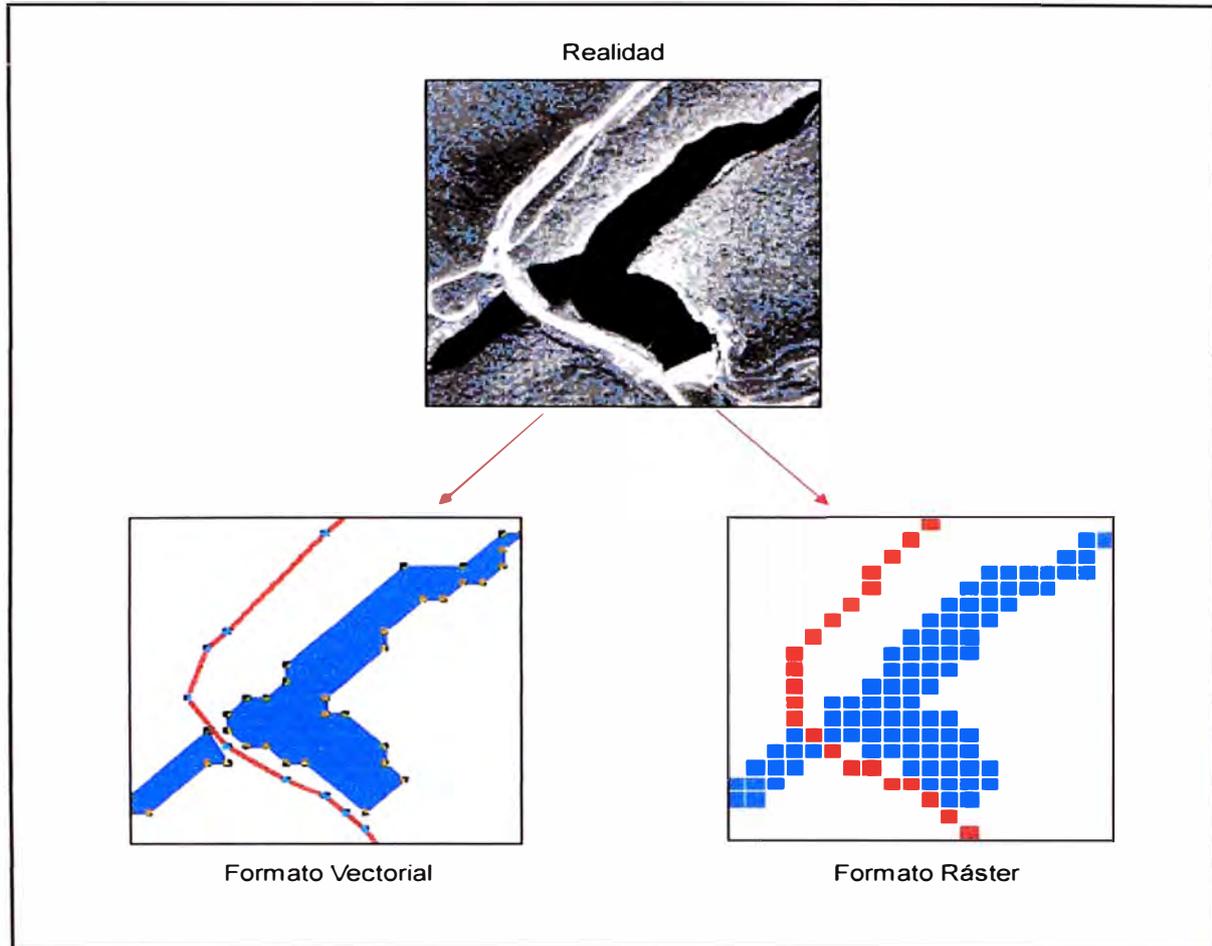


Figura 1.3. Modelo de datos. Fuente: Juan Peña Llopis. "Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio".

### 1.6.3. Modelos Vectoriales

El modelo vectorial es una estructura de datos utilizada para almacenar datos geográficos; en este modelo se considera que la realidad está constituida de una serie de objetos discretos (puntos, líneas, polígonos) a los que se puede asignar propiedades cualitativas o cuantitativas. Estos objetos se codifican por su posición en el espacio como puntos y líneas o por la posición de sus límites como polígonos. Ver referencia (14). Ver Figura 1.4.

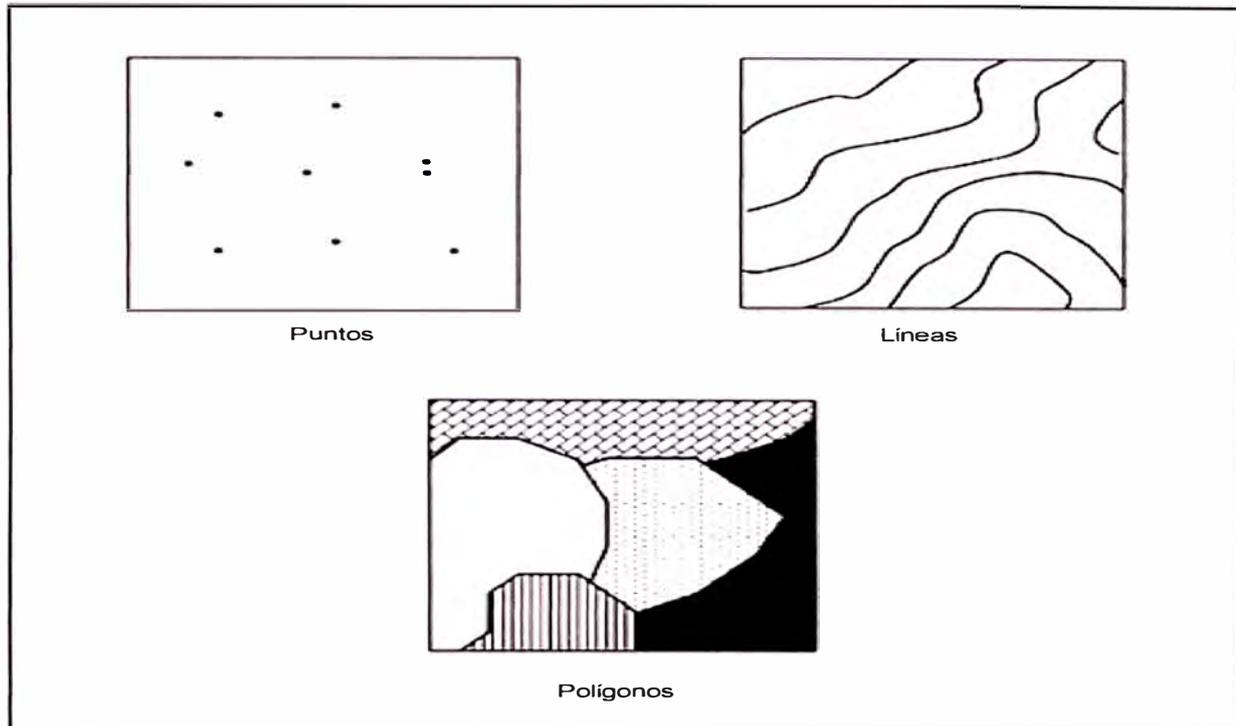


Figura 1.4. Estructura de datos vectoriales. Fuente: Juan Peña Llopis. "Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio".

Los objetos geográficos se representan explícitamente y, junto a sus características espaciales, se asocian sus valores temáticos.

Los modelos vectoriales tienen dos componentes: uno que almacena los datos espaciales y otro los datos temáticos; es un sistema de organización híbrido, por unir una base de datos relacional, para los aspectos temáticos, con una base de datos topológica, para los geográficos. Un elemento clave en este tipo de sistemas es el **identificador** de cada objeto, este es único y diferente para cada objeto y permite la conexión entre ambas bases de datos mayor información en referencia (14). Ver Figura 1.5.

Algunos ejemplos de la representación vectorial son:

- Puntos: puentes, escuelas, etc.
- Líneas: Vías férreas, calles, etc.
- Polígonos: Lagunas.

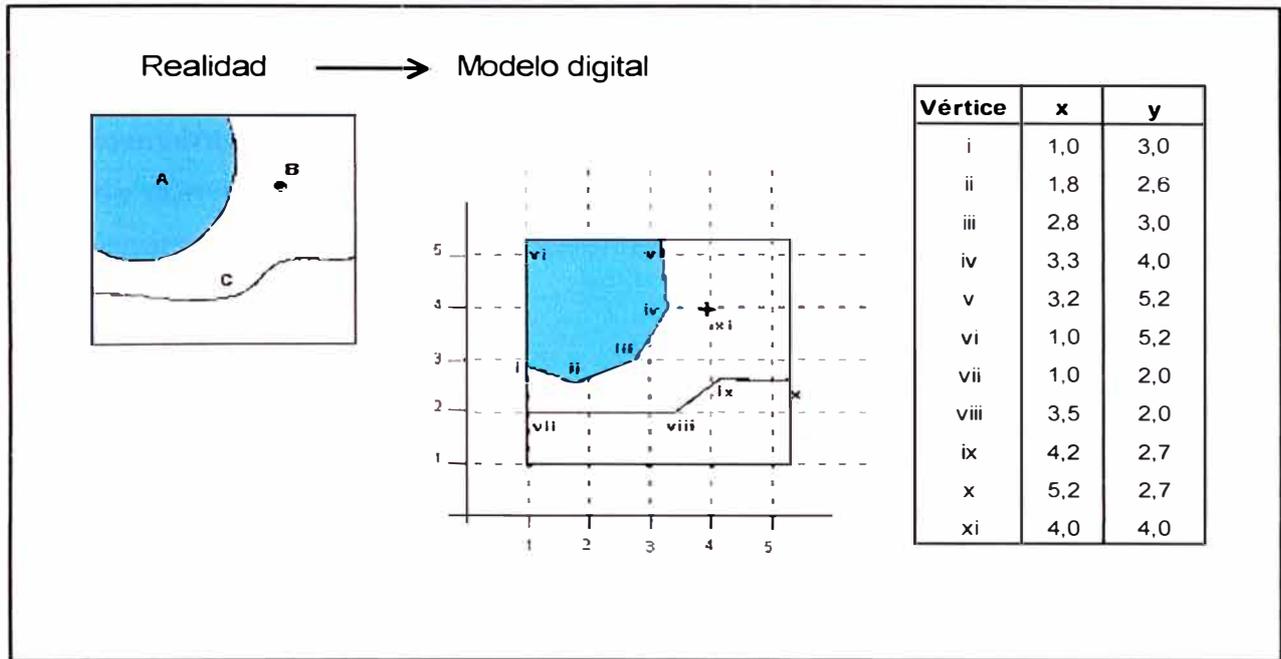


Figura 1.5. Representación vectorial. Fuente: F. Escobar; G. Hunter.  
“Introducción a los SIG”.

#### 1.6.4. Modelos Ráster

El modelo ráster es un método para el almacenamiento, procesado y visualización de datos geográficos. Considera la realidad como un continuo. La representación se realiza dividiendo ese continuo en una serie de celdillas o píxeles, asignándoles a cada una un valor para cada una de las variables consideradas. Ver referencia (14).

Un píxel es la unidad de medida mínima que forma parte de una imagen digital (imágenes de satélite, fotografía aérea, cámaras de video o cámara fotográfica digital).

Cada celdilla guarda las coordenadas de la localización y el valor temático. Se puede aplicar para superposiciones de mapas o el cálculo de superficies, descripción de datos como altitud, presión atmosférica, temperatura, usos del suelo, entre otros. Ver Figura 1.3.

### 1.6.5. Ventajas e Inconvenientes de los Modelos vectorial y ráster

Estos modelos de datos presentan un conjunto de ventajas e inconvenientes. Se trata de modelos complementarios, las ventajas de uno se convierten en los inconvenientes del otro. En las tablas 1.3 y 1.4 se presentan las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

Tabla 1.3. Ventajas y desventajas del modelo vectorial.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálculo más preciso</li> <li>- Análisis de redes más consistentes</li> <li>- Base de datos orientadas a objetos</li> <li>- Espacio de almacenamiento menor</li> <li>- Representaciones gráficas de mayor calidad (mapas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura de datos más compleja</li> <li>- Menor capacidad para la superposición de capas</li> </ul>

Tabla 1.4. Ventajas y desventajas del modelo ráster.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura de datos más simple</li> <li>- Operaciones de superposición de capas más sencilla</li> <li>- Análisis espaciales más eficientes, como distribución de densidad y de superficie.</li> <li>- Capacidad de integrar datos de satélite e imágenes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálculos con baja precisión (dependiendo del tamaño del pixel)</li> <li>- Mayor espacio de almacenamiento</li> </ul>

### 1.6.6. Elaboración de mapas temáticos en ArcGIS

Los mapas temáticos, en general, consisten en la representación cartográfica de una variable. Esta representación puede llevarse a cabo mediante símbolos y colores que pongan de manifiesto el valor de una variable en cada una de las unidades geográficas consideradas (países, regiones, etc.). Puede utilizarse un color/símbolo diferente para cada valor o para cada intervalo de valores de la variable. Ver Figura 1.6.



Figura. 1.6. Esquema de mapa temático.

Ver obtención de los mapas temáticos en el capítulo 3.2 “Procesamiento de la información a la base SIG y obtención del mapa temático”.

### **1.6.7. Aplicaciones SIG**

De acuerdo a la referencia (5), las aplicaciones son diversas. Entre ellas se encuentran:

#### **Cartografía digital**

El SIG permite la elaboración de cartografía, construyendo capas temáticas de información gráfica y alfanumérica, así como mapas digitales, que es la combinación de diferentes estratos de interés para el investigador.

#### **Ordenamiento territorial**

Para la evaluación y reformulación de usos del suelo, localización de emprendimientos, trazado de vías de comunicación, entre otros.

#### **Distribución espacial de variables**

Para la correlación entre los datos y las unidades espaciales; cartografía, variables relacionadas con aspectos demográficos, socioeconómicos, educativos, sanitarios, entre otros. En la evaluación de riesgos ambientales y en la metodología de escenarios. Los SIG se pueden utilizar para cartografiar el cambio en una zona, predecir condiciones futuras, tomar decisiones, o evaluar los resultados de una acción o una política concreta.

## CAPÍTULO II

### CARACTERÍSTICAS DEL CENTRO POBLADO “SANTA CRUZ”

#### 2.1. UBICACIÓN

El centro poblado Santa Cruz se encuentra en la región Lima, departamento de Lima, provincia de Huaura, distrito de Végueta, a la altura del kilómetro 169 de la carretera Panamericana Norte.

Limita por el Norte con el centro poblado Medio Mundo, por el Sur con el centro poblado Primavera, por el Este con el centro poblado La Villa y por el Oeste con el Océano Pacífico. Ver figuras 2.1 y 2.2.



Figura 2.1. Distritos de Huaura. Ubicación del distrito Végueta-centro poblado Santa Cruz.

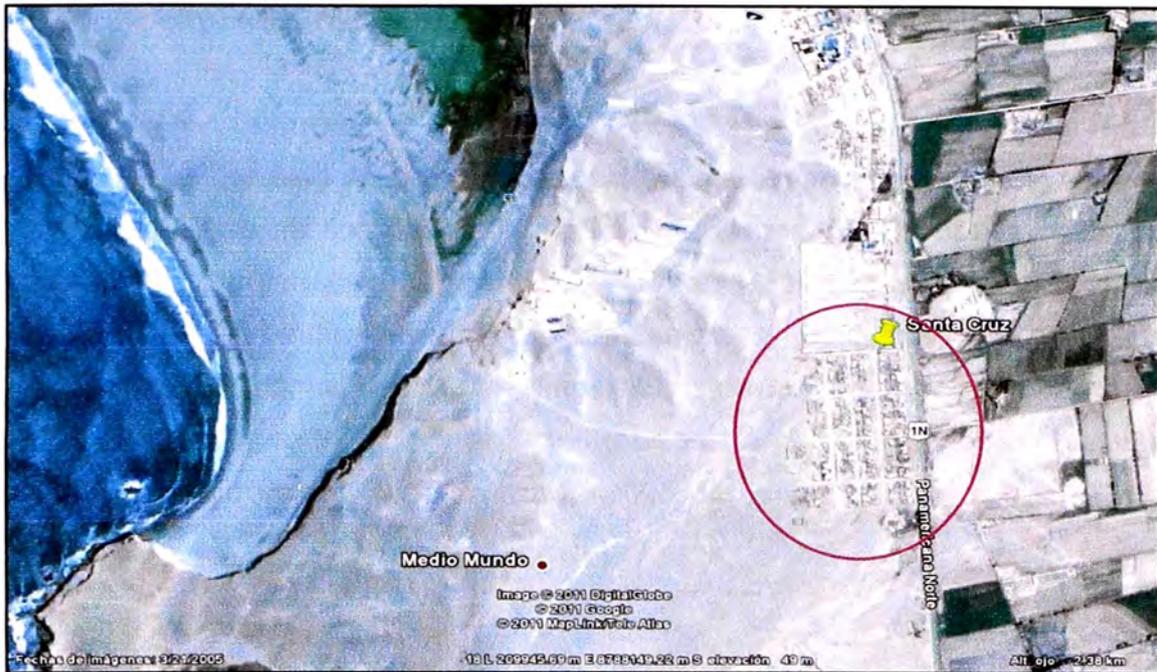


Figura 2.2. Imagen Satelital, ubicación del centro poblado de Santa Cruz.  
Vista de planta. Fuente: Google Earth.

## 2.2. INFORMACIÓN DEL CENTRO POBLADO “SANTA CRUZ” OBTENIDA DEL CATASTRO URBANO

La información que se consigna en breve es la obtenida del reconocimiento de campo y del levantamiento catastral realizado en esa zona a fines del 2011.

### 2.2.1. Área de Estudio

En la Figura 2.3 se observa el área que comprende el catastro, está delimitada por un polígono de color rojo. Abarca 298 edificaciones, lo que corresponde a 19 manzanas, según consta en el “Expediente Técnico del catastro urbano del centro poblado Santa Cruz - Vegueta - Huaura - Lima con aplicaciones GIS”. Esta área es la que se considera más adelante para el estudio de vulnerabilidad.

Se accede directamente por la carretera Panamericana Norte a la altura del Km 169 y está a 30 minutos de la ciudad de Huacho.

## 2.2.2. Reconocimiento topográfico

La zona en estudio se encuentra próxima a las Alúferas de Medio Mundo. El terreno tiene una superficie relativamente plana, con una pendiente promedio de 4 % aproximadamente. Presenta vías con afirmado, sin asfaltar, cubriendo las áreas destinadas para este fin de acuerdo a la planificación urbana de esa zona; en la mayoría de la zona no se cuenta con veredas. La disposición de las edificaciones evidencia cierto ordenamiento, con áreas destinadas para mercado, losa deportiva, comedor, entre otros. Ver figuras 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7.

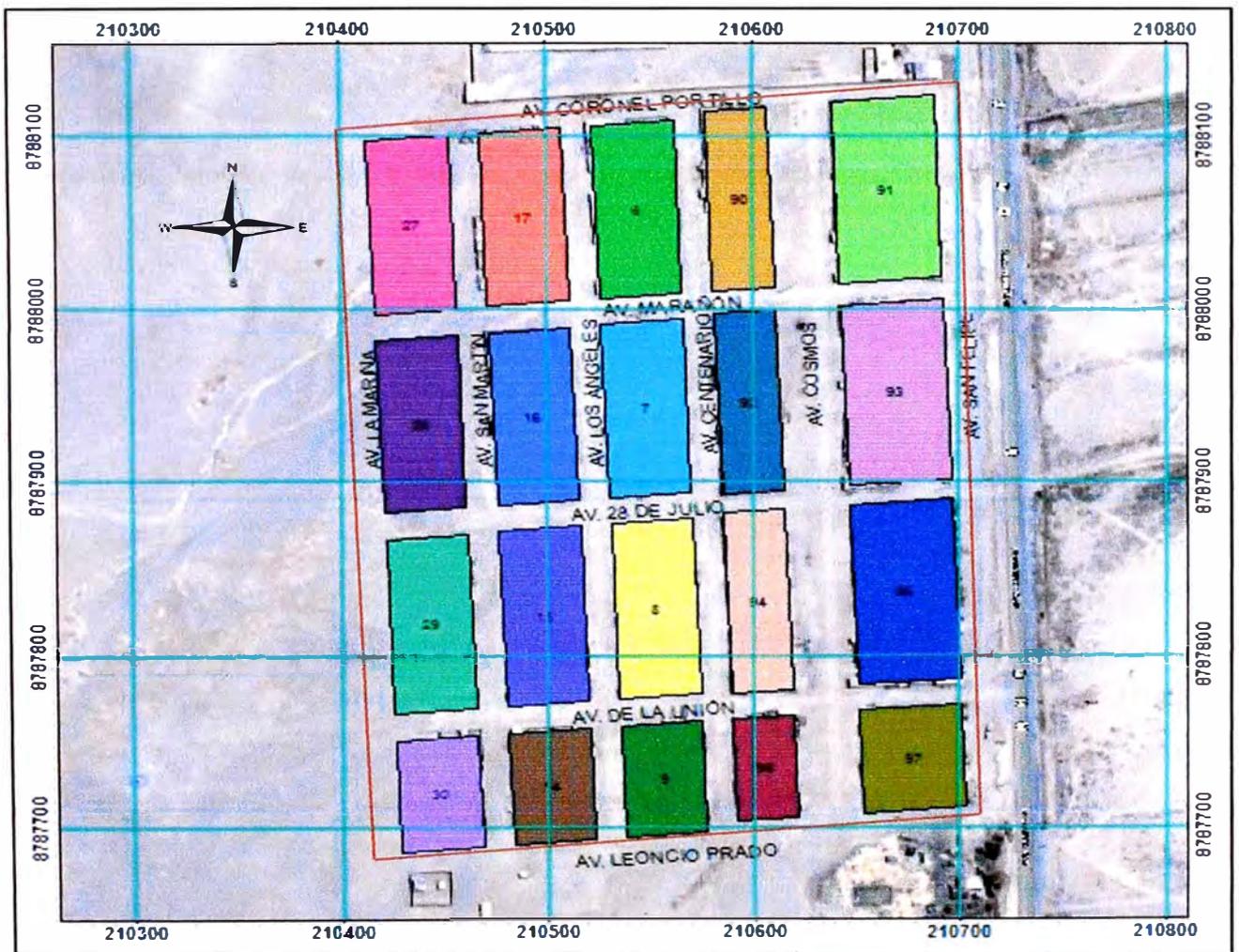


Figura 2.3. Límites del área de estudio.

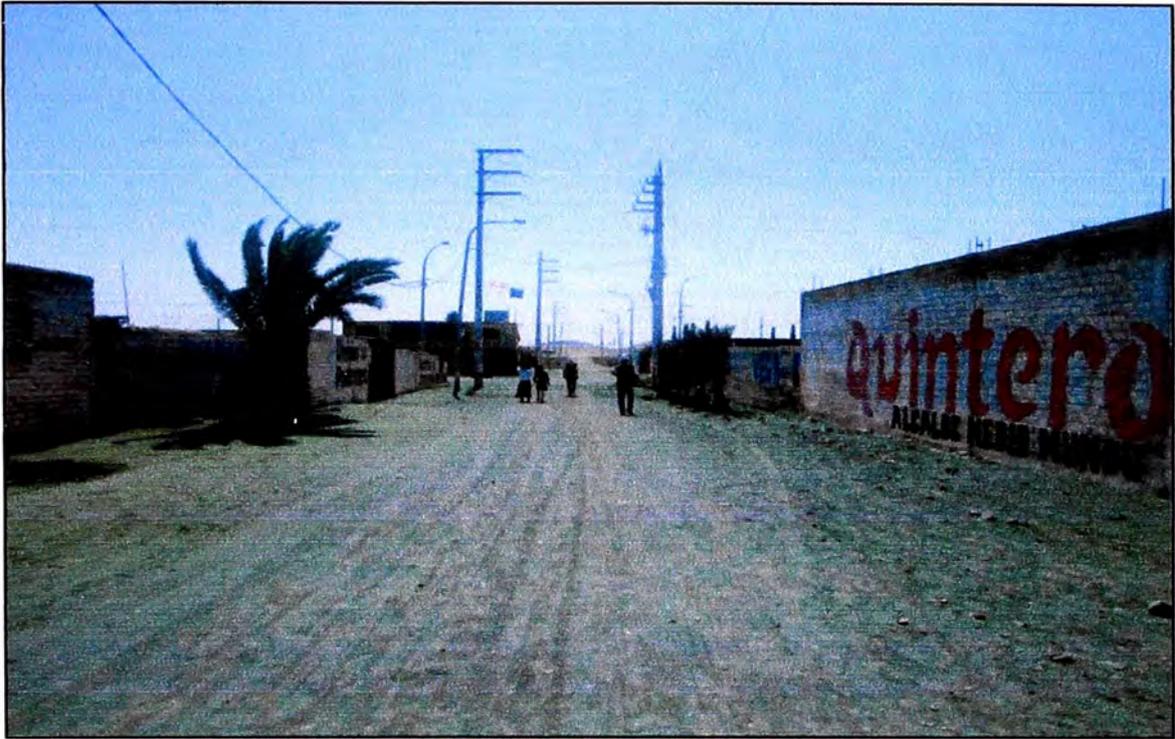


Figura 2.4. Vista Av. 28 de Julio.



Figura 2.5. Vista Av. Los Ángeles.

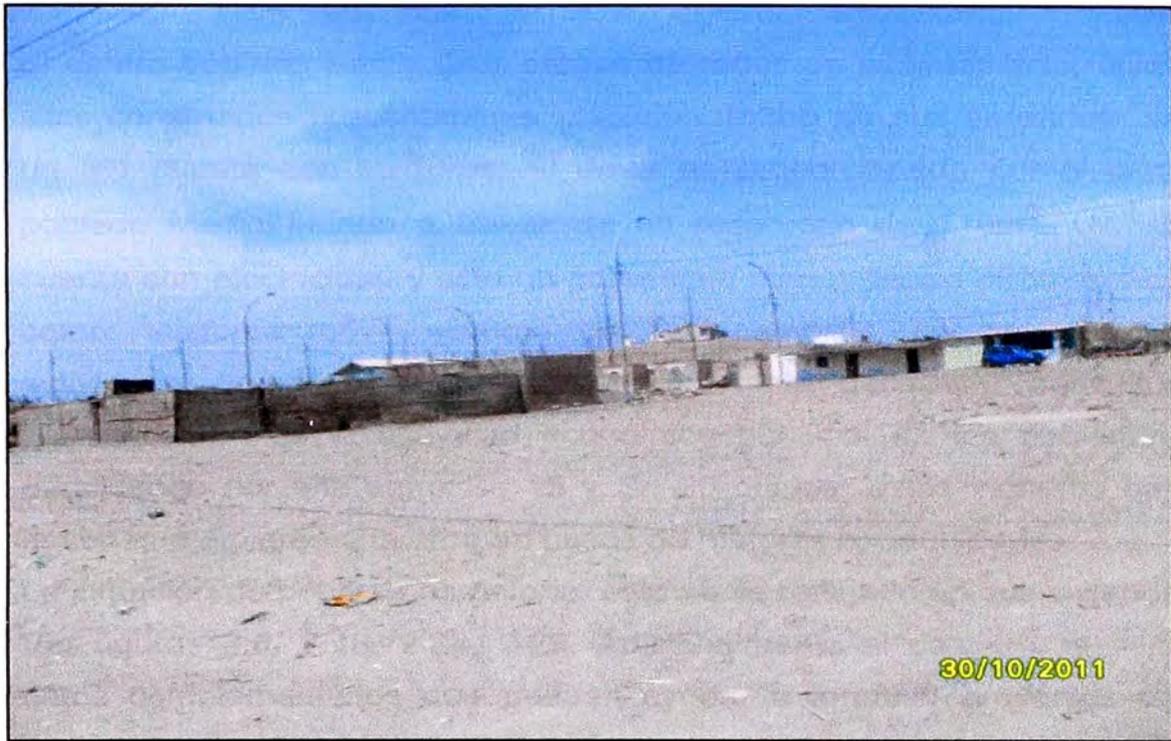


Figura 2.6. Vista del área asignada para mercado. Ubicación Mz "90".



Figura 2.7. Vista de losa deportiva. Ubicación Mz "28".

### 2.2.3. Descripción de la situación económica y social de la población

El centro poblado Santa Cruz carece de redes de alcantarillado; utilizan silos construidos precariamente ubicados dentro de sus viviendas, solo un 5% cuenta con inodoros. El agua es proporcionada por el centro poblado Medio Mundo a través de un reservorio de 120m<sup>3</sup>. Un 95% cuenta con electricidad y sólo un porcentaje menor tienen otros servicios como: telefonía móvil, sistema de cable satelital, internet. Realizan actividades como: transporte, comercio, avícola, ganadería, agricultura. La agricultura es la actividad económica principal de los pobladores, percibiendo por ella entre S/. 15 y S/. 20 diarios; estos ingresos bajos hacen que emigren a la urbe en busca de mejores oportunidades.

La situación de pobreza es notoria; esto se ve reflejado en sus viviendas. Ver figuras 2.8, 2.18, 2.24, 2.26. Adicionalmente al catastro se tienen datos complementarios que pueden ayudar a formular proyectos para mejorar el nivel económico de esta zona. Ver figuras 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.1, 2.14 y 2.15 respectivamente.

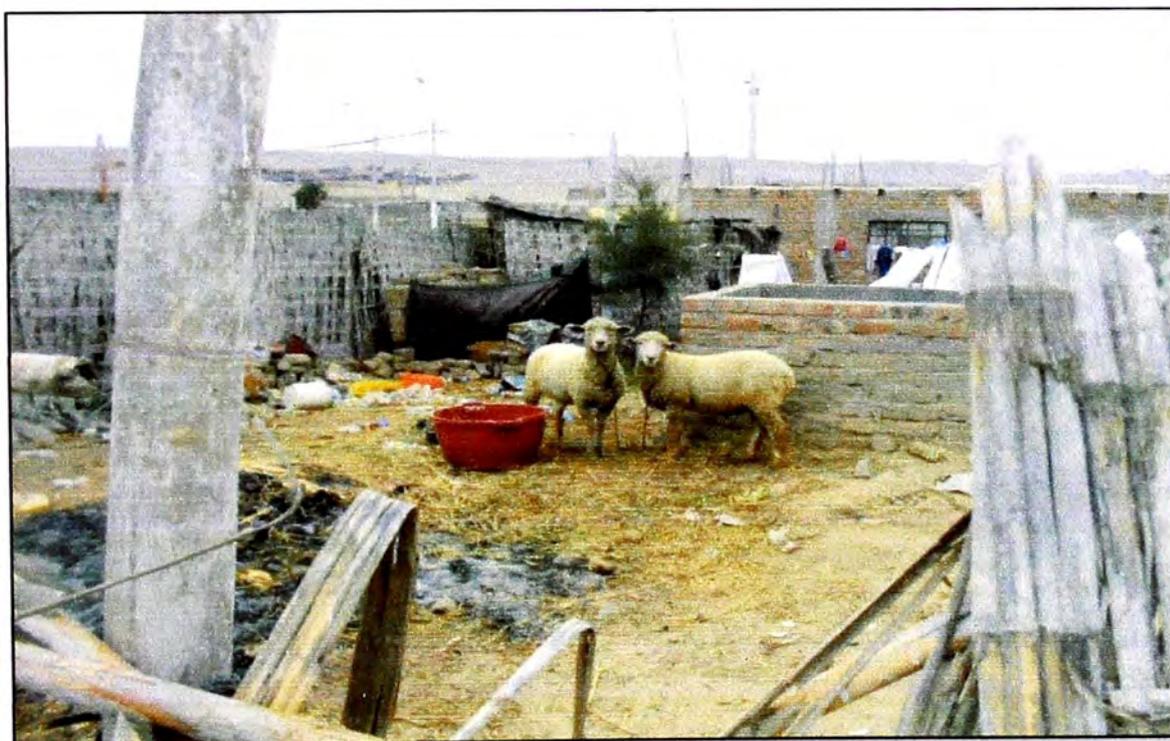


Figura 2.8. Situación de pobreza – centro poblado Santa Cruz.

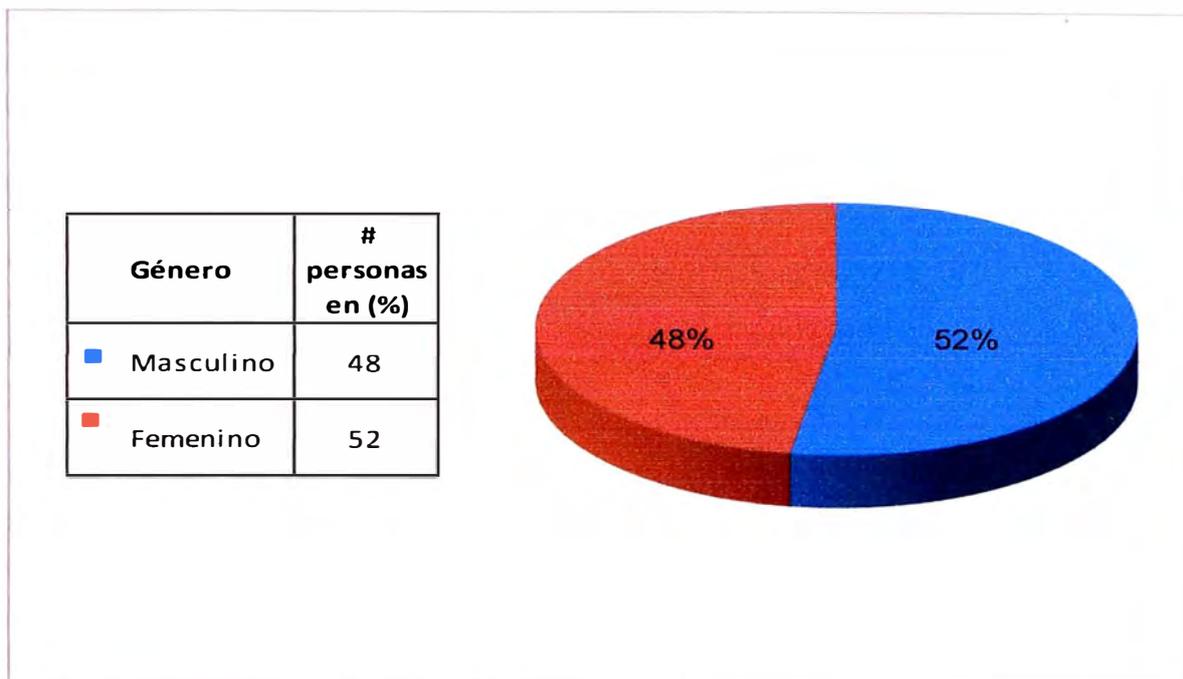


Figura 2.9. %Población Masculina vs %Población Femenina.

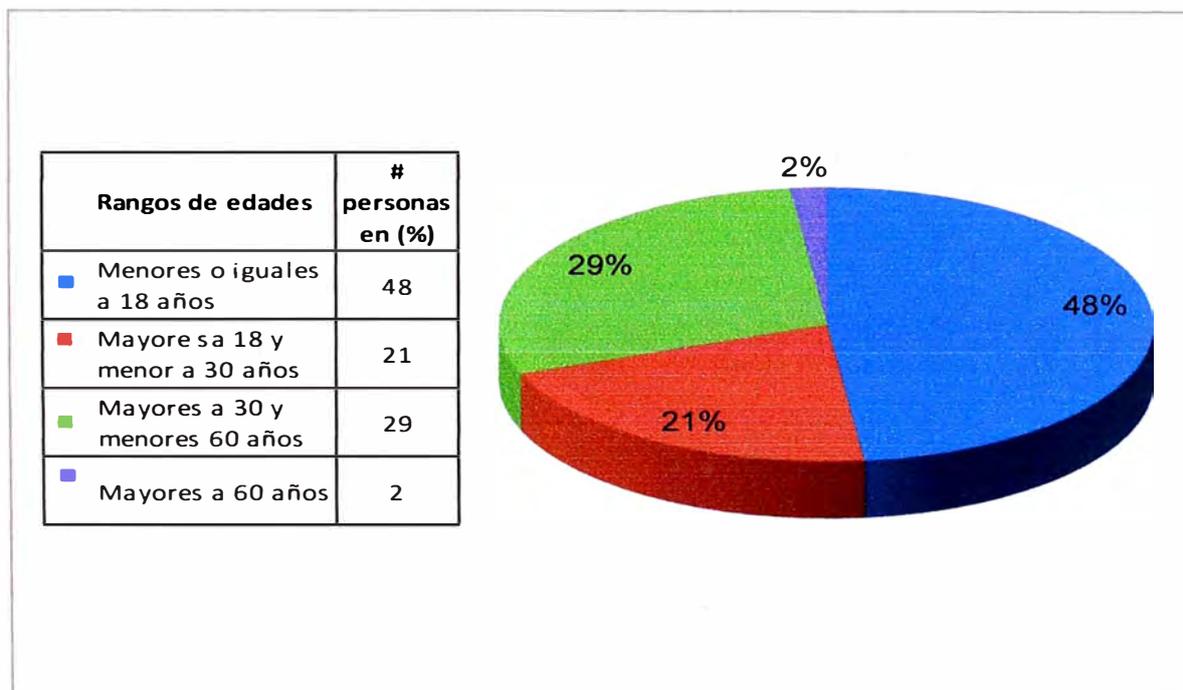


Figura 2.10. Población (%) vs Edades.

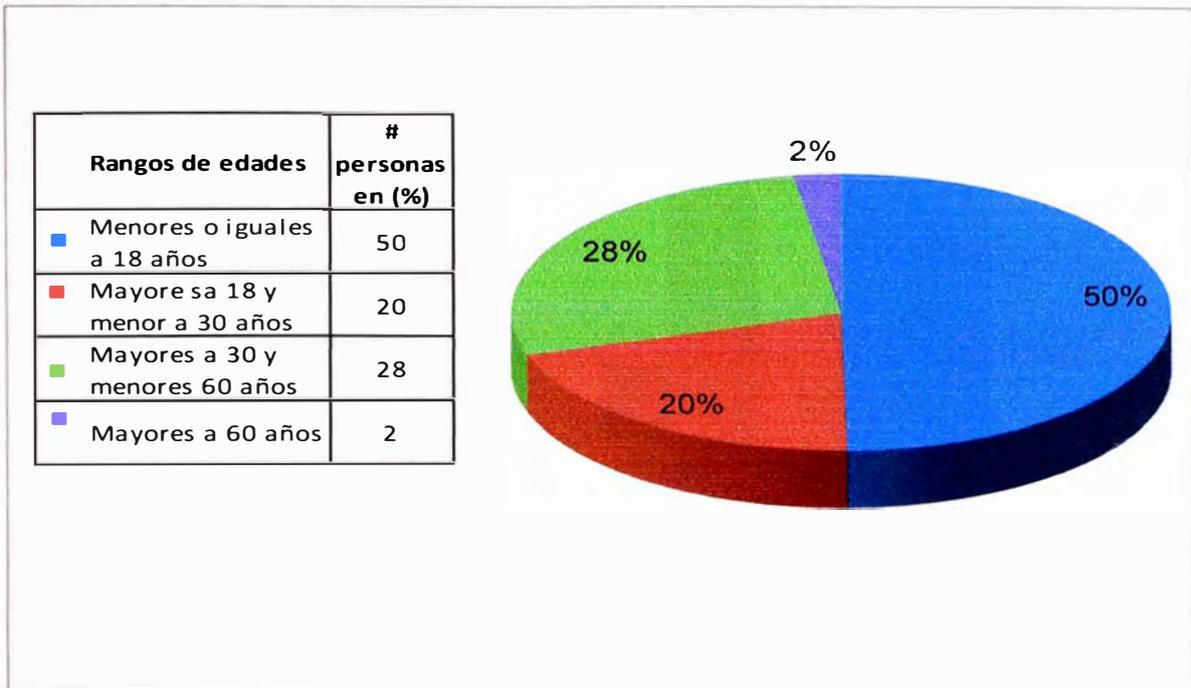


Figura 2.11. Población Masculina (%) vs Edades.

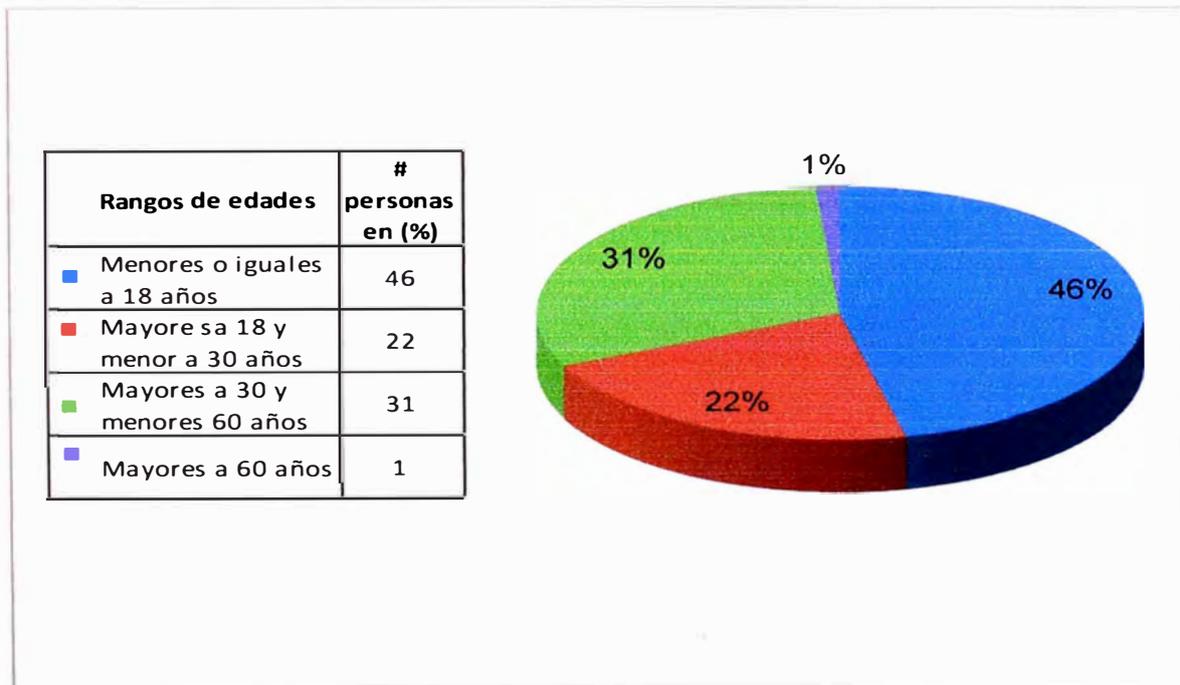


Figura 2.12. Población Femenina (%) vs Edades.

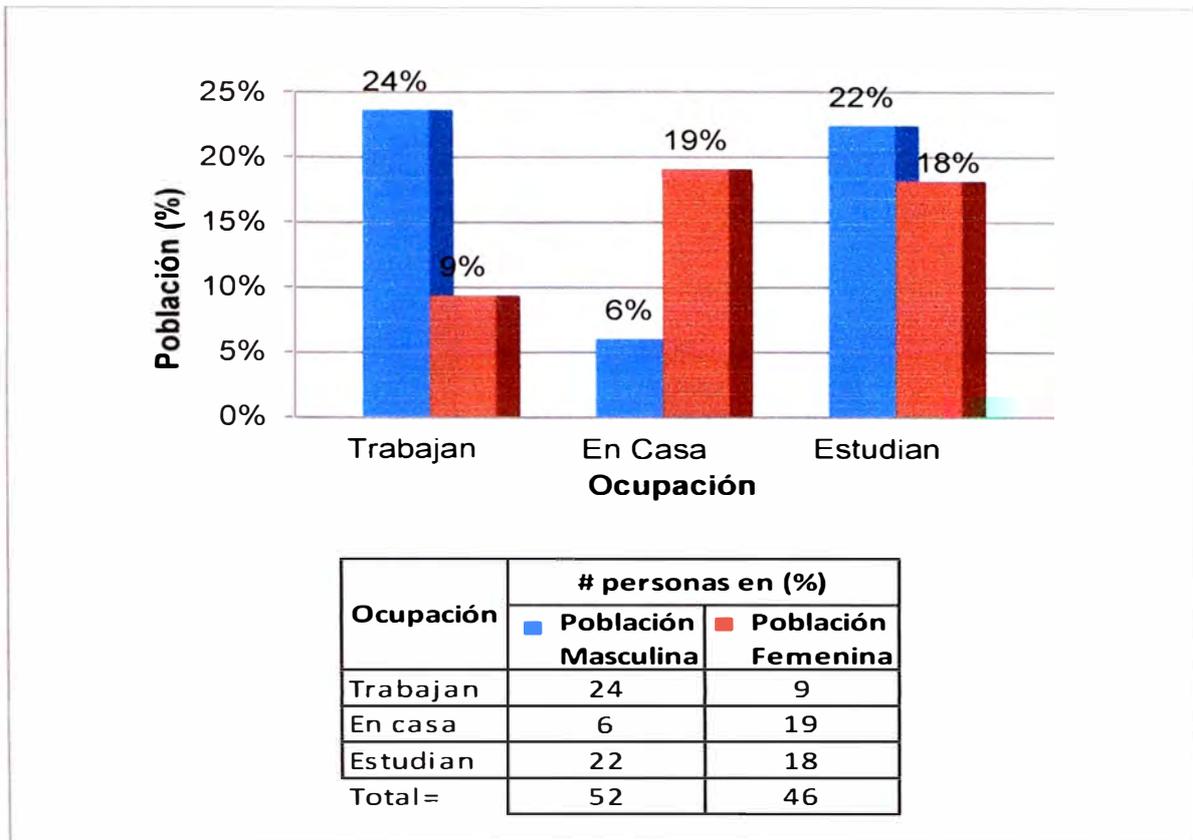


Figura 2.13. Población (%) vs Ocupación.

En la Figura 2.13. Población vs. Ocupación, el 100% corresponde al total de la población; la población económicamente activa es de 33%, correspondiendo un 24% a la población masculina y 9% a la población femenina.

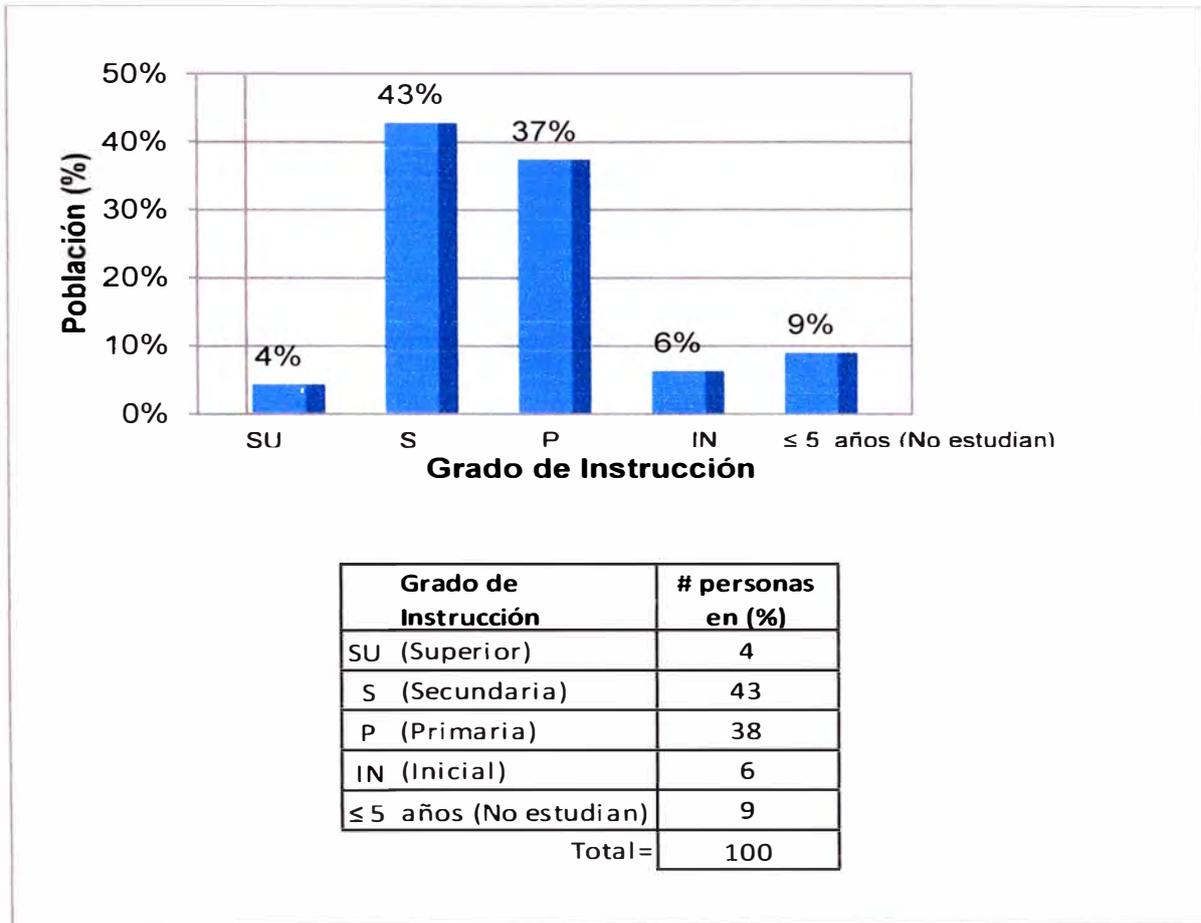


Figura 2.14. Población (%) vs Grado Instrucción.

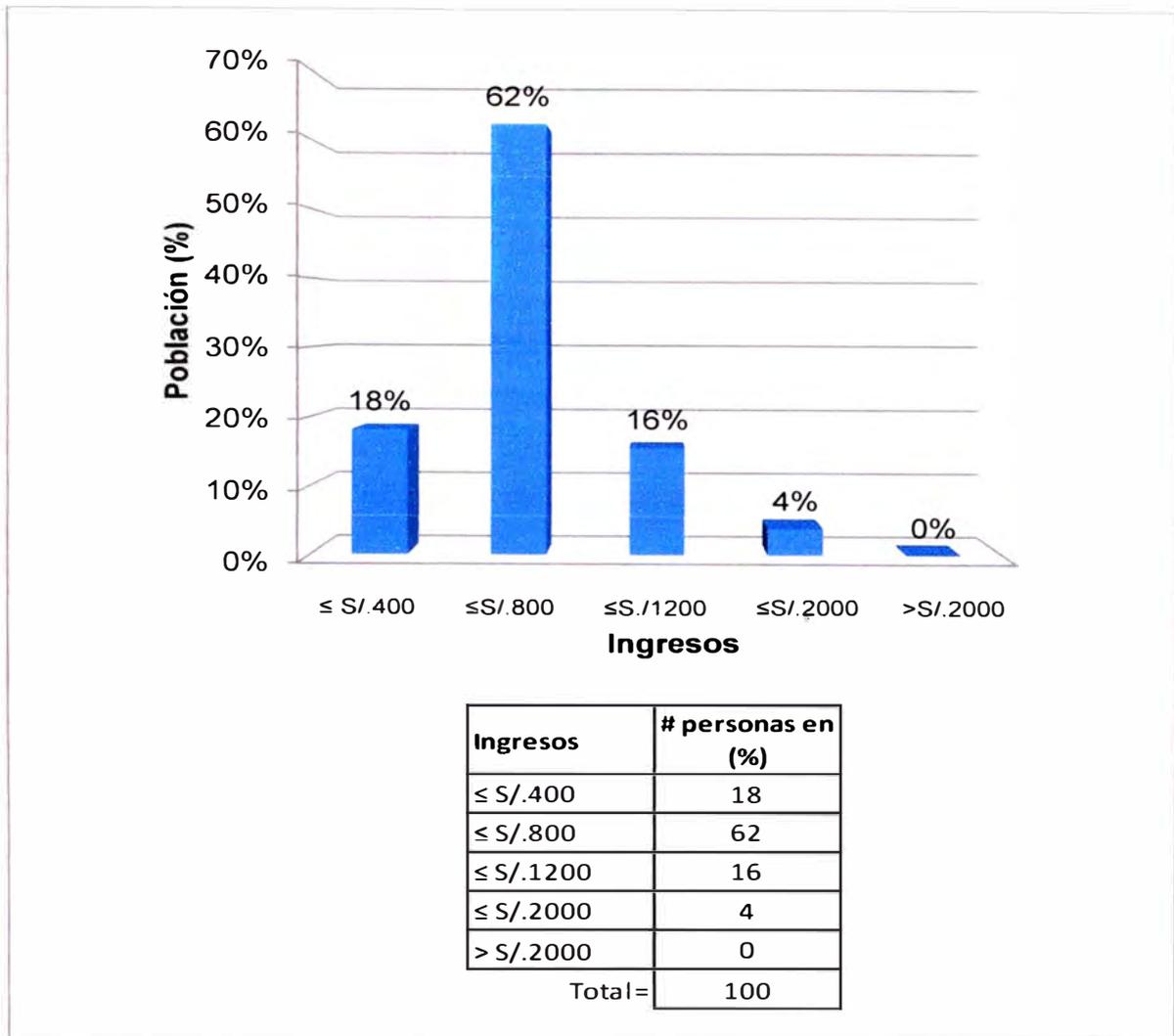


Figura 2.15. Población (%) vs Ingresos.

En la Figura 2.15. el total corresponde a la población que trabaja, se observa que un 62% percibe un ingreso menor o igual a S/.800, lo que indica su situación de pobreza.

#### 2.2.4. Descripción de las edificaciones existentes

Las edificaciones existentes en su mayoría son de mampostería de adobe y de arcilla parcialmente confinada por columnas y/o muros y la cimentación. El techo es de caña chancada con barro, con viguetas de caña cada 0.60 a 1.00m o es de estera. Existen viviendas que tienen mampostería confinada en sus cuatro lados, el techo es losa aligerada de concreto armado de 20cm de espesor; otras viviendas son completamente de estera (paredes y techo).

Las construcciones fueron realizadas sin supervisión y sin mano de obra calificada, con materiales de baja calidad; debido a ello se aprecia un gran deterioro en la mayoría de estas edificaciones. Ver figuras 2.18, 2.19, 2.20 y 2.21.

#### 2.3. ESTUDIO EXISTENTE DE SUELO

No se tiene estudios de suelos dentro del área considerada, sin embargo se cuenta con la información descrita del Proyecto: "Ampliación del Sistema de Agua Potable Centro Poblado Santa Cruz" (cercano a la zona), que data del año 2009, la cual se toma en cuenta para los casos pertinentes.

Las excavaciones o calicatas fueron hechas a cielo abierto y fueron en total dos, las que se realizaron a 1.50m de profundidad según describe ese Proyecto. No se encontró nivel freático hasta esa profundidad. Estas calicatas son:

<u>Calicata</u>	<u>Ubicación</u>
C-1	Av. Leoncio Prado
C-2	Av. Santa Cruz

### 2.3.1. Ensayo y clasificación de suelos

Con las muestras alteradas, tomadas de cada estrato en cada una de las excavaciones, se hicieron ensayos con la finalidad de identificar y clasificar el suelo. Estos ensayos fueron:

- Análisis granulométrico por tamizado.
- Contenido de humedad.
- Clasificación de suelos.

Los resultados se muestran a continuación:

<u>Calicata</u>	<u>Profundidad (m)</u>	<u>Clasificación</u>	
		<b>AASHTO</b>	<b>SUCS</b>
C-1	0.20 - 1.50	A – 1a (0)	SP
C-2	0.60 - 1.50	A – 1a (0)	SP

Así mismo se efectuaron registros de las excavaciones, indicando las principales características de todos los estratos encontrados. En el referido estudio se describe el suelo de la siguiente forma: presencia superficial de material de relleno removido, arenoso, poco húmedo, de compacidad mediana y con presencia de grava sub-angulosas, además de restos aislados de plásticos, papeles.

En conclusión el suelo predominante es arena, con poca presencia de grava mal graduada.

### 2.4. INFORMACIÓN RECOPIADA EN LAS FICHAS CATASTRALES

La información obtenida en campo de acuerdo a lo requerido para el catastro de dicho poblado, reflejada en las fichas catastrales y sus respectivas hojas anexas, es complementada con información con fines de estudio de vulnerabilidad.

La información relacionada con fines de vulnerabilidad que se detalla en las fichas catastrales (Formatos e instructivos de las fichas catastrales Resolución N°01-2007–SNCP/CNC) y sus hojas anexas es la siguiente:

- Medida en campo (Casillero 63)
- Fecha de construcción (Casillero 75)
- Material estructural predominante (Casillero 76)
- Estado de conservación (Casillero 77)
- Área construida ((Casillero 86)

Ver ubicación en Figura 2.16.

46	CONDICIÓN DEL TITULAR		01 PROPIETARIO UNICO	02 SUCESIÓN INTENTADA	03 POSEIDOR	04 SOCIEDAD CONYUGAL	05 COPIULADURA	06 LITIGIO	07 OTROS (especificar)
47	FORMA	01 COMPRA VENTA	02 ANTICIPA LEGÍTIMA	03 TESTAMENTO	04 DONACIÓN	05 ADJUDICACIÓN	06 FUSIÓN	07 EXPROPIACIÓN	48 FECHA DE ADQUISICIÓN
DE ADQUISICIÓN		08 PROMUTA	09 PRESCRIP. ACQU.	10 OBR. DEROGACIONES	11 DACIÓN PAGO	12 DECL. HEREDEROS	13 OTROS (INDICAR)		
49	CONDICIÓN ESPECIAL DEL PREDIO (Especialidad)		01 MONUMENTO HISTÓRICO	02 PREDIO RÍSTICO	03 SISTEMA DE AYUDA DE AERONAVEGACIÓN	34 OTROS (especificar)			
50	N° DE RESOLUCIÓN DE EJECUCIÓN DEL PREDIO	51 PORCENTAJE	52 FECHA DE INICIO			53 FECHA DE VENCIMIENTO			

**DESCRIPCIÓN DEL PREDIO**

54	CLASIFICACIÓN DEL PREDIO		01 CASA HABITACION	02 TENEA DEPÓSITO ALMACÉN	03 PREDIO EN ESPICIO	04 OTROS (especificar)	05 TERRENO SIN CONSTRUIR	
4.1 CLÍNICA		4.2 HOSPITAL	4.3 CINE, TEATRO	4.4 INDUSTRIA	4.5 TALLER	4.6 ESCUELA / TEMPLO		
4.7 CENTRO DE BARRIO		4.8 SERVIDOR DE COMIDA	4.9 PARQUE	4.10 CEMENTERIO	4.11 BUS ESTACIÓN	4.12 BANCO FINANCIERA		
4.13 TERMINAL DE TRANSPORTE		4.14 MERCADO	4.15 CLUB SOCIAL	4.16 CLUB DE ESPORTES	4.17 PLAYA DE SITUACIONAMIENTO	4.18 OTROS		
55	PREDIO CATASTRAL EN	01 GALERÍA	02 MERCADO	03 CAMPO FERIA	04 CENTRO COMERCIAL	05 QUINTA	06 CALLEJÓN	07 PREDIO INDEPENDIENTE
08 BARRIO		09 CORRALÓN	10 ACISTEA	11 APARTE	12 PREDIO EN ESPICIO	13 OTROS (especificar)		
56	CÓDIGO DE USO	57	USO DEL PREDIO CATASTRAL (Descripción)	58	ESTRUCTURACIÓN	59	ZONIFICACIÓN	
60		ÁREA DE TERRENO TÍTULO (M2)	61	ÁREA DE TERRENO DECLARADA (M2)	62	ÁREA DE TERRENO VERIFICADA (M2)		
L'ANDEBROS DE LOTE (MIL)		63	MEDIDA EN CAMPO	64	MEDIDA SEGÚN TÍTULO	65	COLINDANCIAS EN CAMPO	
FRENTE						66		
DERECHA						67		
IZQUIERDA						68		
FONDO						69		

**SERVICIOS BÁSICOS**

70	LUZ	71	AGUA	72	TELEF.	73	DESAGÜE	74	N° SUM. LUZ	75	N° CONTRATO DE AGUA	76	N° TELEFONO
----	-----	----	------	----	--------	----	---------	----	-------------	----	---------------------	----	-------------

**CONSTRUCCIONES**

77	N° PISO BÓTANO MEZZANINE	78	FECHA DE CONSTRUCCIÓN	79	MEP	80	ECS	81	ECC	CATEGORÍAS				82	ÁREA CONSTRUIDA (M2)	83	LCA
										ESTRUCTURA		ACABADOS		84	DECLARADA	85	VERIFICADA
										86	TECHOS	87	PISO	88	REVEST.	89	BAÑOS
										90	PUERTAS	91	REVEST.	92	REVEST.	93	REVEST.
										94	REVEST.	95	REVEST.	96	REVEST.	97	REVEST.
										98	REVEST.	99	REVEST.	100	REVEST.	101	REVEST.
										102	REVEST.	103	REVEST.	104	REVEST.	105	REVEST.
										106	REVEST.	107	REVEST.	108	REVEST.	109	REVEST.
										110	REVEST.	111	REVEST.	112	REVEST.	113	REVEST.
										114	REVEST.	115	REVEST.	116	REVEST.	117	REVEST.
										118	REVEST.	119	REVEST.	120	REVEST.	121	REVEST.
										122	REVEST.	123	REVEST.	124	REVEST.	125	REVEST.
										126	REVEST.	127	REVEST.	128	REVEST.	129	REVEST.
										130	REVEST.	131	REVEST.	132	REVEST.	133	REVEST.
										134	REVEST.	135	REVEST.	136	REVEST.	137	REVEST.
										138	REVEST.	139	REVEST.	140	REVEST.	141	REVEST.
										142	REVEST.	143	REVEST.	144	REVEST.	145	REVEST.
										146	REVEST.	147	REVEST.	148	REVEST.	149	REVEST.
										150	REVEST.	151	REVEST.	152	REVEST.	153	REVEST.
										154	REVEST.	155	REVEST.	156	REVEST.	157	REVEST.
										158	REVEST.	159	REVEST.	160	REVEST.	161	REVEST.
										162	REVEST.	163	REVEST.	164	REVEST.	165	REVEST.
										166	REVEST.	167	REVEST.	168	REVEST.	169	REVEST.
										170	REVEST.	171	REVEST.	172	REVEST.	173	REVEST.
										174	REVEST.	175	REVEST.	176	REVEST.	177	REVEST.
										178	REVEST.	179	REVEST.	180	REVEST.	181	REVEST.
										182	REVEST.	183	REVEST.	184	REVEST.	185	REVEST.
										186	REVEST.	187	REVEST.	188	REVEST.	189	REVEST.
										190	REVEST.	191	REVEST.	192	REVEST.	193	REVEST.
										194	REVEST.	195	REVEST.	196	REVEST.	197	REVEST.
										198	REVEST.	199	REVEST.	200	REVEST.	201	REVEST.
										202	REVEST.	203	REVEST.	204	REVEST.	205	REVEST.
										206	REVEST.	207	REVEST.	208	REVEST.	209	REVEST.
										210	REVEST.	211	REVEST.	212	REVEST.	213	REVEST.
										214	REVEST.	215	REVEST.	216	REVEST.	217	REVEST.
										218	REVEST.	219	REVEST.	220	REVEST.	221	REVEST.
										222	REVEST.	223	REVEST.	224	REVEST.	225	REVEST.
										226	REVEST.	227	REVEST.	228	REVEST.	229	REVEST.
										230	REVEST.	231	REVEST.	232	REVEST.	233	REVEST.
										234	REVEST.	235	REVEST.	236	REVEST.	237	REVEST.
										238	REVEST.	239	REVEST.	240	REVEST.	241	REVEST.
										242	REVEST.	243	REVEST.	244	REVEST.	245	REVEST.
										246	REVEST.	247	REVEST.	248	REVEST.	249	REVEST.
										250	REVEST.	251	REVEST.	252	REVEST.	253	REVEST.
										254	REVEST.	255	REVEST.	256	REVEST.	257	REVEST.
										258	REVEST.	259	REVEST.	260	REVEST.	261	REVEST.
										262	REVEST.	263	REVEST.	264	REVEST.	265	REVEST.
										266	REVEST.	267	REVEST.	268	REVEST.	269	REVEST.
										270	REVEST.	271	REVEST.	272	REVEST.	273	REVEST.
										274	REVEST.	275	REVEST.	276	REVEST.	277	REVEST.
										278	REVEST.	279	REVEST.	280	REVEST.	281	REVEST.
										282	REVEST.	283	REVEST.	284	REVEST.	285	REVEST.
										286	REVEST.	287	REVEST.	288	REVEST.	289	REVEST.
										290	REVEST.	291	REVEST.	292	REVEST.	293	REVEST.
										294	REVEST.	295	REVEST.	296	REVEST.	297	REVEST.
										298	REVEST.	299	REVEST.	300	REVEST.	301	REVEST.
										302	REVEST.	303	REVEST.	304	REVEST.	305	REVEST.
										306	REVEST.	307	REVEST.	308	REVEST.	309	REVEST.
										310	REVEST.	311	REVEST.	312	REVEST.	313	REVEST.
										314	REVEST.	315	REVEST.	316	REVEST.	317	REVEST.
										318	REVEST.	319	REVEST.	320	REVEST.	321	REVEST.
										322	REVEST.	323	REVEST.	324	REVEST.	325	REVEST.
										326	REVEST.	327	REVEST.	328	REVEST.	329	REVEST.
										330	REVEST.	331	REVEST.	332	REVEST.	333	REVEST.
										334	REVEST.	335	REVEST.	336	REVEST.	337	REVEST.
										338	REVEST.	339	REVEST.	340	REVEST.	341	REVEST.
										342	REVEST.	343	REVEST.	344	REVEST.	345	REVEST.
										346	REVEST.	347	REVEST.	348	REVEST.	349	REVEST.
										350	REVEST.	351	REVEST.	352	REVEST.	353	REVEST.
										354	REVEST.	355	REVEST.	356	REVEST.	357	REVEST.
										358	REVEST.	359	REVEST.	360	REVEST.	361	REVEST.
										362	REVEST.	363	REVEST.	364	REVEST.	365	REVEST.
										366	REVEST.	367	REVEST.	368	REVEST.	369	REVEST.
										370	REVEST.	371	REVEST.	372	REVEST.	373	REVEST.
										374	REVEST.	375	REVEST.	376	REVEST.	377	REVEST.
										378	REVEST.	379	REVEST.	380	REVEST.	381	REVEST.
										382	REVEST.	383	REVEST.	384	REVEST.	385	REVEST.
										386	REVEST.	387	REVEST.	388	REVEST.	389	REVEST.
										390	REVEST.	391	REVEST.	392	REVEST.	393	REVEST.
										394	REVEST.	395	REVEST.	396	REVEST.	397	REVEST.
										398	REVEST.	399	REVEST.	400	REVEST.	401	REVEST.
										402	REVEST.	403	REVEST.	404	REVEST.	405	REVEST.
										406	REVEST.	407	REVEST.	408	REVEST.	409	REVEST.
										410	REVEST.	411	REVEST.	412	REVEST.	413	REVEST.
										414	REVEST.	415	REVEST.	416	REVEST.	417	REVEST.
										418	REVEST.	419	REVEST.	420	REVEST.	421	REVEST.
										422	REVEST.	423	REVEST.	424	REVEST.	425	REVEST.
										426	REVEST.	427	REVEST.	428	REVEST.	429	REVEST.
										430							

La medida de campo se puede observar mejor en el croquis (hoja anexa de la ficha catastral). Ver Figura 2.17. En donde se detallan las medidas del límite perimetral del área construida, sin embargo para efectos del estudio de vulnerabilidad se requiere la configuración de la vivienda, es decir ubicación, medidas de los muros estructurales. Para ello se completará dicha información con un levantamiento posterior.

La fecha de construcción no está del todo completa, debido a que los mismos propietarios no dan razón de ello, o bien no se encuentran. Por lo que se evaluará de acuerdo a lo observado, estimando ese dato.

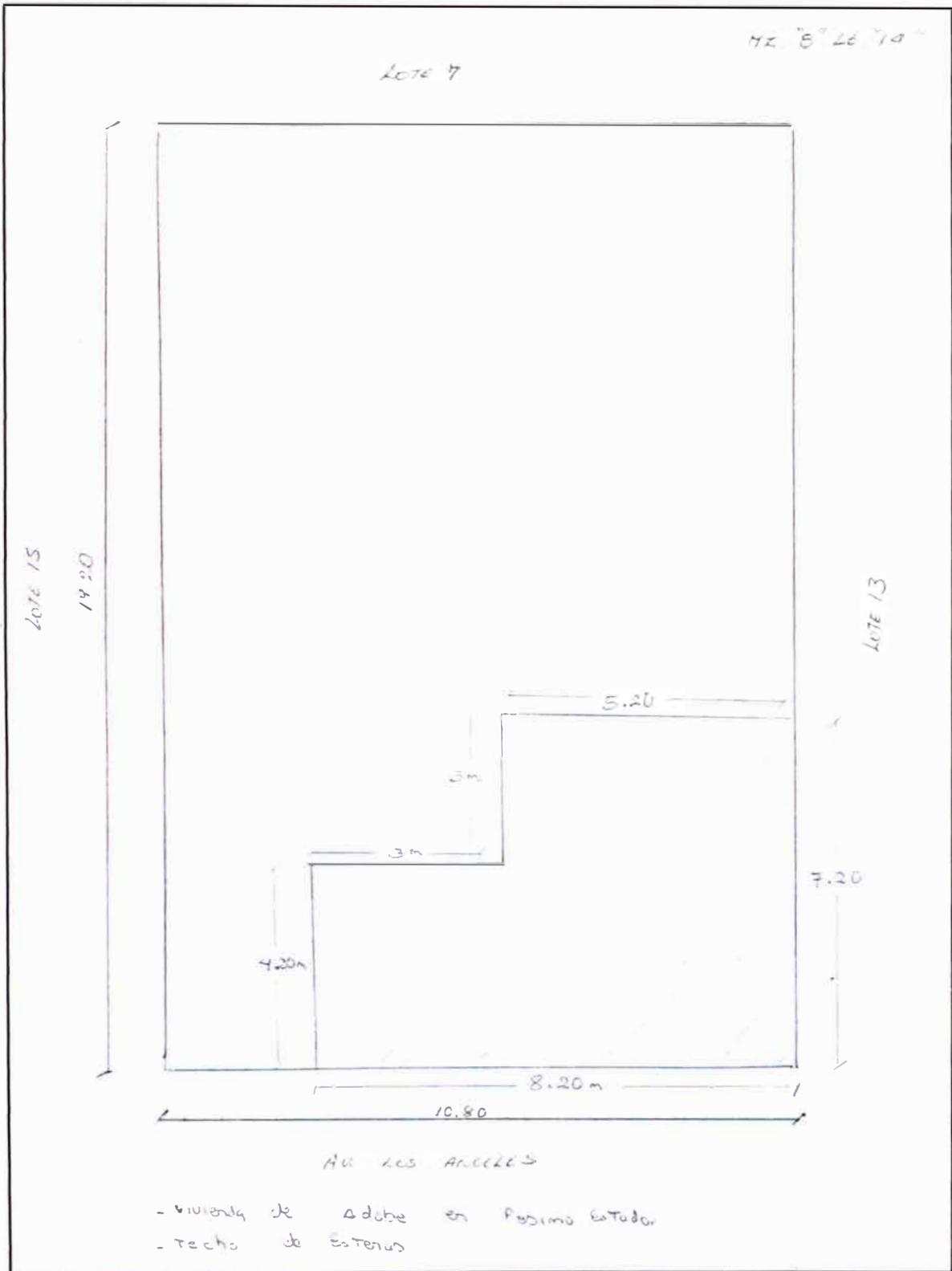


Figura 2.17. Ejemplo de croquis (hoja anexa de la ficha catastral).

En cuanto al material estructural predominante en esta zona se puede comentar que existe un gran porcentaje de viviendas de adobe (69 %), de ladrillo de arcilla (31%), bloque de concreto (existe una edificación con este material) y ninguna de concreto. Además de estas, existen viviendas provisionales de esteras pero en menor porcentaje. Ver figuras 2.18, 2.19, 2.20, 2.21 y 2.23.

Según las fichas catastrales las viviendas de esteras se encuentran agrupadas junto con las de adobe, por lo que se debe hacer un desagregado.

Las edificaciones existentes son en su mayoría de un piso, existiendo edificaciones de hasta dos pisos, pero en un porcentaje mucho menor. Los predios que se encuentran en estado de abandono están cercados con muros de adobe, albañilería y/o esteras. Ver figuras 2.22 y 2.24.

En lo referente al estado de conservación, se tienen cuatro niveles: Muy bueno, bueno, regular y malo. La mayor parte de las construcciones se encuentra en estado de conservación regular a malo y solo un 3% en buen estado, no habiendo edificaciones en estado muy bueno Ver figuras 2.26, 2.27, 2.28 y 2.29.

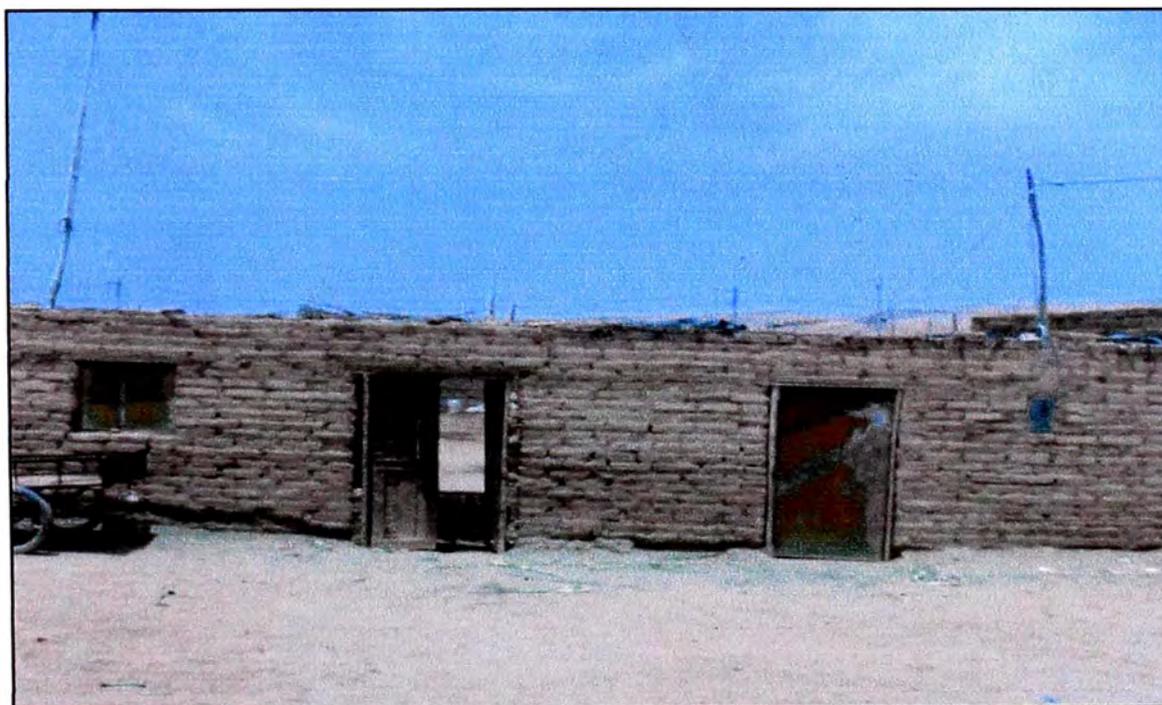


Figura 2.18. Vivienda de adobe.



Figura 2.19. Vivienda de ladrillo de arcilla. Techo de caña con barro.



Figura 2.20. Vivienda de ladrillo de arcilla, techo aligerado. Mz "16" Lt "1".

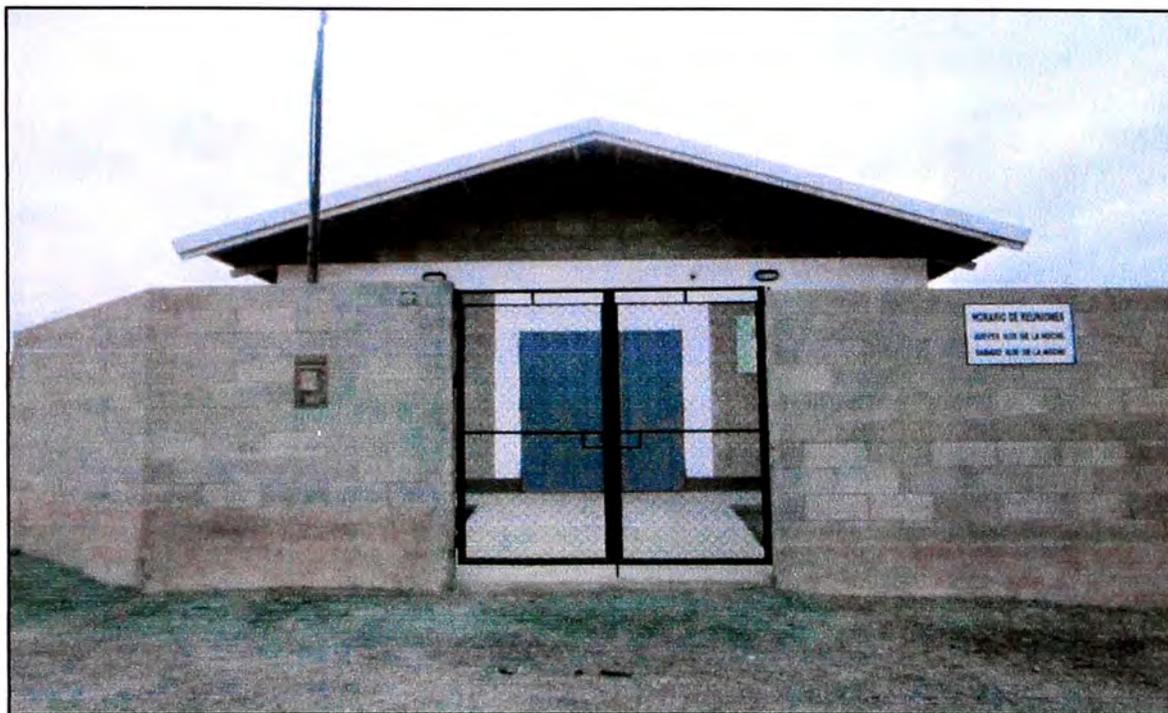


Figura 2.21. Edificación de bloques de concreto. Mz "91" Lt "14".



Figura 2.22. Predio vacío, cercado con muros de adobe. Mz "15" Lt "2".

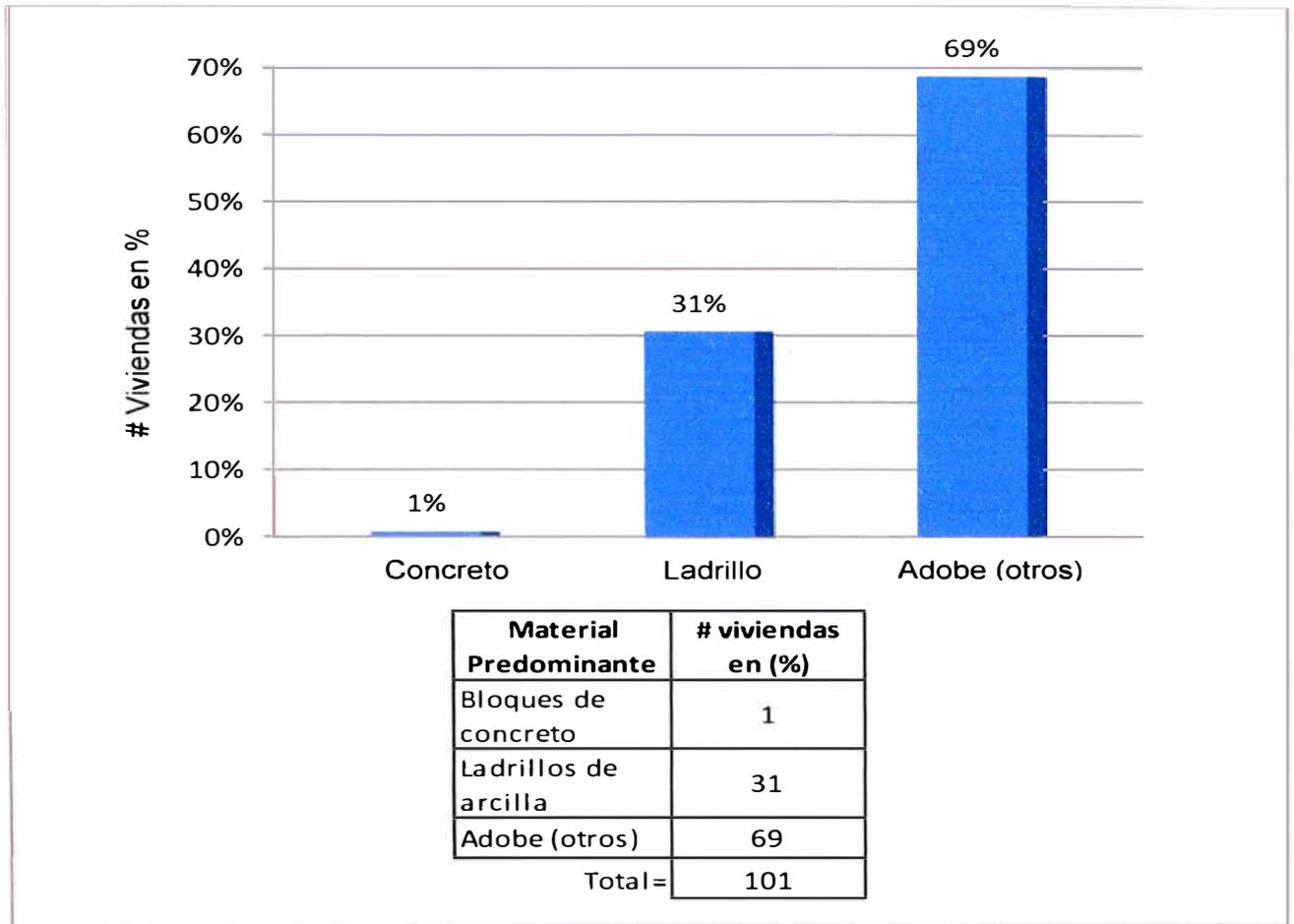


Figura 2.23. Material Predominante.



Figura 2.24. Predio vacío, cercado con esteras. Mz "6" Lt "2".

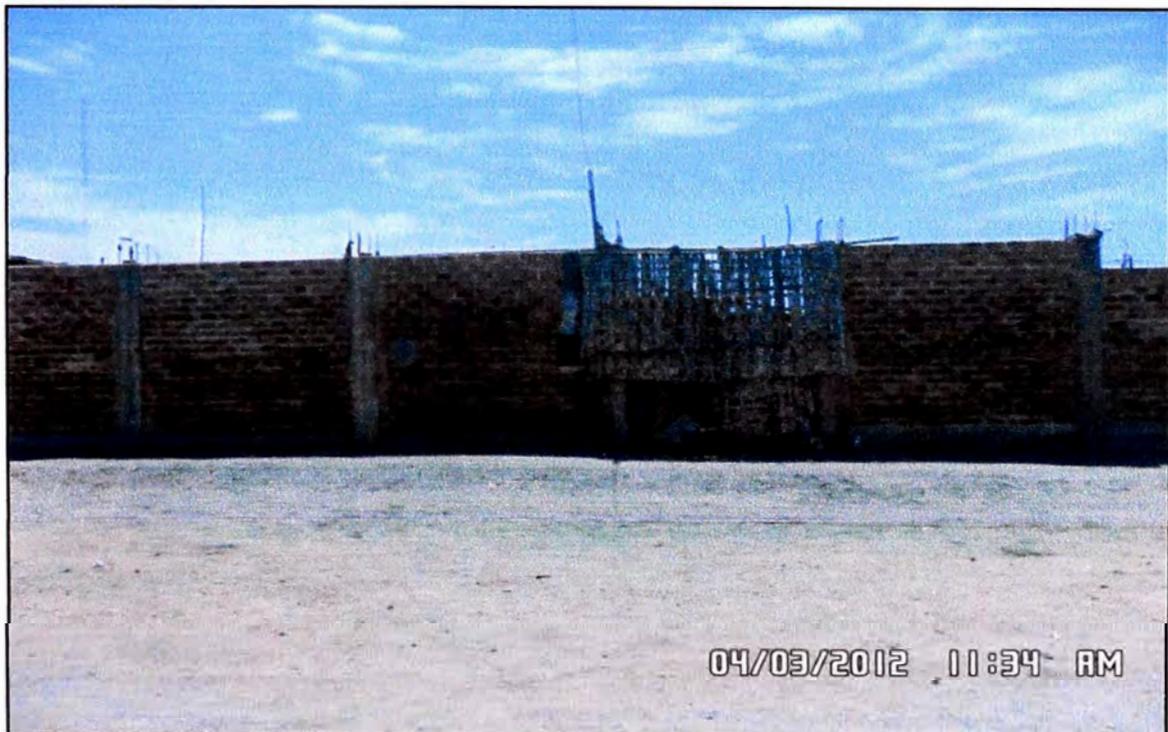


Figura 2.25. Predio vacío, cercado con muros de albañilería de arcilla.  
Mz "9" Lt "9".

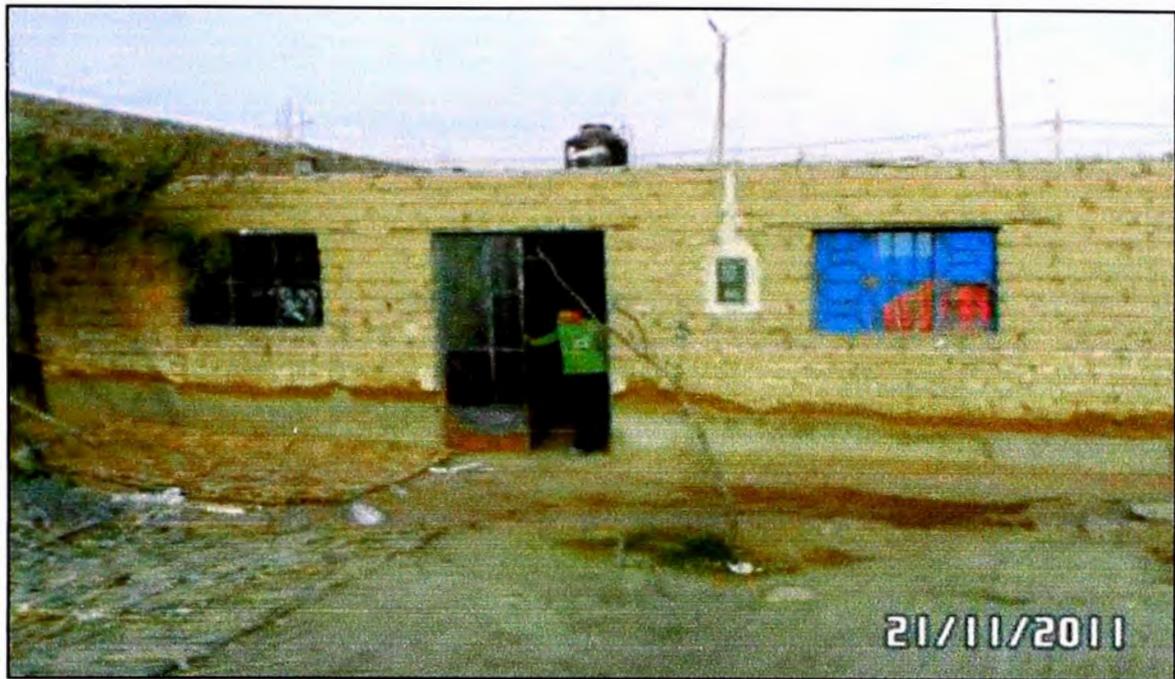


Figura 2.26. Vivienda de adobe en mal estado. Mz "14" Lt "9".

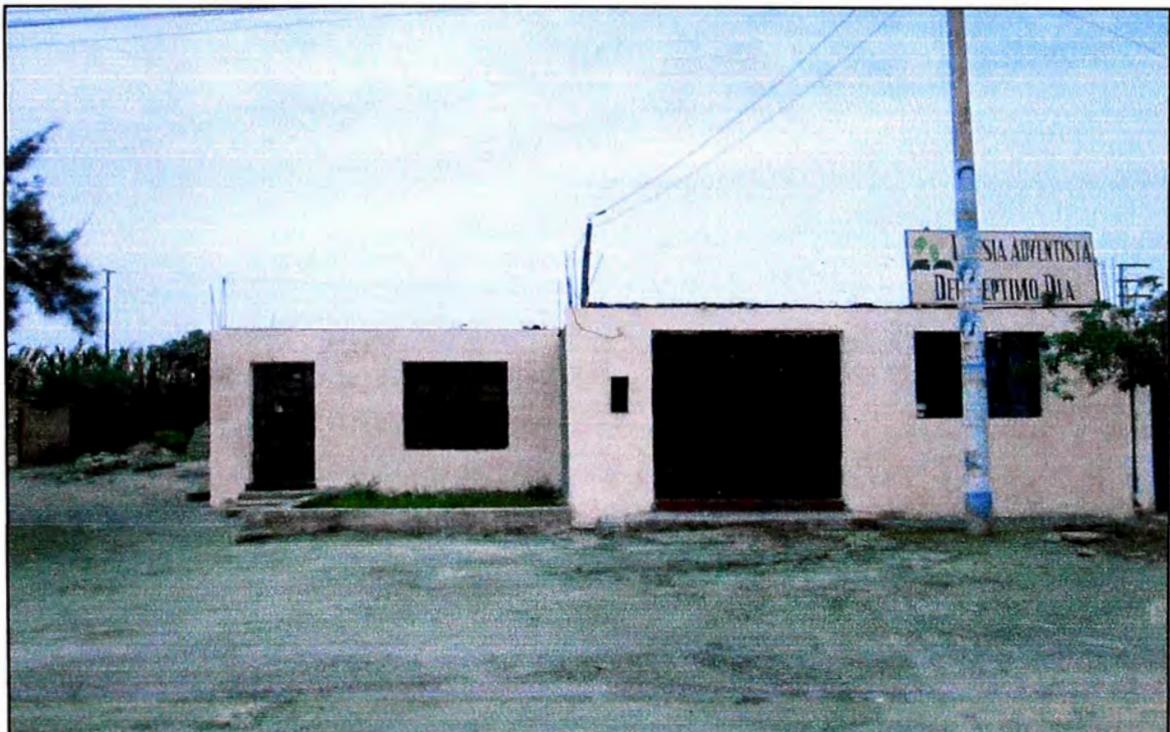


Figura 2.27. Edificación de albañilería de arcilla en estado de conservación regular. Mz "95" Lt "3".



Figura 2.28. Vivienda de albañilería de arcilla en estado de conservación bueno. Mz "93" Lt "4" (Mz "J" Lt "4").

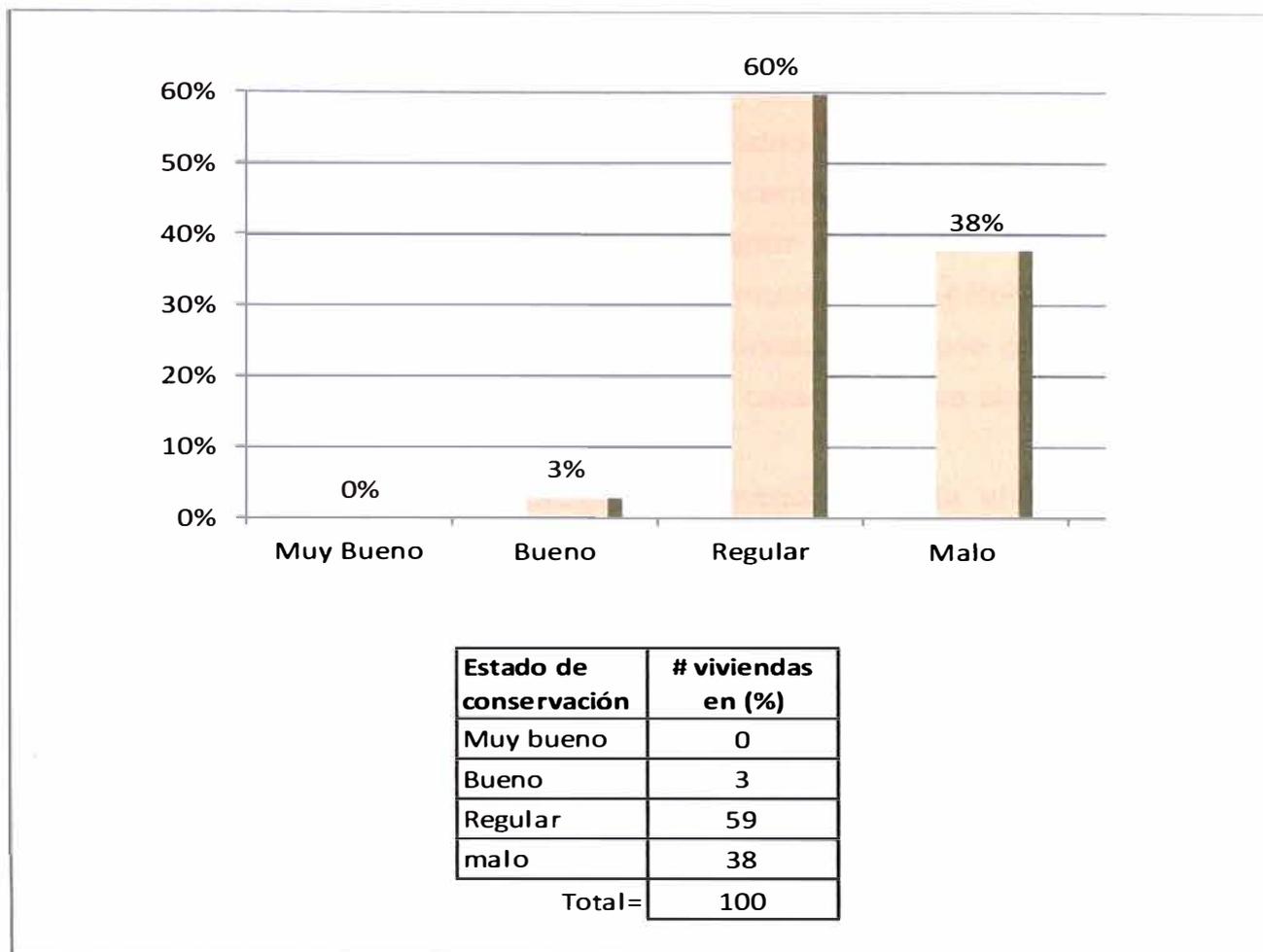


Figura 2.29. Estado de conservación.

## 2.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El centro poblado Santa Cruz, no cuenta con la información requerida para determinar su vulnerabilidad ante un evento sísmico; información referida a las características estructurales propias de las edificaciones existentes. Ocurrido un evento sísmico se debe poner en marcha el plan de emergencia, pero esto es posible solo con un planteamiento previo de acuerdo a las consecuencias que se pueden esperar y que se logran especificar con este tipo de estudios.

## 2.6. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

- Para el desarrollo del estudio de vulnerabilidad se ha considerado la información obtenida del catastro del centro poblado, que se complementó con el levantamiento posterior realizado. Para esta información complementaria se tomó una muestra seleccionando las viviendas representativas del lugar, las que sirvieron de base para inferir la vulnerabilidad de las demás viviendas con características similares.
- Una vez recopilada la información, se categoriza cada vivienda de acuerdo a sus características propias y conforme a la metodología italiana. No se considera necesario tomar valores diferentes, ya que estos son subjetivos.
- La representación visual se hace mediante el SIG en los denominados mapas temáticos, en los que se observa los grados de vulnerabilidad de acuerdo a los colores asignados para los rangos definidos de vulnerabilidad en esa zona.

### CAPÍTULO III

## APLICACIÓN DEL MÉTODO ITALIANO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

### 3.1. CALIFICACIÓN DE PARÁMETROS DEL MÉTODO ITALIANO

En el anexo A se dan las definiciones y criterios sobre los parámetros concernientes a este método. En el presente capítulo se adecuará cada parámetro para ser utilizado en el presente trabajo. Las calificaciones obtenidas de las viviendas para cada parámetro se muestran en el anexo C.

#### Parámetro 1. Organización del sistema resistente

Para evaluar el comportamiento cajón de la estructura se debe considerar las normas vigentes y estudios realizados. Ver referencias (13) y (8). Luego se hace una ligera modificación en el criterio de clase D. Ver calificación según Tabla 3.1.

La máxima calificación que se obtiene para este parámetro es B por tratarse de viviendas construidas sin criterios de diseño sísmico. Las estructuras no presentan comportamiento tipo cajón al no tener un adecuado confinamiento tanto de muros transversales y del techo, que son en su mayoría de caña chancada con barro.

Tabla 3. 1. Calificación de edificaciones de mampostería adaptado

PARÁMETRO	CLASIFICACIÓN			
	A	B	C	D
Parámetro 1. Organización del sistema resistente	Permanece igual a la Tabla 1.2	Permanece igual a la Tabla 1.2	Permanece igual a la Tabla 1.2	Conformado por paredes ortogonales no ligadas o no muy bien ligadas
Parámetro 2. Calidad del sistema resistente	Mampostería en ladrillo o bloques prefabricados de buena Calidad, con piezas homogéneas y de dimensiones constantes en todo el muro. Existe buen ligamento entre las piezas. Conforme a normas vigentes.	Mampostería en ladrillo, bloques prefabricados de buena Calidad, no muy homogéneo en todo el muro. Presencia de buen ligamento, de acuerdo a normas vigentes.	Mampostería de baja calidad ó diferente tipo (no homogéneo y de dimensiones no constantes) en todo el muro, no muy bien ligadas (mal trabadas ó mal mortero).	Mampostería de baja calidad, de diferente tipo en todo el muro, mal ligadas (mal trabadas, el mortero evidencia separación con las piezas de mampostería o no existen en algunas zonas del muro).
Parámetro 3. Resistencia convencional Primer caso: Muros confinados (Compartimiento tipo cajón) $\beta = \frac{V_{ed}}{P_g}$ $\delta = \frac{\mu}{\beta}$ $\theta = \frac{ZUCS}{R}$	$\delta \geq 1$	$0,65 \delta < 1$	$0,4 \leq \delta < 0,6$	$\delta < 0,4$
Parámetro 3. Resistencia convencional Segundo caso: Diseño para cargas ortogonales al plano del muro $\delta = \frac{f_m - f_c}{f_c}$	$\delta \leq 1$	$1 < \delta \leq 1,25$	$1,25 < \delta \leq 1,50$	$\delta > 1,50$
Parámetro 4. Posición del edificio y cimentación 	Permanece igual a la Tabla 1.2	Permanece igual a la Tabla 1.2	Permanece igual a la Tabla 1.2	Permanece igual a la Tabla 1.2
Parámetro 5. Diafragmas horizontales. Condición 1. Ausencia de planos de desnivel. Condición 2. La deformación del diafragma es despreciable. Losa maciza o aligerada, con aberturas menor 30%, manteniendo la misma clasificación. Condición 3. La conexión entre el	Cumple condición 1, 2 y 3	Cumple condición 2 y 3	Cumple condición 3	Edificaciones cuyos diafragmas no cumplen con ninguna de las condiciones. Presentan diafragmas flexibles como caña con barro, madera, estera o no existe.
Parámetro 6. Configuración en planta  (Ver Figura A3, anexo A)	Permanece igual a la Tabla 1.2	Permanece igual a la Tabla 1.2	Permanece igual a la Tabla 1.2	Permanece igual a la Tabla 1.2
Parámetro 7. Configuración en elevación Torreta 	$\Delta MM > 10\%$ , No hay variaciones significativas del sistema resistente a lo largo de la altura de la edificación (no existe problemas de piso blando y discontinuidad de elementos verticales).	$10\% \leq \Delta MM \leq 20\%$ , $T/H < 10\%$ . Porches que afectan menos del 10% del área en planta. No hay variaciones significativas del sistema resistente a lo largo de la altura de la edificación (no existe problemas de piso blando).	$20\% < \Delta MM < 50\%$ , $10\% < T/H < 40\%$ . Porches que afectan entre 10% al 20% del área en planta. No hay variaciones significativas del sistema resistente a lo largo de la altura de la edificación (no existe problemas de piso blando).	$\Delta MM \geq 50\%$ , $T/H \geq 40\%$ . Porches que afectan a más del 20% del área en planta. Existe variación del sistema resistente a lo largo de la altura de la edificación (Problemas de piso blando y discontinuidad de elementos verticales).
Parámetro 8. Espaciamiento máximo entre muros 	$L/s \leq 15$ , Cumple con la norma NTE E 070 y el manual para la construcción de viviendas de adobe.	Permanece igual a la Tabla 1.2	Permanece igual a la Tabla 1.2	Permanece igual a la Tabla 1.2
Parámetro 9. Tipo de cubierta	Edificación con cubierta plana, liviana y estable, con buena fijación al elemento que la soporta.	Edificación con cubierta liviana y estable, con mala fijación al elemento que la soporta.	Edificación con cubierta pesada y estable, con mala fijación al elemento que la soporta.	Edificación con cubierta inestable, con mala fijación al elemento que la soporta.
Parámetro 10. Elementos no estructurales	Edificación sin cornisas y sin parapetos. Edificación con cornisas bien conectadas a la pared, con chimeneas de pequeña dimensión y poco peso. Edificación cuyo balcón es parte de la estructura	Como la Clase A.	Edificación con elementos de dimensión pequeña, mal conectados a la pared	Edificación con chimenea u otro elemento en el techo mal conectado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de terremoto. Edificación con balcones contruidos posteriormente, conectados de forma deficiente.
Parámetro 11. Estado de conservación	Muros en buena condición, sin fisuras visibles	Muros que presentan fisuras no extendidas, con excepción de los casos en los cuales dichas fisuras han sido producidas por terremotos.	Muros con fisuras de tamaño medio entre 2 a 3 mm de ancho o con fisuras producidas por sismos. Edificación que no presenta fisuras pero que se caracteriza por un regular estado de conservación de la mampostería.	Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o fisuras muy graves de más de 3 mm de ancho

### Tabla 3.1. Calificación de Edificaciones de mampostería adaptado

## Parámetro 2. Calidad del sistema resistente

Se toma en cuenta la constitución, formas y dimensiones de las unidades de adobe según lo dispuesto en los artículos 4 y 4.3 de las referencias (13) y (8) respectivamente. El espesor del ligamento se considera no mayor a 2cm para adobe. Ver artículos 7 y 5.3.3 de las referencias (13) y (8) respectivamente.

Para la calificación de este parámetro se modifica los criterios de calificación según Tabla 3.1.

Por lo visto en la zona, la mampostería de adobe y de arcilla de las viviendas es de baja calidad. Las unidades de adobe no presentan fibras de paja que controlen el fisuramiento posible debido a la contracción o dilatación por temperatura y las unidades de arcilla presentan formas no constantes, coloración diferente, por lo que la calificación que se tiene con respecto a este parámetro, es en su mayoría C ó D.

## Parámetro 3. Resistencia Convencional

Para la evaluación de este parámetro se consideran las normas nacionales vigentes. Ver referencias (11) y (12). Se toma en cuenta dos casos.

**Primer caso.** Muros confinados (Comportamiento tipo cajón). La  $V_a$  y la  $V_{ad}$ , se definen según las ecuaciones [5] y [6]. Ver referencias (11) y (12).

$$V_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot P_g \quad \dots\dots\dots [5]$$

$$V_{ad} = 0,55 V_m \quad \dots\dots\dots [6]$$

Luego:  $V_{ad} \geq V_a \quad \dots\dots\dots [7]$

Donde:  $P_g = WA_{cons}$

$$V_m = 0,5V'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

Haciendo:

$$\frac{V_{ad}}{P_g} = \beta \quad y \quad \frac{ZUCS}{R} = \theta;$$

La expresión de la izquierda corresponde a las características estructurales de la edificación y el lado derecho a los parámetros sísmicos exigidos por la norma.

Reemplazando en [7] se tiene:

$$\frac{\beta}{\theta} \geq 1 \dots\dots\dots [8]$$

La calificación se realiza según la Tabla 3.1.

**Segundo caso.** Muros resistentes de la estructura parcialmente confinados. Se considera lo estipulado en el capítulo 9 de la referencia (12) (Diseño para cargas ortogonales al plano del muro), con las consideraciones del caso. Ver Figura 3.1.

Considerando que el paño de albañilería actúa como una losa simplemente apoyada en sus arriostres, se tiene:

$$w = 0.8 \cdot ZUC_1 \gamma_m e \dots\dots\dots [9]$$

$$M_s = mwa^2 \dots\dots\dots [10]$$

Ver valores de “m” en Tabla D1, para valor de  $\gamma_m$  ver referencia (10).

Para el caso de Muro con tres bordes arriostrados, se tiene que “a” es la longitud del borde libre.

Luego:

$$f_m = \frac{M_s y_t}{I} \dots\dots\dots [11]$$

$$f_a = \frac{P}{L_t} \dots\dots\dots [12]$$

Siendo:  $I = \frac{t^3}{12}$ ;  $y_t = \frac{t}{2}$

De acuerdo a 30.7 de la referencia (12) se debe de cumplir:

En el primer piso:  $f_m + f_a \leq 0,25f'_m$

En el último piso:  $f_m - f_a \leq f'_t$

En cualquier piso:  $\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_m}{F_m} \leq 1,33$

Siendo:  $F_a = 0,20f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h_m}{35t} \right)^2 \right]$ ;  $F_m = 0,40f'_m$

Ver valores  $f'_m$  en la Tabla D2.

Para clasificar este parámetro (Resistencia convencional) se tendrá en cuenta la relación:

$$f_m - f_a \leq f'_t \dots\dots\dots [13]$$

Despejando se tiene:

$$\delta = \frac{f_m - f_a}{f'_t} \leq 1 \dots\dots\dots [14]$$

La calificación se realiza según la Tabla 3.1.



Figura 3.1. Tipos de confinamiento de muros.

### Ejemplos de cálculo del parámetro 3.

**Ubicación:** Mz "94" Lt "01"

**Descripción:** Vivienda de dos pisos con mampostería confinada, mampostería de arcilla

**Datos:**

Z:	0,4	U:	1,0	C:	2,5
S:	1,2	R:	3,0		
		W(T/m2):	0,85	Acons(m2):	252,0
De la NTE E.070:		V <sub>m</sub> (kg/cm2):	5,1	α=	1/3

**En "x":**

s (cm):	23,0
L <sub>t</sub> (cm):	1660,0

**En "y":**

s(cm):	23,0
L <sub>t</sub> (cm):	2494,0

**Cálculo :**

$$P_g = w \cdot A_{const} = 214,2 \text{ T}$$

**En la dirección "x":**

$$V_m = 81711,2 \text{ Kg}$$

$$\beta = 0,21$$

$$\theta = 0,4$$

$$\delta = \beta / \theta = 0,52 \Rightarrow \text{clase C}$$

**En la dirección "y":**

$$V_m = 98016 \text{ Kg}$$

$$\beta = 0,25$$

$$\theta = 0,4$$

$$\delta = \beta / \theta = 0,63 \Rightarrow \text{clase B}$$

Donde:  $\theta = \frac{ZUGS}{R}$       y       $\beta = \frac{t_k A_m}{w A_p N} = \frac{t_k A_m}{P_g}$

**Ubicación:** Mz "6" Lt "10"

**Descripción:** Vivienda de un piso con mampostería confinada, mampostería de arcilla

**Datos:**

Z:	0,4	U:	1,0	C:	2,5
S:	1,2	R:	3,0		
		W(T/m2):	0,85	Acons(m2):	81,0
De la NTE E.070:		V <sub>m</sub> (kg/cm2):	5,1	α=	1/3

**En "x":**

s (cm):	13,0
L <sub>t</sub> (cm):	1720,0

**En "y":**

s(cm):	13,0
L <sub>t</sub> (cm):	2025,0

**Cálculo :**

$$P_g = w \cdot A_{const} = 68,9 \text{ T}$$

**En la dirección "x":**

$$V_m = 34841,5 \text{ Kg}$$

$$\beta = 0,28$$

$$\theta = 0,4$$

$$\delta = \beta / \theta = 0,70 \Rightarrow \text{clase B}$$

**En la dirección "y":**

$$V_m = 38212 \text{ Kg}$$

$$\beta = 0,31$$

$$\theta = 0,4$$

$$\delta = \beta / \theta = 0,76 \Rightarrow \text{clase B}$$

**Ubicación:** Mz "7" Lt "10"

**Descripción:** Vivienda de un piso con mampostería parcialmente confinada, mampostería de adobe

**Datos**

Z:	<b>0,4</b>	U:	<b>1,0</b>	C1:	<b>0,9</b>
s (m):	<b>0,13</b>	$\gamma_m$ (kg/m <sup>3</sup> ):	<b>1800</b>	P(Kg):	<b>0,0</b>
$f_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> ):	<b>35,0</b>	$f'_t$ (Kg/cm <sup>2</sup> ):	<b>1,5</b>		

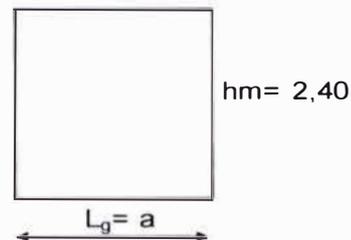
**Cálculo :**

$$w = 0.8 \cdot ZUC_1 \gamma_m e = 67,392 \text{ Kg/m}^2$$

**Caso:** **2** Muro con Tres bordes arriostrados  
a: **3,80** a: Longitud del borde libre  
b: **2,40**

$$b/a = 0,63 \Rightarrow m = 0,078$$

$$\begin{aligned} a &= 3,80 \\ M &= \gamma_m w a^2 = 76,01 \text{ Kg-m/m} \\ I &= 1 \cdot t^3 / 12 = 0,00 \text{ m}^4 \\ y_t &= s / 2 = 0,07 \text{ m} \\ f_m &= M \cdot y_t / I = 2,70 \text{ Kg/cm}^2 \\ f_a &= P / (L_g \cdot s) = 0,00 \text{ Kg/cm}^2 \\ F_a &= 5,05 \text{ Kg/cm}^2 \\ F_m &= 14,00 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$



De acuerdo a NTE E.070 en 30.7 se debe de cumplir :

$$\begin{aligned} 0,25 f'_t m &= 8,75 \text{ Kg/cm}^2 \\ f'_t &= 1,5 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_m}{F_m} = 0,19 \leq 1,33 \text{ Ok}$$

$$\begin{aligned} f_m + f_a &= 2,70 \leq 8,75 \text{ Ok} \\ f_m - f_a &= 2,70 > 1,5 \end{aligned}$$

Luego:  $\delta = 1,80 \Rightarrow$  **clase D**

#### **Parámetro 4. Posición del edificio y cimentación**

Se mantienen los criterios de calificación de este parámetro. Ver Tabla 3.1.

La calificación que se le asigna es B, por tratarse de edificaciones en su gran mayoría de un piso y estar cimentadas en terreno llano. Se considera que la cimentación está en un mismo nivel por lo que no hay transferencia de presiones entre los cimientos (no se cuenta con planos estructurales de cimentación, la información es proporcionada por los pobladores y también resulta de la observación hecha en campo).

#### **Parámetro 5. Diafragmas horizontales**

Se adicionan algunos criterios para la calificación de este parámetro en lo concerniente a la condición 2 de la Tabla 1.2. La rigidez de la losa depende del material, de la relación entre su longitud y ancho, además se debe de considerar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y discontinuidades en la losa. Ver capítulo 6 de la referencia (12).

La calificación se realiza según la Tabla 3.1.

Se tiene una calificación D para la mayoría de las edificaciones según este parámetro, por presentar diafragmas flexibles como caña chancada con barro, madera, estera o no existe una conexión eficaz entre el diafragma y los muros.

#### **Parámetro 6. Configuración en planta**

Se mantienen las consideraciones de calificación dada en la Tabla 1.2.

Para este tipo de edificaciones no se tomará en cuenta lo descrito en la referencia (1) en cuanto a las excentricidades, por tratarse de edificaciones de un piso con cierta simetría, sin protuberancias de importancia y en casi todos los casos sin un diafragma rígido.

### Parámetro 7. Configuración en elevación

Se debe de considerar para este parámetro, el problema de piso blando. Este puede observarse, por ejemplo, en edificaciones en donde el primer piso se destina a estacionamientos ó tiendas, mientras los pisos superiores a viviendas, oficinas, con mucha tabiquería que lo rigidizan lateralmente. Ver Figura 3.2.

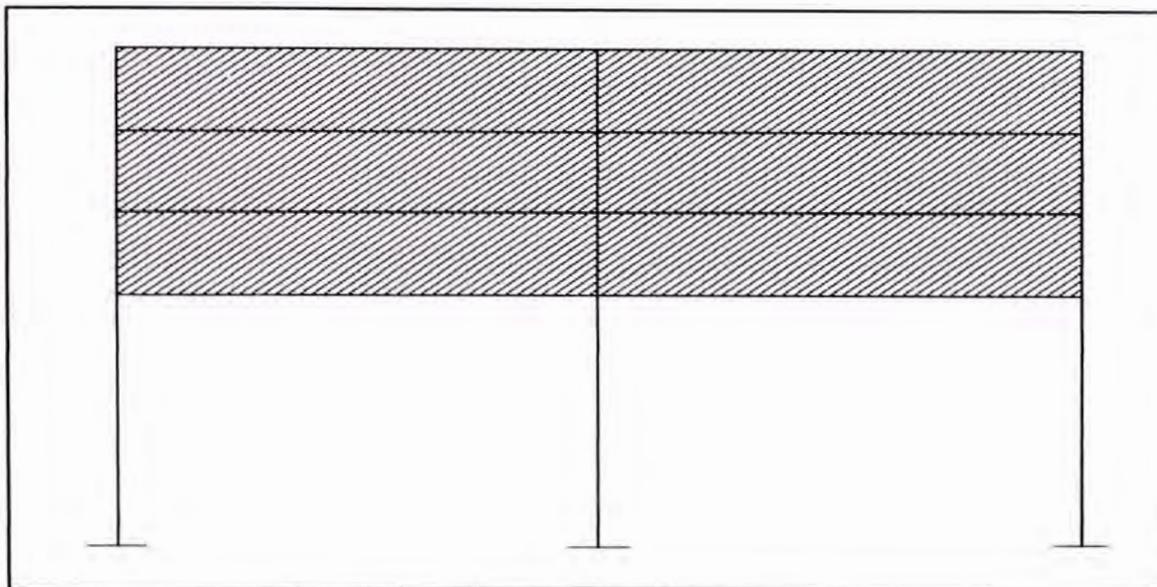


Figura 3.2. Piso blando.

La calificación se realiza según la Tabla 3.1.

De acuerdo a lo observado, las edificaciones en el centro poblado Santa Cruz en su mayoría son de un piso, por lo que no se puede hablar de variación, y en las que cuentan con dos niveles no se presentan irregularidades importantes, por lo que se le da una calificación de A en la mayoría de las edificaciones.

### Parámetro 8. Espaciamiento máximo entre muros

Para este parámetro se toma en cuenta las referencias (12) y (8) que indican una longitud no mayor a diez veces el espesor del muro para adobe y una distancia máxima centro a centro entre las columnas de

confinamiento igual a dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo, pero no mayor que 5 m.

De acuerdo a esto permanecen igual las clases B, C, D y se modifica el criterio especificado en la clase A. Ver Tabla 3.1.

La calificación obtenida según la Tabla 3.1 es de C ó D en la mayoría de las edificaciones.

### **Parámetro 9. Tipo de cubierta**

Para su mejor entendimiento se realiza una ligera modificación. Ver Tabla 3.1.

Se ha detectado solo una vivienda de dos pisos con cubierta de calamina, apoyada sobre vigas de madera, sin una buena conexión a los muros, por lo que le corresponde la clase B. En lo concerniente a las viviendas restantes, que tienen sólo un piso, se considera clase A.

### **Parámetro 10. Elementos no estructurales**

Los criterios de calificación permanecen igual a lo señalado en la Tabla 1.2.

No se han observado elementos no estructurales que puedan significar peligro, por lo que la calificación corresponde a la clase A.

### **Parámetro 11. Estado de conservación**

Los criterios de calificación permanecen igual a lo señalado en la Tabla 1.2.

Las estructuras tienen en su mayoría un estado de conservación de regular a malo. Las viviendas de adobe presentan descascaramiento en la base de los muros producto de la humedad, por lo que la calificación dada es C ó D en la mayoría de las edificaciones.

### 3.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN UN SIG Y OBTENCIÓN DEL MAPA TEMÁTICO

El procesamiento e incorporación de la información catastral y complementaria a la base de datos del SIG se presenta en la Figura 3.3. Ver descripción en el anexo B.

Los mapas temáticos del parámetro más representativo y el del índice de vulnerabilidad se muestran en el anexo E.

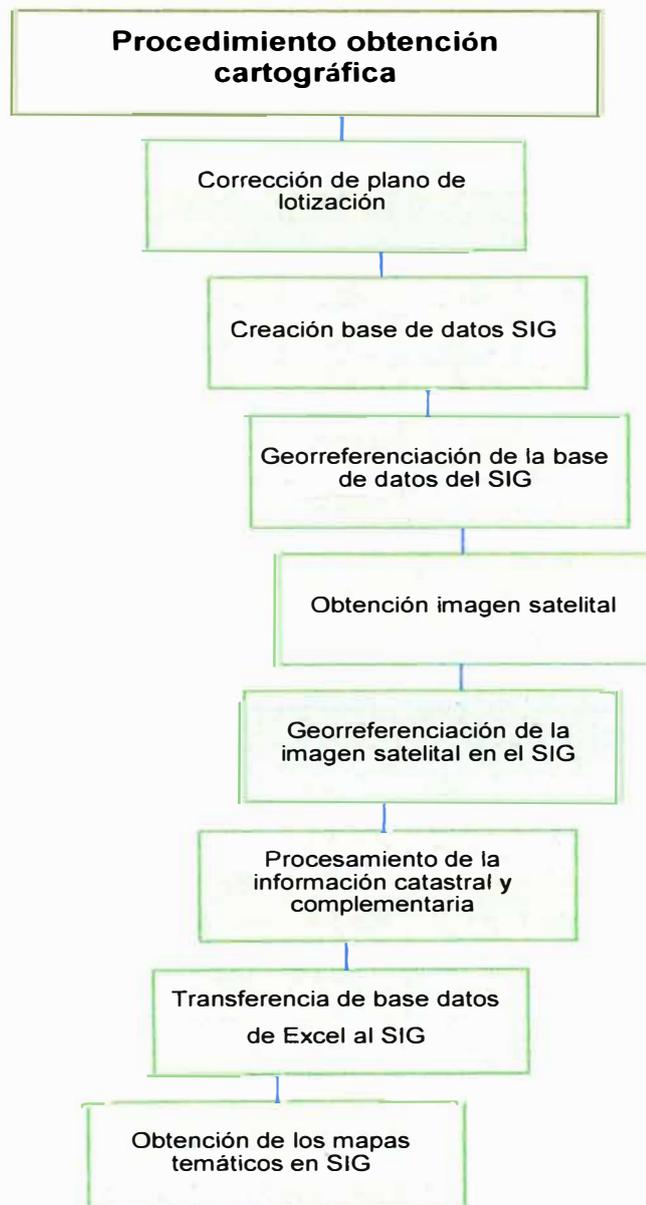


Figura 3.3. Procedimiento de Obtención Cartográfica.

### 3.3. RESULTADO

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos del estudio de vulnerabilidad en el centro poblado Santa Cruz. Los parámetros se denotan con la letra "P", siendo por ejemplo "P01" el campo correspondiente al parámetro 1, Organización del sistema resistente; la clase corresponde a las calificaciones que se hacen de cada estructura para cada uno de los parámetros.

Las calificaciones de cada uno de las 298 edificaciones se muestran en el anexo C.

Tabla 3.2. Resumen Cantidad de lotes por clase.

CLASE	Cantidad de lotes por cada Parámetro (P)										
	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11
A	8	9	9	0	26	166	294	49	293	239	12
B	13	1	19	296	0	37	0	5	0	3	3
C	65	101	13	2	3	54	3	38	2	1	146
D	212	187	257	0	269	41	1	205	3	55	137
<b>Total=</b>	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298	298

Tabla 3.3. Resumen % de lotes por clase.

CLASE	% de lotes por cada Parámetro (P)										
	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11
A	2,7%	3,0%	3,0%	0,0%	8,7%	55,7%	98,7%	16,4%	98,3%	80,2%	4,0%
B	4,4%	0,3%	6,4%	99,3%	0,0%	12,4%	0,0%	2,0%	0,0%	1,0%	1,0%
C	21,8%	33,9%	4,4%	0,7%	1,0%	18,1%	1,0%	12,8%	0,7%	0,3%	49,0%
D	71,1%	62,8%	86,2%	0,0%	90,3%	13,8%	0,3%	68,8%	1,0%	18,5%	46,0%
<b>Total=</b>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

En la Tabla 3.2 se tienen la cantidad de lotes que han obtenido la calificación de A, B, C ó D, en cada parámetro descrito por el método italiano. En la Tabla 3.3 se muestra el mismo resultado pero expresado

en porcentajes, el que permitirá dar un mejor idea sobre la magnitud de los resultados.

Las figuras 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 y 3.14 corresponden a cada uno de los once parámetros descritos por el método. En cada uno de ellos se muestran las calificaciones denominadas "clase" vs el porcentaje de lotes.

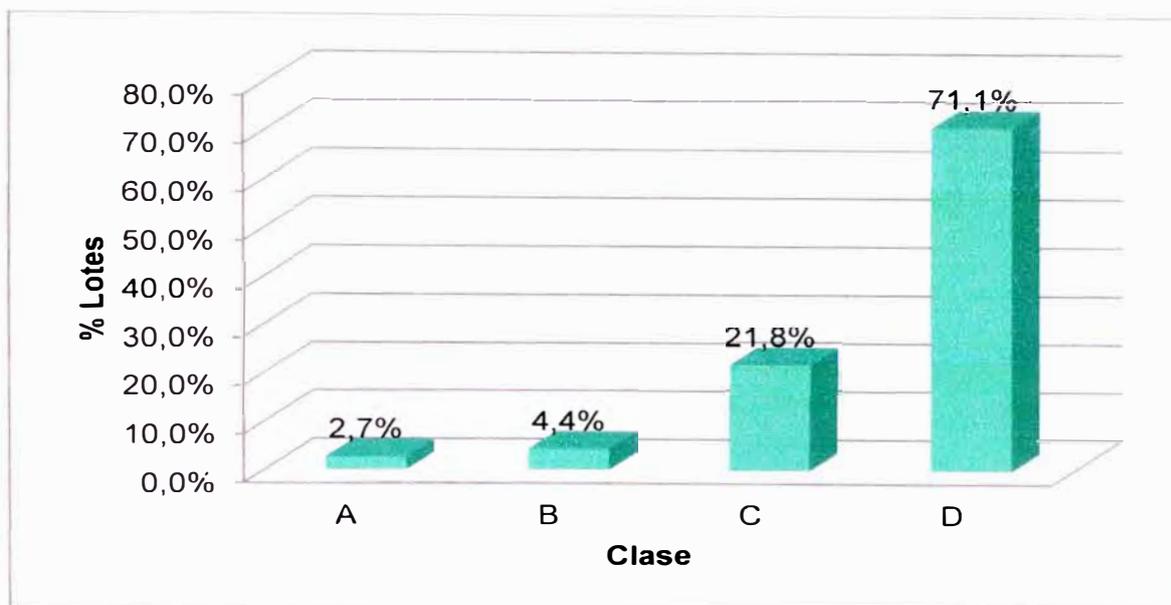


Figura 3.4. Organización del sistema resistente.

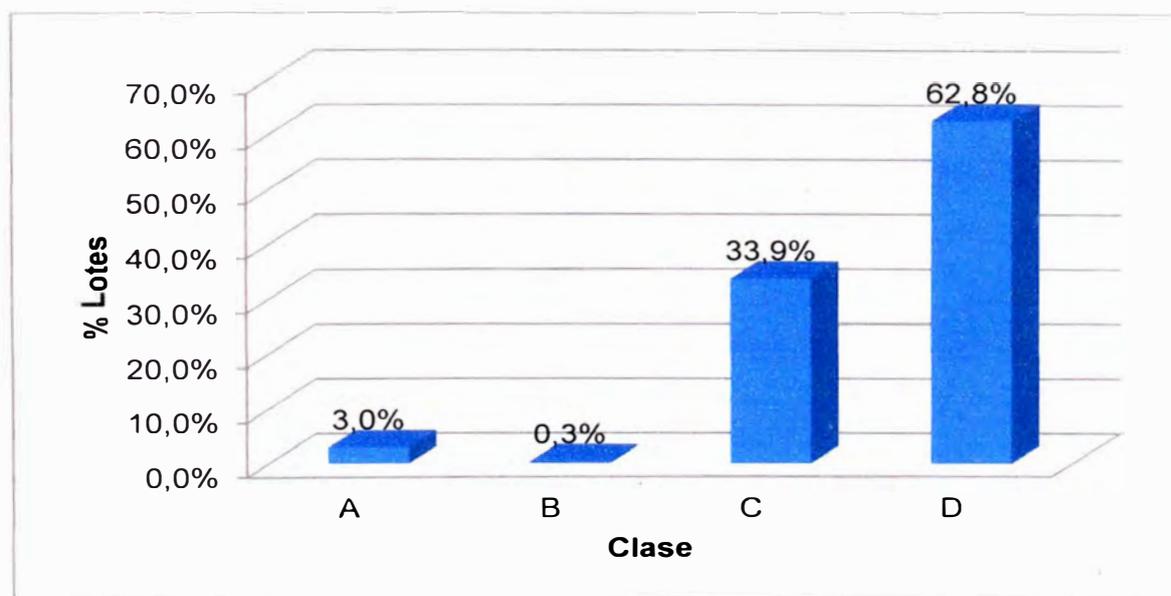


Figura 3.5. Calidad del sistema resistente.



Figura 3.6. Resistencia Convencional.

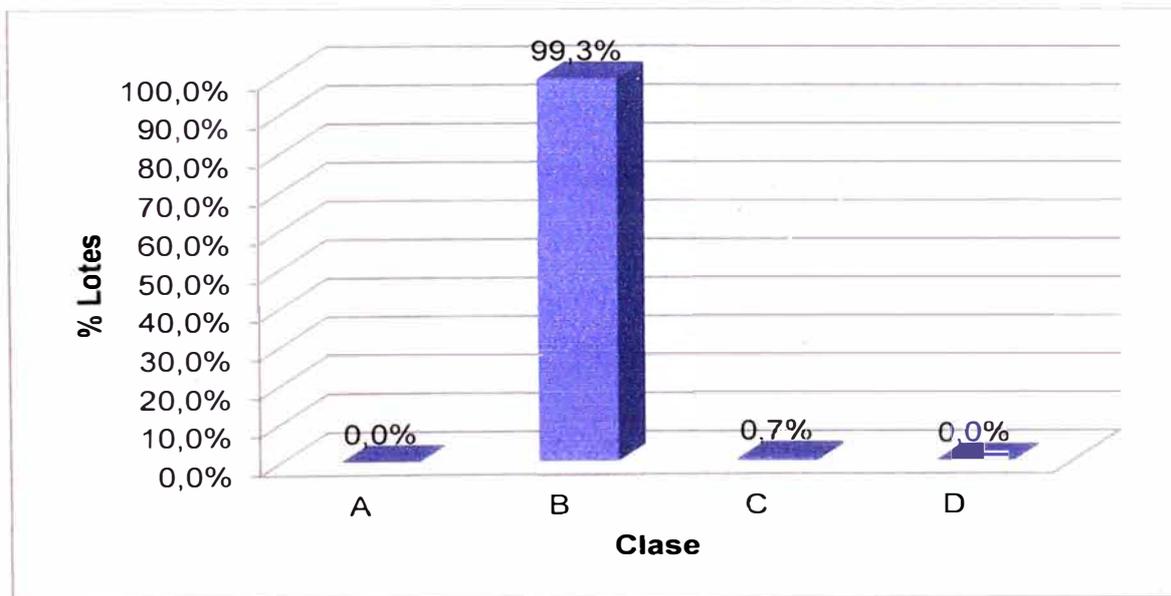


Figura 3.7. Posición del edificio y cimentación.

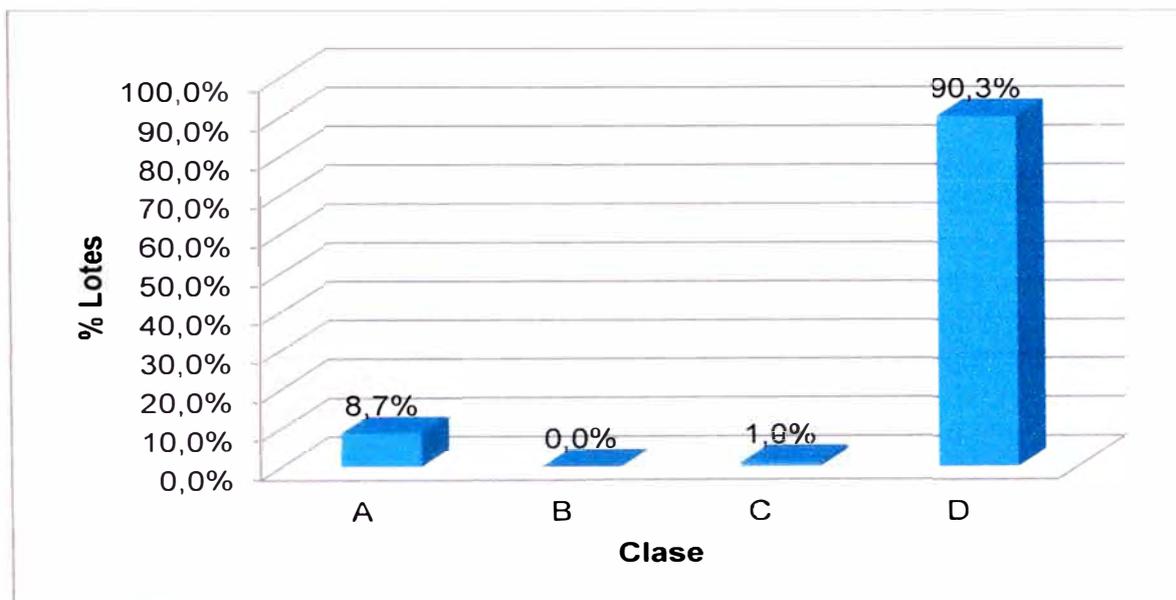


Figura 3.8. Diafragmas horizontales.

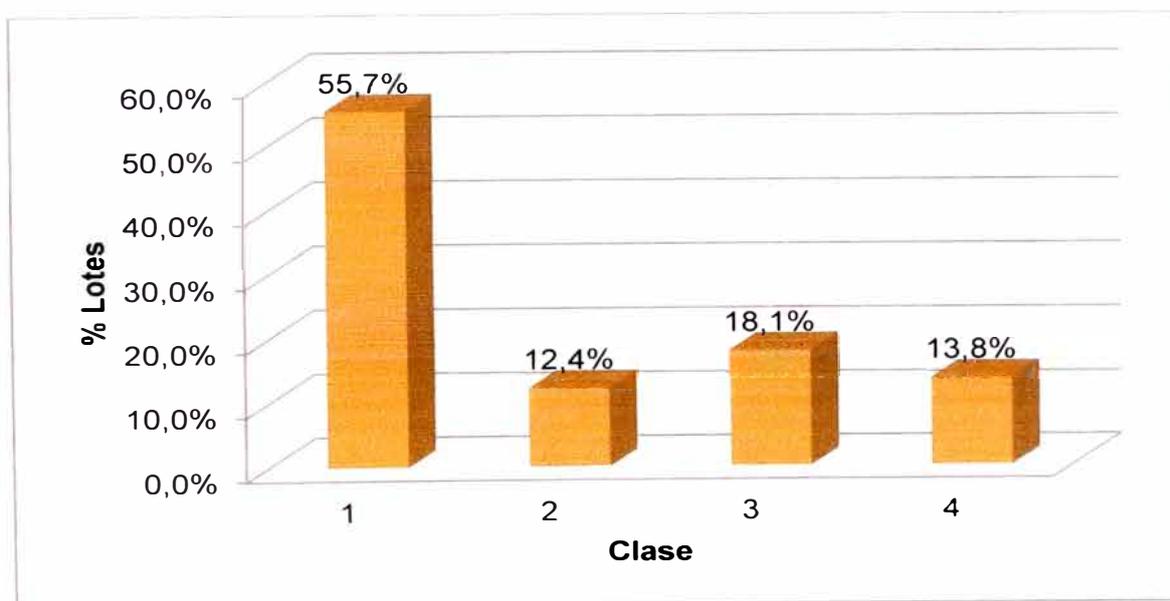


Figura 3.9. Configuración en planta.

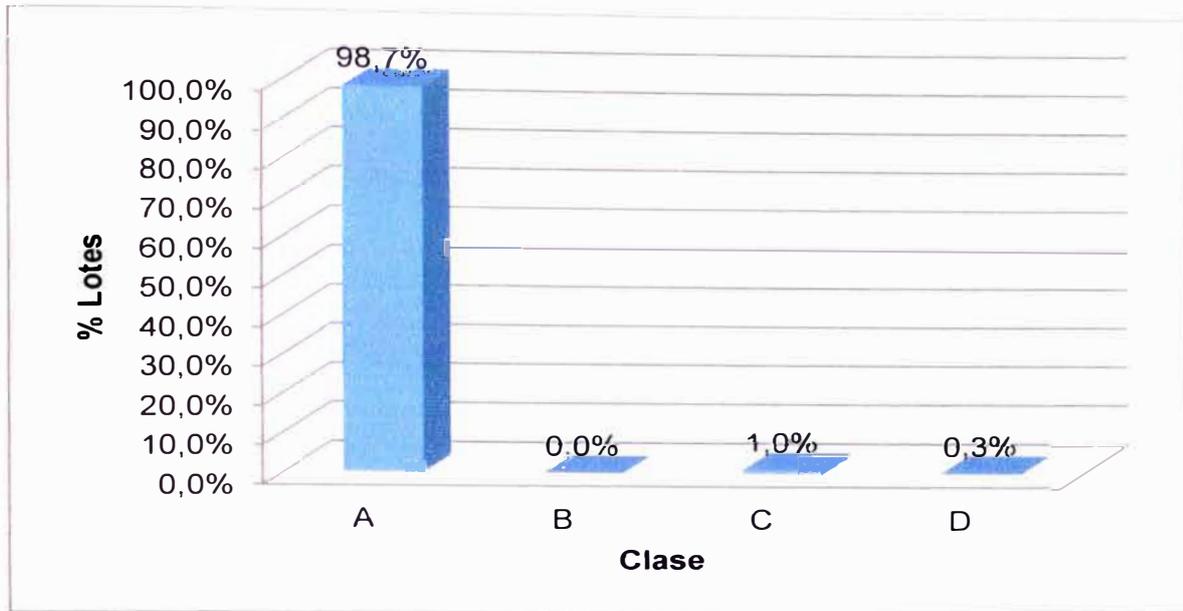


Figura 3.10. Configuración en elevación.

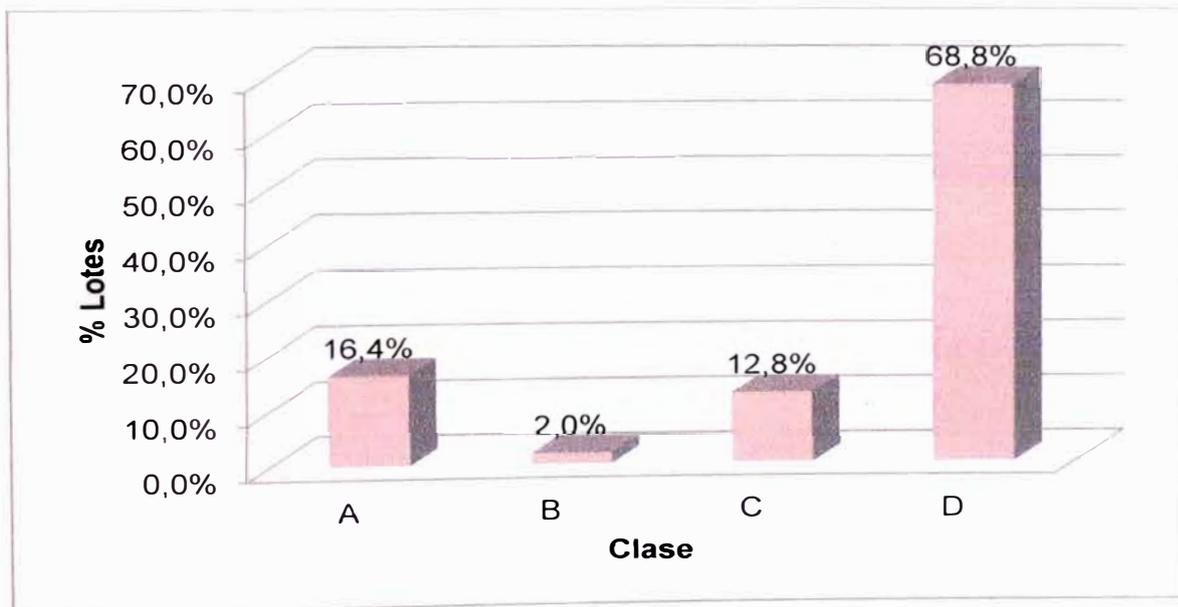


Figura 3.11. Espaciamiento máximo entre muros.

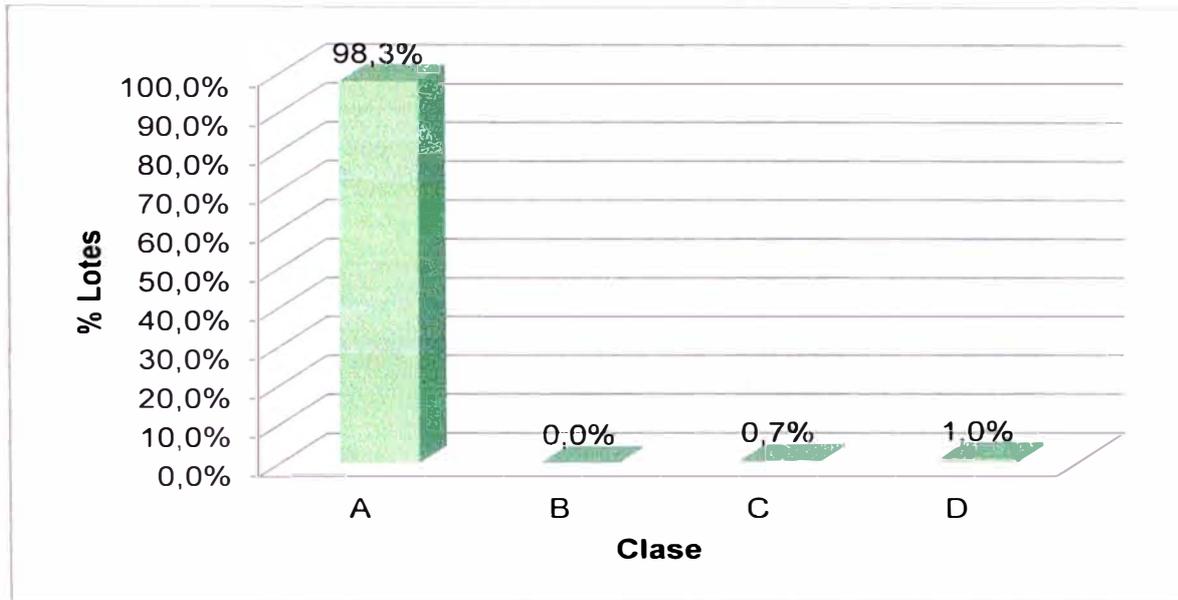


Figura 3.12. Tipo de cubierta.

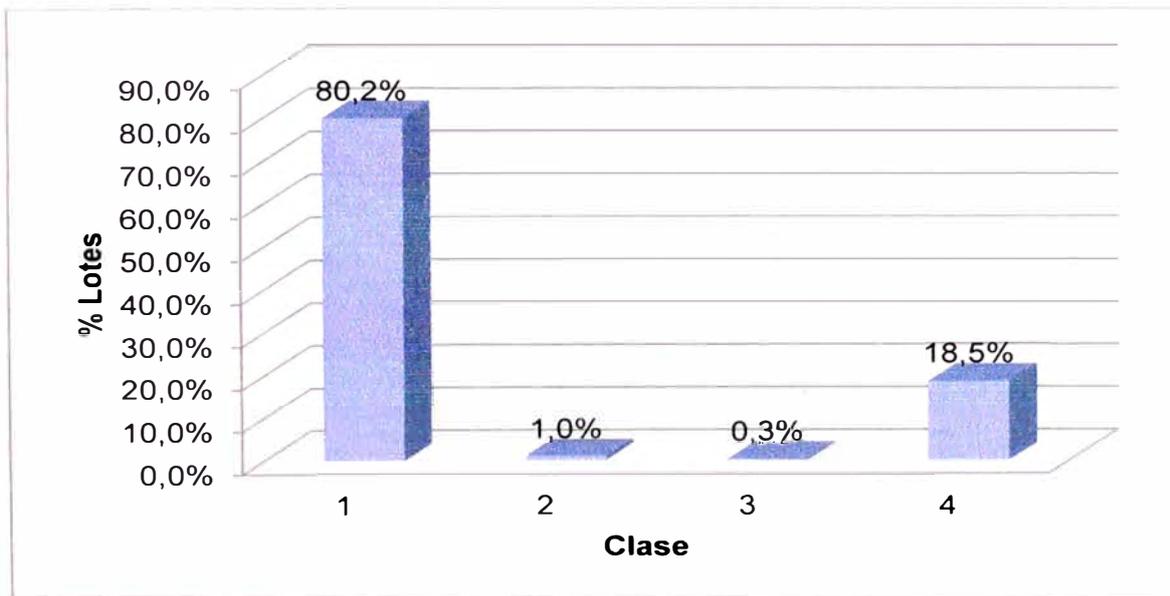


Figura 3.13. Elementos no estructurales.

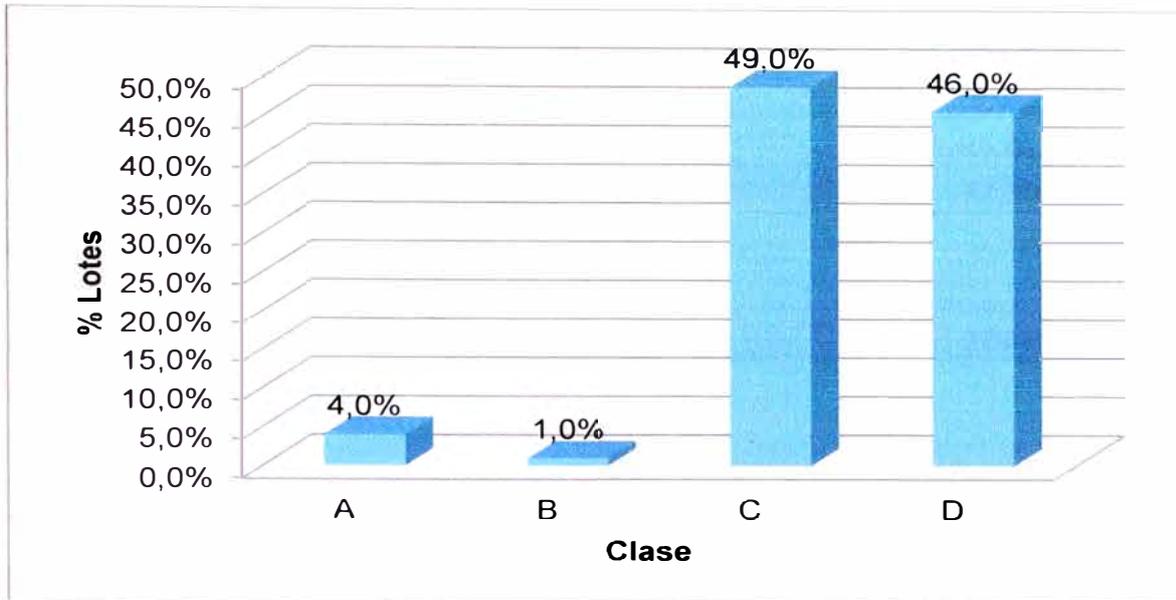


Figura 3.14. Estado de conservación.

Los rangos considerados para la denominación de la vulnerabilidad de acuerdo a los valores obtenidos del índice de vulnerabilidad son los siguientes:

- Vulnerabilidad Baja.  $Iv \leq 95$
- Vulnerabilidad media.  $95 < Iv \leq 190$
- Vulnerabilidad alta.  $190 < Iv \leq 285$
- Vulnerabilidad muy alta.  $285 < Iv \leq 382,5$

De acuerdo a este criterio, existe un porcentaje importante de viviendas de media a alta vulnerabilidad. Ver Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Resumen Cantidad de lotes por vulnerabilidad

Vulnerabilidad	Cantidad de lotes	% cantidad Lotes
Baja	20	6,7%
Media	53	15,8%
Alta	224	77,2%
Muy alta	1	0,3%

<b>Total=</b>	<b>298</b>	<b>100%</b>
---------------	------------	-------------

En la Figura 3.15, se tiene la cantidad de lotes de la zona expresadas en porcentaje vs vulnerabilidad.

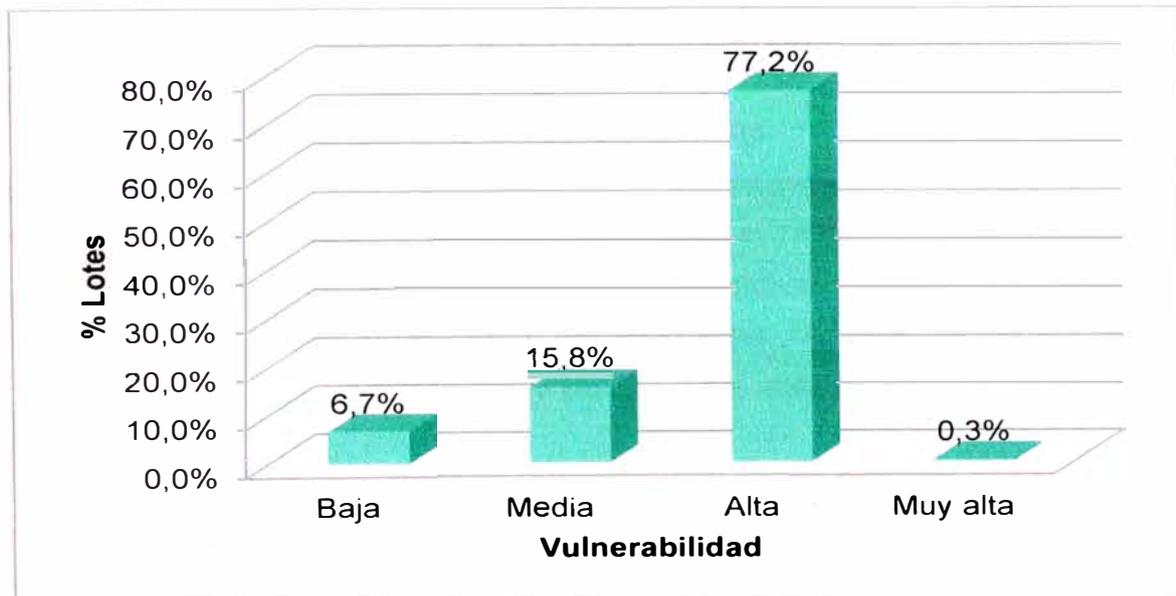


Figura 3.15. Vulnerabilidad de la zona de estudio.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados, el 77.2% de las edificaciones presentan una vulnerabilidad alta, siendo los parámetros que influyen de manera significativa los siguientes: organización del sistema resistente, calidad del sistema resistente, resistencia convencional, diafragmas horizontales, espaciamiento máximo entre muros, estado de conservación. Todo esto refleja una carencia de normas en la concepción y ejecución de las edificaciones; las condiciones de pobreza de esta zona propician la continuidad de la autoconstrucción con materiales de baja calidad.

El método Italiano es adecuado para una evaluación rápida de la vulnerabilidad de las estructuras, con menor uso de recursos y tiempo, lo cual implica un menor costo, y puede emplearse como punto de partida para análisis de vulnerabilidad más específicos.

En países que están en vías de desarrollo, el material predominante de las edificaciones es la mampostería no estructural, lo que las hace más vulnerables, debido a su falta de ductilidad. A esto se suma la no existencia de dirección técnica y un pésimo estado de conservación de la estructura.

El sistema SIG permite actualizar los datos permanentemente; además, se puede usar para generar información de riesgo sísmico.

## 4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar los criterios de evaluación que han sido adecuados para esta zona, en otros centros poblados con igual o similar al tipo de edificaciones existentes.

Se recomienda tomar las medidas adecuadas para plantear un sistema de respuesta haciendo partícipes a las instituciones como son las municipalidades, a partir de resultados obtenidos en el presente trabajo de vulnerabilidad sísmica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aguiar Falconi, Roberto; Bolaños, Darío. "Evaluación rápida de la Vulnerabilidad Sísmica en edificios de Hormigón Armado XIX Jornadas Nacionales de Ingeniería". Centro de Investigaciones Científicas- Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador, 2006.
2. Basset Salom, Luisa; Guardiola Villora, Arianna Paola. "Análisis de la vulnerabilidad del grupo de viviendas virgen de la Fuensanta en Valencia". Universidad Politécnica de Valencia, Granada, 2011.
3. Bustamante Vergara, Rafael Enrique; Castro Navarro, Carlos Mario; Marquez Zabala, Javier Eduardo. "Estudio de vulnerabilidad sísmica en las instituciones educativas de la zona rural norte del municipio de Sincelejo – Marco teórico". Universidad de Sucre, Sucre, 2007.
4. Caballero Guerrero, Álvaro Rafael. "Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo, utilizando la tecnología del Sistema de Información Geográfica". Universidad del Norte, Colombia, 2007.
5. Cruz, María del Rosario." "El uso de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica". Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, 2005.
6. Lantada Zarzosa, Nieves. "Evaluación del Riesgo Sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS, Aplicación a la ciudad de Barcelona". Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2007.
7. Mena Hernández, Ulises. "Evaluación del Riesgo Sísmico en zonas urbanas". Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2002.
8. Morales Morales, Roberto; Torres Cabrejos, Rafael; Rengifo, Luis; Irala Candiotti, Carlos. "Manual para la construcción de viviendas de adobe". Universidad Nacional de Ingeniería- Facultad de Ingeniería Civil, Lima, 1993.

9. Neri, Alfredo. "Sulla vulnerabilita' sismica di alcune strutture scolastiche del pistoiese". Universidad de Florencia, Italia, 2008.
10. "Norma Técnica de Edificaciones E.020". Cargas. SENCICO, Lima, 2006.
11. "Norma Técnica de Edificaciones E.030". Diseño Sismorresistente. SENCICO, Lima, 2003.
12. "Norma Técnica de Edificaciones E.070". Albañilería. SENCICO, Lima, 2006.
13. "Norma Técnica de Edificaciones E.080". Adobe. SENCICO, Lima, 1999.
14. Peña Llopis, Juan. "Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio". Universidad de Alicante, España, 2008.
15. Yépez Moya, Fabrizio; Barbat, Alex; Canas, Josep. "Simulación de funciones de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño para estudios de riesgo sísmico". Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 1995.

# ANEXO A

## A. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y COMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO ITALIANO

### A.1. ESCALA DE VULNERABILIDAD PARA EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO

Para edificaciones de concreto armado, el método considera sólo tres Clases: A, B y C. Las Clases A, B y C, van respectivamente desde condiciones favorables a desfavorables. Ver Tabla A1.

Tabla A1. Escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini (1984), para edificaciones de Concreto Armado.

i	Parámetros	Valores Ki			Peso Wi
		A	B	C	
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4,00
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1,00
3	Resistencia Convencional	-1	0	1	1,00
4	Posición del edificio y cimentación	0	1	2	1,00
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	1,00
6	Configuración en planta	0	1	2	1,00
7	Configuración en elevación	0	1	3	2,00
8	Conexión entre elementos críticos	0	1	2	1,00
9	Elementos de baja ductilidad	0	1	2	1,00
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1,00
11	Estado de conservación	0	1	2	1,00

Fuente: Mena, 2002.

## A.2. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DEL MÉTODO ITALIANO

A continuación se describen los once parámetros enumerados en la Tabla 1.2.

### Parámetro 1. Organización del sistema resistente

Este primer punto evalúa el grado de organización de los elementos verticales de la edificación. Considerando significativo la presencia y la eficiencia de la conexión entre paredes ortogonales, de tal forma que se asegura el comportamiento en cajón de la estructura, prescindiendo del tipo de material. Ver Figura A1.

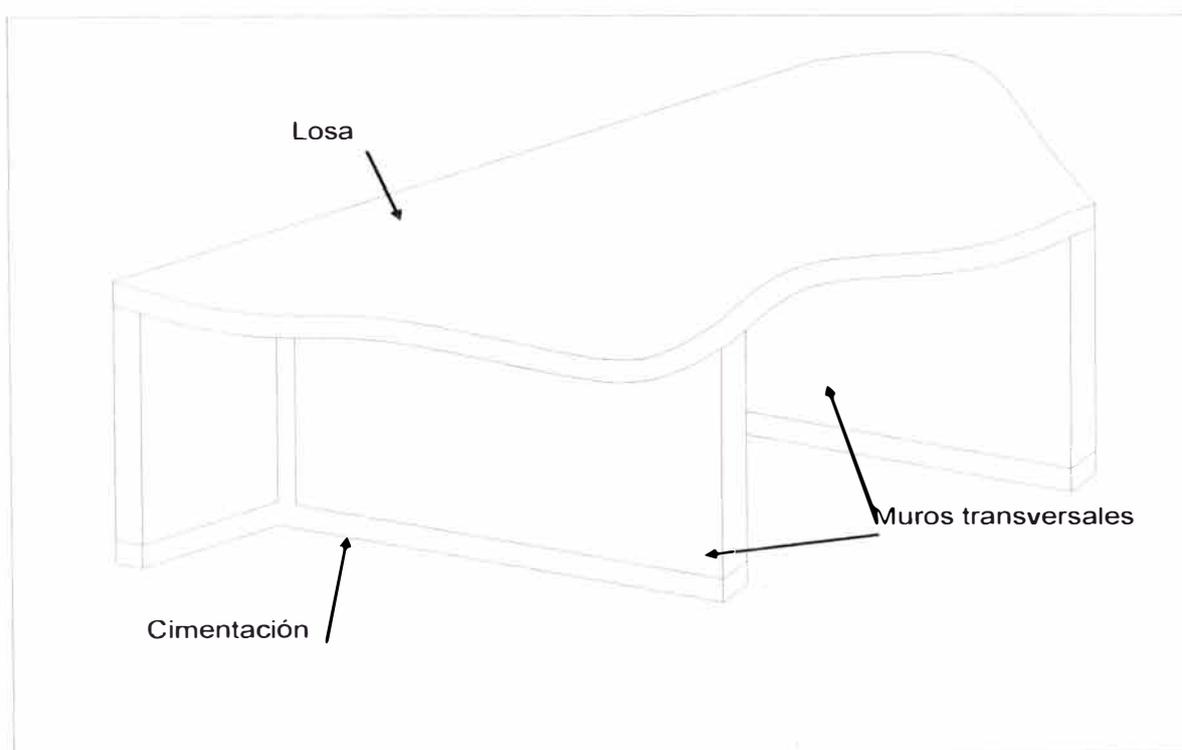


Figura A1. Estructura tipo cajón.

## Parámetro 2. Calidad del sistema resistente

Intervienen el tipo de mampostería utilizada con frecuencia (diferenciándolo por su característica de resistencia) y la forma de los elementos que constituyen la mampostería. Se evalúa también la homogeneidad del material de las piezas en todo el muro.

## Parámetro 3. Resistencia Convencional

Evalúa la resistencia que puede presentar una edificación frente a cargas horizontales.

Considerando el comportamiento tipo cajón de la estructura, la evaluación de la edificación de mampostería con respecto a este parámetro se realiza considerando un factor  $\delta=c/\theta$ , donde  $\theta$  es un coeficiente sísmico, que se toma como 0,4 y  $c$  se define como el factor entre la fuerza cortante resistente y el peso de la estructura,  $c$  se define en la ecuación [15] de acuerdo a la referencia (9).

$$c = \frac{a_0 t_k}{qN} \sqrt{1 + \frac{qN}{1.5 a_0 t_k (1+\gamma)}} \quad \dots\dots [15]$$

$$q = \frac{(A+B)h}{A_t} P_m + P_s \quad \dots\dots [16]$$

Donde:

$$A = \min(A_x, A_y)$$

$$B = \max(A_x, A_y)$$

$$a_0 = A/A_t$$

$$\gamma = B/A$$

Para mamposterías compuestas por diferentes materiales, el valor de  $t_k$  se determina como en la ecuación [17], según referencia (9).

$$t_k = \frac{\sum_{i=1}^n t_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \dots\dots [17]$$

Cuando “ $\delta$ ” sea mayor o igual a “1” se tendrá un cortante resistente mayor al valor de referencia 0.4, se tendrá una de edificación de baja vulnerabilidad.

#### **Parámetro 4. Posición del edificio y cimentación**

La evaluación de este parámetro es en forma visual, se considera la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico de la edificación. Se limita a la obtención de la consistencia y pendiente del terreno, diferencia de las cotas de cimentación y presencia de terraplenes no equilibrados.

#### **Parámetro 5. Diafragmas horizontales**

Se evalúa la calidad del diafragma, debido a que tiene influencia en las deformaciones laterales y estas deformaciones a su vez en el nivel de daño de la estructura. Se tendrá en cuenta el estado de las conexiones con los elementos verticales; cuando estas conexiones (losa y elementos verticales) son buenas las fuerzas laterales se distribuirán en proporción de la rigideces de los elementos verticales.

Se consideran los siguientes puntos:

Condición 1. Ausencia de planos de desnivel.

Condición 2. La deformación del diafragma es despreciable.

Condición 3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.

#### **Parámetro 6. Configuración en planta**

Las plantas irregulares en forma de T, L, H, Z, U han mostrado tener mal comportamiento sísmico, cada zona está sujeta a fuerzas de inercias que pueden actuar simultáneamente en sentidos indeseables, se presentan problemas de torsión, ver figuras A2 y A3. El modo de falla por torsión es frágil y la estructura no va a alcanzar la ductilidad para la que fue diseñada.

En la forma de diseño tradicional, con vigas y columnas, se diseña para valores altos de ductilidad pero si la estructura es irregular y tiene problemas de torsión no se alcanza la ductilidad deseada.

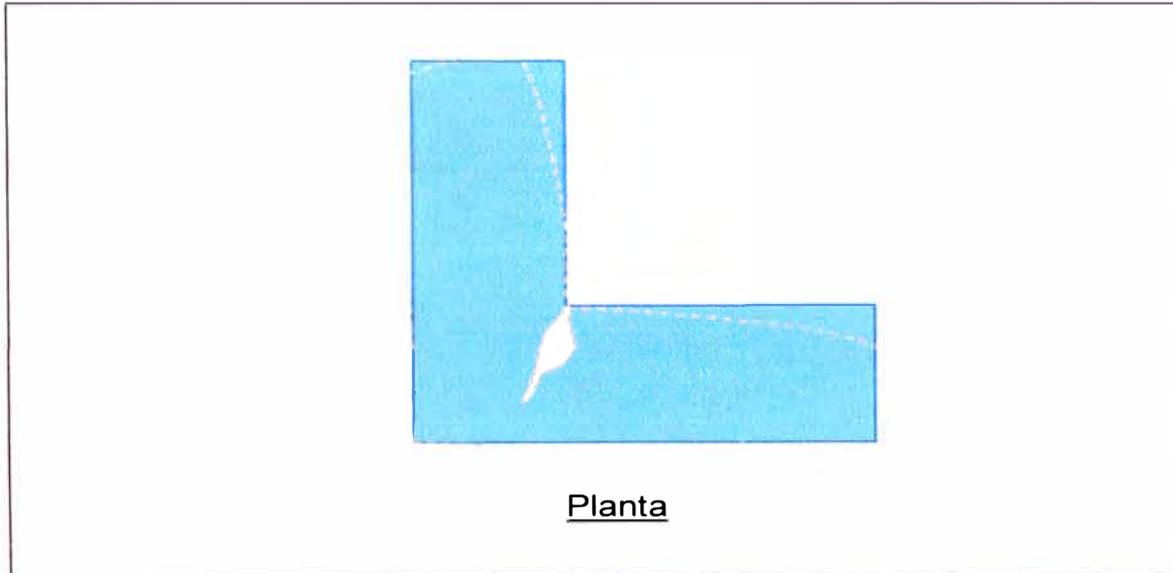


Figura A2. Configuración en planta.

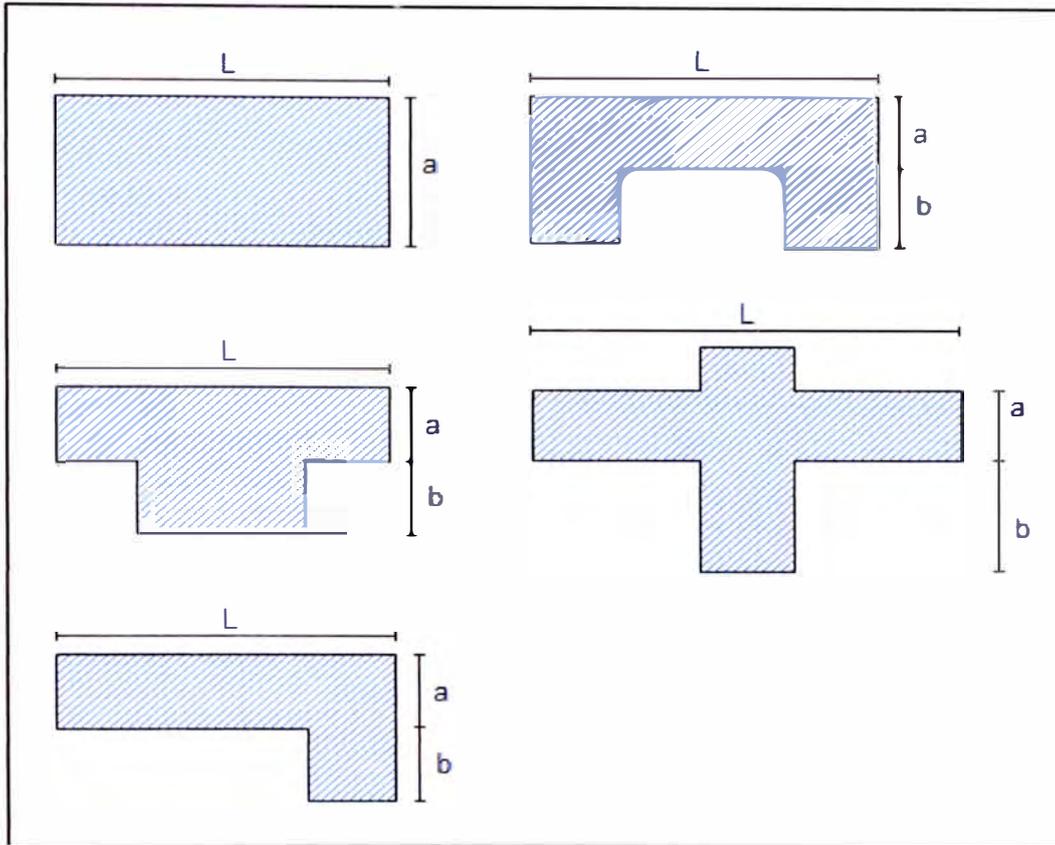


Figura A3. Definición de "a", "b" y "L". Fuente: Alfredo Neri. "Suilla vulnerabilita' sismica di alcune strutture scolastiche del pistoiese".Italia, 2008.

La Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) emitió especificaciones para clasificar las irregularidades estructurales. Ver Figura A4.

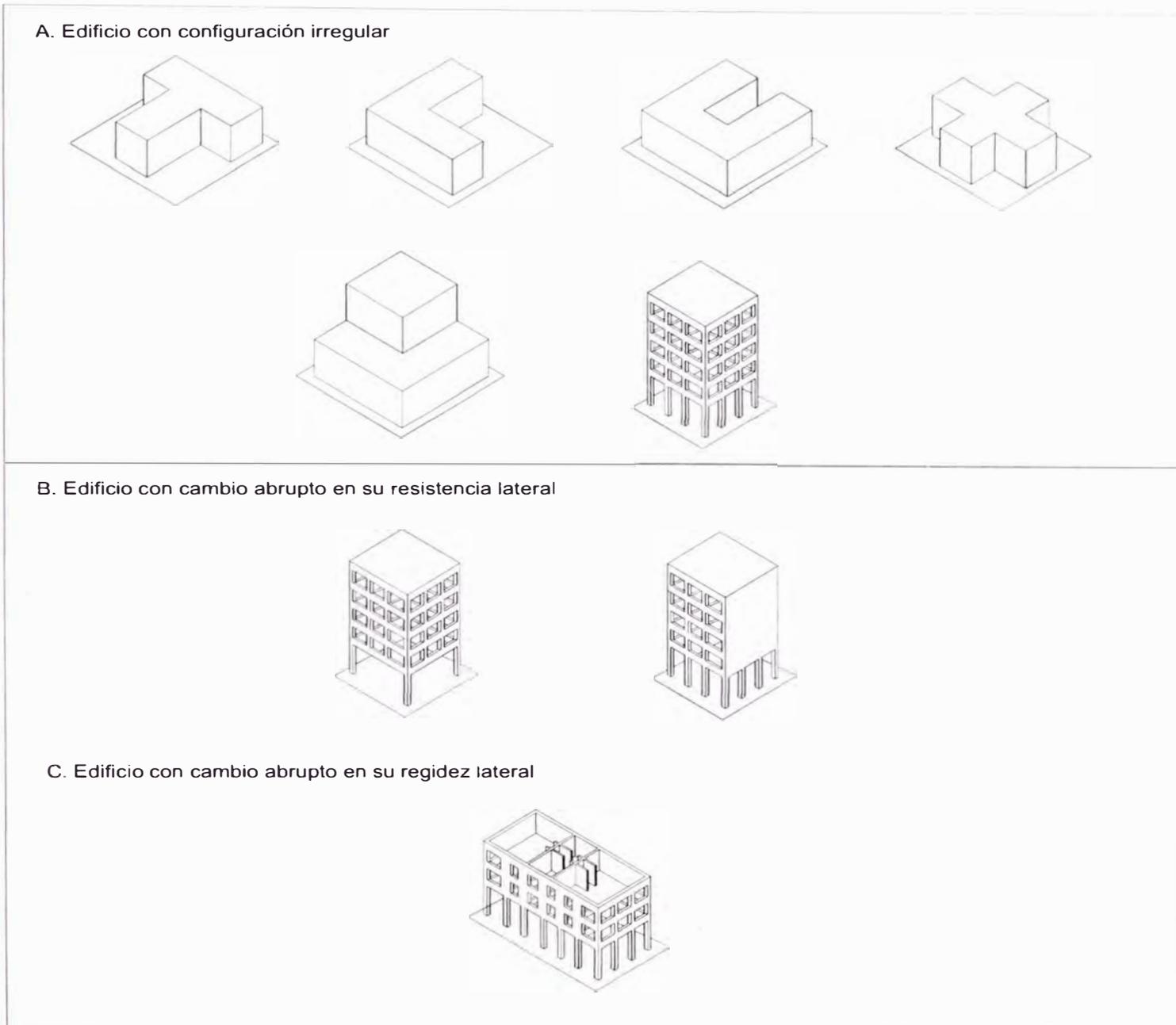


Figura A4. Estructuras Irregulares o de sistemas de marcos. Fuente: SEAOC. "Recommended lateral force requirements and commentary".

Existen otras formas de evaluar este parámetro tal como se indica en la referencia (1). Estas consideraciones son las siguientes:

- En el caso de estructuras rectangulares es significativo la relación  $\delta_1 = a/L$ .
- Se debe hallar el centro de masa y el centro de rigidez de la planta que se considere más crítica y luego se debe calcula  $\delta_2 = e/d$ . Donde "e" es la excentricidad del edificio y "d" es la dimensión menor en planta del edificio. Valores altos de la excentricidad implican problemas de torsión en la edificación.
- La relación  $\delta_3 = \Delta d/d$ , que es la relación entre la longitud del voladizo  $\Delta d$  con respecto a la longitud total en la dirección del voladizo. Mientras mayor es la longitud del voladizo más vulnerable es la estructura.
- La relación  $\delta_4 = c/b$ , que relaciona el ancho y la longitud de la protuberancia del cuerpo principal del edificio. Se debe calcular  $\delta_4$  de tal manera que sea un mínimo.

Ver Figura A5.

Si bien la aplica a estructuras de concreto armado, la clasificación se puede adaptar para estructuras de mampostería.

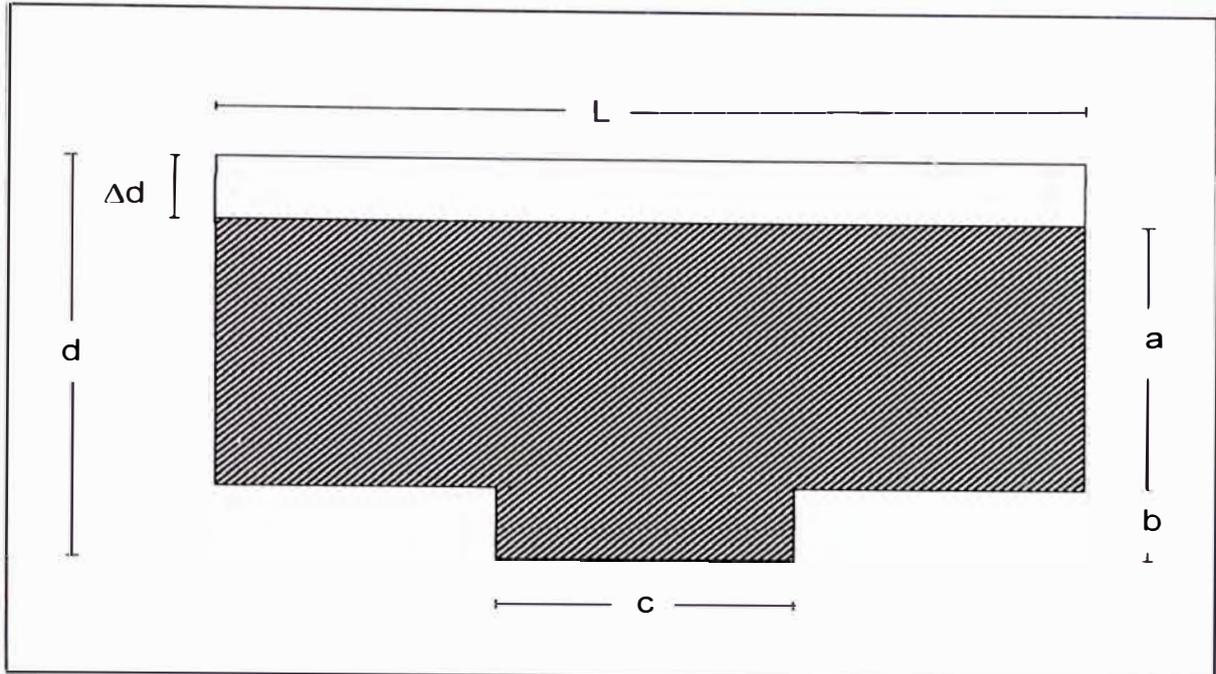


Figura A5. Relación dimensiones en planta. Fuente: Roberto Aguiar Falconi; Darío Bolaños. "Evaluación rápida de la Vulnerabilidad Sísmica en edificios de Hormigón Armado XIX Jornadas Nacionales de Ingeniería". Centro de Investigaciones Científicas- Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador, 2006.

### Parámetro 7. Configuración en elevación

Este parámetro está relacionado con la regularidad, sencillez y simetría de la edificación en elevación. La irregularidad en elevación de edificios en mampostería suele estar determinada por la presencia de torretas y porches. Ver Figura A6.

Existen tres aspectos básicos que contempla este parámetro:

- Relación  $\pm\Delta M/M$  (%) o también la relación  $\pm\Delta A/A$  (%) entre pisos sucesivos.

Lo ideal es que a medida que el edificio crece en altura la distribución de las masas vaya disminuyendo.

- La relación T/H, así como las reducciones bruscas en el tamaño de la planta de los pisos superiores van a producir zonas de concentración de esfuerzos. Esta reducción tiene implícito un cambio drástico en la rigidez, el que tiende a producir el fenómeno de chicoteo, con una gran amplificación de la vibración en la parte superior, resultando edificaciones más vulnerables. Ver Tabla 1.2.
- La presencia de "porches" se toma como la relación porcentual entre el área en planta del mismo y la superficie total del piso.

Este método califica favorablemente la inexistencia de variaciones excesivas en la masa de dos pisos consecutivos o en la superficie del porche.

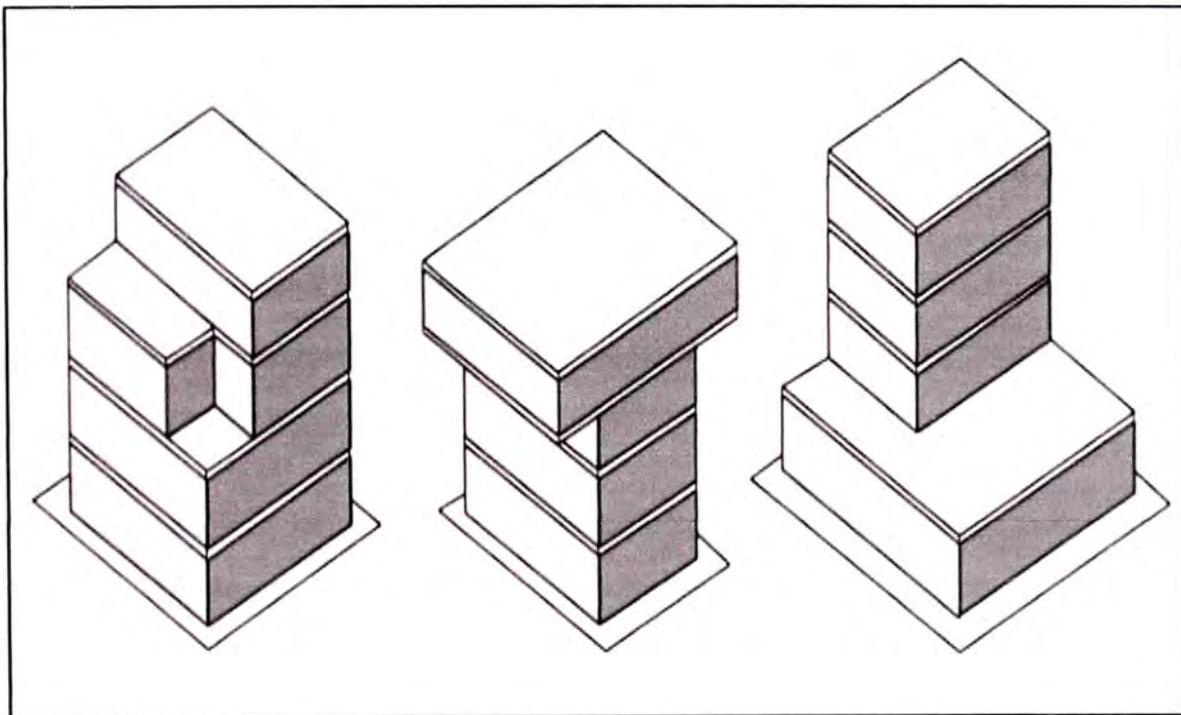


Figura A6. Estructuras irregulares en elevación.

### **Parámetro 8. Espaciamiento máximo entre muros**

Se tiene en cuenta la presencia de muros principales intersectados por muros transversales. Se evalúa la relación  $L/s$ , siendo "L" el espaciamiento entre muros transversales y "s" el espesor del muro principal. Ver Tabla 1.2.

### **Parámetro 9. Tipo de cubierta**

Se tiene en cuenta la influencia del tipo y peso de la cubierta en el comportamiento sísmico de un edificio.

La inestabilidad se refiere a la falta de apoyo en uno de los extremos de la cubierta sobre un elemento estructural resistente, que puede ser un panel o una viga de soporte. Tampoco se considera estable si el apoyo es una viga de soporte muy esbelta y de poco peralte. Se considera la resistencia del techo a fuerzas sísmicas.

### **Parámetro 10. Elementos no estructurales**

Se considera la presencia de cornisas, parapetos, balcones o cualquier elemento no estructural que pueda causar daño a personas o cosas. Debido a que constituye un parámetro secundario, que no provoca un aumento de la vulnerabilidad de la estructura, sino un que incluye un efecto de peligro colateral, no se hace distinción entre los dos primeros niveles de calificación.

### **Parámetro 11. Estado de conservación**

Este punto es sobre el estado de conservación actual de la estructura, ya que esta influye directamente en el comportamiento de la estructura ante la presencia de un sismo.

# ANEXO B

## B. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN UN SIG

### B.1. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS

Tabla B1. Descripción de los pasos para obtención de la cartografía y del mapa temático.

Procesos	Descripción
Corrección plano de lotización	Se refiere a la corrección de errores de dibujo, se puede hacer de dos formas: manualmente en AutoCAD o detectar los errores por medio de aplicaciones de propiedades topológicas sobre el plano CAD en el SIG y corregir los errores en forma semiautomática
Creación de la base de datos en el SIG	Importar el plano CAD al SIG. En la importación se debe añadir solo la información polilínea del plano CAD, ya que esta contiene los lotes y manzanas como polígonos cerrados.
Georreferenciación base de datos del SIG	La georreferenciación se realiza con un punto de coordenada y una distancia conocida, estos datos son obtenidos en campo. La coordenada es obtenida con un GPS diferencial o de un B.M cercano. La distancia es calculada con una estación total y menor a 50.00 m de preferencia, para evitar corregir errores por refracción y curvatura.
Obtención la imagen satelital	La obtención de las imágenes se hace desde Google Maps, se capturan imágenes parciales que serán unidas por en una sola imagen mediante el Microsoft ICE. La captura se hace por medio del IrfanView.
Georreferenciación de la imagen satelital en el SIG	Se realiza a través de puntos de control, que son coordenadas obtenidas de campo como B.M.
Procesamiento de la información catastral y complementaria	La información catastral obtenida en campo se pasa a Excel para crear una base datos. La calificación de cada uno de los once parámetros se registra en esta hoja de Excel
Transferencia de base datos de Excel al SIG	Desde la hoja de Excel se transfieren los datos al SIG.
Obtención de los mapas temáticos en SIG	Los valores $I_v$ se almacenarán en el campo "Índice de vuln"; al modificar las calificaciones de cada parámetro contenido en la tabla se deberán calcular nuevamente estos valores, para ello se proporciona un archivo "cal-índice.cal", que contiene el algoritmo creado en código VBA. Con los valores del $I_v$ , se genera el mapa temático del índice de vulnerabilidad. Ver elaboración y ejecución del algoritmo.

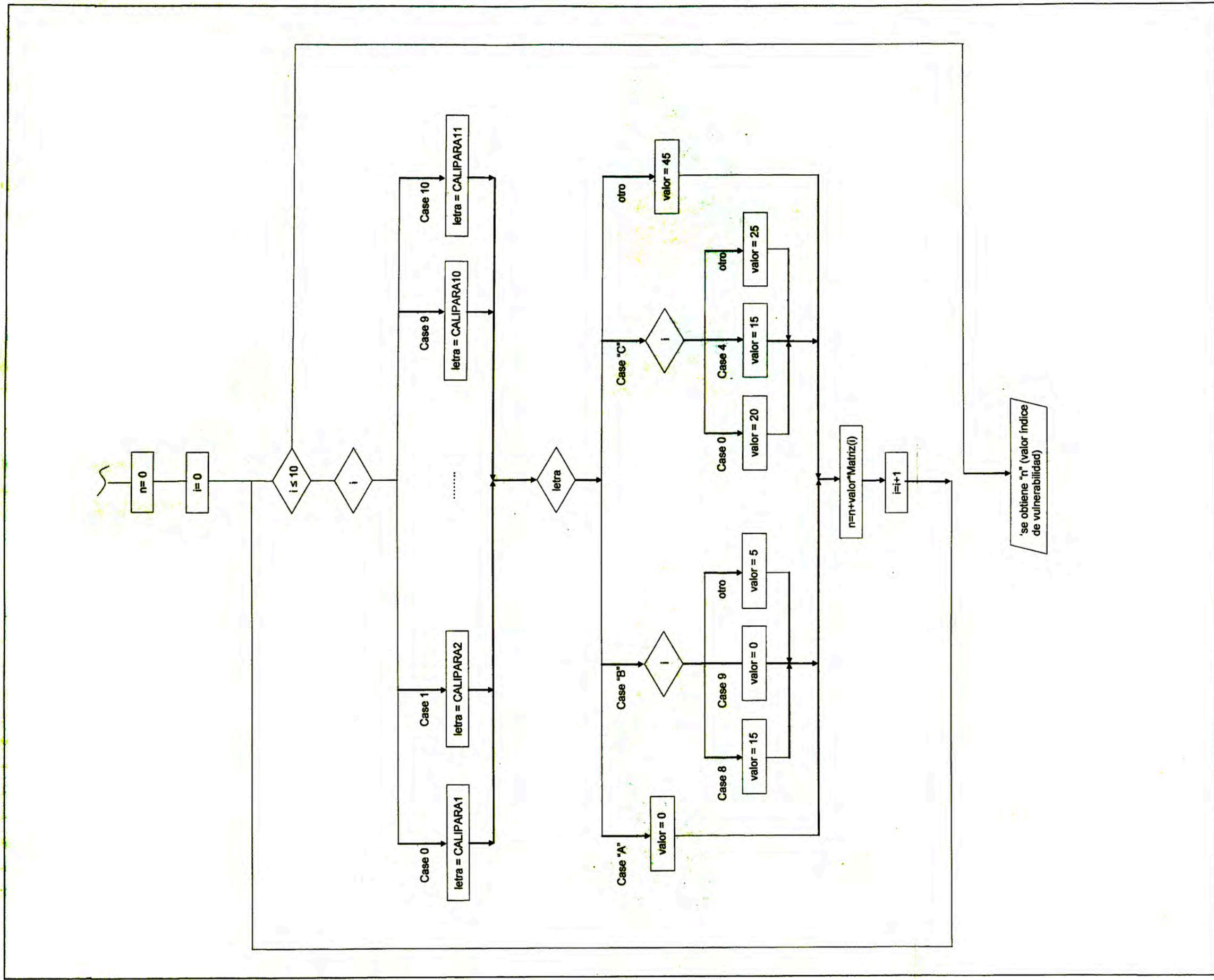


Figura B1. Diagrama de flujo para el cálculo del índice de vulnerabilidad

## B.2. ELABORACIÓN DEL ALGORITMO ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Para la elaboración del algoritmo, se ha utilizado el diagrama de flujo mostrado en la Figura B1; las definiciones de las variables involucradas se muestran a continuación.

### B.2.1. Definición de variables

**Matriz:** Matriz a la que se asigna los valores “ $W_i$ ” de cada parámetro.

Ver Tabla 1.1.

**[CALIPARA1],..... [CALIPARA11]:** Campos o columnas de la tabla de atributos del SIG, que contienen las calificaciones de cada parámetro. Ejemplo: [CALIPARA1] contiene las calificaciones de las edificaciones del parámetro 1.

## B.2.2. Algoritmo índice de vulnerabilidad

```
'Declaración de variables
Dim n
Dim letra
Dim valor
'Asignación de variables
Matriz = Array(1,0.25,1.5,0.75,1,0.5,1,0.25,1,0.25,1)
'Cálculo del Índice de vulnerabilidad
n=0
For i = 0 To 10
SELECT CASE i
CASE 0
letra= [CALIPARA1]
CASE 1
letra= [CALIPARA2]
CASE 2
letra= [CALIPARA3]
CASE 3
letra= [CALIPARA4]
CASE 4
letra= [CALIPARA5]
CASE 5
letra= [CALIPARA6]
CASE 6
letra= [CALIPARA7]
CASE 7
letra= [CALIPARA8]
CASE 8
letra= [CALIPARA9]
CASE 9
letra= [CALIPARA10]
CASE ELSE
letra= [CALIPARA11]
END SELECT
```

```
SELECT CASE letra
CASE "A"
valor = 0
CASE "B"
SELECT CASE i
CASE 8
valor = 15
CASE 9
valor = 0
CASE ELSE
valor=5
END SELECT
CASE "C"
SELECT CASE i
CASE 0
valor = 20
CASE 4
valor = 15
CASE ELSE
valor=25
END SELECT
CASE ELSE
valor = 45
END select
n=n+valor*Matriz(i)
Next
```

### B.3. EJECUCIÓN DEL ALGORITMO EN SIG

- Paso 1. Una vez creado el campo "ÍndiceVuln", se va la opción "Field Calculator". Ver Figura B2.
- Paso 2. Desde "Field Calculator" buscar el archivo "cal-indice.cal" y cargar con las opciones "Load" y "Abrir" respectivamente. Ver Figura B3.
- Paso 3. Luego de cargar el archivo "cal-indice.cal", presionar la opción "OK" para ejecutar. Ver Figura B4.

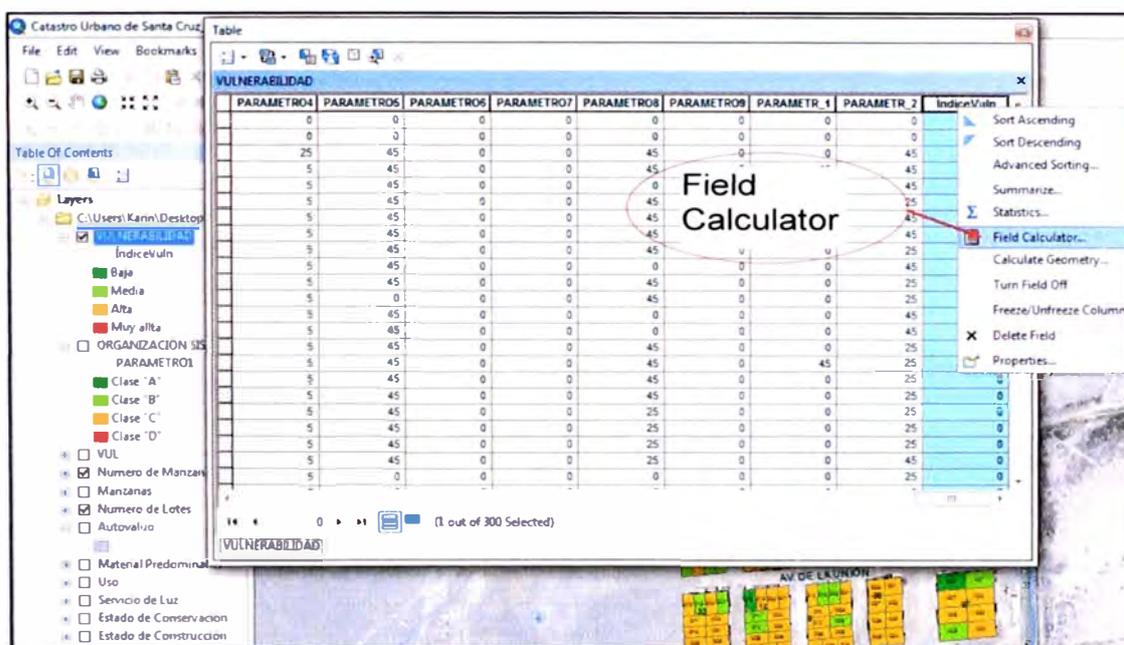


Figura B2. Utilización del Field calculator.

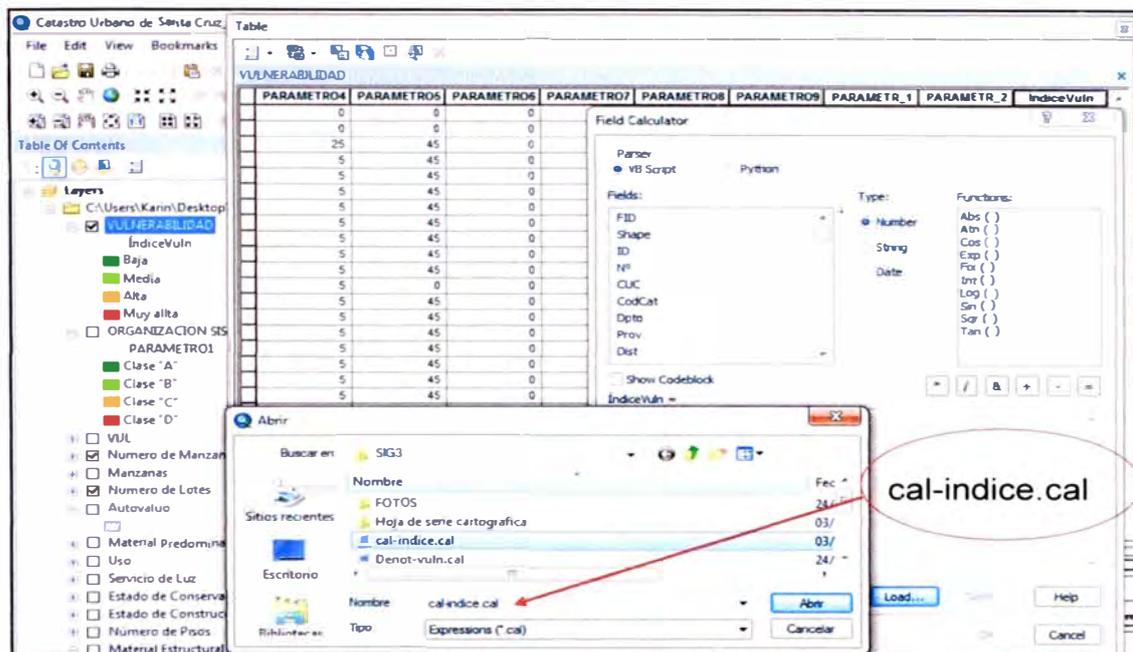


Figura B3. Ubicación del archivo "cal-indice.cal".

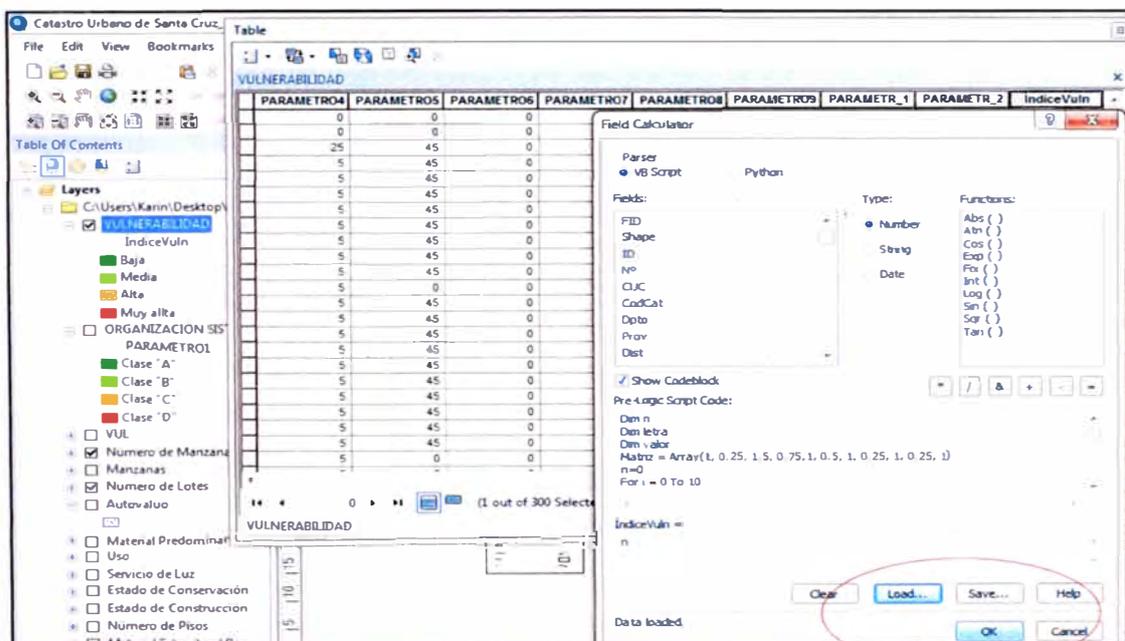


Figura B4. Ejecución del Algoritmo.

# ANEXO C

Tabla C1. Resultado de calificaciones del centro poblado Santa Cruz-Lima 2011.

ID	MZ	Lote	CALIPARA1	CALIPARA2	CALIPARA3	CALIPARA4	CALIPARA5	CALIPARA6	CALIPARA7	CALIPARA8	CALIPARA9	CALIPARA10	CALIPARA11
287	006	001	C	C	D	C	D	B	A	D	A	A	D
286	006	002	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	D
270	006	003	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
263	006	004	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	C
254	006	005	C	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
247	006	006	D	D	D	B	D	B	A	D	A	A	D
240	006	007	D	D	D	B	D	E	A	D	A	A	C
231	006	008	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
224	006	009	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	C
222	006	010	B	C	B	B	A	A	A	D	A	A	C
221	006	011	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
220	006	012	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
230	006	013	C	C	B	B	D	B	A	D	A	A	C
238	006	014	C	C	D	B	D	B	A	D	A	D	C
246	006	015	C	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
253	006	016	C	C	D	B	D	B	A	D	A	A	C
261	006	017	D	C	D	B	D	B	A	C	A	A	C
269	006	018	D	C	D	B	D	C	A	C	A	A	C
283	006	019	D	C	D	B	D	C	A	B	A	A	C
284	006	020	D	D	D	B	D	A	A	C	A	A	D
205	007	001	B	C	B	B	A	C	A	A	A	A	C
204	007	002	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
190	007	003	C	C	D	B	D	D	A	A	A	A	C
184	007	004	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
177	007	005	C	D	D	B	D	D	A	D	A	A	D
170	007	006	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
164	007	007	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
157	007	008	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
150	007	009	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
149	007	010	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
148	007	011	D	C	D	B	D	C	A	D	A	A	C
147	007	012	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
155	007	013	D	D	D	B	D	A	A	C	A	A	C
163	007	014	D	D	D	B	D	A	A	C	A	A	D
169	007	015	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D

ID	MZ	Lote	CALIPARA1	CALIPARA2	CALIPARA3	CALIPARA4	CALIPARA5	CALIPARA6	CALIPARA7	CALIPARA8	CALIPARA9	CALIPARA10	CALIPARA11
175	007	016	B	C	B	B	A	C	A	C	A	A	C
183	007	017	B	C	B	B	A	B	A	B	A	A	C
189	007	018	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
202	007	019	B	C	D	B	D	A	A	B	A	B	C
203	007	020	C	C	D	B	D	C	A	B	A	A	C
135	008	001	C	C	D	B	D	B	A	B	A	A	C
134	008	002	C	C	D	B	D	D	A	C	A	B	C
117	008	003	C	C	D	B	D	D	A	C	A	A	D
110	008	004	D	C	D	B	D	B	A	C	A	A	C
100	008	005	B	C	B	B	A	D	A	D	A	A	C
92	008	006	D	D	D	B	D	A	A	C	A	A	D
84	008	007	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	D
74	008	008	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
66	008	009	D	D	D	B	D	A	A	C	A	D	D
64	008	010	D	D	D	B	D	A	A	C	A	D	D
63	008	011	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
62	008	012	C	C	B	B	D	C	A	D	A	A	C
72	008	013	C	C	D	B	D	D	A	D	A	A	C
82	008	014	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	D
90	008	015	C	C	B	B	D	A	A	D	A	A	C
98	008	016	C	C	D	B	D	D	A	D	A	D	C
108	008	017	C	C	D	B	D	A	A	C	A	A	B
116	008	018	D	C	D	B	D	C	A	C	A	A	D
132	008	019	C	C	D	B	D	C	A	D	A	A	C
133	008	020	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	D
48	009	001	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
47	009	002	C	C	D	B	D	A	A	C	A	A	C
33	009	003	D	D	D	B	D	C	A	C	A	A	D
25	009	004	C	C	D	B	D	C	A	C	A	A	C
18	009	005	D	D	D	B	D	A	A	C	A	A	D
10	009	006	D	D	D	B	D	A	A	C	A	D	D
8	009	007	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	C
7	009	008	D	D	D	B	D	A	A	C	A	A	D
15	009	009	D	D	D	B	D	A	A	C	A	A	D
23	009	010	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
32	009	011	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
45	009	012	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
46	009	013	C	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C

ID	MZ	Lote	CALIPARA1	CALIPARA2	CALIPARA3	CALIPARA4	CALIPARA5	CALIPARA6	CALIPARA7	CALIPARA8	CALIPARA9	CALIPARA10	CALIPARA11
44	014	001	D	C	D	B	D	B	A	D	A	D	D
43	014	002	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
30	014	003	D	D	D	C	D	A	A	D	A	A	C
22	014	004	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	C
13	014	005	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	C
6	014	006	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
5	014	007	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
4	014	008	D	C	D	B	D	B	A	D	A	A	C
12	014	009	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
21	014	010	C	C	D	B	D	B	A	D	A	A	C
29	014	011	C	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
41	014	012	C	C	B	B	A	A	A	D	A	A	C
42	014	013	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
130	015	001	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
128	015	002	C	C	D	B	D	A	A	C	A	A	D
114	015	003	D	C	D	B	D	B	A	C	A	A	C
105	015	004	D	C	D	B	D	A	A	C	A	A	C
97	015	005	C	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
88	015	006	C	C	B	B	D	A	A	D	A	A	C
79	015	007	C	C	C	B	D	D	A	D	A	A	C
71	015	008	C	C	D	B	D	A	A	D	A	D	C
60	015	009	C	C	D	B	D	C	A	D	A	A	C
58	015	010	C	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
57	015	011	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
56	015	012	B	C	D	B	A	C	C	D	D	A	C
70	015	013	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
78	015	014	C	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
86	015	015	C	C	D	B	D	A	A	C	A	A	C
96	015	016	C	C	D	B	D	A	A	D	A	A	D
104	015	017	C	C	D	B	D	B	A	D	A	A	C
112	015	018	C	C	D	B	D	B	A	D	A	A	C
126	015	019	C	C	D	B	D	C	A	D	A	A	C
127	015	020	C	C	D	B	D	A	A	C	A	A	C
200	016	001	C	C	D	B	A	C	A	D	A	A	C
198	016	002	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
188	016	003	D	C	D	B	A	A	A	D	A	A	C
181	016	004	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
174	016	005	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C

ID	MZ	Lote	CALIPARA1	CALIPARA2	CALIPARA3	CALIPARA4	CALIPARA5	CALIPARA6	CALIPARA7	CALIPARA8	CALIPARA9	CALIPARA10	CALIPARA11
168	016	006	D	C	D	B	D	D	A	D	A	A	C
161	016	007	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
154	016	008	D	C	D	B	D	A	A	D	A	D	C
146	016	009	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
143	016	010	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
141	016	011	D	C	D	B	D	C	A	D	A	A	C
140	016	012	C	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
153	016	013	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
159	016	014	C	C	D	B	D	C	A	D	A	A	C
165	016	015	D	C	B	B	C	A	A	D	A	A	C
173	016	016	C	C	C	B	D	A	A	C	A	A	D
179	016	017	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
185	016	018	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
196	016	019	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
197	016	020	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
281	017	001	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
280	017	002	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
266	017	003	C	C	B	B	A	A	A	D	C	A	C
259	017	004	C	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
252	017	005	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
243	017	006	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
236	017	007	D	D	D	B	D	C	A	D	A	C	D
229	017	008	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
217	017	009	D	C	D	B	D	A	C	D	A	A	C
216	017	010	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
215	017	011	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
214	017	012	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
228	017	013	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	C
235	017	014	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
242	017	015	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	D
251	017	016	D	D	D	B	D	C	A	D	A	D	D
258	017	017	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	D
265	017	018	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
278	017	019	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	D
279	017	020	D	D	D	B	D	C	A	D	A	D	D
275	027	001	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	D
274	027	002	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
264	027	003	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D

ID	MZ	Lote	CALIPARA1	CALIPARA2	CALIPARA3	CALIPARA4	CALIPARA5	CALIPARA6	CALIPARA7	CALIPARA8	CALIPARA9	CALIPARA10	CALIPARA11
255	027	004	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
248	027	005	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
241	027	006	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
232	027	007	D	D	D	B	D	A	A	C	A	A	C
225	027	008	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	C
213	027	009	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	C
212	027	010	D	D	D	B	D	C	A	D	A	D	D
211	027	011	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	D
210	027	012	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	D
223	027	013	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	D
296	027	014	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	D
297	027	015	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
298	027	016	C	D	D	B	D	A	A	D	A	A	C
299	027	017	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
300	027	018	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
301	027	019	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
273	027	020	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
195	028	001	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
144	028	002	C	C	B	B	A	A	A	B	A	A	B
125	029	001	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
123	029	002	D	D	D	B	D	D	A	D	A	D	D
111	029	003	D	C	D	B	D	A	A	D	A	D	C
102	029	004	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	D
94	029	005	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
85	029	006	D	D	D	B	D	B	A	D	A	D	C
76	029	007	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	C
68	029	008	D	C	D	B	D	D	A	D	A	A	C
55	029	009	C	C	C	B	A	A	A	D	A	A	C
54	029	010	C	C	C	B	D	B	A	D	A	D	C
53	029	011	D	D	D	B	D	B	A	D	A	A	C
52	029	012	C	C	B	B	D	B	A	D	A	A	C
65	029	013	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	C
73	029	014	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
83	029	015	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	D
91	029	016	C	C	D	B	D	A	A	D	A	D	C
99	029	017	D	D	C	B	D	A	A	C	A	D	D
109	029	018	D	D	C	B	D	A	A	C	A	D	D
120	029	019	D	D	C	B	D	A	A	C	A	D	D

ID	MZ	Lote	CALIPARA1	CALIPARA2	CALIPARA3	CALIPARA4	CALIPARA5	CALIPARA6	CALIPARA7	CALIPARA8	CALIPARA9	CALIPARA10	CALIPARA11
122	029	020	D	D	C	B	D	A	A	C	A	D	D
39	030	001	B	C	C	B	A	B	A	D	A	D	D
38	030	002	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
26	030	003	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
19	030	004	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	D
11	030	005	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	C
3	030	006	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	D
2	030	007	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	D
1	030	008	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
9	030	009	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
17	030	010	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	D
24	030	011	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
36	030	012	D	D	D	B	D	B	D	D	A	A	D
37	030	013	C	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
289	090	001	C	C	D	B	D	C	A	C	A	D	C
277	090	002	C	C	D	B	D	A	A	C	A	D	C
268	090	003	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	D
257	090	004	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
245	090	005	C	C	D	B	D	C	A	C	A	A	C
234	090		A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
244	090	006	D	D	D	B	D	D	A	D	A	D	D
256	090	007	D	D	D	B	D	B	A	D	A	A	D
267	090	008	D	D	D	B	D	B	A	D	A	A	D
276	090	009	D	D	D	B	D	A	A	C	A	A	C
288	090	010	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
291	091	001	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	C
285	091	002	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	C
272	091	003	B	C	B	B	A	D	A	D	A	A	A
262	091	004	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	C
250	091	005	C	C	C	B	C	B	A	D	A	A	C
239	091	006	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	C
227	091	007	D	D	D	B	D	B	A	D	A	A	C
226	091	008	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	C
237	091	009	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
249	091	010	D	D	D	B	D	B	A	D	A	A	C
260	091	011	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	D
271	091	012	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
282	091	013	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D

ID	MZ	Lote	CALIPARA1	CALIPARA2	CALIPARA3	CALIPARA4	CALIPARA5	CALIPARA6	CALIPARA7	CALIPARA8	CALIPARA9	CALIPARA10	CALIPARA11
290	091	014	B	A	B	B	D	B	A	D	A	A	A
207	092	001	D	D	D	B	D	B	A	D	A	A	D
194	092	002	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	C
187	092	003	D	D	D	B	D	D	A	D	A	D	D
178	092	004	D	D	D	B	D	D	A	A	A	A	C
167	092	005	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	C
158	092	006	D	D	D	B	D	C	A	C	A	A	C
145	092	007	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	D
142	092	008	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	C
156	092	009	D	D	D	B	D	B	A	D	A	D	C
166	092	010	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	C
176	092	011	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
186	092	012	D	D	D	B	D	C	A	D	D	A	D
193	092	013	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
206	092	014	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
209	093	001	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	C
201	093	002	D	D	D	B	D	D	A	D	A	D	D
192	093	003	D	D	D	B	D	B	A	D	D	A	C
182	093	004	B	B	B	B	A	B	A	D	A	B	A
172	093	005	D	C	D	B	D	A	A	D	A	D	C
162	093	006	B	C	B	B	A	D	A	C	A	D	C
152	093	007	D	C	D	B	D	B	A	D	A	D	C
151	093	008	C	C	D	B	D	D	A	D	A	A	C
160	093	009	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	C
171	093	010	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	C
180	093	011	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
191	093	012	D	C	D	B	D	B	A	D	A	A	C
199	093	013	D	D	D	B	D	C	A	D	A	D	D
208	093	014	D	D	D	B	D	D	A	D	A	D	D
137	094	001	B	C	C	B	A	D	C	D	C	D	A
124	094	002	D	D	D	B	D	C	A	D	A	D	D
115	094	003	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	C
103	094	004	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	C
89	094	005	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	D
77	094	006	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	D
61	094	007	C	C	C	B	D	B	A	D	A	A	C
59	094	008	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	C
75	094	009	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	B

ID	MZ	Lote	CALIPARA1	CALIPARA2	CALIPARA3	CALIPARA4	CALIPARA5	CALIPARA6	CALIPARA7	CALIPARA8	CALIPARA9	CALIPARA10	CALIPARA11
87	094	010	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	D
101	094	011	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	C
113	094	012	D	C	D	B	D	A	A	D	A	A	C
121	094	013	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
136	094	014	D	D	D	B	D	B	A	D	A	A	D
139	095	001	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	C
131	095	002	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	C
119	095	003	C	D	D	B	D	D	A	D	A	D	C
107	095	004	C	C	D	B	D	C	A	D	A	A	C
95	095	005	D	D	D	B	D	B	A	D	A	A	C
81	095	006	D	D	D	B	D	D	A	D	A	D	C
69	095	007	C	D	C	B	C	D	A	D	A	D	C
67	095	008	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	C
80	095	009	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	D
93	095	010	C	D	D	B	D	D	A	D	A	A	C
106	095	011	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	D
118	095	012	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
129	095	013	D	D	D	B	D	C	A	D	A	D	D
138	095	014	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	C
50	096	001	D	D	D	B	D	D	A	D	A	A	C
35	096	002	D	D	D	B	D	C	A	D	A	D	C
28	096	003	D	D	D	B	D	A	A	D	A	A	C
16	096	004	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
14	096	005	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	C
27	096	006	D	D	D	B	D	C	A	D	A	D	D
34	096	007	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
49	096	008	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
295	097	001	C	D	C	B	D	C	A	D	A	A	C
294	097	002	D	D	D	B	D	D	A	D	A	D	D
293	097	003	D	D	D	B	D	C	A	D	A	A	C
292	097	004	C	D	D	B	D	A	A	D	A	A	D
20	097	005	C	D	A	B	D	A	A	D	A	A	C
31	097	006	D	D	D	B	D	A	A	D	A	D	D
40	097	007	D	D	D	B	D	A	A	A	A	A	D
51	097	008	C	C	B	B	A	C	A	D	A	A	C

# ANEXO D

**D. TABLAS UTILIZADAS PARA LA OBTENCIÓN DE LA CALIFICACIÓN DEL PARÁMETRO 3.**

Tabla D1. Valores del coeficiente de momentos "m" y dimensión crítica "a".

<b>CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS</b>									
a = Menor dimensión									
b/a	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	3	∞	
m	0,0479	0,0627	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,118	0,125	
<b>CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS</b>									
a = Longitud del borde libre									
b/a	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2	∞
m	0,06	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128	0,132	0,133
<b>CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES</b>									
a = Altura del muro									
m = 0,125									
<b>CASO 4. MURO EN VOLADIZO</b>									
a = Altura del muro									
m = 0,5									

Fuente NTE E.070.

Tabla D2. Resistencias características de la albañilería Mpa (kg/cm<sup>2</sup>).

<b>RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
Materia Prima	Denominación	Unidad f' <sub>b</sub>	Pilas f' <sub>m</sub>	Muretes v' <sub>m</sub>
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)

Fuente NTE E.070.

(\*) 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 13.72 MPa (140Kg/cm<sup>2</sup>). El valor  $f'_m$  ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 10 de la referencia (13).

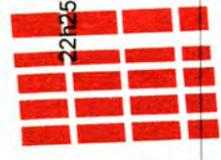
# ANEXO E



210300 210400 210500 210600 210700 210800

8787700 8787800 8787900 8788000 8788100

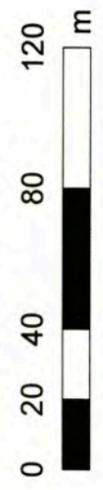
DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE LA HOJA CATASTRAL

22h242254	22h243351	22h243352
22h252114	C. P. de Santa Cruz 	22h253412
22h252124	22h253421 Distrito de Végueta	22h253422

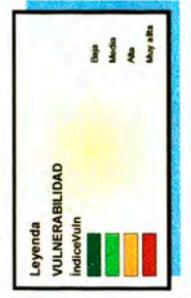
NC (NORTE CUADRICULAR)



ESCALA 1:1.000



EQUIDISTANTE DE CURVAS DE NIVEL DE CADA 5 METROS  
 PROYECCIÓN: TRANSVERSAL MERCATOR  
 DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL DE 1984  
 DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR  
 SISTEMA DE CUADRICULADO: UTM CADA 100 METROS ZONA 18S  
 FUENTE DE INFORMACIÓN: IMAGEN SATELITAL  
 MÉTODO DE LEVANTAMIENTO: ORTOIMAGEN  
 FECHA DE ACTUALIZACIÓN: 2012



EXPEDIENTE TÉCNICO DEL CATASTRO EN EL CENTRO POBLADO "SANTA CRUZ"

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VÉGUETA

CATASTRO URBANO DE SANTA CRUZ

PLANO TEMÁTICO DE VULNERABILIDAD

LOCALIDAD: SANTA CRUZ, VEGUETA, HUAYRA, LIMA  
 DISTRITO: VEGUETA, HUAYRA, LIMA  
 REGION: LIMA  
 PROFESIONAL: KABIN JANETT ABBETO TELLO  
 ESCALA: 1:1000  
 FECHA: JUN. 2012

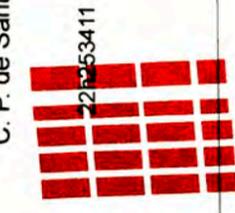
T-01

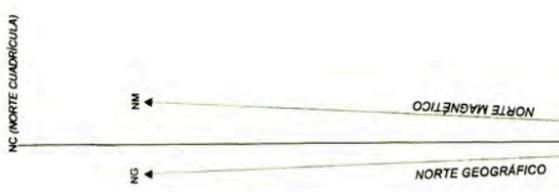


210300 210400 210500 210600 210700 210800

8787700 8787800 8787900 8788000 8788100

DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE LA HOJA CATASTRAL

22h242254	22h243351	22h243352
22h252114	C. P. de Santa Cruz 	22h253412
22h252124	22h253421 Distrito de Végueta	22h253422



ESCALA 1:1.000

EQUIDISTANTE DE CURVAS DE NIVEL DE CADA 5 METROS

PROYECCIÓN: TRANSVERSAL MERCATOR

DATUM HORIZONTAL SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL DE 1984

DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR

SISTEMA DE CUADRICULADO: UTM CADA 100 METROS. ZONA 18S

FUENTE DE INFORMACIÓN: IMAGEN SATELITAL

METODO DE LEVANTAMIENTO: ORTOIMAGEN

FECHA DE ACTUALIZACIÓN: 2012

Leyenda

ORGANIZACIÓN SIST. RESISTENTE

PARAMETRO1

	Clase "A"
	Clase "B"
	Clase "C"
	Clase "D"

EXPEDIENTE TÉCNICO DEL CATASTRO EN EL CENTRO POBLADO "SANTA CRUZ"

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VÉGUETA

PROYECTO: CATASTRO URBANO DE SANTA CRUZ

PLANO: PLANO TEMÁTICO DE ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

LOCALIDAD: SANTA CRUZ

DISTRITO: VÉGUETA

PROVINCIA: HUÁURA

REGION: LIMA

FECHA: JUN 2012

PROFESIONAL: KARIN JANETT ARRIETO TELLO

ESCALA: 1:1000

T-02