



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”**

---

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**DETERMINACION DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD  
SÍSMICA ESTRUCTURAL EN VIVIENDAS SOCIALES  
CONSTRUIDAS EN 1974 EN EL BARRIO DE LA SOLEDAD  
BAJA DE LA CIUDAD DE HUARAZ - AÑO 2013**

**Tesis para optar el grado de maestro  
en Ciencias e Ingeniería  
Mención en Ingeniería Estructural**

**JENNY CAROL PINEDA SÁNCHEZ**

**Asesor: Mág. LAURA MARINA NAVARRO ALVARADO**

**Huaraz – Ancash - Perú**

**2016**

**Nº. Registro: T0485**

## MIEMBROS DEL JURADO

*Magíster* Jorge Emiliano Bedón López

Presidente

---

*Magíster* Elio Alejandro Milla Vergara

Secretario

---

*Magíster* Laura Marina Navarro Alvarado

Vocal

---

**ASESORA**

***Magíster* Laura Marina Navarro Alvarado**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesora: Magister Laura Marina Navarro Alvarado por su apoyo incondicional.

## **DEDICATORIA**

A Dios,

A mis padres Leoncio y Aída,

A mi esposo Marco y mis hijas Ariana y Valentina.

## INDICE

	<b>Página</b>
Resumen	
Abstract	
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>17 – 18</b>
Objetivos	17
Hipótesis	18
Variables	18
<b>II. MARCO TEORICO</b>	<b>19 – 63</b>
2.1 Antecedentes	19
2.2 Bases teóricas	28
2.3 Definición de términos	55
<b>III. METODOLOGÍA</b>	<b>64</b>
3.1 Tipo y diseño de investigación	64
3.2 Plan de recolección de la información y/o diseño estadístico	64
3.2.1 Población	64
3.2.2 Muestra	64
3.3 Instrumentos de recolección de la información	64
3.4 Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información	64
<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>65</b>
<b>V. DISCUSIÓN</b>	<b>112</b>

<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	114
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	115
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	116 – 120
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS</b>	121
	Fichas y planos	

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura N° 01 : Grietas debido a flexión y corte de muros de soporte	24
Figura N° 02 : Muro agrietado, empieza en el centro y se va hacia las esquinas	25
Figura N° 03 : Muro agrietado, empieza en el centro y se va hacia las esquinas	26
Figura N° 04 : Rajadura extendiéndose hacia confinamientos	27
Figura N° 05 : Configuración en planta de la estructura	51
Figura N° 06 : Configuración en elevación de la estructura	52
Figura N° 07 : Índice de vulnerabilidad de las viviendas analizadas	70
Figura N° 08 : 1. Organización del sistema sismo resistente	72
Figura N° 09 : 2. Calidad del sistema sismo resistente	73
Figura N° 10 : 3. Resistencia convencional	74
Figura N° 11 : 4. Posición del edificio y cimentación	75
Figura N° 12 : 5. Diafragmas horizontales	76
Figura N° 13 : 6. Configuración en planta	77
Figura N° 14 : 7. Configuración en elevación	78

Figura N° 15	: 8. Distancia máxima entre los muros	79
Figura N° 16	: 9. Tipo de cubierta	80
Figura N° 17	: 10. Elementos no estructurales	81
Figura N° 18	: 11. Estado de conservación	82
Figura N° 19	: Configuración del sistema de malla para la vivienda	83
Figura N° 20	: Definición de las propiedades de los materiales, concreto	83
Figura N° 21	: Definición de las propiedades de los materiales, albañilería	84
Figura N° 22	: Definición de las propiedades de los materiales, columnas	84
Figura N° 23	: Definición de las propiedades de los materiales, viga 1	85
Figura N° 24	: Definición de las propiedades de los materiales, viga 2	85
Figura N° 25	: Definición de las propiedades de los materiales, losa	86
Figura N° 26	: Definición de las propiedades de los materiales, escalera	86
Figura N° 27	: Dibujo de columnas, vigas y restricciones	87
Figura N° 28	: Dibujo de muros	87
Figura N° 29	: Empotramiento fijo de la estructura a la base	88

Figura N° 30	: Asignación de la losa aligerada	88
Figura N° 31	: Dibujo del descanso y la escalera	89
Figura N° 32	: Dibujo del descanso y la escalera	89
Figura N° 33	: Asignación de diafragma	90
Figura N° 34	: Definición del espectro de respuesta en la dirección “x”	90
Figura N° 35	: Definición del espectro de respuesta en la dirección “y”	91
Figura N° 36	: Asignación de los estados de carga	92
Figura N° 37	: Asignación de carga muerta	92
Figura N° 38	: Ubicación del diafragma por influencia de la carga muerta	93
Figura N° 39	: Asignación de carga viva a la estructura, losa	93
Figura N° 40	: Ubicación del diafragma por influencia de la carga viva 1	94
Figura N° 41	: Asignación de la carga viva 2	95
Figura N° 42	: Asignación de la carga viva a la estructura	95
Figura N° 43	: Asignación de carga muerta en la escalera	96
Figura N° 44	: Asignación de carga viva a la escalera	96

Figura N° 45	: Definimos patrones de carga en la dirección “x”	97
Figura N° 46	: Definimos patrones de carga en la dirección “y”	97
Figura N° 47	: Cálculo de masas para el análisis dinámico	98
Figura N° 48	: Análisis del modelo	99
Figura N° 49	: Empotramiento de las columnas en el piso	99
Figura N° 50	: Asignación de carga envolvente	101
Figura N° 51	: Verificación de los desplazamientos	102

## LISTA DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro N° 01 : Variables de estudio	18
Cuadro N° 02 : Escala de vulnerabilidad	44
Cuadro N° 03 : Resumen de la calificación de viviendas	66
Cuadro N° 04 : Parámetros de calificación de vulnerabilidad baja	67
Cuadro N° 05 : Parámetros de calificación de vulnerabilidad media	68
Cuadro N° 06 : Parámetros de calificación de vulnerabilidad alta	69
Cuadro N° 07 : Índice de vulnerabilidad de viviendas analizadas	70
Cuadro N° 08 : Combinaciones de carga	100
Cuadro N° 09 : Desplazamientos máximos de la vivienda	103
Cuadro N° 109 : Desplazamientos máximos de la vivienda	114

## LISTA DE MAPAS

	<b>Página</b>
Mapa N° 01 : Mapa geológico de Huaraz	104
Mapa N° 02 : Mapa de ubicación de la napa freática	106
Mapa N° 03 : Mapa del tipo de suelos	108

## LISTA DE PLANOS

	<b>Página</b>
Plano N° 01 : Plano de Huaraz, delimitando la zona de estudio	65
Plano N° 02 : Plano geomorfológico de Huaraz	105
Plano N° 03 : Plano de perforaciones y microtemor	107
Plano N° 04 : de profundidades de basamento rocoso	109
Plano N° 05 : Plano de distribución de daños en adobe. Sismo 70	110
Plano N° 06 : Plano de microzonificación sísmica	111

## RESUMEN

El propósito del presente estudio fue la determinación del índice de vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales construidas en 1974 en el barrio de la Soledad baja de la ciudad de Huaraz - año 2013. Para determinar el índice de vulnerabilidad en el territorio de estudio seleccionado y delimitado se utilizó el método italiano del índice de vulnerabilidad el cual consiste en cualificar la edificación en base a 11 parámetros ya validados de acuerdo al estado de conservación de cada elemento estructural; las muestras seleccionadas e identificadas fueron 32 viviendas sociales no modificadas ubicados en el barrio de la Soledad Baja de la ciudad de Huaraz, el recojo de la información se desarrollo con fichas técnicas de registro por cada vivienda, mediciones de campo y ensayos no invasivos. Los resultados nos permitieron arribar a la siguiente conclusión; que existe un índice de vulnerabilidad baja de 22%, un índice de vulnerabilidad media de 75% y un índice de vulnerabilidad alta de 3%, en las viviendas sociales ubicadas en el barrio de la Soledad baja de la ciudad de Huaraz, también se realizó el análisis para la comprobación del índice de vulnerabilidad sísmica utilizando el programa computacional ETABS 2015, a través del análisis dinámico modal espectral de la vivienda tipo; reportando como resultado un desplazamiento máximo de 0.50 mm, que ocurre en el segundo nivel de la vivienda; el cual es menor al desplazamiento máximo de 26.00 mm, permitido por la norma técnica E.030 del reglamento nacional de edificaciones.

Palabras Clave : vulnerabilidad sísmica, viviendas sociales.

## **ABSTRACT**

The purpose of this study was the index determination of the vulnerability structural seismic in social houses which they were built in 1974 in “La Soledad baja” neighborhood in Huaraz city in 2013. To determine the index of vulnerability in that territory before selected to study and delimited. We used the vulnerability Italian method. In which this method consists in qualify the edification in base to 11 parameters and they were validated according to the state of conservation to each structural element.

The selected and identified samples were 32 social houses. They weren't modified and they are located in “La Soledad baja” neighborhood in Huaraz city.

To get this information we used the technique sheets register for each house, measurements field and non-invasive tests. The results allowed us to this conclusion.

There is an index of low vulnerability of 22%, an index of media vulnerability and an index of high vulnerability of 3% in the social houses that they are located in “La Soledad baja” neighborhood in Huaraz city.

Also we did the analysis to check the index of seismic vulnerability using the ETABS 2015 a computer program through this dynamic modal spectral analysis of the house type.

Reporting as a result a maximum displacement of 0.50 m. that it occurs on the second level of the house in which it is less than the maximum of 26 mm. allowed for technique standard E.030 of national regulation of edifications.

Keywords: vulnerability seismic – social houses.

## I. INTRODUCCIÓN

El sismo del 31 de mayo de 1,970 en la zona urbana de la ciudad de Huaraz ocasionó la destrucción masiva de viviendas, el saldo trágico reportado fue la perdida aproximada de 70,000 vidas humanas. A consecuencia de este fenómeno el gobierno de turno desarrolla programas sociales para la reconstrucción de la ciudad impulsando la construcción de viviendas de interés social. La ejecución de estas viviendas fueron terminadas el año 1,974 los mismos que en la actualidad tienen un tiempo de vida promedio de 40 años. Por tal motivo es necesario realizar la determinación del índice de vulnerabilidad y riesgo sísmico de las mismas. En el presente trabajo, se determinó el Índice de Vulnerabilidad Sísmica Estructural en estas viviendas utilizando el método del índice de vulnerabilidad, dando como respuesta un índice de vulnerabilidad nulo, medio y alto.

### **Objetivos**

#### **General:**

Determinar el índice de vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales construidas el año 1974 en el barrio de la soledad baja de la ciudad de Huaraz.

#### **Específicos:**

- Identificar viviendas sociales vulnerables.
- Determinar elementos estructurales vulnerables en las viviendas.
- Determinar elementos no estructurales vulnerables en las viviendas.

**Hipótesis:**

Existe un alto índice de vulnerabilidad sísmica estructural en las viviendas sociales construidas en el año 1,974 en el barrio de la soledad baja de la ciudad de Huaraz.

**Variables:**

Cuadro N°01

Variables de estudio

Variable	Dimensión	Indicador
Índice de vulnerabilidad sísmica.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Características constructivas.</li><li>2. Características arquitectónicas</li><li>3. Características estructurales</li></ol>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Número de pisos.</li><li>▪ Área total cubierta</li><li>▪ Resistencia cortante de la mampostería.</li><li>▪ Altura media entre pisos</li><li>▪ Peso por unidad de área.</li><li>▪ Configuración en planta.</li><li>▪ Distancia máxima entre muros.</li><li>▪ Calidad del sistema resistente.</li></ul>

Fuente: Elaboración propia

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

- Julca y Orbegozo realizan la evaluación de riesgo sísmico del centro histórico de Chiclayo, en la cual evalúan la vulnerabilidad sísmica con el método del índice de vulnerabilidad determinando que, las estructuras de adobe presentan una vulnerabilidad alta, mientras que las de albañilería y concreto armado presentan una vulnerabilidad media.(13)
- Ahumada realiza el estudio de vulnerabilidad sísmica usando el método del índice de vulnerabilidad en viviendas construidas en el barrio La paz. Barranquilla-Colombia. Los resultados obtenidos se presentan en un mapa de vulnerabilidad sísmica, identificando los diferentes grados de vulnerabilidad. El 82% presentan índice de vulnerabilidad alto, el 18 % índice de vulnerabilidad medio y el 1% índice de vulnerabilidad bajo. (1)
- Luis Samaniego y José Ríos presentan una metodología para la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones con aplicación para el distrito del Rímac (Lima-Perú), presentan como los resultados afectarían social y físicamente a la población, tomando una muestra representativa de viviendas, las cuales fueron evaluadas con una cartilla tipo encuesta, con la cual se obtuvieron la siguiente información: estado de conservación, antigüedad, características

estructurales y arquitectónicas entre otros. Se realizó un análisis cualitativo con los datos recopilados determinando el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones. Se determinó el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones esenciales del distrito, entre otros. (27)

- El CISMID realizó la evaluación del riesgo sísmico de las edificaciones del distrito de la Molina (Lima-Perú), a través del cálculo del valor de reparación de una edificación expresado como porcentaje de su costo, a través de la integración de la información geotécnica sísmica, la evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones y la sistematización y procesamiento de toda esta información en una base de datos geoespacial. (10)
- Ricardo Oviedo realiza el estudio de riesgo sísmico en edificaciones educativas del distrito de Ica (Perú), en el cual establece los tipos de edificaciones de acuerdo a la vulnerabilidad sísmica y determina la cantidad y porcentaje de las instituciones educativas de mayor vulnerabilidad ante un evento sísmico, así como las zonas donde se encuentran las edificaciones educativas de mayor vulnerabilidad y riesgo sísmico. Se presenta una metodología simplificada para determinar la vulnerabilidad y riesgo sísmico de las edificaciones educativas del distrito de Ica. (22)

- Natalia Silva realiza el estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico en una muestra de viviendas sociales construidas en la región metropolitana de Chile. Para ello aborda un análisis extenso de la vulnerabilidad y peligro sísmico con la asignación de clases de vulnerabilidad según distribución de daños dados por la escala MSK-64 y el cálculo del índice de densidad de muros, para ambas metodologías emplea el catastro detallado de daños experimentados tras el terremoto de 1985. Optando el análisis cuantitativo de vulnerabilidad, el índice de densidad de muros normalizado por número de pisos propuesto por Meli (1991). (28)
  
- Horacio Ramírez realiza el estudio de la estimación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas en zonas urbanas, proponiendo un índice de susceptibilidad de daños por sismo que permite estimar el número probable de viviendas afectadas y se establece una metodología para calcularlo. Se comparan los resultados de daños estimados en viviendas mediante el procedimiento propuesto con datos de dos sismos Tehuacan 1999 y Colina 2003, encontrando buena correlación. Se propone un procedimiento para estimar los costos para disminuir la vulnerabilidad sísmica mediante técnicas de reforzamiento y los resultados se comparan con los costos de las pérdidas materiales en el supuesto de ocurrir un sismo de mayor intensidad esperada en la zona de estudio. Se reporta la aplicación

de los procedimientos propuestos para el caso del Municipio de Sultepec, México. (24)

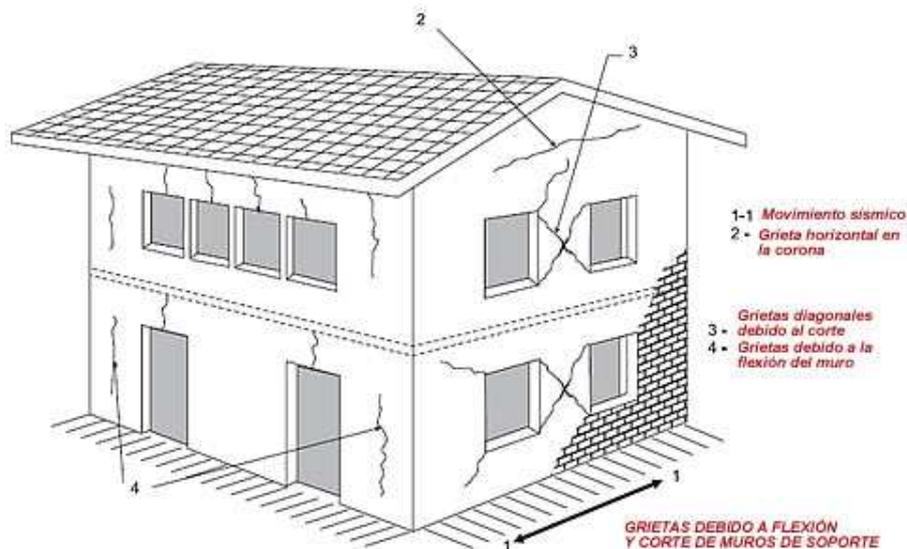
- Sergio Román y Astroza presentan los resultados de un estudio sobre la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería de bloques de hormigón construidas en el norte de Chile en los últimos 48 años. Para realizar este estudio se utilizó la información de daños observados en 19 tipos de viviendas pertenecientes a seis conjuntos habitacionales ubicados en el área epicentral de los terremotos de Tocopilla de 1967, Tarapacá 2005 y Tocopilla 2007, viviendas situadas en zonas con intensidad sísmica VII y VIII grados en la escala MSK-64. Como resultado del estudio se pudo establecer la clase de vulnerabilidad a la cual pertenece este tipo de construcción y una relación entre el índice de vulnerabilidad propuestos por Meli (1991) para edificios de albañilería y los daños observados. (25)
  
- El comité de la World Housing Encyclopedia desarrolla un tutorial sobre el desempeño sísmico de los edificios de marcos de concreto reforzado rellenos de paredes de mampostería en el cual entre otros define la valoración de la vulnerabilidad mediante tres procedimientos, detección visual rápida, evaluación estructural rápida y valoración detallada. Indicando que la valoración de la vulnerabilidad sísmica ayuda a determinar posibles fallas sísmicas y ayuda a determinar si es necesario el refuerzo estructural. (32)

- Armas determinó zonas homogéneas de igual comportamiento ante un evento sísmico utilizando como referencia el terremoto ocurrido el 31 de mayo de 1,970 presentando como resultado los Mapas N° 06 y N°09. (6)
  
- Chávez, realiza el cálculo de la amplificación sísmica para la ciudad de Huaraz, generando como resultado el Mapa N°04. (11)
  
- Ordoñez, en su estudio de vulnerabilidad sísmica de la zona urbana de Huaraz realiza estudios actualizados de microzonificación sísmica donde determina zonas de vulnerabilidad, basados en la capacidad portante del suelo, ver Mapas N°05 y N°10, concluyendo que a mayor capacidad portante de los suelos existe un mejor comportamiento ante un evento sísmico. (21)
  
- Arévalo, determina el riesgo sísmico del departamento de Ancash en función a la vulnerabilidad de las estructuras y al peligro sísmico ocasionado por eventos geodinámicas del suelo. (5)
  
- Gonzales, determina la microzonificación sísmica de la ciudad de Huaraz – Zona Sur, utilizando los factores de microtrepitaciones, napa freática, geología y geotecnia local, obteniendo como resultado el mapa de Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Huaraz – Sector Sur. (14)

- Salazar, determina la microzonificación sísmica de la ciudad de Huaraz – Zona Norte, utilizando los factores de microtrepitaciones, napa freática, geología y geotecnia local, obteniendo como resultado el mapa de Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Huaraz – Zona Norte. (26)
- Astroza Maximiliano, determina la capacidad de deformación de muros de albañilería para distintos niveles de desempeño, adopta los tipos de falla estudiada por Gallegos en 1989 para muros de albañilería: (7)

Figura N°01

Grietas debido a flexión y corte de muros de soporte



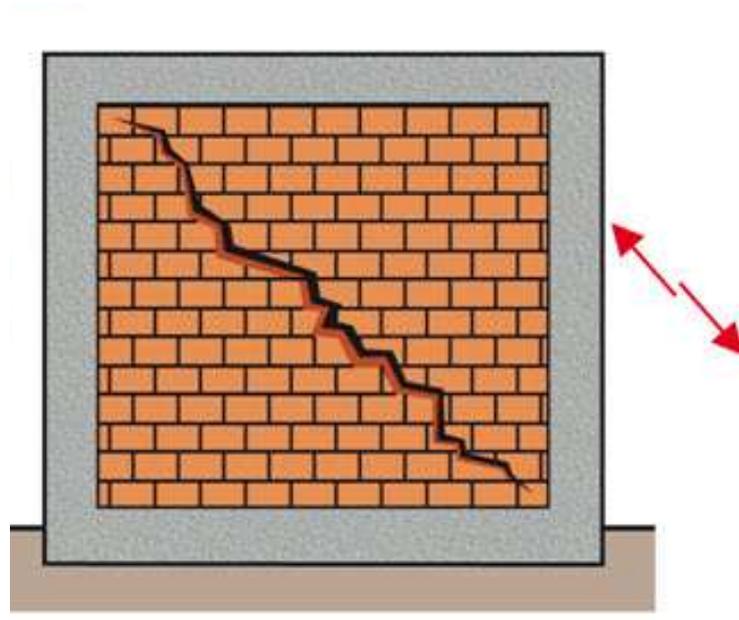
Fuente: Gallegos 1,989

Una de las consecuencias de la insuficiencia de muros portantes es la denominada "falla por corte" (agrietamiento o rajadura), tal como se

muestra en las Figuras 2 y 3 lo que es considerado como un problema estructural grave.

Figura N°02

Muro agrietado, Empieza en el centro y se va hacia las esquinas



Fuente: Gallegos 1,989

Figura N°03

Muro agrietado, Empieza en el centro y se va hacia las esquinas



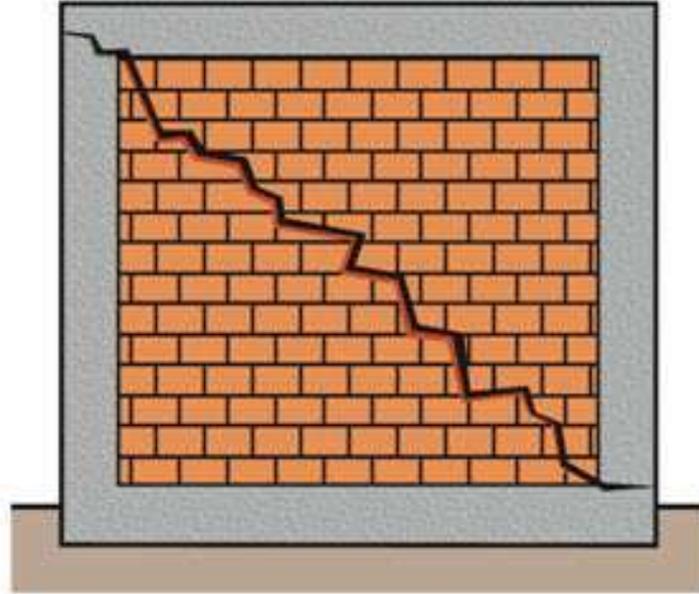
Fuente: Gallegos 1,989

Es importante señalar que el **agrietamiento** no es sólo del **tarrajeo**, sino que atraviesa todo el espesor del muro (ya sea de sogá o cabeza).

Este tipo de fallas se produce en forma diagonal en el paño y avanza progresivamente desde el centro a los extremos o esquinas de la albañilería (Figura 1); una vez que sucede esto, las **columnas** y **vigas de confinamiento** empiezan a trabajar solas, como si fuera una estructura aporticada. Esto no debería ocurrir, porque las vigas y columnas no están preparadas para soportar solas las fuerzas sísmicas (Figura 04).

Figura N°04

Rajadura extendiéndose hasta los confinamientos



Fuente: Gallegos 1,989

## 2.2. Bases teóricas

### ▪ **Zona de Estudio: Ubicación Geográfica**

La ciudad de Huaraz fue creada en la época de la independencia como distrito de la Provincia de Huaraz (Ley del 25-07-1857); ubicada en el departamento de Ancash, se encuentra a una altura de 3,052 msnm, siendo sus coordenadas geográficas, 09°25' – 9°75' de Latitud Sur y 77°25' – 77°75' de Latitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Las características del entorno de la ciudad de Huaraz corresponden a las de un valle interandino. Geográficamente, está localizado en el Callejón de Huaylas, limitado por las cordilleras Blanca y Negra, cuyo río principal es el Santa que la atraviesa y el Río Quillcay que la cruza de este a oeste.

La ciudad está constituida por dos distritos, los que a su vez están integrados por un número indeterminado de barrios, continúan apareciendo nuevos asentamientos.

### ▪ **Población**

La dinámica poblacional de Huaraz refleja los procesos de inmigración, emigración y urbanización que se sucedieron en los últimos 33 años, después del sismo de 1970 en que la mayoría de los antiguos moradores de la ciudad migraron a Lima o a otras ciudades, apreciándose después un gran movimiento de gentes de origen

predominantemente rural y de empleados venidos de otras regiones del país a trabajar en la reconstrucción, a cargo de ORDEZA.

- **Usos del suelo**

Si bien el diseño urbano del casco central de la ciudad de Huaraz obedece a una planificación preconcebida, en su proceso de consolidación se ha propiciado un desorden al ubicarse los usos en forma desorganizada y confusa, sin considerar las pautas técnicas normativas establecidas. Esta visión de Huaraz se agrava con la localización de los asentamientos marginales, ubicados en forma espontánea, sin ninguna planificación urbana, como es el caso de Villón Bajo, Bellavista, Nueva Florida, Shancayan, Patay, Los Olivos, Vista Alegre, Rosas Pampa y Tacllan, para los cuales no se han considerado las áreas de aportes reglamentarios ni el equipamiento regional correspondiente.

En la ocupación del suelo, en la ciudad de Huaraz predomina el uso residencial, que ocupa la mayor extensión: 541.06 has que representa el 57.63% del área urbana; el comercio ocupa una extensión de 52.7 has que constituye el 5.61 %; el equipamiento urbano, 45.4 has que representa el 4.83% del área urbana; usos especiales ocupa 35.2 has equivalente al 3.74% del área urbana; la industria, 13.4 has de extensión que representa el 1.66%, pero que no corresponde a una área específicamente para dicho fin, sino más bien se encuentra

dispersa en la ciudad; y la superficie de 251.5 has que corresponde a vías, que representa el 26.77%.

- **Materiales y sistemas de construcción**

El centro de la ciudad de Huaraz fue levantado con material noble, después del sismo del año 1970; consolidándose posteriormente con más construcciones de ladrillo y con pisos que superan los 4 niveles de altura; en las áreas periféricas predomina el adobe, existiendo construcciones de hasta dos pisos.

En términos generales el 54% de las edificaciones son de adobe y el 46% de material noble; asimismo tenemos que predominan las edificaciones de un piso, representadas por un 66.74%, el 27.14% son de 2 pisos, el 5.42% son de 3 pisos y el 0.7% son de 4 pisos a más.

Con relación al estado de conservación de las construcciones, en términos generales se encuentran en regulares condiciones de conservación. Predomina el regular con el 56%, le sigue el bueno con un 35% y sólo el 9% de las edificaciones se encuentran en mal estado de conservación.

Existe un riesgo latente en las edificaciones de la ciudad de Huaraz, especialmente en las ubicadas en las áreas periféricas y en la ribera de los ríos, tanto por la ubicación misma como por el sistema constructivo, al haberse asentado sin ningún criterio técnico normativo ni haberse ejercido el control urbano pertinente.

- **Tendencias en el crecimiento urbano**

**Sector 1**, Casco Urbano, Zona Comercial, Centro Cívico, San Francisco, Belén, La Soledad y Huarupampa, tienen la propiedad legalizada en un 80%, propiedades individuales, terminadas de reconstruir en un 100%.

**Sector 2**, Zonas periféricas constituidas por El Pedregal, Villón, Challhua, Rosas Pampa, Nicrupampa y Ruina de Pumacayan (invadida por 25 familias de las cuales 16 ya tienen título de propiedad), donde el 90% está en proceso de titulación; con las construcciones levantadas en un 85%.

**Sector 3**, Asentamientos humanos San Martín de Porres, San Pedro, Palmira y Buenos Aires, productos de invasiones. Para regularizar su propiedad, tendrá que culminar el proceso judicial en que se encuentran; con excepción de Buenos Aires que tiene el 80% de la propiedad legalizada.

**Sector 4**, Rosas Pampa y Señor de los Milagros (asentada sobre un relleno sanitario), ubicadas en las riberas de los ríos Santa y Quillcay, cuya regularización de la propiedad se realizara en función de un planeamiento de renovación urbana integral.

- **Material de cobertura**

Hay una importante acumulación de material de relleno en el emplazamiento de la ciudad de Huaraz, con espesores que llegan hasta los 120 m en la zona del “aluvión” y en la parte inferior de la

Av. Villón, en la llegada al cauce del río santa. Por el contrario, los menores espesores se dan hacia los lados sur y este de la ciudad, a medida que se acerca a los emplazamientos de la roca en superficie. Para el lado norte, en el distrito de Independencia, los espesores del material de relleno probablemente sean mayores a los 100 m.

No se conoce de perforaciones profundas que se hayan trabajado para conocer el tipo de material de relleno, pero se deduce que es complejo, conformado por horizontes limoarenosos, limo-arcillosos, arenosos, aluvionales, fluvio-glaciares y aluviales, relacionados con su origen. Las investigaciones de suelos hechas para la cimentación de edificaciones no han ido más allá de los 5 a 7 m (con más frecuencia, menores a 3 m), mostrando sólo de 2 a 3 horizontes estratigráficos superiores.

En los estudios realizados para la reconstrucción de Huaraz luego del sismo de 1970, se excavó una calicata de 11 m de profundidad, ubicada en las inmediaciones de la Plaza de Armas, donde se mostraban amplios horizontes de suelo limo/arcilloso/arenoso con dos horizontes aluvionales, que podrían relacionarse con igual número de aluviones que han pasado por el río Quillcay.

En cuanto a los horizontes superiores del material de relleno, hay una marcada diferencia entre el suelo que domina el sector sur, a partir de la Av. Raymondi, constituido por limo arcillas y gravas (reflejo de material transportado lenta a moderadamente), frente al suelo que domina el sector al norte de la Av. Raymondi, donde el

suelo está constituido por bloques de roca de tamaño medio a grande, consecuente del transporte violento, de tipo aluvional.

Es importante la presencia de suelos formados por el transporte del río Santa, que son de naturaleza gravo arenosos, emplazados en la margen derecha, conformando terrazas aluviales que ahora alojan a una concentración poblacional, como es la zona de Challhua y las partes inferiores de Huarupampa, Centenario y Palmira – Vichay. Dado el acelerado proceso de crecimiento de la ciudad, se están ocupando áreas cada vez más alejadas de la “cubeta” de la ciudad, como son las laderas y lomadas en todo el perímetro, donde los suelos son básicamente de naturaleza gravo/limo/arcillosos.

- **Aguas subterráneas**

Las investigaciones sobre las características del agua subterránea contenida en el subsuelo de una ciudad son muy importantes para la estabilidad de las edificaciones y otras obras de construcción, por la posibilidad , ante la ocurrencia de sismos, de presentación de efectos de licuación (o “liquefacción”) de suelos, cuando hay suelos granulares sueltos, si se produce un fenómeno de aumento de presiones de poro que reduce las fuerzas de contacto entre los granos del suelo, dando lugar a la licuación de estos estratos.

Por otra parte, para niveles freáticos muy superficiales, el subsuelo puede sufrir daños considerables en su estructura, sea por

asentamiento o amplificación sísmica. También se puede relacionar la profundidad del nivel freático y la capacidad portante de suelos finos, ya que a menor profundidad del nivel de agua, menor será la capacidad portante del suelo.

Luego de producida la destrucción de la ciudad de Huaraz como consecuencia del sismo de 1970, algunas apreciaciones técnicas señalaban la presencia de efectos de licuación de INDECI – PNUD plan de prevención ante desastres: usos del suelo y medidas de mitigación - ciudad de Huaraz 83 suelos en algunas partes del sector sur de la ciudad, lo que no fue plenamente verificado, pero que tampoco podría descartarse si no se han hecho las investigaciones apropiadas.

- **Origen y características hidrogeológicas de las aguas**

Hasta antes del sismo de 1970, eran tradicionales los manantiales existentes en la ciudad de Huaraz (sector sur), que servían mayormente para el consumo humano, frente al poco suministro de agua potable en esa época. Luego de producido el sismo, algunos de esos manantiales desaparecieron, probablemente debido al cambio de curso de las corrientes subterráneas por reacomodo del suelo. A la fecha se han reducido mucho en número, existiendo principalmente en las partes más bajas, hacia la margen derecha del río Santa, donde afloran por diferencia topográfica.

El origen de las aguas subterráneas se encuentra al lado este del sector sur de la ciudad, en la quebrada Bellavista, continuando con el cauce “Tajamar”, que corre en dirección sur-norte, para luego flexionar en dirección norte-oeste, perdiéndose en el barrio San Francisco (parte alta del colegio La Libertad), desde donde es canalizado y cubierto hasta desembocar en el río Quillcay, al lado del puente de la Av. Confraternidad internacional este. Estos cursos, de carácter temporal, colectan y conducen las aguas pluviales que se desplazan en forma superficial o subterránea, por la ladera occidental del cerro Rataquenua. Otra fuente de alimentación continua de la napa son los excedentes de la planta de tratamiento de agua potable que diariamente se vierten en estos cursos.

- **Napa Freática Superficial**

En relación con la forma, la napa freática es libre, a filetes convergentes, con un ancho conocido de 800 m., entre el Estadio Rosas Pampa y la Av. Villón, y es drenada al río Santa.

La potencia total de la napa no es aun conocida al no haberse efectuado perforaciones que alcancen el basamento. Se deduce que no existe napa en recarga y que el acuífero es de poca permeabilidad.

La gradiente hidráulica presenta valores elevados por tener relación con la topografía, estimándose en  $i = 42/1000$  para el segmento entre la plazuela de La Soledad y la Plaza de Armas, y, de  $i = 34/1000$ , entre la Plaza de Armas y el extremo oeste de Huarupampa.

Los análisis químicos de las muestras tomadas en Dic. 1970, dieron los siguientes resultados:

La temperatura del agua de los diferentes manantiales varía entre 17°C y 19°C.

El agua es incolora, transparente y de gusto agradable.

La dureza varía entre 4.51 y 19.3 grados alemanes.

El PH indica que la concentración de iones de hidrógeno es prácticamente uniforme para todos los manantiales, variando de 6.2 a 6.5.

En relación a la composición química, los análisis indican una calidad óptima del agua, con un residuo seco que varía entre 456 y 1,238 mg/lit.

En función a la profundidad del nivel freático, en aquella oportunidad se zonificó Huaraz de la siguiente manera:

**Zona A** (Barrios Centenario y Patay): De 7 calicatas de hasta 7.5 m, sólo en una se encontró la napa a 2.5 m. La profundidad de napa freática y la compacidad del suelo confieren a esta zona buena estabilidad y sin problemas para las fundaciones, considerándose como la mejor zona de Huaraz.

**Zona B** (Barrios San Francisco, Belén y Huarupampa): El perfil muestra horizontes de materiales compactos. El nivel de agua subterránea se encuentra a cierta profundidad. Por INDECI – PNUD plan de prevención ante desastres: usos del suelo y medidas de mitigación – ciudad de HUARAZ 84 su posición próxima a zonas de

afloramiento de la napa, esta área presentaría cierto problema a las fundaciones, clasificándose por ello como “zona intermedia”.

**Zona C** (Barrios La Soledad – San Francisco): Caracterizada por el afloramiento de muchos manantiales y por una napa freática muy poco profunda, presenta serios problemas para las cimentaciones. Esto la convierte en la zona de peores condiciones, no ofreciendo garantías de estabilidad por encontrarse saturada por la napa.

**Zona D** (Barrios Pedregal y parte de Belén): Se conoce poco de estos tramos, pero por una perforación hecha hasta los 17 m. de profundidad, en la que no se encontró la napa, se deduce que el nivel freático discurre a buena profundidad, razón por la que puede considerarse una zona adecuada.

▪ **Incidencia Histórica en las Edificaciones.**

Como se ha comentado, no hay criterios técnicos uniformes para calificar si verdaderamente la napa freática superficial tuvo una incidencia directa en la mayor destrucción del sector sur de la ciudad durante el sismo de 1970, o no lo tuvo.

Sin embargo, el informe del INGEOMIN (Dic. 1970), establece que la Zona C (barrios La Soledad y San Francisco) es la peor por tener muchos manantiales y la napa freática muy superficial, y que las vibraciones producidas por el sismo de ese año provocaron el asentamiento de las bases de muchas construcciones, registrándose precisamente en esta zona los efectos más devastadores.

- **Estado Actual De La Napa Freática**

Una información posterior es la contenida en la tesis “Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Huaraz: Sector Sur”, elaborada por César Gonzáles Obregón en 1994, el que confirma lo indicado sobre el origen y las características principales de las aguas subterráneas en este sector. Además se refiere que hubo un período de tiempo en el que se instalaron piezómetros, con la finalidad de evaluar periódicamente la variación del nivel freático en las diferentes estaciones del año y para diferentes estaciones de medición, las que fueron ubicadas donde los niveles eran muy altos.

El muestreo realizado en un lapso mayor a un año y para dos lugares más representativos, indica que para la plazuela Belén hubo una variación considerable en el nivel freático, registrándose lecturas más bajas a la profundidad de 1.90 m (18.03.92) y más altas a 0.65 (18.02.94). La variación entre ambas lecturas fue de 1.25 m; muy importante para las futuras cimentaciones en las zonas circundantes a la localización de este piezómetro.

Con relación al ubicado en el parque FAP, también hay una gran variación en las mediciones, entre 1.40 m (18.03.93) y 0.80 m (13.03.94).

Se concluye que las zonas colindantes a estos piezómetros presentan condiciones de suelo parecidas y que pueden ser susceptibles de amplificación sísmica por presentar niveles freáticos muy altos y por estar conformados por suelo fino y blando, de pésima calidad.

- **La vulnerabilidad sísmica** de una edificación es un conjunto de parámetros capaz de predecir el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad resistente de una estructura bajo unas condiciones probables de sismo. La vulnerabilidad sísmica solo depende del edificio de estudio en cuestión, y no del lugar. Es decir, dos edificios iguales tendrán la misma vulnerabilidad sísmica.
  
- **El riesgo sísmico**, de una medida que combine la peligrosidad sísmica, con la vulnerabilidad y la posibilidad de que se produzcan en ella daños por movimientos sísmicos en un período determinado.  
(17)

- **Métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica**
  - a. Método de vulnerabilidad sísmica calculada, utiliza técnicas de modelación estructural para simular el comportamiento sísmico bajo cargas dinámicas y resultados de ensayos de laboratorio, que sirven para determinar el índice global de daño que puede presentar la edificación. Se calibra a partir del daño real observado de las estructuras sometidas a movimientos telúricos anteriores, dentro de esta categoría se encuentran los *métodos analíticos*.

**Métodos Analíticos**, se fundamenta en los principios utilizados para el diseño de estructuras nuevas, estipuladas en los códigos de construcción. Se concentra en la modelación de edificios de hormigón armado, utilizando modelos mecánicos para representar su

comportamiento histerético, con el fin de determinar niveles de daño para los elementos estructurales o en su conjunto.

En el análisis estructural se describe las propiedades reales de los materiales y de los elementos estructurales, pueden llegar a ser muy diferentes de las asumidas por el análisis. Así mismo con relación a la selección de los movimientos sísmicos del terreno resulta complejo identificar las características del movimiento que describen la capacidad destructiva de un terremoto.

b. Método de vulnerabilidad sísmica observada, se fundamentan en la observación de daños ocurridos en las estructuras, mediante el levantamiento en campo de índices de vulnerabilidad, sobre el comportamiento sísmico de diferentes tipologías constructivas, dentro de esta categoría se encuentran los *métodos cualitativos*.

**Métodos Cualitativos**, Arrojan resultados más rápidos, para diferentes tipologías constructivas que pueden ser determinantes para la toma de decisiones en el ámbito de la mitigación de riesgo en una región determinada. Se clasifican en dos grupos, los que predicen el daño y los que evalúan la capacidad sísmica.

b.1 Los métodos que predicen el daño.

Permiten la estimación del daño a través de dos tipos de relaciones matemáticas; relación discreta, con base en matrices de probabilidad y la relación continua, con base en funciones de vulnerabilidad.

## b.2 Los métodos que evalúan la capacidad sísmica.

Entre estos métodos se encuentran:

**Método de evaluación de campo (Culver1975, Caicedo 1994)**, emplea formularios para el levantamiento de la información general y estructural, se utilizan para catalogar la edificación en buena, regular o pobre o muy pobre de acuerdo al puntaje obtenido.

**Método del factor de decisión (GSA 1976)**, analiza la funcionabilidad, la confianza, la ubicación del edificio y la sismicidad del sitio, a las cuales se asigna un valor numérico.

Método empírico, utilizado en Nueva Zelanda, analiza el tipo de estructura, número de pisos, daño de la estructura, calidad de los muros, los cuales se le asigna un valor para determinar el de toda la estructura.

Método del Índice del Daño (Uzcategui y Quintero 1,988) Evalúa la vulnerabilidad sísmica mediante la determinación de un índice de daño, el cual describe la capacidad sísmica de la estructura que consiste en asignar un valor numérico que califica la edad, el número de pisos, la proximidad entre edificios, el mantenimiento, la cimentación, la densidad y la localización de muros, los detalles constructivos, los diafragmas, el sistema estructural, la masa, la rigidez, las irregularidades y los daños anteriores, a cada una se le asigna un peso de acuerdo a su importancia. El índice de daño se calcula dividiendo la

sumatoria del producto del valor numérico por su peso entre la sumatoria de pesos.

### **Método del índice de vulnerabilidad**

El análisis del comportamiento de edificios, durante terremotos ocurridos desde el año 1976 en diferentes regiones de Italia, ha permitido a los investigadores de este país identificar algunos de los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios. Estos parámetros se han compilado en un formulario de levantamiento, el cual se viene utilizando desde el año 1982, con el propósito de determinar de una forma rápida y sencilla la vulnerabilidad sísmica de edificios existentes. La combinación de dichos parámetros, por medio de una escala predefinida, en un único valor numérico llamado índice de vulnerabilidad es lo que se conoce hoy en día como el método del índice de vulnerabilidad [15].

### **Cálculo del índice de vulnerabilidad**

De acuerdo con la escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini, el índice de vulnerabilidad se obtiene mediante una suma ponderada de los valores numéricos que expresan la "calidad sísmica" de cada uno de los parámetros estructurales y no estructurales que, se considera, juegan un papel importante en el comportamiento sísmico de las estructuras de mampostería.

A cada parámetro se le atribuye, durante las investigaciones de campo, una de las cuatro clases A, B, C, D siguiendo una serie de instrucciones detalladas con el propósito de minimizar las diferencias de apreciación entre los observadores. A cada una de estas clases le corresponde un valor numérico  $K_i$  que varía entre 0 y 45; por ejemplo, si el parámetro número cuatro "posición del edificio y de la fundación" corresponde a una configuración insegura desde el punto de vista sísmico, se le asigna la clase D y el valor numérico  $K_4 = 45$ .

Por otra parte, cada parámetro es afectado por un coeficiente de peso  $W_i$ , que varía entre 0.25 y 1.50, este coeficiente refleja la importancia de cada uno de los parámetros dentro del sistema resistente del edificio. De esta forma, el índice de vulnerabilidad VI se define por la siguiente expresión:

$$VI = \sum_{i=1}^{11} K_i W_i$$

Cuadro N°02

## Escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini

Parámetros	Clase $K_i$				Peso
	A	B	C	D	$W_i$
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. Diafragma 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. Distancia máxima entre los 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: Benedetti-Petrini

Al analizar la ecuación se puede deducir que el índice de vulnerabilidad define una escala continua de valores desde 0 hasta 382.5 que es el máximo valor posible. Los parámetros 1, 2, 4, 5, 9, 10 y 11 son de naturaleza descriptiva y quedan definidos completamente por las instrucciones que se presentan más adelante. Por el contrario, los parámetros 3, 6, 7 y 8 son de naturaleza cuantitativa y requieren de ciertas operaciones matemáticas muy sencillas, las cuales también se describen más adelante.

Al analizar la ecuación se puede deducir que el índice de vulnerabilidad define una escala continua de valores desde 0 hasta 382.5 que es el máximo valor posible. Este se divide por 3.825 para obtener un valor de índice de vulnerabilidad normalizado a un rango de  $0 < I_v < 100$ . Para interpretar mejor los resultados que se tienen en el presente estudio se definen los siguientes rangos de vulnerabilidad:

- $I_v < 15\%$  : VULNERABILIDAD BAJA
- $15\% \leq I_v < 35\%$  : VULNERABILIDAD MEDIA
- $I_v \geq 35\%$  : VULNERABILIDAD ALTA

### **Instrucciones para el formulario de levantamiento**

La asignación de los once parámetros del formulario de encuesta descrito en el apartado anterior, dentro de una de las cuatro clases A, B, C, D se lleva a cabo con la ayuda de las siguientes instrucciones. En éstas se describe de forma muy breve, el fundamento teórico de cada uno de los

parámetros con el objetivo de proporcionar al observador de campo un cierto criterio de selección.

### **1. Organización del sistema resistente**

Con este parámetro se evalúa el grado de organización de los elementos verticales prescindiendo del tipo de material. El elemento significativo es la presencia y la eficiencia de la conexión entre las paredes ortogonales con tal de asegurar el comportamiento en "cajón" de la estructura. Se reporta una de las clases:

- A) Edificio construido de acuerdo con las recomendaciones de la norma técnica E.030 "Diseño sismo resistente" del reglamento nacional de edificaciones, aprobado por decreto supremo N° 0112006-VIVIENDA, modificado con decreto supremo N° 002-2014-VIVENDA.
- B) Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre o de adaraja en los muros, capaces de transmitir acciones cortantes verticales.
- C) Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas.
- D) Edificio con paredes ortogonales no ligadas.

### **2. Calidad del sistema resistente**

Con este parámetro se determina el tipo de mampostería más frecuentemente utilizada, diferenciando, de modo cualitativo, su

característica de resistencia con el fin de asegurar la eficiencia del comportamiento en "cajón" de la estructura. La atribución de un edificio a una de las cuatro clases se efectúa en función de dos factores: por un lado, del tipo de material y de la forma de los elementos que constituyen la mampostería. Por otro lado, de la homogeneidad del material y de las piezas, por toda la extensión del muro. Se reporta una de las clases:

- A) Mampostería en ladrillo o bloques prefabricados de buena calidad. Mampostería en piedra bien cortada, con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro. Presencia de ligamento entre las piezas.
- B) Mampostería en ladrillo, bloques o piedra bien cortada, con piezas bien ligadas más no muy homogéneas en toda la extensión del muro.
- C) Mampostería en piedra mal cortada y con piezas no homogéneas, pero bien trabadas, en toda la extensión del muro. Ladrillos de baja calidad y privados de ligamento.
- D) Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con la inclusión de guijarros y con piezas no homogéneas o privadas de ligamento.

### **3. Resistencia convencional**

Con la hipótesis de un perfecto comportamiento en "cajón" de la estructura, la evaluación de la resistencia de un edificio de mampostería

puede ser calculada con razonable confiabilidad. El procedimiento utilizado requiere del levantamiento de los datos:

N : número de pisos.

$A_t$  : área total cubierta en ( $m^2$ ).

$A_{x,y}$  : área total de los muros resistentes en el sentido X e Y respectivamente en ( $m^2$ ). El área resistente de los muros inclinados un ángulo  $\alpha$  diferente de cero, respecto a la dirección considerada, se debe multiplicar por  $(\cos \alpha)^2$ .

$\tau_K$  : resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en ( $\text{Ton}/m^2$ ). En el caso de que la mampostería se componga de diferentes materiales, el valor de  $\tau_K$  se determina como un promedio ponderado de los valores de resistencia a cortante para cada uno de los materiales  $\tau_i$ , utilizando como factor de peso el porcentaje relativo en área  $A_i$  de cada uno de ellos.

$$\tau_K = \frac{\sum \tau_i A_i}{\sum A_i}$$

h : altura media de los pisos en (m).

$P_m$  : peso específico de la mampostería en ( $\text{Ton}/m^3$ ).

$P_s$  : peso por unidad de área del diafragma en ( $\text{Ton}/m^2$ ).

#### **4. Posición del edificio y de la cimentación**

Con este parámetro se evalúa, hasta donde es posible por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio. Para ello se tiene

en cuenta algunos aspectos, tales como la consistencia y la pendiente del terreno, la eventual ubicación de la cimentación a diferente cota y la presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén. Se reporta una de las clases:

- A) Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- B) Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- C) Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- D) Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es superior a 1 metro. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.

## 5. Diafragmas horizontales

La calidad de los diafragmas tiene una notable importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos resistentes verticales. Se reporta una de las clases:

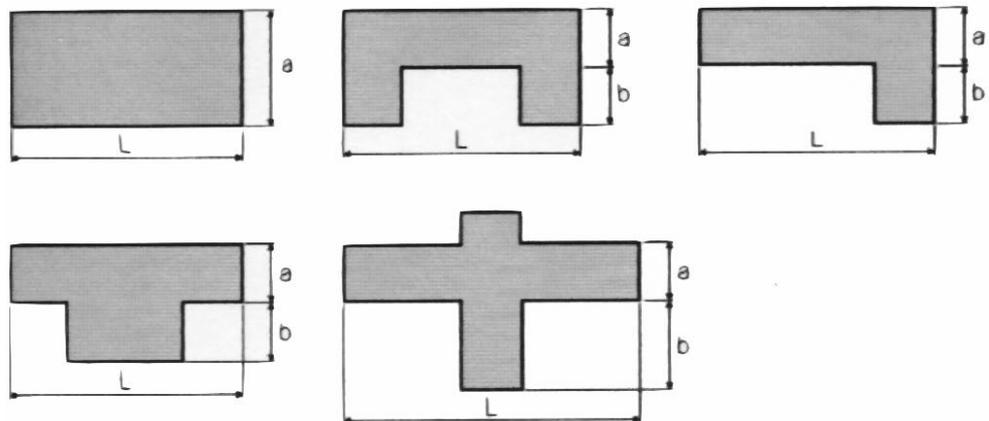
- A) Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza, que satisfacen las condiciones:
  - 1. Ausencia de planos a desnivel.
  - 2. La deformabilidad del diafragma es despreciable.
  - 3. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.
- B) Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con la condición 1.
- C) Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las condiciones 1 y 2.
- D) Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

## 6. Configuración en planta

El comportamiento sísmico de un edificio depende de la forma en planta del mismo. En el caso de edificios rectangulares es significativo la relación  $\beta_1 = a/L$  entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor. También es necesario tener en cuenta las protuberancias del cuerpo principal mediante la relación  $\beta_2 = b/L$ . En la Figura 6.21 se explica el significado de los dos valores que se deben reportar, para lo cual se evalúa siempre el caso más desfavorable.

Figura N°05

Configuración en planta de la estructura



Fuente: Benedetti-Petrini

## 7. Configuración en elevación

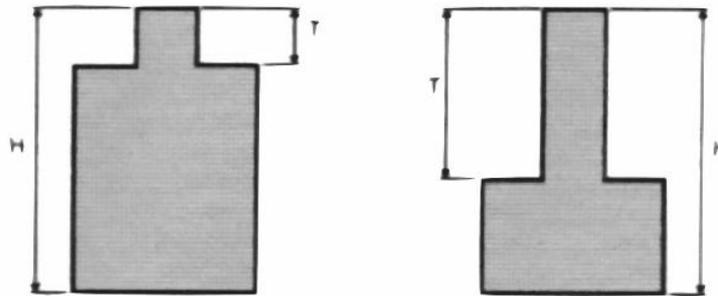
En el caso de edificios de mampostería, sobre todo para los más antiguos, la principal causa de irregularidad está constituida por la presencia de porches y torretas. La presencia de porches se reporta como la relación porcentual entre el área en planta del mismo y la superficie total del piso. La presencia de torretas de altura y masa significativa respecto a la parte restante del edificio se reporta mediante la relación T/H. No se deben tener en cuenta las torretas de modesta dimensión tales como chimeneas, escapes de ventilación, etc.

También se reporta la variación de masa en porcentaje  $\pm \Delta M/M$  entre dos pisos sucesivos, siendo M la masa del piso más bajo y utilizando el signo (+) si se trata de aumento o el (-) si se trata de disminución de masa hacia lo alto del edificio. La anterior relación puede ser sustituida por la

variación de áreas respectivas  $\pm \Delta A/A$ , evaluando en cualquiera de los dos casos el más desfavorable.

Figura N°06

Configuración en elevación de la estructura



Fuente: Benedetti-Petrini.

## 8. Distancia máxima entre los muros

Con este parámetro se tiene en cuenta la presencia de muros maestros intersectados por muros transversales ubicados a distancia excesiva entre ellos. Se reporta el factor  $L/S$ , donde  $L$  es el espaciamiento de los muros transversales y  $S$  el espesor del muro maestro, evaluando siempre el caso más desfavorable.

## 9. Tipo de cubierta

Se tiene en cuenta con este parámetro, la capacidad del techo para resistir fuerzas sísmicas. Se reporta una de las clases:

- A) Edificio con cubierta estable y provista de viga cumbrera. Edificio con cubierta plana.

- B) Edificio con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira. Edificio con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.
- C) Edificio con cubierta inestable, provista de viga cumbreira.
- D) Edificio con cubierta inestable, sin viga cumbreira.

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

Se tiene en cuenta con este parámetro la presencia de cornisas, parapetos o cualquier elemento no estructural que pueda causar daño a personas o cosas. Se trata de un parámetro secundario, para fines de la evaluación de la vulnerabilidad, por lo cual no se hace ninguna distinción entre las dos primeras clases. Se reporta una de las clases:

- A) Edificio sin cornisas y sin parapetos. Edificio con cornisas bien conectadas a la pared, con chimeneas de pequeña dimensión y de peso modesto. Edificio cuyo balcón forma parte integrante de la estructura de los diafragmas.
- B) Edificio sin cornisas y sin parapetos. Edificio con cornisas bien conectadas a la pared, con chimeneas de pequeña dimensión y de peso modesto. Edificio cuyo balcón forma parte integrante de la estructura de los diafragmas.
- C) Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared.
- D) Edificio que presenta chimeneas o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal vinculado a la estructura. Parapetos u otros elementos

de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de terremoto. Edificio con balcones contruidos posteriormente a la estructura principal y conectada a ésta de modo deficiente.

## **11. Estado de conservación**

Se reporta una de las clases:

- A) Muros en buena condición, sin lesiones visibles.
- B) Muros que presentan lesiones capilares no extendidas, con excepción de los casos en los cuales dichas lesiones han sido producidas por terremotos.
- C) Muros con lesiones de tamaño medio entre 2 a 3 milímetros de ancho o con lesiones capilares producidas por sismos. Edificio que no presenta lesiones pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la mampostería.
- D) Muros que presentan, un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o, lesiones muy graves de más de 3 milímetros de ancho.

## **Características del Subsuelo de Huaraz**

Alva J, Huamán C, Bustamante A. presentan de modo resumido las características del subsuelo de Huaraz determinadas después de realizar estudios de microzonificación sísmica en los últimos treinta años que involucran geología, nivel freático, mecánica de suelos y dinámica de suelos.

- **Zona I :** Suelo granular gravoso con matriz limo-arenoso, medianamente compacto. Topografía plana y nivel freático por debajo de 6 m. Capacidad portante mayor de 2 kg/cm<sup>2</sup>.
- **Zona II :** Suelo limo-arenoso supra yaciendo arcilla dura. Topografía plana con nivel freático por debajo de 1.5 m. Puede ocurrir amplificación. Capacidad portante inferior a 2 kg/cm<sup>2</sup>.
- **Zona III:** Gravas y arenas poco cementadas. Nivel freático por debajo de 3.00 m. Topografía con pendiente de 15%. Se espera amplificaciones. Capacidad portante de 2 kg/cm<sup>2</sup>.
- **Zona IV:** Condiciones de suelo más desfavorables. Suelos limosos arcillosos y arenosos. Nivel freático superficial, en algunos lugares menores de 1.50 m. Se esperan asentamientos del terreno y amplificación sísmica. Capacidad portante inferior a 1 kg/cm<sup>2</sup>. (3)

### 2.3. Definición de términos

1. *Barbat, 2004.* La vulnerabilidad sísmica de una estructura, grupo de estructuras, o de una zona urbana completa, está definida como su predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño. El concepto de vulnerabilidad sísmica es indispensable en estudios sobre riesgo sísmico y para la mitigación de desastres por terremotos. En el presente trabajo se entenderá por riesgo sísmico el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que

permanecen expuestas a la acción sísmica. Por otra parte, la mitigación de los desastres en el ámbito de la ingeniería corresponde a la totalidad de las acciones que tienen como objetivo la mejora del comportamiento sísmico de los edificios de una zona, con la finalidad de reducir los costes de los daños esperados durante el terremoto (*Barbat, 1998*). Para mitigar el riesgo sísmico de una zona es necesario disminuir la vulnerabilidad y el costo de reparación de las estructuras afectadas. (7)

2. La OPS (*Organización Panamericana de la Salud, 1993*) define vulnerabilidad sísmica como el grado de pérdida de un elemento o un grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento sísmico de carácter desastroso. Es una propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su comportamiento, que puede entenderse como la capacidad inherente de un elemento o grupo de elementos expuestos a ser afectado o ser susceptible de sufrir daño ante la ocurrencia de un evento sísmico determinado. Una medida de los daños probables inducidos sobre edificaciones por los diferentes niveles de movimiento de suelo debido a los sismos, convencionalmente se expresa en una escala que va desde 0 hasta 1, es decir, desde sin daño hasta colapso total, respectivamente. (29)

3. La Organización de Naciones Unidas, ONU, define la vulnerabilidad como la capacidad de respuesta de las construcciones humanas a la activación de una amenaza, y la exposición alude a la población medida en número de habitantes o de bienes por unidad de superficie, situados al interior de una zona de peligro. Este último concepto de capacidad de respuesta o de recuperación frente a un evento, es conocido como *Resiliencia*. Si un proceso potencialmente peligroso se activa, se está en presencia de un desastre o catástrofe natural, entendiéndose como tal, aquella situación en la que la vida de las personas puede sucumbir masivamente, produciéndose una desorganización social que excede la capacidad de reacción ordinaria de la comunidad social afectada, (Ayala-Caicedo, et al. 1988). (29)

4. Julio Kuroiwa manifiesta que el peligro sísmico de una región es la probabilidad de que se produzcan en ella movimientos sísmicos de una cierta importancia en un plazo determinado. No debe confundirse este concepto con el de riesgo sísmico, que depende de factores antrópicos y se refiere a los daños potenciales; así mismo define que:

**La vulnerabilidad sísmica** de una edificación es un conjunto de parámetros capaz de predecir el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad resistente de una estructura bajo unas condiciones probables de sismo. La vulnerabilidad sísmica solo

depende del edificio de estudio en cuestión, y no del lugar. Es decir, dos edificios iguales tendrán la misma vulnerabilidad sísmica.

**El riesgo sísmico**, es una medida que combina la peligrosidad sísmica, con la vulnerabilidad y la posibilidad de que se produzcan en ella daños por sismos en un período determinado. (17)

5. El Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú define los siguientes conceptos.

**Vivienda**, Edificación compuesta por ambientes o espacios para estar, dormir, comer, cocinar e higiene, para el uso de un grupo familiar. De existir, el estacionamiento forma parte de la vivienda.

**Programas de Vivienda de interés social**, Son los programas que facilitan a los sectores más necesitados de la población, el acceso a una vivienda digna y adecuada así como a los servicios básicos. Tales como los programas “Techo Propio” y “Mi Vivienda”.

La norma E-070, aprobado por R.M. N°053-82-VI-3500 del 24.01.82 contempla las siguientes definiciones.

**Albañilería**, Material estructural conformado por unidades de albañilería de características definidas asentadas con morteros especificados.

**Albañilería armada**, Albañilería reforzada con armadura de acero, incorporada de tal manera que ambos materiales actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos.

**Albañilería confinada**, Albañilería reforzada con confinamientos.

**Albañilería no reforzada**, Albañilería sin confinamientos o armadura, tendientes a incrementar su ductilidad, pero que puede tener elementos de refuerzo o armadura por otros motivos.

**Albañilería reforzada**, Albañilería armada o confinada con el propósito de proveerle alguna ductilidad.

**Altura efectiva (h)**, Para muros arriostrados en su parte superior es la distancia libre vertical, entre elementos de arriostre. Para muros no arriostrados en su parte superior es el doble de su altura.

**Arriostre**, Elemento de refuerzo, horizontal o vertical o muro de arriostre, que cumple la función de proveer de estabilidad y resistencia a muros portantes y no portantes para cargas perpendiculares al plano del muro.

**Borde libre**, Extremo, horizontal o vertical, no arriostrado de un muro.

**Columna**, Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y/o verticales a la cimentación. La columna puede ser simultáneamente arriostre y/o confinamiento.

**Confinamiento**, Conjunto de elementos de refuerzo, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductibilidad a un muro portante.

**Construcciones de albañilería**, Edificaciones constituidas predominantemente por muros portantes de albañilería.

**Elemento de refuerzo**, Arriostre o elemento del confinamiento, de concreto armado.

**Espesor efectivo (t)**, Es igual al espesor real del muro, sin considerar tarrajeos u otros acabados y descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones.

**Largo efectivo**, Distancia horizontal entre elementos de arriostre verticales o entre un elemento de arriostre y el borde libre.

**Mortero**, Adhesivo empleado para pegar unidades de albañilería.

**Mortero fluido**, Mortero de cemento y cal, de consistencia líquida, empleado para llenar álveos de las unidades de albañilería.

**Muro arriostrado**, Muro en el cual se han introducido elementos de arriostre.

**Muro Confinado**, Muro que está enmarcado por elementos de refuerzo en sus cuatro lados.

**Muro de arriostre**, Muro portante transversal al muro al que provee estabilidad y resistencia lateral.

**Muro perimetral de cierre**, Muro portante o tabique que integra la superficie que encierra los volúmenes de la edificación.

**Muro portante**, Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y/o verticales de un nivel al nivel inferior y/o a la cimentación.

**Muro no portante**, Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio, Son parapetos, tabiques y cercos.

**Parapeto**, Muro perimetral de patio de piso superior o azotea, que no está arriostrado por techo en su parte superior.

**Unidad de albañilería**, Ladrillo de arcilla, bloque o ladrillo sílico calcáreo y bloque de concreto. La unidad de albañilería puede ser sólida, hueca o tubular.

**Unidad de albañilería hueca (o perforada)**, Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente a menos del 75% del área bruta en el mismo plano.

**Unidad de albañilería sólida (o maciza)**, Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente al 75% o más del área bruta en el mismo plano.

**Unidad de albañilería tubular**, Unidad de albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento. (8)

6. Gallegos define **Los muros dúctiles** como muros que se deben asegurar que posean la ductilidad demandada por los sismos más

severos, sólo si tienen esta competencia de ductilidad podrán capacitar al conjunto y, formar un mecanismo plástico estable, ser invulnerable al colapso y ser reparable. **Los muros dúctiles** deben conducirse preferentemente a fallas por flexión, prevenir el de corte y de deslizamiento.

Las condiciones básicas para este propósito son:

- a. Los muros deben ser de albañilería confinada o de albañilería armada. Los muros de albañilería simple confinada deben ser diseñados en el rango elástico.
- b. La sección transversal debe ser simétrica en forma de I, descartar las formas L. Las secciones rectangulares pueden desarrollar ductilidad adecuada si están atados a una disposición típica según dos ejes ortogonales.
- c. Los muros deben tener la esbeltez, relación entre su alto y su largo, siempre mayor que uno, preferentemente mayor que dos. Los muros de esbeltez reducida tienden a fallar por corte.
- d. Los muros de edificios de mediana altura deben actuar como voladizos para asegurar la respuesta dúctil, la conexión entre los mismos será por losa flexible y no a través de conexión de vigas rígidas.
- e. El diseño de los muros debe ser mediante los sistemas de capacidad, es decir la de flexión debe ser más débil, tenga incorporada la ductilidad plástica necesaria.

- f. El diseño y detallado de los muros de albañilería deben evitar falla frágil por deslizamiento, la que se inicia cuando el muro se agrieta sucesivamente en sus extremos por esfuerzos de tracción por flexión coplanar, y disminuye la longitud de contacto en su base.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de Investigación**

El estudio es cuasi experimental.

#### **3.2. Plan de recolección de la información y/o diseño estadístico**

Población : Viviendas sociales del barrio de la Soledad Baja de la ciudad de Huaraz.

Muestra : 32 viviendas sociales no modificadas del barrio de la Soledad Baja de la Ciudad de Huaraz.

#### **3.3. Instrumento de recolección de la información**

Ficha técnica.

#### **3.4. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información**

- Información bibliográfica
- Levantamiento de la ficha técnica en el barrio de la Soledad Baja
- Levantamiento fotográfico
- Ensayo de suelos
- Levantamiento topográfico
- Procesamiento en la hoja de cálculo Excel
- Modelamiento estructural con ETABS

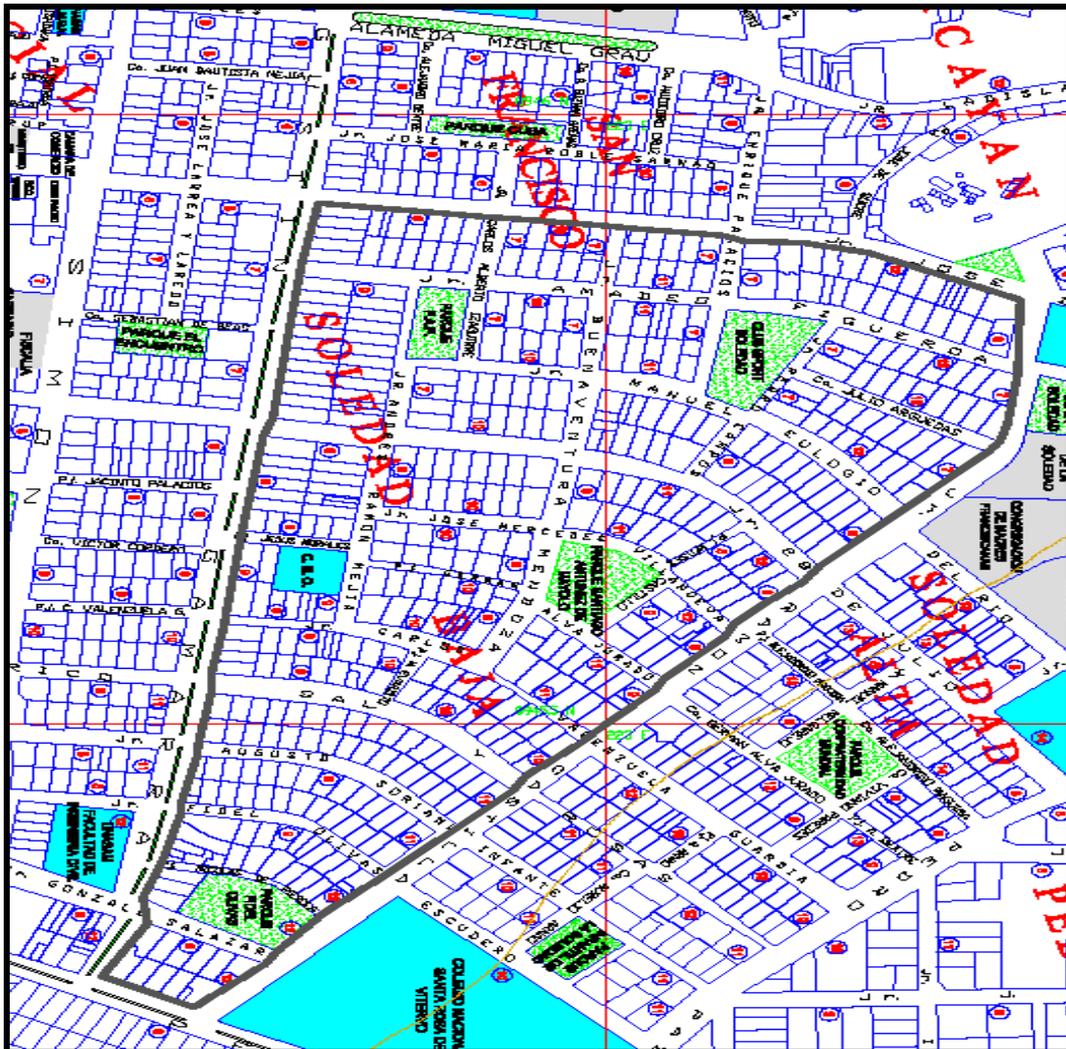
## IV. RESULTADOS

### 4.1 Zonificación

Se realizó la delimitación del barrio de la soledad baja, donde se determinó un muestreo de manera aleatoria donde quedan las viviendas sociales, no modificadas. El plano N°01 muestra la zona en estudio donde se realiza el presente estudio.

Plano N°01

Plano de la ciudad de Huaraz, delimitación del área de estudio “Soledad Baja”



Fuente: Municipalidad Provincial de Huaraz.

## 4.2 Procesamiento del Formulario: Estadística del estudio.

Cuadro N°03

Resumen de la calificación de las viviendas sociales del barrio de la soledad de la ciudad de Huaraz método índice de vulnerabilidad

Viviendas	Parametros										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	A
2	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	A
3	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	A
4	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	A
5	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	A
6	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	A
7	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	A
8	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
9	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
10	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
11	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
12	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
13	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
14	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
15	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
16	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
17	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
18	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
19	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
20	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
21	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
22	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
23	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
24	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
25	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
26	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
27	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	B
28	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	C
29	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	C
30	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	C
31	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	C
32	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	C

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°04

Parámetros de calificación establecido por Benedetti-Petrini

Parámetros	Clase $K_i$				Peso $W_i$	$K_i \cdot W_i$
	A	B	C	D		
1. Organización del sistema resistente.	0	5	0	0	1.00	5.00
2. Calidad del sistema resistente.	0	5	0	0	0.25	1.25
3. Resistencia convencional.	0	5	0	0	1.50	7.50
4. Posición del edificio y cimentación.	0	0	25	0	0.75	18.75
5. Diafragma horizontales.	0	5	0	0	1.00	5.00
6. Configuración en planta.	0	0	0	0	0.50	0.00
7. Configuración en elevación.	0	0	0	0	1.00	0.00
8. Distancia máxima entre los muros.	0	0	0	0	0.25	0.00
9. Tipo de cubierta.	0	15	0	0	1.00	15.00
10. Elementos no estructurales.	0	0	0	0	0.25	0.00
11. Estado de conservación.	0	0	0	0	1.00	0.00
				IV		52.50
				IV/382.5	382.5	13.73
IV/382.5 MENOR DE 15%				ENTONCES	INDICE DE VULNERABILIDAD BAJA	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°05

Parámetros de calificación establecido por Benedetti-Petrini

Parámetros	Clase $K_i$				Peso $W_i$	$K_i \cdot W_i$
	A	B	C	D		
1. Organización del sistema resistente.	0	5	0	0	1.00	5.00
2. Calidad del sistema resistente.	0	5	0	0	0.25	1.25
3. Resistencia convencional.	0	5	0	0	1.50	7.50
4. Posición del edificio y cimentación.	0	0	25	0	0.75	18.75
5. Diafragma horizontales.	0	5	0	0	1.00	5.00
6. Configuración en planta.	0	0	0	0	0.50	0.00
7. Configuración en elevación.	0	0	0	0	1.00	0.00
8. Distancia máxima entre los muros.	0	0	0	0	0.25	0.00
9. Tipo de cubierta.	0	15	0	0	1.00	15.00
10. Elementos no estructurales.	0	0	0	0	0.25	0.00
11. Estado de conservación.	0	0	25	0	1.00	25.00
				IV		77.50
				IV/382.5	382.5	20.26
IV/382.5 MAYOR DE 15%				ENTONCES	INDICE DE VULNERABILIDAD MEDIA	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°06

Parámetros de calificación establecido por Benedetti-Petrini

Parámetros	Clase $K_i$				Peso $W_i$	$K_i \cdot W_i$
	A	B	C	D		
1. Organización del sistema resistente.	0	5	0	0	1.00	5.00
2. Calidad del sistema resistente.	0	5	0	0	0.25	1.25
3. Resistencia convencional.	0	5	0	0	1.50	7.50
4. Posición del edificio y cimentación.	0	0	25	0	0.75	18.75
5. Diafragma horizontales.	0	5	0	0	1.00	5.00
6. Configuración en planta.	0	0	0	0	0.50	0.00
7. Configuración en elevación.	0	0	0	0	1.00	0.00
8. Distancia máxima entre los muros.	0	0	0	0	0.25	0.00
9. Tipo de cubierta.	0	15	0	0	1.00	15.00
10. Elementos no estructurales.	0	0	0	0	0.25	0.00
11. Estado de conservación.	0	0	0	45	1.00	45.00
				IV		97.5
				IV/382.5	382.5	25.49
IV/382.5 MAYOR DE 15%				ENTONCES	INDICE DE VULNERABILIDAD MEDIA	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°07

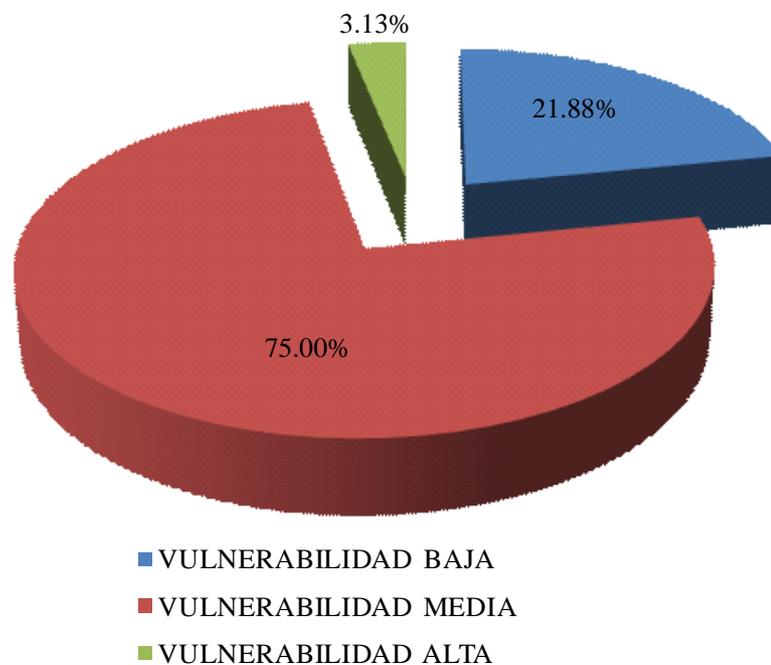
Índice de vulnerabilidad de las viviendas analizadas

INDICE DE VULNERABILIDAD	N° VIVIENDAS	%
VULNERABILIDAD BAJA	7	21.88
VULNERABILIDAD MEDIA	24	75.00
VULNERABILIDAD ALTA	1	3.13
	32	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°07

Índice de vulnerabilidad de las viviendas analizadas



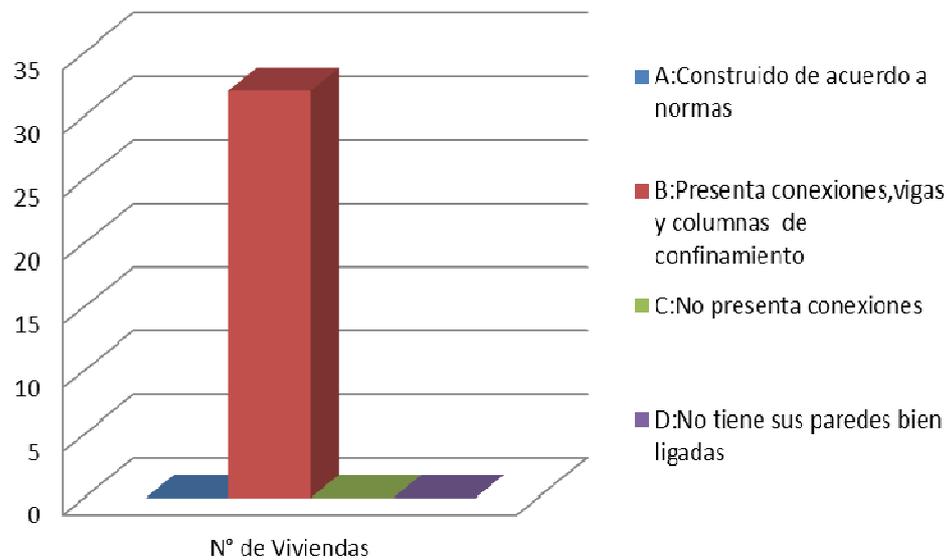
Fuente: Elaboración propia.

Entonces, del cuadro y gráfico anterior podemos afirmar que las viviendas sociales ubicados en el barrio de la soledad baja de la ciudad de Huaraz; el 21.88% presentan vulnerabilidad baja, el 75.00% vulnerabilidad media y el 3.13% vulnerabilida alta.

**4.2.1. Analisis de la vulnerabilidad, considerando los 11 parámetros analizados.**

Figura N°08

**1. Organización del sistema sismo resistente**

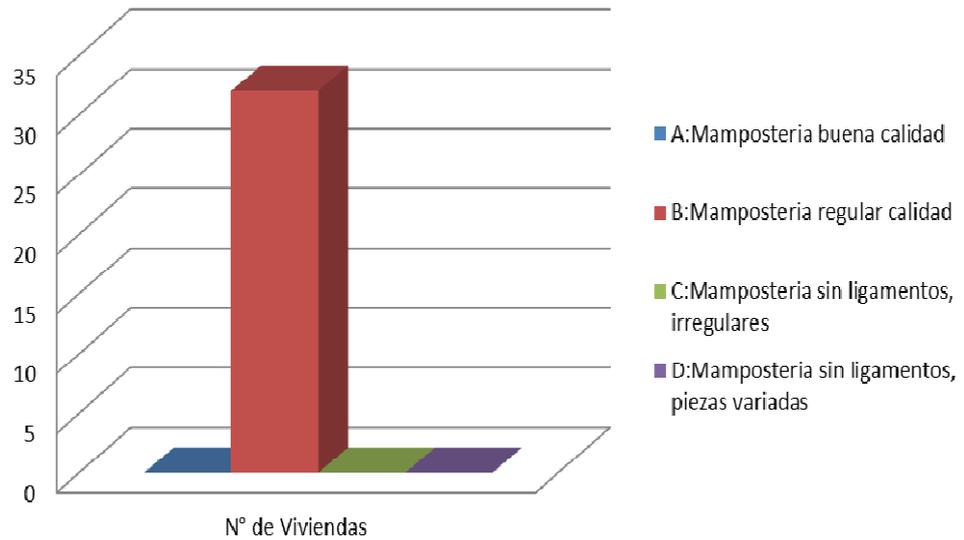


Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el 100% de las viviendas sociales ubicadas en el barrio de la soledad baja de Huaraz, presentan conexiones entre muros, vigas y columnas de confinamiento.

Figura N°09

## 2. Calidad del sistema resistente

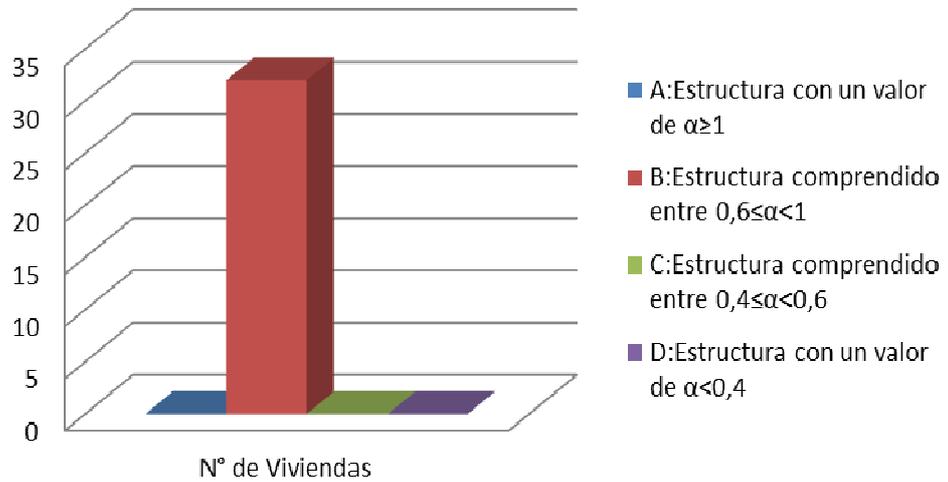


Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el 100% de las viviendas sociales ubicadas en el barrio de la soledad baja de Huaraz, presentan mampostería de regular calidad, con piezas uniformes y asentadas con mortero de cemento arena de espesor adecuado.

Figura N°10

### 3. Resistencia Convencional



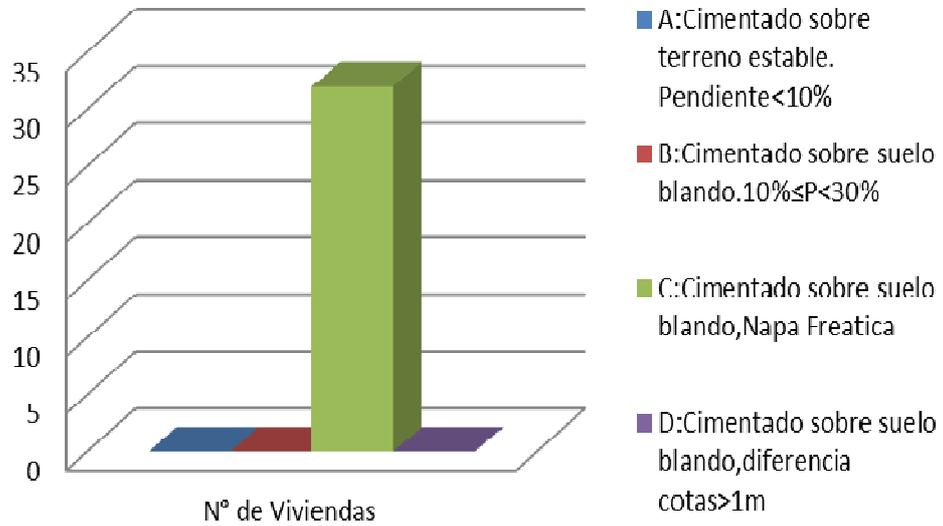
Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el 100% de las viviendas sociales ubicadas en el barrio de la soledad baja de Huaraz, presentan estructura comprendidas en la clase B.

B : Estructura comprendido entre  $0,6 \leq \alpha < 1$ .

Figura N°11

#### 4. Posición del Edificio y Cimentación

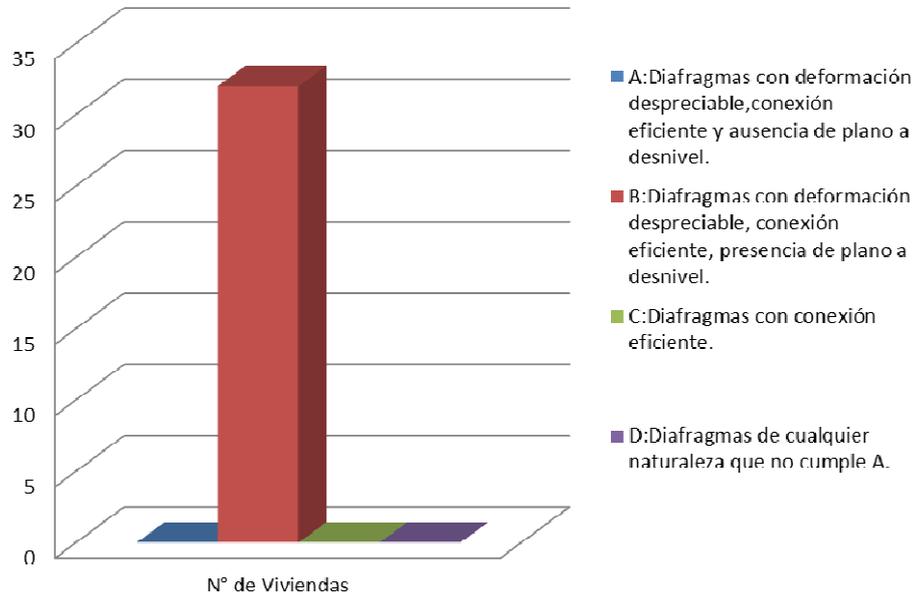


Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el 100% de las viviendas sociales ubicadas en el barrio de la soledad baja de Huaraz, presentan cimentaciones sobre suelo blando, con presencia de napa freática alta, la que incrementa la amplificación sísmica.

Figura N°12

### 5. Diagramas horizontales

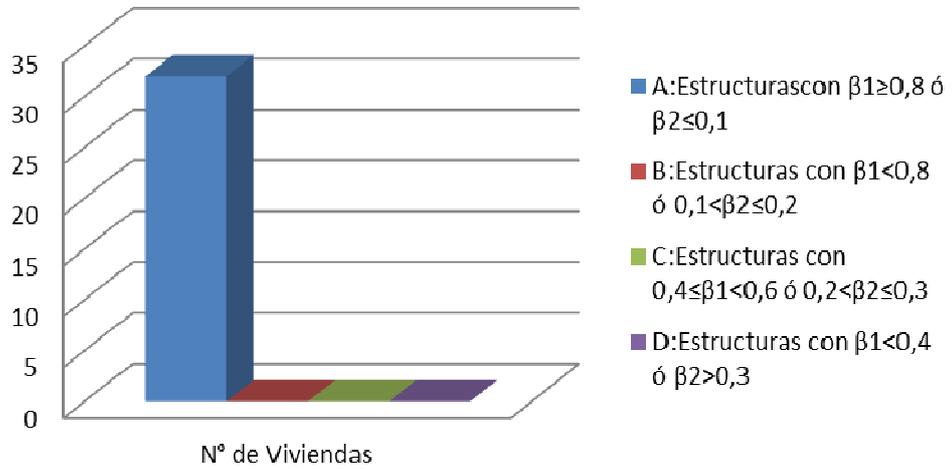


Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el 100% de las viviendas sociales ubicadas en el barrio de la soledad baja de Huaraz, presentan diafragmas con deformación despreciable, presentan conexión eficiente.

Figura N°13

## 6. Configuración en planta



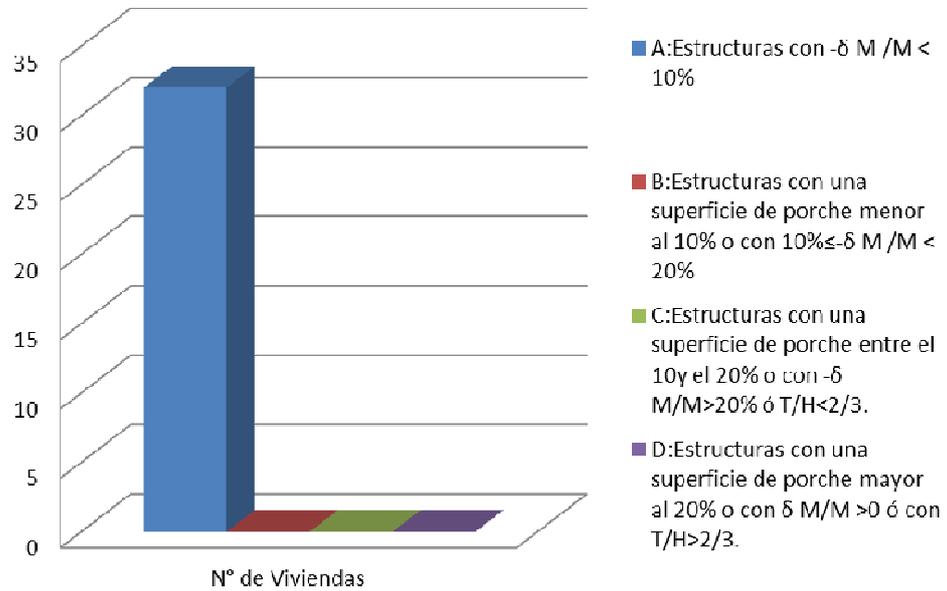
Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el 100% de las viviendas sociales ubicadas en el barrio de la soledad baja de Huaraz presentan clase A; son viviendas ortogonales, simétricas.

A : Estructuras con  $\beta_1 \geq 0,8$  ó  $\beta_2 \leq 0,1$ .

Figura N°14

### 7. Configuración en elevación



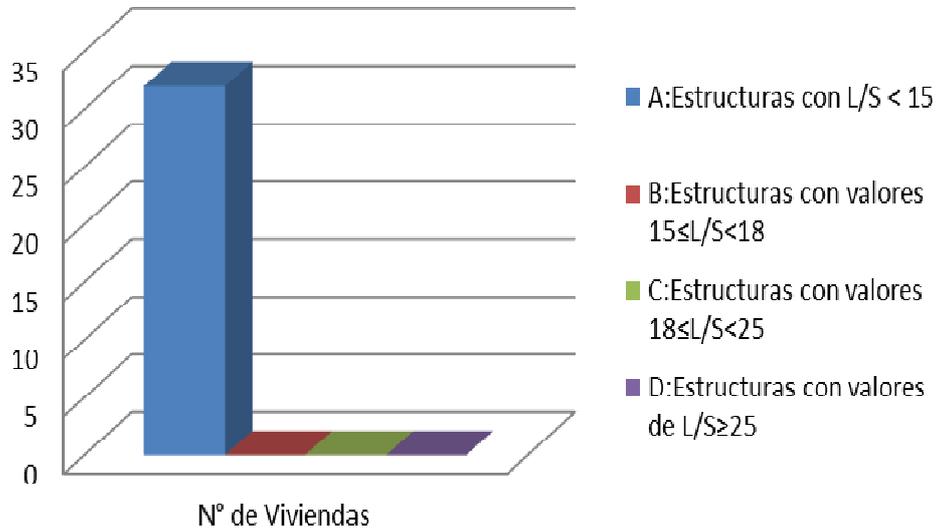
Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el 100% de las viviendas sociales ubicadas en el barrio de la soledad baja de Huaraz presentan clase A.

A : Estructuras con  $-\delta, M/M < 10\%$

Figura N°15

### 8. Distancia máxima entre los muros.



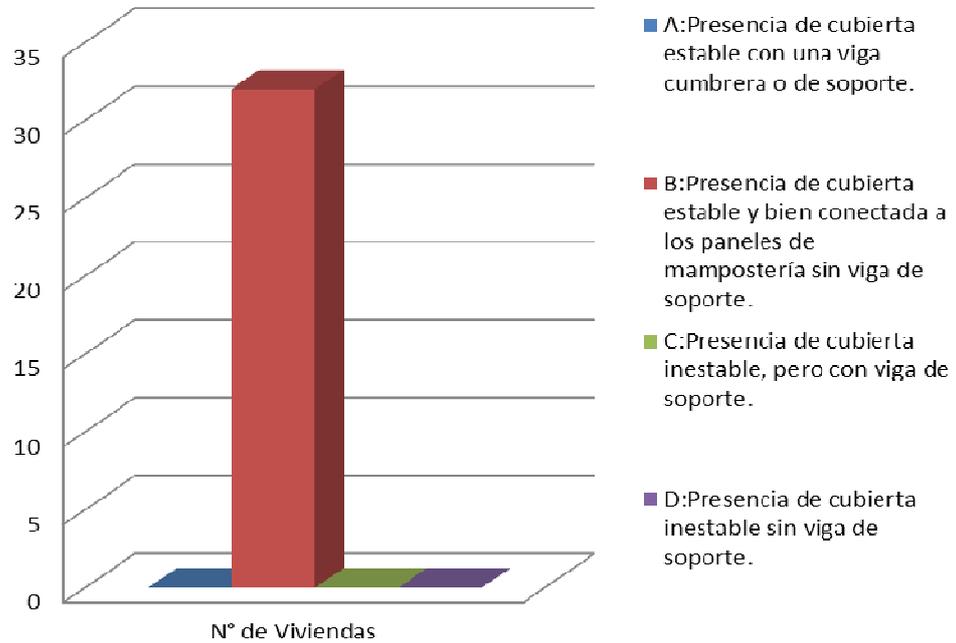
Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el 100% de las viviendas sociales ubicadas en el barrio de la soledad baja de Huaraz presentan clase A.

A : Estructuras con  $L/S < 15$

Figura N°16

### 9. Tipo de cubierta.



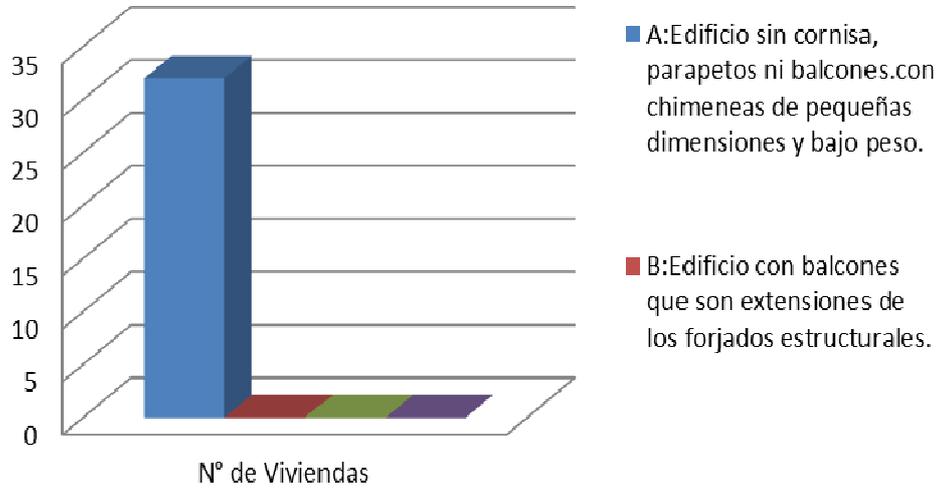
Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el 100% de las viviendas sociales ubicadas en el barrio de la soledad baja de Huaraz presentan clase B.

**B** : Presencia de cubierta estable y bien conectada a los paneles de mampostería sin viga de soporte.

Figura N°17

### 10. Elementos no estructurales.



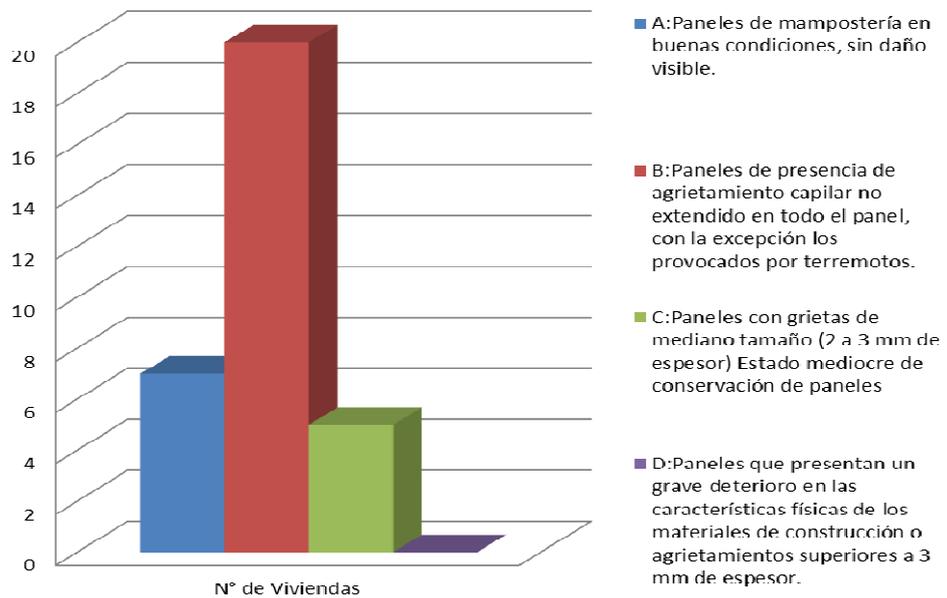
Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el 100% de las viviendas sociales ubicadas en el barrio de la soledad baja de Huaraz presentan clase A.

A : Edificio sin cornisa, parapetos ni balcones, con chimeneas de pequeñas dimensiones y bajo peso.

Figura N°18

### 11. Estado de conservación.



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra que el 22% de viviendas sociales del barrio de la soledad, poseen paneles de mampostería en buenas condiciones; sin daño visible, Clase A.

El 63% de viviendas sociales del barrio de la soledad, poseen paneles de mampostería con agrietamiento capilar no extendido en todo el panel, Clase B.

El 16% de viviendas sociales del barrio de la soledad, poseen paneles de mampostería con grietas de mediano tamaño. (2 a 3 mm de espesor).

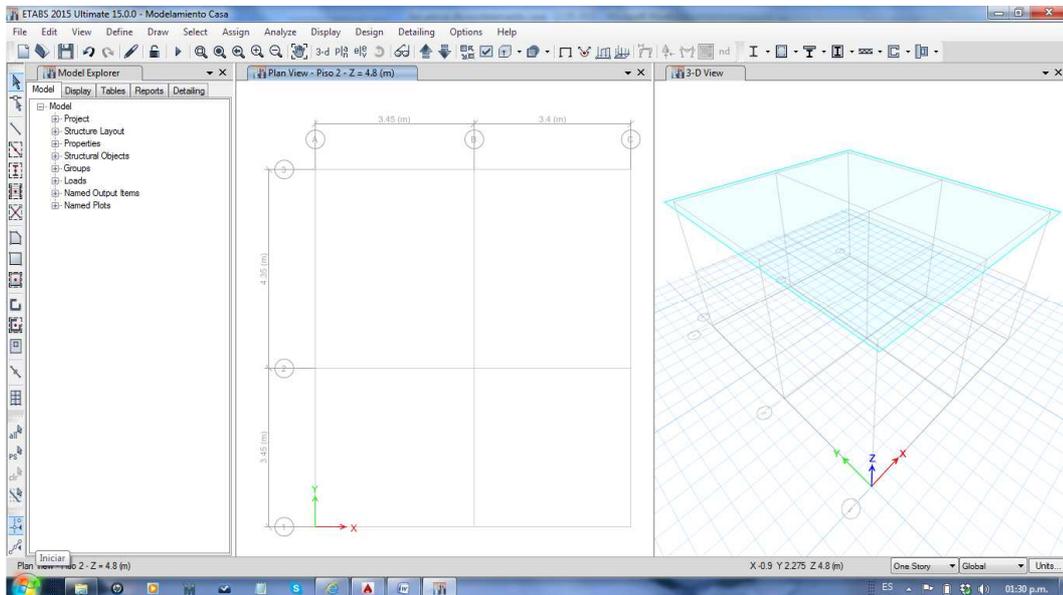
Poseen además un estado mediocre de conservación de paneles, Clase C.

El 0% de viviendas sociales del barrio de la soledad, poseen paneles de mampostería en grave deterioro en las características físicas de los materiales de construcción o agrietamientos superiores a 3 mm de espesor, Clase D.

### 4.3 Modelamiento Estructural con el Uso del Programa Computacional ETABS.

Figura N°19

Configuración del sistema de malla para la vivienda

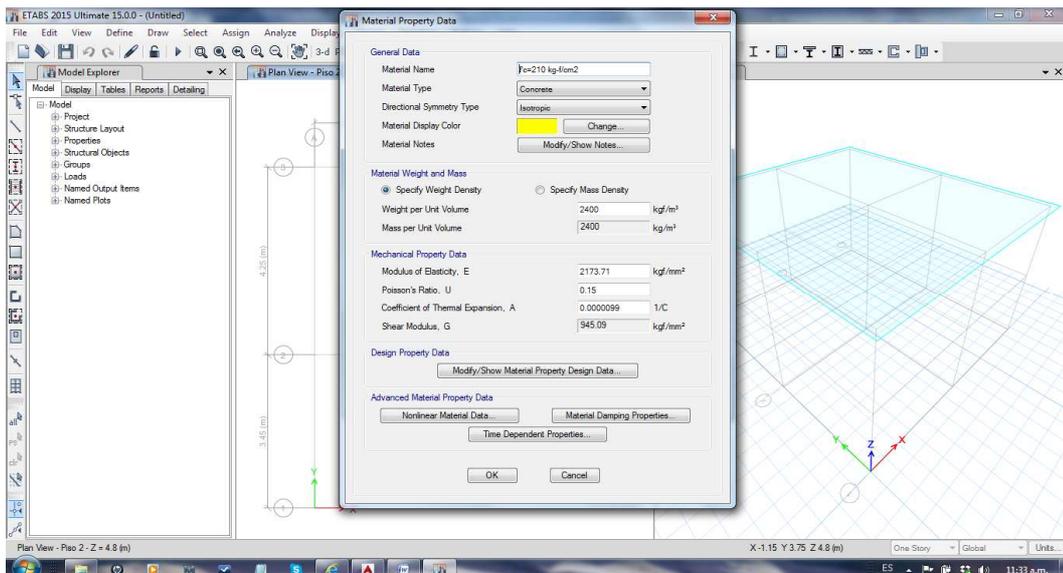


Fuente: Elaboración propia.

Figura N°20

Definición de las propiedades de los materiales, características del concreto

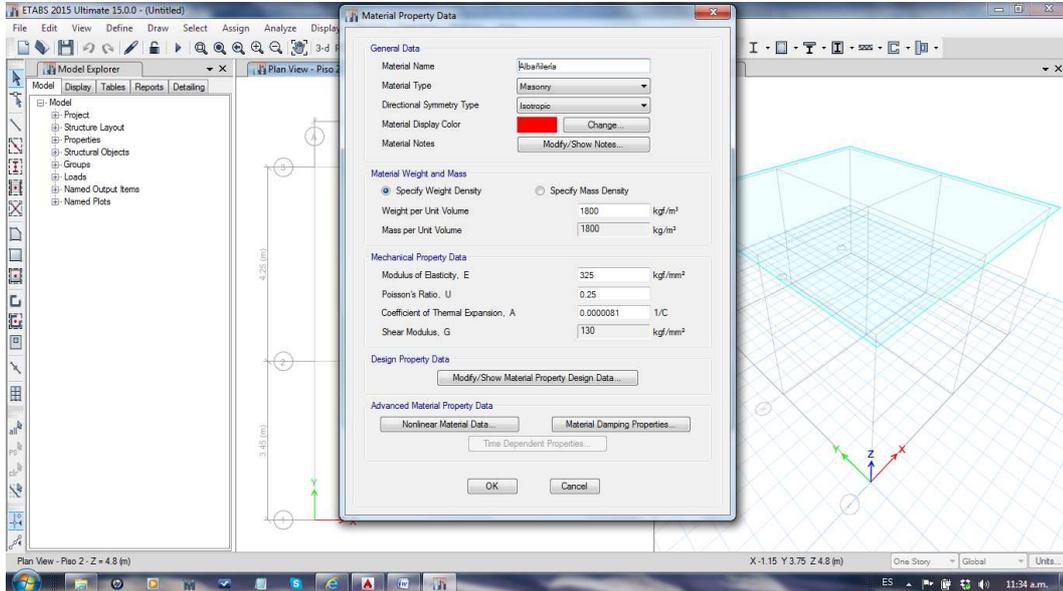
$$f'c=210 \text{ kg/cm}^2.$$



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°21

Definición de las propiedades de los materiales, características de la albañilería

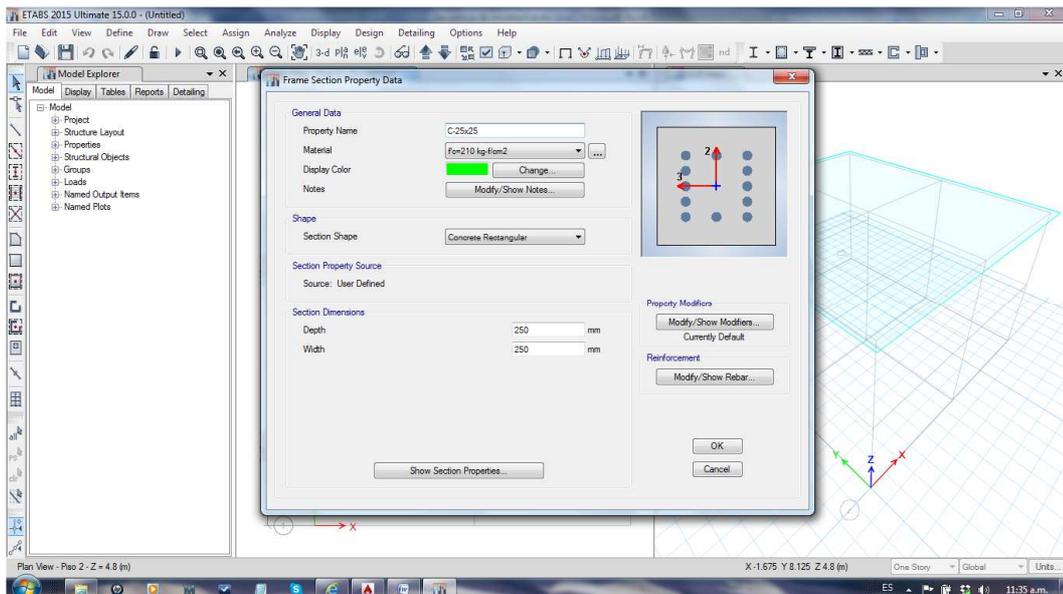


Fuente: Elaboración propia.

Figura N°22

Definición de las propiedades de los materiales, sección de las columnas

C-1 : 0.25 x 0.25 m.

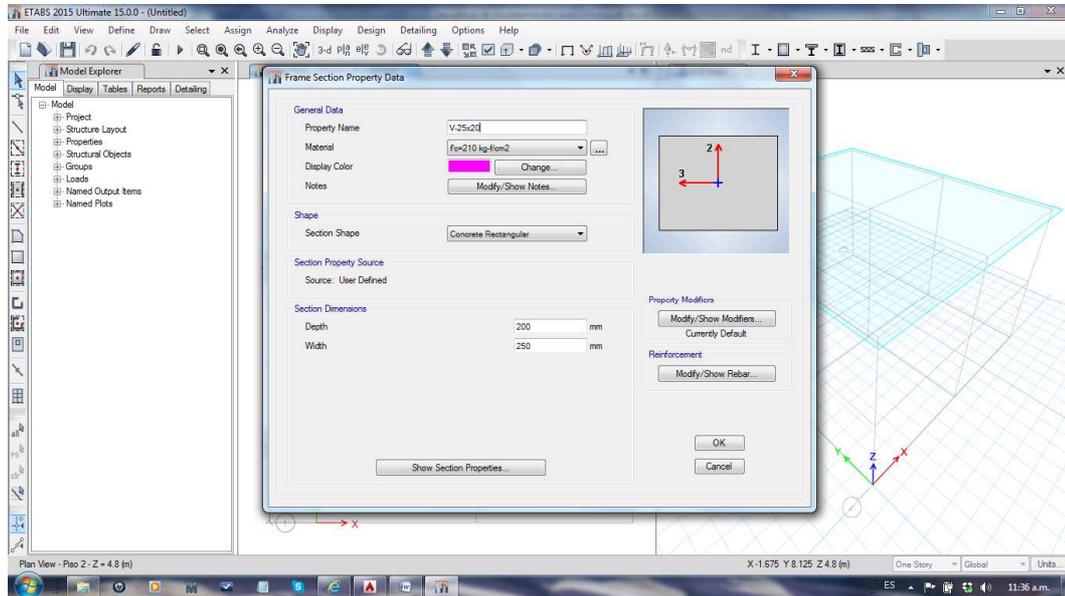


Fuente: Elaboración propia.

Figura N°23

Definición de las propiedades de los materiales, sección de las vigas

V-1 : 0.25 x 0.20 m.

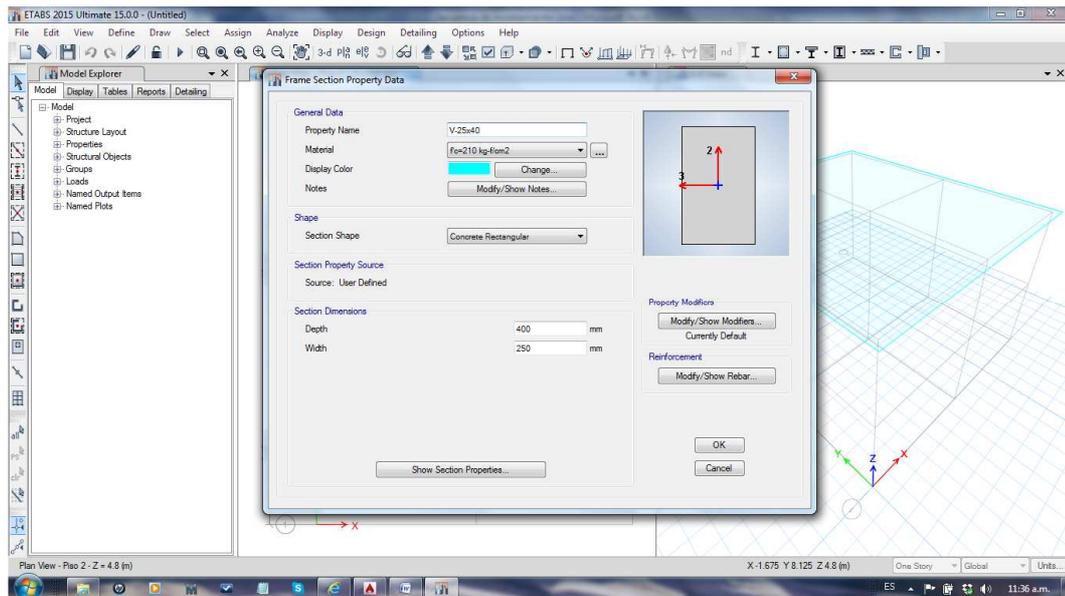


Fuente: Elaboración propia.

Figura N°24

Definición de las propiedades de los materiales, sección de las vigas

V-2 : 0.25 x 0.40 m.

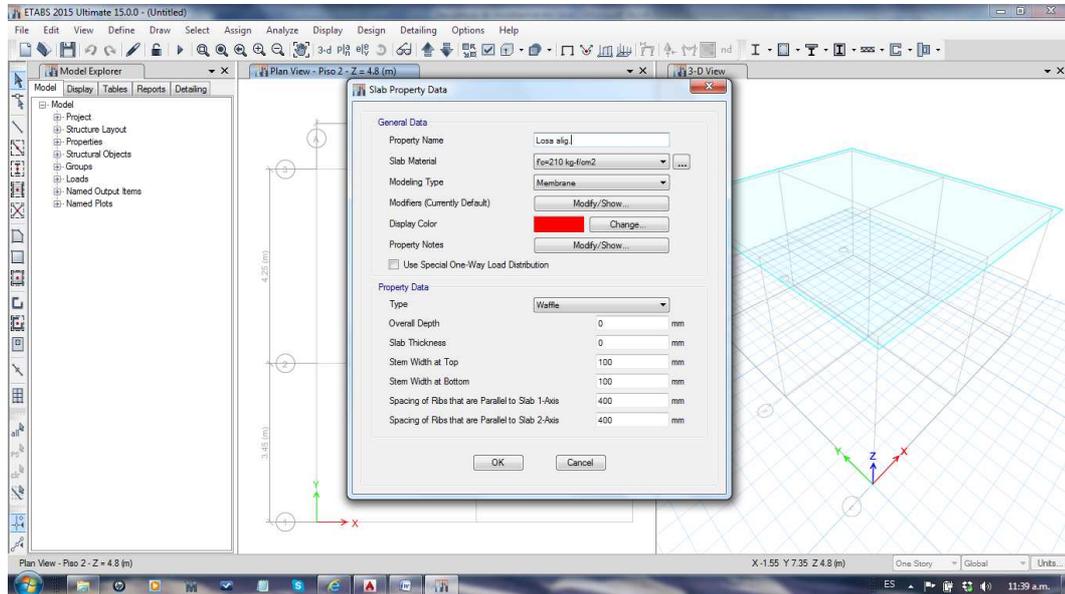


Fuente: Elaboración propia.

Figura N°25

Definición de las propiedades de los materiales, características

Losa aligerada,  $e = 20$  cm.

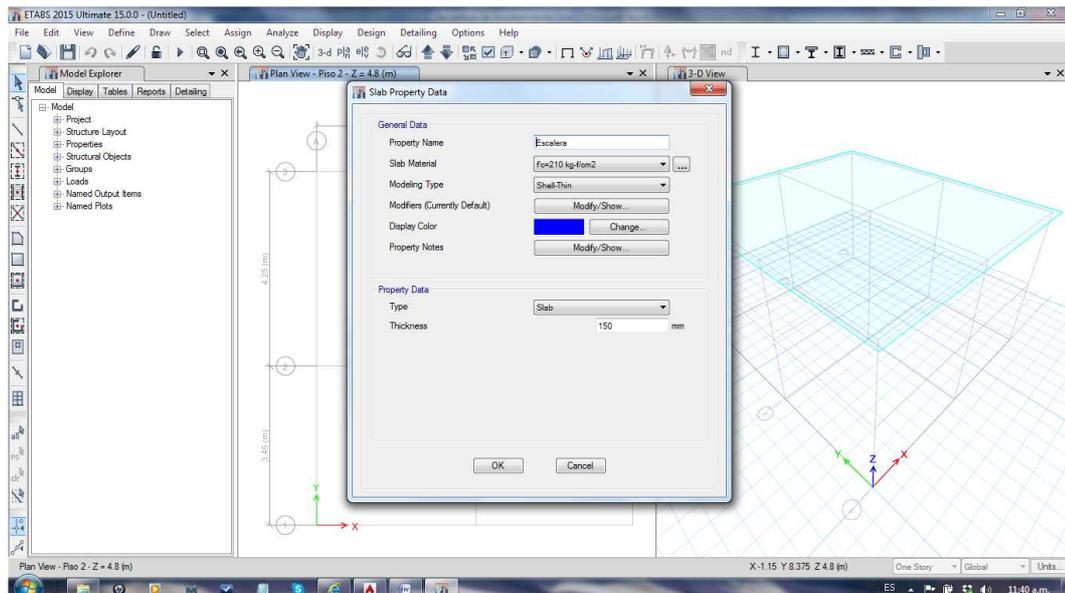


Fuente: Elaboración propia.

Figura N°26

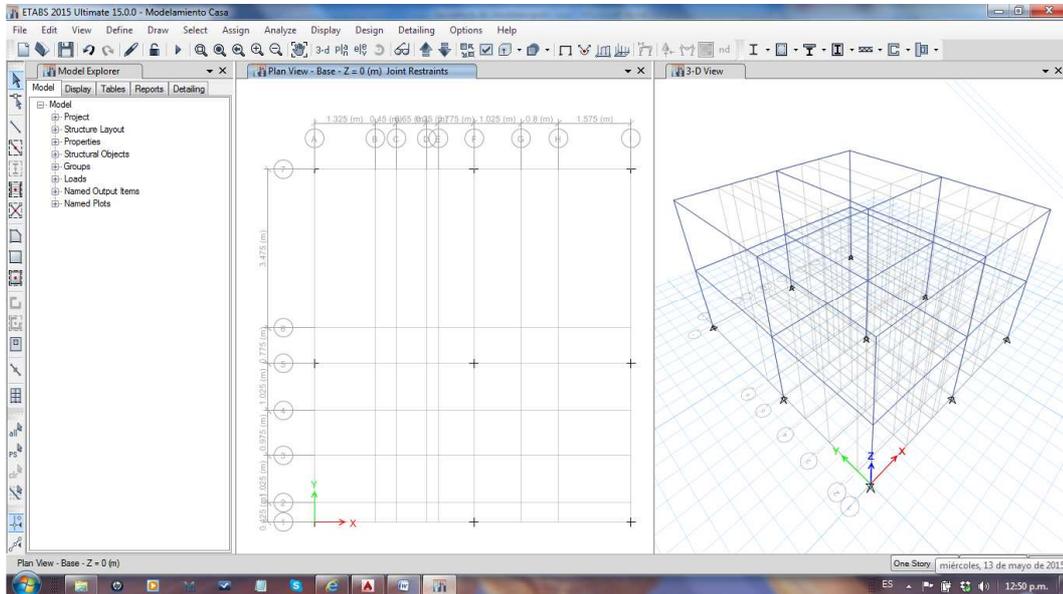
Definición de las propiedades de los materiales, características

escalera y el descanso,  $e = 15$  cm.



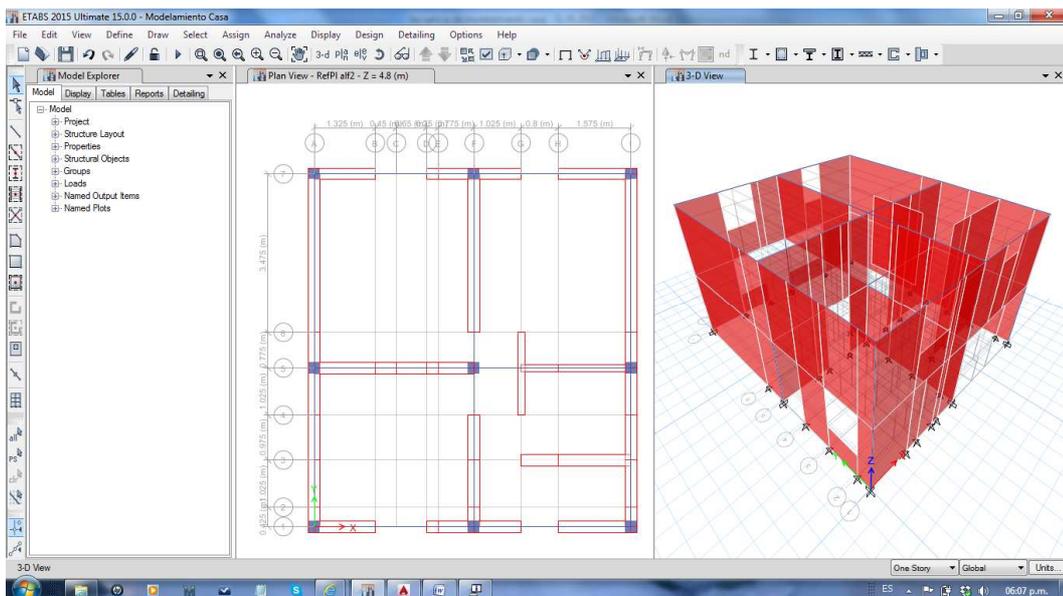
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°27  
Desarrollamos el proceso de modelo computacional  
dibujo de columnas, vigas y restricciones



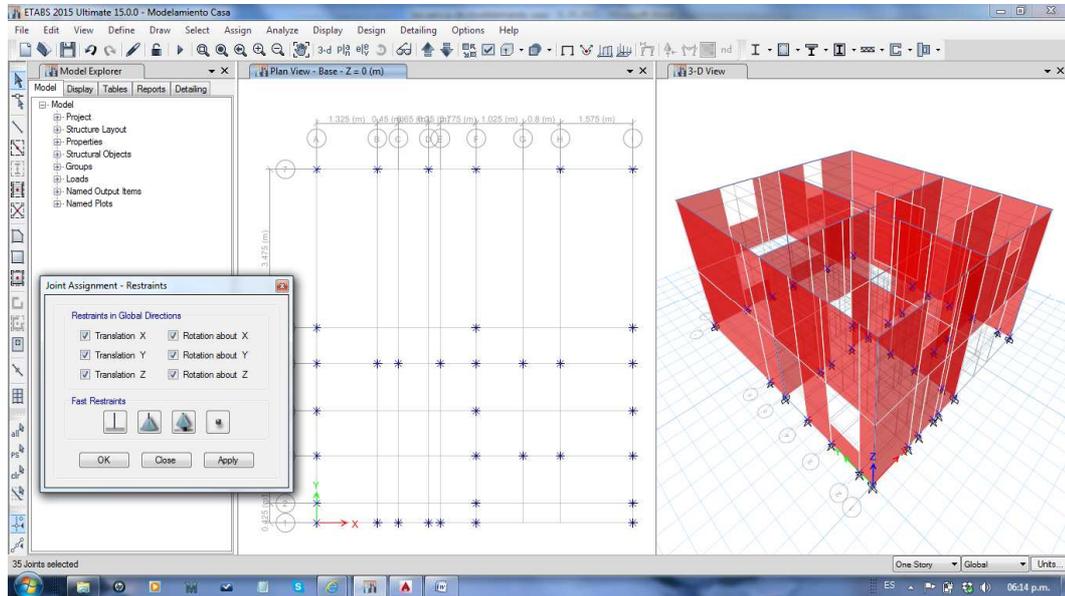
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°28  
Dibujo de muros



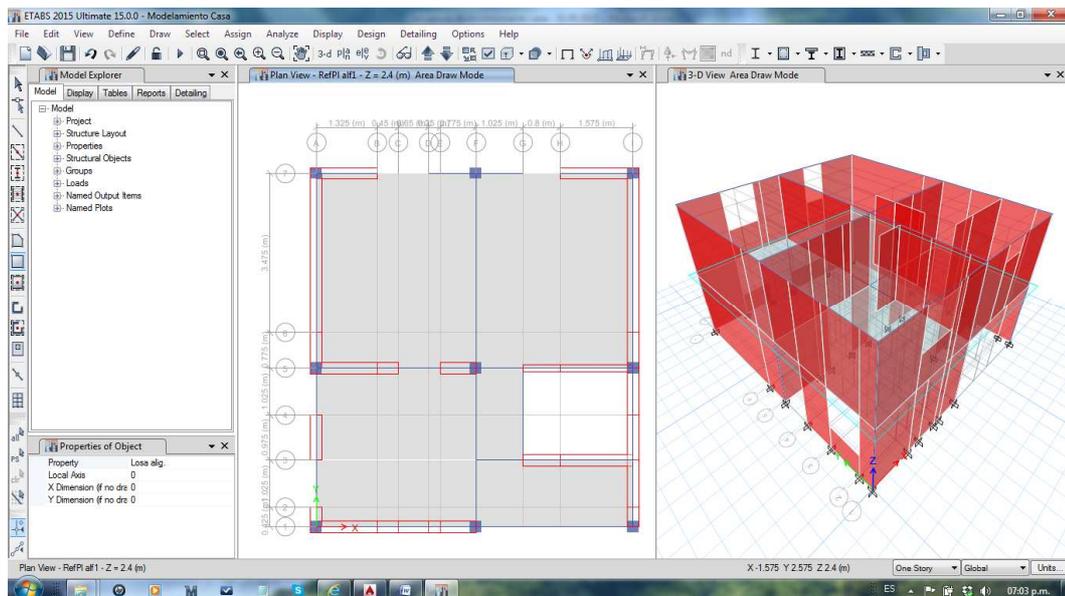
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°29  
Empotramiento fijo de la estructura en la base



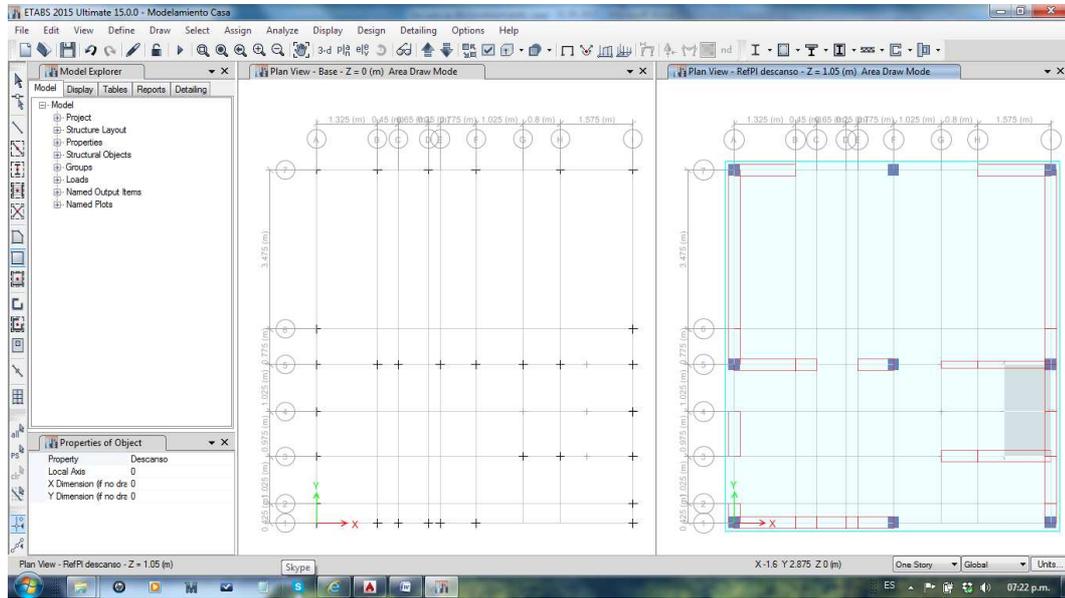
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°30  
Asignación de losa aligerada



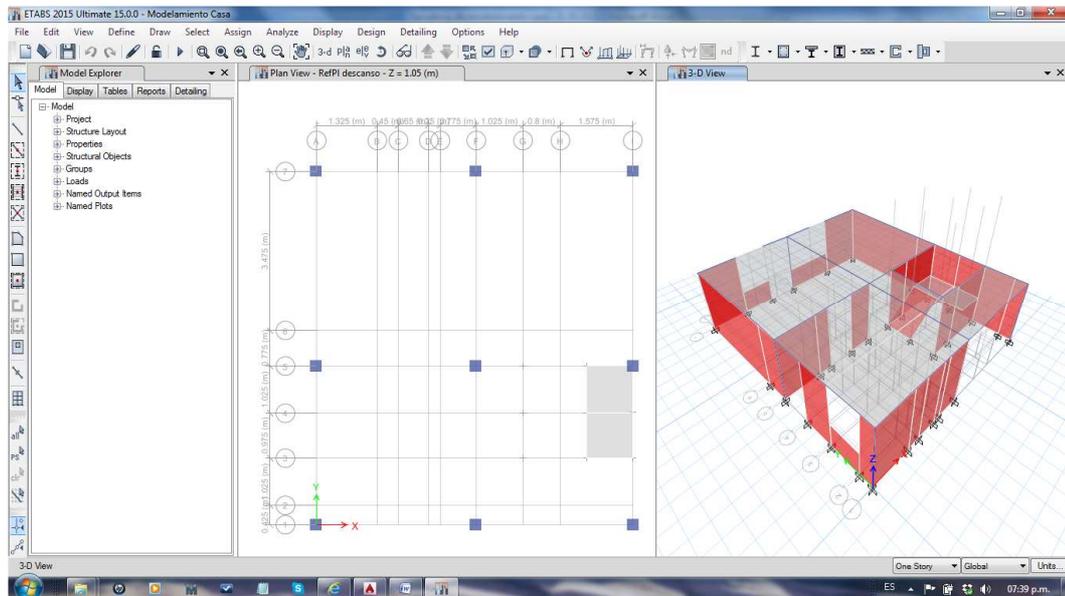
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°31  
Dibujo del descanso y la escalera



Fuente: Elaboración propia.

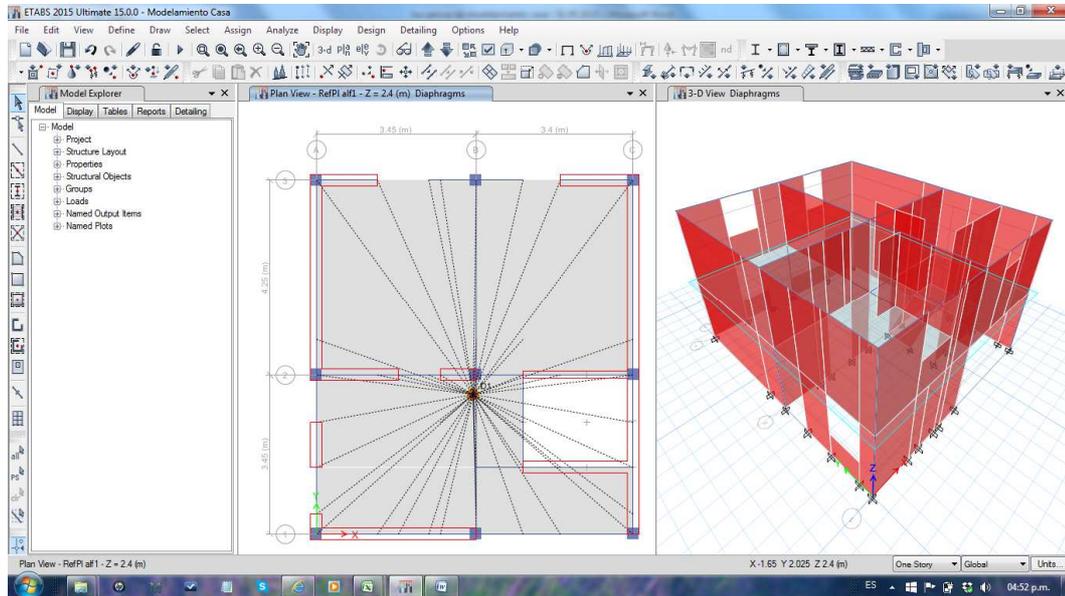
Figura N°32  
Dibujo del descanso y la escalera



Fuente: Elaboración propia.

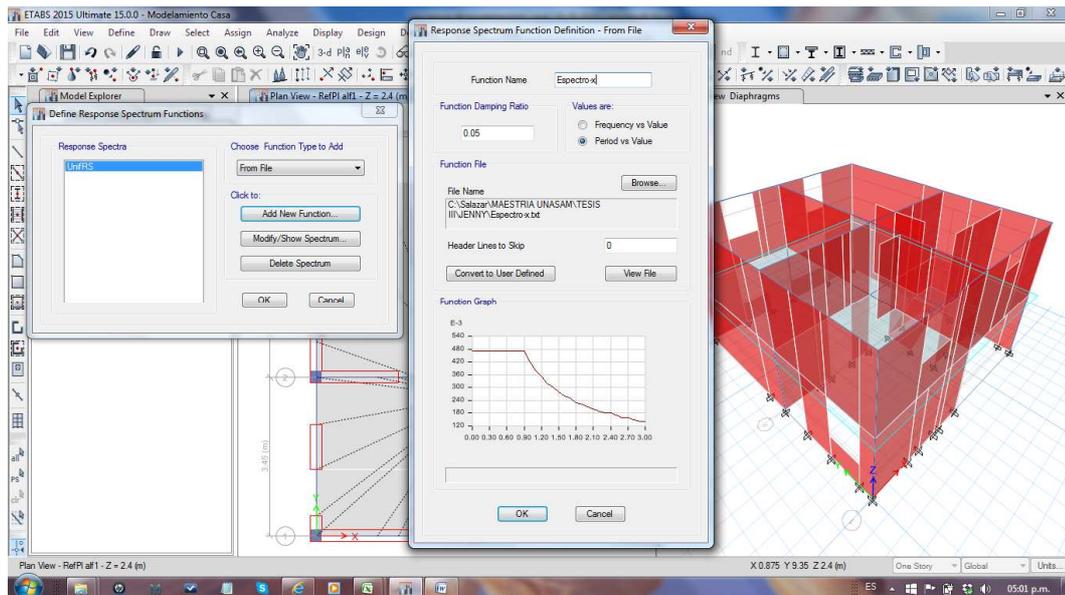
## ANALISIS DINAMICO

Figura N°33  
Asignación de diafragmas



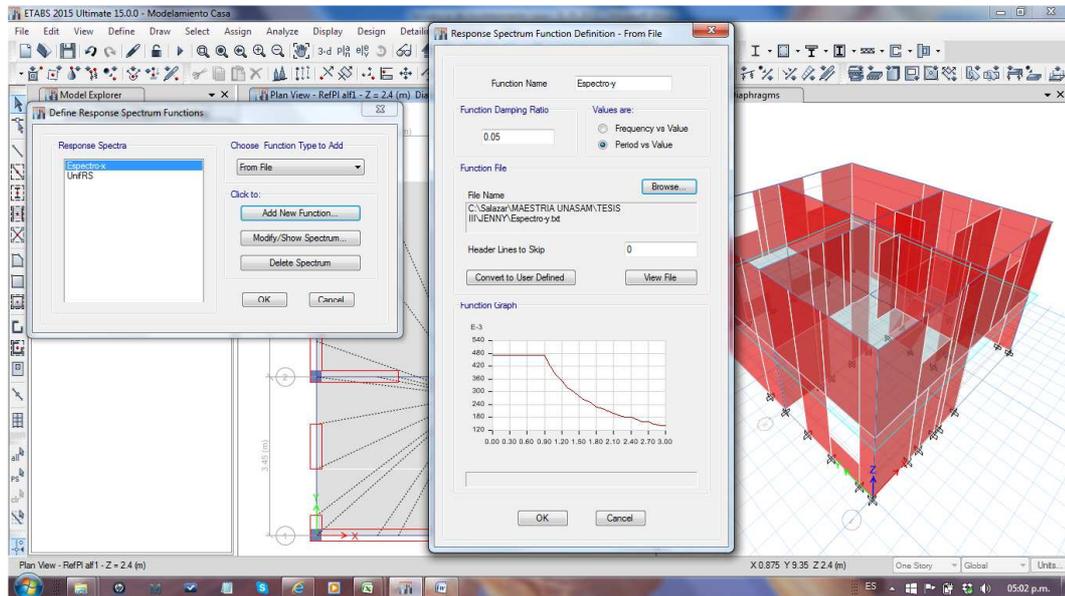
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°34  
Definición del espectro de respuesta en la dirección "X"



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°35  
Definición del espectro de respuesta en la dirección “Y”

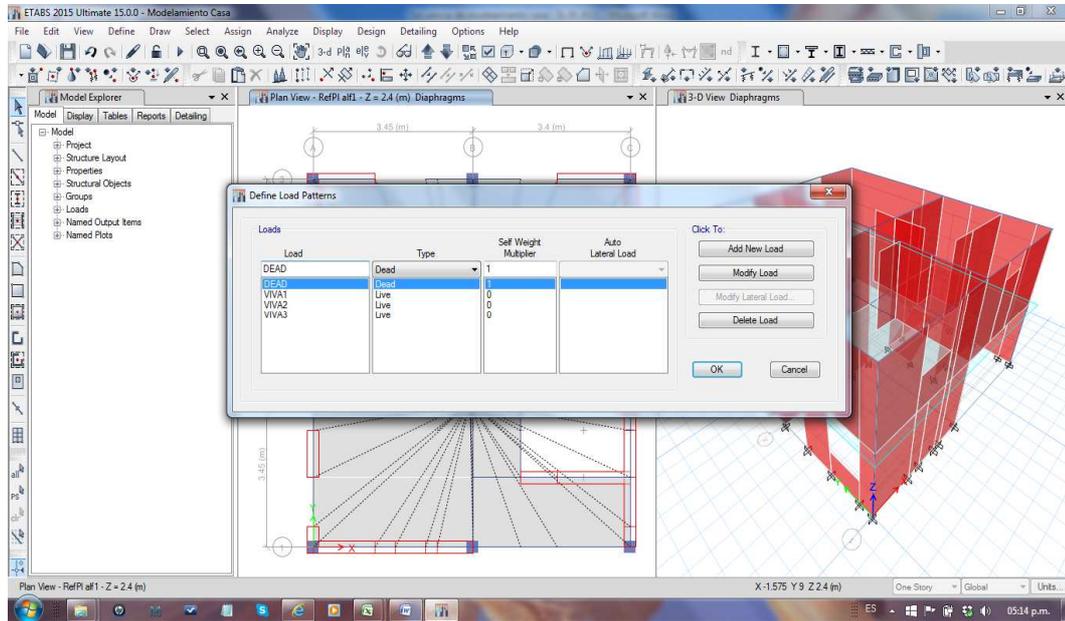


Fuente: Elaboración propia.

➤ **Estados de carga.**

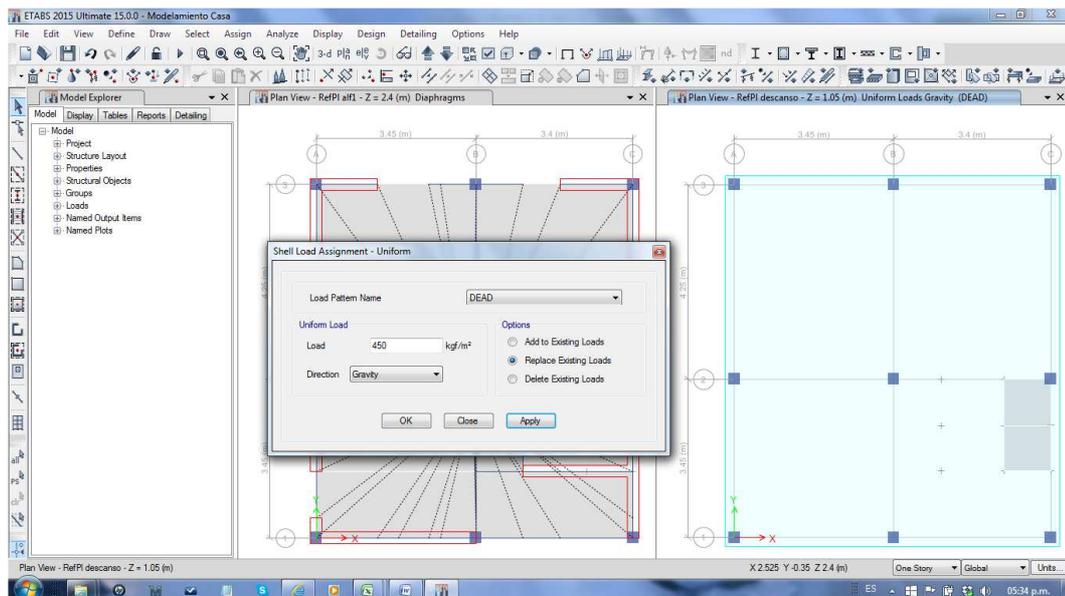
Para analizar la estructura de concreto armado, utilizaremos 2 estados de carga estáticos: Cargas permanentes (Dead) y Cargas vivas (Live), solo consideraremos el factor por peso propio como 1 en el estado de cargas muertas (lo que significa que el programa considerara el peso propio de los elementos). Para el caso de cargas vivas definiremos Carga Viva 1, Carga Viva 2 y Carga Viva 3 para poder realizar la alternancia de cargas.

Figura N°36  
Asignación de los estados de carga



Fuente: Elaboración propia.

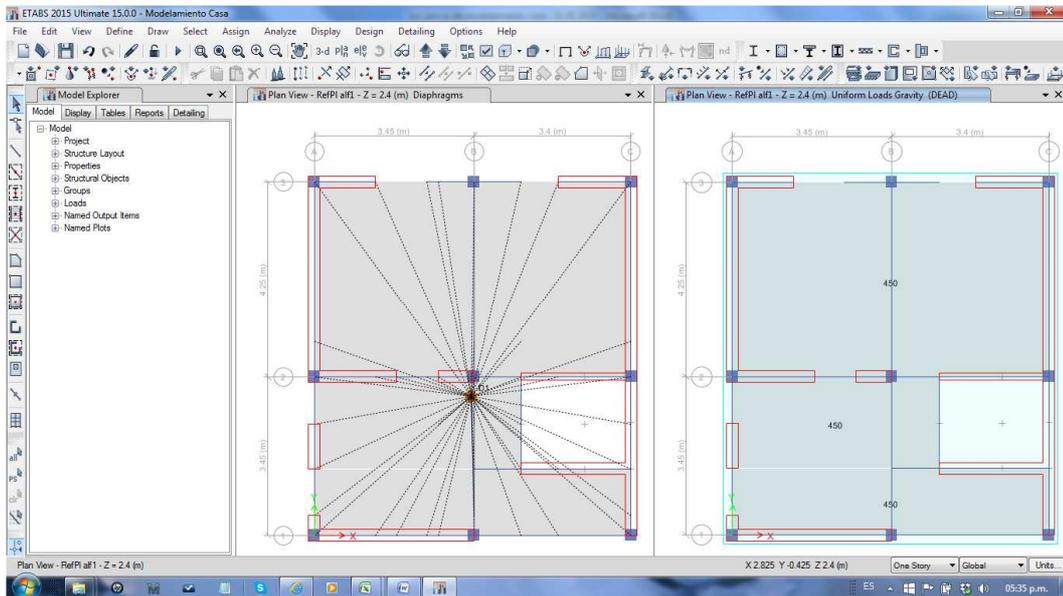
Figura N°37  
Asignación de carga muerta a la estructura; seleccionamos la losa (sin considerar la escalera)



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°38

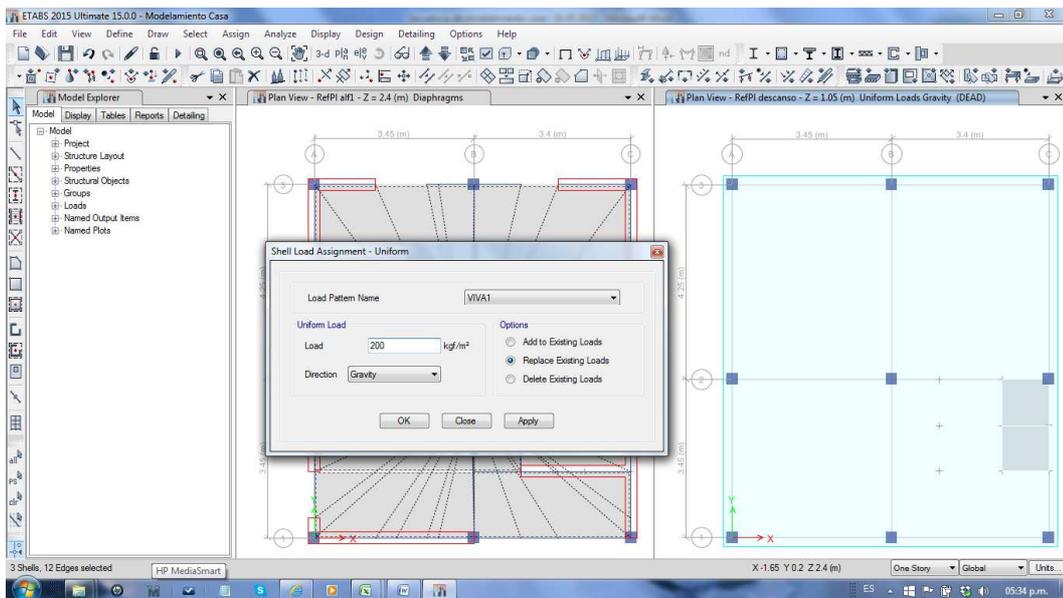
Ubicación del diafragma por influencia de la carga muerta



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°39

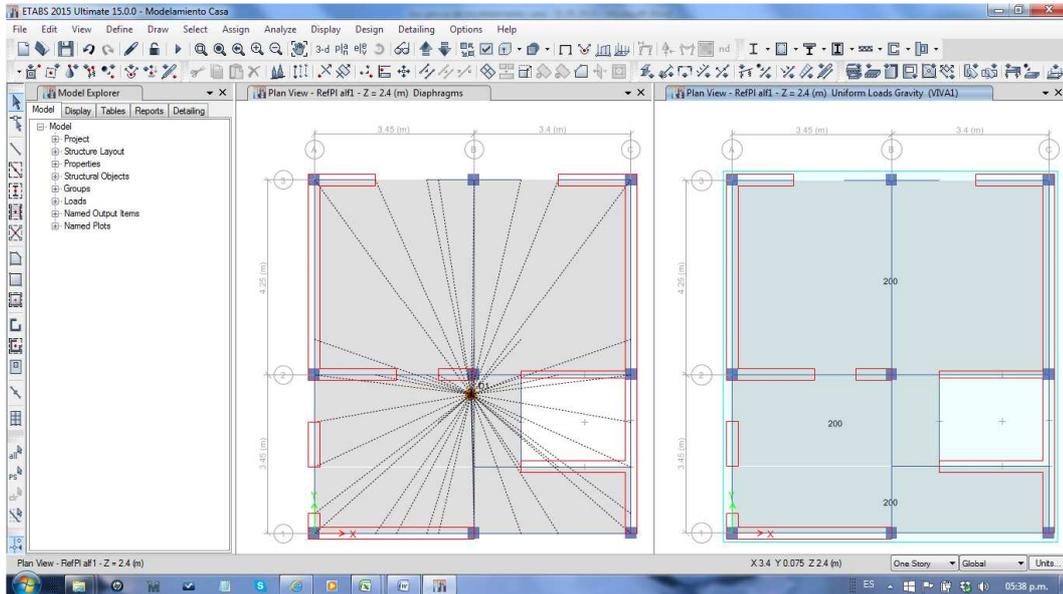
Asignación de carga viva a la estructura; seleccionamos la losa (sin considerar la escalera)



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°40

Ubicación del diafragma por influencia de la carga viva

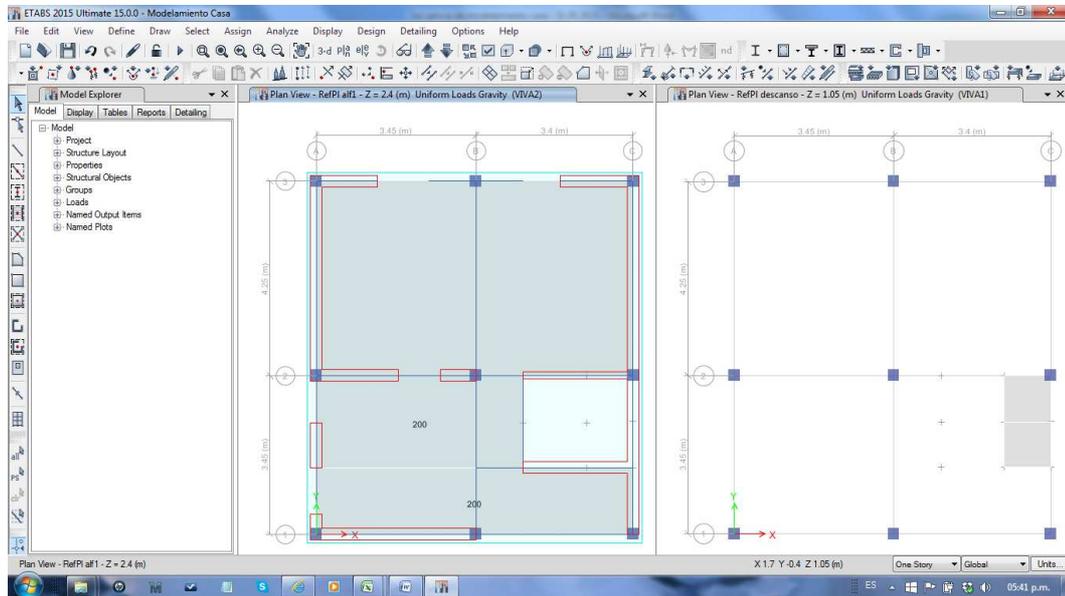


Fuente: Elaboración propia.

Para los estados de VIVA 2 y VIVA 3, las cargas serán asignadas por paños intercalados; esto es para representar la alternativa de las sobrecargas que se puede presentar.

Figura N°41

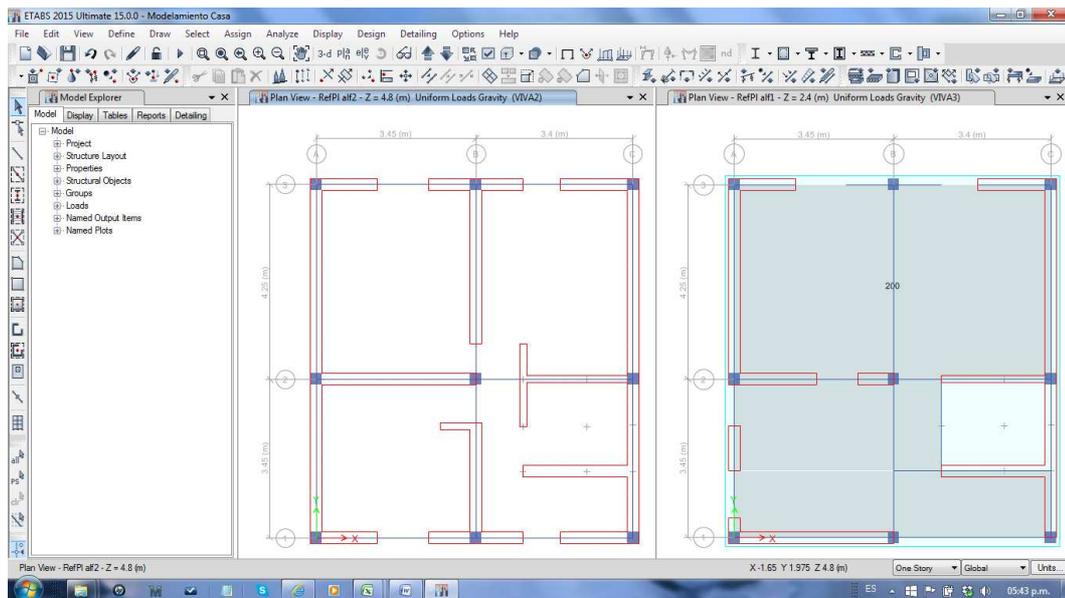
Asignación de carga viva 2 a la estructura; seleccionamos la losa (sin considerar la escalera)



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°42

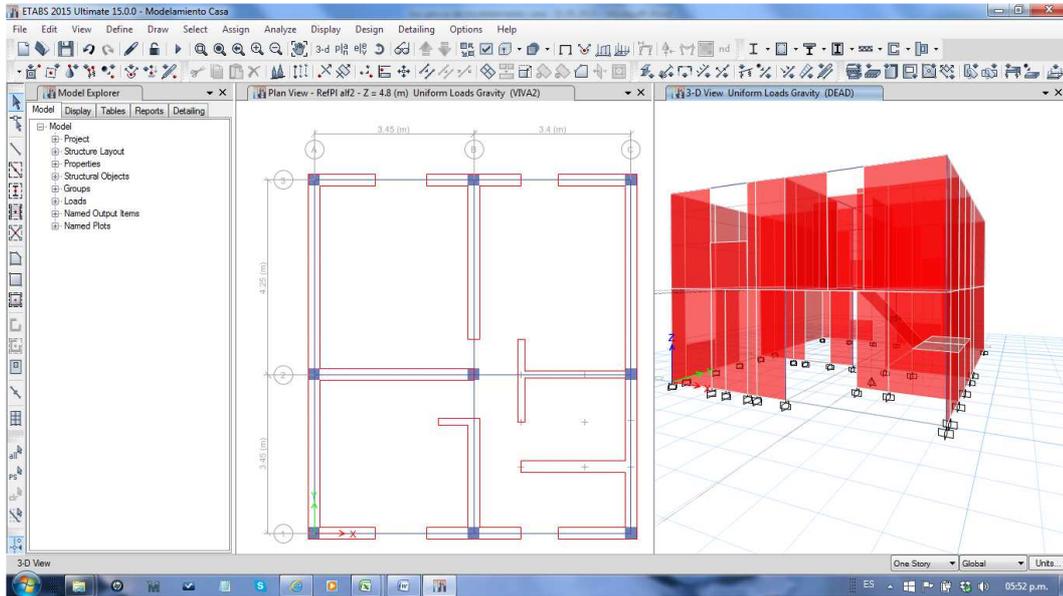
Asignación de carga viva 2 a la estructura; seleccionamos la losa (sin considerar la escalera)



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°43

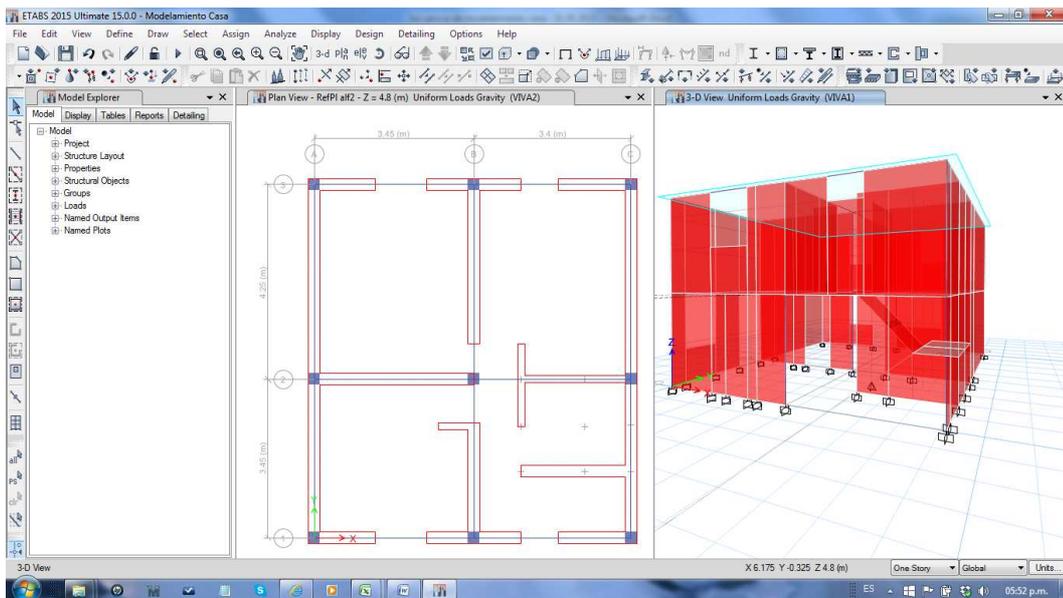
Asignación de carga muerta en las escaleras, 100 kg/cm<sup>2</sup> (acabado)



Fuente: Elaboración propia.

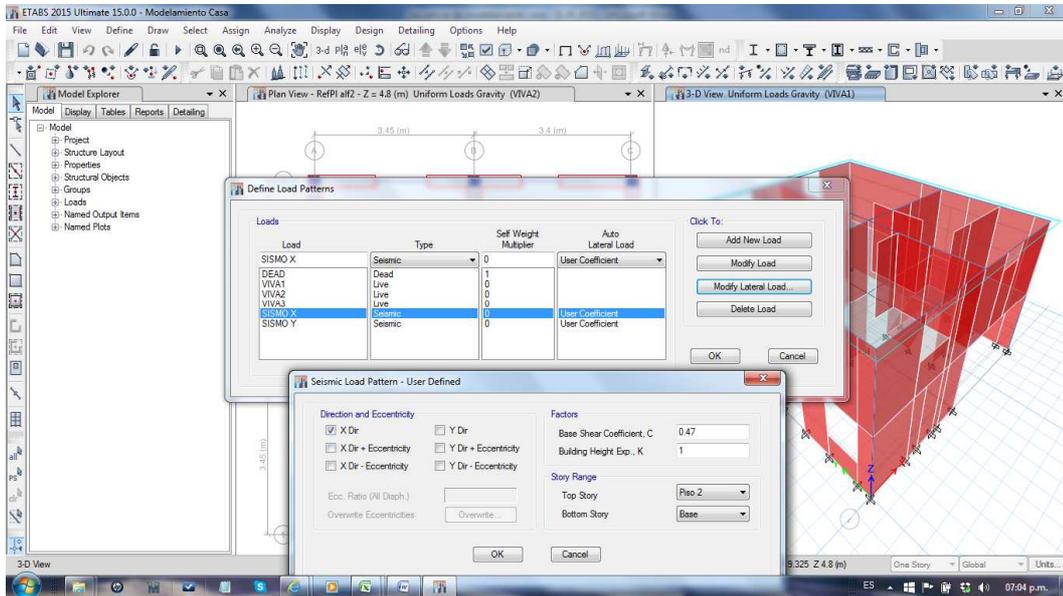
Figura N°44

Asignación de carga viva en las escaleras, sobrecarga de 200 kg/cm<sup>2</sup>



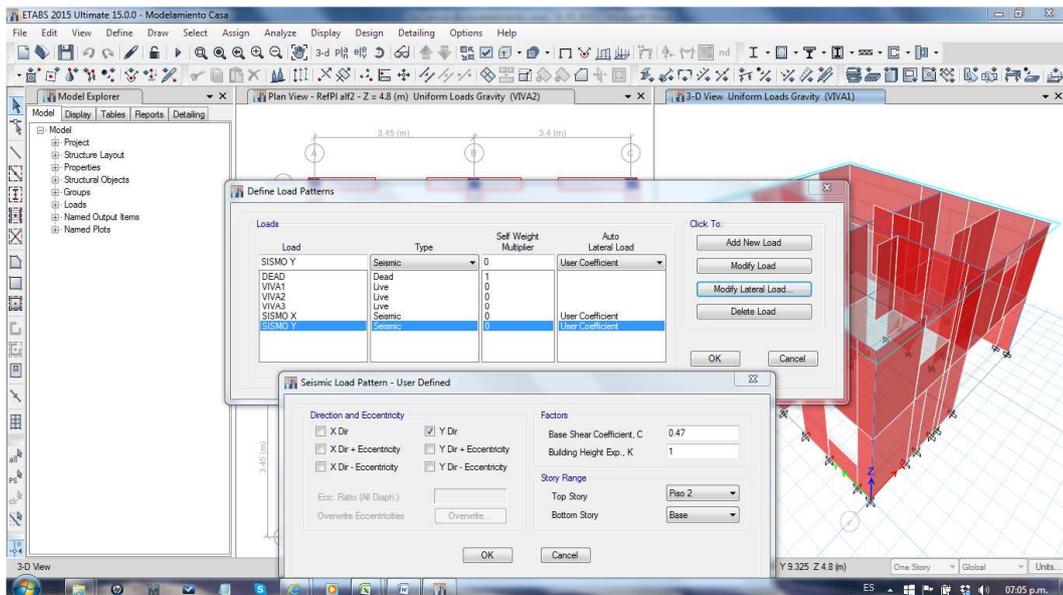
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°45  
 Definimos patrones de carga, sismo en dirección “X”



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°46  
 Definimos patrones de carga, sismo en dirección “Y”

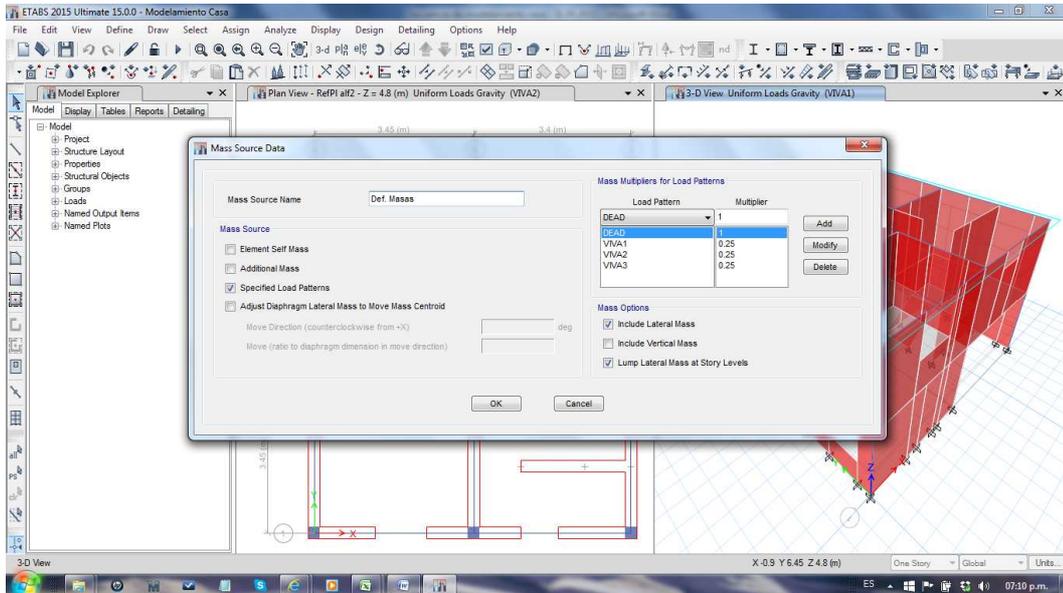


Fuente: Elaboración propia.

Figura N°47

### Cálculo de masas para el análisis dinámico

Para realizar el análisis dinámico de la estructura será necesario definir la forma en que el programa calculara las masas de la edificación.

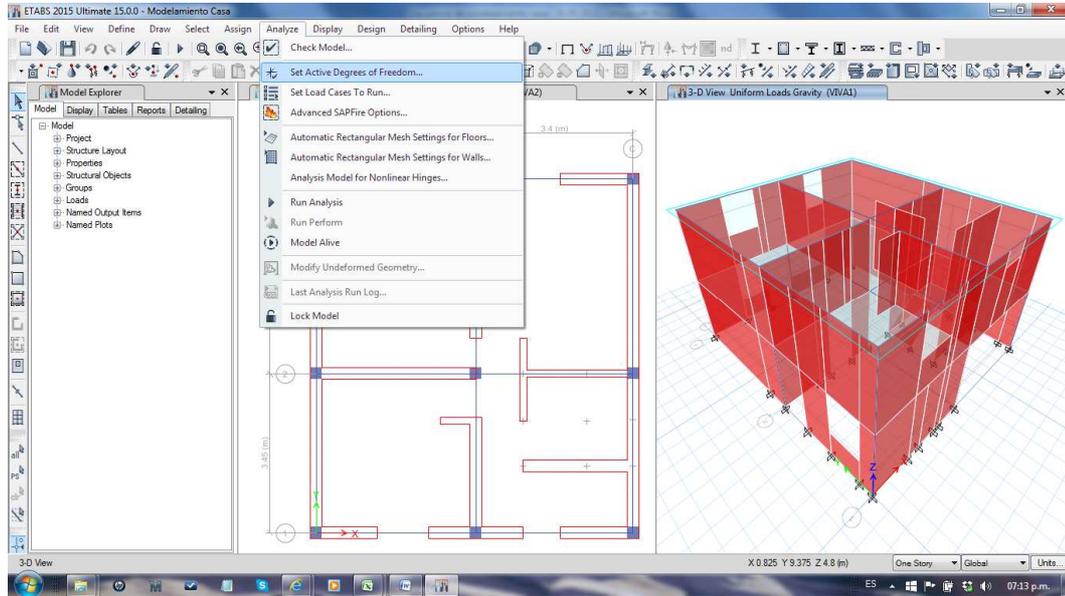


Fuente: Elaboración propia.

Figura N°48

### Análisis del modelo

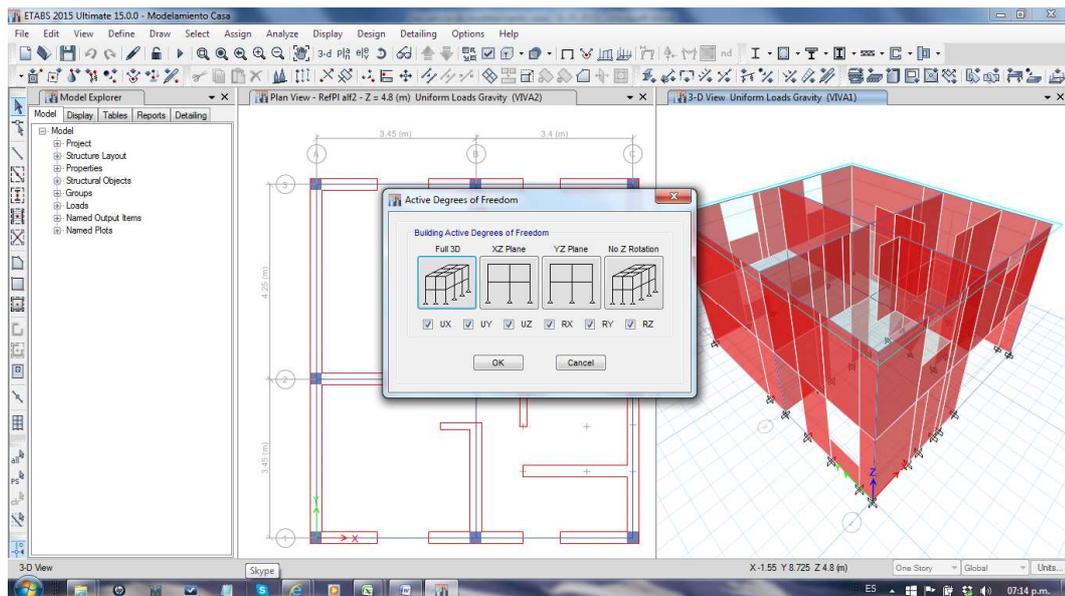
Antes de ejecutar el análisis debemos verificar que este activada la opción de análisis tridimensional



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°49

### Empotramiento de las columnas en el piso



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.1. Combinaciones de carga.

La resistencia requerida se obtiene del Artículo 9.2 de la NTE E.060 para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será realizada con las siguientes combinaciones.

Cuadro N°08

Combinaciones de carga

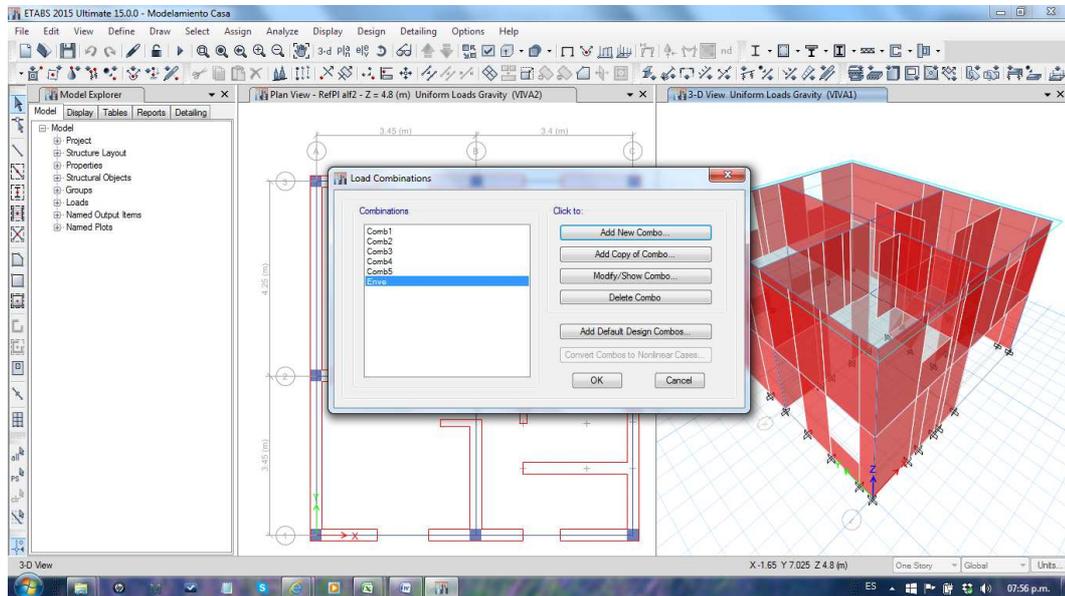
U	D	V	S
1	1.40	1.70	
2	1.25	1.25	1.25
3	1.25	1.25	-1.25
4	0.90		1.25
5	0.90		-1.25

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.2. Envolvente.

ENVE :  $U1 + U2 + U3 + U4 + U5$

Figura N°50  
Asignación de carga envolvente



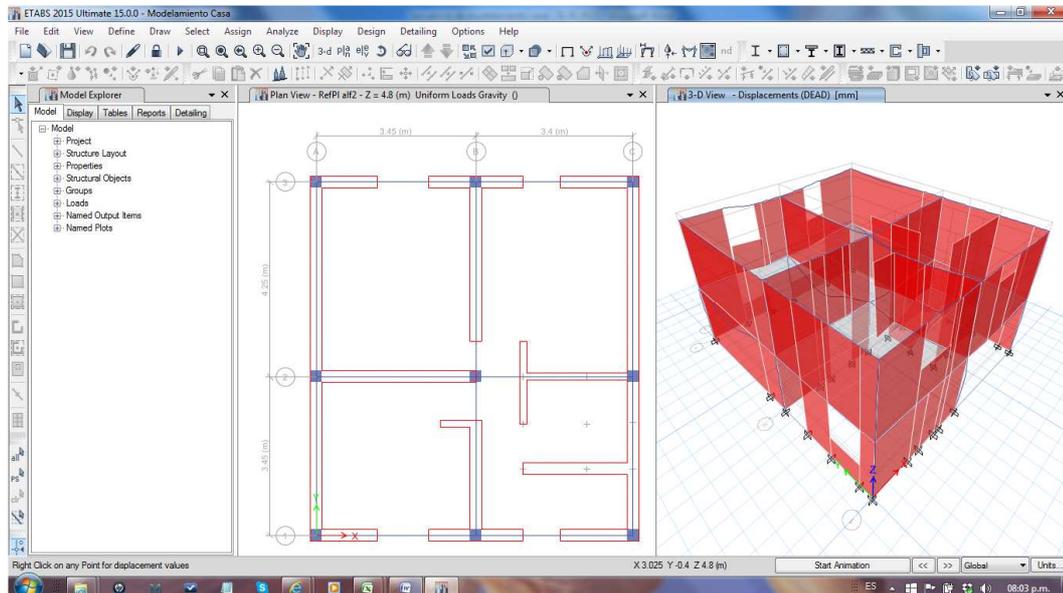
Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.3 Resultados del análisis dinámico.

Realizando el análisis, se puede obtener las deformadas de la edificación por efecto de los diferentes estado de carga y combinaciones definidas anteriormente y podremos obtener los desplazamientos y distorsiones laterales de los entresijos de la estructura.

Figura N°51

## Verificación de los desplazamientos



Fuente: Elaboración propia.

➤ Análisis dinámico modal espectral

Máximo desplazamiento permitido :

$$0.005 \times 5.20 = 0.0260 \text{ m} = 26.00 \text{ mm.}$$

Cuadro N°09

Desplazamientos máximos de la vivienda con respecto a la base

Story	Diafragma	Carga	UX mm	UY mm	UZ mm	RX rad	RY rad	RZ rad	Punto	X m	Y m	Z m
Piso 2	D2	SISMO X	0.500000	0.004369	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000009	30	3.513	3.676	4.800
Piso 2	D2	SISMO Y	0.004032	0.400000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000006	30	3.513	3.676	4.800
Piso 1	D1	SISMO X	0.300000	0.006657	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000007	121	3.443	3.753	2.400
Piso 1	D1	SISMO Y	0.006549	0.300000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000007	121	3.443	3.753	2.400

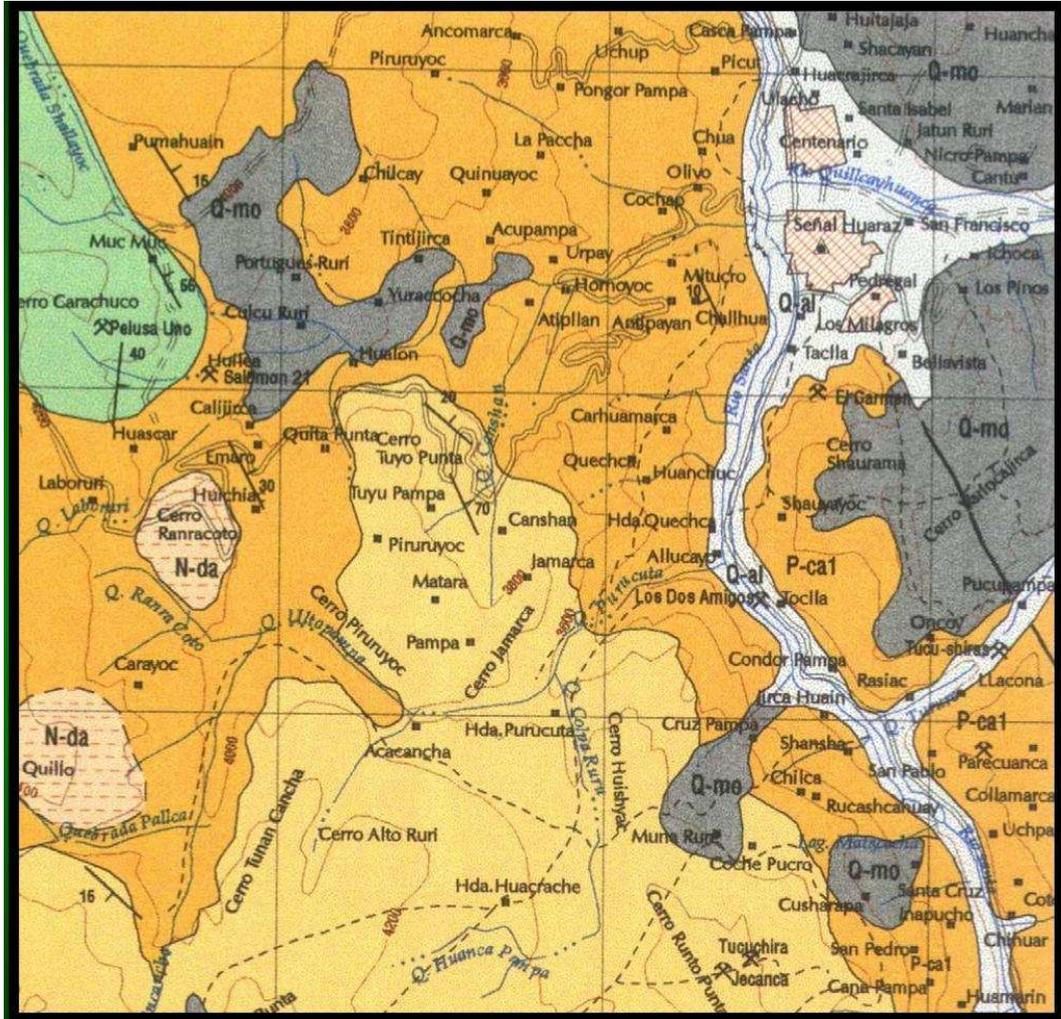
Fuente: Elaboración propia.

Comprobamos que el desplazamiento máximo de 0.50 mm, ocurre en el Piso 2; el cual es menor al desplazamiento máximo de 26.00 mm, permitido por la norma técnica E.030 del reglamento nacional de edificaciones

4.5. Mapas:

Mapa N° 01

MAPA GEOLOGICO REGIONAL DE HUARAZ 1,996

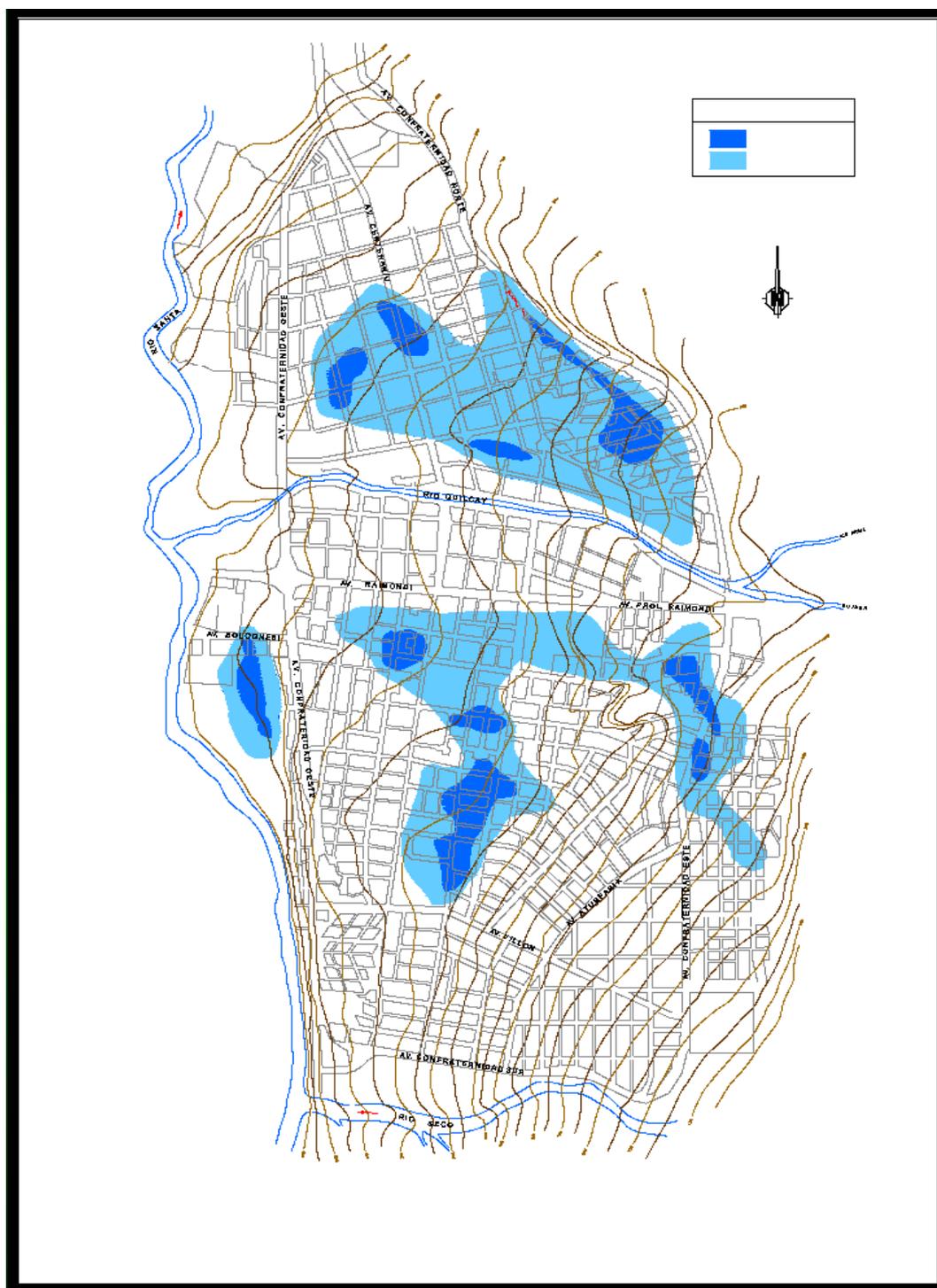


Fuente : INGEMMET, 1996



## Mapa N° 02

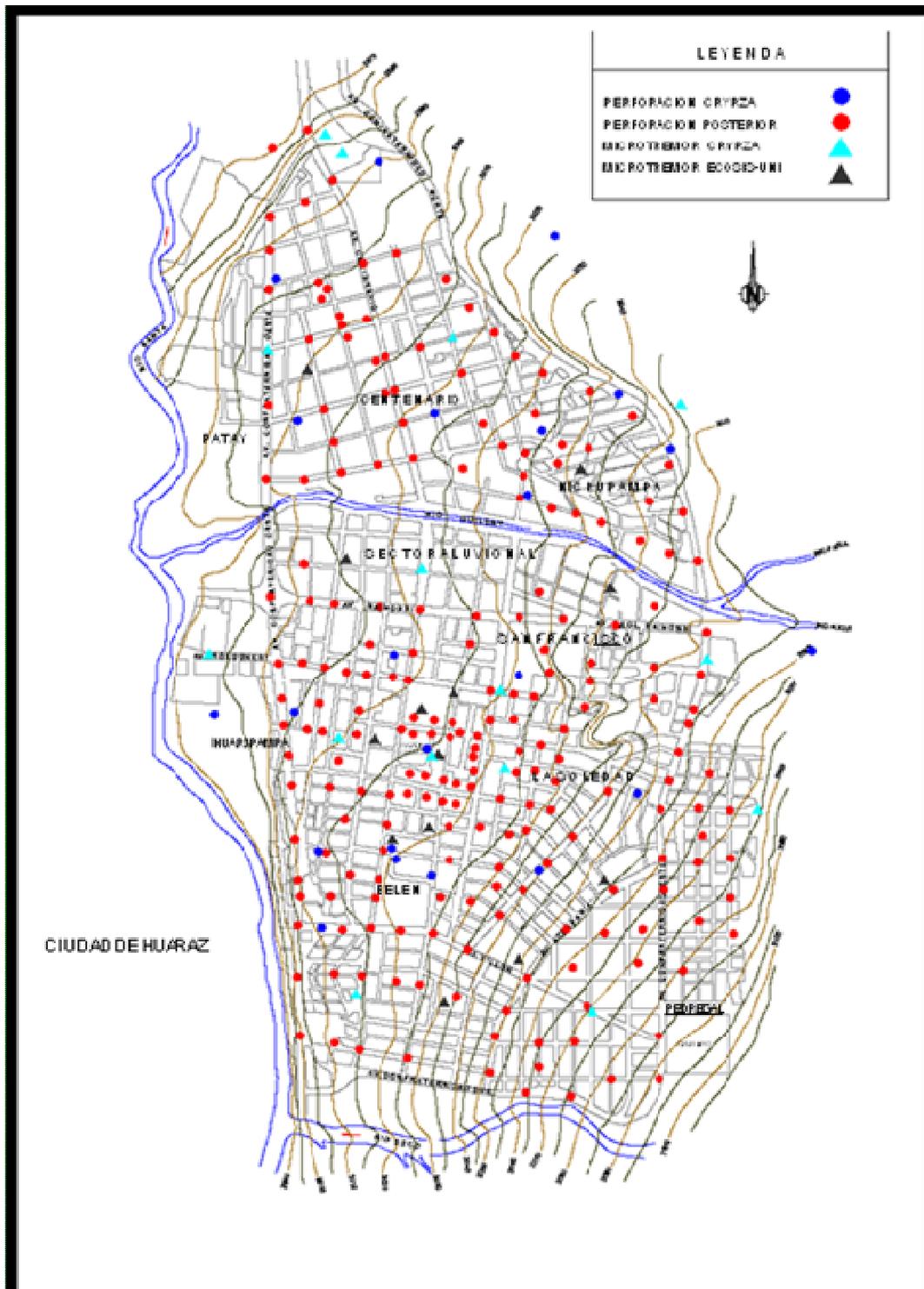
### MAPA DE UBICACIÓN DE NAPA FREÁTICA 1972



Fuente : LAGESA, 1972

Plano N° 03

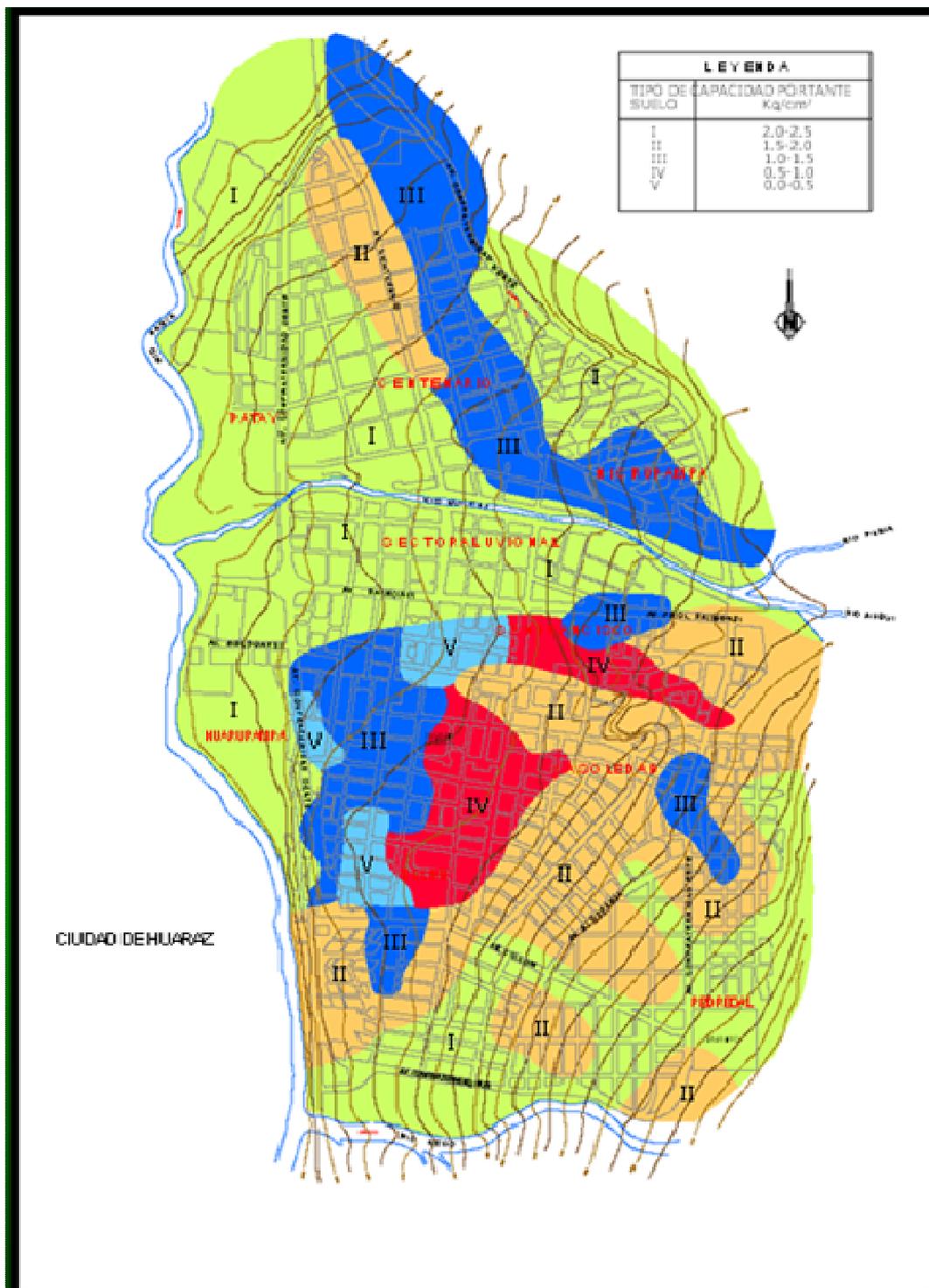
PLANO UBICACIÓN DE PERFORACIONES Y MICROTREMOR 1,984



Fuente : Chávez, 1984

### Mapa N° 03

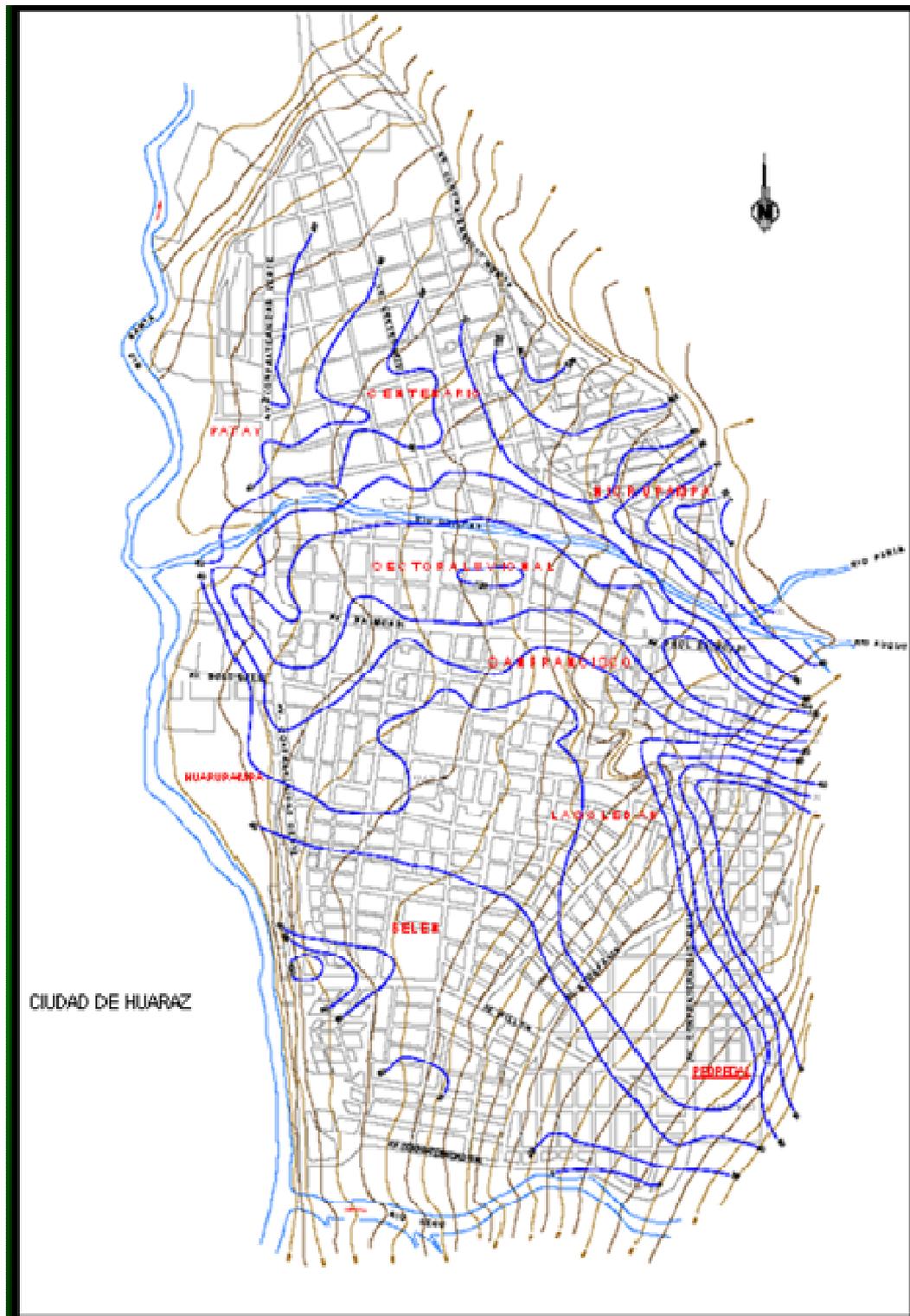
### MAPA DE TIPOS DE SUELOS 1,984



Fuente : Ordoñez, 1984

Plano N° 04

PLANO DE PROFUNDIDADES DE BASAMENTO ROCOSO 1,972

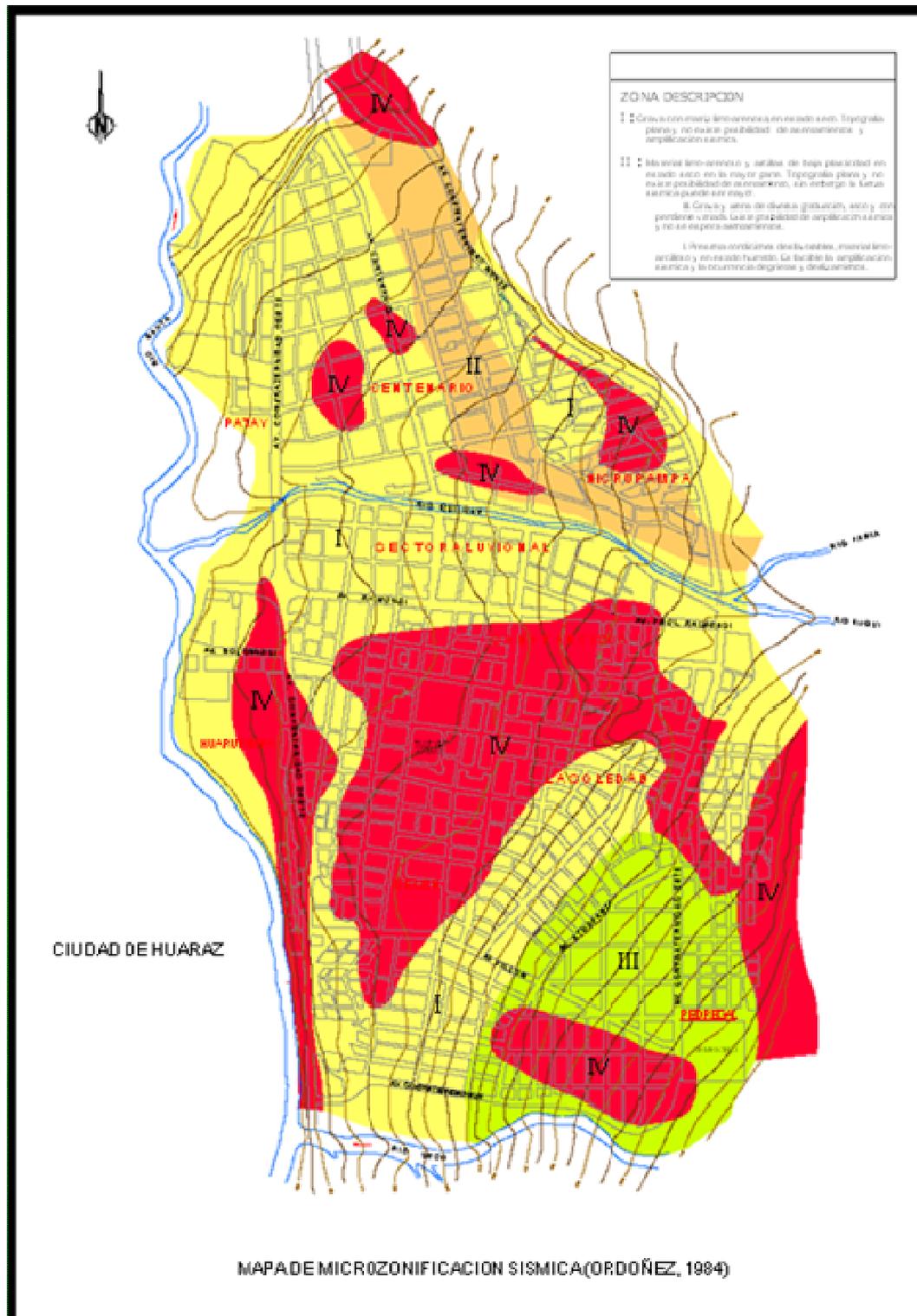


Fuente : Armas, 1972



Plano N° 06

PLANO DE MICROZONIFICACION SISMICA 1984



Fuente : Ordoñez, 1984

## V. DISCUSIÓN

Se puede apreciar que existe un 75% de viviendas con vulnerabilidad sísmica media. Debido al mal comportamiento estructural de las viviendas sociales frente a un sismo severo. Principalmente por problemas de suelo de fundación, que como refiere los antecedentes de estudio no son aptos para construcción de viviendas porque amplifican el sismo, fallando en primer lugar los muros portantes y los elementos de confinamiento como columnas de confinamiento y vigas de confinamiento, por asentamiento diferencial. Lo que comprueba según estudios realizados con anterioridad que las viviendas sociales construidas con el sistema estructural de albañilería confinada son capaces de soportar sismos moderados, pero no sismos severos; y que para que estos puedan mejorar su comportamiento estructural bajo sismos severos deben ser reforzados.

Las viviendas sociales del barrio de la Soledad baja presentan un 22% de vulnerabilidad sísmica baja, debido principalmente a la no ocurrencia de sismos severos en su ámbito y al buen mantenimiento que los pobladores del barrio de la Soledad realizan de manera permanente.

Las viviendas sociales en estudio no presentan vulnerabilidad en sus elementos no estructurales, debido a que se encuentran debidamente anclados en la estructura; pero si se observa estantes no asegurados en los muros, lo que provocaría su caída con facilidad ante un sismo severo.

Por lo que en el presente estudio se rechaza la hipótesis de la existencia de un alto índice de vulnerabilidad sísmica estructural de viviendas sociales del barrio de la Soledad, existiendo en cambio una vulnerabilidad sísmica media.

Los estudios de vulnerabilidad sísmica permiten iniciar el proceso de estudio más profundo de cálculo de daño probable y riesgo sísmico de las edificaciones.

### **CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Por lo expuesto en el presente estudio, se rechaza la hipótesis de la existencia de un alto índice de vulnerabilidad sísmica estructural de viviendas sociales del barrio de la Soledad, existiendo en cambio una vulnerabilidad sísmica estructural media.

## VI. CONCLUSIONES

1. Las viviendas sociales del barrio de la Soledad baja de la Ciudad de Huaraz no poseen un alto índice de vulnerabilidad sísmica estructural sino poseen un índice de vulnerabilidad sísmica estructural media del orden del 75%.
2. Existe un índice de vulnerabilidad sísmica baja en las viviendas sociales del orden del 22%.
3. Existe un índice de vulnerabilidad sísmica alta en las viviendas sociales del orden del 3%.
4. Las viviendas sociales estudiadas no presentan vulnerabilidad no estructural.
5. De acuerdo a la norma técnica E.030 del reglamento nacional de edificaciones, el máximo desplazamiento permitido es:

$$0.005 \times 5.20 (5\% \times h_{\text{edificación}}) = 0.0260 \text{ m.} = 26.00 \text{ mm.}$$

Mientras que el análisis dinámico modal espectral reporta un desplazamiento máximo de 0.50 mm; que ocurre en el Piso 2.

Cuadro N°10

Desplazamientos máximos de la vivienda con respecto a la base

Story	Diafragma	Carga	UX mm	UY mm	UZ mm	RX rad	RY rad	RZ rad	Punto	X m	Y m	Z m
Piso 2	D2	SISMO X	0.500000	0.004369	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000009	30	3.513	3.676	4.800
Piso 2	D2	SISMO Y	0.004032	0.400000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000006	30	3.513	3.676	4.800
Piso 1	D1	SISMO X	0.300000	0.006657	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000007	121	3.443	3.753	2.400
Piso 1	D1	SISMO Y	0.006549	0.300000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000007	121	3.443	3.753	2.400

Fuente: Elaboración propia.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Las viviendas sociales del barrio de la Soledad baja de la ciudad de Huaraz deben ser reforzadas para mejorar su comportamiento ante un evento sísmico severo.
2. Realizar un estudio de riesgo sísmico para las nuevas construcciones en Huaraz, principalmente las informales.

## VIII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

1. Ahumada V. José Luis, “Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica usando el método del Índice de Vulnerabilidad en viviendas construidas en el barrio La Paz. Barranquilla-Colombia.
2. Alonso G., José Luis, Microzonificación sísmica de áreas urbanas ¿Qué es y para qué sirve? Rev. Venezolana Ing. [Seriada en línea] 2011 [Citado 1992]; [65 páginas]. Disponible en: [http://www.crid.or.cr/cd/CD\\_Asentamientos\\_Humanos/pdf/spa/doc3194/doc3194.htm](http://www.crid.or.cr/cd/CD_Asentamientos_Humanos/pdf/spa/doc3194/doc3194.htm)
3. Alva Hurtado J.E., Chávez O. Taniwanga W. (1986), “Estudio de Microtrepidaciones en Chimbote y Huaraz” Revista TECNIA, Vol. 03 N°01, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima
4. American Concrete Institute “Requisitos de Reglamento Para Concreto Estructural (ACI 318S-08) y Comentario”
5. Arévalo E. (1985), “Riesgo Sísmico del Departamento de Ancash”, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería. Asesor: Dr. Jorge E. Alva Hurtado.
6. Armas C. (1972) “Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Huaraz”, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería. Asesor: Ing. Julio Kuroiwa.
7. Astroza Maximiliano.”Capacidad de Deformación de Muros de Albañilería Confinada para distintos niveles de desempeño”. Revista de

- Ingeniería Sísmica, enero-junio, número 70. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. DF. México .Página 59-75.
8. Barbat, Alex; Pujades, Luis (2004). “Evaluación de la Vulnerabilidad y del Riesgo Sísmico en zonas Urbanas. Aplicación a Barcelona” Universidad Politécnica de Cataluña, España. 6º Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Sísmica.
  9. Cámara Peruana de la Construcción (2009), “Reglamento Nacional de Edificaciones y sus Modificaciones”, Perú.
  10. Centro Peruano – Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres – CISMID (Feb. 2010), “Estudio de la Vulnerabilidad de Edificaciones en el Distrito de la Molina” Programa : Apoyo a la Gestión Integral de riesgo de desastres naturales a Nivel Urbano.
  11. Chávez O. (1984) “Amplificación Sísmica de Algunas Ciudades del Perú”, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería. Asesor: Dr. Jorge E. Alva Hurtado.
  12. Ernesto D. microzonificación en sentido amplio, Instituto Geofísico del Perú. Perú: Instituto Geofísico del Perú; 1982.
  13. Julca J. y Orbegozo E. “Evaluación de Riesgo Sísmico del Centro Histórico de Chiclayo”. Perú.
  14. Gonzales C. (1994), “Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Huaraz Sector Sur”, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ancash “Santiago Antúnez de Mayolo”. Asesor: Ing. Elio Milla.

15. Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI (2006), “Mapa de Peligros de la Ciudad de Huaraz y sus Áreas de Expansión” Proyecto INDECI – PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles.
16. Jorge E. Hurtado A, Avances en los estudios de microzonificación sísmica en el Perú, Técnica, Vol. 3, N°1, pp 61-74.
17. Juárez Badillo E., Rico Rodríguez A. (1985), “Fundamentos de Mecánica de Suelos”, Tomo I, Editorial Limusa S.A. Tercera Edición, México.
18. Julio K. Reducción Desastres, Viviendo en Armonía con la Naturaleza. Perú: Quebecor World Perú S.A.; 2002
19. Kanaí K, Tanaka T, Morishita T, Osada K. Observation of Microtremor XI Vol. 44. Japón: Earthquake Research Institute; 1966.
20. Laboratorio Geotécnico S.A. (1972). Estudio de Suelos Para Cimentación y Pavimentación de la Ciudad de Huaraz”, Informe presentado al Ministerio de Vivienda y Construcción.
21. Ordoñez A., (1984), “Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica de Huaraz”, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería. Asesor: Dr. Jorge E. Alva Hurtado.
22. Oviedo R. Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico. Rev. Peruana de Investigaciones en Ingeniería Civil [Seriada en línea] 1999 [Citado 2004 Ene]; [65 páginas]. Disponible en: <http://oviedos.tripod.com/peligr.htm>
23. Peralta Henry, (2002)”Escenarios de Vulnerabilidad y Daño Sísmico de las Edificaciones de Mampostería de uno y dos pisos en el barrio San Antonio Cali-Colombia.

24. Ramírez de Alba Horacio, Brenda P, Sandra A. (2007), “Estimación de la Vulnerabilidad Sísmica de Viviendas en Zonas Urbanas”, Universidad Autónoma del Estado de México – Centro de Investigación en Ingeniería Estructural, México.
25. Román S. Sergio, Maximiliano A. (2009), “vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas de Albañilería de Bloques de Hormigón Construidas en el Norte de Chile”, Trabajo de investigación, Universidad de Chile – Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
26. Salazar M. (1994), “Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Huaraz Zona Norte”, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ancash “Santiago Antúnez de Mayolo”. Asesor: Ing. Luis Coral.
27. Samaniego Luis, José R. (2010), “Estudio de la vulnerabilidad Sísmica del Distrito de Rímac en la Ciudad de Lima, Perú”, CISMID – FIC – UNI, Lima, Perú.
28. Silva Bustos Natalia A. (Jul. 2011), “Vulnerabilidad Sísmica Estructural en Viviendas sociales y Evaluación Preliminar de riesgo Sísmico en la Región Metropolitana”, Tesis de Grado, Universidad de Chile – Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas – Departamento de Geofísica.
29. Ugarte Casafranca Ciro, José G, Pedro M, Enrique A, José S. (2006), “Estudio de Vulnerabilidad del Hospital Nacional Cayetano Heredia”, MINSA/ECHO/OPS-OMS, Lima, Perú.
30. Universidad de Chile, Ministerio de Salud, División de Inversiones y Desarrollo de la Red Asistencial. Santiago, Octubre de 2000. “Bases Metodológicas para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de

Edificaciones Estructuradas con Pórticos de Hormigón Armado. Evaluación de elementos Arquitectónicos y Evaluación de Equipamiento”. Centro Colaborador OPS/OMS para Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud.

31. William L, Robert W., Mecánica de suelos, 2da Ed. Instituto Tecnológico de Massachusetts: Limusa S.A.; 1990.
32. World Housing Encyclopedia (2006), “El Desempeño Sísmico de los Edificios de marcos de Concreto Reforzado Rellenos con Paredes de Mampostería” Proyecto Earthquake Engineering Research Institute de la International Association For Earthquake Engineering, California, EE. UU. Publicación Numero WHE-2006-03.

**IX. ANEXOS.**

**MODELO DE FICHA UTILIZADA EN LA INVESTIGACION**

**FICHA TÉCNICA N°.....**

DIRECCIÓN :



Fecha de registro :

Registrador :

Planos de la vivienda :

Pisos de la vivienda social :

Altura entre pisos :

Altura total :

Distancia máxima entre los muros :

Diafragma :

## **PARAMETROS A ANALIZAR**

### **1. Organización del sistema resistente:**

Se evalúa el grado de organización de los elementos verticales prescindiendo del tipo de material. El elemento significativo es la presencia y la eficiencia de la conexión entre las paredes ortogonales con tal de asegurar el comportamiento en "cajón" de la estructura. Se reporta una de las clases:

- A) Edificio construido de acuerdo con las recomendaciones de la norma para la construcción sismo-resistente.
- B) Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre o de adaraja en los muros, capaces de transmitir acciones cortantes verticales.
- C) Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas.
- D) Edificio con paredes ortogonales no ligadas.

### **2. Calidad del sistema resistente:**

Se determina el tipo de mampostería más frecuentemente utilizada, diferenciando, de modo cualitativo, su característica de resistencia con el fin de asegurar la eficiencia del comportamiento en "cajón" de la estructura. La atribución de un edificio a una de las cuatro clases se efectúa en función de dos factores: por un lado, del tipo de material y de la forma de los elementos que constituyen la mampostería. Por otro lado, de la homogeneidad del material y de las piezas, por toda la extensión del muro. Se reporta una de las clases:

- A) Mampostería en ladrillo o bloques prefabricados de buena calidad. Mampostería en piedra bien cortada, con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro. Presencia de ligamento entre las piezas.
- B) Mampostería en ladrillo, bloques o piedra bien cortada, con piezas bien ligadas más no muy homogéneas en toda la extensión del muro.
- C) Mampostería en piedra mal cortada y con piezas no homogéneas, pero bien trabadas, en toda la extensión del muro. Ladrillos de baja calidad y privados de ligamento.
- D) Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad, con la inclusión de guijarros y con piezas no homogéneas o privadas de ligamento.

### 3. Resistencia convencional:

Se evalúa el tipo comportamiento de la estructura, el procedimiento requiere del levantamiento de los siguientes datos:

N : número de pisos.

$A_t$  : área total cubierta en ( $m^2$ ).

$A_{x,y}$ : área total de los muros resistentes en el sentido “X” e “Y” respectivamente en ( $m^2$ ). El área resistente de los muros inclinados un ángulo  $\alpha$  diferente de cero, respecto a la dirección considerada, se debe multiplicar por  $(\cos \alpha)^2$ .

$\tau_k$  : resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en ( $Ton/m^2$ ). En el caso de que la mampostería se componga de

diferentes materiales, el valor de  $\tau_K$  se determina como un promedio ponderado de los valores de resistencia a cortante para cada uno de los materiales  $\tau_i$ , utilizando como factor de peso el porcentaje relativo en área  $A_i$  de cada uno de ellos.

$$\tau_K = \frac{\sum \tau_i A_i}{\sum A_i}$$

$h$  : altura media de los pisos en (m).

$P_m$  : peso específico de la mampostería en (Ton/m<sup>3</sup>).

$P_s$  : peso por unidad de área del diafragma en (Ton/m<sup>2</sup>).

#### **4. Posición del edificio y de la cimentación:**

Por medio de una inspección visual, verificamos la influencia del terreno y sobre la cimentación con la finalidad de evaluar el comportamiento sísmico del edificio; Para ello se considera la consistencia y la pendiente del terreno, la eventual ubicación de la cimentación a diferente cota y la presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén. Se debe reportar una de las siguientes clases:

- A) Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- B) Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es

inferior a 1 metro. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.

- C) Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- D) Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es superior a 1 metro. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.

##### **5. Diafragmas horizontales:**

Se evalúa la calidad de los diafragmas, en función a su comportamiento con los elementos resistentes verticales. Se debe reportar una de las siguientes clases:

- A) Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza que satisfacen las siguientes condiciones:
  - 4. Ausencia de planos a desnivel.
  - 5. La deformabilidad del diafragma es despreciable.
  - 6. La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.
- B) Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con la condición 1.

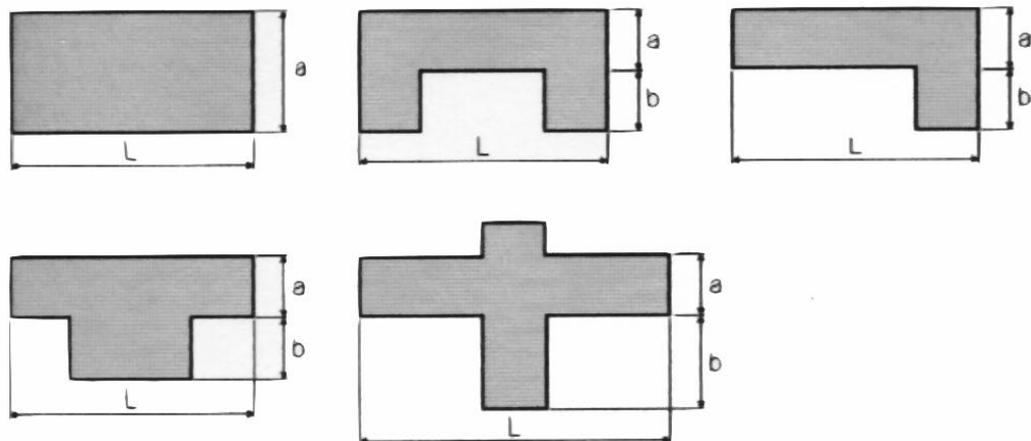
- C) Edificio con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen con las condiciones 1 y 2.
- D) Edificio cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

**6. Configuración en planta:**

Se evalúa la forma del edificio en planta. En el caso de edificios rectangulares con la relación  $\beta_1 = a/L$ , dimensiones en planta del lado menor y mayor; También se evalúa las protuberancias del cuerpo principal mediante la relación  $\beta_2 = b / L$ , en la figura A se explica el significado de los dos valores que se deben reportar; siempre se evalúa el caso más desfavorable.

Figura A

Configuración en planta de la estructura



**7. Configuración en elevación:**

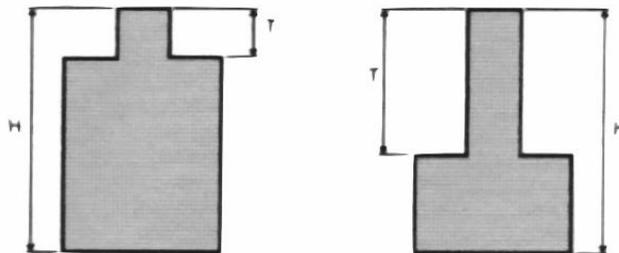
En el caso de edificios de mampostería, sobre todo para los más antiguos, la principal causa de irregularidad está constituida por la presencia de garajes (porches) y torretas. La presencia de porches se reporta como la relación porcentual entre el área en planta del mismo y la superficie total del piso. La

presencia de torretas de altura y masa significativa respecto a la parte restante del edificio se reporta mediante la relación  $T/H$ , tal como se indica en la figura B. No se deben tener en cuenta las torretas de modesta dimensión tales como chimeneas, escapes de ventilación, etc.

También se reporta la variación de masa en porcentaje  $\pm \Delta M/M$  entre dos pisos sucesivos, siendo  $M$  la masa del piso más bajo y utilizando el signo (+) si se trata de aumento o el (-) si se trata de disminución de masa hacia lo alto del edificio. La anterior relación puede ser sustituida por la variación de áreas respectivas  $\pm \Delta A/A$ , evaluando en cualquiera de los dos casos el más desfavorable.

Figura B

Configuración en elevación de la estructura



#### 8. Distancia máxima entre los muros:

A través de este parámetro se considera la presencia de muros maestros interceptados por muros transversales ubicados a distancia excesiva entre ellos. Se reporta el factor  $L/S$ , donde  $L$  es el espaciamiento de los muros transversales y  $S$  el espesor del muro maestro, evaluando siempre el caso más desfavorable.

## **9. Tipo de cubierta:**

Con este parámetro se considera la capacidad del techo para resistir fuerzas sísmicas. Se debe reportar una de las siguientes clases:

- A) Edificio con cubierta estable y provista de viga cumbreira. Edificio con cubierta plana.
- B) Edificio con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira. Edificio con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.
- C) Edificio con cubierta inestable, provista de viga cumbreira.
- D) Edificio con cubierta inestable, sin viga cumbreira.

## **10. Elementos no estructurales:**

Se evalúa la presencia de cornisas, parapetos o cualquier elemento no estructural que pueda causar daño a personas o cosas. Se trata de un parámetro secundario, para fines de la evaluación de la vulnerabilidad, por lo cual no se hace ninguna distinción entre las dos primeras clases. Se debe reportar una de las siguientes clases:

- A) Edificio sin cornisas y sin parapetos. Edificio con cornisas bien conectadas a la pared, con chimeneas de pequeña dimensión y de peso modesto. Edificio cuyo balcón forma parte integrante de la estructura de los diafragmas.
- B) Edificio sin cornisas y sin parapetos. Edificio con cornisas bien conectadas a la pared, con chimeneas de pequeña dimensión y de peso

modesto. Edificio cuyo balcón forma parte integrante de la estructura de los diafragmas.

- C) Edificio con elementos de pequeña dimensión, mal vinculados a la pared.
  - D) Edificio que presenta chimeneas o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal vinculado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal construidos, que pueden caer en caso de terremoto.
- Edificio con balcones construidos posteriormente a la estructura principal y conectada a ésta de modo deficiente.

#### **11. Estado de conservación:**

Se debe reportar una de las siguientes clases:

- A) Muros en buena condición, sin lesiones visibles.
- B) Muros que presentan lesiones capilares no extendidas, con excepción de los casos en los cuales dichas lesiones han sido producidas por terremotos.
- C) Muros con lesiones de tamaño medio entre 2 a 3 milímetros de ancho o con lesiones capilares producidas por sismos. Edificio que no presenta lesiones pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la mampostería.
- D) Muros que presentan, un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o, lesiones muy graves de más de 3 milímetros de ancho.

## LISTA DE PLANOS

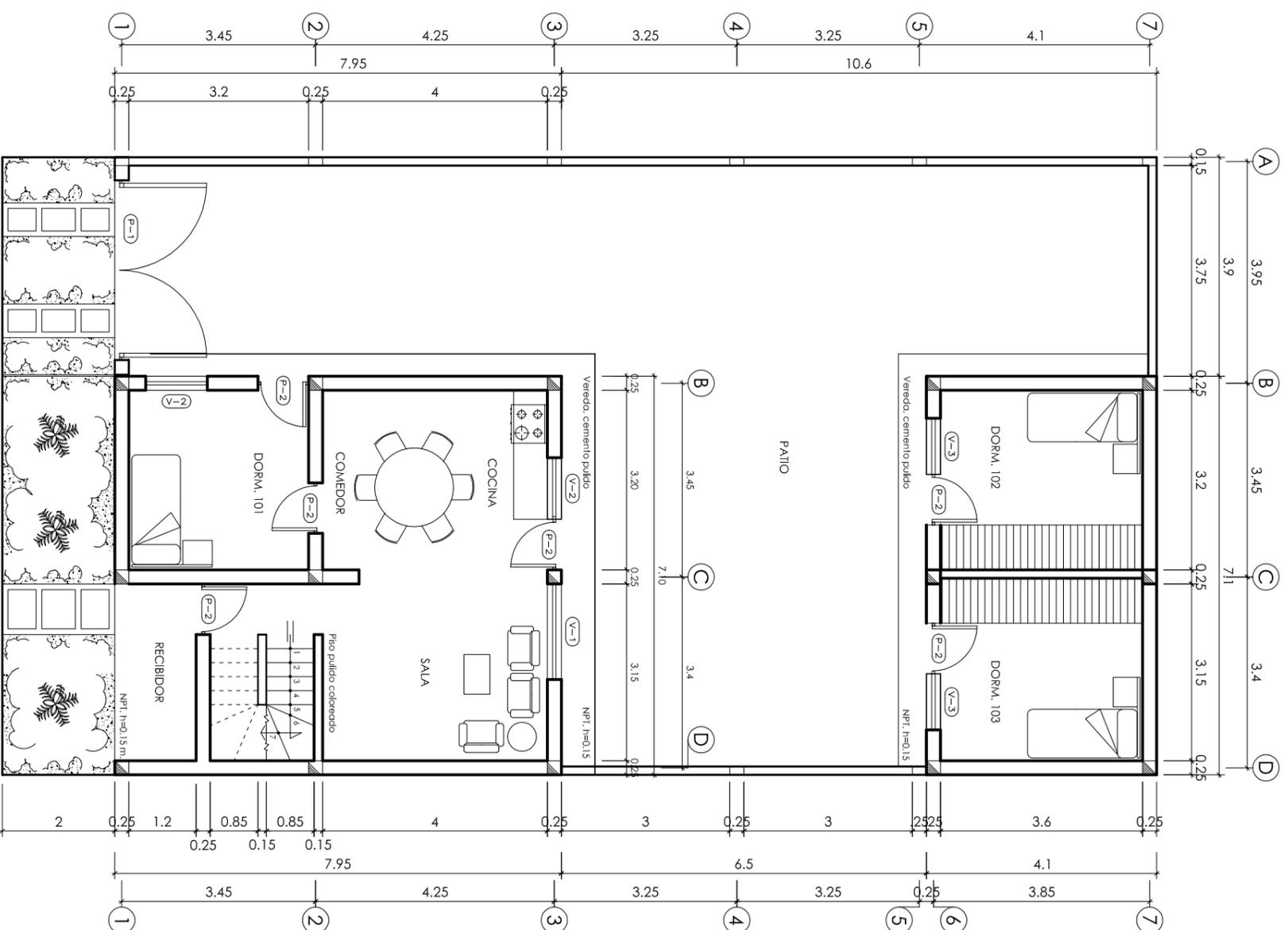
	Lámina
Plano N° 01 : Delimitación del área de estudio	D-01
Plano N° 02 : Arquitectura	A-01
Plano N° 03 : Cortes y detalles	A-02
Plano N° 04 : Detalle de estructuras	E-01



 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA</p>	
<p>Escuela de Postgrado Maestría en Ciencias e Ingeniería Mención en Ingeniería Estructural</p>	
<p>Tesis</p>	
<p>"DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA ESTRUCTURAL EN VIVIENDAS SOCIALES CONSTRUIDAS EN 1974 EN EL BARRIO DE LA SOLEDAD BAJA DE LA CIUDAD DE HUARAZ - AÑO 2013"</p>	
Autor	JENNY CAROL PINEDA SÁNCHEZ
Asesor	MgE. LAURA MARINA NAVARRO ALVARADO
Plano	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO
Escala	INDICADA
Dibujó	J. P. S.
Fecha	JUNIO 2015
Lamina	D-01

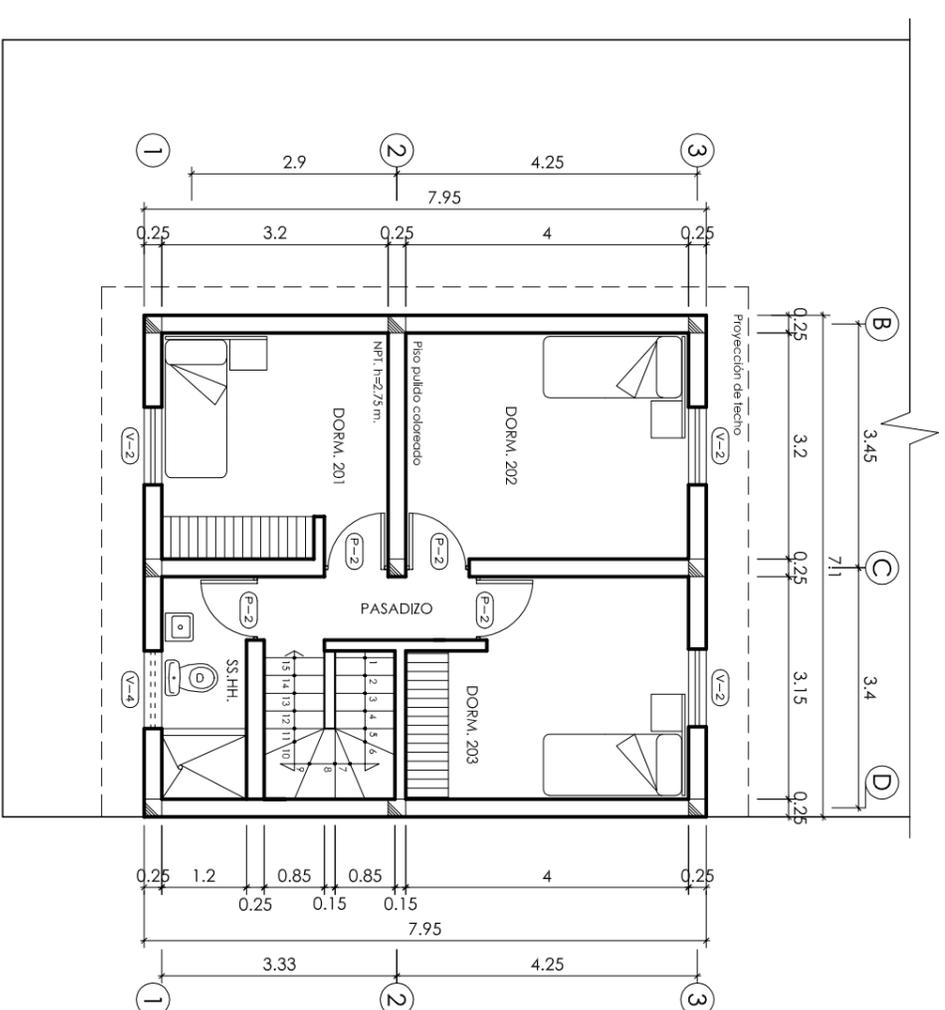
**CUADRO DE VANOS**

ID.	ANCHO	ALTO	ALFEZER
P-01	3.20	2.10	--
P-02	0.90	2.10	--
V-01	1.70	1.30	0.90
V-02	1.10	1.30	0.90
V-03	1.00	1.30	0.90
V-04	1.10	0.50	1.70



Planta : Primer Nivel

ESCALA : 1/100



Planta : Segundo Nivel

ESCALA : 1/100



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO  
ESCUELA DE POSTGRADO  
Maestría en Ciencias e Ingeniería  
Mención en Ingeniería Estructural

Tesis  
"DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA  
ESTRUCTURAL EN VIVIENDAS SOCIALES CONSTRUIDAS EN 1974  
EN EL BARRIO DE LA SOLEDAD BAJA DE LA CIUDAD DE  
HUARAZ - AÑO 2013"

Autor  
JENNY CAROL PINEDA SÁNCHEZ

Asesor  
Márg. LAURA MARINA NAVARRO ALVARADO

Plano  
ARQUITECTURA

Escala  
INDICADA

Lámina

**A-01**

Fecha  
JUNIO 2,015



