

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**EVALUACION DEL GRADO DE DAÑO ESTRUCTURAL SISMICA  
EN EDIFICACIONES, MEDIANTE EL METODO DE INDICE DE  
VULNERABILIDAD EN EL DISTRITO DE  
SAN MIGUEL – SAN ROMAN -2017**

PRESENTADO POR

Bach. Luís Wilfredo VILCA HUMALLA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

JULIACA -- PERÚ

2017

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis A. DIOS, quien inspiro mi espíritu para la conclusión de esta tesis. A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta tesis. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a todos mis maestros ya que ellos me enseñaron valorar los estudios y a superarme cada día, también agradezco a mis padres porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida como estudiante. Y agradezco a Dios por darme la salud que tengo. Estoy seguro que mis metas planteadas darán fruto en el futuro y por ende me debo esforzar cada día para ser mejor sin olvidar el respeto que engrandece a la persona.

## RESUMEN

Un estudio de Vulnerabilidad Estructural sísmica tiene como finalidad descubrir que en una edificación existente los puntos débiles que fallarían al ocurrir un evento sísmico. Esta vulnerabilidad se evalúa para los elementos estructurales (columnas, vigas, aligerados, placas, etc.), como para los no estructurales (tabiques, equipos, tuberías, vidrios, etc.). Evaluar edificios existentes es un tema que no ha calado del todo en los profesionales peruanos involucrados en el diseño y se hace énfasis en el cálculo estructural y construcción de nuevos edificios desatendiendo a aquellos que ya existen, están operativos y albergan a muchas personas. El conocimiento del comportamiento sísmico de las estructuras, permite definir los mecanismos y acciones de refuerzo requeridos para la reducción de los efectos provocados por los movimientos del terreno. El objetivo de esta investigación fue evaluar el grado de daño estructural sísmica en edificaciones mediante el método de índice de vulnerabilidad en el distrito de San Miguel – San Román -2017. Metodológicamente este estudio se basó en la aplicación del método Evaluación del índice de vulnerabilidad con la ayuda de una ficha de observación estructurada donde se ha determinado el grado de daño estructural. El índice de vulnerabilidad se usó para estimar el daño al edificio bajo una acción sísmica especificada para ello se ha evaluado 11 parámetros del índice de vulnerabilidad. De las conclusiones de la investigación se menciona que el Índice de Vulnerabilidad para edificaciones de mampostería no reforzada es como se menciona: Para  $a = 0.18g$  el 89.45% de viviendas sufriría un daño SEVERO, mientras que un 9.55% presenta un daño TOTAL, Para  $a = 0.24g$  el 27.64% de viviendas sufriría un daño SEVERO, mientras que un 71.86% presenta un daño TOTAL. Para edificaciones de concreto armado: Para  $MM = VII$  el 5.26% de viviendas sufriría un daño LIGERO, mientras que un 94.74% presenta un daño MODERADO, Para  $MM = VIII$  el 73.68% de viviendas sufriría un daño MODERADO, mientras que un 26.32% presenta un daño TOTAL y Para  $MM = IX$  el 10.53% de viviendas sufriría un daño MODERADO, mientras que un 10.53% presenta un daño SEVERO

Palabras clave: Grado de daño estructura, Índice de vulnerabilidad

## ABSTRACT

A study of Seismic Structural Vulnerability aims to discover that in an existing building the weak points that would fail when a seismic event occurs. This vulnerability is evaluated for structural elements (columns, beams, lightening, plates, etc.), as well as non-structural elements (partitions, equipment, pipes, glass, etc.). Evaluating existing buildings is an issue that has not entirely focused on Peruvian professionals involved in the design and emphasis is placed on the structural calculation and construction of new buildings neglecting those that already exist, are operative and house many people. The knowledge of the seismic behavior of the structures, allows to define the mechanisms and actions of reinforcement required for the reduction of the effects caused by the movements of the terrain. The objective of this research was to evaluate the degree of structural seismic damage in buildings using the vulnerability index method in the district of San Miguel - San Román -2017. Methodologically this study was based on the application of the Vulnerability Index Assessment method with the aid of a structured observation sheet where the degree of structural damage was determined. The vulnerability index was used to estimate the damage to the building under a specified seismic action 11 parameters of the vulnerability index have been evaluated. From the conclusions of the investigation it is mentioned that the Vulnerability Index for unreinforced masonry buildings is as mentioned: For  $a = 0.18g$ , 89.45% of houses would suffer SEVERE damage, while 9.55% present TOTAL damage, For  $A = 0.24g$ , 27.64% of houses would suffer SEVERE damage, while 71.86% would suffer TOTAL damage. For constructions of reinforced concrete: For  $MM = VII$ , 5.26% of houses would suffer LIGHT damage, while 94.74% would present MODERATED damage. For  $MM = VIII$ , 73.68% of houses would suffer MODERATED damage, while 26.32% A TOTAL damage and for  $MM = IX$  the 10.53% of houses would suffer MODERATED damage, while 10.53% presented SEVERE

# INDICE

INTRODUCCION.....	13
CAPITULO I.....	14
PLANTEAMIENTO METODOLOGICO .....	14
1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	14
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.2.1. Delimitación espacial.....	15
1.2.2. Delimitación temporal.....	15
1.2.3. Delimitación social/conductual .....	15
1.2.4. Delimitación Conceptual.....	15
1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACION	
16	
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.6.1. Variable independiente .....	17
1.6.2. Variable dependiente .....	17
1.6.3. Operacionalización de Variables.....	18
1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.7.1. Tipo y nivel de Investigación .....	18
1.7.2. Diseños y métodos de Investigación .....	19
1.7.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.7.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN	
DE DATOS .....	25

1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN. ....	25
1.8.1. Justificación .....	25
1.8.2. Importancia .....	26
1.8.3. Limitaciones.....	26
CAPITULO II .....	27
MARCO TEORICO .....	27
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	27
2.2. BASE TEÓRICA.....	30
2.2.1. Sismología.....	30
2.2.2. CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE	39
2.2.3. Vulnerabilidad Sísmica .....	49
2.2.4. METODO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD .....	57
CAPITULO III .....	89
PROPUESTA TECNICA DE LA INVESTIGACION .....	89
3.1. ZONA DE ESTUDIO .....	89
3.2. RESULTADO DEL LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION EN EL CENTRO URBANO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL.	91
3.2.1. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (LV)- EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA.....	91
3.2.2. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD- EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO .....	104
CAPITULO IV .....	114

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	114
4.1. ÍNDICE DE DAÑO (Id) - EDIFICACIONES DE MAMPOSTERIA NO REFORZADA .....	114
4.2. ÍNDICE DE DAÑO (Id) • EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO .....	117
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	120
CONCLUSIONES .....	122
RECOMENDACIONES .....	123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	124
Anexo 1 .....	126
Anexo 2 .....	128
Anexo 3 .....	133
Anexo 4 .....	140
Anexo 5 .....	149
Anexo 6 .....	163
Anexo 7 PANEL FOTOFRAFICO .....	167
Anexo 7 FICHA DE LEVANTAMIENTO.....	169

## LISTA DE TABLA

- Tabla I.1. Operacionalización de variables.
- Tabla I.2. Funciones de vulnerabilidad-daño-aceleración con parámetros estimados de datos de Venzone, Tarcento, San Daniele y Barrea.
- Tabla I.3. Rangos de Daño de acuerdo EERI -Mampostería No reforzada
- Tabla I.4. Rangos de Daño de acuerdo EERI - Edificaciones de Concreto Armado
- Tabla II.1. Registro de las máximas intensidades sísmicas en el Perú.
- Tabla II.2. Ejemplo de matrices de probabilidad condicional de daño.
- Tabla II.3. Sistemas Estructurales.
- Tabla II.4. Irregularidades Estructurales en Altura.
- Tabla II.5. Escala Numérica del índice de Vulnerabilidad.
- Tabla II.6. Escala numérica del Índice de Vulnerabilidad -Edificaciones de Concreto Armado
- Tabla III.1. Cantidad de Viviendas por Número de Pisos.
- Tabla III.2. Organización del sistema resistente
- Tabla III.3. Calidad del sistema resistente
- Tabla III.4. Resistencia Convencional
- Tabla III.5. Posición del Edificio y Cimentación
- Tabla III.6. Diafragmas Horizontales
- Tabla III.7. Configuración en Planta
- Tabla III.8. Configuración en Elevación
- Tabla III.9. Separación Máxima entre muros
- Tabla III.10. Tipo de Cubierta
- Tabla III.11. Elementos no Estructurales
- Tabla III.12. Estado de Conservación
- Tabla III.13. Número de viviendas de acuerdo a su grado de Vulnerabilidad.
- Tabla III.14. Número de viviendas de acuerdo a su grado de Vulnerabilidad (Porcentual)
- Tabla III.15. N° de Viviendas de Acuerdo a la Clasificación del Iv.
- Tabla III.16. Cantidad de Edificaciones de C° A° por número de pisos.
- Tabla III.17. Organización del Sistema resistente C° A°
- Tabla III.18. Calidad del Sistema resistente C° A°

Tabla III.19.Resistencia Convencional C° A°

Tabla III.20.Posición del edificio y Cimentación C° A°

Tabla III.21.Losas C° A°

Tabla III.22.Configuración en Planta C° A°

Tabla III.23.Configuración en Elevación C° A°

Tabla III.24.Conexión Elementos Críticos C° A°

Tabla III.25.Elementos con Baja Ductilidad C° A°

Tabla III.26.Elementos no Estructurales C° A°

Tabla III.27.Estado de Conservación C° A°

Tabla III.28.Número de viviendas de acuerdo a su grado de Vulnerabilidad. C° A°

Tabla III.29.Número de viviendas de acuerdo a su grado de Vulnerabilidad C° A°

Tabla III.30.N° de Viviendas de Acuerdo a la Clasificación del Iv C° A°

Tabla IV.1.Ecuación Lineal de Daño para  $a = 0.18g$

Tabla IV.2.Índices de Daño de acuerdo a la clasificación EERI para  $a = 0.18g$

Tabla IV.3.Ecuación Lineal de Daño para  $a = 0.24g$

Tabla IV.4.Resultado de la Evaluación del Daño para  $a = 0.24g$

Tabla IV.5.Ecuación Lineal de Daño para  $a = 0.32g$

Tabla IV.6.Resultado de la Evaluación del Daño para  $a = 0.32g$

Tabla IV.7.Cantidad de Viviendas de acuerdo al Índice de daño- Intensidad VII.

Tabla IV.8.Cantidad de Viviendas de acuerdo al Índice de daño -Intensidad VIII.

Tabla IV.9.Cantidad de Viviendas de acuerdo al Índice de daño - Intensidad IX

## LISTA DE FIGURAS

- Figura I.1. Funciones de vulnerabilidad-daño-aceleración con parámetros estimados de datos de Venzone, Tarcento, San Daniele y Barrea.
- Figura II.1. Configuración y diseño sísmico de edificios.
- Figura II.2. Curva
- Figura II.3. Columnas colapsadas en edificaciones a porticadas.
- Figura II.4. Problemas de Columna Corto en diversos sismos.
- Figura II.5. Problemas de Piso Blando.
- Figura II.6. Fuerzas laterales- Deformación lateral.
- Figura II.7. Impacto entre Edificios Adyacentes.
- Figura II.8. Imagen de una vivienda, mostrando los parámetros a evaluar.
- Figura II.9. Configuración en Planta.
- Figura II.10. Parámetros de Evaluación -Edificaciones de Concreto Armado
- Figura II.11. Organización del Sistema Resistente.
- Figura II.12. Conexión Viga- Columna considerando excentricidad.
- Figura II.13. Mecanismo de falla de la columna corta.
- Figura III.1. Mapa de localización geográfica
- Figura III.2. Cantidad de Viviendas por Número de Pisos
- Figura III.3. Organización del sistema resistente
- Figura III.4. Cantidad de Viviendas de acuerdo al uso actual
- Figura III.5. Resistencia Convencional
- Figura III.6. Posición del Edificio y Cimentación
- Figura III.7. Diafragmas Horizontales
- Figura III.8. Configuración en Planta
- Figura III.9. Configuración en Elevación
- Figura III.10. Separación Máxima entre muros.
- Figura III.11. Tipo de Cubierta.
- Figura III.12. Elementos no Estructurales.
- Figura III.13. Estado de Conservación.
- Figura III.14. Calificación de acuerdo al número de viviendas.
- Figura III.15. % de acuerdo a la calificación en las Edificaciones.
- Figura III.16. Organización del Sistema resistente C° A°
- Figura III.17. Calidad del Sistema resistente C° A°

- Figura III.18. Calidad del Sistema resistente C° A°
- Figura III.19. Posición del edificio y cimentación C° A°
- Figura III.20. Losas C° A°
- Figura III.21. Configuración en Planta C° A°
- Figura III.22. Configuración en Elevación C° A°
- Figura III.23. Conexión Elementos Críticos C° A°
- Figura III.24. Elementos con Baja Ductilidad C° A°
- Figura III.25. Elementos no Estructurales C° A°
- Figura III.26. Elementos no Estructurales C° A°
- Figura III.27. Calificación de acuerdo al número de viviendas C° A°
- Figura III.28. % de acuerdo a la calificación en las Edificaciones C° A°
- Figura IV.1. Índices de Daño de acuerdo a la clasificación EERI para MM= VII -  
C° A°
- Figura IV.2. Índices de Daño de acuerdo a la clasificación EERI para MM= VIII -  
C° A°
- Figura IV.3. Índices de Daño de acuerdo a la clasificación EERI para MM = IX -  
C° A°

# INDICE

INTRODUCCION.....	13
CAPITULO I.....	14
PLANTEAMIENTO METODOLOGICO .....	14
1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	14
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.2.1. Delimitación espacial.....	15
1.2.2. Delimitación temporal.....	15
1.2.3. Delimitación social/conductual .....	15
1.2.4. Delimitación Conceptual.....	15
1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACION	
16	
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.6.1. Variable independiente .....	17
1.6.2. Variable dependiente .....	17
1.6.3. Operacionalización de Variables.....	18
1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.7.1. Tipo y nivel de Investigación .....	18
1.7.2. Diseños y métodos de Investigación .....	19
1.7.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.7.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN	
DE DATOS .....	25

1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN. ....	25
1.8.1. Justificación .....	25
1.8.2. Importancia .....	26
1.8.3. Limitaciones.....	26
CAPITULO II .....	27
MARCO TEORICO .....	27
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	27
2.2. BASE TEÓRICA.....	30
2.2.1. Sismología.....	30
2.2.2. CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE	39
2.2.3. Vulnerabilidad Sísmica .....	49
2.2.4. METODO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD .....	57
CAPITULO III .....	89
PROPUESTA TECNICA DE LA INVESTIGACION .....	89
3.1. ZONA DE ESTUDIO .....	89
3.2. RESULTADO DEL LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION EN EL CENTRO URBANO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL.	91
3.2.1. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (LV)- EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA.....	91
3.2.2. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD- EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO .....	104
CAPITULO IV .....	114

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	114
4.1. ÍNDICE DE DAÑO (Id) - EDIFICACIONES DE MAMPOSTERIA NO REFORZADA .....	114
4.2. ÍNDICE DE DAÑO (Id) • EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO .....	117
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	120
CONCLUSIONES .....	122
RECOMENDACIONES .....	123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	124
Anexo 1 .....	126
Anexo 2 .....	128
Anexo 3 .....	133
Anexo 4 .....	140
Anexo 5 .....	149
Anexo 6 .....	163
Anexo 7 PANEL FOTOFRAFICO .....	167
Anexo 7 FICHA DE LEVANTAMIENTO.....	169

## LISTA DE TABLA

- Tabla I.1. Operacionalización de variables.
- Tabla I.2. Funciones de vulnerabilidad-daño-aceleración con parámetros estimados de datos de Venzone, Tarcento, San Daniele y Barrea.
- Tabla I.3. Rangos de Daño de acuerdo EERI -Mampostería No reforzada
- Tabla I.4. Rangos de Daño de acuerdo EERI - Edificaciones de Concreto Armado
- Tabla II.1. Registro de las máximas intensidades sísmicas en el Perú.
- Tabla II.2. Ejemplo de matrices de probabilidad condicional de daño.
- Tabla II.3. Sistemas Estructurales.
- Tabla II.4. Irregularidades Estructurales en Altura.
- Tabla II.5. Escala Numérica del índice de Vulnerabilidad.
- Tabla II.6. Escala numérica del Índice de Vulnerabilidad -Edificaciones de Concreto Armado
- Tabla III.1. Cantidad de Viviendas por Número de Pisos.
- Tabla III.2. Organización del sistema resistente
- Tabla III.3. Calidad del sistema resistente
- Tabla III.4. Resistencia Convencional
- Tabla III.5. Posición del Edificio y Cimentación
- Tabla III.6. Diafragmas Horizontales
- Tabla III.7. Configuración en Planta
- Tabla III.8. Configuración en Elevación
- Tabla III.9. Separación Máxima entre muros
- Tabla III.10. Tipo de Cubierta
- Tabla III.11. Elementos no Estructurales
- Tabla III.12. Estado de Conservación
- Tabla III.13. Número de viviendas de acuerdo a su grado de Vulnerabilidad.
- Tabla III.14. Número de viviendas de acuerdo a su grado de Vulnerabilidad (Porcentual)
- Tabla III.15. N° de Viviendas de Acuerdo a la Clasificación del Iv.
- Tabla III.16. Cantidad de Edificaciones de C° A° por número de pisos.
- Tabla III.17. Organización del Sistema resistente C° A°
- Tabla III.18. Calidad del Sistema resistente C° A°

Tabla III.19.Resistencia Convencional C° A°

Tabla III.20.Posición del edificio y Cimentación C° A°

Tabla III.21.Losas C° A°

Tabla III.22.Configuración en Planta C° A°

Tabla III.23.Configuración en Elevación C° A°

Tabla III.24.Conexión Elementos Críticos C° A°

Tabla III.25.Elementos con Baja Ductilidad C° A°

Tabla III.26.Elementos no Estructurales C° A°

Tabla III.27.Estado de Conservación C° A°

Tabla III.28.Número de viviendas de acuerdo a su grado de Vulnerabilidad. C° A°

Tabla III.29.Número de viviendas de acuerdo a su grado de Vulnerabilidad C° A°

Tabla III.30.N° de Viviendas de Acuerdo a la Clasificación del Iv C° A°

Tabla IV.1.Ecuación Lineal de Daño para  $a = 0.18g$

Tabla IV.2.Índices de Daño de acuerdo a la clasificación EERI para  $a = 0.18g$

Tabla IV.3.Ecuación Lineal de Daño para  $a = 0.24g$

Tabla IV.4.Resultado de la Evaluación del Daño para  $a = 0.24g$

Tabla IV.5.Ecuación Lineal de Daño para  $a = 0.32g$

Tabla IV.6.Resultado de la Evaluación del Daño para  $a = 0.32g$

Tabla IV.7.Cantidad de Viviendas de acuerdo al Índice de daño- Intensidad VII.

Tabla IV.8.Cantidad de Viviendas de acuerdo al Índice de daño -Intensidad VIII.

Tabla IV.9.Cantidad de Viviendas de acuerdo al Índice de daño - Intensidad IX

## LISTA DE FIGURAS

- Figura I.1. Funciones de vulnerabilidad-daño-aceleración con parámetros estimados de datos de Venzone, Tarcento, San Daniele y Barrea.
- Figura II.1. Configuración y diseño sísmico de edificios.
- Figura II.2. Curva
- Figura II.3. Columnas colapsadas en edificaciones a porticadas.
- Figura II.4. Problemas de Columna Corto en diversos sismos.
- Figura II.5. Problemas de Piso Blando.
- Figura II.6. Fuerzas laterales- Deformación lateral.
- Figura II.7. Impacto entre Edificios Adyacentes.
- Figura II.8. Imagen de una vivienda, mostrando los parámetros a evaluar.
- Figura II.9. Configuración en Planta.
- Figura II.10. Parámetros de Evaluación -Edificaciones de Concreto Armado
- Figura II.11. Organización del Sistema Resistente.
- Figura II.12. Conexión Viga- Columna considerando excentricidad.
- Figura II.13. Mecanismo de falla de la columna corta.
- Figura III.1. Mapa de localización geográfica
- Figura III.2. Cantidad de Viviendas por Número de Pisos
- Figura III.3. Organización del sistema resistente
- Figura III.4. Cantidad de Viviendas de acuerdo al uso actual
- Figura III.5. Resistencia Convencional
- Figura III.6. Posición del Edificio y Cimentación
- Figura III.7. Diafragmas Horizontales
- Figura III.8. Configuración en Planta
- Figura III.9. Configuración en Elevación
- Figura III.10. Separación Máxima entre muros.
- Figura III.11. Tipo de Cubierta.
- Figura III.12. Elementos no Estructurales.
- Figura III.13. Estado de Conservación.
- Figura III.14. Calificación de acuerdo al número de viviendas.
- Figura III.15. % de acuerdo a la calificación en las Edificaciones.
- Figura III.16. Organización del Sistema resistente C° A°
- Figura III.17. Calidad del Sistema resistente C° A°

- Figura III.18. Calidad del Sistema resistente C° A°
- Figura III.19. Posición del edificio y cimentación C° A°
- Figura III.20. Losas C° A°
- Figura III.21. Configuración en Planta C° A°
- Figura III.22. Configuración en Elevación C° A°
- Figura III.23. Conexión Elementos Críticos C° A°
- Figura III.24. Elementos con Baja Ductilidad C° A°
- Figura III.25. Elementos no Estructurales C° A°
- Figura III.26. Elementos no Estructurales C° A°
- Figura III.27. Calificación de acuerdo al número de viviendas C° A°
- Figura III.28. % de acuerdo a la calificación en las Edificaciones C° A°
- Figura IV.1. Índices de Daño de acuerdo a la clasificación EERI para MM= VII -  
C° A°
- Figura IV.2. Índices de Daño de acuerdo a la clasificación EERI para MM= VIII -  
C° A°
- Figura IV.3. Índices de Daño de acuerdo a la clasificación EERI para MM = IX -  
C° A°

## INTRODUCCION

Los desastres dejan en evidencia que los programas de evaluación de Riesgo Sísmico no se han aplicado para poder evitar o mitigar estas pérdidas, a pesar del gran avance que se tiene de ellos; esta situación prevalece en la mayoría de los países en vías de desarrollo (cuya peligrosidad sísmica en muchos casos es además alta, como en el caso de Perú), debido a la falta de designación de recursos económicos a la investigación y tecnología orientados a impulsar estudios de prevención y mitigación del Riesgo Sísmico. La mayoría de las pérdidas, tanto de vidas como económicas, ocasionadas por terremotos han sido causadas por un deficiente comportamiento sísmico de las estructuras, llegándose muchas veces a colapsos parciales e incluso totales.

Ante estos graves problemas es lo que surge un estudio de Vulnerabilidad Estructural tiene como finalidad descubrir que en una edificación existente los puntos débiles que fallarían al ocurrir un evento sísmico. Esta vulnerabilidad se evalúa para los elementos estructurales (columnas, vigas, aligerados, placas, etc.), como para los no estructurales (tabiques, equipos, tuberías, vidrios, etc.). Evaluar edificios existentes es un tema que no ha calado del todo en los profesionales peruanos involucrados en el diseño y se hace énfasis en el cálculo estructural y construcción de nuevos edificios desatendiendo a aquellos que ya existen, están operativos y albergan a muchas personas. Esto tal vez se realiza para no mirar atrás y no crearse "problemas" si existiera alguna irregularidad seria en el edificio tras dicho estudio.

Estas ciudades que se encuentran en zonas de amenazas sísmicas media y alta han crecido de una forma incontrolable, que sus proyecciones de viviendas han aumentado exponencialmente es un indicador para actuar a tiempo e influir positivamente en la realización de nuevos proyectos de edificación.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

#### 1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El presente proyecto de investigación tiene la finalidad de evaluar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en el distrito de San Miguén si se tuviera un sismo de magnitud considerable. En los últimos años los temblores fueron en aumento, como en el departamento de Puno, en el 2016 hubo un terremoto considerable el cual puso en debate si las edificaciones podrían soportar un eventual movimiento sísmico.

Estas viviendas construidas carecen de mano calificada, planos, asesoramiento técnico, supervisión en la etapa de ejecución, sin tener en cuenta los parámetros mínimos de la NTP, los materiales que se emplean tiene bastantes deficiencias al momento de hacer algunos ensayos, y muchos otros aspectos que influyen en la mala construcción de una edificación.

Perú es un país en vía de desarrollo, se evidencia que la mayoría de sus ciudades las edificaciones se construyen sin los requisitos mínimos de seguridad, constituyéndose un peligro para la sociedad ante un evento sísmico.

San Miguel es un distrito que presenta los mismos problemas, lo que hace predecir, que ante una eventualidad sísmica, la vulnerabilidad de estas viviendas es una interrogante, en los peores escenarios la consecuencia sería la pérdida de vidas humanas y económicas.

Este fenómeno de migración de poblaciones cercanas al distrito provoca el incremento del déficit de viviendas, y por lo tanto, aumenta la autoconstrucción de una manera impresionante, y los bajos ingresos que perciben los ciudadanos.

En la actualidad, el análisis de la Vulnerabilidad Estructural por efecto de sismo de las diferentes estructuras existente en nuestro entorno, se encuentran en un nivel avanzado debido a la gran cantidad de estudios hechos por diferentes investigadores. De igual forma, se han desarrollado un gran número de propuestas para la evaluación de la Vulnerabilidad Estructural por efecto de sismo a diferentes niveles de detalle, y se han hecho numerosas aplicaciones en varias regiones del mundo.

En el distrito de San Miguel gran porcentaje de viviendas no cuentan con licencia de construcción lo cual nos lleva a apreciar que no cumplen con diseños sismo resistentes, por tal motivo hace que se ponga más énfasis al estudio ya que esta zona se encuentra en crecimiento urbano considerable durante los últimos años.

## **1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

El presente trabajo investigación toma como delimitación espacial el distrito de San Miguel, Provincia San Román, región Puno, se debe indicar que el distrito de San Miguel es una zona de expansión urbana de la ciudad de Juliaca.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo a partir del mes de marzo del 2017 hasta julio del 2017, tiempo que permitió desarrollar y mostrar los resultados de la investigación.

### **1.2.3. Delimitación social/conductual**

Esta investigación permitió conocer el grado de daño estructural a través del método de índice de vulnerabilidad aplicados a viviendas de mampostería no reforzada y viviendas de concreto armado, por lo que es relevante realizar el estudio ya que contribuye a prevenir los daños estructurales que podría sufrir como producto de un sismo y además este estudio es un instrumento de gestión sobre futuras construcciones.

### **1.2.4. Delimitación Conceptual**

Esta investigación abarca dos conceptos fundamentales como grado de daños estructurales y edificaciones ambos conceptos direccionaron el presente trabajo de investigación.

## 1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACION

### 1.3.1. Problema General

¿Cuál será el grado de daño estructural sísmica en edificaciones mediante el método de índice de vulnerabilidad en el distrito de San Miguel – San Román -2017?

### 1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál será el grado de daño estructural sísmica en edificaciones de Mampostería no reforzada, mediante el método de índice de vulnerabilidad en el distrito de San Miguel – San Román?
- ¿Cuál será el grado de daño estructural sísmica en edificaciones de concreto armado mediante el método de índice de vulnerabilidad en el distrito de San Miguel – San Román?

## 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

### 1.4.1. Objetivo general

Evaluar el grado de daño estructural sísmica en edificaciones mediante el método de índice de vulnerabilidad en el distrito de San Miguel – San Román -2017.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el grado de daño estructural sísmica en edificaciones de Mampostería no reforzada, mediante el método de índice de vulnerabilidad en el distrito de San Miguel – San Román.

- Determinar el grado de daño estructural sísmica en edificaciones de concreto armado mediante el método de índice de vulnerabilidad en el distrito de San Miguel – San Román.

## 1.5. FORMULACION DE LA HIPOTESIS DE INVESTIGACION

### 1.5.1. Hipótesis general

El grado de daño estructural sísmica en edificaciones mediante el método de índice de vulnerabilidad es de moderado a severo, en el distrito de San Miguel – San Román -2017.

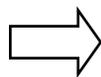
### 1.5.2. Hipótesis específico

- El grado de daño estructural sísmica en edificaciones de Mampostería no reforzada, mediante el método de índice de vulnerabilidad es severo en el distrito de San Miguel – San Román.
- El grado de daño estructural sísmica en edificaciones de concreto armado mediante el método de índice de vulnerabilidad es moderado en el distrito de San Miguel – San Román.

## 1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.6.1. Variable independiente

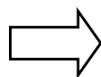
Variable independiente (X)



Grado de daño estructural sísmica

### 1.6.2. Variable dependiente

Variable dependiente (Y)



Edificaciones

### 1.6.3. Operacionalización de Variables.

Tabla I.1.  
Operacionalización de variables

VARIABLES	DIEMNSIONES	INDICADORES
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> (x) Grado de daño estructural sísmica	Índice de vulnerabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ligero</li> <li>- Moderado</li> <li>- severo</li> </ul>
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> (y) Edificaciones	Mampostería no reforzada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organización del Sistema estructural</li> <li>- Calidad del sistema resistente</li> <li>- Resistencia convencional</li> <li>- Posición del edificio y ciment.</li> <li>- Diafragmas horizontales</li> <li>- Configuración en planta</li> <li>- Configuración en elevación</li> <li>- Separación máx. entre muros</li> <li>- Tipo de cubierta</li> <li>- Elementos no estructurales</li> <li>- Estado de conservación</li> </ul>
	Concreto armado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organización del Sistema estructural</li> <li>- Calidad del sistema resistente</li> <li>- Resistencia convencional</li> <li>- Posición del edificio y ciment.</li> <li>- Losas</li> <li>- Configuración en planta</li> <li>- Configuración en elevación</li> <li>- Conexión elementos críticos</li> <li>- Elementos baja ductilidad</li> <li>- Elementos no estructurales</li> <li>- Estado de conservación</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## 1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.7.1. Tipo y nivel de Investigación

#### a) Tipo de investigación

El presente estudio es de tipo descriptiva, asume el enfoque cuantitativo, se obtendrá los datos a través de fichas de observación y por el propósito de estudio es de aplicación del método de evaluación del grado de daños

estructurales sísmicas en edificaciones, por la naturaleza de estudio es no experimental.

#### b) Nivel de investigación

Asimismo, de acuerdo a las características y profundidad del estudio corresponde al nivel de investigación explicativo y se pretende aplicar los resultados a situaciones reales donde se presenten problemas similares, para validar se realizarán ensayos de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas del suelo.

### **1.7.2. Diseños y métodos de Investigación**

#### a) Diseño de investigación

La presente es una investigación asume el diseño no experimental, transversal implica la aplicación del método Evaluación del índice de vulnerabilidad con la ayuda de una ficha de observación estructurada donde se determinara el grado de daño estructural y se presenta las siguientes fases.

FASE 1. Fase preparatoria. En esta fase se plantea el plan de trabajo, en el cual se definen los objetivos y la hipótesis, como también se analiza la metodología de evaluación de daños estructurales.

FASE 2. Recolección de la información. En esta etapa de la investigación se realizara una recopilación de información bibliográfica para adquirir los conocimientos relacionados, con el objeto de estudio. Posteriormente se identificara la unidad de análisis, donde se tomara los datos en base a observación, esta recolección de datos se realizaran durante el periodo de 01 mes.

Para lograr la recolección de datos se utilizará los siguientes instrumentos:

- Formatos de evaluación estandarizada (fichas).
- Registro de datos estadísticos.

- Recursos informáticos (Internet).
- Registro fotográfico apuntes perspectivas.
- Trabajo de campo (observación estructurada directa).
- Cuaderno de apuntes.
- inventario de información (bibliotecas y centros de documentación).
- Planos de viviendas vectorizados

FASE 3. Procesamiento y análisis de la información: En esta etapa se organizara e interpretara las fichas de observación, con los cuales se lograra identificar los daños estructurales. Para la interpretación de datos se usara los siguientes:

- Autocad (software que se usara para vectorizar planos).
- Microsoft office Excel (software que se usara para el procesamiento de cuadros y tablas).
- Microsoft office Word. (software que se usara para la edición de textos).
- SPSS 11 (software que se usara para probar la hipótesis a través de tabulación de datos y distribución de frecuencias y correlación de pearson).

#### b) Método de investigación

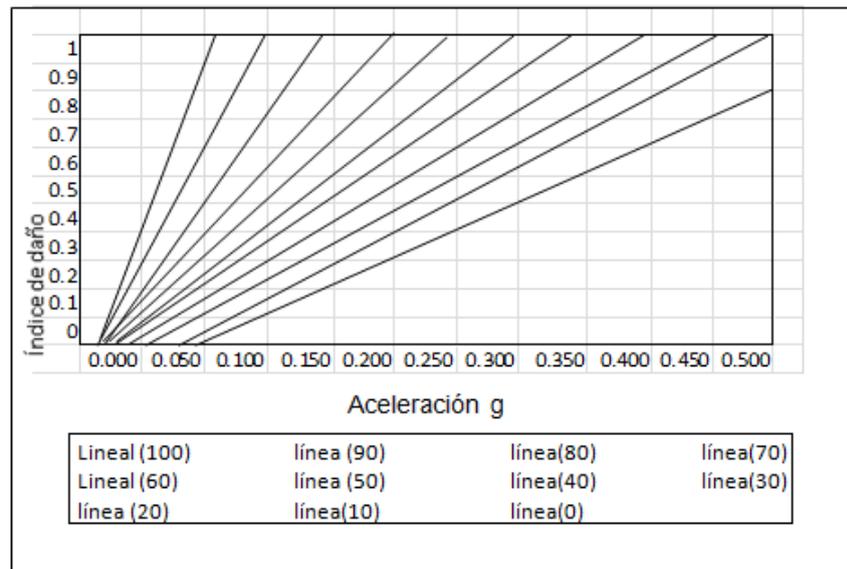
##### **Para Edificaciones de Albañilería no Reforzada:**

El método para obtener el índice de daño (expresado por una función de forma continua con un rango entre 0 y 1 00), será la correlación para cuantificar daños a edificios golpeados por un movimiento sísmico.

Esta correlación ha sido revisada desde su primera versión publicada en 1989, y se ha modificado calibrando datos procedentes de cuatro centros que fueron extensivamente estudiados en Italia: Venzone, Tarcento, Barrea, y San Daniele.

Figura I.1.

Funciones de vulnerabilidad-daño-aceleración con parámetros estimados de datos de Venzone, Tarcento, San Daniele y Barrea.



Fuente: Fabricio Yépez, 1995

El rango de variación de los índices de vulnerabilidad calculados, estará comprendido entre 0 y 382.5. Los valores obtenidos por la suma ponderada se dividieron por 3.825 para obtener una gama normalizada de variación  $0 < I_v < 100$ . El índice de vulnerabilidad se usó como un paso intermedio para estimar el daño al edificio bajo una acción sísmica especificada y para cada índice existía una recta.

El daño se expresa en una escala normalizada ( $0 < d < 1$ ) y representaba el costo necesario para recuperar la condición inicial referido al valor real del edificio. Valores altos del Índice "d" (0.8-1) se consideraron equivalentes al colapso del edificio. Por simplicidad, las curvas de daño han adquirido una forma tri-lineal definido por dos puntos: la aceleración a la cual el daño comienza ( $d > 0$ ) y la aceleración a que el edificio colapsa completamente ( $d = 1$ ).

Tabla I.2.

Funciones de vulnerabilidad-daño-aceleración con parámetros estimados de datos de Venzone, Tarcento, San Daniele y Barrea.

Índice de vulnerabilidad normalizado	Ecuación de la Recta
--------------------------------------	----------------------

<b>100</b>	Índice de Daño = 8.6154 *
(a/g)- 0.1231	
<b>90</b>	Índice de Daño = 7.6712 *
(a/g)- 0.1371	
<b>80</b>	Índice de Daño = 6.7470 *
(a/g)- 0.1325	
<b>70</b>	Índice de Daño = 5.8947 *
(a/g)- 0.1368	
<b>60</b>	Índice de Daño = 5.1376 *
(a/g)- 0.1376	
<b>50</b>	Índice de Daño = 4.5161 *
(a/g)- 0.1452	
<b>40</b>	Índice de Daño = 3.8356 *
(a/g)- 0.1301	
<b>30</b>	Índice de Daño = 3.2845 *
(a/g)- 0.1261	
<b>20</b>	Índice de Daño = 2.7861 *
(a/g)- 0.1194	
<b>10</b>	Índice de Daño = 2.4086 *
(a/g)- 0.1226	
<b>0</b>	Índice de Daño = 2.0786 *
(a/g)- 0.1188	

Fuente: Fabricio Yépez, 1995

**Dónde:**

a = Aceleración Horizontal Pico

g = Aceleración de la Gravedad

Con estas funciones se calcularán los índices de daño con base en los índices de vulnerabilidad ya calculados y con la PGV (Aceleraciones Horizontales Pico) de los movimientos sísmicos específicos para el distrito de San miguel.

Los niveles de daño se tomaron de los propuestos por la EERI (Earthquake Engineering Research Institute) y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla I.3.  
Rangos de Daño de acuerdo EERI -Mampostería No reforzada

Nivel de Daño	Rango de Daño (%)	Hasta
<b>Ligero</b>	0-5	0.05
<b>Moderado</b>	5-25	0.25

<b>Severo</b>	25-50	0.50
<b>Total</b>	50 - 100 ó > 1 00	> 1.00

Fuente: EERI (Earthquake Engineering Research Institute)

❖ Para Edificaciones de Concreto Armado:

En este método la acción sísmica se caracteriza mediante la intensidad macrosísmica EMS '98 y el edificio mediante un índice de vulnerabilidad. La información de daños observados en terremotos pasados se ha utilizado para obtener la siguiente función semiempírica propuesta por Giovinazzi y Lagomarsino (2002).

$$d^* = 2.5 * \left[ 1.0 + \tanh \left( \frac{I + 6.25 * V_i - 13.1}{2.3} \right) \right]$$

Dónde:

$V_i$  = Índice de Vulnerabilidad estimado de acuerdo a los parámetros.

$d^*$  = Índice de Daño.

$I$  = Intensidad Macrosísmica.

La intensidad usada para el cálculo y aplicación de dicha expresión es la EMS 98 la cual es muy similar en cuanto a clasificación del movimiento sísmico a la escala MMI (Mercalli Modificada) la cual es la más reconocida en el medio es por ello que la aplicación de dicha expresión.

Para esto usaremos 03 parámetros de acuerdo a la escala de Intensidad macro sísmica de Mercalli Modificada:

- Escala N° 01: VII
- Escala N° 02: VIII
- Escala N° 03: IX

Para observar mejor se muestra un cuadro comparativo entre ambas escalas macro sísmicas y la descripción de ambas en el marco teórico.

Los niveles de daño se tomaron de los propuestos por la EERI (Earthquake Engineering Research Institute) y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla I.4.  
Rangos de Daño de acuerdo EERI - Edificaciones de Concreto Armado

<b>Nivel de Daño</b>	<b>Rango de Daño (%)</b>
<b>Ligero</b>	<b>0-5</b>
<b>Moderado</b>	<b>5-25</b>
<b>Severo</b>	<b>25-50</b>
<b>Total</b>	<b>50 - 100 ó</b>
<b>&gt; 1 00</b>	

Fuente: EERI (Earthquake Engineering Research Institute)

### 1.7.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

#### a) Población

El desarrollo del trabajo, considera como población de estudio todas las edificaciones del distrito de San Miguel, en dicho distrito existe gran cantidad de viviendas de mampostería no reforzada y viviendas de concreto armado.

#### b) Muestra

Habitualmente, el investigador no trabaja con todos los elementos de la población que estudia sino sólo con una parte o fracción de ella; a veces, porque es muy grande y no es fácil abarcarla en su totalidad. Por ello, se elige una muestra representativa y los datos obtenidos en ella se utilizan para realizar pronósticos en poblaciones futuras de las mismas características para este caso de estudio se usa el muestreo probabilístico (muestreo aleatorio simple), por lo que este estudio asumirá la cantidad de viviendas a ser evaluadas según el modelo siguiente:

$$n = \frac{Z_{\Delta}^2 * p * q * N}{e^2 * (N-1) + Z_{\Delta}^2 * p * q}$$

n = número de elementos que debe poseer la muestra.

$\Delta$  = riesgo o nivel de significación.

$Z_{\Delta}$  = puntuación correspondiente al riesgo  $\Delta$  que se haya elegido.

Por ejemplo, para un riesgo del 5%,  $\Delta=0.05$  ( $Z_{\Delta}=1.96$ )

P = %estimado

Q = 100-P

E = error permitido

Por tanto el total de la población objeto del estudio será: 215 Viviendas entre ellas se encuentran viviendas de Mampostería no Estructural y Concreto Armado.

- 196 viv. mampostería no reforzada
- 19 viv. concreto armado

#### 1.7.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- a) Técnicas
  - Observación Estructurada
  - mediciones
- b) Instrumentos
  - Fichas de observación
  - Instrumentos de medición

### 1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 1.8.1. Justificación

La actividad sísmica en el Perú es recurrente que no tiene fecha u hora es por el cual las edificaciones en todas las ciudades tienen que estar

adecuados para soportar un evento sísmico que se presente. Los fenómenos sísmicos en el territorio peruano son el resultado de la interacción de las placas de Nazca que se inicia en Panamá hasta el sur de Chile y la sudamericana que nace en la fosa marina del Perú y recorre la costa sudamericana hasta la cordillera del Atlántico Sur estas grandes placas que forman parte del Círculo de Fuego del Pacífico. Toda la actividad sísmica del país y volcánica en la región sur del Perú forma parte del proceso orogénico que dio origen a la Cordillera Andina y que continúa hasta nuestros días, es por ello que el desarrollo de las ciudades debe considerar un desarrollo adecuado y sostenible.

### **1.8.2. Importancia**

El distrito de San Miguel como muchos distritos en crecimiento por efecto del comercio ha crecido considerablemente en los últimos años, dicho crecimiento no se refleja en la calidad de las edificaciones que se construyen. Ya que se encuentran en su entorno urbano la mayoría de las edificaciones se encuentran construida sin ningún tipo de asesoramiento técnico y/o control antes y durante la construcción y actualmente el distrito de San Miguel no cuenta con un Plan de Desarrollo Urbano básico mucho menos con un estudio de Vulnerabilidad de las edificaciones existentes.

### **1.8.3. Limitaciones**

La poca información existente en el distrito en mención es una limitante, ya que no se tiene referencias sobre estudios anteriores en el distrito de San Miguel, así mismo para realizar este tipo de estudios se requiere la coordinación con las instituciones pertinentes que muestran poco interés por realizar este tipo de estudios.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION**

Los siguientes trabajos de investigación que tienen nexos con el proyecto de investigación son.

Johan Laucata (2013) en su tesis presentada “análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo”.

En la cual hace mención que. Los materiales utilizados en la construcción de las viviendas tomas en muestra son de regular a deficiente calidad. Existe un inadecuado control de calidad sobre los materiales. Las unidades de albañilería artesanales utilizadas en todas la viviendas, poseen una baja resistencia, una alta variabilidad dimensional y una gran absorción de agua. Esto es debido a la falta de uniformidad de la cocción de las unidades de albañilería de origen artesanal. (Pág. 85).

Llegando a las siguientes conclusiones.

- El 97% de viviendas encuestadas en la zona urbana de Trujillo presenta un suelo arenoso y 3% restante está sobre suelo arenolimoso. Todas utilizan cimentación corrida de concreto ciclópeo. En algunos casos los suelos blandos generan asentamientos, produciendo fisuras y rajaduras.
- El 43% de las viviendas encuestadas se ha encontrado muros contruidos con ladrillo artesanal de pandereta. Mientras en un 63% de las viviendas con construcciones encima de la primera losa poseen ladrillo pandereta. De estas últimas un 33% son muros portantes de ladrillo pandereta. El amarre predominante es el de sogas con la totalidad de las viviendas encuestadas, seguido por la combinación sogas y cabezas con un 63%.
- Los refuerzos expuestos a la intemperie tienen efectos que produce la corrosión en los elementos de concreto armado son: disminución y transformación del acero en un óxido expansivo que fractura el concreto, así como la disminución en la adherencia entre el acero y el concreto. Acero de refuerzo corroído en losa este problema se

encontró en todas las viviendas encuestadas. Los aceros corroídos se encontraron en vigas, columnas y techos.

Juan Farfán M. y Eduardo Díaz B. (2009) el estudio que realizaron es “Estudio de vulnerabilidad sísmica estructural en un sector de la zona 12, de la ciudad de GUATEMALA”.

En la cual resalta Conocer la vulnerabilidad estructural de una región frente a una determinada amenaza sísmica permite estimar la cantidad de daños potenciales y el grado de preparación necesario en la región ante la ocurrencia del evento sísmico esperado. No obstante, lo esencial es tomar medidas que permitan minimizar y reducir los daños asociados a dicha vulnerabilidad, más que limitarse únicamente a la preparación para enfrentar los daños potenciales asociados a la misma, ya que el objetivo es minimizar el impacto en el desarrollo de las actividades de la región, para volver a la funcionalidad normal en el menor tiempo y con los menores costos posibles. Tienen como conclusión.

- Los índices de vulnerabilidad estructural de las 3849 unidades estructurales del área evaluada dentro del sector en estudio se presenta en las siguientes proporciones: mínima 53.29%, Significativa 34.78%, Alta 8.41%, Muy alta 3.51%. Significa que el 3.51% de 3849 evaluaciones corresponde a 135 con un grado de vulnerabilidad muy alto. El 8.41% significa que 323 viviendas evaluadas manifiestan un grado de vulnerabilidad Alto.
- De 3849 estructuras existentes en el área evaluada dentro del sector estudiado, 983 son aún de mampostería no reforzada de adobe, equivalente al 26% del total de estructuras evaluadas.

UNI y DPMD -CISMID Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres se realizó un “Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica del Distrito del Rímac en la Ciudad de Lima, en la ase mención.

Con la finalidad de conocer el nivel de vulnerabilidad estructural de las edificaciones esenciales del distrito, se evaluaron ocho centros de salud y seis instituciones educativas, elaborando planes de evacuación para casos de eventos sísmicos. El análisis cualitativo realizado concluye que el distrito presenta una alta vulnerabilidad sísmica.

- El 47.3 % de las viviendas evaluadas, presenta más de 30 años de antigüedad, estas edificaciones presentan un nivel de vulnerabilidad alto, pues fueron construidas sin la contribución de ningún código de diseño sísmico, es decir aquellas construidas antes del Código de Diseño de 1977.
- En el Sector Educativo, se encontraron principalmente diversos problemas constructivos, por ejemplo, la Institución Educativa N° 2063 ha sido construida sobre relleno, lo que genera un alto peligro para sus alumnos y para la población, pues no podría cumplir su función de zona de refugio temporal.

Álvaro R. Caballero (2007) en su tesis de maestría “determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro histórico en la ciudad de SINCELEJO, utilizando la tecnología del sistema de información geográfica” en esta investigación menciona.

Las ciudades que se encuentran en zonas de amenazas sísmicas media y alta han crecido de una forma incontrolable, aumentando el riesgo de sufrir grandes pérdidas en vidas humanas y materiales como consecuencia de un terremoto. Acompañado todo esto de una falta de criterios sísmicos en las estructuras antiguas, un mal control en las construcciones nuevas, mantenimiento deficiente en las existentes y problemas de estructuración Sísmica en las edificaciones. Los desastres naturales presentados en todo el mundo, dejan evidencia que los programas de prevención y mitigación de desastres no se han aplicado correctamente, más por indiferencia que por falta de recursos.

- Un gran número de las edificaciones se construyeron sin considerar alguna normativa sísmica y con técnicas constructivas artesanales, lo que las convierte en estructuras con una alta vulnerabilidad. Esto es debido principalmente, a que no existía alguna norma que guiara a los ingenieros y/o constructores. Pero el gran problema que se encuentra en esta investigación, es que hay estructuras, que no tienen ni los 10 años de construidas, que presentan problemas tanto en el

diseño como en la construcción, que las convierten en estructuras vulnerables, e incluso más que algunas de las antiguas.

- La zona de estudio, presenta diferentes tipos de suelo, que van desde suelos muy resistentes, en la parte del parque central y de la zona bancaria, hasta suelos muy blandos en la parte oriental y occidental, como son la parte que va hacia el Hospital Regional, el barrio Mochila hacia los lados del almacén Éxito. Esto hace aún más necesario la importancia de conocer sobre las características de los suelos.

Natalia A. Silva (2011) en su tesis de magister “vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales. Y evaluación preliminar de riesgo sísmico en la región metropolitana”.

## 2.2. BASE TEÓRICA

### 2.2.1. Sismología

Los grandes terremotos son considerados por muchos como las más grandes catástrofes naturales que azotan a la humanidad. (Yépez 1 et al, 1995). Los grandes sismos ocurridos en los últimos años en Colombia, como el de Armenia en enero 25 de 1.999, han mostrado su acción catastrófica en cuanto a pérdida de vidas humanas, destrucción del medio ambiente y su capacidad perturbadora sobre los procesos productivos y la actividad social del país. Estos hechos han reafirmado la conciencia nacional respecto a la amenaza sísmica en el territorio Colombiano y la necesidad de seguir profundizando los estudios de tectónica y sismicidad para obtener estimativos más realistas de las amenazas y proveer a los técnicos e ingenieros de útiles herramientas para la toma de decisiones que sirvan para el mejoramiento del diseño constructivo y, en general para el planeamiento del uso de la tierra y de las medidas que contribuyan a la reducción de riesgos. (Arteta et al, 2003).

Se sostiene que la naturaleza de los fondos marinos era completamente diferente a la de los continentes. La armada norteamericana, al efectuar un levantamiento de los fondos oceánicos en la década del 60, encontró que lo dicho por Wegener era cierto y que ajustaba mucho mejor si se juntan los bordes de las plataformas continentales, donde ocurre un cambio abrupto de nivel, en vez de las líneas costeras que pueden variar mucho en su contorno en zonas de agua poco profundas, con cambios del nivel del mar causados por hundimientos y levantamientos.

Se encontró asimismo, que los océanos están surcados por cadenas interrumpidas de montañas de cerca de 80 000 Km de longitud, a las que llamo Dorsales Oceánicas. Especial atención concito el tramo de la dorsal Centro -Atlántica, que parece hacer gran esfuerzo para mantenerse equidistante entre las costas de las Américas y las Euro-África.

Había otras interrogantes: ¿Por qué los sismos solo se producen en angostas fajas de la tierra?, ¿Por qué en algunos de sus tramos solo se producen sismos superficiales (menos de 60 Km de profundidad), mientras que en otros se producen sismos profundos (hasta 700 Km)? ¿Por qué los sismos se producen en estos últimos lugares en un plano inclinado? E incluso, si los sismos se producen por la introducción de placas en el manto, ¿Qué fuerzas son las que provocan este fenómeno?

Los fenómenos descritos, sumados a otros problemas, conformaban las piezas sin aparente relación de un rompecabezas que sismólogos trataban de resolver. Esto se ha ido logrando progresivamente, mediante investigaciones efectuadas con instrumentos más precisos y con nuevos inventos, perfeccionados en los años 50 y 60.

Existen principalmente tres tipos de fallas que pueden ocurrir ya sea en la superficie de la Tierra o dentro de los Océanos. (Dowrick, 2008).

- Falla por Deslizamiento, que normalmente suele tener un plano de falla vertical.

- Falla Reversible (por compresión) en la cual las fuerzas por compresión causan una falla por cortante formando que la parte superior continúe elevándose.
- Falla normal o por extensión, esta falla es inversa de la anterior, las deformaciones por extensión jalan los bloques superiores hacia abajo del plano de falla inclinada.

### 2.2.1.1. Sismos:

Estos movimientos se producen por el choque de las placas tectónicas. La colisión libera energía mientras los materiales de la corteza terrestre se reorganizan para volver a alcanzar el equilibrio mecánico.

Una de las principales causas de los sismos es la deformación de las rocas contiguas a una falla activa, que liberan su energía potencial acumulada y producen grandes temblores. Los procesos volcánicos, los movimientos de laderas y el hundimiento de cavidades cársticas también pueden generar sismos.

Los observatorios registran centenas de millares de sismos, cada año en todo el mundo. Afortunadamente, de todos ellos, muy pocos alcanzan la categoría de terremotos y gran parte de ellos ocurren en los fondos oceánicos (generando Tsunamis) en regiones despobladas. El origen de los sismos se encuentra distribuido dentro de las profundidades que varían entre 0 a 700km. En el país, existen dos grandes regiones sismo génicas:

- **Fallas geológicas activas.** Los sismos que generan estas fallas son por lo general de menor magnitud, pero al desatarse muy cerca de la superficie, alcanzan un gran poder destructor reflejado en la fuerza del sacudimiento y en la intensidad registrada en las estructuras. Las zonas sismogénicas continentales corresponden a segmentos que corren paralelos a la Cordillera de los Andes. Una de ellas está ubicada en la vertiente oriental de los Andes y abarca los

departamentos de Amazonas y San Martín, y se extiende hacia el sur, a los departamentos de Huánuco, Paseo, Junín, Ayacucho, Cusco y Puno. Otro segmento recorre los valles interandinos desde Cajamarca hasta Ancash. Un tercer segmento está en el norte del Perú, en Piura, y se extiende hacia el Ecuador. (Kuroiwa, 2008).

### 2.2.1.2. Los sismos y sus causas.

En la actualidad se reconocen tres clases generales de terremotos: tectónicos, volcánicos y artificiales. Los sismos de la primera de ellas son los más devastadores además de que plantean dificultades especiales a los científicos que intentan predecirlos. Los causantes últimos de los terremotos de la tectónica de placas son las tensiones creadas por los movimientos de alrededor de doce placas, mayores y menores, que forman la corteza terrestre.

Las velocidades y en ciertos casos, las direcciones de movimiento entre placas son diferentes lo que da lugar a interacciones en las fronteras de dichas placas. Existen tres tipos principales de frontera entre placas:

- **Convergentes.**- En este tipo las placas han tenido una "colisión" y, por lo general, ocurre que una de ellas (la de mayor densidad) penetra por debajo de la otra.
- **Divergentes.**- En este tipo de frontera, las placas se separan en dirección opuesta partiendo de la frontera, debido a la emergencia de material proveniente del interior (Manto). Este tipo de fronteras forma por lo general un tipo de cordillera (dorsal) con un surco en la cima y se localizan muy comúnmente en el océano.

### 2.2.1.3. Clasificar un sismo según su Magnitud e Intensidades

La clasificación de la magnitud (Richter) no se hace al azar, de hecho Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) tiene una lista oficial

para determinar a qué tipo pertenece cada una y qué tanto daño podrían generar

### **A. magnitud**

2.0-3.0 Micro Magnitud – No son perceptibles.

3.0-3.9 Menor Magnitud – Perceptibles con poco movimiento y sin daño.

4.0-4.9 Ligera Magnitud – Perceptibles con movimiento de objetos y rara vez produce daño.

5.0-5.9 Moderada (o Mediana) Magnitud – Puede causar daños mayores en construcciones débiles o mal construidas.

6.0-6.9 Fuerte Magnitud – Pueden ser destructivos.

7.0-7.9 Mayor Magnitud – Pueden ser destructivos en zonas extensas.

8.0-9.9 Gran Magnitud – Catastróficos, provocando destrucción total en zonas cercanas al epicentro.

10 o + Magnitud Épica – Jamás registrado, puede generar una extinción local.

### **B. intensidad**

Grado I. Intensidad no perceptible No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables.

Grado II. Débil Intensidad Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente las ubicadas en los pisos superiores de los edificios.

Grado III. Débil Intensidad Se percibe en los interiores de los edificios y casas. Sin embargo, muchas personas no distinguen claramente que la naturaleza del fenómeno es sísmica, por su semejanza con la vibración producida por el paso de un vehículo liviano. Es posible estimar la duración del sismo.

Grado IV. Ligera Intensidad Los objetos colgantes oscilan visiblemente. Muchas personas lo notan en el interior de los edificios aún durante el día. En el exterior, la percepción no es tan general. Se dejan oír las

vibraciones de la vajilla, puertas y ventanas. Se sienten crujir algunos tabiques de madera.

Grado V. Moderada Intensidad La mayoría de las personas lo percibe aún en el exterior. En los interiores, durante la noche, muchas despiertan. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aún pueden derramarse.

Grado VI. Intensidad fuerte Lo perciben todas las personas. Se atemorizan y huyen hacia el exterior. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se producen grietas en algunos estucos. Se hace visible el movimiento de los árboles, o bien, se les oye crujir.

Grado VII. Intensidad muy fuerte Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. El fenómeno es percibido por los conductores de automóviles en marcha. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o mal proyectadas. Sufren daños menores (grietas) las estructuras corrientes de albañilería bien construidas. Se dañan los muebles. Caen trozos de estucos, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos.

Grado VIII. Severa Intensidad Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aún el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. En estructuras de albañilería bien proyectadas y construidas sólo se producen daños leves. Caen murallas de albañilería. Caen chimeneas en casa e industrias; caen igualmente monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Las casas de madera se desplazan y aún se salen totalmente de sus bases. Aparecen grietas en el suelo húmedo, especialmente en la superficie de las pendientes escarpadas.

Grado IX. Violenta Intensidad Se produce pánico general. Las estructuras de albañilería mal proyectadas o mal construidas se

destruyen. Las estructuras de albañilería bien construidas se dañan y a veces se derrumban totalmente. Las estructuras de albañilería bien proyectadas y bien construidas se dañan seriamente. Los cimientos se dañan. Las estructuras de madera son removidas de sus cimientos. Sufren daños considerables los depósitos de agua, gas, etc. Se quiebran las tuberías (cañerías) subterráneas. Aparecen grietas aún en suelos secos. En las regiones aluviales, pequeñas cantidades de lodo y arena son expelidas del suelo.

Grado X. Extrema Intensidad Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. Se destruyen los cimientos de las estructuras de madera. Algunas estructuras de madera bien construidas, incluso puentes, se destruyen. Se producen daños en represas, diques y malecones. Se producen grandes desplazamientos del terreno en los taludes. El agua de canales, ríos, lagos, etc. sale proyectada a las riberas. Cantidades apreciables de lodo y arena se desplazan horizontalmente sobre las playas y terrenos planos. Los rieles de las vías férreas quedan ligeramente deformados.

Grado XI. Extrema Intensidad Muy pocas estructuras de albañilerías quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las tuberías (cañerías subterráneas) quedan totalmente fuera de servicio.

Grado XII. Extrema Intensidad El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

#### 2.2.1.4. Partes de un Sismo:

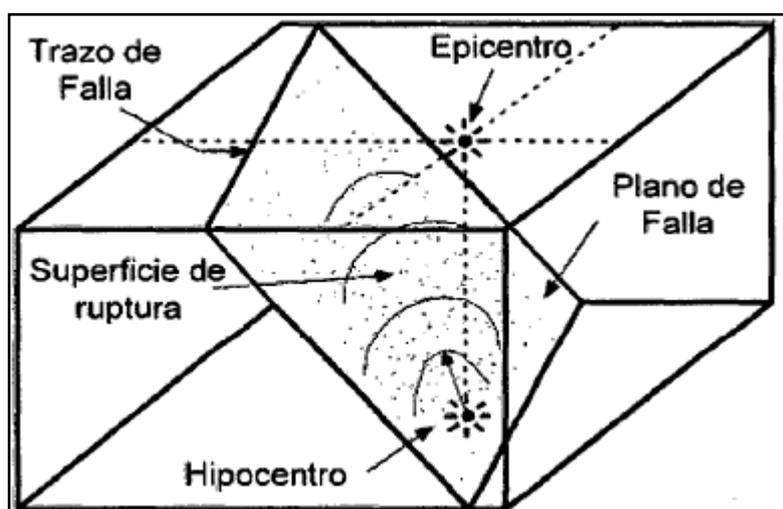
Las vibraciones son longitudinales y transversales; las primeras se propagan en el interior de la tierra y llegan débiles a grandes distancias y fuertes a pequeñas distancias. (Nyffenegger, 1990).

**HIPOCENTRO (FOCO)**, Es el punto en la profundidad de la Tierra desde donde se libera la energía en un terremoto. Cuando ocurre en la corteza de ella (hasta 70 Km. De profundidad) se denomina superficial. Si ocurre entre los 70 y los 300 Km. se denomina intermedio y si es de mayor profundidad: profundo (recordemos que el centro de la Tierra se ubica a unos 6.370 Km. de profundidad).

El punto donde se origina el terremoto en el interior de nuestro planeta es denominado hipocentro. El hipocentro se localiza frecuentemente entre 15 y 45 Km de la superficie, pero algunas veces su profundidad se ha calculado en más de 600 Km.

**EPICENTRO**, Es el punto de la superficie de la Tierra directamente sobre el hipocentro. Es, desde luego, la localización de la superficie terrestre donde la intensidad del terremoto es mayor. El punto situado en el interior de la corteza donde se produce el choque y de donde se propagan las ondas sísmicas se llama hipocentro o centro sísmico; el punto situado sobre la superficie terrestre en dirección vertical al centro se llama epicentro. La zona que lo rodea y donde los efectos de la sacudida han sido percibidos se llama zona epicentral. Las vibraciones longitudinales y transversales que llegan a esta zona originan ondas superficiales que irradiando del epicentro se propaga.

Figura II.1.  
Origen de un terremoto, con su proyección en la superficie terrestre.



Fuente: MENA, 2002.

## 2.2.1.6. Sismicidad en el Perú

El borde occidental de América del Sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicamente más activas en el mundo. El Perú forma parte de esta región y su actividad sísmica más importante está asociada al proceso de subducción de la Placa de Nazca (oceánica) bajo la Placa Sudamericana (continental), generando frecuentemente terremotos de magnitud elevada. Un segundo tipo de sismicidad, es producida por las deformaciones corticales, presentes a lo largo de la Cordillera Andina, con terremotos menores en magnitud y frecuencia. La distribución y origen de los terremotos en Perú, han sido tema de diversos estudios utilizando datos tele sísmicos y regionales a fin de estudiar la geometría de la subducción de la Placa de Nazca bajo la Sudamericana.

Tabla II.1.

Registro de las máximas intensidades sísmicas en el Perú.  
Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú

Sismo de 1581. Se incorporó el valor extremo de intensidad de IX MM en Yanaoca, Cuzco (Silgado, 1978 y Ocola, 1982).
Sismo del 22 de Enero de 1582. Se incorporó el valor extremo de intensidad de X MM en Socabaya, Arequipa (Silgado, 1978 y Ocola, 1982).
Sismos del 19 y 28 de Febrero de 1600. Se incorporaron los valores extremos de intensidad de XI MM en la zona del volcán Huaynaputina y de X MM en Omate (Silgado, 1978 y Ocola, 1982).
Sismo del 31 de Marzo de 1650. Se incorporaron valores máximos de intensidad de IX MM en Yaurisque, Oropesa y Paucartambo, en Cuzco (Silgado, 1978 y Ocola, 1982).
Sismo del 12 de Mayo de 1664. Se incorporó el valor extremo de intensidad de X MM en Ica (Silgado, 1978 y Ocola, 1982).
Sismo de 1747. Se incorporó el valor extremo de intensidad de VIII MM en Ayapata, Puno (Silgado, 1978 y Ocola, 1982).
Sismo del 13 de Agosto de 1868. Se incorporó el valor extremo de intensidad de XI MM en el cerro La Caldera en Yura, Arequipa (Silgado, 1983).
Sismo del 24 de Julio de 1912. Se disminuyeron los valores de intensidades, hasta valores máximos de VIII MM y el epicentro se situó al oeste del mapa original (Silgado, 1977).
Sismos del 6 de Agosto de 1913, 4 de Noviembre de 1913 y 2 de Diciembre de 1914. Se disminuyeron los valores de intensidades, hasta valores máximos de VIII MM (Silgado, 1977 y Ocola, 1982).

Sismo del 14 de Mayo de 1928. Se disminuyó el valor de la máxima intensidad a IX MM en Chachapoyas. Se incorporó el valor extremo de intensidad de IX MM en el valle del río Chinchipe (Silgado, 1977 y Ocola, 1982).
Sismo del 9 de Abril de 1928. Se incorporaron los valores de intensidades de VIII MM en Ayapata y de VII MM en Ituata, Macusani y Ollachea, en Puno (Silgado, 1978 y Ocola, 1982).
Sismo del 24 de Diciembre de 1937. Se incorporaron los valores de intensidades de IX MM en Chontabamba y de VIII MM en Huancabamba y Oxapampa, en Pasco (Silgado, 1978 y Ocola, 1982).
Sismo del 10 de Noviembre de 1946. Se incorporó el valor extremo de intensidad de XI MM en Quiches, Cerros Palta y Sillapata (Silgado, 1978 y Ocola, 1982).
Sismo del 21 de Mayo de 1950. Se incorporó el valor extremo de intensidad de VIII MM en Cuzco (Ocola, 1982).
Sismo del 12 de Diciembre de 1953. Se incorporaron valores máximos de intensidades de VIII MM en Corrales, Tumbes (Silgado de intensidad de X MM en Satipo (Ocola, 1982). y De las Casas, 1971).
Sismo del 19 de Junio de 1968. Se aumentaron los valores de intensidades máximas a X MM en Angaisha, Moyobamba (Kuroiwa y Deza, 1968).
Sismo del 1 de Octubre de 1969. Se aumentó el valor de la máxima intensidad a XI MM en Huaytapallana, Junín (Ocola, 1982).
Sismo del 31 de Mayo de 1970. Se aumentaron los valores de intensidades máximas a IX MM en Chimbote y Casma (Silgado, 1978).
Sismo del 20 de Marzo de 1972. Se incorporó el valor extremo de intensidad de VIII MM en Juanjui (Perales y Agramonte, 1972 y Ocola, 1982).

Fuente: preparado por la Universidad Nacional de Ingeniería como parte del Proyecto SISRA Mapa escala 1:5'000,000.

## 2.2.2. Concepción estructural sismo resistente

### 2.2.2.1. Definición y Alcances

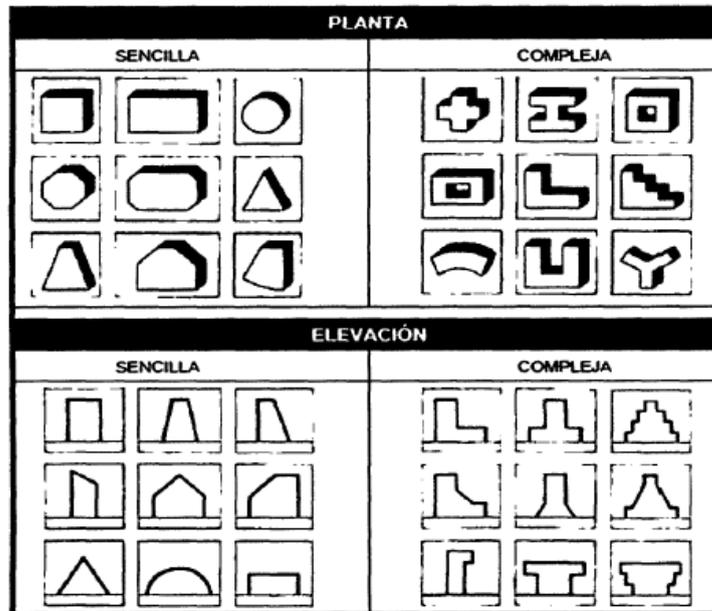
#### **Estructuras regulares**

Las estructuras regulares no tienen discontinuidades físicas considerables en su configuración en planta y configuración vertical o en sus sistemas resistentes a las fuerzas laterales. Las configuraciones regulares respetan la simetría en planta y elevación, y tiene una distribución uniforme tanto de fuerzas de gravedad como de resistencia lateral

## Estructura semi regulares

Las estructuras irregulares tienen discontinuidades físicas considerables en su configuración o en su sistema resistente a las fuerzas laterales.

Figura II.1.  
Configuración y diseño sísmico de edificios.



Fuente: Robert Reitherman, México, D. F., Editorial Limusa, 1987.

El término "configuración estructural" se refiere tanto a la forma global del edificio como al tamaño, naturaleza y ubicación de los elementos estructurales y componentes no estructurales dentro de él. Los aspectos que influyen en la configuración son:

**Altura,** A medida que un edificio se hace más alto, es conveniente que no existan cambios bruscos en las dimensiones, masas, rigideces y resistencias del edificio, para evitar concentraciones de esfuerzos en determinados pisos que son débiles con respecto a los demás. Los cambios bruscos en elevación nacen cuando ciertas partes del edificio se comporten como apéndices, con el riesgo de que se produzca el fenómeno de amplificación dinámica de fuerzas conocido como chicoteo (Fernández, 2009).

**Diafragma** La diafragma es un elemento resistente que actúa transfiriendo fuerzas laterales entre elementos verticales, actúa como viga horizontal. Muro portante diafragma Lamentablemente en la arquitectura los diafragmas o pisos no son continuos, estos son interrumpidos por la circulación vertical, por posos de luz o aire, etc. perforación en diafragma caso de perforación en una planta rectangular, en la que se presenta en medio de dos muros portantes.

**Simetría**, Cuando en una configuración, el centro de masa coincide con el centro de rigidez, se dice que existe simetría estructural. Existen dos razones importantes para preferir las formas simétricas en una configuración: la primera es que, en términos puramente geométricos, la asimetría tiende a producir excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez, y por tanto, provocará torsión; aunque ésta puede deberse a causas no. La segunda razón es que la asimetría tiende a concentrar esfuerzos, como por ejemplo, en una esquina interior.

**Torsión**, si el centro de masa (C, M) de un edificio no coincide con el centro de resistencia (C, R), un movimiento torsional actúa en el plano horizontal causando que los diafragmas de los pisos se tuerzan en relación al centro de resistencia. La rotación afecta las columnas más alejadas del centro de resistencia. Estos están situados a largas deflexiones horizontales, a veces hasta deformarlas tanto que lleguen al colapso.

**Densidad de la Estructura en Planta**, En los edificios construidos en siglos pasados el tamaño y la densidad de los elementos estructurales son de manera sorprendente mayores que los de los edificios actuales. En los edificios altos y flexibles, las fuerzas sísmicas son generalmente mayores al nivel del suelo. De esta forma se requiere que la planta inferior soporte su propia carga lateral además de las fuerzas cortantes de todos los pisos superiores. Paradójicamente, es en este mismo nivel donde a menudo se imponen ciertos criterios arquitectónicos que exigen eliminar tanto material como sea posible. (Fernández, 2009).

**Esquinas**, en momentos de sismo la mayoría tienden a torcerse en direcciones del sismo pero esto puede solucionarse dejando espacios o juntas entre ellas y convertirlas en estructuras separadas. La solución al problema de la esquina tiene dos enfoques

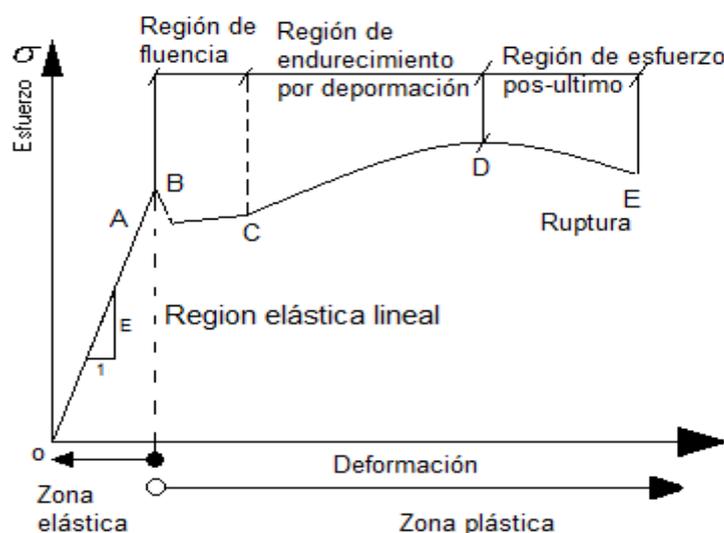
Unir con más fuerza la unión de los edificios mediante colectores en la intersección, muros estructurales o usar esquinas entrantes achaflanadas en vez de ángulos rectos, que reduzcan el problema del cambio de sección.

Dividir estructuralmente el edificio en formas más sencillas junta sísmica

### 2.2.2.2. Fallas estructurales

El factor que más ha influido en el establecimiento de la práctica actual del diseño sísmo resistente de edificios, ha sido la experiencia que se ha derivado del comportamiento observado de los diferentes tipos de estructuras que han sufrido sismos severos. La identificación de las características que han dado lugar a fallas (o por el contrario a buen comportamiento) y el análisis de los tipos de daños y de sus causas han contribuido en forma decisiva al entendimiento del comportamiento sísmico de las estructuras.

Figura II.2.



### **Curva esfuerzo deformación del acero**

En la imagen se puede observar el comportamiento perfectamente elástico desde el punto O hasta A, luego la zona de fluencia del material en donde el esfuerzo se mantiene constante pese a que la deformación se va incrementando hasta el punto C, luego se presenta una zona de endurecimiento en donde el material intenta comportarse elásticamente incrementando el esfuerzo que provoca su deformación, En la última zona de la curva apreciamos en el inicio el esfuerzo máximo que resiste el material y luego el decaimiento del mismo y al final el colapso o falla.

Estas fallas se producirán de dos maneras

- De manera satisfactoria llamada falla funcional, cuando los elementos estructurales se han desempeñado con excelencia y ha logrado cumplir las solicitudes de cargas. Dentro de un contexto global de una edificación, los elementos han permitido cumplir con la filosofía del diseño sísmico según RNE (Evitar pérdida de vidas, Asegurar la continuidad de los servicios básicos, Minimizar los daños a la propiedad).
- De manera desfavorable llamada colapso, cuando los elementos presentan una deficiente resistencia y no cumplen su función o su falla se produce de forma repentina por debajo de las mínimas solicitudes de cargas, no cumple con la filosofía del diseño sísmico según la norma E030. (Tesis, Quiroz-Vidal, 2015, p125)

### **Mecanismo columna débil-viga fuerte**

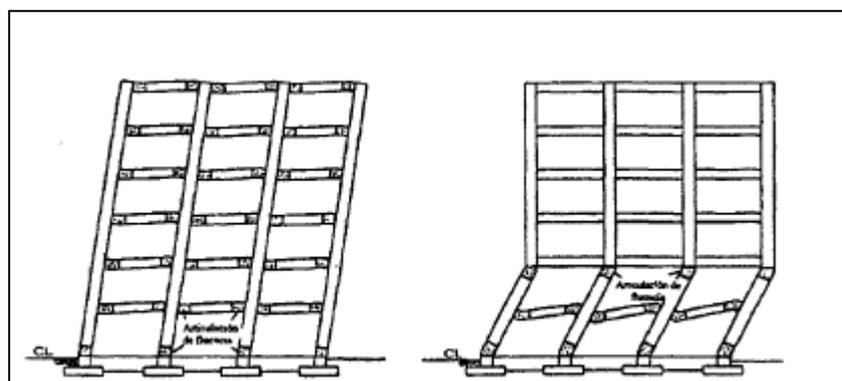
Las columnas dentro de una estructura tienen la vital importancia de ser los elementos que transmiten las cargas a las cimentaciones y mantienen en pie a la estructura, razón por la cual cualquier daño en este tipo de elementos puede provocar una redistribución de cargas entre los elementos de la estructura y traer consigo el colapso parcial o total de una edificación.

Por lo anterior, el diseño sísmico de pórticos (estructuras formadas preferentemente por vigas y columnas) busca que el daño producido por sismos severos se produzca en vigas y no en columnas, debido al mayor riesgo de colapso del edificio por el daño en columnas. Sin embargo, muchos edificios diseñados según códigos de sismo-resistencia han fallado por esta causa. (Kuroiwa, 2008).

### **Columnas colapsadas en edificios a porticados**

Caso de vigas más resistentes que las columnas, las rótulas plásticas se forman en las columnas antes que en las vigas, originándose mecanismos de falla.

Figura II.3.  
Columnas colapsadas en edificaciones a porticadas.



Fuente:[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S079840652012000300008&script=sci\\_artte](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S079840652012000300008&script=sci_artte)

### **Región de rótula plástica**

Región de un elemento de pórtico (columnas, vigas) o muro estructural en la que se espera que ocurra fluencia por flexión durante la respuesta sísmica inelástica de la estructura. (Kuroiwa, 2008). En dicha región se puede desarrollar y mantener la capacidad de momento máximo con la correspondiente rotación inelástica, de tal manera que el refuerzo en tracción se deforme más que la deformación correspondiente a su punto de fluencia.

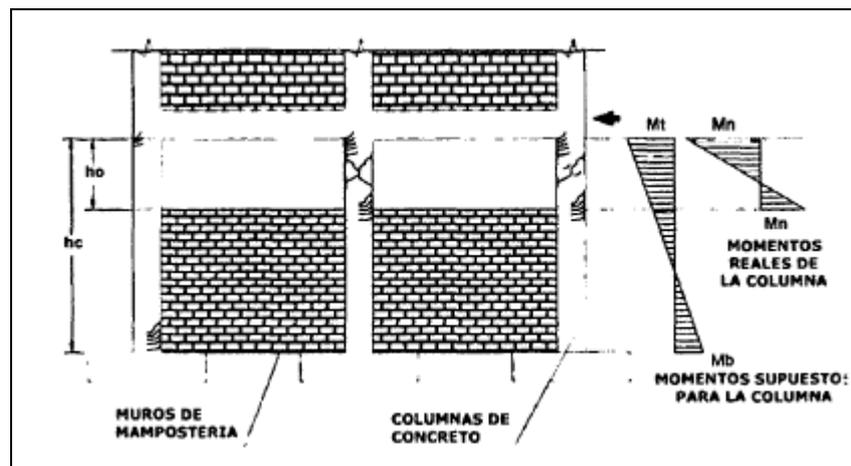
### **Problema de Columna Corta**

Varias son las causas para que el valor de la longitud libre se reduzca drásticamente y se presente una columna corta:

- ✓ Confinamiento lateral parcial en la altura de la columna por muros divisorios, muros de fachada, muros de contención, etc.
- ✓ Disposición de losas en niveles intermedios.
- ✓ Ubicación del edificio en terrenos inclinados.

Las columnas cortas son causa de serias fallas en edificios bajo excitaciones sísmicas, debido a que su mecanismo de falla es frágil. (Kuroiwa, 2008).

Figura II.4.  
Problemas de Columna Corto en diversos sismos.



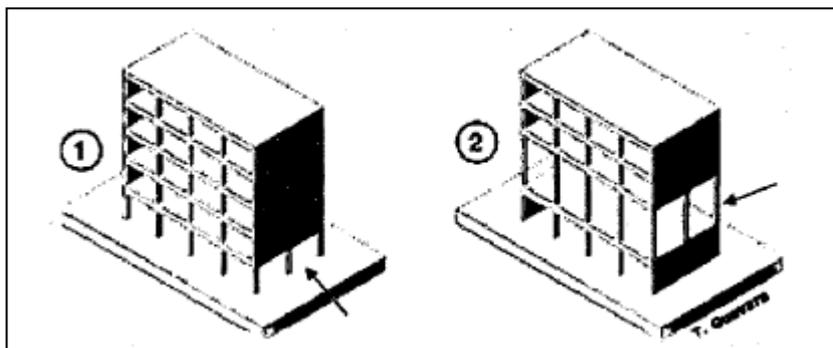
Fuente: Julio Kuroiwa, Viviendo en armonía con la naturaleza

### Piso Débil

Varios tipos de esquemas arquitectónicos y estructurales conducen a la formación de los llamados "Pisos blandos" o "Entrepisos débiles", es decir, pisos que son más vulnerables al daño sísmico que los restantes, debido a que tienen menor rigidez, menor resistencia o ambas cosas. (Kuroiwa, 2008). La presencia de "pisos blandos" se puede atribuir a:

- ✓ Diferencia de altura de entrepisos.
- ✓ Interrupción de elementos estructurales verticales en el entrepiso.

Figura II.5.  
Problemas de Piso Blando.



Fuente: T. Guevara, Configuración Estructural en edificaciones.

### **Falta de Redundancia.**

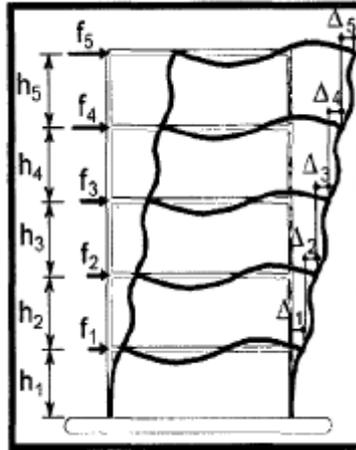
El diseño estructural sismo-resistente contempla la posibilidad de daño de los elementos estructurales para los sismos más severos. Desde este punto de vista, el diseño de la estructura debe buscar que la resistencia a las fuerzas sísmicas dependa de un número importante de elementos, puesto que cuando se cuenta con un número reducido de elementos (poca redundancia) la falla de alguno de ellos puede tener como consecuencia el colapso parcial o total durante el sismo. En este sentido, debe buscarse que la resistencia a las fuerzas sísmicas se distribuya entre el mayor número de elementos estructurales posibles. (Femández, 2009).

### **Insuficiente rigidez lateral**

La excesiva flexibilidad de la edificación ante cargas sísmicas puede definirse como la susceptibilidad a sufrir grandes deformaciones laterales entre los diferentes pisos, conocidas como derivas. Las principales causas de este problema residen en la excesiva distancia entre los elementos de soporte (claros o luces), las alturas libres y la rigidez de los mismos. Dependiendo de su grado, la flexibilidad puede traer como consecuencias:

- ✓ Daños en los elementos no estructurales adosados a niveles contiguos
- ✓ Inestabilidad del o los pisos flexibles, o del edificio en general.
- ✓ No aprovechamiento de la ductilidad disponible.

Figura II.6.  
Fuerzas laterales- Defonnación lateral.



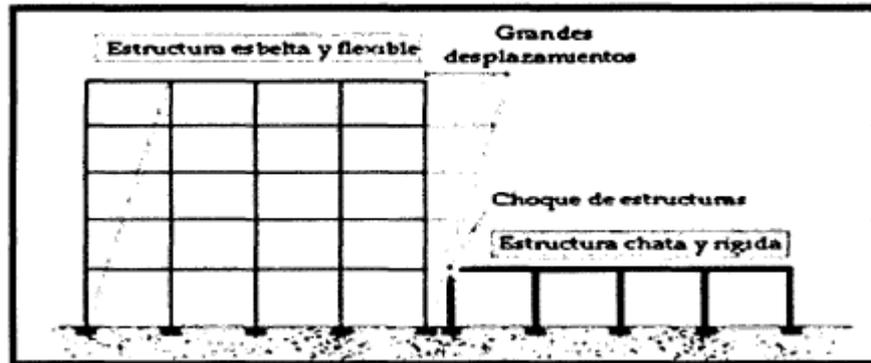
Fuente: Osear Fernandez Cruz, "Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural en Edificaciones"

En algunas ocasiones, la situación ha sido más grave ya que a la insuficiente rigidez lateral, se ha unido una real incompetencia sísmica lateral, es decir una insuficiente resistencia al cortante de entrepiso. Las fuerzas de inercia, cuya variación de la base a la cúspide del edificio es progresivamente creciente, generan fuerzas cortantes decrecientes de la base hasta la cúspide, las mismas que deben ser resistidas en cada nivel por el conjunto de esos elementos verticales. De esta forma, es necesaria un área transversal suficiente de muros y columnas, para resistir adecuadamente las fuerzas cortantes inducidas por el sismo.

### **Impacto entre edificios adyacentes**

El impacto que ocurre entre edificios debido a la proximidad existente y su manera diferente de vibrar ante el sismo es otra causa de daño e inclusive de colapso. El choque resulta más dañino cuando la altura de los entrepisos no coincide en ambas estructuras. Para evitar este fenómeno se busca respetar una distancia prudencial (Junta de Separación Sísmica), dada por la Norma E-030, que se obtiene tanto de la altura como del desplazamiento máximo de ambos edificios. (Femández, 2009).

Figura II.7.  
Impacto entre Edificios Adyacentes.



Fuente: Carlos Gamarra y Zenón Aguilar.

#### **h. Excesiva flexibilidad del diafragma**

Un comportamiento excesivamente flexible del diafragma de piso implica deformaciones laterales no uniformes, las cuales son en principio perjudiciales para los elementos no estructurales adosados al diafragma. (Femández, 2009). Adicionalmente, la distribución de fuerzas laterales no se hará de acuerdo a la rigidez de los elementos verticales

- ✓ Comportamiento correcto de diafragma rígido en edificaciones de albañilería confinada (viga solera y losa de techo).
  
- ✓ Edificaciones sin diafragma rígido en el último nivel: caso de ausencia y presencia de solera.

#### **Torsión en planta**

La torsión ha sido causa de importantes daños de edificios sometidos a sismos intensos, que van desde la distorsión a veces visible de la estructura (por tanto su pérdida de imagen y confiabilidad) hasta el colapso estructural. (Femández, 2009). La torsión se produce por la excentricidad existente entre el centro de masa y el centro de rigidez. Algunos de los casos que pueden dar lugar a dicha situación en planta son:

- ✓ Posición de elementos rígidos de manera asimétrica con respecto al centro de del piso.
- ✓ Colocación de grandes masas en forma asimétrica con respecto a la rigidez.
- ✓ Combinación de las dos situaciones anteriores.

### **2.2.3. Vulnerabilidad Sísmica**

#### **2.2.3.1. Generalidades sobre Riesgo, Peligro y Vulnerabilidad Sísmica.**

Los estudios de riesgos sísmicos a partir de la observación y el análisis de los daños provocados por terremotos han aumentado considerablemente desde los años 70, en los cuales se han presentado terremotos devastadores, que han sido la causa del origen de proyectos, seminarios e investigaciones en todo el mundo, resultado de lo cual se llegó a un cierto consenso sobre las definiciones de los parámetros que intervienen en los estudios del riesgo. El riesgo sísmico, se enmarca dentro los siguientes conceptos: La peligrosidad sísmica, que representa la probabilidad de ocurrencia, dentro de un periodo específico y dentro de un área, de un movimiento sísmico del terreno de una intensidad determinada. (Yépez ,1995).

#### **2.2.3.2. Peligro Sísmico**

El peligro sísmico es una magnitud geofísica que da la probabilidad de ocurrencia de sismos en un área geográfica específica durante un intervalo de tiempo determinado e involucrando aceleraciones del suelo por encima de cierto valor dado. Da idea por tanto de la probabilidad de que se produzcan determinadas aceleraciones del suelo. Ya que a menudo se confunden los términos de peligro sísmico y riesgo sísmico, es necesario indicar que éste se refiere a la probabilidad de ocurrencia de pérdidas o daños ocasionados por sismos (involucra variables antrópicas). Mientras el peligro sísmico es más elevado en la costa de

Alaska que en la costa de Argelia, el riesgo es mayor en la segunda debido a la mayor densidad de población.

Una posible estimación del Peligro Sísmico se puede obtener a partir del análisis de la historia sísmica del sitio, utilizando los datos macro sísmicos históricos de los que se disponga, particularmente en regiones características por largos periodos de retomo. No obstante, esta información puede dar lugar a problemas de interpretación debido a que los datos históricos son cualitativos y fueron obtenidos en épocas completamente diferentes, sin utilizar una escala macro sísmica común. Debido a estos problemas, la caracterización de cada nivel de intensidad en un sitio tiene que ser calculado en término probabilistas, expresando el nivel de la probabilidad asociado a cada grado de intensidad. (Yépez, 1995).

### 2.2.3.3. Vulnerabilidad estructural por efecto de sismo (Vulnerabilidad Sísmica)

La vulnerabilidad sísmica es una propiedad intrínseca de la estructura descrita a través de una ley causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño (Sandi, 1986). La naturaleza y alcance de un estudio de vulnerabilidad sísmica debe estar condicionado por el tipo de afectación o daño que se pretende evaluar y el nivel de amenaza existente. En este sentido, la caracterización de la vulnerabilidad sísmica de una estructura está estrechamente vinculada a los probables daños inducidos como consecuencia de un movimiento sísmico que dependen fundamentalmente de tres factores; la severidad del movimiento en el emplazamiento, las características de la estructura y su vulnerabilidad sísmica (Barbat, 1998).

A partir de experiencias de terremotos pasados se ha observado que ciertas estructuras, dentro de la misma tipología estructural, experimentan un daño más severo que otras, a pesar de estar ubicadas en la misma zona. Si al grado de daño que sufre una estructura, ocasionado por un sismo de determinadas características, se le denomina Vulnerabilidad, se puede entonces calificar los edificios en "más Vulnerables" o "menos Vulnerables" frente a un mismo evento

sísmico. La estructura es consecuencia de la convolución del movimiento en la cimentación por la función de transferencia "D" de la propia estructura. Dicha función es única y característica de la propia estructura. Así mismo, el ser más o menos Vulnerable ante un sismo de determinadas características es también una propiedad intrínseca de cada estructura, por tanto, independiente de la peligrosidad del sitio de emplazamiento. (Yépez, 1995).

El conocimiento del comportamiento sísmico de las estructuras, permite definir los mecanismos y acciones de refuerzo requeridos para la reducción de los efectos provocados por los movimientos del terreno. Para el caso de construcciones nuevas, pueden plantearse nuevos sistemas constructivos y/o nuevas filosofías de diseño que garanticen el buen desempeño de cada uno de los elementos expuestos.

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones individuales, es necesario un estudio detallado que permita conocer la susceptibilidad de la edificación de sufrir un determinado nivel de daño para un movimiento especificado. Estos estudios, generalmente se basan en la comparación de la capacidad resistente de la edificación con la demanda. La demanda es una representación de la acción sísmica y la capacidad es una representación de la posibilidad que tiene la estructura de resistir la demanda sísmica, manteniendo un desempeño compatible con el nivel de respuesta esperado; es decir, una medida de los daños esperados. De manera que, la acción sísmica y el daño sísmico, constituyen los elementos fundamentales para la caracterización de la vulnerabilidad sísmica.

Las aplicaciones de los estudios de vulnerabilidad en entornos urbanos, debe considerar tanto los aspectos estructurales como los funcionales, operativos y urbanos, para que puedan proporcionar información útil para la prevención de desastres, la planificación y la ordenación del territorio. En este sentido, constituyen un importante punto de partida para la toma de decisiones relacionadas con la rehabilitación o demolición de edificios peligrosos, la ubicación de hospitales y puestos de socorro en una determinada zona o por

ejemplo, el diseño de las vías alternativas de evacuación y rápido acceso de las ayudas hacia las zonas más vulnerables.

El primer paso de un estudio de vulnerabilidad consiste en definir su naturaleza y alcance, lo cual está condicionado por varios factores, tales como: el tipo de daño que se pretende evaluar, el nivel de amenaza existente en la zona, la información disponible sobre las estructuras, entre otras. Cuando todos estos factores se tengan, se prosigue a determinar la Vulnerabilidad de las estructuras por medio del método escogido.

Aunque no existe una metodología estándar o procedimiento para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras, algunas instituciones (como la Comisión de Seguridad Sísmica de California, CSSC, 1999) proponen clasificarlas en tres grupos principales, de acuerdo a:

- ✓ **sismos pasados**, En base a sismos pasados esto se han desarrollado una serie de funciones de Vulnerabilidad sísmica de edificios, para las cuales sólo se requiere identificar la clase de edificio para hacer referencia a la función.
- ✓ **desarrollos de Ingeniería**, en base a sismos pasados habido desarrollos de ingeniería en este caso, los cálculos estructurales se utilizan para cuantificar la cantidad de fuerza y deformación inducida en la construcción por el movimiento del sismo y compararlos con la capacidad de la estructura. En ingeniería las estimaciones de la Vulnerabilidad también tienden a tener incertidumbres asociadas con ellas, debido a que en ocasiones es muy difícil cuantificar la capacidad y resistencia exacta de la estructura y también la predicción de la respuesta.
- ✓ **Para ambos casos**,  
Para la determinación de la Vulnerabilidad estructural, existen métodos de análisis cualitativos y cuantitativos o analíticos de

distintos grados de complejidad, en concordancia con el objetivo que se persigue al determinarla. (OPS, 2004).

#### 2.2.3.3.1. MÉTODOS ANALÍTICOS

Los métodos cuantitativos se basan en el análisis que no por exhaustivo son necesariamente más precisos. Típicamente son extensiones propias de los procedimientos de análisis y diseño antisísmico recomendados por las normas modernas (OPS, 2004).

##### **Método NSR-98**

Se debe realizar un análisis dinámico de la estructura, que permita estudiar su comportamiento y saber si cumple los requisitos exigidos por la norma sísmica vigente. Con los resultados obtenidos de este análisis y las capacidades actuales calculadas en los elementos, se calculan los índices de sobre-esfuerzo y los índices de flexibilidad de los pisos, cuyos valores inversos definirán el grado de vulnerabilidad de la estructura. (Llanos, 2003).

##### **Método FEMA 178**

este método, el cual es empleado para realizar la evaluación y el diagnóstico sísmico de cualquier edificación existente. Las guías y procedimientos del FEMA-178 son utilizados únicamente para evaluar la capacidad de la edificación en cuanto si es peligrosa para ser ocupada o no, y evalúa el uso de la estructura después del terremoto. (Llanos, 2003). La metodología del FEMA-178 plantea una serie de interrogantes para el sistema estructural, pórticos resistentes a momentos, diafragmas, conexiones y amenazas geológicas, entre otros, los cuales están diseñados para describir defectos, puntos débiles o zonas vulnerables de la edificación.

##### **Método ATC-14**

Con las fuerzas cortantes en los entrepisos se calcula el esfuerzo promedio "Vav" de los elementos resistentes verticales del edificio, el cual se compara con el esfuerzo estimado del material mediante la relación  $Vav / 4.26$ ; si esta relación es menor que uno, indica que la

estructura presenta problemas de corte y que requiere de un análisis estructural más detallado. (Llanos 2003).

### **Método FEMA-273**

Está diseñado para identificar los elementos estructurales que podrían tener un mal comportamiento frente a la ocurrencia de un evento sísmico, porque tienen poca capacidad o resistencia. Además, define diferentes técnicas y criterios de diseño que permiten alcanzar diferentes niveles de desempeño sísmico de la edificación. Dentro de los niveles de desempeño sísmico se encuentran, el nivel de ocupación inmediata, el nivel operacional, nivel de protección de la vida y el nivel de prevención de colapso y su escogencia del comportamiento que se espere de la edificación durante y después de un sismo.

#### **2.2.3.3.2. METODOS CUALITATIVOS**

Para realizar el estudio de vulnerabilidad de un conjunto de edificios, se han desarrollado múltiples métodos cualitativos que permiten hacer la evaluación de forma rápida y sencilla. Estos métodos son usados para obtener un estimativo de la vulnerabilidad de las edificaciones, lo que permite conocer el comportamiento de una zona urbana ante la ocurrencia de algunos fenómenos naturales, proporcionando con esto una herramienta muy importante para los planes de prevención y mitigación de desastres (Llanos, 2003).

### **Método ATC-21**

Es un método muy sencillo que se basa en darle una calificación inicial a la edificación, a la cual se le suman o restan puntos a medida que avanza la revisión y se filtran las características estructurales de la misma. Esta calificación inicial depende del tipo de estructura y del sistema de resistencia sísmica que tenga el edificio. (Llanos ,2003).

### **Métodos Japoneses**

Entre los métodos Japoneses, se encuentran el Método de Hirosawa, el cual es el método utilizado oficialmente en el Japón por el ministerio de construcción, en la evaluación de la seguridad sísmica de edificios

de concreto armado. El método recomienda tres niveles de evaluación, que van de lo simple a lo detallado, y se basa en análisis del comportamiento sísmico de cada piso del edificio en las direcciones principales de la planta.

### **Método del ISTC**

El método evalúa la capacidad resistente del edificio por medio de dos parámetros, I 1 e 12, que representan los dos posibles modos de rotura en los muros. Con estos índices se calcula el índice 13, que es utilizado para determinar, en conjunto con los otros dos, la Vulnerabilidad de edificio sobre la base de función de Vulnerabilidad Propuesta por el ISTC.

### **Método del Índice de Vulnerabilidad**

La importancia de este método, es que se puede aplicar para edificios de mampostería No estructural y para edificios en Concreto armado, el cual son los dos tipos de edificaciones que más encontramos en nuestra medio

### **Método de la AIS**

Determina la Vulnerabilidad Estructural por efecto de sismo de viviendas de mampostería, evaluando aspectos geométricos. Constructivos y estructurales. Dentro de los aspectos que se evalúan están, la irregularidad en planta y en altura, la cantidad de muros, la calidad de las juntas de pega en mortero y de los materiales, las vigas de amarre, los muros confinados y reforzados, cimentación, suelos, entrono, entre otros. Cada uno de ellos se califica mediante visualización y la comparación con patrones generales.

## **2.2.3.4. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LAS METODOLOGIAS**

Para escoger una metodología cualitativa adecuada para el estudio de vulnerabilidad estructural por efecto de sismo que pudiera ser aplicada en el distrito de San Miguel, tomando como referencia su centro

urbano, se analizaron las ventajas y desventajas de cada una de las metodologías cualitativas descritas. Se tomaron como puntos de comparación:

#### 2.2.3.5. SUSTENTO DEL METODO A UTILIZAR

En este trabajo se decidió aplicar la metodología del Índice de Vulnerabilidad. A partir de la información obtenida de otras investigaciones se han elaborado un gran base de datos con el índice de Vulnerabilidad de cada estructura y el daño sufrido por terremotos de determinadas intensidades y algunas de las razones que se tomaron en cuenta para elegir esta metodología son:

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

Una vez estudiado el método se llegó a la conclusión que sí era aplicable para la ciudad siempre y cuando se le modificaran, ampliaran y/o suprimieran ciertas características. El método se describe a sí mismo como un método aplicado a mampostería no reforzada, donde se define como mampostería reforzada a lo que en Perú se le conoce como mampostería estructural. Por lo tanto, la misma definición del método, implica que el mismo puede ser aplicado en el Distrito de San Miguel.

#### **Credibilidad de la Metodología**

El método del índice de vulnerabilidad ha sido implementado en diferentes países del mundo su gran aceptación en países ha quedado demostrada por el GNDT (Grupo Nazionale per la Difesa Dei Terremoti) que lo ha adoptado para los planes de mitigación de desastres a nivel gubernamental. (Benedetti, 1984).

En este trabajo se decidió aplicar la metodología del Índice de Vulnerabilidad. A partir de la información obtenida de otras investigaciones se han elaborado una gran base de datos con el índice de Vulnerabilidad de cada estructura y el daño sufrido por terremotos de determinadas intensidades. Algunas de las razones que se tornaron en cuenta para elegir esta metodología son:

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

#### 2.2.4. METODO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Una de las características principales que se encuentran en la mayoría de estructuras, principalmente en los países que están en vías de desarrollo, es que el material predominante es la mampostería no estructural, ya sea como sistema resistente, y/o como sistema de muros de entre pisos, haciéndolas más vulnerables debido a la falta de ductilidad de éstas, convirtiéndose así la estructura en frágil, lo cual hace que estén expuestas a un riesgo sísmico alto.

Esto, acompañado de un mal diseño estructural, ya sea por faltas de normas al momento del cálculo o por un diseño deficiente por parte del ingeniero, o en el peor de los casos no hubo presencia de un ingeniero, así como una mala estructuración de la edificación y un estado de conservación con deterioro en sus elementos estructurales y no estructurales, hace que las edificaciones en nuestro medio sean necesariamente estudiadas, para así poder conocer la situación de ellas y lograr buscar diferentes mecanismos para reducir el riesgo sísmico.

## 2.2.4.1. VULNERABILIDAD SISMICA E ÍNDICE DE DAÑO

El grado de daño que puede sufrir una estructura puede ser de dos tipos:

- a) Daño Estructural o daño que se produce en elementos que forman parte del sistema resistente de la edificación.
- b) Daño No Estructural que ocurre en los elementos que no forman parte del sistema resistente principal, incluyendo el daño arquitectónico, daño en los sistemas mecánicos, eléctricos, sanitarios y daño en el contenido del edificio.

Depende del comportamiento de los elementos del esquema resistente sean vigas, columnas, muros de corte, sistemas de piso, etc., y puede cuantificarse mediante un indicador de daño local, es decir, un indicador del daño ocasionado en el elemento asociándolo luego a un indicador de daño global de toda la estructura en conjunto.

Desde el punto de vista de los costos financieros, se requiere conocer un índice de daño económico de la estructura, que agrupe de alguna manera los índices de daños anteriores. Generalmente se define como:

Sin embargo, teniendo en cuenta que las acciones sísmicas son esporádicas e incluso pueden no producirse durante el período de vida útil de una estructura y dado el avance de las técnicas tanto de análisis estructural como de laboratorio, es posible cuantificar el grado de daño ocasionado por un eventual sismo mediante modelos matemáticos o mecánicos, que simulen el efecto del terremoto, en cuyos casos se denominan Vulnerabilidad Calculada. (Yépez, 1995).

El resultado esperado a partir de los estudios de Vulnerabilidad es el índice de daño que sufriría una estructura de una tipología dada, sometida a la acción de un sismo de determinadas características. Dicho resultado puede obtenerse, básicamente, mediante dos

modalidades. La primera, mediante las denominadas matrices de probabilidad de daño, las cuales expresan en forma discreta la probabilidad condicional  $P \{D=j(i)\}$  de obtener un nivel de daño igual a  $j$  dado un sismo de tamaño  $i$ . Ejemplo de matrices un poco más simplificadas se encuentran en la Tabla II.4., donde para diferentes bases de datos provenientes de levantamientos de daños provocados por terremotos pasados y, según la tipología del edificio, se obtienen los niveles de daños probables para diferentes intensidades macro sísmicas. Las tipologías consideradas (A, B y C) responden a la clasificación descrita en la escala MSK-64.

Tabla II.2.  
Ejemplo de matrices de probabilidad condicional de daño.

	<b>MSK</b>	<b>Intensidad Macrosísmicas</b>		
	<b>Tipo de edif.</b>	<b>IX</b>	<b>VIII</b>	<b>VII</b>
<b>MSK</b>	A	0.825	0.565	0.227
	B	0.585	0.227	0.057
	C	0.227	0.072	0.010
<b>Microzonificación de Lisboa</b>	A	0.800	0.500	0.150
	B	0.550	0.275	0.090
	C	0.200	0.100	0.030
<b>Sauter and Shah</b>	A	1.000	0.500	0.220
	B	0.560	0.270	0.080
	C	0.400	0.180	0.060
<b>Munich Reinsurance Company</b>	A	1.000	0.700	0.200
	B	0.800	0.400	0.100
	C	0.500	0.200	0.050
<b>VillaCañas</b>	A	0.800	0.600	0.300
	B	0.600	0.300	0.150
	C	0.300	0.150	0.050

Fuente: Fabricio Yépez, 1995.

#### 2.2.4.2. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (BENEDETTI Y PETRINI, 1982)

El método del índice de vulnerabilidad se comienza a desarrollar en Italia con motivo de los estudios post-terremotos realizados a partir de 1976. El método se describe en 1982, año a partir del cual empieza su

utilización en números asociaciones. Como resultado de ello se obtiene un importante banco de datos sobre daños de edificios para diferentes intensidades de terremotos y las comprobaciones realizadas demuestran buenos resultados en la aplicación del método. El método del índice de Vulnerabilidad puede clasificarse como subjetivo, debido a que realiza una calificación subjetiva de los edificios apoyándose en cálculos simplificados de estructuras, intentando identificar los parámetros más relevantes que controlan el daño estructural. La calificación de los edificios se realiza mediante un coeficiente denominado índice de Vulnerabilidad. Este índice se relaciona directamente con la vulnerabilidad o grado de daño de la estructura mediante funciones de vulnerabilidad. Estas funciones permiten formular el índice de vulnerabilidad para cada grado de intensidad macro sísmica de terremoto y evaluar de manera rápida y sencilla la Vulnerabilidad Estructural por efecto de sismo de edificios, condiciones que resultan imprescindibles para desarrollar estudios urbanos a gran escala. (Yépez, 1995).

El método del índice de Vulnerabilidad, enmarcándose dentro del grupo de métodos de vulnerabilidad observada, identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en un edificio ante una sollicitación sísmica. Los estudios de la configuración en planta y elevación, el tipo y calidad de los materiales utilizados, la posición y la cimentación del edificio, la disposición de los elementos estructurales, así como el estado de conservación de la estructura, son calificados individualmente en una escala numérica afectada por un factor de peso, que trata de resaltar la importancia de un parámetro respecto al resto. A partir de los valores de los parámetros obtenidos de esta manera, se realiza una calificación global del edificio en una escala numérica continua. (Yépez, 1995). El verdadero comportamiento de la estructura se evalúa con tres niveles de amenaza (severo, diseño y servicio) por tanto en este trabajo se utilizaron los tres niveles de amenaza: Servicio (0.18g), de diseño (0.24g) y severo (0.32g) obtenidos de la curva de peligrosidad sísmica del Distrito d San Miguel.

#### 2.2.4.2.1. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA ESTRUCTURAS DE

##### MAMPOSTERÍA NO REFORZADA:

El método del índice de Vulnerabilidad, como se había dicho anteriormente, se aplica principalmente a estructuras de Mampostería No reforzada, ya que la mayoría de las estructuras, que se encuentran en un grupo de estructuras o zonas urbanas como es el caso de esta investigación, son de mampostería no reforzada. Por tal razón, los resultados obtenidos son de más confianza que los obtenidos de las estructuras de Concreto armado, ya que la base de datos, obtenida a lo largo de la historia por diferentes investigaciones, son más completos, haciendo que las correlaciones que se tienen para establecer los escenarios de daños tengan menos incertidumbre.

Para realizar el levantamiento de la información requerida, hay dos tipos de formularios:

El primero, el cual es para hacer levantamientos post-terremotos, que se realiza en situ de los daños ocasionados en los edificios, y se hace la evaluación del índice de Vulnerabilidad de esa estructura. Posteriormente, se hacen, con toda la base de datos de las edificaciones estudiadas, y con la intensidad del sismo que se ha presentado, correlaciones para poder determinar los índices de daños.

El segundo tipo de formulario la información lo detallara, como es la dirección de la edificación, el tipo de materiales utilizados, el año de construcción, como se encuentra el sistema resistente de la estructura, la posición e inclinación de la superficie, el estado de conservación, la configuración en planta y elevación, entre otras.

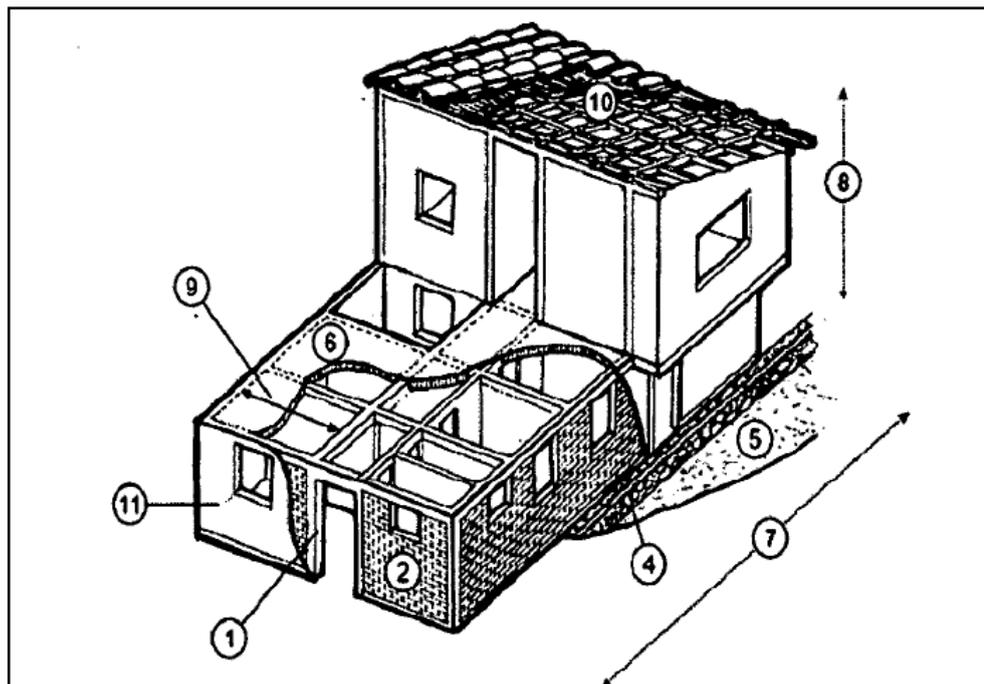
Dicho formulario se resume en 11 parámetros establecidos por el Método del Índice de vulnerabilidad los cuales son:

##### I. Organización del sistema resistente.

2. Calidad del sistema resistente.
3. Resistencia convencional.
4. Posición del edificio y cimentación.
5. Diafragmas horizontales.
6. Configuración en planta.
7. Configuración en elevación.
8. Separación Máxima entre muros.
9. Tipo de cubierta.
10. Elementos no estructurales.
11. Estado de Conservación.

Se detalla:

Figura II.8.  
Imagen de una vivienda, mostrando los parámetros a evaluar.



Fuente: Madona y Chico Cho, Simulación de funciones de Vulnerabilidad por opinión de expertos.

### 1. - organización del sistema resistente:

El primer punto que se encuentra en este formulario es el tipo y organización del sistema resistente (estructural), el cual se evalúa el

grado de organización de los elementos de la estructura resistente vertical, sin tomar en cuenta el material utilizado. Es más bien como tener en cuenta si se tuvo referencia a alguna norma sismo resistente, y el estado de las conexiones realizadas entre vigas de amarre o vigas corona, con los muros en todos los niveles de la estructura.

Se enfatiza en la necesidad de tener en cuenta la presencia y eficacia de las conexiones entre los elementos resistentes ortogonales verticales, procurando de esta manera, considerar la posible semejanza del comportamiento de la estructura analizada con el de una estructura ortogonal, cerrada, tipo cajón.

Tabla II.3.  
Sistemas Estructurales.

<b>Sistema Estructural</b> <b>Reducción, R</b>	<b>Coefficiente de</b> <b>Para</b>
<b>estructuras regulares</b> Acero	
<b>Pórticos Dúctiles con Uniones.</b> <b>resistentes a momentos.</b>	<b>9.5</b>
Otros estructurales de acero:	
<b>Arriostres excéntricos.</b>	<b>6.5</b>
<b>Arriostres en cruz.</b>	<b>6.0</b>
Concreto Armado	
<b>Pórticos.</b>	<b>8.00</b>
<hr/>	
<b>Dual.</b>	
<b>7.00</b>	
<b>De muros estructurales.</b>	
<b>6.00</b>	
<b>Muros de ductilidad Limitada.</b>	<b>4.00</b>
Albañilería Armada	<b>3.00</b>
Madera (Por esfuerzos admisibles)	<b>7.00</b>

Fuente: Norma E-030 Diseño Sismo resistente.

- **Optimo- nada vulnerable (A):** Construido de acuerdo a la Norma E-070 (diseño de Edificaciones de Albañilería). Presenta vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas.

- **Bueno - poco vulnerable (B):** Presenta conexiones mediante vigas de amarre y enmarque de muros, utilizadas para transmitir las cargas verticales aplicadas a los muros en todos los niveles. Presenta vigas y columnas de confinamiento pero no en todas las plantas.
- **Regular - medianamente vulnerable (C):** No presenta el tipo de conexiones del punto (B), pero presenta buena unión entre sus paredes ortogonales resistentes.
- **Desfavorable- muy vulnerable (D):** No tiene buena unión entre sus paredes. No posee confinamiento en ninguna planta.

## 2. Calidad del sistema resistente:

El segundo punto trata sobre la calidad del sistema resistente en el que se evalúa el tipo de mampostería utilizada, diferenciándola cualitativamente por su resistencia. Aquí se tienen en cuenta es la tipología estructural resumida en dos factores: El tipo de material utilizado y la forma del elemento de mampostería, y la homogeneidad de dicho material y de los elementos a lo largo del panel de la estructura.

- **Optimo -nada vulnerable (A):** Todas las unidades de mampostería dentro del muro son del mismo tipo y de buena calidad, posee dimensiones constantes y correcta colocación.
- **Bueno - poco vulnerable (B):** Todas las unidades de mampostería dentro del muro son del mismo tipo de regular calidad, posee dimensiones constantes pero no correcta colocación.
- **Regular- medianamente vulnerable (C):** Existen dos tipos de unidades de mampostería dentro del muro, o Menos del 50% de las unidades tienen dimensiones constantes e incorrecta colocación.

- **Desfavorable -muy vulnerable (D):** Existen tres tipos de unidades o más dentro de los muros, o Más del 50% de las unidades tienen dimensiones diferentes e incorrecta colocación.

### 3. –Resistencia convencional:

Para los edificios de mampostería no reforzada se requiere cálculos sencillos pero conceptualmente importantes. Utilizando la hipótesis del comportamiento de estructura ortogonal, cerrada (tipo cajón), se puede evaluar con bastante fiabilidad la resistencia que puede presentar un edificio frente a cargas horizontales. Se aplica un concepto muy utilizado en estructuras y en normativas de edificación, que es el coeficiente sísmico "C", definido como la relación entre la fuerza máxima resistente horizontal y el peso del edificio, descrito por la siguiente ecuación:

$$C = \frac{a_0 \cdot \tau_k}{q \cdot N} * \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 \cdot \tau_k \cdot (1 + \gamma)}}$$

Donde:

C = coeficiente sísmico

N = Número de pisos de la edificación

$\tau_k$  = Resistencia a corte de los paneles de mampostería

### 4. Posición del edificio y cimentación:

El cuarto punto es la posición del edificio y de la cimentación, en la que mediante una inspección visual se evalúa la influencia del terreno y de la cimentación, castigando así a la edificación mientras en más malas condiciones se encuentre el suelo, y la pendiente del terreno sobre la cual está cimentada. La evaluación de este parámetro parece incompleta y difícil, ya que la observación de cotas de cimentación no siempre es posible a simple vista, requiriéndose examinar los planos estructurales de la cimentación (Yépez 1 et al, 1995), pero esto es muchas veces complicado, debido a que la mayoría de las estructuras

en estudios son antiguas y no presentan planos de este tipo, o están incompletos.

- **Optimo - nada vulnerable (A):** La Edificación se encuentra cimentada sobre un terreno estable con pendiente inferior al 10% y con todo el plano de cimentación a una misma cota.
- **Bueno - poco vulnerable (B):** La Edificación se encuentra cimentada sobre roca o sobre suelo blando, la diferencia entre las cotas de las cimentaciones es inferior a 1m.
- **Regular - medianamente vulnerable (C):** La Edificación se encuentra cimentada sobre suelo blando con pendiente entre el 20% y el 30% la diferencia entre las cotas de las cimentaciones es inferior a 1 m.
- **Desfavorable - muy vulnerable (D):** La Edificación se encuentra cimentada sobre terreno blando con pendiente mayor al 30%, la diferencia entre las cotas de las cimentaciones es superior a 1 m.

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

El quinto punto es el de forjado horizontal en el que se evalúa la calidad del sistema resistente de la losa de entrepiso. Aquí se ve calidad de la conexión que existe entre la losa y el sistema de muros, así como la ausencia de planos de desnivel.

A partir de experiencias en terremotos pasados, se ha observado que es de singular importancia que el sistema de diafragma se encuentre bien conectado al sistema resistente vertical, para que pueda transmitir tanto las cargas verticales que soporta el edificio, como las horizontales debidas al sismo hacia los paneles y de allí a la cimentación. Cuando dichas conexiones no se encuentran en estado aceptable, la vibración lateral de los paneles resistentes tienden a separarlos de los diafragmas provocando la caída de estos últimos y el desarrollo de un gravísimo mecanismo de fallo con características de reacción en cadena con el resto de diafragmas; dicha reacción se producirá como

consecuencia de altas cargas de impacto. En cuanto a la deformabilidad en el plano del diafragma, se ha demostrado analítica y experimentalmente que, si los diafragmas no tienen suficiente rigidez en su plano, pueden generar un comportamiento más débil de la estructura. La pérdida de las conexiones entre diafragma y el panel provocan fallos fuera del plano de los paneles, perdiéndose aquel comportamiento monolítico tipo cajón de la estructura.

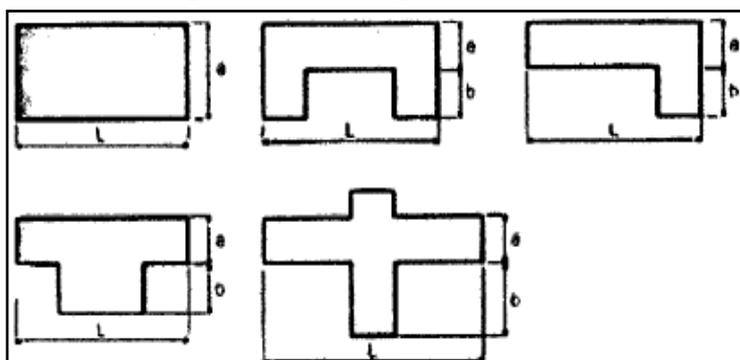
- **Optimo- nada vulnerable (A):** Losa Maciza (espesor entre 0.10-0.20m), cuenta con juntas entre el muro de mampostería y la losa de entrepiso.
- **Bueno- poco vulnerable (B):** Losa Aligerada (espesor mayor a 0.20m), cuenta con juntas entre el muro de mampostería y la losa de entrepiso.
- **Regular - medianamente vulnerable (C):** Losa Aligerada (espesor menor a 0.20m), no cuenta con juntas entre el muro de mampostería y la losa de entrepiso.
- **Desfavorable - muy vulnerable (D):** Losa Aligerada (espesor menor a 0.20m), con presencia de planos a desnivel, conexión entre muro y diafragma en pésimo estado.

#### 6. - Configuración en planta:

El sexto punto es la configuración en planta. La asignación de las calificaciones se puede explicar definiendo los parámetros:

$$\beta_1 = \frac{\alpha}{L} \text{ y } \beta_2 = \frac{b}{L}$$

Figura II.9. Configuración en Planta.



Fuente Ing. Albaro Jaramillo, Colombia.

- **Optimo - nada vulnerable (A):** Presenta una forma adecuada de configuración en planta, posee una configuración convexa en planta (sencilla). Estructuras con  $\beta_1 \geq 0.8$  o  $\beta_2 \leq 0.1$ .
- **Bueno - poco vulnerable (B):** Presenta una forma adecuada de configuración en planta, posee una configuración cóncavo en planta (compleja). Estructuras con  $0.6 \geq \beta_1 \geq 0.8$  o  $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$ .
- **Regular - medianamente vulnerable (C):** Presenta una forma inadecuada de configuración en planta, posee una configuración cóncavo en planta (compleja).
- **Desfavorable - muy vulnerable (D):** Presenta una forma compleja de configuración en planta, posee una configuración cóncavo en planta (compleja). Estructuras con  $\beta_1 < 0.4$  o  $0.3 < \beta_2$ .

## 7. - Configuración en elevación:

Tabla II.4.  
Irregularidades Estructurales en Altura.

<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>
<p><b>Irregularidad de Rigidez- Piso Blando</b>                      En cada dirección la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos verticales resistentes al corte en un entrepiso, columnas y muros, es menor que 85% de la correspondiente suma para el entrepiso superior, o es menor que 90% del promedio para los 3 pisos superiores. No es aplicable en sótanos. Para pisos de altura diferente multiplicar los valores anteriores por <math>(h_i/h_e)</math> donde <math>h_e</math> es altura promedio diferente de piso y <math>h_i</math> es la altura típica</p>

de piso.
<b>Irregularidad de Masa</b> Se considera que existe irregularidad de masa, cuando la masa de un piso es mayor que el
150% de la masa de un piso adyacente. No es aplicable en azoteas.
<b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 130% de la correspondiente dimensión en un piso adyacente. No es aplicable en azoteas ni en sótanos.
<b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b> Desalineamiento de elementos verticales, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento de magnitud mayor que la dimensión del elemento.

Fuente: Norma E-030 Diseño Sismo resistente (Capítulo III, Art. 11)

- **Optimo - nada vulnerable (A):** Presenta una elevación sencilla en el plano vertical, presenta regularidad geométrica vertical.
- **Bueno - poco vulnerable (B):** Presenta una. elevación sencilla en el plano vertical.
- **Regular - medianamente vulnerable (C):** No presenta una elevación sencilla en el plano vertical.
- **Desfavorable- muy vulnerable (D):** No presenta una elevación sencilla en el plano vertical, presenta irregularidad geométrica vertical.

#### 8. - Separación máxima entre muros:

El Octavo punto es sobre el espaciamiento máximo entre muros, el cual tiene en cuenta el espaciamiento excesivo posible entre muros ubicados transversalmente a los muros maestros. Este parámetro tiene en cuenta el posible espaciamiento excesivo entre muros ubicados transversalmente a los muros maestros. La clasificación se define en función del factor  $L/S$ , donde  $S$  es el espesor del muro maestro y  $L$  es el espaciamiento máximo entre los muros transversales.

- **Optimo -nada vulnerable (A):** Estructura con valores de  $L/S < 15$ .

- **Bueno -poco vulnerable (B):** Estructura con valores entre  $15 \leq L/S < 18$ .
- **Regular - medianamente vulnerable (C):** Estructura con valores entre  $18 \leq L/S < 25$ .
- **Desfavorable-muy vulnerable (D):** Estructura con valores de  $L/S \geq 25$ .

#### 9. -tipo de cubierta:

El noveno punto es sobre el tipo de cubierta en la que factores como la tipología de la cubierta y su peso, determinan la influencia de ella ante el comportamiento sísmico del edificio. En este parámetro se tiene en cuenta la influencia del tipo de cubierta en el comportamiento sísmico de un edificio. Factores como su tipología y peso determinan dicho comportamiento.

- **Optimo - nada vulnerable (A):** Losa de concreto con diseño sismoresistente y apoyados sobre vigas de concreto armado.
- **Bueno -poco vulnerable (B):** Losa de concreto sin diseño sismoresistente.
- **Regular- medianamente vulnerable (C):** Liviana, con etemit.
- **Desfavorable- muy vulnerable (D):** Pesada, con teja de barro u otros.

#### 10. -ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES:

El décimo punto es sobre los elementos no estructurales y su importancia ante la presencia de un sismo, que influye en el efecto de un peligro colateral. Se intenta tener en cuenta el efecto de los elementos que no forman parte del esquema estructural resistente tales como comisas, parapetos, balcones o cualquier elemento que sobresalga de la estructura y cuya caída pueda provocar víctimas.

Debido a que constituye un parámetro secundario que no provoca un aumento de la vulnerabilidad de la estructura, sino que incluye el efecto de un peligro colateral.

- **Optimo- nada vulnerable (A):** Edificios sin comisa, parapetos ni balcones. Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales.
- **Bueno - poco vulnerable (B):** Edificios sin comisa pero con parapetos y/o balcones. Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales.
- **Regular- medianamente vulnerable (C):** Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal.
- **Desfavorable- muy vulnerable (D):** Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, de peso considerable y mal conectados estructura principal, que pueden caer en caso de terremotos, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos a los paneles de mampostería.

#### **11. -Estado de conservación:**

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

- **Optimo - nada vulnerable (A):** Muros en Buena condición, sin fisuras visibles, homogéneo en toda la estructura.
- **Bueno- poco vulnerable (B):** Muros que presentan fisuras leves, homogéneo en toda la estructura.
- **Regular- medianamente vulnerable (C):** Muros con fisuras de tamaño medio entre 2 - 3 mm de ancho o que presentan un estado

mediocre de conservación, los muros no son homogéneos en toda la estructura.

- **Desfavorable - muy vulnerable (D):** Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o fisuras de más de 3 mm de ancho, los muros no son homogéneos en toda la estructura. Como se ha podido ver, las calificaciones o "clases" se escogen según las instrucciones del formulario las cuales dejan poca ambigüedad en su definición.

Aunque hay que destacar que para cada parámetro considerado se utilizan cifras, cantidades, porcentajes, descripciones que obedecen necesariamente al buen juicio y a experiencia de los expertos.

Cuantificación del Índice de Vulnerabilidad: Una vez obtenida todas las cuantificaciones (A, B, C o D) de cada una de los once parámetros de la estructuras, se determina el Índice de Vulnerabilidad, por medio de una suma ponderada del valor de cada parámetro multiplicado por un peso de importancia, mediante la siguiente ecuación:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} (K_i * W_i)$$

En la siguiente Tabla se indican la escala numérica del índice de Vulnerabilidad, la cual fue desarrollada por Benedetti et al.

Tabla II.5.  
Escala Numérica del índice de Vulnerabilidad.

N°	PARÁMETRO		KiA	KiB	KiC	KiD
PESO (Wi)						
01	Organización del Sistema Resistente	o	5	20	45	1.00
02	Calidad del Sistema Resistente	o	5	25	45	0.25
03	Resistencia Convencional	o	5	25	45	1.50
04	Posición del Edificio y cimentación	o	5	25	45	0.75
05	Diafragmas horizontales	o	5	15	45	1.00
06	Configuración en Planta	o	5	25	45	0.50
07	Configuración en Elevación	o	5	25	45	1.00
08	Separación Máxima entre muros	o	5	25	45	0.25

09 Tipo de Cubierta	o	15	25	45	1.00
10 Elementos no Estructurales	o	5	25	45	0.25
11 Estado de Conservación	o	5	25	45	1.00

Fuente: Benedetti y Petrini, 1984

Los escenarios de daños para las estructuras de Mampostería No estructural, para hallar las correlaciones entre daño e índice de Vulnerabilidad Iv, las calificaciones que se pueden obtener se clasifican de la siguiente manera (de acuerdo a la clasificación propuesta por el Ing. Julio Kuroiwa. 2008):

- **La mejor calificación que se encuentren entre "0"- "10" son Tipo 4 Construcciones Sísmicamente Resistentes**, se consideran estructuras completamente seguras con las siguientes características: Construcciones con muros de albañilería de ladrillo o bloques de concreto de buena calidad, con techo de losa de concreto reforzado o aligerado con elementos de albañilería hueco. Con columnas y vigas de concreto reforzado o con refuerzo interior.

Con muros de corte de concreto reforzado simétricamente distribuidas en la planta y elevación, capaces de controlar la deformación lateral dentro de los límites que evitan las fallas de elementos frágiles con muros de relleno, etc. En caso de sismo intenso. Buen estado de conservación.

- **Las calificaciones que recaen entre "10" y "40" son Tipo 3 Construcciones Normales**, se consideran que las estructuras son bastante seguras con las siguientes características: construcciones cuyo sistema resistente está constituido por columnas y vigas de concreto armado reforzado conformando pórticos espaciales con techo de losa aligerada, con muros de relleno, con algunos muros de concreto reforzado para tomar fuerzas horizontales sin tener, una concepción ideal para resistir terremotos, pudiendo tener en la construcción supervisión.

- **Las calificaciones que recaen entre "41" y "70" son Tipo 2 Sísmicamente débil**, son estructuras medianamente seguras, se consideran estructuras con muros de ladrillo, de arcilla o concreto, con columnas de amarre pero con baja densidad de muros, con columnas cortas, excentricidad poca rigidez lateral en una de las dos direcciones entre otros.
- **Las calificaciones que sean mayores a "71" son Tipo 2 Sísmicamente débil**, son estructuras muy vulnerables y de alto riesgo.

#### 2.2.4.2.2. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO

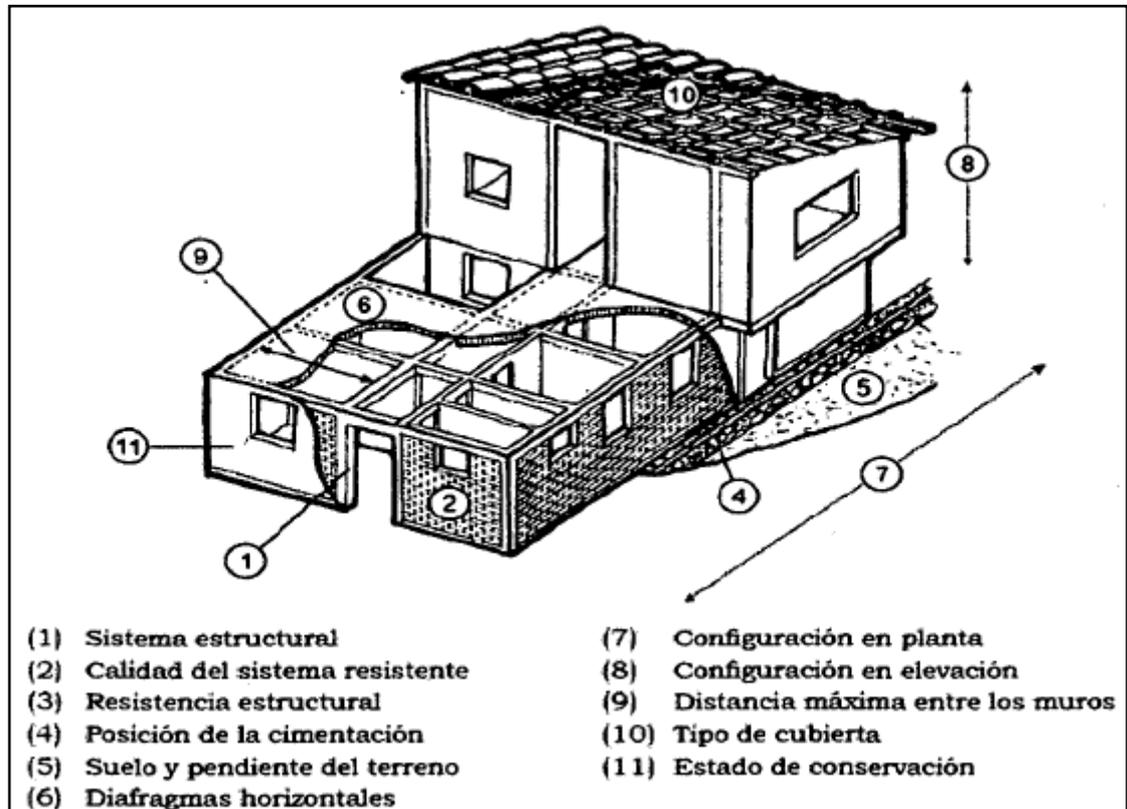
Como se había mencionado, el otro tipo de estructura que se puede utilizar para aplicar el método del Índice de Vulnerabilidad, es la de concreto armado. Al igual que para las estructuras de mampostería No Reforzada, existen unos formularios para medir el índice de Vulnerabilidad de estructuras de concreto armado. Este formulario se encuentra detallado en el Anexo N°01 -B. Otra diferencia es que cada parámetro clasifica a las estructuras entre A, B y C, y no como el caso de las Estructuras en Mampostería que son hasta D, el cual hace que la clasificación de las estructuras en Concreto armado sea un poco más estrecha. Dicho formulario se resume en 11 parámetros establecidos por el Método del Índice de vulnerabilidad los cuales son:

1. Organización del sistema resistente.
2. Calidad del sistema resistente.
3. Resistencia convencional.
4. Posición del edificio y cimentación.
5. Losas.
6. Configuración en planta.
7. Configuración en elevación.
8. Conexión elementos críticos.
9. Elementos de baja ductilidad.

1 O. Elementos no estructurales.

11. Estado de Conservación.

Figura II.10.  
Parámetros de Evaluación -Edificaciones de Concreto Armado



Fuente: Aguiar Falconi, R. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica en edificios de Hormigón Armado.

### I. - Organización del sistema resistente:

Si se tiene una construcción con muros de corte y ladrillos solidos muy bien confinados es clase A. ahora si se tiene una construcción con losa plana o vigas perdidas en las cuales se utilizó bloques de baja resistencia y tiene ventanas muy grandes es clase C. además deberá cumplir con todos los requisitos que se indican a continuación, si falla uno de ellos pasa a otra categoría.

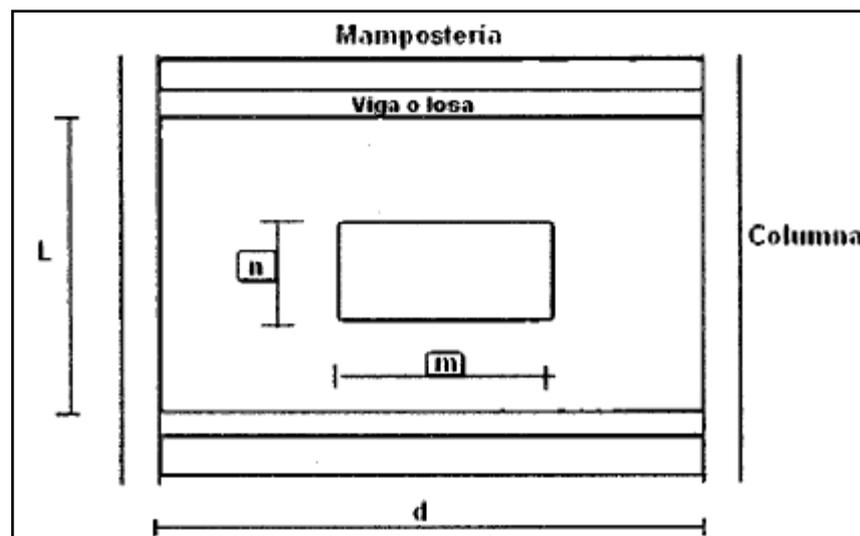
- **Edificio clase (A):** Si el sistema resistente principal está constituido por muros de corte o mampostería armada o bien de un

sistema de pórtico mixto de concreto armado y mampostería confinada que además cumpla con los siguientes requisitos:

- Está formada por elementos robustos (ladrillo macizo o semi macizo, bloques de muy buena calidad o piedra bien cortada) unidos con mortero de buena calidad.
- Los huecos de un panel no superen el 30% de la superficie total del panel. Con relación a la ventana de la figura, si es clase A, se debe de cumplir en todas las ventanas que:

$$m*n \leq 0.3*L*d$$

Figura II.11.  
Organización del Sistema Resistente.



Fuente: Aguiar Falconi, R. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica en edificios de Hormigón Armado.

- La relación entre la altura y el espesor de la mampostería sea inferior a 20:

$$\frac{L}{B} \leq 20$$

Dónde: "b" es el ancho de la mampostería.

- La mampostería en su parte superior no se encuentre a más de 1 cm., de la viga, para que no esté suelta la mampostería.
  - La mampostería no sobresalga, respecto al filo extremo del pórtico más del 20% de su espesor.
  - El área transversal  $A_c$  de las columnas de concreto armado en  $\text{cm}^2$  adyacentes a la mampostería será mayor o igual a 25 veces el ancho de la mampostería expresada en cm. Se debe cumplir el área transversal de cada columna o columneta no de la suma.
- **Edificio clase (B):** Es una estructura conformada por vigas y columnas de concreto armado, sin muros de corte y muros de mampostería que no hayan cumplido con los requisitos de la Clase A y que cumplan con los siguientes requisitos.

$$m \cdot n \leq 0.6 \cdot L \cdot d$$

$$\frac{L}{B} \leq 30$$

$$i \leq 3 \text{ cm}$$

$$S \leq 0.3 \cdot b$$

$$A_c \geq 20 \cdot b$$

- **Edificio clase (C):** Pertenecen a esta categoría, las edificaciones que no clasificaron como B.

## 2. - Calidad del sistema resistente:

Evalúa el tipo de material empleado, tanto concreto, acero, como mampostería junto con los morteros empleados además de considerar la calidad de ejecución de la obra a través de la mano de la obra empleada. Para tener una mejor apreciación es conveniente saber hace que tiempo fue construido el edificio, en base a ese dato se podría inferir la calidad de los materiales utilizados. Con mayor cantidad de información ya se puede tener una idea de la calidad de los materiales empleados en el sistema resistente. Además se debe verificar que se cumpla lo siguiente:

- **Edificio clase (A):** Si se presenta las siguientes características:
  - El concreto utilizado parece de consistencia buena, dura al rayado y bien ejecutada.
  
  - No debe existir zonas de "hormiguero" debido a una mala vibración del concreto en su colocación.
  
  - Las barras de acero utilizadas son corrugadas y no se encuentran visibles en todos los elementos estructurales.
  
  - La mampostería está conformada por elementos compactos y el mortero utilizado para su unión no se hace migas fácilmente, el mortero utilizado es de buena calidad.
  
  - La información disponible elimina la posibilidad de una mala calidad de ejecución de la obra o de una modalidad constructiva errónea en la zona.
  
- **Edificio clase (B):** Es una edificación que no pertenece a la Clase "A" ni a la Clase "C".
  
- **Edificio clase (C):** Edificaciones que presentan al menos dos de las siguientes características.
  - El concreto empleado es de baja calidad.
  - Las varillas de acero son visibles, oxidadas o están eventualmente mal distribuidas.
  - Las juntas de construcción están mal ejecutadas.
  - La mampostería es de mala calidad.
  - La construcción de los elementos estructurales, vigas, columnas, losas, gradas, mampostería es de mala calidad.

### **3. -Resistencia convencional:**

El tercer punto hace referencia a la Resistencia convencional en la que se evalúa la fiabilidad de la resistencia que puede presentar el edificio

frente a cargas horizontales. Aquí se realizan unos cálculos sencillos, en la que se tienen en cuenta la resistencia de los elementos principales y se determina la relación entre el cortante resistente  $V_r$  y el cortante actuante  $V_s$ .

$$\alpha = \frac{V_r}{V_s}$$

Teóricamente se debe evaluar esta relación en cualquier piso pero por facilidad se determinara a nivel de la base de la estructura calculándose el cortante basal  $V_s$  que se calculara de acuerdo a lo estipulado en la norma E- 030 Diseño Sismo-resistente.

• **Determinación del cortante resistente ( $V_r$ ):** Se determinara con la siguiente relación. El cortante Resistente ( $V_r$ ) será la suma de todas las contribuciones de columnas.

$$V_R = A * \tau$$

**Dónde:**

A = área de las secciones transversales de los elementos resistentes.

t = esfuerzo de corte, normalmente se obtiene la contribución al corte solo de las columnas. Para columnas de concreto armado el esfuerzo al corte se evalúa en forma aproximada con la siguiente ecuación.

$$\tau = \Phi * 0.53 * \sqrt{f_c} * b * d$$

En el cual:

$\Phi = 0.85$ , el esfuerzo de minoración.

$f_c$  = resistencia máxima a la compresión del concreto en kg/cm<sup>2</sup>.

b, d = base y altura efectiva de la columna en el sentido de análisis.

• **Determinación del cortante actuante - basal ( $v_s$ ):** Se determinará siguiendo los pasos estipulados en la norma sismo -resistente E-030 que se detallan a continuación. Se evaluara el cortante en la base de la estructura de acuerdo a la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P$$

Dónde:

V = Fuerza cortante en la Base de la estructura.

Z = Factor de zona.

U =Factor de uso o importancia.

C = Coeficiente de Ampliación sísmica.

S = Factor de suelo

R = Coeficiente de reducción sísmica.

P = Peso de la estructura.

#### **4. -Posición del edificio y cimentación:**

Se evalúa a simple vista, la influencia del terreno y dela cimentación. El análisis se limita a: consistencia y pendiente del terreno, probables diferencias entre las cotas de cimentación y presencia de terraplenes no equilibrados simétricamente. Además de ello se debe observar que no existan rajaduras en las paredes que den indicio que exista hundimiento en la cimentación, de tal manera que en forma indirecta también se debe

- **Edificio clase (A):** Si la edificación se encuentra sobre un suelo duro y en una topografía plana es lo más seguro posible y su valoración será  $K = 0$ . Ahora si se encuentra en un terreno de dureza intermedia o con mayor resistencia y en una pendiente menor a 15% también será clase "A" pero ya no tiene la evaluación de  $K = 0$  si no un poco mayor. Finalmente también es clase "A" si se encuentra en un suelo rocoso con una pendiente menor al 30%.
- **Edificio clase (B):** Es una edificación que no pertenece a la Clase "A" ni a la Clase "C".
- **Edificio clase (C):** Edificación con cimentación insuficiente para cualquier tipo de terreno. Edificio sobre terreno de dureza intermedia (suelos Intermedios S2) con pendiente superior al 30% o bien sobre terreno rocosos con pendiente superior al 60%. Puede tener además

la presencia de empujes no equilibrados debidos al terraplén o están muy próximos a una colina.

#### **5. -Losas:**

La losa debe ser rígida en su plano y con muy buenas conexiones con los elementos verticales para que sea considerada clase A. La rigidez es importante porque determina la magnitud de las deformaciones laterales y por tanto por ejemplo el nivel de daño a los elementos no estructurales. La rigidez de la losa depende de factores tales como:

- El material utilizado
  - La relación largo/ancho, en general con valores mayores a 3 puede considerarse flexible.
  - Aberturas, ocasionan la aparición de zonas flexibles dentro de la losa.
- **Edificio clase (A):** Edificación con losa rígida y bien conectada a los elementos resistentes verticales. Por otra parte el área de aberturas de la losa serán menores del 30% del área total en planta.
- **Edificio clase (B):** Es una edificación que no pertenece a la Clase "A" ni a la Clase "C".
- **Edificio clase (C):** Edificaciones con losas poco rígidas y mal conectadas a los elementos verticales. Edificaciones con abertura de losas mayores al 50% del área total de la planta.

#### **6. -Configuración en planta:**

Si la estructura en planta es un cuadrado la estructura es clase A, en la medida que se aleja de un cuadrado y se hace rectangular puede ser B o C. Si la configuración en planta tiene la forma "T", "L", "U", sin juntas de construcción es irregular y tendrá problemas de torsión por lo que su calificación será C. El modo de falla por torsión es frágil y si la falla es

por torsión la estructura no va a alcanzar la ductilidad para la que fue diseñada.

- La relación  $\delta_1 = a/L$  entre el lado menor y el lado mayor del rectángulo que circunscribe a la edificación en planta. Si la edificación en planta es rectangular se debe evaluar el lado menor para el lado mayor.
  - Si se debe de hallar el centro de masa y el centro de rigidez de la planta que se considere más críticas y luego se calcular  $\delta_2 = e/d$ , donde "e" es la excentricidad de la edificación y "d" es la dimensión menor en planta del edificio, de tal manera que  $\delta_2$  se lo mas alto. Valores altos de la excentricidad implican problemas de torsión en la edificación.
  - La relación  $\delta_3 = \Delta d / d$  que es la longitud del voladizo dd con respecto a la longitud total en la dirección del voladizo como se aprecia en la figura. Mientras mayor es la longitud del voladizo más vulnerable es la estructura.
  - La relación  $\delta_4 = c / b$  que relaciona el ancho y longitud de la protuberancia del cuerpo principal del edificio como se me en la imagen. Se debe de calcular  $\delta_4$  de tal manera que sea un mínimo.
- **Edificio clase (A):** Edificación con planta regular que satisface los siguientes requisitos.

$$\delta_1 > 0.4$$

$$\delta_2 < 0.2$$

$$\delta_3 < 0.1$$

$$\delta_4 > 0.5$$

- **Edificio clase (B):** Es una edificación que no pertenece a la Clase "A" ni a la Clase "C".
- **Edificio clase (C):** Edificaciones con planta irregular que verifica uno de los siguientes requisitos:

$$\delta_1 < 0.2$$

$$\delta_2 > 0.4$$

$$\delta_3 > 0.2$$

$$\delta_4 < 0.25$$

## 7. - Configuración en elevación:

Existen tres aspectos básicos para la determinación de este parámetro y son los siguientes:

- La relación entre la longitud de una torre de altura "T", situada sobre la edificación y la altura total "H", como se muestra.
  - La variación del sistema resistente en altura como se muestra. Una variación del piso inferior menos rígido a más rígido en el piso superior penaliza notablemente la vulnerabilidad. Este es el caso de PISO BLANDO; en edificaciones en donde el primero piso tiene mayor altura que los pisos superiores por estar destinado a oficinas, etc. Son muy vulnerables las estructuras con piso blando.
  - Este criterio toma en cuenta la distribución de la masa en altura. Lo ideal es que a medida que la edificación crezca en altura la distribución de las masas vaya disminuyendo.
- **Edificio clase (A):** No hay variaciones significativas del sistema resistente entre dos plantas sucesivas, se observa que el piso inferior es más fuerte que el piso superior. Por otra parte la relación:
- $$\frac{T}{H} < 0.1$$
- O supera 0.9, pero además las masas van decreciendo, no hay interrupción de columnas. El piso inferior es más fuerte que el piso superior en todas las plantas.
- **Edificio clase (B):** Es una edificación que no pertenece a la Clase "A" ni a la Clase "C".

- **Edificio clase (C):** Edificación con variación del sistema resistente, tanto en cuanto a organización como en calidad y tipo de los elementos resistentes. Hay aumentos de masa en altura superior al 20% y además se cumple:

$$0.1 \leq \left(\frac{T}{H}\right) \leq 0.3$$

O bien:

$$0.7 \leq \left(\frac{T}{H}\right) \leq 0.9$$

### 8. -Conexión con elementos críticos:

Aquí se resalta la necesidad de que el proceso constructivo coincida con los supuestos realizados en el análisis y calculo estructural, que básicamente supone la existencia de un esqueleto monolítico formado por vigas y columnas. Esto se evalúa sencillamente fijándose en la geometría de las uniones viga-columna y además en los siguientes puntos:

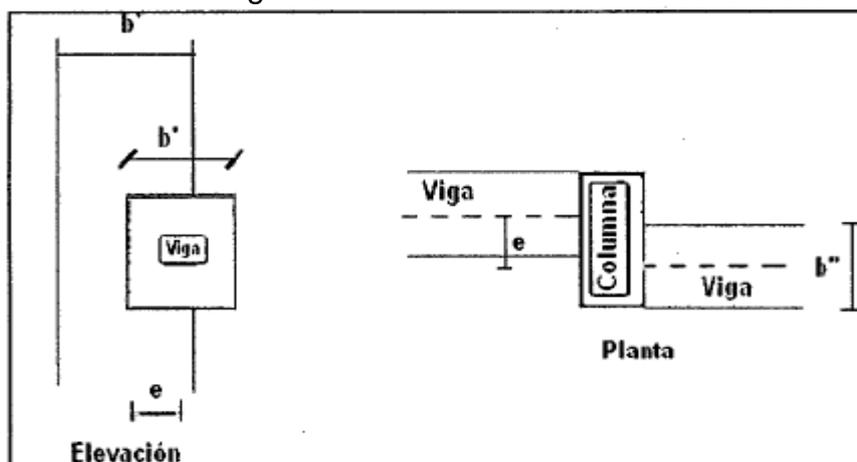
- La relación  $\lambda_1 = \frac{S}{b}$ :

Dónde: S= Longitud del saliente de la viga sobre la columna.

b = Ancho de la columna.

Figura II.12.

Conexión Viga- Columna considerando excentricidad.



Fuente: Aguiar Falconi, R. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica en edificios de Hormigón Armado.

- **Edificio clase (A):** La conexión viga - columna es buena, cuando satisface las siguientes condiciones.

$$\lambda_1 < 0.2$$

$$\lambda_2 < 0.2$$

$$\lambda_3 < 0.3$$

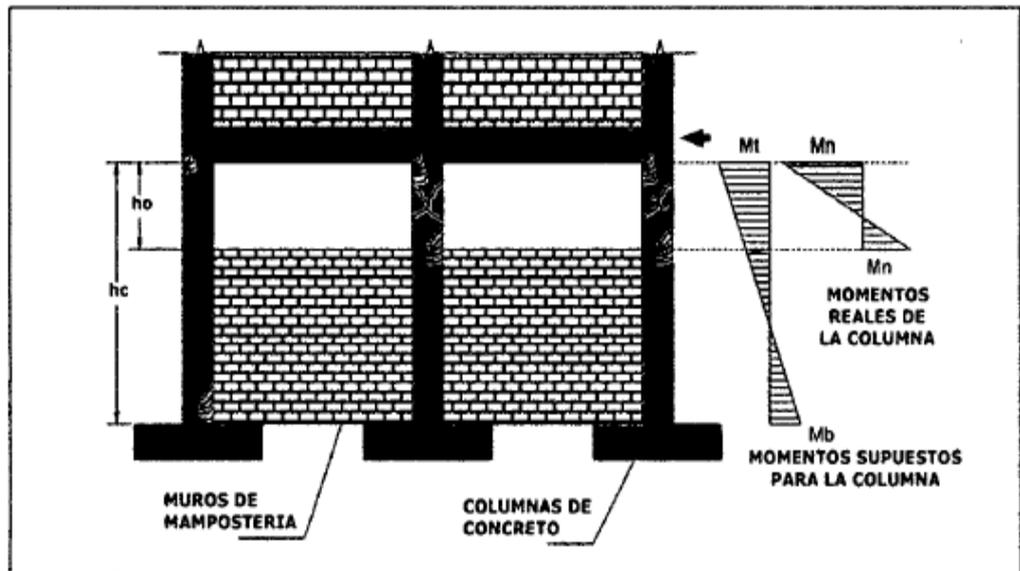
Además deberá verificar que la dimensión de una columna sea mayor a 25 cm.

- **Edificio clase (B):** Calidad mediocre de la unión viga - columna o cuando no pertenece a la Clase "A" ni a la Clase "C".
- **Edificio clase (C):** Calidad deficiente de la unión viga- columna, si se verifica uno de los siguientes casos:
  - Más del 70% de los elementos resistentes no satisfacen los requisitos de la Clase "A".
  - Más del 30% de los elementos de la unión viga- columna cumple con:
    - El ancho de la viga es mayor que el ancho de la columna en un 40%.
    - La excentricidad entre los ejes de la viga y la columna supera el 30% del mínimo ancho de cualquiera de los elementos.
    - Los ejes de las vigas que llegan al nudo, distan en planta más del 40% de la dimensión transversal de la columna.

### **9. -Elementos con baja ductilidad:**

Básicamente se refiere a la existencia de columnas cortas, que en varios sismos ha sido la falla más frecuente que se produce. En la siguiente figura se presenta un caso muy frecuente de columnas cortas y se presenta en diferentes estructuras con malos resultados después de un sismo, estos son elementos de elevada ductilidad.

Figura II.13.  
Mecanismo de falla de la columna corta.



Fuente: Kuroiwa, J. (2008) Viviendo en armonía con la naturaleza

- **Edificio clase (A):** No tiene elementos cortos.
- **Edificio clase (B):** En elementos de baja ductilidad (columnas cortas que se forman bajo las gradas).

$$\frac{L}{4} < h < \frac{L}{2}$$

En elementos de elevada ductilidad, como los indicados en las figuras anteriores son clase "B".

$$\frac{L}{2} < h < \frac{2}{3}L$$

Los elementos más cortos tienen altura menor o igual a la mitad de los otros elementos. O si hay un solo elemento con altura menor a  $\frac{2}{3}$  de la altura pero ese elemento es de elevada ductilidad.

- **Edificio clase (C):** Los elementos de baja ductilidad.

$$h < \frac{L}{4}$$

En elementos de elevada ductilidad.

$$h < \frac{L}{2}$$

Si hay un solo elemento con altura menor a la mitad de la altura pero es de elevada ductilidad.

#### 10. -Elementos no estructurales:

Aquí fundamentalmente se siguen criterios de estabilidad que reduzcan el riesgo de caída de estos elementos sobre los ocupantes de la edificación o sobre los transeúntes. Puede ser el caso de chimeneas mal construidas o revestimientos de piedra en las paredes.

- **Edificio clase (A):** Los elementos externos están anclados de manera eficiente. Los elementos internos son estables aunque no estén anclados.
- **Edificio clase (B):** Los elementos externos son estables pero con anclajes o conexiones poco fiables. Puede ser el caso de cornisas en las fachadas de las edificaciones.
- **Edificio clase (C):** Edificaciones cuyos elementos externos son inestables y mal conectados o que no son clasificables como clase "A" o "B".

#### 11. -Estado de conservación:

Con este parámetro se trata de dar importancia al estado "REAL" de la estructura, en contraposición con los modelos analíticos usuales.

- **Edificio clase (A):** Edificación cuyas columnas, vigas, losas y mampostería, no se encuentran fisuradas. No hay rajaduras en paredes que induzca a pensar en asentamientos del suelo. Se garantiza estabilidad bajo cargas sísmicas.

- **Edificio clase (B):** Edificación que no clasifica como Clase "A" o como "C".
- **Edificio clase (C):** Más del 30% de los elementos principales se encuentran fisurados. La losa tiene fisuras, se presentan daños en la cimentación.

Evaluación del Índice de Vulnerabilidad: una vez obtenida todas las calificaciones (A, B o C) de cada uno de los once parámetros analizados del edificio, se procede a asignar un valor numérico a cada clase de acuerdo a una escala similar a la utilizada para la estructura de mampostería No Reforzada.

Sin embargo, para poder evaluar un único índice es necesario realizar una suma ponderada de estas calificaciones, utilizando pesos que respondan a la importancia del parámetro evaluado.

Tabla II.6.  
Escala numérica del Índice de Vulnerabilidad -Edificaciones de Concreto Armado

N°	PARÁMETRO	KiA	KiB	KiC	PESO (Wi)
01	Organización del Sistema Resistente	0	6	12	1.00
02	Calidad del Sistema Resistente	0	6	12	0.50
03	Resistencia Convencional	0	11	22	1.00
04	Posición del Edificio y cimentación	0	2	4	0.50
05	Losas	0	3	6	1.00
06	Configuración en Planta	0	3	6	0.50
07	Configuración en Elevación	0	3	6	1.00
08	Conexión elementos críticos	0	3	6	0.75
09	Elementos de baja ductilidad	0	3	6	1.00
10	Elementos no Estructurales	0	4	10	0.25
11	Estado de Conservación	0	10	20	1.00

Fuente: Benedetti y Petri ni, 1984

Finalmente el índice de Vulnerabilidad puede evaluarse mediante la expresión:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} (K_i * W_i)$$

Las calificaciones que se pueden obtener se clasifican de la siguiente manera (de acuerdo a la clasificación propuesta por el Ing. Julio Kuroiwa):

- La mejor calificación que se encuentren entre "0" - "10" son Tipo 4 Construcciones Sísmicamente Resistentes, se consideran estructuras completamente seguras.
- Las calificaciones que recaen entre "10" y "30" son Tipo 3 Construcciones Normales, se consideran que las estructuras son bastante seguras.
- Las calificaciones que recaen entre "31" y "60" son Tipo 2 Sísmicamente débil, son estructuras medianamente seguras.

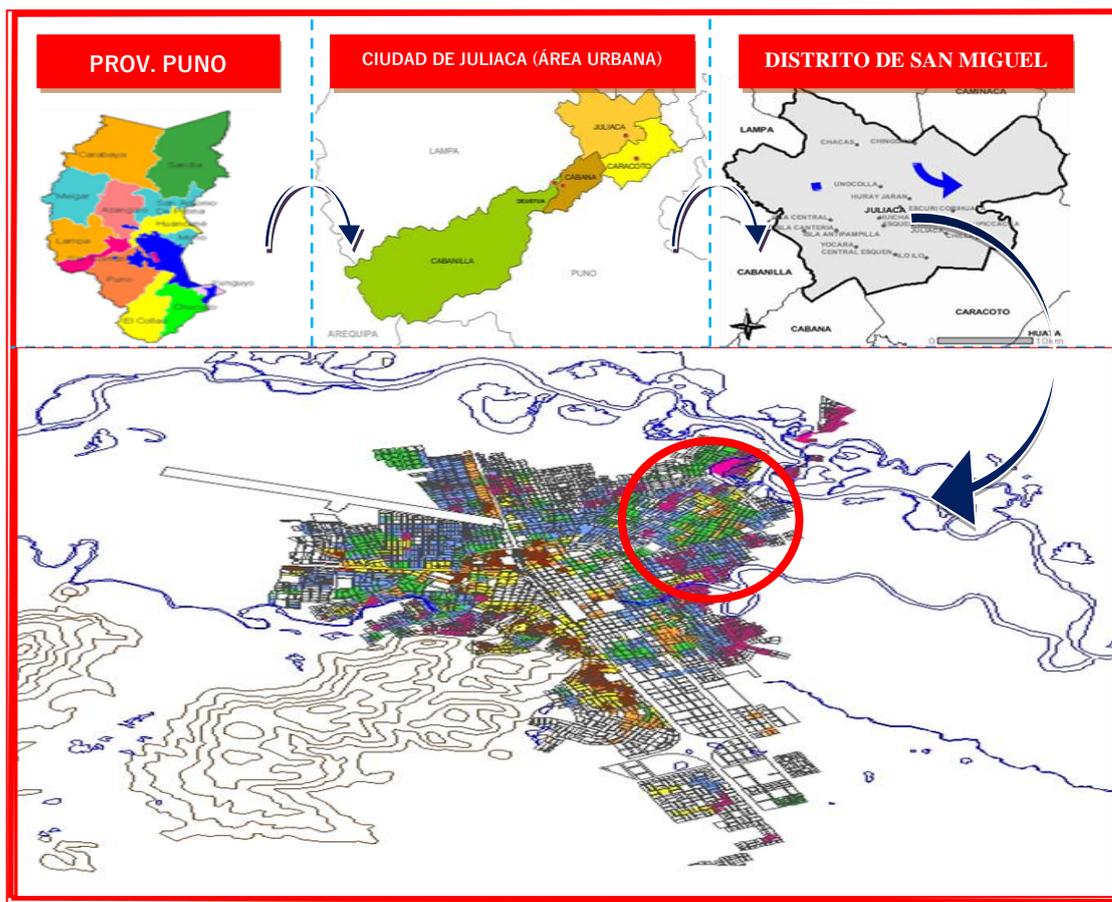
## **CAPITULO III**

### **PROPUESTA TECNICA DE LA INVESTIGACION**

#### **3.1. ZONA DE ESTUDIO**

El presente proyecto de investigación se realizó en el Departamento de Puno, Provincia de San Román, Distrito de San Miguel (área urbana), entre las cadenas occidental y oriental de los andes del sur con una altitud de 3,824 m.s.n.m; y coordenadas geográficas 15° 29' 24" latitud sur y los 70° 08' 00" longitud oeste, tal como se muestra en mapa a continuación.

Figura III.1.  
Mapa de localización geográfica



Fuente: elaboración propia.

**a. Ubicación Geográfica:** La ubicación geográfica del área urbana del distrito de San Miguel, ocupa una parte del departamento de Puno y la meseta del Collao, es el área comprendida entre las cadenas occidental y oriental de los Andes del Sur al lado Nor - Oeste del Lago Titicaca y la vertiente del Pacífico, hacia el Oeste de América del Sur, en los Andes Meridionales del Perú, localizada a 15° 29' 27" de latitud sur, 70° 07' 37" de longitud oeste, la altitud promedio oficial es de 3,824 msnm.

**b. Extensión;** El territorio del distrito San Miguel tiene una extensión superficial de 83.47 Km<sup>2</sup>, la población asciende a de 25,146 habitantes, lo cual significa que tiene una densidad poblacional de 301.25 hab/ Km<sup>2</sup>.

**c. Clima;** Generalmente, la localización de las ciudades guardaba criterios de resguardo y protección natural ante los fenómenos climáticos preexistentes en el espacio destinado a la futura ciudad. Este no es el caso de San Miguel, cuya localización en medio de la Meseta altiplánica, específicamente en el sector conocido como la meseta de Huata, la ha dejado naturalmente desprotegida ante las difíciles condiciones reinantes en la zona.

**d. Geodinámica** La geodinámica de San Miguel determinada por la calidad y condiciones de suelo y los fenómenos naturales que suceden en ellos se ha determinado a través de estudios de suelo, as características geomorfológicas, hidrogeológicas y geológicas de la zona.

La zona de estudio presenta un perfil estratigráfico con una capa superficial de cobertura de 0.0 m aproximadamente de relleno o suelo orgánico, seguido por una conformación de suelos granulares hasta la profundidad promedio de 3.0 m, que específicamente corresponde a arenas de mala y buena graduación (SP, SW) y arenas limosas (SM), con presencia de grava en un 30% como promedio, de forma sub redondeada. Contienen hasta 10% como máximo de finos la malla N° 200. La capacidad portante admisible para cimentaciones típicas está comprendida entre 1.0 a 1.3 Kg/cm<sup>2</sup>, caracterizándose por ser depósitos semi compactos con densidades que varían de 1.61 a 1.95 gr/cm<sup>3</sup>.

**e. Vivienda.** Según fuente INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda, las viviendas del área urbana de la ciudad de Juliaca son 54,376 que están habitadas y deshabitadas, de las cuales 8325 viviendas corresponden a la jurisdicción del Distrito de San miguel.

### 3.2. RESULTADO DEL LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION EN EL CENTRO URBANO DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL.

#### 3.2.1. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (LV)- EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA

En la aplicación de las fichas de levantamiento de información de viviendas de Mampostería no Reforzada en el centro urbano del Distrito de San Miguel

se analizaron un total de 196 viviendas que contempla el presente estudio, de las cuales se recabo 11 parámetros que contempla el método del índice de Vulnerabilidad, describiremos cada parámetro con los resultados obtenidos teniendo en cuenta que las viviendas fueron enumeradas de acuerdo al orden en el cual se obtenía la información, su ubicación, número de pisos.

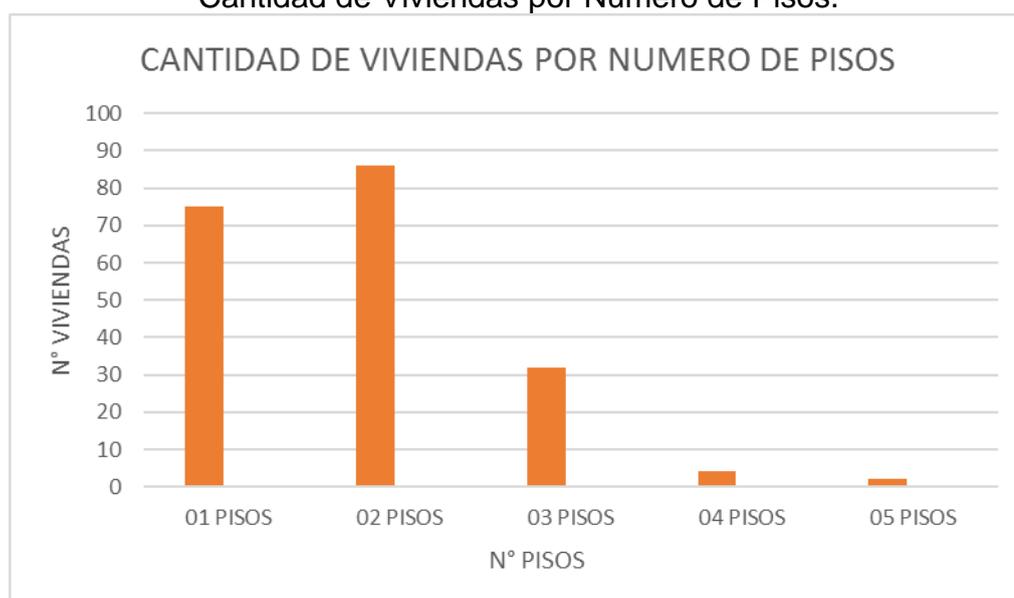
- Cantidad de Viviendas por Número de Pisos:

Tabla III.1.  
Cantidad de Viviendas por Número de Pisos.

Nº PISOS	CANTIDAD
01 PISOS	75
02 PISOS	86
03 PISOS	32
04 PISOS	4
05 PISOS	2
TOTAL	199

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.2.  
Cantidad de Viviendas por Número de Pisos.



Fuente: Elaboración Propia

Con las consideraciones de los datos registrados se analizó cada parámetro para poder comprender en su totalidad de influencia en el Método del Índice de Vulnerabilidad, para esto mostramos los resultados estadísticos del cálculo de dichos coeficientes.

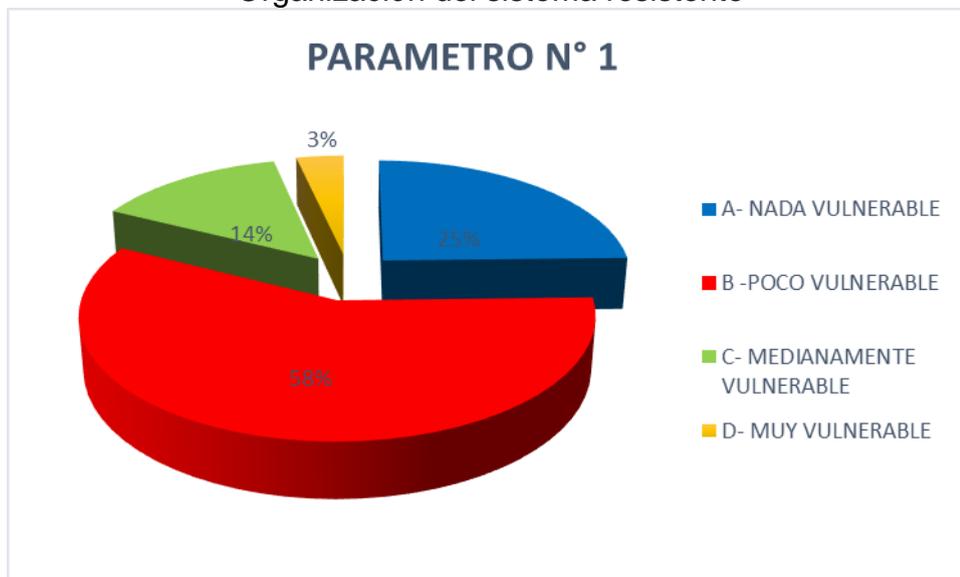
➤ **Parámetro N° 01: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE**

Tabla III.2.  
Organización del sistema resistente

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	49
B -POCO VULNERABLE	115
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	28
D- MUY VULNERABLE	7
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>

Fuente: Elaboración Propia

Figura III.3.  
Organización del sistema resistente



Fuente: Elaboración Propia

➤ **Parámetro N° 02: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE**

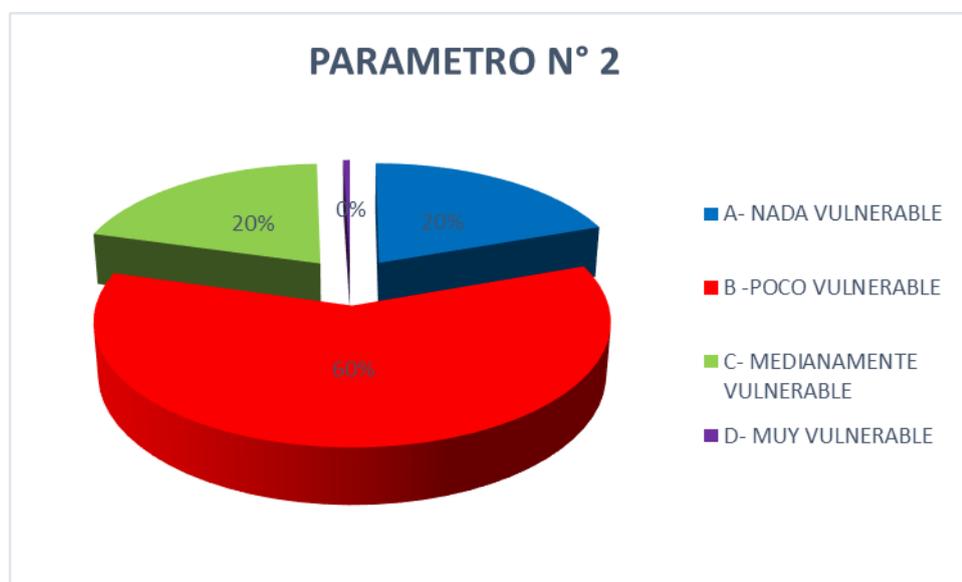
Tabla III.3.  
Calidad del sistema resistente

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	39
B -POCO VULNERABLE	119
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	40
D- MUY VULNERABLE	1
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>

Fuente: Elaboración Propia

Figura III.4.

Cantidad de Viviendas de acuerdo al uso actual



Fuente: Elaboración Propia

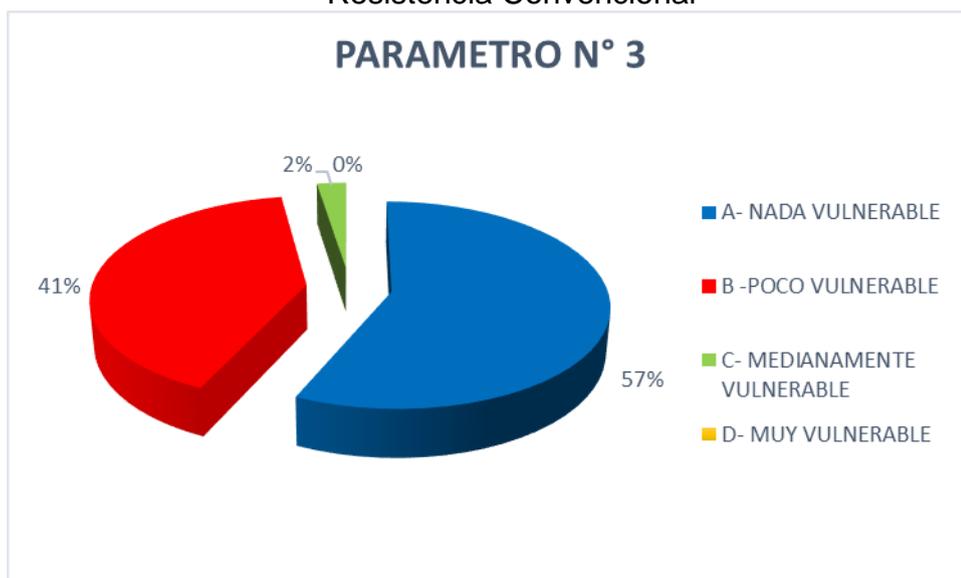
➤ **Parámetro N° 03: RESISTENCIA CONVENCIONAL**

Tabla III.4.  
Resistencia Convencional

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	113
B -POCO VULNERABLE	81
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	5
D- MUY VULNERABLE	0
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.5.  
Resistencia Convencional



Fuente: Elaboración Propia

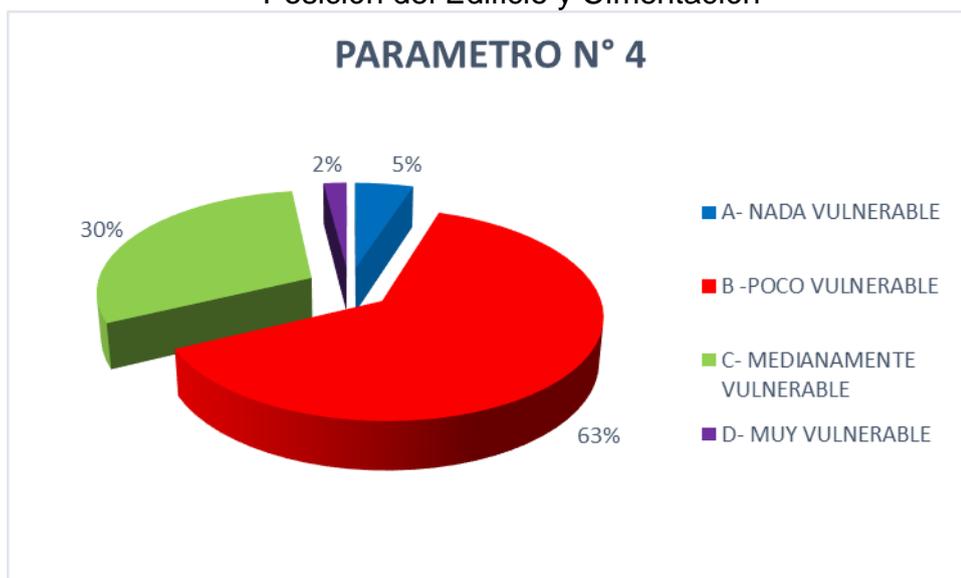
➤ **Parámetro N° 04: POSICIÓN DEL EDIFICIO Y CIMENTACIÓN**

Tabla III.5.  
Posición del Edificio y Cimentación

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	10
B -POCO VULNERABLE	125
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	60
D- MUY VULNERABLE	4
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.6.  
Posición del Edificio y Cimentación



Fuente: Elaboración Propia

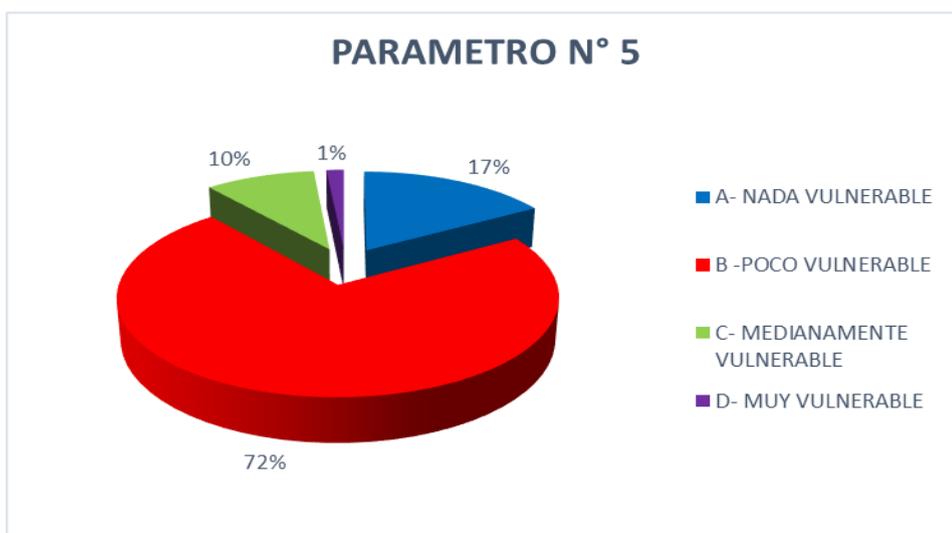
➤ **Parámetro N° 05: DIAFRAGMAS HORIZONTALES**

Tabla III.6.  
Diafragmas Horizontales

<b>CALIFICACION</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>A- NADA VULNERABLE</b>	<b>33</b>
<b>B -POCO VULNERABLE</b>	<b>144</b>
<b>C- MEDIANAMENTE VULNERABLE</b>	<b>19</b>
<b>D- MUY VULNERABLE</b>	<b>3</b>
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>

Fuente: Elaboración Propia

Figura III.7. Diafragmas Horizontales



Fuente: Elaboración Propia

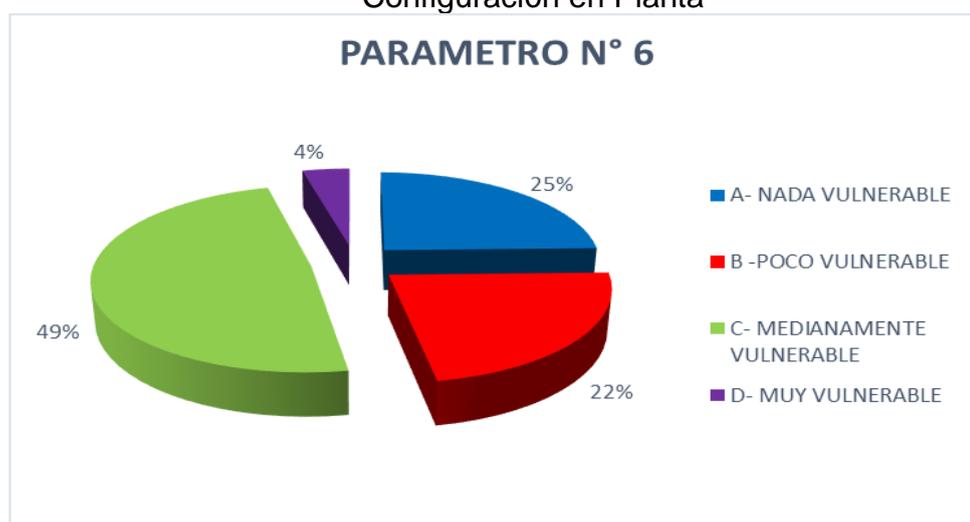
➤ **Parámetro N° 06: CONFIGURACIÓN EN PLANTA**

Tabla III.7.  
Configuración en Planta

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	49
B -POCO VULNERABLE	45
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	97
D- MUY VULNERABLE	8
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.8.  
Configuración en Planta



Fuente: Elaboración Propia.

## Parámetro N° 07: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN

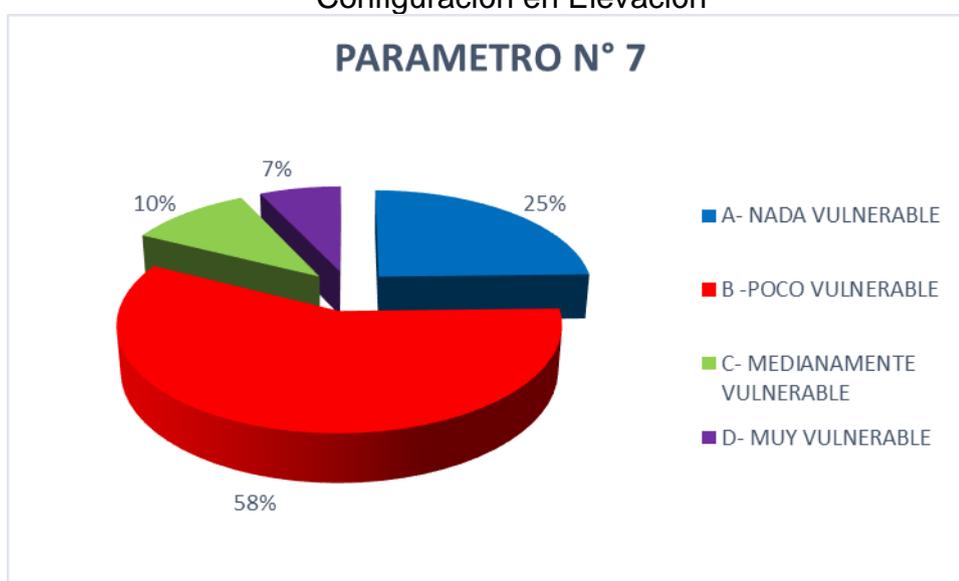
Tabla III.8.  
Configuración en Elevación

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	49
B -POCO VULNERABLE	115
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	21
D- MUY VULNERABLE	14
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.9.

Configuración en Elevación



Fuente: Elaboración Propia.

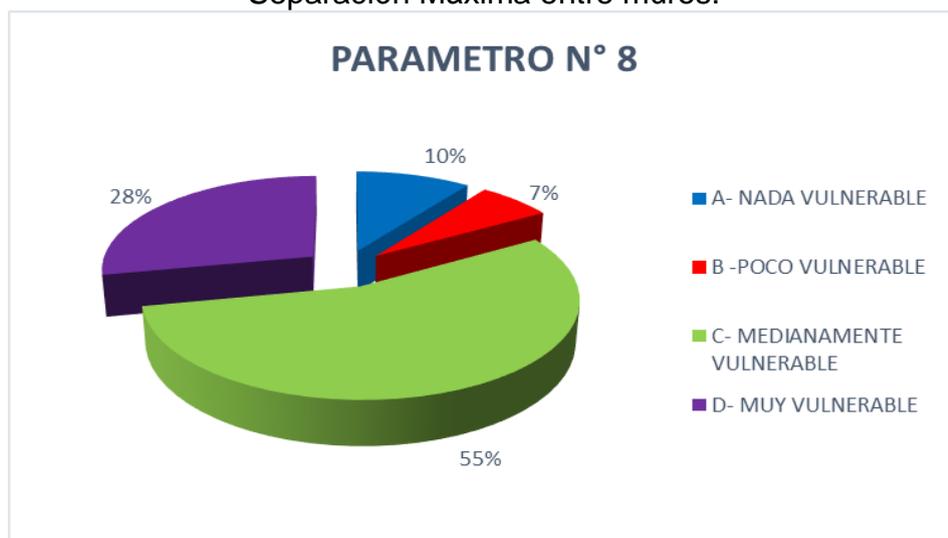
## ➤ Parámetro N° 08: SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS

Tabla III.9.  
Separación Máxima entre muros

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	20
B -POCO VULNERABLE	13
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	110
D- MUY VULNERABLE	56
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.10.  
Separación Máxima entre muros.



Fuente: Elaboración Propia.

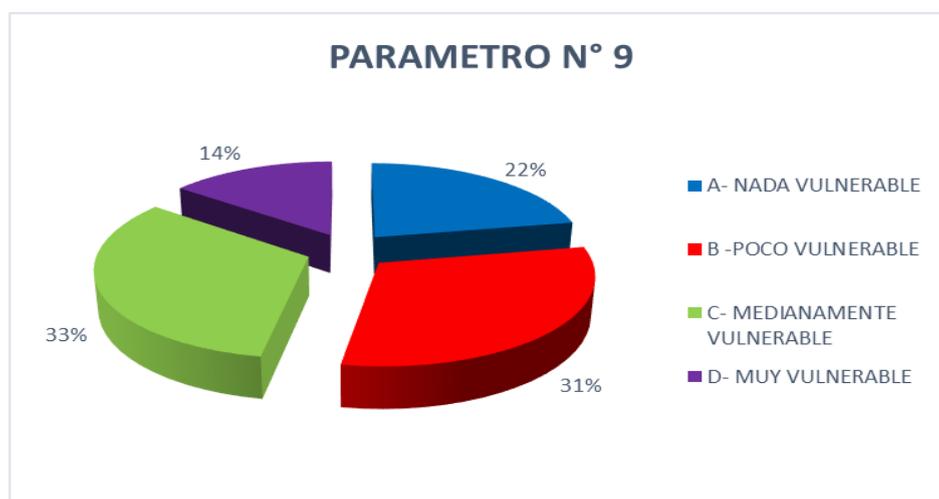
➤ **Parámetro N° 09: TIPO DE CUBIERTA**

Tabla III.10.  
Tipo de Cubierta

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	44
B -POCO VULNERABLE	61
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	65
D- MUY VULNERABLE	29
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.11. Tipo de Cubierta.



Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Parámetro N° 10: ELEMENTOS NO ESTRUCTURAELES**

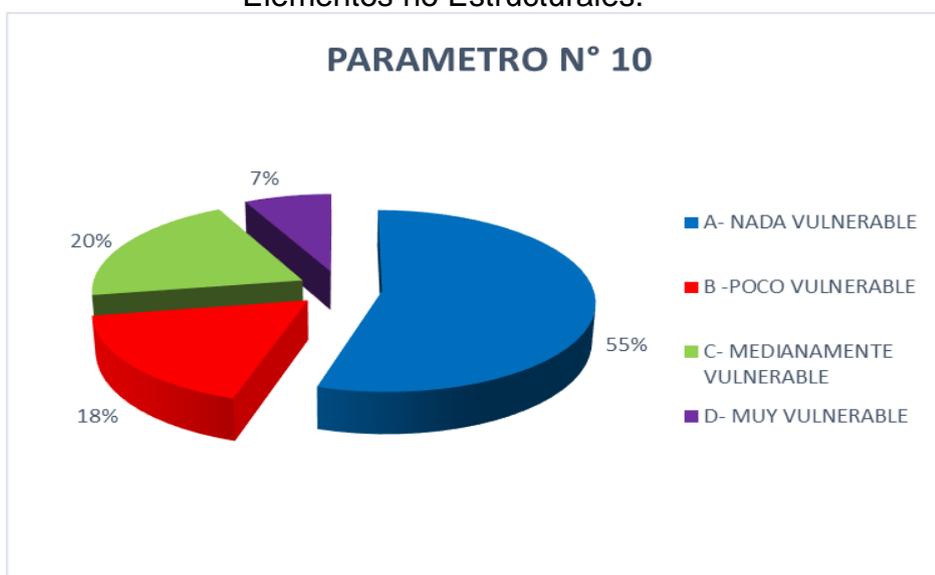
Tabla III.11.  
Elementos no Estructurales

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	109
B -POCO VULNERABLE	35
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	40
D- MUY VULNERABLE	15
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.12.

Elementos no Estructurales.



Fuente: Elaboración Propia.

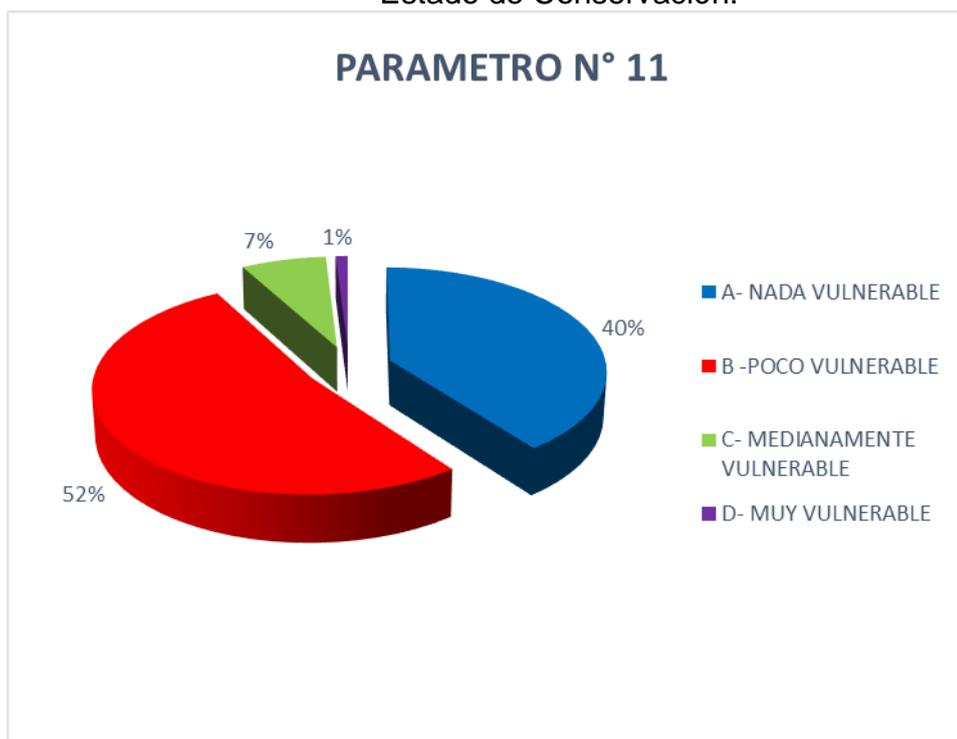
➤ **Parámetro N° 11: ESTADO DE CONSERVACIÓN**

Tabla III.12.  
Estado de Conservación

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	79
B -POCO VULNERABLE	104
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	14
D- MUY VULNERABLE	2
<b>TOTAL</b>	<b>199</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.13.  
Estado de Conservación.



Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla siguiente se muestra la cantidad de viviendas que se calificaron aplicando los 11 parámetros descrito para el método del Índice de Vulnerabilidad, dichos separado en las 04 categorías que señala el método de acuerdo a su calificación.

Tabla III.13.  
Número de viviendas de acuerdo a su grado de Vulnerabilidad.

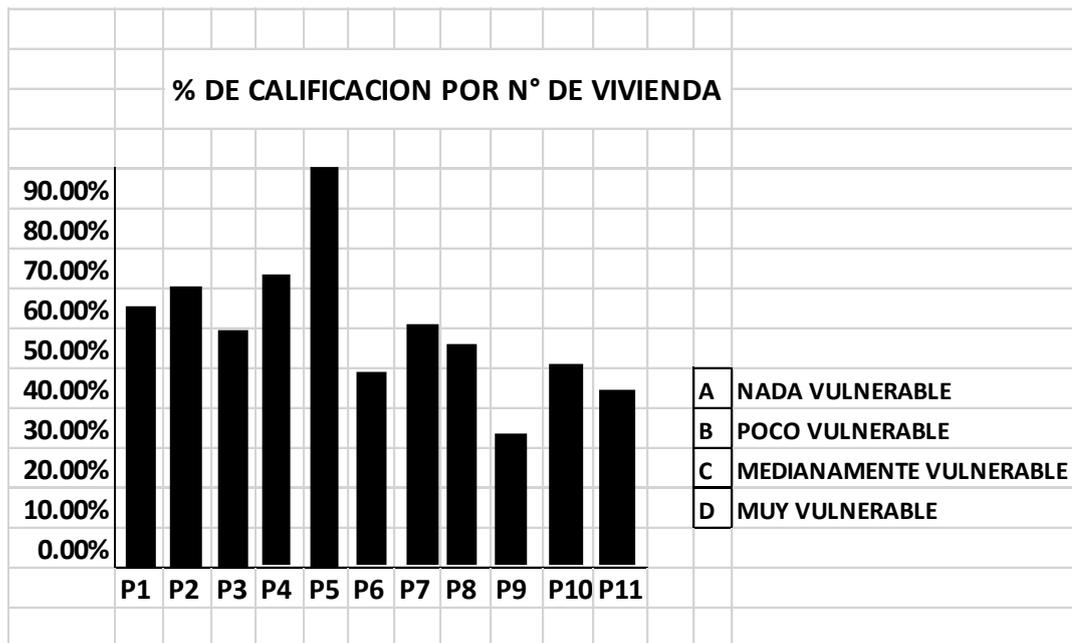
<b>PARÁMETRO ANALIZADO</b>											
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
<b>A-NADA VULNERABLE</b>	49	39	113	10	33	49	49	20	44	109	79
<b>B-POCO VULNERABLE</b>	115	119	81	125	144	45	115	13	61	35	104
<b>C-MEDIANAMENTE VULNERABLE</b>	28	40	5	60	19	97	21	110	65	40	14
<b>D-MUY VULNERABLE</b>	7	1	0	4	3	8	14	56	29	15	2

Fuente: Elaboración propia.



Figura III.15.

% de acuerdo a la calificación en las Edificaciones.



Fuente: Elaboración Propia

Con el análisis de los 11 parámetros descritos se obtuvieron los Iv para cada edificación, con la teoría descrita anteriormente aplicando la ecuación del Índice de Vulnerabilidad para edificaciones de Mampostería no reforzada (Calculados para las 201 viviendas en estudio), de estos datos podemos clasificar los diferentes Iv calculados de acuerdo a la clasificación del Ing. Julio Kuroiwa:

Tabla III.15.  
N° de Viviendas de Acuerdo a la Clasificación del Iv.

	TIP02	TIP03	TIP04
	CONSTRUCCION SISMICAMENTE DEBIL	CONSTRUCCIONES NORMALES	CONSTRUCCION SISMICAMENTE RESISTENTE
N° DE VIVIENDAS	8	171	20
N° DE VIVIENDAS (%)	4.02%	85.93%	10.05%

Fuente: Elaboración Propia de la Investigación

### 3.2.2. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD- EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO

En la aplicación de las fichas de levantamiento de información de viviendas de Concreto Armado en el centro urbano del Distrito de San Miguel se analizaron un total de 19 viviendas que representa el 8% del total de viviendas que contempla el presente estudio, de las cuales se recabo 11 parámetros que contempla el método del Índice de Vulnerabilidad aplicado a viviendas de concreto armado.

Tabla III.16.  
Cantidad de Edificaciones de C° A° por número de pisos.

<b>N° PISOS</b>	<b>CANTIDAD</b>
01 PISOS	1
02 PISOS	9
03 PISOS	6
04 PISOS	3
05 PISOS	0
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Fuente: Elaboración Propia de la Investigación

Con las consideraciones de los datos registrados analizaremos cada parámetro para poder comprender a totalidad el Método del Índice de Vulnerabilidad para edificaciones de concreto armado para el centro urbano del Distrito de San Miguel.

#### ➤ **Parámetro N° 01: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE**

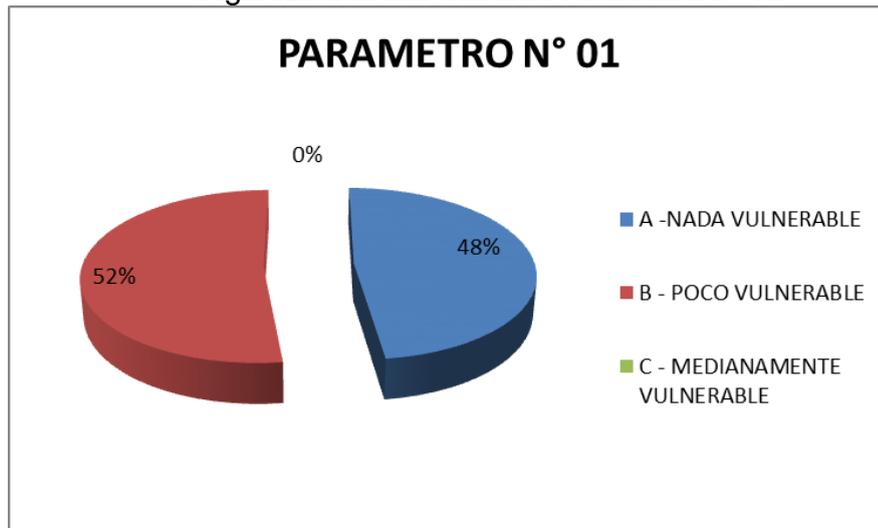
Tabla III.17.  
Organización del Sistema resistente C° A°

<b>CALIFICACION</b>	<b>CANTIDAD</b>
A- NADA VULNERABLE	9
B -POCO VULNERABLE	10
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	0
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.16.

Organización del Sistema resistente C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Parámetro N° 02: CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE**

Tabla III.18.

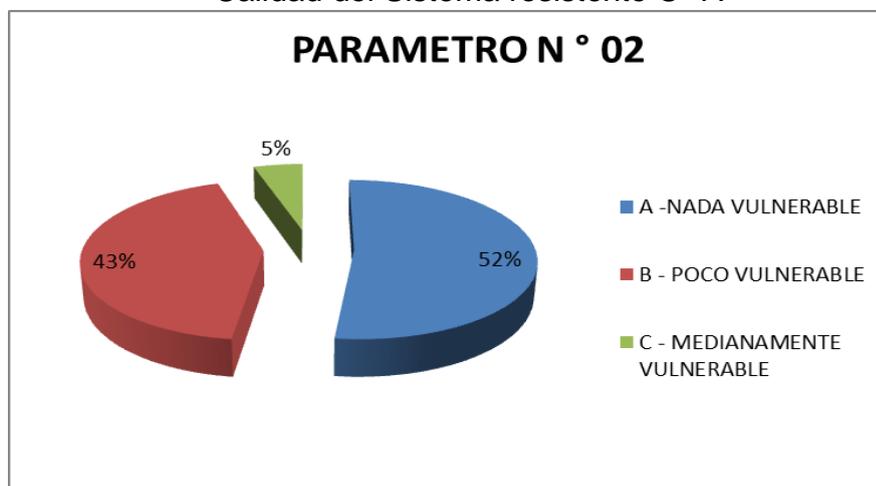
Calidad del Sistema resistente C° A°

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	10
B -POCO VULNERABLE	8
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	1
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.17.

Calidad del Sistema resistente C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Parámetro N° 03: RESISTENCIA CONVENCIONAL**

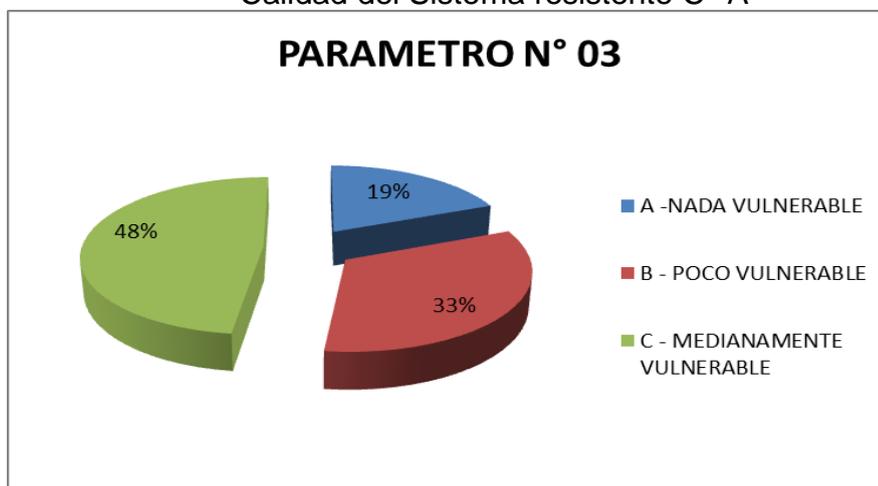
Tabla III. 19.  
Resistencia Convencional C° A°

<b>CALIFICACION</b>	<b>CANTIDAD</b>
A- NADA VULNERABLE	4
B -POCO VULNERABLE	6
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	9
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.18.

Calidad del Sistema resistente C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Parámetro N° 04: POSICIÓN DEL EDIFICIO Y CIMENTACIÓN**

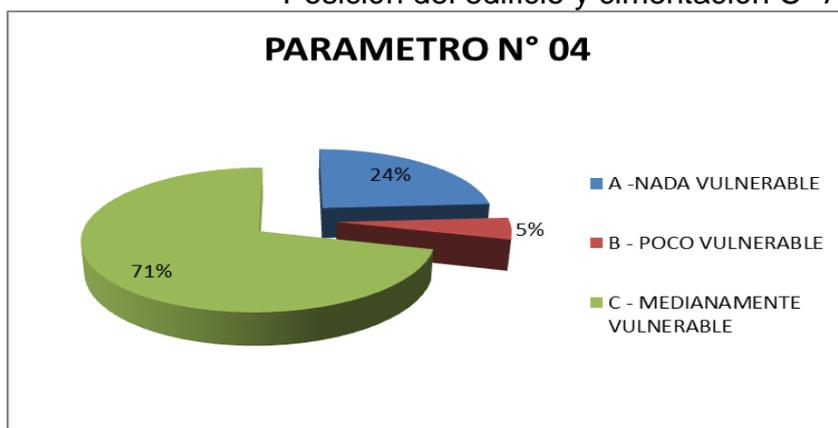
Tabla III.20.  
Posición del edificio y Cimentación C° A°

<b>CALIFICACION</b>	<b>CANTIDAD</b>
A- NADA VULNERABLE	4
B -POCO VULNERABLE	1
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	14
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.19.

Posición del edificio y cimentación C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Parámetro N° 05: LOSAS**

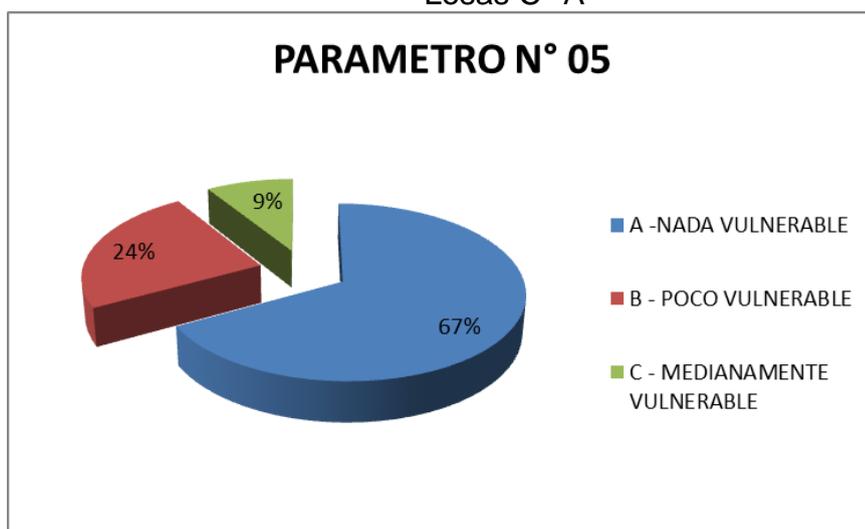
Tabla III.21.  
Losas C° A°

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	13
B -POCO VULNERABLE	4
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	2
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.20.

Losas C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

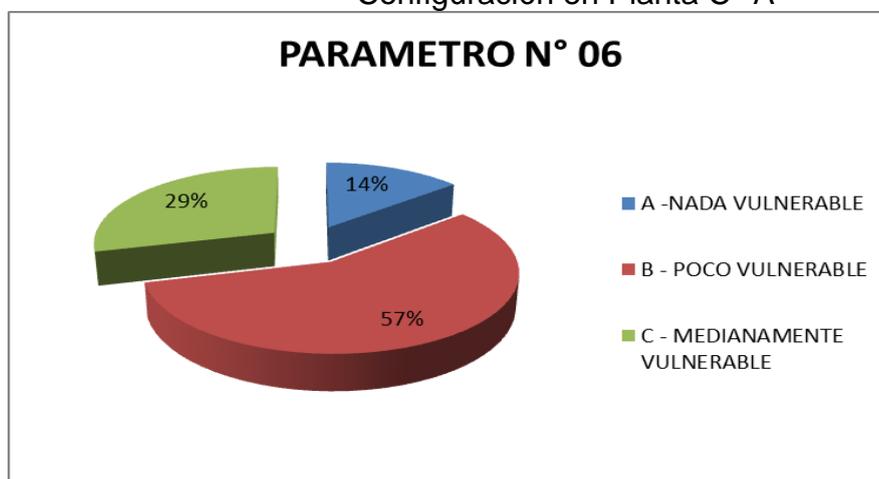
➤ **Parámetro N° 06: CONFIGURACIÓN EN PLANTA**

Tabla III.22.  
Configuración en Planta C° A°

CANTIDAD	CALIFICACION
A- NADA VULNERABLE	3
B -POCO VULNERABLE	11
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	5
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.21.  
Configuración en Planta C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Parámetro N° 07: CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN**

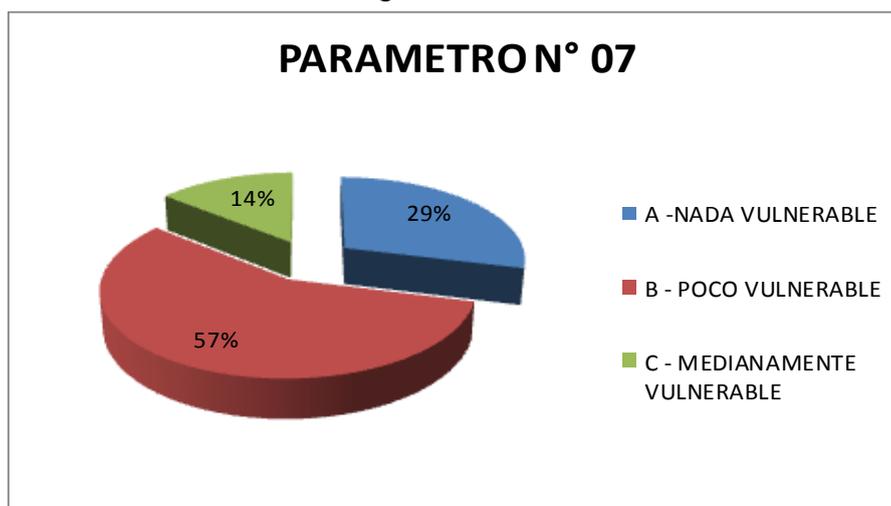
Tabla III.23.  
Configuración en Elevación C° A°

CANTIDAD	CALIFICACION
A- NADA VULNERABLE	5
B -POCO VULNERABLE	11
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	3
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.22.

Configuración en Elevación C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Parámetro N° 08: CONEXIÓN ELEMENTOS CRÍTICOS**

Tabla III.24.

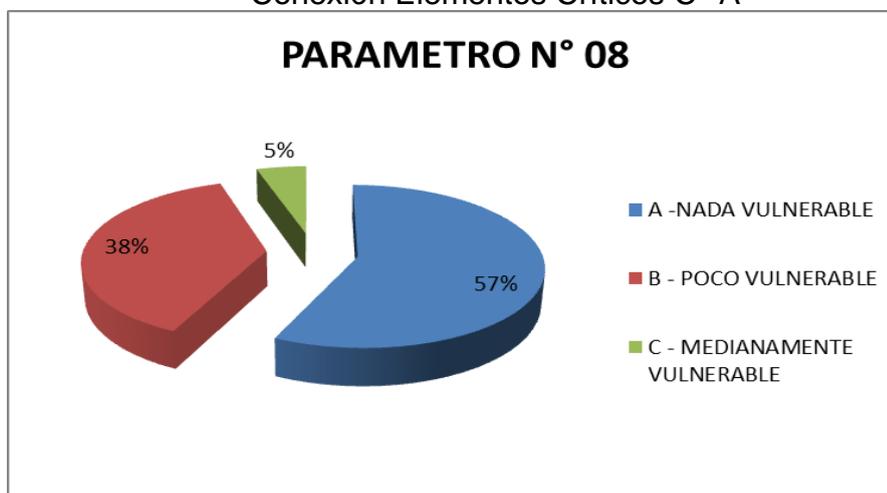
Conexión Elementos Críticos C° A°

CANTIDAD	CALIFICACION
A- NADA VULNERABLE	11
B -POCO VULNERABLE	7
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	1
<b>TOTAL</b>	
<b>19</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.23.

Conexión Elementos Críticos C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Parámetro N° 09: ELEMENTOS CON BAJA DUCTILIDAD**

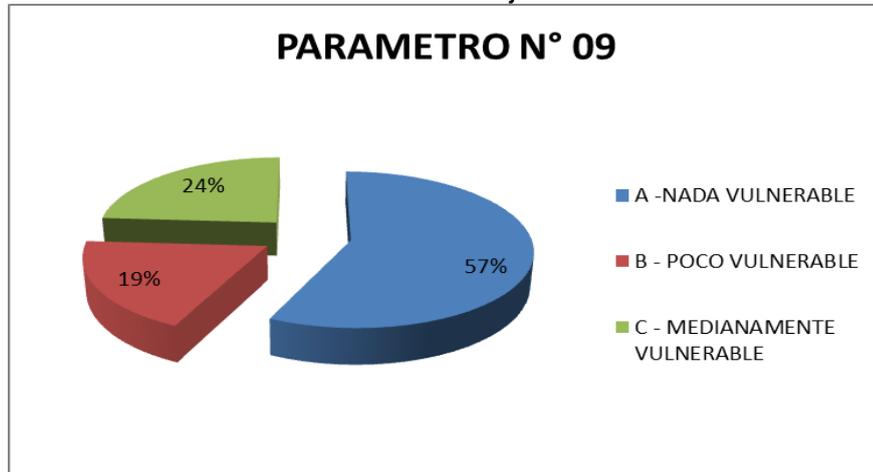
Tabla III.25.  
Elementos con Baja Ductilidad C° A°

<b>CALIFICACION</b>	<b>CANTIDAD</b>
A- NADA VULNERABLE	11
B -POCO VULNERABLE	4
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	4
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.24.

Elementos con Baja Ductilidad C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Parámetro N° 10: ELEMENTOS NO ESTRUCTURAELES**

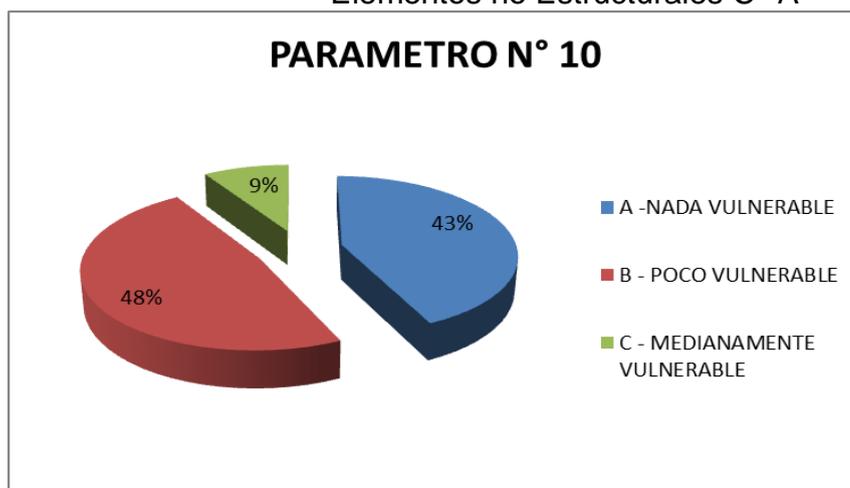
Tabla III.26.  
Elementos no Estructurales C° A°

<b>CALIFICACION</b>	<b>CANTIDAD</b>
A- NADA VULNERABLE	8
B -POCO VULNERABLE	9
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	2
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.25.

Elementos no Estructurales C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Parámetro N° 11: ESTADO DE CONSERVACIÓN**

Tabla III.27.

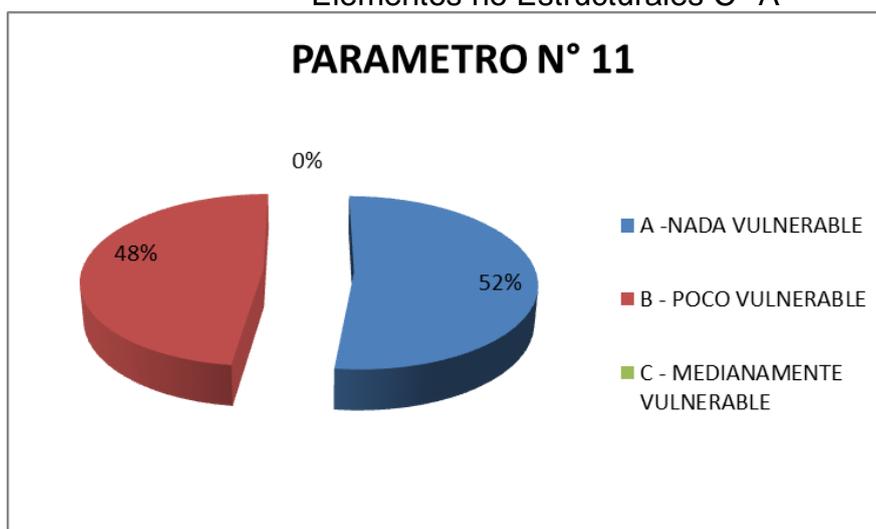
Estado de Conservación C° A°

CALIFICACION	CANTIDAD
A- NADA VULNERABLE	10
B -POCO VULNERABLE	9
C- MEDIANAMENTE VULNERABLE	0
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.26.

Elementos no Estructurales C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

Se procesó la información proveniente para las 19 edificaciones que se consideraron dentro del universo de la investigación de esta manera se calificó sus características de acuerdo al Método del Índice de Vulnerabilidad para edificaciones de concreto armado.

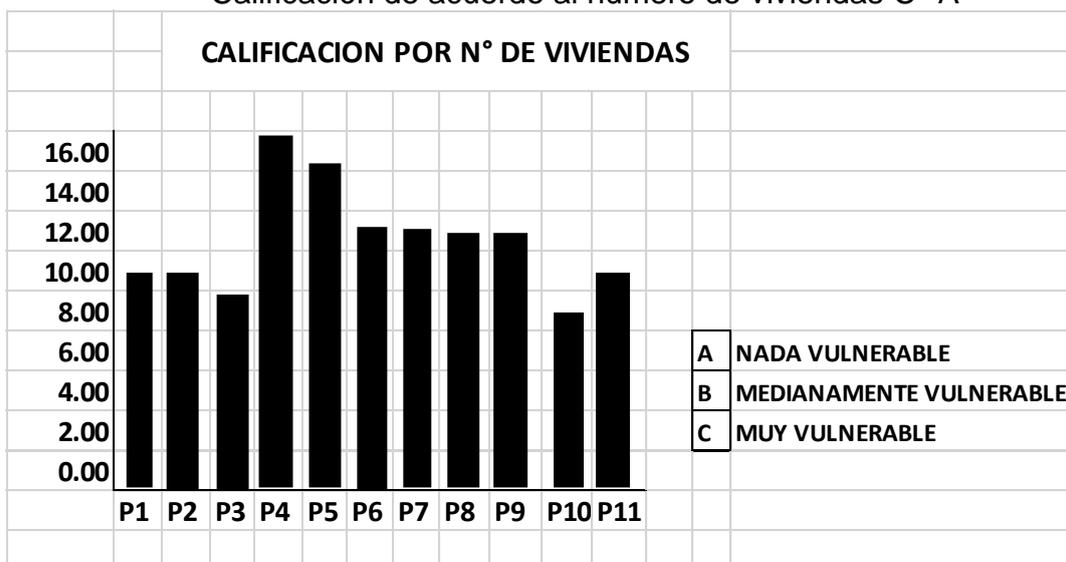
Tabla III.28.  
Número de viviendas de acuerdo a su grado de Vulnerabilidad. C° A°

PARAMETRO ANALIZADO												
	PI	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
<b>A- NADA VULNERABLE</b>	9.00	10.00	4.00	4.00	13.00	3.00	5.00	11.00	11.00	8.00	10.00	
<b>B- MEDIANAMENTE VULNERABLE</b>	10.00	8.00	6.00	1.00	4.00	11.00	11.00	7.00	4.00	9.00	9.00	
<b>C- MUY VULNERABLE</b>	0.00	1.00	9.00	14.00	2.00	5.00	3.00	1.00	4.00	2.00	0.00	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura III.27.

Calificación de acuerdo al número de viviendas C° A



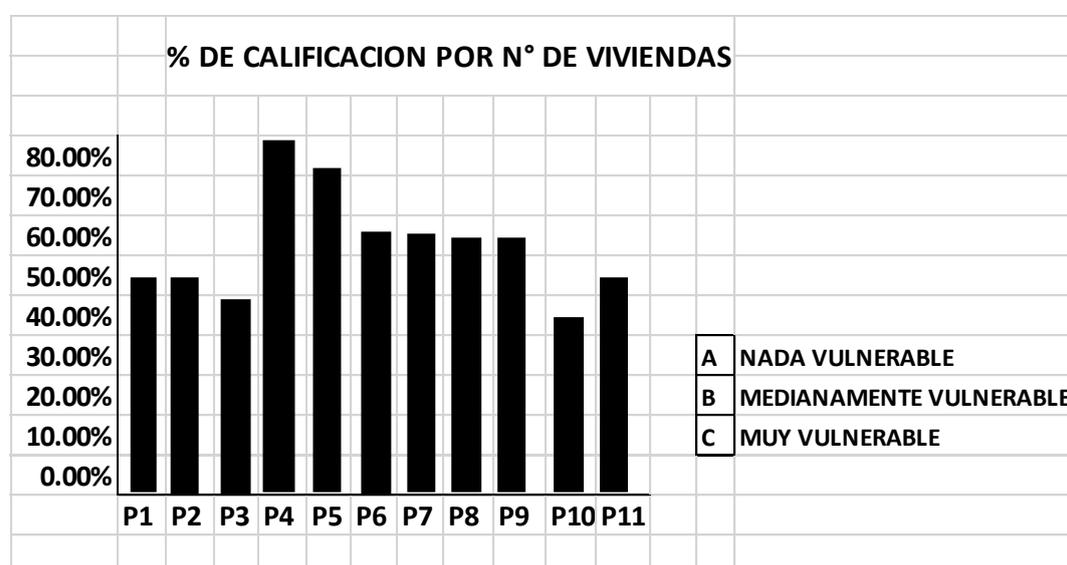
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla III.29.  
Número de viviendas de acuerdo a su grado de Vulnerabilidad C° A°

PARAMETRO ANALIZADO EN %												
	PI	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
A- NADA VULNERABLE	47.62	0.52	0.19	0.24	0.67	0.14	0.29	0.57	0.57	0.43	0.52	
B- MEDIANAMENTE VULNERABLE	0.52	0.43	0.33	0.05	0.24	0.57	0.57	0.38	0.19	0.48	0.48	
C- MUY VULNERABLE	0.00	0.05	0.48	0.71	0.10	0.29	0.14	0.05	0.24	0.10	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

Figura III.28.  
% de acuerdo a la calificación en las Edificaciones C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

Con el análisis de los 11 parámetros descritos se obtuvieron los Iv para cada edificación, con la teoría descrita anteriormente aplicando la ecuación del Índice de Vulnerabilidad para edificaciones de Concreto Armado de los datos podemos clasificar los diferentes Iv calculados de acuerdo a la clasificación del Ing. Julio Kuroiwa:

Tabla III.30.

N° de Viviendas de Acuerdo a la Clasificación del Iv C° A°

	TIP02	TIP03	TIP04
	SISMICAMENTE DEBIL	NORMALES	SISMICAMENTE RESISTENTE
N° DE VMENDAS	2	16	1
N° DE VMENDAS (%)	10.53%	84.21%	5.26%

Fuente: Elaboración Propia.

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. ÍNDICE DE DAÑO (Id) - EDIFICACIONES DE MAMPOSTERIA NO REFORZADA

El daño esperado para edificaciones de mampostería no estructural se analizó en tres escenarios diferentes los cuales son:

- Sismo  $a = 0.18g$ , en este parámetro se concentró el sismo a nivel de servicio para lo cual adoptamos un PGA (Aceleración Pico efectiva Horizontal) la cual se obtuvo de acuerdo al mapa de Isoaceleraciones presentado anteriormente, de tal manera se usara como aceleración  $a = 0.18g$  para el cálculo del Índice de daño de la siguiente manera:

Tabla IV.1.  
Ecuación Lineal de Daño para  $a = 0.18g$

Índice de vulnerabilidad								
Ecuación		Ecuación de la Recta		normalizado				
Formulada								
100	Índice	de	Daño=	8.6154	*	(a/g)-	0.1231	1.4277
90	Índice	de	Daño=	7.6712	*	(a/g)-	0.1371	1.2437
80	Índice	de	Daño=	6.7470	*	(a/g)-	0.1325	1.082
70	Índice	de	Daño=	5.8947	*	(a/g)-	0.1368	0.9242
60	Índice	de	Daño=	5.1376	*	(a/g)-	0.1376	0.7872
50	Índice	de	Daño=	4.5161	*	(a/g)-	0.1452	0.6677
40	Índice	de	Daño=	3.8356	*	(a/g)-	0.1301	0.5603

30	Índice de Daño=	3.2845	*	(a/g)-	0.1261	0.4651
20	Índice de Daño=	2.7861	*	(a/g)-	0.1194	0.3821
10	Índice de Daño=	2.4086	*	(a/g)-	0.1226	0.3109
0	Índice de Daño=	2.0786	*	(a/g)-	0.1188	0.2553

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación mostraremos los resultados a nivel estadístico según la clasificación EERI (Earthquake Engineering Research Institute) propuesta:

Tabla IV.2.  
Índices de Daño de acuerdo a la clasificación EERI para  $a = 0.18g$

	LIGERO	MODERADO	SEVERO	TOTAL
N° DE VIVIENDAS	0	2	178	19
N° DE VIVIENDAS (%)	0.00%	1.01%	89.45%	9.55%

Fuente: Elaboración Propia.

- Sismo  $a = 0.24g$ , en este parámetro se concentró el sismo a nivel de servicio para lo cual adoptamos un PGA (Aceleración Pico efectiva Horizontal) la cual se obtuvo de acuerdo al mapa de Isoaceleraciones presentado anteriormente, de tal manera se usara como aceleración  $a = 0.24g$  para el cálculo del Índice de daño de la siguiente manera:

Se reemplazó los datos de la Aceleración en la ecuación para el cálculo del Índice de Daño para edificaciones de Mampostería no estructural de tal proceso resulto la siguiente tabla.

Tabla IV.3.  
Ecuación Lineal de Daño para  $a = 0.24g$

Índice de vulnerabilidad Ecuación de la Recta normalizado Formulada		
100	Índice de Daño = $8.6154 * (a/g) - 0.1231$	1.9446
90	Índice de Daño = $7.6712 * (a/g) - 0.1371$	1.704
80	Índice de Daño = $6.7470 * (a/g) - 0.1325$	1.4868
70	Índice de Daño = $5.8947 * (a/g) - 0.1368$	1.2779
60	Índice de Daño = $5.1376 * (a/g) - 0.1376$	1.0954
50	Índice de Daño = $4.5161 * (a/g) - 0.1452$	0.9387
40	Índice de Daño = $3.8356 * (a/g) - 0.1301$	0.7904

30	Índice de Daño = 3.2845 * (a/g) - 0.1261	0.6622
20	Índice de Daño = 2.7861 * (a/g) - 0.1194	0.5493
10	Índice de Daño = 2.4086 * (a/g) - 0.1226	0.4555
0	Índice de Daño = 2.0786 * (a/g) - 0.1188	0.3801

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación mostraremos los resultados a nivel estadístico según la clasificación EERI (Earthquake Engineering Research Institute)

Tabla IV.4.  
Resultado de la Evaluación del Daño para a= 0.24g

	LIGERO	MODERADO	SEVERO	TOTAL
N° DE VIVIENDAS	0	1	55	143
N° DE VIVIENDAS (%)	0.00%	0.50%	27.64%	71.86%

Fuente: Elaboración Propia.

- Sismo a = 0.32g, en este parámetro se concentró el sismo a nivel de servicio para lo cual adoptamos un PGA (Aceleración Pico efectiva Horizontal) la cual se obtuvo de acuerdo al mapa de Isoaceleraciones presentado anteriormente, de tal manera se usará como aceleración a = 0.32g para el cálculo del Índice de daño de la siguiente manera:

Se reemplazó los datos de la Aceleración en la ecuación para el cálculo del Índice de Daño para edificaciones de Mampostería no estructural de tal proceso resultó la siguiente tabla.

Tabla IV.5.  
Ecuación Lineal de Daño para a= 0.32g

Índice de vulnerabilidad	
Ecuación normalizado	Ecuación de la Recta
Formulada	
100 Índice de Daño = 8.6154 * (a/g) - 0.1231	2.6338
90 Índice de Daño = 7.6712 * (a/g) - 0.1371	2.3177
80 Índice de Daño = 6.7470 * (a/g) - 0.1325	2.0265
70 Índice de Daño = 5.8947 * (a/g) - 0.1368	1.7495
60 Índice de Daño = 5.1376 * (a/g) - 0.1376	1.5064
50 Índice de Daño = 4.5161 * (a/g) - 0.1452	1.3

40	Índice de Daño = 3.8356 * (a/g)- 0.1301	1.0973
30	Índice de Daño = 3.2845 * (a/g)- 0.1261	0.9249
20	Índice de Daño = 2.7861 * ( a/g) - 0.1194	0.7722
10	Índice de Daño = 2.4086 * ( a/g)- 0.1226	0.6482
0	Índice de Daño = 2.0786 * ( a/g)- 0.1188	0.5464

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente tabla se muestra los resultados de daño esperado.

Tabla IV.6.  
Resultado de la Evaluación del Daño para a = 0.32g

	LIGERO	MODERADO	SEVERO	TOTAL
N° DE VIVIENDAS	0	0	0	199
N° DE VIVIENDAS (%)	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2. ÍNDICE DE DAÑO (Id) • EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO

El daño esperado para edificaciones de Concreto Armado se analizó los parámetros para las 19 viviendas con tres escenarios diferentes los cuales son:

Sismo MM = VII, en este parámetro se usó la escala macro sísmica de Mercalli Modificada y se clasificaron los niveles de daño se tomaron de los propuestos por la EERI (Earthquake Engineering Research Institute).

Los Índices de Daño para cada Índice de Vulnerabilidad calculado de las 19 viviendas, a continuación mostraremos los resultados a nivel estadístico:

Tabla IV.7.  
Cantidad de Viviendas de acuerdo al Índice de daño- Intensidad VII.

	LIGERO	MODERADO	SEVERO	TOTAL
N° DE VIVIENDAS	1	18	0	0
N° DE VIVIENDAS (%)	5.26%	94.74%	0.00%	0.00%

Fuente: Elaboración Propia.

Figura IV.1.  
Índices de Daño de acuerdo a la clasificación EERI para MM= VII - C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

- Sismo MM = VIII, en este parámetro se usó la escala macro sísmica de Mercalli Modificada y se clasificaron los niveles de daño se tomaron de los propuestos por la EERI (Earthquake Engineering Research Institute). Los Índices de Daños para cada Índice de Vulnerabilidad calculado de las 19 viviendas que son parte del estudio se describen en el Anexo N° 06, a continuación mostraremos los resultados a nivel estadístico.

Tabla IV.8.  
Cantidad de Viviendas de acuerdo al Índice de daño -Intensidad VIII.

	LIGERO	MODERADO	SEVERO	TOTAL
N° DE VIVIENDAS	0	14	0	5
N° DE VIVIENDAS (%)	0.00%	73.68%	0.00%	26.32%

Fuente: Elaboración Propia.

Figura IV.2.  
Índices de Daño de acuerdo a la clasificación EERI para MM= VIII - C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

- Sismo MM = IX, en este parámetro se usó la escala macro sísmica de Mercalli Modificada y se clasificaron los niveles de daño se tomaron de los propuestos por la EERI (Earthquake Engineering Research Institute).

Los Índices de Daños para cada Índice de Vulnerabilidad calculado de las 19 viviendas a continuación mostraremos los resultados a nivel estadístico.

Tabla IV.9.  
Cantidad de Viviendas de acuerdo al Índice de daño - Intensidad IX

	LIGERO	MODERADO	SEVERO	TOTAL
N° DE VIVIENDAS	0	2	2	15
N° DE VIVIENDAS (%)	0.00%	10.53%	10.53%	78.95%

Fuente: Elaboración Propia.

Figura IV.3.  
Índices de Daño de acuerdo a la clasificación EERI para MM = IX - C° A°



Fuente: Elaboración Propia.

### 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se determinó la Vulnerabilidad Estructural por efecto de sismo en el distrito de San Miguel aplicando los métodos del Índice de Vulnerabilidad para 218 viviendas entre viviendas de concreto armado y mampostería no reforzada clasificándolas de acuerdo a la teoría propuesta por el Ing. Julio Kuroiwa, el daño de cada vivienda se determinó en el caso de las viviendas de mampostería no reforzada por medio de la relación entre la Aceleración Pico efectiva (se tomó 03 escenarios  $a = 0.18g$ ,  $0.24g$  y  $0.32g$ ) y la aceleración de la gravedad propuesta por Fabricio Yépez en su estudio para la ciudad de Barcelona la cual normaliza ecuaciones para cada Índice de Vulnerabilidad calculado previamente por el método del Índice de Vulnerabilidad; para el cálculo del daño en edificaciones de concreto armado se utilizó el método propuesto por Giovinazzi y Lagomarsino que relaciona el Índice de Vulnerabilidad con la escala Macro sísmica (para este caso se tomó 03 escenarios para la escala macro sísmica VII, VIII y IX en la escala de MMI).

Del cálculo del Índice de Vulnerabilidad para edificaciones de mampostería no reforzada se tiene que el 10.05% de las edificaciones pertenecen al TIPO 4 – Construcciones Sísmicamente Resistentes, 85.93% son de TIPO 3 - Construcciones Normales y el 4.02% son de TIPO 2 - Construcciones Sísmicamente Débiles. El cálculo del Índice de Daño para edificación de mampostería no reforzada reveló que:

- ✓ Para  $a = 0.18g$  el 89.45% de viviendas sufriría un daño SEVERO, mientras que un 9.55% presenta un daño TOTAL.
- ✓ Para  $a = 0.24g$  el 27.64% de viviendas sufriría un daño SEVERO, mientras que un 71.86% presenta un daño TOTAL.
- ✓ Para  $a = 0.32g$  el 100.00% de viviendas sufriría un daño TOTAL.

Del cálculo del Índice de Vulnerabilidad para edificaciones de concreto armado se concluye que el 5.26% de las edificaciones pertenecen al TIPO 4 – Construcciones Sísmicamente Resistentes, 84.21% de las

edificaciones son de TIPO 3- Construcciones Normales y el 10.53% de las edificaciones son de TIPO 2 – Construcciones Sísmicamente Débiles. El cálculo del Índice de Daño para edificación de concreto armado concluyo que:

- ✓ Para MM = VII el 5.26% de viviendas sufriría un daño LIGERO, mientras que un 94.74% presenta un daño MODERADO.
- ✓ Para MM = VIII el 73.68% de viviendas sufriría un daño MODERADO, mientras que un 26.32% presenta un daño TOTAL.
- ✓ Para MM = IX el 10.53% de viviendas sufriría un daño MODERADO, mientras que un 10.29% presenta un daño SEVERO

## CONCLUSIONES

**Primero:** Se determinó la Vulnerabilidad Estructural por efecto de sismo en el distrito de San Miguel aplicando los métodos del Índice de Vulnerabilidad, el daño de cada vivienda se determinó en el caso de las viviendas de mampostería no reforzada por medio de la relación entre la Aceleración Pico efectiva (se tomó 03 escenarios  $a = 0.18g$ ,  $0.24g$  y  $0.32g$ ); para el cálculo del daño en edificaciones de concreto armado se utilizó el método del Índice de Vulnerabilidad con la escala Macro sísmica (para este caso se tomó 03 escenarios para la escala macro sísmica VII, VIII y IX en la escala de MMI).

**Segundo:** Del cálculo del Índice de Vulnerabilidad para edificaciones de mampostería no reforzada se tiene que el 10.05% de las edificaciones pertenecen al TIPO 4 – Construcciones Sísmicamente Resistentes, 85.93% son de TIPO 3 - Construcciones Normales y el 4.02% son de TIPO 2 - Construcciones Sísmicamente Débiles. El cálculo del Índice de Daño para edificación de mampostería no reforzada revelo que: Para  $a = 0.18g$  el 89.45% de viviendas sufriría un daño SEVERO, mientras que un 9.55% presenta un daño TOTAL, Para  $a = 0.24g$  el 27.64% de viviendas sufriría un daño SEVERO, mientras que un 71.86% presenta un daño TOTAL.

**Tercero:** Del cálculo del Índice de Vulnerabilidad para edificaciones de concreto armado se concluye que el 5.26% de las edificaciones pertenecen al TIPO 4 – Construcciones Sísmicamente Resistentes, 84.21% de las edificaciones son de TIPO 3- Construcciones Normales y el 10.53% de las edificaciones son de TIPO 2 – Construcciones Sísmicamente Débiles. El cálculo que: Para  $MM = VII$  el 5.26% de viviendas sufriría un daño LIGERO, mientras que un 94.74% presenta un daño MODERADO, Para  $MM = VIII$  el 73.68% de viviendas sufriría un daño MODERADO, mientras que un 26.32% presenta un daño TOTAL y Para  $MM = IX$  el 10.53% de viviendas sufriría un daño MODERADO, mientras que un 10.53% presenta un daño SEVERO

## RECOMENDACIONES

**Primero:** Añadir en el plan de desarrollo urbano futuro del distrito de San Miguel los cálculos de vulnerabilidad Estructural (Índice de Vulnerabilidad e Índice de Daño), identificando recomendaciones que deben tomar en cuenta los profesionales para la concepción de futuras edificaciones.

**Segundo:** Los propietarios y profesionales de la zona deben conocer conceptos básicos sobre configuración arquitectónica en sus edificaciones, siendo asesorados en todo momento por un especialista, dicha concepción arquitectónica debe cumplir los parámetros señalados por la Municipalidad Distrital de San Miguel y la norma sismo resistente.

**Tercero:** Asesorarse de profesionales y/o especialistas durante todo el proceso constructivo de las nuevas edificaciones las cuales deben tener un diseño sismo resistente adecuado, evaluar los elementos resistentes de la estructura (vigas, Columnas, cimentaciones, losas, etc.) Los cuales deben ser aprobados en el proceso de la conceptualización de dichas edificaciones por los profesionales de la Municipalidad Distrital de San Miguel.

**Cuarto:** Se deben implementar planos de peligros en los Planos de desarrollo Urbano del distrito de San Miguel, en los cuales deberían mostrar las zonas más vulnerables con sus respectivas justificaciones, con estos datos educar a la población concientizándolos en los posibles daños que podrían sufrir las edificaciones existentes durante un evento sísmico de mediana y/o gran intensidad en ciertas zonas donde se encuentran mayor grado de daño y/o vulnerabilidad, de la misma manera las autoridades deben informar a la población sobre las zonas de mayor de vulnerabilidad para así poder tomar previsiones durante la conceptualización de los futuros proyectos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Kuroiwa, J. (2008) Viviendo en armonía con la naturaleza. (2da. ed.). Perú: Lumbreras.

BENEDETTI, D. Y PETRINI, V. (1984) Sulla Vulnerabilità sismica di edifici in muratura: Proposte di un método di valutazione. L' industria delle costruzioni. Roma. Investigación propia de los autores.

Olarte Navarro, J. (1992) Evaluación del Riesgo Sísmico del Centro Histórico de Chiclayo. Perú: CISMID.

YÉPEZ, F.; BARBAT, A.H; CANAS, J.A (1995): Simulación de escenarios de daño para estudios de riesgo sísmico. España: Monografía CIMNE.

Olarte Navarro, J, (2002) Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Áreas Urbano Marginales. Perú: Curso Internacional CISMID.

Al va, J. y Escala ya, M. (1993) Actualización de los parámetros sismológicos en la evaluación del peligro sísmico en el Perú. Perú: CISMID.

Aguiar Falconi, R. (2005) Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica en edificios de Hormigón Armado. Ecuador: Centro de Investigaciones Científicas Escuela Politécnica del Ejército.

Aguiar R., y Barbat A. (1998) índices de da/o Sísmico en edificios de hormigón Armado, Revista Hormigón y Acero. España: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torreja.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2003), Norma E030- Norma E070, Perú.

Tejada Arana, A. (2006) Guía Metodológica para desarrollar Planes de Tesis y Tesis", Perú.

- Ccanto Mallma, G. (2009) Metodología de la Investigación científica en Ingeniería Civil. (Ira. ed). Perú: Gerccantom.
- Medina, M. (2012) Recolección de datos, validación del instrumento- Ética en investigación. Perú.
- Femández Cruz, O. (2009) Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural en Edificaciones. Perú.
- Nieves Lantada, M. (2007) Evaluación del Riesgo Sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS. Aplicación a la ciudad de Barcelona. España.
- Giovinazzi, S. y Logamarsino, S. (2006) Damage Assessment of Current Buildings At territorial Scale: A Mechanical model Calibrated on a Macroseismic Vulnerability Model. Zurich.
- Gamarra, C. y Zenón, A. (2009) Nuevas fuentes sismo génicas para la evaluación del peligro sísmico y generación de espectros de peligro uniforme en el Perú. Perú.
- Maldonado, E. y Gómez, D. y Chio Cho, G. (2008) Simulación de funciones de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño sísmico para edificaciones de hormigón armado en sistema pórtico. Colombia.
- Mena, U. (2002) Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas. Universidad Politécnica de Cataluña- Barcelona, España.
- IGP, Instituto Geofísico del Perú, diversas publicaciones.
- Muñoz, H. (2010) Vulnerabilidad Sísmica y Rehabilitación Estructural. Seminario Internacional Gestión Integral del Riesgo Sísmico. Perú.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (1993) Mitigación de Desastres en las Instalaciones de Salud. Aspectos de Ingeniería Vol. 4. Washington D.C.: OMS (Organización Mundial de la Salud).

Ahumada, J. -Moreno, N. (2011) Estudio de la vulnerabilidad sísmica usando el método del Índice de Vulnerabilidad en viviendas construidas en el barrio La Paz. Barranquilla-Colombia. Colombia.

Chavarría, D. (2002) Estudio Piloto de Vulnerabilidad Sísmica en Viviendas de 1 y 2 Pisos del Barrio Cuarto de Legua en el Cono de Cañaveralejo (Cali, Colombia) consultado el 20 de Noviembre del 2012 de: <http://webserver2.ineter.gob.ni/geofisica/sis/vulne/cali/index.html>

## **Anexo 1**

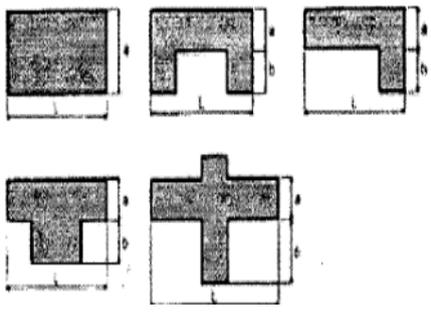
### **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIEMNSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál será el grado de daño estructural sísmica en edificaciones mediante el método de índice de vulnerabilidad en el distrito de San Miguel – San Román -2017?</p> <p><b>Problema específico:</b></p> <p>¿Cuál será el grado de daño estructural sísmica en edificaciones de Mampostería no reforzada, mediante el método de índice de vulnerabilidad en el distrito de San Miguel – San Román?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Evaluar el grado de daño estructural sísmica en edificaciones mediante el método de índice de vulnerabilidad en el distrito de San Miguel – San Román -2017.</p> <p><b>Objetivo específico:</b></p> <p>Determinar el grado de daño estructural sísmica en edificaciones de Mampostería no reforzada, mediante el método de índice de vulnerabilidad en el distrito de San Miguel – San Román.</p> <p>Determinar el grado de daño estructural sísmica en edificaciones de concreto armado mediante el método de índice de vulnerabilidad en el distrito de San Miguel – San Román</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>El grado de daño estructural sísmica en edificaciones mediante el método de índice de vulnerabilidad es de moderado a severo, en el distrito de San Miguel – San Román -2017.</p> <p><b>Hipótesis específica:</b></p> <p>El grado de daño estructural sísmica en edificaciones de Mampostería no reforzada, mediante el método de índice de vulnerabilidad es severo en el distrito de San Miguel – San Román.</p> <p>El grado de daño estructural sísmica en edificaciones de concreto armado mediante el método de índice de vulnerabilidad es moderado en el distrito de San Miguel – San Román.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (x)</p> <p>Grado de daño estructural sísmica</p>	<p>Índice de vulnerabilidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ligero</li> <li>– Moderado</li> <li>– severo</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Organización del Sistema estructural</li> <li>– Calidad del sistema resistente</li> <li>– Resistencia convencional</li> <li>– Posición del edificio y ciment.</li> <li>– Diafragmas horizontales</li> <li>– Configuración en planta</li> <li>– Configuración en elevación</li> <li>– Separación máx. entre muros</li> <li>– Tipo de cubierta</li> <li>– Elementos no estructurales</li> <li>– Estado de conservación</li> </ul>	<p><b>TIPO:</b> descriptiva Cuantitativa, aplicado, <b>NIVEL:</b> Explicativo <b>DISEÑO:</b> No Experimental, <b>MÉTODO:</b> Deductivo-inductivo <b>POBLACION:</b> Distrito de San Miguel <b>MUESTRA:</b> 201 viv. mampostería no reforzada 21 viv. concreto armado <b>TÉCNICAS:</b> Observación Estructurada mediciones <b>INSTRUMENTOS:</b> Fichas De Observación Inst. de medición <b>PROCEDIMIENTOS:</b> Varianza. Desviación estándar</p>
<p>VARIABLE DEPENDIENTE (y)</p> <p>Edificaciones</p>	<p>Mampostería no reforzada</p> <p>Concreto armado</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Organización del Sistema estructural</li> <li>– Calidad del sistema resistente</li> <li>– Resistencia convencional</li> <li>– Posición del edificio y ciment.</li> <li>– Losas</li> <li>– Configuración en planta</li> <li>– Configuración en elevación</li> <li>– Conexión elementos críticos</li> <li>– Elementos baja ductilidad</li> <li>– Elementos no estructurales</li> <li>– Estado de conservación</li> </ul>	<p>Organización del Sistema estructural</p> <p>Calidad del sistema resistente</p> <p>Resistencia convencional</p> <p>Posición del edificio y ciment.</p> <p>Losas</p> <p>Configuración en planta</p> <p>Configuración en elevación</p> <p>Conexión elementos críticos</p> <p>Elementos baja ductilidad</p> <p>Elementos no estructurales</p> <p>Estado de conservación</p>			

**Anexo 2**  
**FICHA DE EVALUACION MANPOSTERIA NO**  
**REFORZADA**

Ficha de Levantamiento de información para viviendas de Mampostería No Reforzada.

<b>METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD- FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL</b>	
Dirección:	
Identificación: Número de Pisos: Uso Original: Inspector:	Área construida en m2: Área de muros en m2: Año de Construcción: Fecha de inspección:
<b>01) ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE</b>	
<p><b>A)</b>Edificación construida de acuerdo a la norma sismoresistente. Presenta vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas.</p> <p><b>B)</b>Presenta conexiones mediante vigas de amarre, presenta vigas y columnas de confinamiento pero No en todas las plantas.</p> <p><b>C)</b>Edificación en la cual no presenta vigas de amarre en todas sus plantas , presenta buena unión entre Paredes ortogonales resistentes.</p> <p><b>D)</b>No presenta buena unión entre sus paredes, no Posee confinamiento en ninguna planta.</p>	
<b>02) CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE</b>	
<p><b>A)</b>todas las unidades de mampostería dentro del o a las unidades de mampostería, dentro del dimensiones constantes y correcta colocación.</p> <p><b>B)</b>Todas las unidades de mampostería dentro del muro son del mismo tipo y de regular calidad, posee dimensiones constantes pero no correcta</p>	
<b>05) DIAFRAGMAS HORIZONTALES</b>	
<p><b>A)</b>Losa maciza (<math>e=0.10-0.20m</math>), ausencia de planos a desnivel, la deformación del diafragma es despreciable, conexión diafragma y los muros es Eficaz.</p>	

<p>Colocación.</p> <p><b>C)</b>Existen 02 tipos de unidades de mampostería dentro del muro o menos del 50% de las unidades tienen dimensiones constantes e incorrecta</p> <p>Colocación.</p> <p><b>D)</b>Existen 03 tipos de unidades o más dentro del muro o más del 50% de las unidades tienen dimensiones diferentes e incorrecta colocación.</p>	<p><b>B)</b>Losa aligerada.(<math>e &gt; 0.2m</math>), ausencia planos a desnivel, la deformación del diafragma es despreciable, la Conexión entre muro y diafragma es eficaz.</p> <p><b>C)</b>Losa aligerada (<math>e &lt; 0.2m</math>), ausencia planos a desnivel, la deformación del diafragma es apreciable, la conexión entre muro y diafragma es Regular.</p> <p><b>D)</b>Losa aligerada (<math>e &lt; 0.2m</math>), posee planos a desnivel, la deformación del diafragma es apreciable, la Conexión entre muro y diafragma es pésima.</p>
<p align="center"><b>04 POSICIÓN DEL EDIFICIO Y DE LA CIMENTACIÓN</b></p>	
<p><b>A)</b>Edificación cimentada sobre terreno estable, con pendiente inferior al 1 0% y con todo el plano de Cimentación a una misma cota.</p> <p><b>B)</b>Edificación cimentada sobre roca o suelo blando, la diferencia entre las cotas de las cimentaciones es inferiro a 1m.</p> <p><b>C)</b>Edificación cimentada sobre terreno suelto o blando con pendiente entre el 20% - 30%, la diferencia entre las cotas de cimentación es inferior Inferiores a 1m.</p> <p><b>D)</b>Edificación cimentada en terreno suelto con pendiente mayor a 30% o en terreno rocoso con pendiente mayor a 50%, las cotas de las Cimentación es superior a 1m.</p>	<p align="center"><b>06 CONFIGURACIÓN EN PLANTA</b></p> $\beta_1 = \frac{a}{l} \text{ y } \beta_2 = \frac{b}{l}$ 

<b>METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD- FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION</b> <b>EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL</b>	
Dirección:	
Identificación: Número de Pisos: Uso Original: Inspector:	Área construida en m2: Área de muros en m2: Año de Construcción: Fecha de Inspección:
<b>A)</b> Presenta una forma adecuada de configuración en planta, posee una configuración convexa en planta  (sencilla) $\beta_1 \geq 0.8 \text{ ó } \beta_2 \leq 0.1$	
<b>B)</b> Presenta una forma adecuada de configuración en planta, posee una configuración cóncavo en planta  (completa) $0.6 \geq \beta_1 \geq 0.8 \text{ ó } 0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	
<b>C)</b> Presenta una forma inadecuada de configuración en planta, posee una configuración cóncavo en planta (completa) $0.4 \geq \beta_1 \geq 0.6 \text{ ó } 0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	
<b>D)</b> Presenta una forma inadecuada de configuración en planta, posee una configuración cóncavo en planta (completa) $\beta_1 < 0.4 \text{ ó } \beta_2 < 0.3$	
<b>07) CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN</b>	
<b>A)</b> Edificación que presenta una elevación sencilla en el plano vertical, presenta regularidad geométrica vertical.	<b>09) TIPO DE CUBIERTA</b>  <b>A)</b> Losa de concreto armado plana con diseño sismoresistente y apoyado sobre vigas de concreto armado. Provisto de viga cumbreira.  <b>B)</b> Losa de concreto armado plana sin: .. di.seño sismoresistente sin viga cumbreira pero bien conectado en los muros.  <b>C)</b> Edificación con cubierta inestable de concreto
<b>B)</b> Edificación que presenta una elevación sencilla en el plano vertical.	

<p><b>C)</b>Edificación que no presenta una elevación sencilla en el plano vertical.</p>	<p>armando provista de viga cumbrera o cubierta liviana con eternit.</p>
<p><b>D)</b>Edificación que presenta una elevación compleja en el plano vertical e irregularidad geométrica en el plano vertical.</p>	<p><b>D)</b>Edificación con cubierta inestable sin vigas cumbrera, cubierta pesada con teja de barro u otros.</p>
<p><b>08) SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS</b></p>	<p><b>10) ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES</b></p>
<p>L= (espaciamiento de muros transversales)</p> <p>S= (espesor del muro maestro)</p> <p><b>A)</b> Estructura con valores de <math>US &lt; 15</math>.</p> <p><b>B)</b>Estructura con valores de <math>15 \leq L/S &lt; 18</math>.</p> <p><b>C)</b>Estructura con valores de <math>15 \leq L/S &lt; 25</math>.</p> <p><b>D)</b>Estructura con valores de <math>L/S \geq 25</math></p>	<p><b>A)</b> Edificio sin cornisa, parapetos ni balcones.</p> <p><b>B)</b>Edificio con cornisa bien conectada a la pared, sin parapetos ni balcones.</p> <p><b>C)</b>Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal.</p> <p><b>D)</b>Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, que pueden caer en caso de terremoto, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos con la estructura.</p>

<p><b>METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD- FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION</b></p>	
<p align="center"><b>EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL</b></p>	
<p>Dirección:</p>	
<p>Identificación: Número de Pisos: Uso Original: Inspector:</p>	<p>Área construida en m2: Área de muros en m2: Año de Construcción: Fecha de Inspección:</p>
<p><b>11) ESTADO DE CONSERVACIÓN</b></p>	
<p><b>A)</b>Muros en buenas condiciones sin fisuras visibles y homogéneo en toda la estructura.</p>	

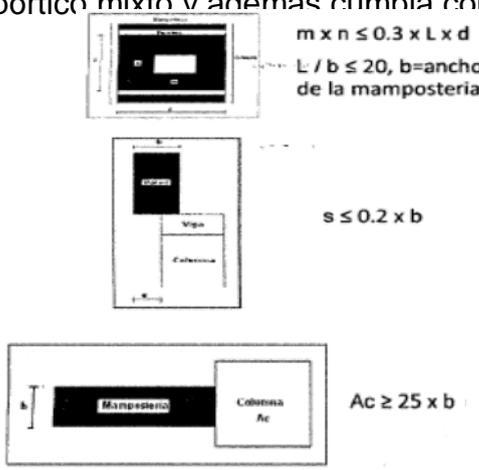
B)Muros que presentan fisuras leves, homogéneo en toda la estructura.

C)Muros con fisuras visibles entre 2-3 mm. de ancho o que presentan un estado mediocre de conservación, los muros no son homogéneos en toda la estructura.

D)Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o fisuras de más de 3 mm. de ancho, los muros no son homogéneos en toda la estructura.

### **Anexo 3**

## **FICHA DE EVALUACION CONCRETO ARMADO**

<b>METODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD- FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN</b> <b>EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO</b>	
Dirección:	
Identificación: Número de Pisos: Uso Original: Inspector:	Área construida en m2: Área de muros en m2: Año de Construcción: Fecha de Inspección:
<p><b>A)</b> Si el sistema resistente principal está compuesto por muros de corte o mampostería armada o bien pórtico mixto y además cumple con:</p>  <p><math>m \times n \leq 0.3 \times L \times d</math>  <math>L / b \leq 20</math>, b=ancho de la mampostería</p> <p><math>s \leq 0.2 \times b</math></p> <p><math>Ac \geq 25 \times b</math></p>	<p>.Las juntas de construcción están mal ejecutadas.                      .La mampostería es de mala calidad.                      .La construcción de los elementos estructurales, vigas, columnas, losas, gradas, etc. son de mala calidad.</p>
<p><b>B)</b> Conformada por vigas y columnas de concreto armado, sin muros de corte que cumplen:</p> <p><math>m \times n \leq 0.6 \times L \times d</math>  <math>L / b \leq 30</math>  <math>s \leq 0.3 \times b</math>  <math>Ac \geq 20 \times b</math></p>	<p><b>04) POSICIÓN DEL EDIFICIO Y CIMENTACIÓN</b></p> <p><b>A)</b> La edificación se encuentra sobre suelo duro y en una topografía plana es lo más seguro posible o si se encuentra en pendiente menor al 15%, también si se encuentra en terreno rocoso con pendiente menor al 30%.  <b>B)</b> Es una edificación que no pertenece a la clase "A"</p>
<p><b>C)</b> Edificación que no clasifique como B.</p>	<p>ni a la clase "C".</p>
<p><b>02) CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE</b></p>	
<p><b>A)</b> Si presenta las siguientes características:                      .El concreto es consistente, duro al rayado y se</p>	<p><b>C)</b> Edificación con cimentación insuficiente para cualquier tipo de terreno. Edificio sobre terreno de</p>

<p>encuentra bien ejecutado.  .No debe existir zonas de "hormiguero" debido a una vibración del concreto en su colocación.  .Las barras de acero son corrugadas y no se encuentran visibles en los elementos estructurales.  .La mampostería esta conformada por elementos compactos y el mortero utilizado para su unión no se hace migas facilmente y es de buena calidad.</p> <p><b>B)</b>Es una edificación que no pertenece a la clase "A" ni a la clase "C".</p> <p><b>C)</b>Edificaciones que presentan al menos 02 de las siguientes características.</p> <p>.El concreto empleado es de baja calidad.  .Las varillas de acero son visibles, oxidadas o están eventualmente mal distribuidas.</p>	<p>dureza intermedia (Suelos intermedios S2) con pendiente superior al 30% o bien sobre terreno rocosos con pendiente superior al 60%, también edificaciones que se encuentran cerca a colinas.</p> <p><b>05) LOSAS</b></p> <p><b>A)</b>Edificación con losas rígidas y bien conectadas a los elementos resistentes verticales. Por otra parte el área de aberturas de la losa será menor al 30% del área total en planta.</p> <p><b>B)</b>Es una edificación que no pertenece a la clase "A" ni a la clase "C".</p> <p><b>C)</b>Edificaciones con losas poco rígidas y mal conectadas a los elementos verticales. Edificaciones con abertura de losas mayores al 50% del área de la planta.</p>
---	--

<b>METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD- FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION</b> <b>EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO</b>	
<p><b>06) CONFIGURACIÓN EN PLANTA</b></p> <p>Antes de clasificar se debe de evaluar los siguientes aspectos:</p>	
<div data-bbox="430 1702 574 1904" data-label="Image"> </div> <p>La relacion entre <math>\delta_1 = a/L</math>  Donde: a = lado menor  L = lado mayor  a y L son las longitudes del rectangulo que circunscribe a la edificación si es rectangular evaluar el lado menor entre el mayor.</p>	<p><b>ii)</b> La variación del sistema resistente en altura, una variación del piso inferior menos rígido a más rígido en el piso superior penaliza notablemente la vulnerabilidad. Este es el caso del PISO BLANDO, en edificaciones en donde el primer piso tiene mayor altura que los pisos superiores por estar destinados a</p>

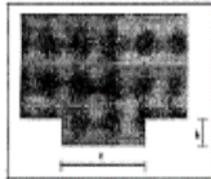
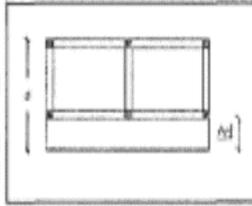
La relación:

$$\delta_2 = \Delta d / d$$

Donde:

$\Delta d$  = longitud del voladizo.

$d$  = longitud total en la dirección del voladizo.



La relación:

$$\delta_3 = c / b$$

Donde:

$c$  = longitud de la protuberancia.

$b$  = ancho de la protuberancia.

**A)** Edificación con planta irregular que verifica uno de los siguientes requisitos:

$$\begin{aligned} \delta_1 &> 0.4 \\ \delta_2 &< 0.2 \\ \delta_3 &> 0.5 \end{aligned}$$

**B)** Es una edificación que no pertenece a la clase "A"

ni a la clase "C".

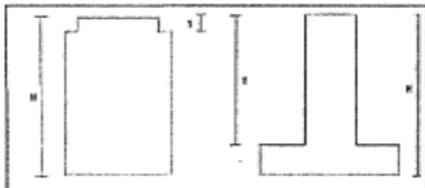
**C)** Edificación con planta irregular que verifica uno de los siguientes requisitos:

$$\begin{aligned} \delta_1 &< 0.2 \\ \delta_2 &> 0.4 \\ \delta_3 &< 0.25 \end{aligned}$$

## 07) CONFIGURACIÓN EN ELEVACION

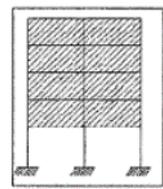
Existen tres aspectos básicos para la determinación de

este parámetro y son los siguientes:



**i)** La relación entre la longitud de una torre de altura "T" situada sobre la edificación y la altura total "H".

oficinas, etc. Son muy vulnerables las estructuras con piso blando.



**iii)** Este criterio toma en cuenta la distribución de la masa en altura. Lo ideal es que a medida que la edificación crezca en altura la distribución de las masas vaya disminuyendo. Puede darse el caso de que en los pisos superiores de una edificación se destina a bodegas por lo que tendrá un mayor peso con el consiguiente incremento de peso.

Por otra parte la interrupción de elementos verticales provoca la mayor flexibilidad del piso, aumentándose los problemas de estabilidad, pero sobre todo, como ya se ha dicho, una mayor acumulación de energía en el piso debido al cambio brusco de rigidez.

**A)** No hay variaciones significativas del sistema resistente entre dos plantas sucesivas, se observa que el piso inferior es más fuerte que el piso superior en todas las plantas. Por otra parte la relación  $T/H < 0.1$  ó supera 0.9, pero además las masas van decreciendo, no hay interrupción de columnas.

**B)** Es una edificación que no pertenece a la clase "A" ni a la clase "C".

**METODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD - FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN**

**EDIFICACIONES DE CONCRETO**

**ARMADO**

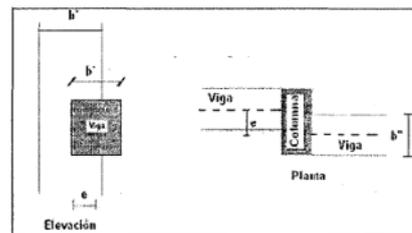
Edificación con variación del sistema resistente, tanto en cuanto a organización como en calidad y tipo de los elementos resistentes. Hay aumentos de masa en altura superior al 20% y además se cumple:

$0.1 \leq T/H \leq 0.3$

$0.7 \leq T/H \leq 0.9$

Además pertenecen a esta categoría edificaciones con variaciones no significativas del sistema resistente pero donde:

$0.3 \leq T/H \leq 0.7$



ii) La relación  $A3 = e/b''$ , que relaciona la excentricidad entre los ejes adyacentes a una columna y el ancho de la viga en planta. Se debe evaluar para el nudo en que esta relación sea mayor . En la figura se muestra a la derecha las variables involucradas.

**08) CONEXIÓN CON ELEMENTOS CRITICOS**

El proceso constructivo coincide con el análisis y cálculo estructural, que básicamente supone la existencia de un esqueleto monolítico formado por vigas y columnas. Esto se evalúa sencillamente fijándose en la geometría de las uniones viga - columna y además en los siguientes puntos:

- i) La relación  $\lambda1 = s/b$ .  
Donde: s = Long. del saliente de la viga sobre la columna.  
b = Ancho de la columna.

Si la viga es más ancha que la columna es vulnerable, lo ideal es que las vigas tengan menor dimensión que las columnas y concretamente se cumpla  $bv \leq 0.75 \times bc$ , el espacio que hay entre el borde de la viga y el extremo

**A)** La conexión viga - columna es buena, cuando satisface las siguientes condiciones:

$\lambda1 < 0.2$   
 $\lambda2 < 0.2$   
 $\lambda3 < 0.3$

Además deberá verificar que la dimensión de una

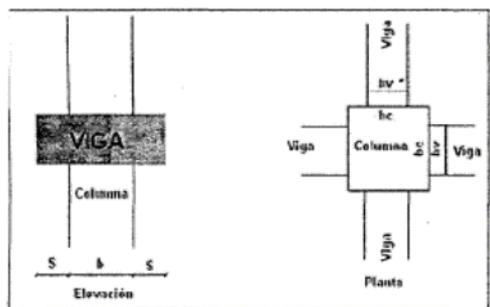
columna sea mayor a 25 cm.

**B)** Calidad mediocre de unión viga - columna o cuando no pertenece a la clase "A" ni a la clase C

**C)** Calidad deficiente de la unión viga - columna y se verifique uno de los siguientes casos:

- .Mas del 70% de los elementos resistentes no satisfacen los requisitos de la clase "A".
- .Mas del 30% de los elementos de la unión viga -

de la columna sea menor que 10 cm.



ii) La relación  $A2 = e/b'$ , que relaciona la excentricidad entre los ejes de la viga y la columna con respecto al valor menor del ancho de la columna o del ancho de la viga. El valor  $A2$  será el mayor valor que se tenga en una unión viga - columna. En la figura se muestra a la izquierda las variables involucradas.

columna cumple con:

\*El ancho de viga es mayor que el de la columna en un 40%.

\*La excentricidad entre los ejes de la viga y columna supera el 30% del mínimo ancho

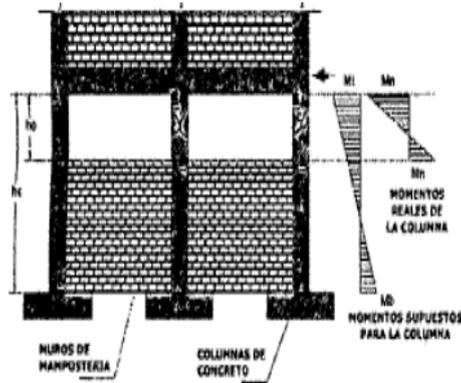
de cualquiera de los elementos.  
\*Los ejes de las vigas que lleguen al nudo, distan en planta más del 40% de la Dimensión transversal de la columna.

.La dimensión mínima de una columna es menor

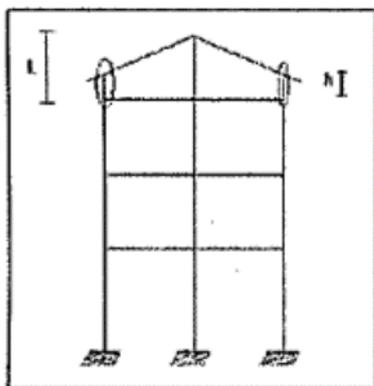
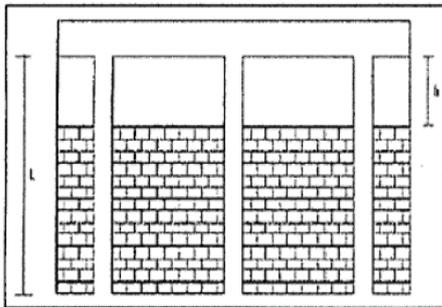
a 20 cm.

Aparentemente no se puede evaluar ese parámetro para una losa plano o losa con vigas perdidas pero solo aparente ya que el ancho de las vigas de estas tipologías estructurales supera el ancho de columnas.

<b>MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD - FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN</b>	
<b>EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO</b>	
<b>09) ELEMENTOS CON BAJA DUCTILIDAD</b>	<b>B)</b> En elementos de baja ductilidad (columnas cortas que se forman bajo las gradas). $L/4 \leq h \leq L/2$
Básicamente se refiere a la existencia de columnas cortas, que en varios sismos ha sido la falla más frecuente que se produce. Se puede ver un caso muy frecuente de columna corta que se presenta en diferentes estructuras con malos resultados después de un sismo, estos son elementos de elevada ductilidad.	En elementos de elevada ductilidad como los indicados en las figuras son clase "B" si: $L/2 \leq h \leq 2L/3$
	<b>C)</b> Los elementos más cortos tiene altura menor o igual a la mitad de los otros elementos. Si hay un solo elemento con altura menor a 2/3 de la



También se presenta una estructura con elementos cortos a nivel de cubierta. Al ser columnas de elevada ductilidad.



altura pero ese elemento es de elevada ductilidad.

Los elementos de baja ductilidad.

$$h \leq L/4$$

En elementos de elevada ductilidad:

$$h \leq L/2$$

Si hay un solo elemento con altura menor a la mitad de la altura pero es de elevada ductilidad.

### 10) ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Aquí se siguen criterios de estabilidad que reduzca el riesgo de caída de estos elementos sobre los ocupantes de la edificación. Puede ser el caso de chimeneas,

parapetos, balcones, etc.

**A)** Los elementos externos a la estructura se encuentran bien anclados de manera eficiente. Los elementos internos son estables aunque no estén anclados.

**B)** Los elementos externos son estables pero con anclajes o conexiones poco fiables. Puede ser el caso de cornisas en las fachadas de las edificaciones.

**C)** Edificaciones cuyos elementos externos son inestables y no conectados o que no son clasificables dentro de las clases "A" o "B".

### 11) ESTADO DE CONSERVACIÓN

Con este parámetro se trata de dar importancia al estado "REAL" de la estructura, en contraposición con los modelos analíticos usuales.

<p>Varias son las razones por las cuales el valor de la longitud libre de columnas se reduce considerablemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Confinamiento lateral de la columna por muros de diferentes tipos.</li> <li>.División de losas en niveles intermedios.</li> <li>.Ubicación del edificio en terrenos inclinados.</li> </ul> <p><b>A)</b>No tiene elementos cortos.</p>	<p><b>A)</b>Edificación cuyas columnas, vigas, losas y mampostería, no se encuentran fisuradas. No hay rajaduras en paredes que induzca a pensar en asentamientos del suelo. Se garantiza estabilidad</p> <p>bajo cargas sísmicas.</p> <p><b>B)</b>Es una edificación que no pertenece a la clase "A" ni a la clase "C".</p> <p><b>C)</b>Más del 30% de los elementos principales se encuentran fisurados. La losa tiene fisuras, se presentan daños en la cimentación.</p>
---	---

## Anexo 4

### ÍNDICES DE VULNERABILIDAD PARA EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

Índices de Vulnerabilidad para Edificaciones de Mampostería no Reforzada del centro Urbano del Distrito de San Miguel

<b>N° VIVIENDA</b>	<b>Iv(1-100)</b>	<b>TIPO DE VULN</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	11.76	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
2	16.01	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
3	11.76	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
4	33.66	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
5	19.28	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
6	23.20	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
7	27.12	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
8	20.92	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
9	26.80	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
10	24.51	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
11	26.47	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
12	14.05	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
13	18.63	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
14	16.67	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
15	28.76	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
16	24.51	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
17	18.30	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
18	24.51	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
19	19.93	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
20	21.24	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
21	17.97	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
22	13.40	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
23	11.11	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
24	8.50	TIPO 4	CONSTRUCCIONES

			SISMICAMENTE RESISTENTE
25	19.28	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
26	16.99	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
27	17.65	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
28	22.55	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
29	24.84	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
30	15.69	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
31	15.36	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
32	23.20	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
33	32.03	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
34	34.97	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
35	18.63	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
36	12.75	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
37	19.93	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
38	37.91	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
39	25.82	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
40	26.80	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
41	18.30	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
42	16.67	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
43	12.75	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
44	19.93	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
45	27.78	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
46	27.45	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
47	15.69	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
48	29.41	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
49	29.41	TIPO 3	CONSTRUCCIONES

			NORMALES
50	27.78	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
51	25.82	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
52	34.31	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
53	15.69	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
54	26.47	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
55	25.16	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
56	16.34	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
57	12.75	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
58	15.36	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
59	15.36	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
60	15.36	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
61	20.59	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
62	15.36	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
63	17.97	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
64	16.67	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
65	19.28	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
66	22.55	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
67	17.97	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
68	16.01	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES

<b>N° VIVIENDA</b>	<b>Iv(1-100)</b>	<b>TIPO DE VULN</b>	<b>DESCRIPCION</b>
69	14.05	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
70	21.90	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
71	12.42	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
72	37.91	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
73	37.91	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
74	49.02	TIPO 2	CONTRUCCIONES SISMICAMENTE DEVIL
75	27.78	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
76	15.36	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
77	20.59	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
78	16.67	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
79	9.48	TIPO4	CONTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
80	16.01	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
81	14.71	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
82	41.50	TIPO 2	CONTRUCCIONES SISMICAMENTE DEVIL
83	49.67	TIPO 2	CONTRUCCIONES SISMICAMENTE DEVIL
84	18.63	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
85	25.49	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
86	17.32	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
87	16.99	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
88	19.93	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
89	41.50	TIPO 2	CONTRUCCIONES SISMICAMENTE DEVIL
90	12.75	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
91	15.36	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
92	33.99	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES

93	42.16	TIPO 2	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE DEVIL
94	22.88	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
95	12.09	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
96	17.65	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
97	15.36	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
98	6.86	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
99	6.54	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
100	15.36	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
101	4.90	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
102	24.51	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
103	12.42	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
104	18.63	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
105	9.80	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
106	9.80	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
107	13.07	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
108	32.35	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
109	18.30	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
110	34.64	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
111	9.80	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
112	33.99	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
113	22.22	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
114	25.49	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
115	17.65	TIPO 3	CONSTRUCCIONES

			NORMALES
116	10.46	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
117	10.78	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
118	10.78	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
119	18.30	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
120	15.69	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
121	18.95	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
122	20.26	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
123	24.51	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
124	48.37	TIPO 2	CONTRUCCIONES SISMICAMENTE DEVIL
125	26.14	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
126	24.51	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
127	30.72	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
128	39.54	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
129	42.48	TIPO 2	CONTRUCCIONES SISMICAMENTE DEVIL
130	19.28	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
131	3.92	TIPO 4	CONTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
132	3.27	TIPO 4	CONTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
133	11.44	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
134	13.07	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
135	7.52	TIPO 4	CONTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
136	21.57	TIPO 3	CONTRUCCIONES NORMALES
137	8.50	TIPO 4	CONTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE

<b>N° VIVIENDA</b>	<b>lv(1-100)</b>	<b>TIPO DE VULN</b>	<b>DESCRIPCION</b>
138	23.20	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
139	10.78	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
140	28.43	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
141	29.74	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
142	21.57	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
143	23.53	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
144	27.45	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
145	18.30	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
146	26.80	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
147	26.47	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
148	17.65	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
149	14.38	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
150	9.48	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
151	42.48	TIPO 2	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE DEVIL
152	28.76	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
153	21.57	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
154	9.48	TIPO 3	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
155	10.46	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
156	12.75	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
157	3.59	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
158	12.09	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
159	37.25	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
160	20.59	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
161	15.69	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
162	28.43	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
163	10.46	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
164	8.82	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
165	30.07	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
166	17.65	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
167	17.97	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
168	13.07	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
169	35.29	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
170	31.70	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
171	16.67	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
172	16.67	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
173	7.19	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
174	23.20	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
175	32.35	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
176	20.26	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
177	14.05	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES

178	22.88	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
179	15.03	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
180	28.10	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
181	30.72	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
182	37.91	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
183	31.37	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
184	4.58	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
185	3.27	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
186	7.84	TIPO 4	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE RESISTENTE
187	19.61	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
188	17.65	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
189	27.45	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
190	17.65	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
191	19.61	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
192	12.75	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
193	16.01	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
194	29.41	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
195	13.73	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
196	14.71	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
197	17.32	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
198	28.10	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
199	16.34	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES

**Anexo 5**  
**ÍNDICES DE DAÑO PARA EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA NO**  
**REFORZADA EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**

<b>SISMO "a = 0.18g"</b>		
<b>lv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
5.22	0.2843	MODERADO
16.01	0.3537	SEVERO
3.11	0.2726	MODERADO
33.66	0.4955	SEVERO
19.28	0.3761	SEVERO
23.20	0.4087	SEVERO
27.12	0.4412	SEVERO
20.92	0.3897	SEVERO
26.80	0.4385	SEVERO
24.51	0.4195	SEVERO
26.47	0.4358	SEVERO
14.05	0.3397	SEVERO
18.63	0.3723	SEVERO
16.67	0.3584	SEVERO
28.76	0.4533	SEVERO
24.51	0.4195	SEVERO
18.30	0.3700	SEVERO
24.51	0.4195	SEVERO
19.93	0.3816	SEVERO
21.24	0.3924	SEVERO
17.97	0.3676	SEVERO
13.40	0.3351	SEVERO
11.11	0.3188	SEVERO
8.50	0.3002	SEVERO
19.28	0.3761	SEVERO
16.99	0.3607	SEVERO
17.65	0.3626	SEVERO
22.55	0.4003	SEVERO
24.84	0.4223	SEVERO
15.69	0.3514	SEVERO
15.36	0.3491	SEVERO
23.20	0.4087	SEVERO
32.03	0.4844	SEVERO
34.97	0.5063	TOTAL
18.63	0.3707	SEVERO
12.75	0.3305	SEVERO
19.93	0.3816	SEVERO
37.91	0.5404	TOTAL
25.82	0.4304	SEVERO
26.80	0.4385	SEVERO
18.30	0.3680	SEVERO
16.67	0.3545	SEVERO
12.75	0.3305	SEVERO
19.93	0.3815	SEVERO
27.78	0.4467	SEVERO
27.45	0.4408	SEVERO
15.69	0.3514	SEVERO
29.41	0.4602	SEVERO

<b>SISMO "a = 0.18g"</b>		
<b>lv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
29.41	0.4594	SEVERO
27.78	0.4467	SEVERO
25.82	0.4235	SEVERO
34.31	0.5009	TOTAL
15.69	0.3463	SEVERO
26.47	0.4358	SEVERO
25.16	0.4249	SEVERO
16.34	0.3560	SEVERO
12.75	0.3305	SEVERO
15.36	0.3436	SEVERO
15.36	0.3436	SEVERO
15.36	0.3491	SEVERO
20.59	0.3870	SEVERO
15.36	0.3491	SEVERO
17.97	0.3676	SEVERO
16.67	0.3545	SEVERO
19.28	0.3761	SEVERO
22.55	0.4033	SEVERO
17.97	0.3676	SEVERO
16.01	0.3537	SEVERO
14.05	0.3397	SEVERO
21.90	0.3979	SEVERO
12.42	0.3281	SEVERO
37.91	0.5404	TOTAL
43.79	0.5964	TOTAL
49.02	0.6572	TOTAL
27.78	0.4375	SEVERO
15.36	0.3491	SEVERO
20.59	0.3863	SEVERO
16.67	0.3584	SEVERO
9.48	0.3072	SEVERO
16.01	0.3537	SEVERO
14.71	0.3444	SEVERO
41.50	0.5746	TOTAL
49.67	0.6642	TOTAL
18.63	0.3723	SEVERO
25.49	0.4277	SEVERO
17.32	0.3599	SEVERO
16.99	0.3607	SEVERO
19.93	0.3815	SEVERO
41.50	0.5764	TOTAL
12.75	0.3305	SEVERO
15.36	0.3491	SEVERO
33.99	0.4982	SEVERO
42.16	0.5809	TOTAL
22.88	0.4060	SEVERO
12.09	0.3258	SEVERO
17.65	0.3654	SEVERO

<b>SISMO "a = 0.18g"</b>		
<b>lv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
15.36	0.3491	SEVERO
6.86	0.2885	SEVERO
6.54	0.2863	SEVERO
15.36	0.3491	SEVERO
4.90	0.2746	SEVERO
24.51	0.4195	SEVERO
12.42	0.3231	SEVERO
18.63	0.3723	SEVERO
9.80	0.3095	SEVERO
9.80	0.3095	SEVERO
13.07	0.3328	SEVERO
32.34	0.4875	SEVERO
18.30	0.3700	SEVERO
34.64	0.5093	TOTAL
9.80	0.3095	SEVERO
33.99	0.5031	TOTAL
22.22	0.4005	SEVERO
25.49	0.4222	SEVERO
17.65	0.3654	SEVERO
10.46	0.3165	SEVERO
10.78	0.3165	SEVERO
10.78	0.3165	SEVERO
18.30	0.3700	SEVERO
15.69	0.3514	SEVERO
18.95	0.3746	SEVERO
20.26	0.384	SEVERO
24.51	0.4195	SEVERO
48.37	0.6502	TOTAL
26.14	0.4284	SEVERO
24.51	0.4195	SEVERO
30.72	0.4720	SEVERO
39.54	0.5443	TOTAL
42.48	0.5869	TOTAL
19.28	0.3761	SEVERO
3.92	0.2676	SEVERO
3.27	0.2630	SEVERO
11.44	0.3212	SEVERO
13.07	0.3328	SEVERO
7.52	0.2932	SEVERO
21.57	0.3951	SEVERO
8.50	0.3002	SEVERO
23.20	0.4049	SEVERO
10.78	0.3165	SEVERO
28.43	0.4521	SEVERO
29.74	0.4626	SEVERO
21.57	0.3933	SEVERO
23.53	0.4072	SEVERO
27.45	0.4439	SEVERO

<b>SISMO "a = 0.18g"</b>		
<b>IV(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
18.30	0.3680	SEVERO
26.80	0.4385	SEVERO
26.47	0.4315	SEVERO
17.65	0.3654	SEVERO
14.38	0.3421	SEVERO
9.48	0.3072	SEVERO
42.48	0.5869	TOTAL
28.76	0.4548	SEVERO
21.57	0.3848	SEVERO
9.48	0.3072	SEVERO
10.46	0.3142	SEVERO
12.75	0.3305	SEVERO
3.59	0.2653	SEVERO
12.09	0.3258	SEVERO
37.25	0.5341	TOTAL
20.59	0.3863	SEVERO
15.69	0.3514	SEVERO
28.43	0.4521	SEVERO
10.46	0.3142	SEVERO
8.82	0.3025	SEVERO
30.07	0.4657	SEVERO
17.65	0.3654	SEVERO
17.97	0.3676	SEVERO
13.07	0.3328	SEVERO
35.29	0.5155	TOTAL
31.70	0.4813	SEVERO
16.67	0.3584	SEVERO
16.67	0.3584	SEVERO
7.19	0.2909	SEVERO
23.20	0.4004	SEVERO
32.35	0.4875	SEVERO
20.26	0.3843	SEVERO
14.05	0.3327	SEVERO
22.88	0.4026	SEVERO
15.03	0.3408	SEVERO
28.10	0.4470	SEVERO
30.72	0.4711	SEVERO
37.91	0.5379	TOTAL
31.37	0.4765	SEVERO
4.58	0.2723	SEVERO
3.27	0.2630	SEVERO
7.84	0.2955	SEVERO
19.61	0.3793	SEVERO
17.65	0.3654	SEVERO
27.45	0.4439	SEVERO
17.65	0.3626	SEVERO

19.61	0.3789	SEVERO
12.75	0.3305	SEVERO
<b>SISMO "a = 0.18g"</b>		
<b>Iv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
16.01	0.3537	SEVERO
29.41	0.4602	SEVERO
13.73	0.3375	SEVERO
14.71	0.3444	SEVERO
17.32	0.3630	SEVERO

Índices de Daño para Edificaciones de Mampostería no Reforzada del centro Urbano del Distrito de San Miguel para  $a = 0.24 g$

<b>SISMO "a = 0.24g"</b>		
<b>Iv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
5.22	0.4195	SEVERO
16.01	0.5119	TOTAL
3.11	0.4035	SEVERO
33.66	0.7035	TOTAL
19.28	0.5412	TOTAL
23.20	0.5854	TOTAL
27.12	0.6297	TOTAL
20.92	0.5597	TOTAL
26.80	0.6261	TOTAL
24.51	0.6002	TOTAL
26.47	0.6223	TOTAL
14.05	0.4935	SEVERO
18.63	0.5364	TOTAL
16.67	0.5181	TOTAL
28.76	0.6463	TOTAL
24.51	0.6002	TOTAL
18.30	0.5334	TOTAL
24.51	0.6002	TOTAL
19.93	0.5486	TOTAL
21.24	0.5633	TOTAL
17.97	0.5303	TOTAL
13.40	0.4874	SEVERO
11.11	0.459	SEVERO
8.50	0.4414	SEVERO
19.28	0.5412	TOTAL
16.99	0.5211	TOTAL
17.65	0.5228	TOTAL
22.55	0.5732	TOTAL
24.84	0.6039	TOTAL
15.69	0.5089	TOTAL

15.36	0.5058	TOTAL
23.20	0.5854	TOTAL
32.03	0.6882	TOTAL
34.97	0.7158	TOTAL
18.63	0.5338	TOTAL
12.75	0.4813	SEVERO
19.93	0.5486	TOTAL
37.91	0.7636	TOTAL
25.82	0.615	TOTAL
26.80	0.6261	TOTAL
18.30	0.5301	TOTAL
16.67	0.5117	TOTAL
12.75	0.4813	SEVERO
19.93	0.5485	TOTAL

<b>SISMO "a = 0.24g"</b>		
<b>Iv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
27.78	0.6371	TOTAL
27.45	0.6295	TOTAL
15.69	0.5089	TOTAL
29.41	0.6555	TOTAL
29.41	0.6546	TOTAL
27.78	0.6371	TOTAL
25.82	0.6039	TOTAL
34.31	0.7109	TOTAL
15.69	0.5006	TOTAL
26.47	0.6223	TOTAL
25.16	0.6076	TOTAL
16.34	0.5150	TOTAL
12.75	0.4813	SEVERO
15.36	0.4969	SEVERO
15.36	0.4969	SEVERO
15.36	0.4969	TOTAL
20.59	0.5560	TOTAL
15.36	0.5058	TOTAL
17.97	0.5303	TOTAL
16.67	0.5117	TOTAL
19.28	0.5412	TOTAL
22.55	0.5781	TOTAL
17.97	0.5303	TOTAL
16.01	0.5119	TOTAL
14.05	0.4935	SEVERO
21.90	0.5708	TOTAL
12.42	0.4782	SEVERO

37.91	0.7636	TOTAL
43.79	0.8390	TOTAL
49.02	0.9242	TOTAL
27.78	0.6223	TOTAL
15.36	0.5058	TOTAL
20.59	0.5548	TOTAL
16.67	0.5181	TOTAL
9.48	0.4506	TOTAL
16.01	0.5119	TOTAL
14.71	0.4997	SEVERO
41.50	0.8096	TOTAL
49.67	0.9338	TOTAL
18.63	0.5364	TOTAL
25.49	0.6113	TOTAL
17.32	0.519	TOTAL
16.99	0.5211	TOTAL
19.93	0.5485	TOTAL

<b>SISMO "a = 0.24g"</b>		
<b>Iv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
41.50	0.8126	TOTAL
12.75	0.4813	SEVERO
15.36	0.5058	TOTAL
33.99	0.7072	TOTAL
42.16	0.8181	TOTAL
22.88	0.5818	TOTAL
12.09	0.4751	SEVERO
17.65	0.5273	TOTAL
15.36	0.5058	TOTAL
6.86	0.4260	SEVERO
6.54	0.4230	SEVERO
15.36	0.5058	TOTAL
4.90	0.4077	TOTAL
24.51	0.6002	TOTAL
12.42	0.4782	SEVERO
18.63	0.5364	TOTAL
9.80	0.4536	SEVERO
9.80	0.4536	SEVERO
13.07	0.4843	SEVERO
32.35	0.6923	TOTAL
18.30	0.5334	TOTAL
34.64	0.7217	TOTAL
9.80	0.4536	SEVERO
33.99	0.7134	TOTAL

22.22	0.5744	TOTAL
25.49	0.6044	TOTAL
17.65	0.5273	TOTAL
10.46	0.4598	SEVERO
10.78	0.4628	SEVERO
10.78	0.4628	SEVERO
18.30	0.5334	TOTAL
15.69	0.5089	TOTAL
18.95	0.5395	TOTAL
20.26	0.5517	TOTAL
24.51	0.6002	TOTAL
48.37	0.9145	TOTAL
26.14	0.6127	TOTAL
24.51	0.6002	TOTAL
30.72	0.6714	TOTAL
39.54	0.7699	TOTAL
42.48	0.8272	TOTAL
19.28	0.5412	TOTAL
3.92	0.3985	SEVERO
3.27	0.3924	SEVERO

<b>SISMO "a = 0.24g"</b>		
<b>lv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
11.44	0.469	SEVERO
13.07	0.4843	SEVERO
7.52	0.4322	SEVERO
21.57	0.567	TOTAL
8.50	0.4414	SEVERO
23.20	0.5793	TOTAL
10.78	0.4628	SEVERO
28.43	0.6445	TOTAL
29.74	0.6589	TOTAL
21.57	0.564	TOTAL
23.53	0.5824	TOTAL
27.45	0.6334	TOTAL
18.30	0.5301	TOTAL
26.80	0.6261	TOTAL
26.47	0.6169	TOTAL
17.65	0.5273	TOTAL
14.38	0.4966	SEVERO
9.48	0.4506	SEVERO
42.48	0.8272	TOTAL
28.76	0.6482	TOTAL
21.57	0.5541	TOTAL

9.48	0.4506	SEVERO
10.46	0.4598	SEVERO
12.75	0.4813	SEVERO
3.59	0.3954	SEVERO
12.09	0.4751	SEVERO
37.25	0.7551	TOTAL
20.59	0.5548	TOTAL
15.69	0.5089	TOTAL
28.43	0.6445	TOTAL
10.46	0.4598	SEVERO
8.82	0.4444	SEVERO
30.07	0.6630	TOTAL
17.65	0.5273	TOTAL
17.97	0.5303	TOTAL
13.07	0.4843	SEVERO
35.29	0.73	TOTAL
31.70	0.684	TOTAL
16.67	0.5181	TOTAL
16.67	0.5181	TOTAL
7.19	0.4291	SEVERO
23.20	0.575	TOTAL
32.35	0.6923	TOTAL
20.26	0.5522	TOTAL

<b>SISMO "a = 0.24g"</b>		
<b>Iv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
14.05	0.4821	SEVERO
22.88	0.5763	TOTAL
15.03	0.4932	SEVERO
28.10	0.6378	TOTAL
30.72	0.6703	TOTAL
37.91	0.7594	TOTAL
31.37	0.6777	TOTAL
4.58	0.4047	SEVERO
3.27	0.3924	SEVERO
7.84	0.4352	SEVERO
19.61	0.5456	TOTAL
17.65	0.5273	TOTAL
27.45	0.6334	TOTAL
17.65	0.5228	TOTAL
19.61	0.5449	TOTAL
12.75	0.4813	SEVERO
16.01	0.5119	TOTAL
29.41	0.6555	TOTAL

13.73	0.4905	SEVERO
14.71	0.4997	SEVERO
17.32	0.5242	TOTAL
28.10	0.6253	TOTAL
16.34	0.5150	TOTAL

<b>SISMO "a = 0.32g"</b>		
<b>Iv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
5.22	0.5995	TOTAL
16.01	0.7227	TOTAL
3.11	0.5781	TOTAL
33.66	0.9808	TOTAL
19.28	0.7612	TOTAL
23.20	0.8211	TOTAL
27.12	0.8809	TOTAL
20.92	0.7862	TOTAL
26.80	0.8760	TOTAL
24.51	0.8411	TOTAL
26.47	0.871	TOTAL
14.05	0.6984	TOTAL
18.63	0.7552	TOTAL
16.67	0.7309	TOTAL
28.76	0.9035	TOTAL
24.51	0.8411	TOTAL
18.30	0.7511	TOTAL
24.51	0.8411	TOTAL
19.93	0.7713	TOTAL
21.24	0.7911	TOTAL
17.97	0.747	TOTAL
13.40	0.6904	TOTAL
11.11	0.6620	TOTAL
8.50	0.6296	TOTAL
19.28	0.7612	TOTAL
16.99	0.7349	TOTAL
17.65	0.7363	TOTAL
22.55	0.8038	TOTAL
24.84	0.8461	TOTAL
15.69	0.7188	TOTAL
15.36	0.7147	TOTAL
23.20	0.8211	TOTAL
32.03	0.9599	TOTAL
34.97	0.9953	TOTAL
18.63	0.7513	TOTAL
12.75	0.6823	TOTAL

19.93	0.7713	TOTAL
37.91	1.0613	TOTAL
25.82	0.8611	TOTAL
26.80	0.876	TOTAL
18.30	0.7462	TOTAL

<b>SISMO "a = 0.32g"</b>		
<b>Iv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
16.67	0.7214	TOTAL
12.75	0.6823	TOTAL
19.93	0.7711	TOTAL
27.78	0.8910	TOTAL
27.45	0.8809	TOTAL
15.69	0.7188	TOTAL
29.41	0.9159	TOTAL
29.41	0.9147	TOTAL
27.78	0.8910	TOTAL
25.82	0.8444	TOTAL
34.31	0.9907	TOTAL
15.69	0.7064	TOTAL
26.47	0.8710	TOTAL
25.16	0.8510	TOTAL
16.34	0.7268	TOTAL
12.75	0.6823	TOTAL
15.36	0.7013	TOTAL
15.36	0.7013	TOTAL
15.36	0.7147	TOTAL
20.59	0.7812	TOTAL
15.36	0.7147	TOTAL
17.97	0.747	TOTAL
16.67	0.7214	TOTAL
19.28	0.7612	TOTAL
22.55	0.8111	TOTAL
17.97	0.747	TOTAL
16.01	0.7227	TOTAL
14.05	0.6984	TOTAL
21.90	0.8012	TOTAL
12.42	0.6782	TOTAL
37.91	1.0613	TOTAL
43.79	1.1626	TOTAL
49.02	1.2801	TOTAL
27.78	0.8687	TOTAL
15.36	0.7147	TOTAL
20.59	0.7795	TOTAL
16.67	0.7309	TOTAL

9.48	0.6418	TOTAL
16.01	0.7227	TOTAL
14.71	0.7066	TOTAL
41.50	1.1232	TOTAL

<b>SISMO "a = 0.32g"</b>		
<b>Iv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
49.67	1.2933	TOTAL
18.63	0.7552	TOTAL
25.49	0.856	TOTAL
17.32	0.7313	TOTAL
16.99	0.7349	TOTAL
19.93	0.7711	TOTAL
41.50	1.1277	TOTAL
12.75	0.6823	TOTAL
15.36	0.7147	TOTAL
33.99	0.9858	TOTAL
42.16	1.1345	TOTAL
22.88	0.8162	TOTAL
12.09	0.6741	TOTAL
17.65	0.7431	TOTAL
15.36	0.7147	TOTAL
6.86	0.6093	TOTAL
6.54	0.6053	TOTAL
15.36	0.7147	TOTAL
4.90	0.5850	TOTAL
24.51	0.8411	TOTAL
12.42	0.6782	TOTAL
18.63	0.7552	TOTAL
9.80	0.6457	TOTAL
9.80	0.6457	TOTAL
13.07	0.6863	TOTAL
32.35	0.9654	TOTAL
18.30	0.7511	TOTAL
34.64	1.0049	TOTAL
9.80	0.6457	TOTAL
33.99	0.9937	TOTAL
22.22	0.8061	TOTAL
25.49	0.8471	TOTAL
17.65	0.7431	TOTAL
10.46	0.6539	TOTAL
10.78	0.6579	TOTAL
10.78	0.6579	TOTAL
18.30	0.7511	TOTAL
15.69	0.7188	TOTAL
18.95	0.7592	TOTAL

20.26	0.7754	TOTAL
24.51	0.8411	TOTAL

<b>SISMO "a = 0.32g"</b>		
<b>lv(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
48.37	1.2670	TOTAL
26.14	0.8554	TOTAL
24.51	0.8411	TOTAL
30.72	0.9373	TOTAL
39.54	1.0706	TOTAL
42.48	1.1476	TOTAL
19.28	0.7612	TOTAL
3.92	0.5728	TOTAL
3.27	0.5647	TOTAL
11.44	0.6661	TOTAL
13.07	0.6863	TOTAL
7.52	0.6174	TOTAL
21.57	0.7962	TOTAL
8.50	0.6296	TOTAL
23.20	0.8119	TOTAL
10.78	0.6579	TOTAL
28.43	0.9009	TOTAL
29.74	0.9204	TOTAL
21.57	0.7917	TOTAL
23.53	0.8160	TOTAL
27.45	0.8860	TOTAL
18.30	0.7462	TOTAL
26.80	0.8760	TOTAL
26.47	0.8640	TOTAL
17.65	0.7431	TOTAL
14.38	0.7025	TOTAL
9.48	0.6418	TOTAL
42.48	1.1476	TOTAL
28.76	0.9060	TOTAL
21.57	0.7796	TOTAL
9.48	0.6418	TOTAL
10.46	0.6539	TOTAL
12.75	0.6823	TOTAL
3.59	0.5687	TOTAL
12.09	0.6741	TOTAL
37.25	1.0499	TOTAL
20.59	0.7795	TOTAL
15.69	0.7188	TOTAL
28.43	0.9009	TOTAL
10.46	0.6539	TOTAL
8.82	0.6336	TOTAL

**Anexo 6**  
**ÍNDICES DE DAÑO PARA EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO**

<b>RESUMEN DE LA EVALUACION</b>					
<b>N° VIVIENDA</b>	<b>PARAMETRO</b>	<b>Iv(0-90)</b>	<b>Iv(0-1)</b>	<b>TIPO DE VULN</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	TODOS	47.5	0.5278	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
2	TODOS	39.75	0.4417	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
3	TODOS	26	0.2889	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
4	TODOS	11	0.1222	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
5	TODOS	24.5	0.2722	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
6	TODOS	20.5	0.2278	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
7	TODOS	11.75	0.1306	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
8	TODOS	55.25	0.6139	TIPO 2	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE DEVIL
9	TODOS	45.5	0.5056	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
10	TODOS	14	0.1556	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
11	TODOS	35	0.3889	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
12	TODOS	40.5	0.4500	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
13	TODOS	33	0.3667	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
14	TODOS	43	0.4778	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
15	TODOS	59.25	0.6583	TIPO 2	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE DEVIL
16	TODOS	46.75	0.5194	TIPO 2	CONSTRUCCIONES SISMICAMENTE DEVIL
17	TODOS	25.5	0.2833	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
18	TODOS	38.75	0.4306	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES
19	TODOS	50.25	0.5583	TIPO 3	CONSTRUCCIONES NORMALES

Índices de Daño para Edificaciones de Concreto Armado del distrito de San Miguel para intensidad VII.

<b>SISMO "MM=VII"</b>		
<b>IV(1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
0.53	0.4081	MODERADO
0.53	0.4024	MODERADO
0.44	0.2598	MODERADO
0.29	0.1167	MODERADO
0.12	0.0478	LIGERO
0.27	0.1068	MODERADO
0.23	0.0843	MODERADO
0.13	0.0500	MODERADO
0.61	0.6131	MODERADO
0.51	0.3599	MODERADO
0.16	0.0572	MODERADO
0.39	0.1976	MODERADO
0.45	0.2712	MODERADO
0.37	0.1759	MODERADO
0.48	0.3126	MODERADO
0.66	0.7551	MODERADO
0.52	0.3858	MODERADO
0.28	0.1133	MODERADO
0.43	0.2454	MODERADO
0.56	0.4681	MODERADO

Índices de Daño para Edificaciones de Concreto Armado del Distrito San Miguel para intensidad VIII.

<b>SISMO "MM=VIII"</b>		
<b>IV (0-1)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
0.53	0.8637	TOTAL
0.44	0.5783	MODERADO
0.29	0.2696	MODERADO
0.12	0.1126	MODERADO
0.27	0.2474	MODERADO
0.23	0.1964	MODERADO
0.13	0.1177	MODERADO
0.61	1.2502	TOTAL
0.51	0.7809	MODERADO
0.16	0.1344	MODERADO
0.39	0.4469	MODERADO

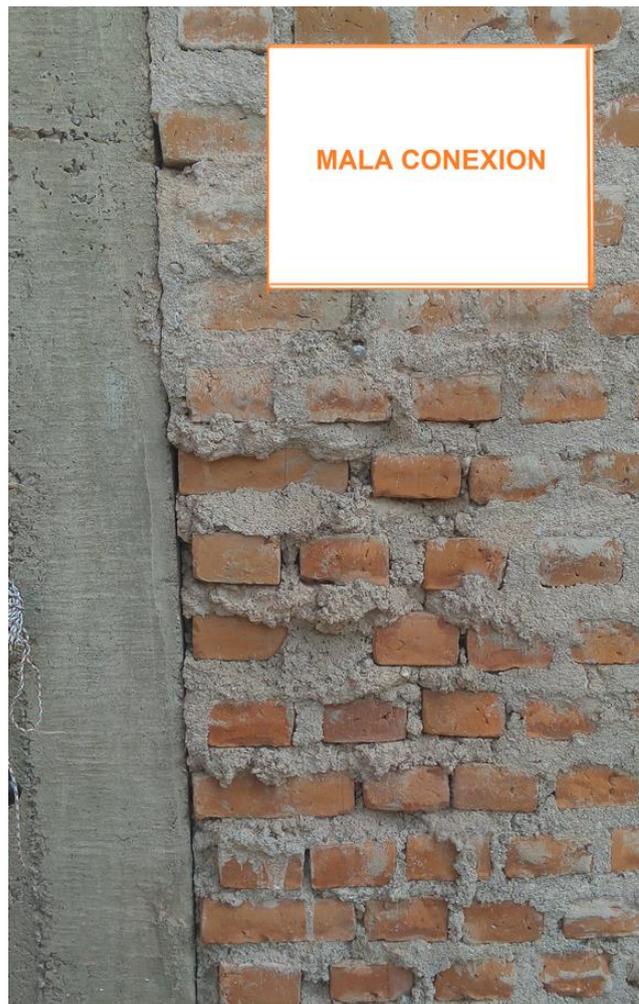
0.45	0.6017	MODERADO
0.37	0.4002	MODERADO
0.48	0.6864	MODERADO
0.66	1.4898	TOTAL
0.52	0.8316	TOTAL
0.28	0.262	MODERADO
0.43	0.5481	MODERADO
0.56	0.9886	TOTAL

Índices de Daño para Edificaciones de Concreto Armado del Distrito de San Miguel para intensidad IX.

<b>SISMO "MM=IX"</b>		
<b>Iv (1-100)</b>	<b>INDICE DE DAÑO</b>	<b>RANGO</b>
0.53	1.6627	TOTAL
0.44	1.1891	TOTAL
0.29	0.5986	TOTAL
0.12	0.2605	SEVERO
0.27	0.5524	TOTAL
0.23	0.4445	MODERADO
0.13	0.2720	MODERADO
0.61	2.2152	TOTAL
0.51	1.5316	TOTAL
0.16	0.3091	SEVERO
0.39	0.9488	TOTAL
0.45	1.2305	TOTAL
0.37	0.8595	TOTAL
0.48	1.3759	TOTAL
0.66	2.5156	TOTAL
0.52	1.6124	TOTAL
0.28	0.5827	TOTAL
0.43	1.1353	TOTAL
0.56	1.8514	TOTAL

## Anexo 7 PANEL FOTOFRAFICO

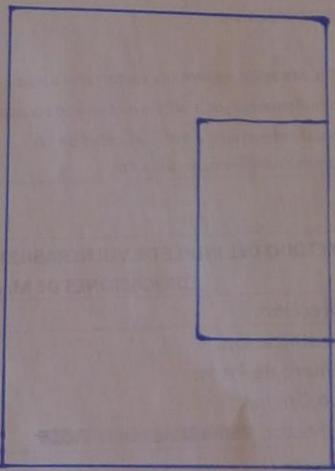




## **Anexo 7 FICHA DE LEVANTAMIENTO**

### **FICHA DE LEVANTAMIENTO DE MAMPOSTERIA NO REFORZADA**

Ficha de Levantamiento de información para viviendas de Mampostería No Reforzada.

METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD- FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION	
EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL	
Dirección: <b>Av. triunfo</b>	
Identificación:	Área construida en m <sup>2</sup> : <b>195</b>
Número de Pisos: <b>2</b>	Área de muros en m <sup>2</sup> : <b>18</b>
Uso Original: <b>Vivienda</b>	Año de Construcción: <b>1998</b>
Inspector:	Fecha de inspección: <b>27 de abril</b>
<b>01) ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE</b>	
A) Edificación construida de acuerdo a la norma sismoresistente. Presenta vigas y columnas de Confinamiento en todas las plantas.	
B) Presenta conexiones mediante vigas de amarre, presenta vigas y columnas de confinamiento pero No en todas las plantas.	
<input checked="" type="checkbox"/> Edificación en la cual no presenta vigas de amarre en todas sus plantas, presenta buena unión entre Paredes ortogonales resistentes.	
D) No presenta buena unión entre sus paredes, no Posee confinamiento en ninguna planta.	
<b>02) CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE</b>	
A) Todas las unidades de mampostería dentro del o a su medida de mampostería dentro del dimensiones constantes y correcta colocación.	<b>05) DIAFRAGMAS HORIZONTALES</b>
B) Todas las unidades de mampostería dentro del muro son del mismo tipo y de regular calidad, posee dimensiones constantes pero no correcta Colocación.	
<input checked="" type="checkbox"/> Existen 02 tipos de unidades de mampostería dentro del muro o menos del 50% de las unidades tienen dimensiones constantes e incorrecta Colocación.	
D) Existen 03 tipos de unidades o más dentro del muro o más del 50% de las unidades tienen dimensiones diferentes e incorrecta colocación.	
<b>04 POSICIÓN DEL EDIFICIO Y DE LA CIMENTACIÓN</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Edificación cimentada sobre terreno estable, con pendiente inferior al 10% y con todo el plano de	<b>06 CONFIGURACIÓN EN PLANTA</b>

Cimentación a una misma cota.

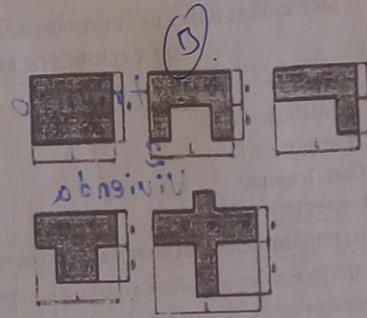
B) Edificación cimentada sobre roca o suelo blando,

la diferencia entre las cotas de las cimentaciones es inferior a 1m.

C) Edificación cimentada sobre terreno suelto o blando con pendiente entre el 20% - 30%, la diferencia entre las cotas de cimentación es inferior a 1m.

D) Edificación cimentada en terreno suelto con pendiente mayor a 30% o en terreno rocoso con pendiente mayor a 50%, la cota de las cimentaciones es superior a 1m.

$$\beta_1 = \frac{a}{l} \text{ y } \beta_2 = \frac{b}{l}$$



A) Presenta una forma adecuada de configuración en planta, posee una configuración convexa en planta

(sencilla).  $\beta_1 \geq 0.8 \text{ ó } \beta_2 \leq 0.1$

Presenta una forma adecuada de configuración en planta, posee una configuración cóncavo en planta

(compleja).  $0.6 \geq \beta_1 \geq 0.8 \text{ ó } 0.1 < \beta_2 \leq 0.2$

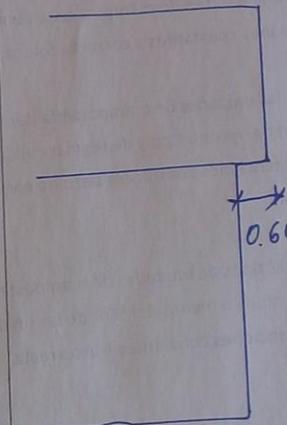
C) Presenta una forma inadecuada de configuración en planta, posee una configuración cóncavo en planta (compleja).  $0.4 \geq \beta_1 \geq 0.6 \text{ ó } 0.2 < \beta_2 \leq 0.3$

D) Presenta una forma inadecuada de configuración

en planta, posee una configuración cóncavo en planta (compleja).  $\beta_1 < 0.4 \text{ ó } \beta_2 < 0.3$

### 07) CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN

A) Edificación que presenta una elevación sencilla en



### 09) TIPO DE CUBIERTA

A) Losa de concreto armado plana con diseño sísmoresistente y apoyado sobre vigas de concreto armado. Provisto de viga cumbreira.

el plano vertical, presenta regularidad geométrica vertical.	<input checked="" type="checkbox"/> B) Losa de concreto armado plana sin: .. diseño sísmoresistente sin viga cumbreira pero bien conectado en los muros.
<input checked="" type="checkbox"/> B) Edificación que presenta una elevación sencilla en el plano vertical.	<input type="checkbox"/> C) Edificación con cubierta inestable de concreto armado provista de viga cumbreira o cubierta liviana con eternit.
C) Edificación que no presenta una elevación sencilla en el plano vertical.	<input type="checkbox"/> D) Edificación con cubierta inestable sin vigas cumbreira, cubierta pesada con teja de barro u otros.
D) Edificación que presenta una elevación compleja en el plano vertical e irregularidad geométrica en el plano vertical.	

08) SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS	10) ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES
<p>L= (espaciamento de muros transversales)</p> <p>S= (espesor del muro maestro)</p> <p>A) Estructura con valores de <math>US &lt; 15</math>.</p> <p>B) Estructura con valores de <math>15 \leq US &lt; 18</math>.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> C) Estructura con valores de <math>15 \leq US &lt; 25</math>.</p> <p>D) Estructura con valores de <math>L/S \geq 25</math></p> <p style="text-align: center;"><i>L = 3.5</i> <i>S = 0.15</i> <i>15 ≤ 23 &lt; 25</i></p>	<p>A) Edificio sin cornisa, parapetos ni balcones.</p> <p>B) Edificio con cornisa bien conectada a la pared, sin parapetos ni balcones.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> C) Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal.</p> <p>D) Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, que pueden caer en caso de terremoto, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos con la estructura.</p>

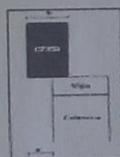
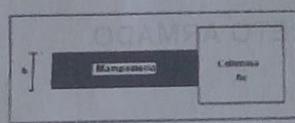
METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD- FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION	
EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL	
Dirección:	Área construida en m2:
Identificación:	Área de muros en m2:
Número de Pisos:	Año de Construcción:
Uso Original:	Fecha de Inspección:
Inspector: Vania Dalal Silva Picha	
11) ESTADO DE CONSERVACIÓN	
A) Muros en buenas condiciones sin fisuras visibles y homogéneo en toda la estructura.	
B) Muros que presentan fisuras leves, homogéneo en toda la estructura.	

C) Muros con fisuras visibles entre 2-3 mm. de ancho o que presentan un estado mediocre de conservación, los muros no son homogéneos en toda la estructura.

~~D) Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o fisuras de más de 3 mm. de ancho, los muros no son homogéneos en toda la estructura.~~

## FICHA DE LEVANTAMIENTO DE CONCRETO ARMADO

Ficha de Levantamiento de información para viviendas de Concreto Armado

METODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD- FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO	
Dirección:	
Identificación:	Área construida en m2:
Número de Pisos:	Área de muros en m2:
Uso Original:	Año de Construcción:
Inspector:	Fecha de Inspección:
<p><b>A)</b> Si el sistema resistente principal está compuesto por muros de corte o mampostería armada o bien pórtico mixto y además cumpla con:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><math>m \times n \leq 0.3 \times L \times d</math> <math>L / b \leq 20</math>, b=ancho de la mampostería</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><math>s \leq 0.2 \times b</math></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><math>Ac \geq 25 \times b</math></p> </div> </div>	
<p><input checked="" type="checkbox"/> Conformada por vigas y columnas de concreto armado, sin muros de corte que cumplen:</p> <div style="text-align: center;"> <p><math>m \times n \leq 0.6 \times L \times d</math> <math>L / b \leq 30</math> <math>s \leq 0.3 \times b</math> <math>Ac \geq 20 \times b</math></p> </div>	
<p><b>C)</b> Edificación que no clasifique como B.</p>	
<p><b>02) CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE</b></p> <p><b>A)</b> Si presenta las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.El concreto es consistente, duro al rayado y se encuentra bien ejecutado.</li> <li>.No debe existir zonas de "hormiguero" debido a una vibración del concreto en su colocación.</li> <li>.Las barras de acero son corrugadas y no se encuentran visibles en los elementos estructurales.</li> <li>.La mampostería esta conformada por elementos compactos y el mortero utilizado para su unión no se hace migas fácilmente y es de buena calidad.</li> </ul> <p><b>B)</b> Es una edificación que no pertenece a la clase "A" ni a la clase "C".</p>	
<p>.Las juntas de construcción están mal ejecutadas.</p> <p>.La mampostería es de mala calidad.</p> <p>.La construcción de los elementos estructurales, vigas, columnas, losas, gradas, etc. son de mala calidad.</p>	
<p><b>04) POSICIÓN DEL EDIFICIO Y CIMENTACIÓN</b></p> <p><b>A)</b> La edificación se encuentra sobre suelo duro y en una topografía plana es lo más seguro posible o si se encuentra en pendiente menor al 15%, también si se encuentra en terreno rocoso con pendiente menor al 30%.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Es una edificación que no pertenece a la clase "A" ni a la clase "C".</p> <p><b>C)</b> Edificación con cimentación insuficiente para cualquier tipo de terreno. Edificio sobre terreno de dureza intermedia (Suelos intermedios S2) con pendiente superior al 30% o bien sobre terreno rocosos con pendiente superior al 60%, también edificaciones que se encuentran cerca a colinas.</p>	
<p><b>05) LOSAS</b></p> <p><b>A)</b> Edificación con losas rígidas y bien conectadas a los elementos resistentes verticales. Por otra parte el área de aberturas de la losa será menor al 30% del área total en planta.</p> <p><b>B)</b> Es una edificación que no pertenece a la clase "A"</p>	

Edificaciones que presentan al menos 02 de las siguientes características.  
 .El concreto empleado es de baja calidad.  
 .Las varillas de acero son visibles, oxidadas o están eventualmente mal distribuidas.

ni a la clase "C".

Edificaciones con losas poco rígidas y mal conectadas a los elementos verticales.  
 Edificaciones con abertura de losas mayores al 50% del área de la planta.

**METODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD- FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION**  
**EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO**

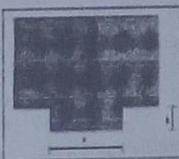
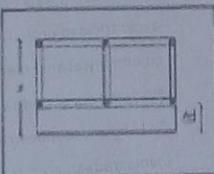
**06) CONFIGURACIÓN EN PLANTA**

Antes de clasificar se debe de evaluar los siguientes aspectos:



La relación entre  $\delta_1 = a/L$   
 Donde: a = lado menor  
 L = lado mayor  
 a y L son las longitudes del rectángulo que circunscribe a la edificación si es rectangular evaluar el lado menor entre el mayor.

La relación:  
 $\delta_2 = \Delta d/d$   
 Donde:  
 $\Delta d$  = longitud del voladizo.  
 $d$  = longitud total en la dirección del voladizo.



La relación:  
 $\delta_3 = c/b$   
 Donde:  
 c = longitud de la protuberancia.  
 b = ancho de la protuberancia.

**A)** Edificación con planta irregular que verifica uno de

- $\delta_1 > 0.4$
- $\delta_2 < 0.2$
- $\delta_3 > 0.5$

los siguientes requisitos:

Es una edificación que no pertenece a la clase "A" ni a la clase "C".

**C)** Edificación con planta irregular que verifica uno de

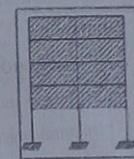
- $\delta_1 < 0.2$
- $\delta_2 > 0.4$
- $\delta_3 < 0.25$

los siguientes requisitos:

**07) CONFIGURACIÓN EN ELEVACION**

Existen tres aspectos básicos para la determinación de

**ii)** La variación del sistema resistente en altura, una variación del piso inferior menos rígido a más rígido en el piso superior penaliza notablemente la vulnerabilidad. Este es el caso del PISO BLANDO, en edificaciones en donde el primer piso tiene mayor altura que los pisos superiores por estar destinados a oficinas, etc. Son muy vulnerables las estructuras con piso blando.



**iii)** Este criterio toma en cuenta la distribución de la masa en altura. Lo ideal es que a medida que la edificación crezca en altura la distribución de las masas vaya disminuyendo. Puede darse el caso de que en los pisos superiores de una edificación se destina a bodegas

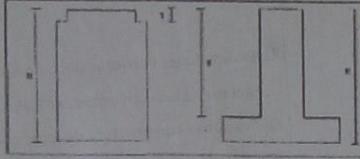
por lo que tendrá un mayor peso con el consiguiente incremento de peso.

Por otra parte la interrupción de elementos verticales provoca la mayor flexibilidad del piso, aumentándose los

problemas de estabilidad, pero sobre todo, como ya se ha dicho, una mayor acumulación de energía en el piso debido al cambio brusco de rigidez.

**A)** No hay variaciones significativas del sistema

este parámetro y son los siguientes:



i) La relación entre la longitud de una torre de altura "T" situada sobre la edificación y la altura total "H".

resistente entre dos plantas sucesivas, se observa

que el piso inferior es más fuerte que el piso superior en todas las plantas. Por otra parte la relación  $T/H < 0.1$  ó supera 0.9, pero además las masas va . decreciendo, no hay interrupción de columnas .

B) Es una edificación que no pertenece a la clase "A" ni a la clase "C".

### METODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD - FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO

Edificación con variación del sistema resistente, tanto en cuanto a organización como en calidad y tipo de los elementos resistentes. Hay aumentos de masa en altura superior al 20% y además se cumple:

$$0.1 \leq T/H \leq 0.3$$

$$0.7 \leq T/H \leq 0.9$$

Además pertenecen a esta categoría edificaciones con variaciones no significativas del sistema resistente pero donde:

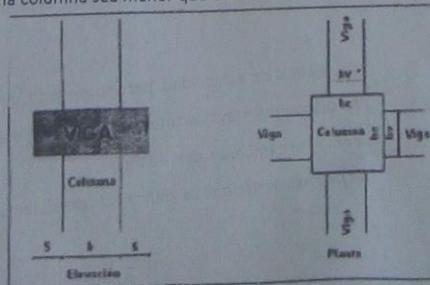
$$0.3 \leq T/H \leq 0.7$$

#### 08) CONEXIÓN CON ELEMENTOS CRITICOS

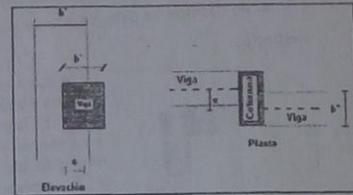
El proceso constructivo coincide con el análisis y cálculo estructural, que básicamente supone la existencia de un esqueleto monolítico formado por vigas y columnas. Esto se evalúa sencillamente fijándose en la geometría de las uniones viga - columna y además en los siguientes puntos:

- i) La relación  $\lambda_1 = s/b$ .  
 Donde:  $s$  = Long. del saliente de la viga sobre la columna.  
 $b$  = Ancho de la columna.

Si la viga es más ancha que la columna es vulnerable, lo ideal es que las vigas tengan menor dimensión que las columnas y concretamente que se cumpla  $b_v \leq 0.75 \times b_c$ , el espacio que hay entre el borde de la viga y el extremo de la columna sea menor que 10 cm.



142



ii) La relación  $\lambda_3 = e/b'$ , que relaciona la excentricidad entre los ejes adyacentes a una columna y el ancho de la viga en planta. Se debe evaluar para el nudo en que esta relación sea mayor. En la figura se muestra a la derecha las variables involucradas.

A) La conexión viga - columna es buena, cuando satisface las siguientes condiciones:

$$\lambda_1 < 0.2$$

$$\lambda_2 < 0.2$$

$$\lambda_3 < 0.3$$

Además deberá verificar que la dimensión de una columna sea mayor a 25 cm.

B) Calidad mediocre de unión viga - columna o

cuando no pertenece a la clase "A" ni a la clase C  
~~X~~ Calidad deficiente de la unión viga - columna y se verifique uno de los siguientes casos:

- .Mas del 70% de los elementos resistentes no satisfacen los requisitos de la clase "A".
- .Mas del 30% de los elementos de la unión viga - columna cumple con:

\*El ancho de viga es mayor que el de la columna en un 40%.

\*La excentricidad entre los ejes de la viga y columna supera el 30% del mínimo ancho

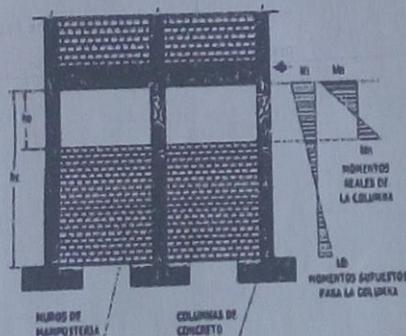
ii) La relación  $A_2 = e/b'$ , que relaciona la excentricidad entre los ejes de la viga y la columna con respecto al valor menor del ancho de la columna o del ancho de la viga. El valor  $A_2$  será el mayor valor que se tenga en una unión viga - columna. En la figura se muestra a la izquierda las variables involucradas.

de cualquiera de los elementos.  
 \*Los ejes de las vigas que lleguen al nudo, distan en planta más del 40% de la Dimensión transversal de la columna.  
 La dimensión mínima de una columna es menor a 20 cm.  
 Aparentemente no se puede evaluar ese parámetro para una losa plano o losa con vigas perdidas pero solo aparente ya que el ancho de las vigas de estas tipologías estructurales supera el ancho de columnas.

**MÉTODO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD - FICHA DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO**

**09) ELEMENTOS CON BAJA DUCTILIDAD**

Básicamente se refiere a la existencia de columnas cortas, que en varios sismos ha sido la falla más frecuente que se produce. Se puede ver un caso muy frecuente de columna corta que se presenta en diferentes estructuras con malos resultados después de un sismo, estos son elementos de elevada ductilidad.



También se presenta una estructura con elementos cortos a nivel de cubierta. Al ser columnas de elevada ductilidad.

**B)** En elementos de baja ductilidad (columnas cortas que se forman bajo las gradas).

$$L/4 \leq h \leq L/2$$

En elementos de elevada ductilidad como los indicados en las figuras son clase "B" si:

$$L/2 \leq h \leq 2L/3$$

**C)** Los elementos más cortos tiene altura menor o igual a la mitad de los otros elementos. Si hay un solo elemento con altura menor a  $2/3$  de la altura pero ese elemento es de elevada ductilidad.

Los elementos de baja ductilidad.

$$h \leq L/4$$

En elementos de elevada ductilidad:

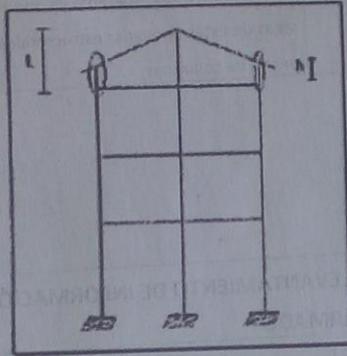
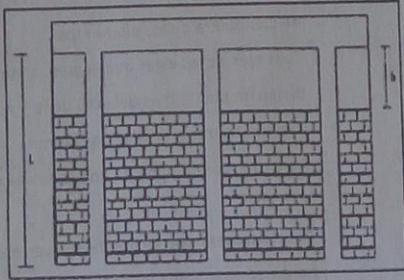
$$h \leq L/2$$

Si hay un solo elemento con altura menor a la

mitad de la altura pero es de elevada ductilidad.

**10) ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**

Aquí se siguen criterios de estabilidad que reduzca el riesgo de caída de estos elementos sobre los ocupantes de la edificación. Puede ser el caso de chimeneas, parapetos, balcones, etc.



Varias son las razones por las cuales el valor de la longitud libre de columnas se reduce considerablemente:

- .Confinamiento lateral de la columna por muros de diferentes tipos.
- .División de losas en niveles intermedios.
- .Ubicación del edificio en terrenos inclinados.

**A)** No tiene elementos cortos.

**A)** Los elementos externos a la estructura se encuentran bien anclados de manera eficiente. Los elementos internos son estables aunque no estén anclados.

**B)** Los elementos externos son estables pero con anclajes o conexiones poco fiables. Puede ser el caso de cornisas en las fachadas de las edificaciones.

**C)** Edificaciones cuyos elementos externos son inestables y no conectados o que no son clasificables dentro de las clases "A" o "B".

### 11) ESTADO DE CONSERVACIÓN

Con este parámetro se trata de dar importancia al estado "REAL" de la estructura, en contraposición con los modelos analíticos usuales.

**A)** Edificación cuyas columnas, vigas, losas y mampostería, no se encuentran fisuradas. No hay rajaduras en paredes que induzca a pensar en asentamientos del suelo. Se garantiza estabilidad bajo cargas sísmicas.

**B)** Es una edificación que no pertenece a la clase "A" ni a la clase "C".

**C)** Más del 30% de los elementos principales se encuentran fisurados. La losa tiene fisuras, se presentan daños en la cimentación.