

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**IMPLEMENTACIÓN DE BASES GEOESPACIALES PARA LA  
VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS DE CONCRETO  
ARMADO  
TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL  
PRESENTADO POR:**

BACH. HAROLD JESÚS ALBERTO PALACIOS CASTRO

BACH. KEVIN JORGE PÉREZ ELIAS

ASESOR: Dr. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

LIMA – PERÚ

AÑO: 2015

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo a Dios que me ha dado la vida y fortaleza para terminar este trabajo, a mis Padres por su apoyo en todo momento y por ser mis ejemplos de vida y en lo profesional, a mis hermanos menores que los quiero mucho; a mi Cheerleader D por motivarme, darme consejos y alentarme día a día durante todo el transcurso del presente trabajo.

**Kevin Pérez.**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo primero a Dios por haberme concedido la vida y permitirme llegar lograr este objetivo, a mis Padres y hermanas por su apoyo en todo momento, por sus consejos, sus valores, su comprensión, su ayuda, por la motivación constante que me han permitido ser una persona de bien, por enseñarme la perseverancia y el coraje de conseguir mis objetivos.

**Harold Palacios.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al finalizar el presente trabajo tan arduo y lleno de innumerables dificultades como es el desarrollo de la tesis es inevitable llenarnos de sentimientos encontrados por el esfuerzo realizado, para que este trabajo llegue a un feliz término. Por ello, es para nosotros un placer utilizar este espacio para ser justos y consecuentes y expresarles nuestros más sinceros agradecimientos por su aporte porque sin su ayuda hubiese sido casi imposible el desarrollo de este trabajo. Queremos comenzar agradeciendo a nuestro Señor Dios por bendecirnos y permitirnos llegar hasta donde hemos llegado, porque hiciste realidad este sueño.

A la universidad Ricardo Palma por darnos la oportunidad de estudiar, crecer como personas y como profesionales por aguardarnos e inculcarnos valores en las aulas y fuera de ellas. A nuestros profesores que con sus experiencias profesionales nos fueron motivando y aportando conocimientos durante toda la carrera para nuestra formación en la vida profesional.

Debemos agradecer de manera muy especial y sincera a nuestro asesor de tesis, el Dr. Miguel Estrada por aceptarnos a realizar esta tesis bajo su dirección y supervisión; por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado conducirnos por buen puerto y culminar este trabajo con éxito.

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>4</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática.	4
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema Principal	4
1.2.2. Problema secundario	4
1.3. Objetivo de la investigación	5
1.3.1. Objetivo principal	5
1.3.2. Objetivo secundario	5
1.4. Justificación de la investigación	5
1.5. Alcances de la investigación	5
1.6. Limitaciones de la investigación	6
1.7. Viabilidad de la investigación	6
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>8</b>
2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.1.1. En el ámbito nacional e internacional.	8
2.2. Bases teóricas	11

2.2.1.	Definiciones conceptuales	11
2.3.	Formulación de hipótesis	15
2.3.1.	Hipótesis general.	15
2.3.2.	Hipótesis Específicas.	15
2.3.3.	Variables.	15
2.3.4.	Definiciones conceptuales de las variables.	16
2.3.5.	Operacionalidad de variables (parámetros para la definición).	18
<b>CAPITULO III: MARCO CONCEPTUAL</b>		<b>19</b>
3.1.	Teoría de los sismos.	19
3.1.1.	Los Sismos:	19
3.1.1.	Las ondas símicas:	20
3.1.2.	Origen de los Sismos, Fuentes Principales	21
3.1.3.	Evolución de la Sismología	22
3.1.4.	Tipos de Análisis para un sismo.	24
3.2.	Metodología Hazus H-M	27
3.3.	Curva de Fragilidad	32
3.4.	Sistemas de Información Geográfico	34
3.4.1.	Que es un SIG	34
3.4.2.	Fundamentos Teóricos SIG	34

3.4.3.	Componentes de un SIG	35
3.4.4.	Ventajas o Fortalezas de los SIG	36
<b>CAPITULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO</b>		<b>38</b>
4.1.	Tipo y nivel de investigación	38
4.2.	Diseño de la investigación	38
4.3.	Población y muestra (tipos)	38
4.3.1.	Población	38
4.3.2.	Muestra	39
4.4.	Técnica de recolección de datos	39
4.4.1.	Descripción de los instrumentos	40
4.4.2.	Validez y confiabilidad de los instrumentos	40
4.4.3.	Técnicas para el procedimiento y análisis de los datos	40
<b>CAPITULO V: CÁLCULO DE NIVELES DE DAÑO</b>		<b>41</b>
5.1.	Análisis Dinámico Tiempo Historia	41
5.2.	Modelado en el ETABS Nonlinear v9.7.4	43
5.2.1.	Definición de Materiales:	43
5.2.2.	Elementos Estructurales	45
5.2.3.	Cargas	45

5.2.4.	Combinaciones de Carga	46
5.2.5.	Acelerograma Tiempo Historia Sismo Kobe – Japón 1995	50
5.2.6.	Análisis Dinámico Lineal	52
5.3.	Edificio de 9 Pisos	53
5.3.1.	Ubicación y Terreno:	53
5.3.2.	Altura de la Edificación:	54
5.3.3.	Modelo Etabs:	54
5.3.4.	Deformación por Sismo	55
5.3.5.	Cálculos de derivas y nivel de daño	57
5.3.6.	Niveles de Daño en la Dirección del eje “X”	72
5.3.7.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”	74
5.3.8.	Curvas de Fragilidad	76
5.4.	Edificio de 5 Pisos	77
5.4.1.	Ubicación y Terreno:	77
5.4.2.	Altura de la Edificación:	77
5.4.3.	Modelo Etabs:	78
5.4.4.	Deformación por Sismo	79
5.4.5.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “X”	81
5.4.6.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”	83

5.4.7.	Curvas de Fragilidad	85
5.5.	Edificio 7 Pisos	86
5.5.1.	Ubicación y Terreno:	86
5.5.2.	Altura de la Edificación:	86
5.5.3.	Modelo Etabs:	87
5.5.4.	Deformación por Sismo	88
5.5.5.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “X”	90
5.5.6.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”	92
5.5.7.	Curvas de Fragilidad	94
5.6.	Edificio 8 Pisos	95
5.6.1.	Ubicación y Terreno:	95
5.6.2.	Altura de la Edificación:	95
5.6.3.	Modelo Etabs:	96
5.6.4.	Deformación por Sismo	97
5.6.5.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “X”	99
5.6.6.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”	101
5.6.7.	Curvas de Fragilidad	103
5.7.	Edificio 8 Pisos Azotea	104
5.7.1.	Ubicación y Terreno:	104

5.7.2.	Altura de la Edificación:	105
5.7.3.	Modelo Etabs:	105
5.7.4.	Deformación por Sismo	106
5.7.5.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “X”	109
5.7.6.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”	111
5.7.7.	Curvas de Fragilidad	113
5.8.	Edificio 14 Pisos	114
5.8.1.	Ubicación y Terreno:	114
5.8.2.	Altura de la Edificación:	114
5.8.3.	Modelo Etabs:	115
5.8.4.	Deformación por Sismo	116
5.8.5.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “X”	119
5.8.6.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”	121
5.8.7.	Curvas de Fragilidad	123
5.9.	Edificio 4 – 5 Pisos	124
5.9.1.	Ubicación y Terreno:	124
5.9.2.	Altura de la Edificación:	124
5.9.3.	Modelo Etabs:	125
5.9.4.	Deformación por Sismo	126

5.9.5.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “X”	128
5.9.6.	Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”	130
5.9.7.	Curvas de Fragilidad	132
5.10.	Plataforma SIG – ArcGIS	133
5.10.1.	Sistematización de la Información	133
5.10.2.	Ubicación de la muestra	134
5.10.3.	Clasificación por número de pisos	135
5.10.4.	Elaboración de la Base Datos	138
<b>CAPITULO VI: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>		<b>148</b>
6.1.	Análisis e Interpretación de Resultados	148
6.2.	Resultados de la Investigación	160
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>161</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>164</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		<b>165</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 01: Variable Independiente	18
Tabla 02: Variable Dependiente	18
Tabla 03: Correlación de la Aceleración máxima del suelo con las escalas de Mercalli y Richter	27
Tabla 04: Tipo de estructura de edificios de pórticos de concreto armado	28
Tabla 05: Niveles de diseño Hazus	28
Tabla 06: Clasificación de Zonas Sísmicas de UBC	29
Tabla 07: Guía para elegir el nivel de diseño de edificios típicos de Hazus	29
Tabla 08: Guía para elegir el nivel de diseño de edificios con características esenciales de HAZUS	30
Tabla 09: Valores de deriva para cada estado de daño y cada nivel de diseño de HAZUS, para edificios tipo C1M	30
Tabla 10: Valores de deriva para cada estado de daño y cada nivel de diseño de HAZUS, para edificios tipo C1H	31
Tabla 11: Tabla Hazus para C1M:	31
Tabla 12: Tabla Hazus para C1H:	31
Tabla 13: SOFTWARE SIG comerciales y libres	35
Tabla 14: Altura de entrepisos - Edificio 9 pisos.	54
Tabla 15: Respuesta de desplazamiento relativo (Deriva)	57
Tabla 16: Estado de daño leve Eje X – Edificio de 9 pisos	72
Tabla 17: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 9 pisos	72
Tabla 18: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 9 pisos	73
Tabla 19: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 9 pisos	73
Tabla 20: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 9 pisos	74
Tabla 21: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 9 pisos	74
Tabla 22: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 9 pisos	75
Tabla 23: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 9 pisos	75
Tabla 24: Altura de entrepisos - Edificio 5 pisos.	77

Tabla 25: Estado de daño leve Eje X – Edificio de 5 pisos	81
Tabla 26: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 5 pisos	81
Tabla 27: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 5 pisos	82
Tabla 28: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 5 pisos	82
Tabla 29: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 5 pisos	83
Tabla 30: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 5 pisos	83
Tabla 31: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 5 pisos	84
Tabla 32: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 5 pisos	84
Tabla 33: Altura de entrepisos – Edificio 7 pisos.	87
Tabla 34: Estado de daño Leve Eje X - Edificio de 7 pisos	90
Tabla 35: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 7 pisos	90
Tabla 36: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 7 pisos	91
Tabla 37: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 7 pisos	91
Tabla 38: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 7 pisos	92
Tabla 39: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 7 pisos	92
Tabla 40: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 7 pisos	93
Tabla 41: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 7 pisos	93
Tabla 42: Altura de entrepisos - Edificio 8 pisos	96
Tabla 43: Estado de daño leve Eje X – Edificio de 8 pisos	99
Tabla 44: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 8 pisos	99
Tabla 45: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 8 pisos	100
Tabla 46: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 8 pisos	100
Tabla 47: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 8 pisos	101
Tabla 48: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 8 pisos	101
Tabla 49: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 8 pisos	102
Tabla 50: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 8 pisos	102
Tabla 51: Altura de entrepisos - Edificio 8 pisos y azotea	105
Tabla 52: Estado de daño leve Eje X – Edificio de 8 pisos y azotea	109
Tabla 53: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 8 pisos y azotea	109

Tabla 54: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 8 pisos y azotea	110
Tabla 55: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 8 pisos y azotea	110
Tabla 56: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 8 pisos y azotea	111
Tabla 57: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 8 pisos y azotea	111
Tabla 58: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 8 pisos y azotea	112
Tabla 59: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 8 pisos y azotea	112
Tabla 60: Altura de entrepisos – Edificio de 14 pisos	114
Tabla 61: Estado de daño leve Eje X – Edificio de 14 pisos	119
Tabla 62: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 14 pisos	119
Tabla 63: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 14 pisos	120
Tabla 64: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 14 pisos	120
Tabla 65: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 14 pisos	121
Tabla 66: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 14 pisos	121
Tabla 67: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 14 pisos	122
Tabla 68: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 14 pisos	122
Tabla 69: Altura de entrepiso – Edificio de 4 y 5 pisos	125
Tabla 70: Estado de daño leve Eje X – Edificio de 4 y 5 pisos	128
Tabla 71: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 4 y 5 pisos	128
Tabla 72: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 4 y 5 pisos	129
Tabla 73: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 4 y 5 pisos	129
Tabla 74: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 4 y 5 pisos	130
Tabla 75: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 4 y 5 pisos	130
Tabla 76: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 4 y 5 pisos	131
Tabla 77: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 4 y 5 pisos	131

## INDICE DE FIGURAS

Figura 01: Interacción de la placa de Nazca con la Sudamericana	19
Figura 02: Ondas de cuerpo y ondas superficiales	21
Figura 03: Procedimiento de datos SIG	36
Figura 4: Sample size calculator for a proportion (absolute margin)	39
Figura 05: Aceleración 1995 – Japón Kobe EW	41
Figura 06: Acelerograma 1995 – Japón Kobe - NS	42
Figura 07: Análisis Tiempo - Historia	43
Figura 08: Propiedad de Materiales del acero	44
Figura 09: Propiedad de materiales del concreto	44
Figura 10: Elementos estructurales	45
Figura 11: Cargas aplicadas a la estructura	46
Figura 12: Combinación de cargas	46
Figura 13: Detalle de la combinación de carga 1	47
Figura 14: Detalle de la combinación de carga 2	47
Figura 15: Detalle de la combinación de carga 3	48
Figura 16: Detalle de la combinación de carga 4	48
Figura 17: Detalle de la combinación de carga 5	49
Figura 18: Envolvente de cargas	49
Figura 19: Servicio de cargas	50
Figura 20: Vista del sismo tiempo historia cargado	51
Figura 21: Dirección del sismo en el eje X e Y	51
Figura 22: análisis dinámico Lineal	52
Figura 23: Vista Real - Edificio de 9 pisos y 3 sótanos.	53
Figura 24: Modelamiento - Edificio de 9 pisos.	55
Figura 25: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 9 pisos	56
Figura 26: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 9 pisos	56
Figura 27: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 9 pisos	76
Figura 28: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 9 pisos	76

Figura 29: Vista Real - Edificio de 5 pisos	77
Figura 30: Modelamiento - Edificio de 5 pisos	78
Figura 31: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 5 pisos	79
Figura 32: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 5 pisos	80
Figura 33: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 5 pisos	85
Figura 34: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 5 pisos	85
Figura 35: Vista Real - Edificio de 7 pisos.	86
Figura 36: Modelamiento - Edificio de 7 pisos.	87
Figura 37: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 7 pisos	88
Figura 38: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 7 pisos	89
Figura 39: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 7 pisos	94
Figura 40: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 7 pisos	94
Figura 41: Vista Real - Edificio de 8 pisos.	95
Figura 42: Modelamiento - Edificio de 8 pisos.	96
Figura 43: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 8 pisos	97
Figura 44: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 8 pisos	98
Figura 45: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 8 pisos	103
Figura 46: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 8 pisos	103
Figura 47: Vista Real - Edificio de 8 pisos y azotea.	104
Figura 48: Modelamiento - Edificio de 8 pisos y azotea.	106
Figura 49: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 8 pisos y azotea	107
Figura 50: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 8 pisos y azotea	108
Figura 51: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 8 pisos y azotea	113
Figura 52: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 8 pisos y azotea	113
Figura 53: Vista Real - Edificio de 14 pisos.	114
Figura 54: Modelamiento - Edificio de 14 pisos.	116
Figura 55: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 14 pisos	117
Figura 56: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 14 pisos	118
Figura 57: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 14 pisos	123

Figura 58: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 14 pisos	123
Figura 59: Vista Real - Edificio de 4 y 5 pisos.	124
Figura 60: Modelamiento - Edificio de 4 y 5 pisos.	125
Figura 61: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 4 y 5 pisos	126
Figura 62: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 4 y 5 pisos	127
Figura 63: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 4 y 5 pisos	132
Figura 64: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 4 y 5 pisos	132
Figura 65: Identificación de la muestra	134
Figura 66: Clasificación de la muestra por pisos – parte 1	135
Figura 67: Clasificación de la muestra por pisos – parte 2	136
Figura 68: Clasificación de la muestra por pisos – parte 3	137
Figura 69: Clasificación de la muestra por pisos – parte 4	138
Figura 70: Ecuaciones generadas a partir de las Líneas de Tendencia	139
Figura 71: Fórmula de cálculo de daño leve para 14, 9 y 8 pisos	140
Figura 72: Fórmula de cálculo de daño leve para 7, 5 y 4 pisos	141
Figura 73: Fórmula de cálculo de daño moderado para 14, 9 y 8 pisos	142
Figura 74: Fórmula de cálculo de daño moderado para 7, 5 y 4 pisos	143
Figura 75: Fórmula de cálculo de daño severo para 14, 9 y 8 pisos	144
Figura 76: Fórmula de cálculo de daño severo para 7, 5 y 4 pisos	145
Figura 77: Fórmula de cálculo de daño completo para 14, 9 y 8 pisos	146
Figura 78: Fórmula de cálculo de daño completo para 7, 5 y 4 pisos	147
Figura 79: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.20g_Leve	148
Figura 80: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.40g_Leve	149
Figura 81: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.60g_Leve	150
Figura 82: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.80g_Leve	150
Figura 83: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.20g_Moderado	151
Figura 84: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.40g_Moderado	152
Figura 85: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.60g_Moderado	152
Figura 86: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.80g_Moderado	153

Figura 87: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.20g_Severo	154
Figura 88: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.40g_Severo	155
Figura 89: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.60g_Severo	156
Figura 90: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.80g_Severo	157
Figura 91: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.20g_Completo	158
Figura 92: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.40g_Completo	158
Figura 93: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.60g_Completo	159
Figura 94: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.80g_Completo	160

## ANEXO

ANEXO 01: Matriz de Consistencia	167
ANEXO 02: Escenario Número de Pisos Máximos por Manzana	168
ANEXO 03: Mapa de Número de Pobladores por Manzana	169
ANEXO 04: Mapa de Número de Viviendas por Manzana	170
ANEXO 05: Escenario PGA 0.20g – Daño Leve	171
ANEXO 06: Escenario PGA 0.40g – Daño Leve	172
ANEXO 07: Escenario PGA 0.60g – Daño Leve	173
ANEXO 08: Escenario PGA 0.80g – Daño Leve	174
ANEXO 09: Escenario PGA 0.20g – Daño Moderado	175
ANEXO 10: Escenario PGA 0.40g – Daño Moderado	176
ANEXO 11: Escenario PGA 0.60g – Daño Moderado	177
ANEXO 12: Escenario PGA 0.80g – Daño Moderado	178
ANEXO 13: Escenario PGA 0.20g – Daño Severo	179
ANEXO 14: Escenario PGA 0.40g – Daño Severo	180
ANEXO 15: Escenario PGA 0.60g – Daño Severo	181
ANEXO 16: Escenario PGA 0.80g – Daño Severo	182
ANEXO 17: Escenario PGA 0.20g – Daño Completo	183
ANEXO 18: Escenario PGA 0.40g – Daño Completo	184
ANEXO 19: Escenario PGA 0.60g – Daño Completo	185
ANEXO 20: Escenario PGA 0.80g – Daño Completo	186
ANEXO 21: Modelo 3D – ArcGis 10.3	187
ANEXO 22: Planos Estructurales y Solicitudes Municipales	188

## **RESUMEN**

Nuestro país se encuentra ubicado en una zona de alta actividad sísmica, por ello es importante que los ingenieros civiles tengan una adecuada capacidad para realizar análisis de vulnerabilidad sísmica y comprendan la importancia de la prevención. En la presente tesis analizamos los diferentes escenarios de daño sísmico para edificios de concreto armado organizados por tipología de número de pisos.

Para el desarrollo de la presente investigación utilizamos dos Software, el primer software de simulación sísmica, en el cual modelamos la muestra de edificaciones de concreto armado que representan el distrito de Santiago de Surco, para luego analizarlo con un sismo de tiempo historia que simula varias magnitudes del mismo sismo amplificado con aceleraciones del suelo que varían de 0.1g a 1.0g, con el objetivo de obtener cada vez mayores desplazamientos, y de esa manera mayores niveles de daño mediante la metodología Hazus M-H. Luego estos valores expresarlos en cuadros de curvas de fragilidad sísmica con cuatro tipos de niveles de daño. El Segundo Software que utilizamos es el Sistema de Información Geográfica (SIG), con este programa sistematizamos los datos obtenido de la curva de fragilidad para mostrar mapas de niveles de daño para distintos escenarios sísmicos que muestren el comportamiento de los edificios al ocurrir un evento sísmico.<sup>1</sup>

---

### **PALABRAS CLAVES**

Vulnerabilidad, sísmica, sismo, tiempo historia, aceleración, fragilidad, mapas, geoespacial, plataforma.

## **ABSTRACT**

Our country is located in a zone of high seismic activity, it is important that civil engineers have adequate capacity for analysis of seismic vulnerability and understand the importance of prevention. In this thesis we analyze the different scenarios of seismic damage to reinforced concrete buildings organized by type of number of floors.

For the development of this research we use two software, the first seismic simulation software, which model the sample of reinforced concrete buildings representing Santiago de Surco, and then scan it with an earthquake simulating various weather history amplified earthquake magnitudes thereof with ground accelerations ranging from 1.0g 0.1ga, in order to obtain increasing displacement, and thus higher levels of damage by HAZUS MH methodology. Then these values express them in boxes seismic fragility curves with four types of damage levels. The second software we use is the Geographic Information System (GIS), with this program systematize data obtained fragility curve to display maps for different levels of damage scenarios showing the seismic performance of buildings to a seismic event occur.

## **KEYWORDS**

Vulnerability, seismic, earthquake, time history, acceleration, fragility, maps, geospatial, platform.

## INTRODUCCIÓN

El Perú está ubicado sobre el borde occidental de América del Sur, donde se desarrolla el proceso de subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana generando frecuentemente terremotos de magnitud elevada y caracterizando a esta región como una de las regiones sísmicamente más activas en el mundo; y teniendo en consideración los antecedentes históricos que evidencian un balance negativo en el comportamiento sísmico de las edificaciones y los daños producidos por ello, atentando contra la vida de los seres humanos, además de daños a elementos estructurales y daños a elementos no estructurales, inclusive ante la acción de sismos moderados, sumado a esto el tiempo y el costo que implica el análisis sísmico de diversos tipos de edificación que se construirán o ya estén construidos en el país utilizando la normativa sísmica vigente; crea la necesidad de evaluar la vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones para lo cual generaremos mapas de vulnerabilidad sísmica con el fin de reducir de manera considerable las pérdidas producidas por el sismo tanto humanas como materiales. Por esta razón, es indispensable contar investigaciones dirigidas a estimar la vulnerabilidad de las edificaciones en el Perú, para prevenir daños y pérdidas producidas por los sismos.

Este Trabajo lo estructuramos en (8) capítulos que se describen a continuación:

En el Capítulo I, Planteamiento del Problema, Especificamos las razones por la cuales realizamos esta investigación asimismo mencionamos la formulación del problema, los objetivos, la justificación de la investigación, las limitaciones y la viabilidad entre las cuales desarrollamos la investigación.

En el Capítulo II, Marco Teórico, Presentamos las definiciones conceptuales necesarias para la comprensión del trabajo, comenzamos definiendo una reseña histórica de los sismos en el ámbito internacional como Nacional, conceptos de curva de fragilidad, sismo tiempo historia, además de la formulación de las hipótesis, presentación de las variables, definiciones y operacionalización de las variables.

En el Capítulo III, Marco Conceptual, Detallamos en el presente capítulo definiciones de la metodología Hazus MH, también de la plataforma SIG (sistema de información geográfica), necesarias para la realización de mapas de vulnerabilidad, además de ello también mencionamos componentes, ventajas y aplicaciones de los SIG.

En el Capítulo IV, Diseño metodológico, Detallamos la metodología utilizada para lograr las metas planteadas en la investigación, la población y muestreo de la tipología y etapas de la investigación. Las etapas consisten en: Selección de la tipología de edificios y la cantidad de modelos de edificios estudiados, luego procedemos con la operacionalización de variables recopilación que viene a ser la clasificación de la información de los datos censales y el mapa de surco proporcionado por el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) y los planos proporcionada por la Municipalidad Santiago de Surco, Posteriormente hacemos la Operacionalización de las variables y la Técnica para la recolección de las mismas.

En el Capítulo V, Cálculos de Vulnerabilidad. En este capítulo presentaremos los modelos matemáticos utilizados como las herramientas del programa ETABS 2015 para obtener los desplazamientos o las respuestas sísmicas de las distintas tipologías de las edificaciones utilizando un sismo tiempo historia, por otro lado realizamos el cálculo de la probabilidad de excedencia (daño) según la metodología de Hazus HM asociados a daño leve, moderado, severo y completo para que en conjunto logren obtener las curvas de fragilidad para posteriormente expresarlos en mapas de vulnerabilidad en el siguiente capítulo.

En el Capítulo VI, Presentación de resultados, exponemos los resultados obtenidos del análisis respectivo de la investigación, Entre los cuales tenemos mapa temático de materiales, mapa temático de uso, mapa temático de vulnerabilidad y de amenazas. Luego el análisis e interpretación de resultados de la investigación y contrastación de la hipótesis.

En el Capítulo VII, conclusiones y recomendaciones, a partir de los resultados y los análisis respectivos obtenidos durante la investigación concluimos el trabajo dando las conclusiones y recomendaciones para las edificaciones de concreto armado

En el Capítulo VIII, Fuentes de información, en este capítulo y para finalizar el presente trabajo hacemos referencia a las bibliografías y a las referencias electrónicas.

# **CAPITULO I: PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Descripción de la realidad problemática.**

En varios países del mundo con amenaza sísmica alta y moderada, de los edificios construidos a principios y mediados del siglo XX han sido y siguen siendo objeto de estudio e investigaciones orientados muchos de ellos a minimizar o reducir la vulnerabilidad sísmica. La enseñanza dejada por los sismos a lo largo de la historia y el significativo avance del conocimiento y la tecnología en el área de la ingeniería sísmo resistente, revela la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, aun cuando estas mismas edificaciones hayan sido diseñadas cumpliendo con la norma de vigente para la época. Así lo confirman las consecuencias que algunos sismos históricos han causado en distintas partes del mundo.

Nuestro país se encuentra ubicado en una zona de alta actividad sísmica, por ello es importante que los ingenieros civiles tengan una adecuada capacidad para realizar análisis de vulnerabilidad sísmica.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema Principal**

¿Cómo implementar bases geoespaciales para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificios de concreto armado?

### **1.2.2. Problema secundario**

¿Qué método utilizar para analizar la vulnerabilidad en los edificios de concreto armado frente a una amenaza sísmica?

¿Qué herramientas utilizar para la simulación, análisis y generación de mapas de los edificios de concreto armado?

¿Cómo elaborar los de mapas de vulnerabilidad sísmica en bases geoespaciales?

### **1.3. Objetivo de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo principal**

Implementar Bases Geoespaciales a través de información recopilada, procesada, integrada y sistematizada de la vulnerabilidad sísmica de edificios de concreto armado con la finalidad de visualizar los datos en mapas georeferenciados en el distrito de Santiago de Surco.

#### **1.3.2. Objetivo secundario**

Analizar la vulnerabilidad de los edificios de concreto armado utilizando un método de evaluación sísmica

Utilizamos para la simulación, análisis y generación de los mapas, los programas de análisis estructural y la plataforma SIG.

Elaborar una plataforma de análisis geoespacial basada en mapas que presenten la vulnerabilidad sísmica.

### **1.4. Justificación de la investigación**

La presente investigación, busca realizar la evaluación de la vulnerabilidad de edificios de concreto armado y la sistematización y procesamiento de toda esta información en una base de datos geoespaciales, realizando varios mapas de vulnerabilidad sísmica en el distrito de Santiago de Surco con la finalidad de reducir de manera considerable las pérdidas por sismo tanto humanas como materiales.

Por eso necesario realizar estudios que implementen procedimientos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica en los edificios de concreto armado, con el objetivo de establecer bases para el desarrollo de planes de prevención y mitigación de desastres.

### **1.5. Alcances de la investigación**

Los datos obtenidos de campo planos y censo han sido tomados de los conjuntos residenciales y condominios de Santiago de Surco, urbanización de valle Hermoso de Monterrico y casuarinas del Sur, los cuales permitirán realizar el análisis de vulnerabilidad de edificios de concreto armado; los

datos obtenidos podremos tener en cuenta para proyectos de similares características al edificio de estudio.

El tema de estudio de vulnerabilidad sísmica de edificios de concreto armado para la implementación de bases geoespaciales, está enfocado en la prevención y respuesta ante un desastre sísmico, el cual está relacionado directamente con otras áreas como el diseño sísmico de edificaciones; las cuales desarrollaremos utilizando normas y reglamentos de diseño para complementar y continuar con el desarrollo de la implementación de bases geoespaciales.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

El presente proyecto de investigación fue necesario delimitar nuestro campo de acción para poder de esa forma hacer un análisis más detallado y preciso, una de las más importantes es la de no poder representar las deformaciones reales de los edificios de concreto armado porque lo que buscamos es tratar de evitar, minimizar y controlar los niveles de daño producidos por estos sismos para lo cual utilizaremos software de simulación sísmica. Además de ello la investigación también la limitamos por la ubicación en el Distrito de Santiago de Surco, por el tipo de uso, multifamiliares; según el tipo material, de concreto armado; con una variación en el número de pisos y la magnitud del sino para luego expresarlo en mapas de vulnerabilidad sísmica en bases geoespaciales.

#### **1.7. Viabilidad de la investigación**

El presente proyecto reúne las condiciones necesarias para realizarse o llevarse a cabo generando de ese modo la factibilidad del estudio en mención, contamos con los recursos financieros para los gastos de la investigación como por ejemplo los gastos de oficina y escritorio además del material de impresión y copias, también contamos con el apoyo del recurso humanos que es nuestro asesor ingeniero Miguel Estrada y metodólogo Carlos Chavarri de la universidad Ricardo Palma, por su

colaboración desinteresada e incondicional, asimismo de su apoyo para utilizar los laboratorios de la universidad, el recurso de la información como es el caso de los planos facilitado por la municipalidad de Santiago de Surco y también la información proporcionada por el INEI(Instituto Nacional de Estadística e Informática), por la base de datos censales y los mapas de Surco en formato Shape. Finalmente, por nuestro esfuerzo, compromiso y perseverancia para que hacer de esta tesis una realidad.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

#### **2.1.1. En el ámbito nacional e internacional.**

**Gallo, W. (2006).** Inspecciones Técnicas de Seguridad Estructural en Edificaciones de Concreto Armado. El objetivo de este trabajo es proveer criterios técnicos a los profesionales, que les permita evaluar e identificar los vicios estructurales y no estructurales de las edificaciones de concreto armado, asimismo poder diagnosticar el potencial de riesgo sísmico. Para ello utilizamos el método de evaluación sísmica conocido internacionalmente como ATC-21 “Inspección Visual Rápida”, desarrollado por “NACIONAL EARTHQUAKE HAZARDS REDUCCIÓN PROGRAM” (NEHRP), Estados Unidos. Este método está basado en una inspección visual rápida de los elementos estructurales y no estructurales más importantes de una edificación, recurriendo para ello a documentos de diseño y construcción, y a las normas técnicas vigentes, principalmente a la norma sismo resistente. Finalmente, el método ATC-21 propuesto, presenta una guía para la ejecución de inspecciones técnicas de seguridad estructural en edificaciones de concreto armado, el cual permitirá, si se aplica a través de las Inspecciones Técnicas de Seguridad en Defensa Civil, conocer la vulnerabilidad sísmica de edificaciones públicas a fin de tomar las acciones correctivas en salvaguarda de la vida humana.

En el contenido de Gallo, W. se indica acerca de las inspecciones estructurales utilizando el método de evaluación sísmica ATC-21 que se basa en una inspección visual rápida de elementos estructurales y no estructurales siguiendo las indicaciones de normas y reglamentos de construcción.

**Vizconde, A. (2004).** Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un edificio existente Clínica San Miguel - Piura. El objetivo primordial del presente trabajo es descubrir, en el edificio de la Clínica San Miguel, aquellos puntos débiles que fallarían al ocurrir un evento sísmico para posteriormente proceder a una intervención estructural. En la evaluación de un edificio existente el objetivo es determinar cómo éste responderá realmente a unas fuerzas ya dadas. Se trabaja con las propiedades reales del material, las cargas reales sin amplificarlas, el modelo lo más exacto posible y se analiza cómo serán realmente la interacción de elementos estructurales con los no estructurales y viceversa en el comportamiento sísmico del edificio.

Para este estudio se aplicaron unos métodos como el FEMA 154 (ATC 21), el FEMA 310 (ATC 22), además de la evaluación no estructural de equipos y demás elementos no estructurales. Con el primer método identifiqué aquel edificio que es más vulnerable y con el segundo, lo evalué de una manera más detallada. Los resultados se expresan en tablas donde se compara la resistencia del elemento con la demanda que le impone el sismo. En las conclusiones se expresa la necesidad de dar mayor ductilidad a los muros de albañilería o tabiques por absorber, debido a su rigidez, gran parte de carga sísmica lateral. Además, se detectan otros elementos, ya sea columnas o vigas que fallarían ante un sismo. **Vizconde, A. (2004).**

En el contenido de Vizconde, A. se indica que para la evaluación de vulnerabilidad de un edificio existente Clínica San Miguel – Piura se utilizaron dos métodos (ATC-21 y ATC-22) ya que su objetivo es identificar las fallas estructurales para luego ser intervenidos estructuralmente.

**Radilla, F. (2008).** Modelado de datos espaciales. Caso estudio: sistemas de información geográfica. En el proceso de desarrollo de

software existen diversas tareas como la especiación de requerimientos, el diseño, la programación y depuración. La falta de organización e integración de estas fases y los constantes cambios de los requerimientos afectan el proceso de software que conlleva a inconsistencias entre la transición de una fase a otra y retrasos en la finalización de un producto de software. Por otro lado, la falta de una metodología para el diseño de sistemas que consideren el manejo de datos complejos (ejemplo. sistemas de información geográfica, sistemas de información ambiental, biología) aumenta el dominio del problema.

Para reducir la problemática mencionada, en esta tesis desarrollamos una herramienta de modelado de datos con el objetivo de diseñar sistemas e integrar las fases de desarrollo de los mismos, de tal manera que sea posible agilizar y automatizar las tareas que engloban la creación de sistemas.

Se considera como caso de estudio el diseño de un modelo de datos para un Sistema de Información Geográfica (SIG). La herramienta permite crear tres tipos de modelos (base de datos, interfaz de usuario, comportamiento de manera gráfica y son traducidos en documentos XML para su posterior uso.

La principal contribución de nuestro trabajo consiste en proporcionar una metodología integrada en una herramienta para el desarrollo de modelos de datos de sistemas que manejen datos complejos (SIGs). Un aspecto importante en el desarrollo de este trabajo es el uso de tecnologías y herramientas de software de distribución gratuita para el desarrollo de aplicaciones con el propósito de aprovechar los beneficios que ofrece el uso de este tipo de software como: reducción del costo, calidad, desempeño y seguridad. Finalmente, la aplicación de estándares para datos geográficos permite seguir una norma

respecto a la representación de la información geográfica para poder inter operar con otros sistemas que manejen datos geográficos.

**Radilla, F. (2008).**

En el contenido de Radilla, F. (2008). Se indica que debido a la problemática de la información masiva y la falta de organización se ha desarrollado una herramienta de modelado de datos para agilizar y automatizar tareas que engloban a la creación de sistemas.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Definiciones conceptuales**

Aceleración de Suelo: La aceleración de suelo es una medida utilizada en sismos de gran magnitud que consisten en medir las vibraciones que sufre la superficie terrestre. Se puede expresar en función de la gravedad, ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ).

Acelerograma: Es una representación temporal de la aceleración que experimenta el suelo en un determinado punto durante un terremoto o evento sísmico.

Acelerógrafo: Llamado también acelerómetro, es un instrumento que registra las aceleraciones del suelo en función del tiempo. Se utiliza para detectar movimientos sísmicos destructivos o de gran magnitud.

Análisis de riesgo: Uso de la información disponible para estimar el riesgo debido a amenazas sobre individuos o poblaciones, la propiedad o el medio ambiente. Descomposición o desintegración de las fuentes de riesgo en sus componentes fundamentales. Puede ser cualitativo o cuantitativo, o una combinación de ambas.

Amenaza Sísmica: Probabilidad de que un peligro particular ocurra dentro de un periodo de tiempo dado. También se define como probabilidad de ocurrencia de un evento capaz de producir daño en un espacio e intervalo de tiempo determinados.

Bases Geoespaciales: Como tecnología geoespacial se conoce a la utilización de sistemas informáticos para el soporte y manejo de información con componente espacial en el sentido geográfico.

Control del riesgo: Implementación y solicitud de acciones para controlar el riesgo y la periódica re-evaluación de la efectividad de estas acciones.

Consecuencias: En relación con el análisis de riesgo, es el resultado de que la amenaza se materialice.

Datos Espaciales: Un modelo de datos geográfico es una abstracción del mundo real que emplea un conjunto de objetos dato, para soportar el despliegue de mapas, consultas, edición y análisis.

Deriva: Son los desplazamientos relativos o desplazamientos de entepiso que sufre una estructura al ser sometida a fuerzas externas

Diafragma Rígido: Un diafragma rígido es el que se considera que solo se desplaza en dos direcciones que son las de sus dimensiones grandes en el caso de diafragmas horizontales y tiene una rotación sobre la otra dirección.

Ductilidad Limitada: Se conoce como ductilidad a la propiedad de aquellos materiales que, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sin llegar a romperse.

Edificaciones Esenciales: Son edificios esenciales aquellos establecimientos de salud, como hospitales, institutos o similares cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como hospitales, clínicas, puertos, aeropuertos, estación de bomberos, cuarteles de fuerza, instalaciones de generación de energía, bancos e inclusive a aquellos lugares que pueden ser utilizados como refugios después de ocurrido un evento sísmico. (NTP E030, 2004).

Edificaciones Importantes: Son aquellos edificios donde se reúnen una considerable cantidad de personas como por ejemplo los colegios (NTP E030, 2004).

Edificaciones Comunes: La norma de diseño sismo resistente define a los edificios comunes como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes. (NTP E030, 2004).

Edificaciones Temporales: Son aquellos edificios donde se reúnen Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares. (NTP E030, 2004).

Elementos Finitos: El método de los elementos finitos (MEF en castellano o FEM en inglés) es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería y física.

Elementos en riesgo: Población, edificios, trabajos de ingeniería, infraestructura, medio ambiente y actividades económicas en el área afectada por la amenaza.

Epicentro: Etimológicamente la palabra epicentro se divide en 2 partes, “epi” que significa superficie. Por lo tanto, podemos definir al epicentro como centro superficial del área de perturbación de un evento sísmico o también como la proyección del hipocentro sobre la superficie de la tierra.

Intensidad de un sismo: Estima de manera subjetiva la violencia con que se siente un sismo en diversos puntos de la zona afectada. Sus unidades de medida son a de “Intensidad Mercalli Modificada”.

Magnitud de un sismo: La Magnitud mide la energía liberada en el hipocentro del sismo, que es el lugar donde se produce el choque de las placas o la ruptura de ellas. Esta se mide con instrumentos especializados que, donde estén ubicados registrarán el mismo rango

de magnitud. Sus unidades de medida son “Magnitud Local” (o también llamada Richter)

Mitigación del riesgo: Aplicación selectiva de técnicas apropiadas y principios de manejo para reducir la posibilidad bien de la ocurrencia de un evento o de sus consecuencias desfavorables o ambas.

Peligro: Evento natural que puede conducir al daño, descrito en términos de sus características geométricas, mecánicas u otras. Puede ser uno existente o uno potencial. La caracterización del peligro no incluye pronósticos.

Hipocentro: El hipocentro también llamado foco. Es el punto exacto bajo la tierra donde se origina el sismo, es decir donde se libera la energía, que produce el terremoto.

Probabilidad: Medida del grado de certeza. Esta medida va entre cero (imposible) y uno (certeza). Estadísticamente hablando se refiere a la frecuencia o fracción de ocurrencia de un evento dado entre un universo de posibilidades. De manera subjetiva se asocia con el grado de confianza.

Probabilidad anual de ocurrencia: La probabilidad estimada de que un evento de una magnitud específica sea excedido en un año.

Probabilidad temporal (espacial): Probabilidad de que el elemento expuesto esté en el área afectada por la amenaza, en el momento de su ocurrencia.

Sismo Tiempo Historia: En este tipo de análisis deberá utilizarse un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histerético de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio. (NTP E030, 2004).

Sismógrafo: Instrumento utilizado para detectar desde sismos severos o de gran magnitud hasta pequeños movimientos sísmicos, estos se

utilizan para detectar los registros con gran precisión en tres dimensiones que son el desplazamiento, la velocidad de propagación y la aceleración del suelo.

Vulnerabilidad: La vulnerabilidad siempre estará determinada por el origen y tipo de evento, la geografía de la zona afectada, las características técnicas – constructiva de las estructuras existentes. Grado de pérdida o nivel de daño potencial de un elemento o conjunto de elementos en riesgo en el área afectada por la amenaza. Se expresa en términos de la probabilidad de daño (0) no hay daño y (1) pérdida total.

## **2.3. Formulación de hipótesis**

### **2.3.1. Hipótesis general.**

A través de la información recopilada se puede elaborar una base geoespacial y mediante el análisis de la información se podrá realizar mapas de vulnerabilidad de edificios de concreto armado.

### **2.3.2. Hipótesis Específicas.**

Al analizar la vulnerabilidad física de los edificios de concreto armado se identifica los daños para ver el estado frente a una amenaza sísmica utilizando el método de evaluación ATC-21.

Al utilizar los programas, ETABS, ArcGis se reduce el tiempo y aumenta las mejoras para la simulación, análisis y generación de mapas.

Al elaborar una plataforma de análisis de mapas de vulnerabilidad sísmica se tiene datos espaciales en orden para ser visualizados en mapas incorporados en las bases geoespaciales.

### **2.3.3. Variables.**

- ✓ Variable Independiente
  - Vulnerabilidad Sísmica.

- ✓ Índices variables Independientes
  - Planificar la Dirección del Proyecto, datos generales.
  - Identificar los planos de ubicación y planos del edificio.
  - Identificar las características de la edificación.
  - Determinar el sistema estructural.
  - Determinar el tipo de edificación según su Uso.
  - Determinar los modificadores del comportamiento sísmico.
  - Verificar los elementos estructurales principales y secundarios.
  - Verificar la calidad de la ejecución y de los materiales
  - Identificar el deterioro y sus causas de los elementos estructurales.

- ✓ Variable Dependiente
  - Bases Geoespaciales.

- ✓ Índices Variable Dependiente
  - Elaborar una plataforma de análisis.
  - Introducir datos correctamente estructurados y georeferenciados.
  - Controlar la data para la visualizar los mapas implementados.

#### **2.3.4. Definiciones conceptuales de las variables.**

##### Vulnerabilidad Sísmica.

La vulnerabilidad siempre estará determinada por el origen y tipo de evento, la geografía de la zona afectada, las características técnicas – constructiva de las estructuras existentes. Grado de pérdida o nivel de daño potencial de un elemento o conjunto de elementos en riesgo en el área afectada por la amenaza. Se expresa en términos de la probabilidad de daño (0) no hay daño y (1) pérdida total.

### Bases Geoespaciales

Como tecnología geoespacial se conoce a la utilización de sistemas informáticos para el soporte y manejo de información con componente espacial en el sentido geográfico.

### 2.3.5. Operacionalidad de variables (parámetros para la definición).

Tabla 01: Variable Independiente

VARIABLE	SUB-VARIABLE	INDICADORES	INDICES	INSTRUMENTOS	ÍTEMS
VULNERABILIDAD SÍSMICA	EVALUACIÓN SISMO RESISTENTE	PARÁMETROS DE SITIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificar la Dirección del Proyecto, datos generales.</li> <li>- Identificar los planos de ubicación y planos del edificio.</li> <li>- Identificar las características de la edificación.</li> </ul>	Ficha	1 - 3
		PARÁMETROS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinar el sistema estructural.</li> <li>-Determinar el tipo de edificación según su Uso.</li> <li>- Determinar los modificadores del comportamiento sísmico.</li> </ul>	Ficha	4-6
		DAÑOS ESTRUCTURALES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar los elementos estructurales principales y secundarios.</li> <li>Verificar la calidad de la ejecución y de los materiales</li> <li>- Identificar el deterioro y sus causas de los elementos estructurales.</li> </ul>	Ficha	7 - 9

Tabla 02: Variable Dependiente

VARIABLE	SUB-VARIABLE	INDICADORES	INDICES	INSTRUMENTOS	ÍTEMS
BASES GEOESPACIALES	DATOS GEOESPACIALES	MAPAS DE RIESGO SÍSMICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elaborar una plataforma de análisis.</li> <li>-Introducir datos correctamente estructurados y georeferenciados.</li> <li>-Controlar la data para la visualizar los mapas implementados.</li> </ul>	Software	1

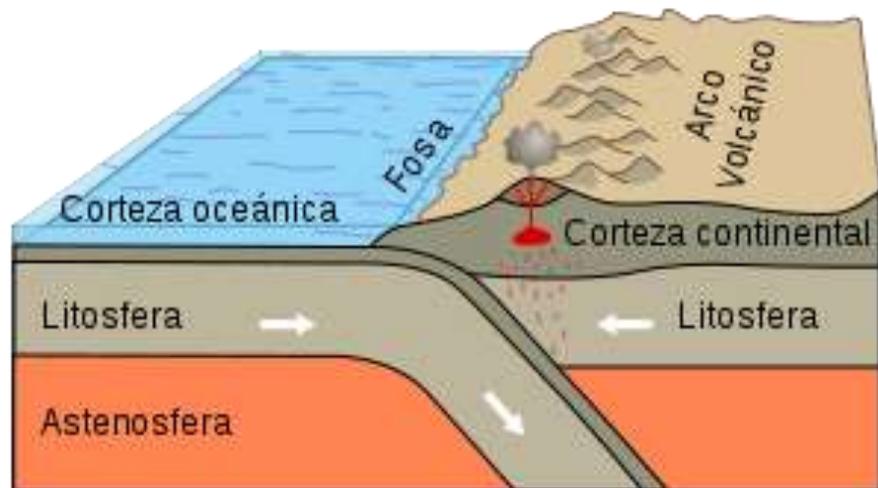
## CAPITULO III: MARCO CONCEPTUAL

### 3.1. Teoría de los sismos.

#### 3.1.1. Los Sismos:

Los sismos son vibraciones o sacudimientos en el interior de la tierra causada por ondas sísmicas que se generan súbitamente por la liberación de energía elástica acumulada en la corteza terrestre y parte superior del manto terrestre y estas se genera a su vez por la interacción entre las placas debido a la gradiente de temperatura. La colisión entre estas placas libera energía mientras los materiales de la corteza terrestre tratan de reorganizarse para volver a alcanzar el equilibrio mecánico. Esta energía liberada produce grandes temblores, tal y como se muestra en la Figura 01.

Figura 01: Interacción de la placa de Nazca con la Sudamericana



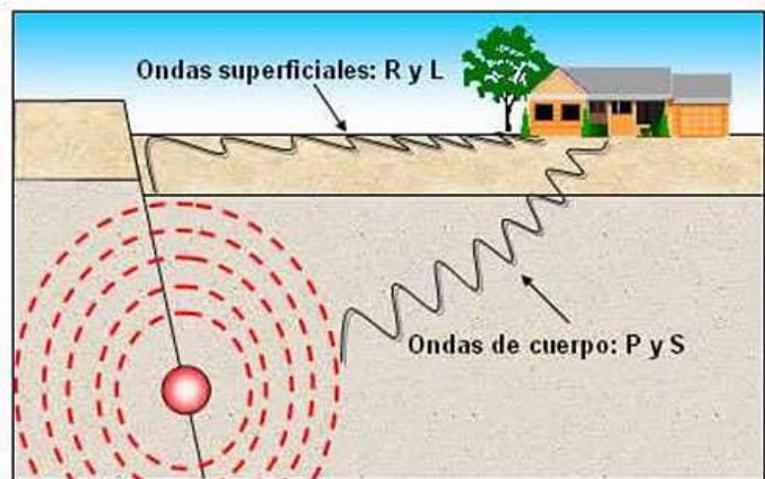
Referencia 01:

[http://geologosx1000.blogspot.pe/2009\\_04\\_01\\_archive.html](http://geologosx1000.blogspot.pe/2009_04_01_archive.html)

### **3.1.1. Las ondas sísmicas:**

Las ondas sísmicas son perturbaciones temporales que se pueden generar por movimiento telúricos, los más grandes de estos movimientos pueden causar daño a las edificaciones y a su vez a las personas que la habitan. Las ondas sísmicas se clasifican por tipo de ondas en dos grupos, el primer grupo son las ondas de cuerpo, que son las que viajan en el interior de la tierra y el segundo grupo son las ondas superficiales, que son similares a las ondas de agua porque viajan por la superficie de la tierra, se desplazan a menor velocidad que las ondas de cuerpo y debido a su baja frecuencia generan mayor daño a las edificaciones. Las ondas de cuerpo se subdividen en ondas de Primarias y secundarias mientras que las ondas superficiales se subdividen en ondas love y Rayleigh, tal y como se muestra en la Figura 2.

Figura 02: Ondas de cuerpo y ondas superficiales



Referencia 02: <http://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/terremotos/que-son-los-terremotos/>

### 3.1.2. Origen de los Sismos, Fuentes Principales

Los sismos se originan por los procesos volcánicos, los movimientos de laderas y el hundimiento de cavidades cársticas también pueden generar sismos.

Entre las principales consecuencias que puede traer consigo un terremoto se encuentran las rupturas del suelo, incendios de diversa gravedad, maremotos o tsunamis y deslizamientos de tierra de muy diversa envergadura. Ante todo, ello, los principales consejos que hay que seguir cuando se está sufriendo un terremoto son los siguientes: Si está fuera de un inmueble hay que ubicarse en una zona abierta, alejada de cualquier tipo de edificio, y también no colocarse cerca de postes eléctricos.

Si se está dentro de un establecimiento o de la casa, lo fundamental es situarse bajo el dintel de una puerta y siempre alejado de ventanas o cualquier otro objeto que pueda romperse y hacernos daño. Si nos

quedamos sin luz hay que apostar por linternas y nunca por velas cuya llama pueda provocar un incendio.

Existen zonas que tienen una mayor tendencia a sufrir sismos. Se trata de aquellas regiones donde la concentración de fuerzas generada por los límites de las placas tectónicas hace que los movimientos de reajuste sean más frecuentes, tanto en el interior de la corteza terrestre como en la superficie de la Tierra.

### **3.1.3. Evolución de la Sismología**

A lo largo de la historia se trató de definir y sustentar el motivo por el cual ocurrían los sismos, La primera definición de un sismo se hizo en año 1800 A.C.: crónicas sobre los efectos de los sismos. Las primeras explicaciones mitológicas sobre su origen y explicaciones científicas sobre la generación de los sismos:

- Aristóteles: vapores de aire en cavernas
- Séneca: aire que colma una cavidad subterránea y, al buscar una salida, mueve los “muros” que lo retienen, encima de los cuales se asientan las ciudades.
- Hooke (1660): enuncia la Ley que lleva su nombre
- Hooke (1668): el terremoto es una respuesta elástica a fenómenos geológicos
- 1755: a partir del sismo de Lisboa se disponen de informaciones detalladas (cambios topográficos, destrucciones, ruidos, derrumbes, cambios en los cauces, etc.)
- 1821: Navier plantea las ecuaciones de la Teoría de la Elasticidad.
- Mediados del XIX: Cauchy estudia la propagación de ondas en medios sólidos. Poisson deduce analíticamente dos tipos de ondas en sólidos.

- 1845: Stokes distingue una resistencia a la compresión y otra al cortante.
- 1887: Rayleigh descubre otro tipo de ondas (superficiales) en los sólidos.
- 1888: Schmidt estudia la propagación de ondas por el interior de la Tierra.
- 1897: Wiechert postula la existencia de un núcleo metálico en la Tierra.
- 1900: primer mapa de ubicación de terremotos.
- 1912: Reid postula la teoría del Rebote Elástico. Sismo de San Francisco (EEUU) (1906) y primeras observaciones sobre los efectos en obras civiles.
- 1909: Mohorovic encuentra una capa de discontinuidad en la velocidad de las ondas.
- 1911: Love descubre otro tipo de ondas superficiales.
- 1914: El Ing. Sano (Japón) postula el método del coeficiente sísmico.
- 1928: Gutenberg determina la profundidad del núcleo exterior (o manto) de la Tierra.
- 1935: Benioff inventa el sismógrafo de deformación. Richter crea la escala de magnitud para evaluar la energía liberada por un terremoto.
- 1932: instalación de acelerógrafos en EEUU.
- 1950-60: avances analíticos impulsados por Housner (CALTECH, EEUU) y Okamoto (Japón).
- 1960-70: se crea la Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica. Instalación de acelerógrafos en América Latina.
- 1970-1990: avances en modelos de generación de los sismos, dinámica estructural, comportamiento no lineal de estructuras,

dinámica de suelos, estudio del peligro sísmico, métodos numéricos óptimos y avance en la tecnología de las computadoras.

- 1990-2000: Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (ONU)
- Antes de 1950: Cortante Sísmico= Coeficiente Sísmico \* Peso
- 1950: Conceptos de disipación de energía por deformación plástica.
- 1956: Housner plantea posible diseño límite.
- 1957: en México se publica el Folleto Complementario a la Norma. Es la primera norma de ing. Sismo resistente en Latinoamérica.
- 1961: Blume, Newmark y Corning: uso del concepto de ductilidad y su relación con el diseño de estructuras de concreto armado (Manual PCA).

#### **3.1.4. Tipos de Análisis para un sismo.**

Para las estructuras regulares, el análisis podrá hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica Podemos procesar los datos de 3 manera, Análisis estático o fuerza estática equivalente, el análisis dinámico modal espectral que se hará considerando y comportamiento lineal elástico con las solicitantes sísmicas reducidas y el procedimiento análisis dinámico tiempo historia (NTP.E030, 2014, p.21).

Análisis Estático o fuerza Estática: Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masa de cada nivel de la edificación. Y se calcula con la siguiente formula

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Donde:

V = Fuerza cortante en la Base

Z = Factor de Zona

U = Factor de Uso o importancia

C = Coeficiente de amplificación sísmica

S = Factor de Suelo

R = Coeficiente de reducción de solicitaciones sísmicas

R = Peso total del edificio

Aceleración Dinámico Modal Espectral – Análisis dinámico lineal:

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Donde:

S<sub>a</sub> = Aceleración espectral

Z = Factor de Zona

U = Factor de Uso o importancia

C = Coeficiente de amplificación sísmica

S = Factor de Suelo

R = Coeficiente de reducción de solicitaciones sísmicas

g = Aceleración de la gravedad

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales.

Análisis Tiempo-Historia: En este tipo de análisis deberá utilizarse un modelo matemático de la estructura que considere directamente el

comportamiento de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio.

Aceleración máxima del suelo PGA: Es una medida utilizada en terremotos que consiste en una medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo. Es una medida muy importante en ingeniería sísmica. Normalmente la unidad de aceleración utilizada es la intensidad del campo gravitatorio ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ). A diferencia de otras medidas que cuantifican terremotos, como la escala Richter o la escala de magnitud de momento, no es una medida de la energía total liberada del terremoto, por lo que no es una medida de magnitud sino de intensidad. Se puede medir con simples acelerómetros y es sencillo correlacionar la aceleración máxima del suelo con la escala de Mercalli.

La aceleración máxima del suelo es la medida de un terremoto más utilizada en ingeniería, y es el valor utilizado para establecer normativas sísmicas y zonas de riesgo sísmico. Durante un terremoto, el daño en los edificios y las infraestructuras está íntimamente relacionado con la velocidad y la aceleración sísmica, y no con la magnitud del temblor. En terremotos moderados, la aceleración es un indicador preciso del daño, mientras que en terremotos muy severos la velocidad sísmica adquiere una mayor importancia.

Se puede permitir la correlación con las escalas Mercalli y Richter debido a que son escalas que miden la intensidad de un evento sísmico (Ver Tabla 03).

Tabla 03: Correlación de la Aceleración máxima del suelo con las escalas de Mercalli y Richter

Escala de Mercalli	Escala de Richter	Aceleración Máx. del suelo (g)	Velocidad sísmica (cm/s)	Percepción del temblor	Potencial de Daño
I	Hasta 2,5	< 0.0017	< 0.1	No apreciable	Ninguno
II-III	2,5 a 3,7	0.0017 - 0.014	0.1 - 1.1	Muy leve	Ninguno
IV	3,7 a 4,3	0.014 - 0.039	1.1 - 3.4	Leve	Ninguno
V	4,3 a 4,9	0.039 - 0.092	3.4 - 8.1	Moderado	Muy leve
VI	4,9 a 5,5	0.092 - 0.18	8.1 - 16	Fuerte	Leve
VII	5,5 a 6,1	0.18 - 0.34	16 - 31	Muy fuerte	Moderado
VIII	6,1 a 6,7	0.34 - 0.65	31 - 60	Severo	Moderado a fuerte
IX	6,7 a 7,3	0.65 - 1.24	60 - 116	Violento	Fuerte
X+	7,3 a +	> 1.24	> 116	Extremo	Muy fuerte

Fuente: «ShakeMap Scientific Background. Rapid Instrumental Intensity Maps. ». *Earthquake Hazards Program*. U. S. Geological Survey. Consultado el 22 de marzo de 2011.

### 3.2. Metodología Hazus H-M

La metodología HAZUS MH, fue desarrollada por La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, 1999), de los Estados Unidos de Norteamérica. Esta herramienta metodológica surge como una necesidad por parte de los planificadores y especialistas en la atención de los efectos generados por los desastres naturales. En HAZUS MH, se contemplan una serie de variables que se interrelacionan para obtener posibles daños materiales en infraestructura y sus efectos en la sociedad.

Dentro de las variables que se contemplan están:

- La simulación de escenarios sísmicos, a partir de los que se obtienen mapas de aceleración pico del terreno que luego se reclasifican para obtener valores de intensidad de Mercalli Modificada.

Después de analizar los edificios de concreto armado con diferentes aceleraciones (PGA) tiempo historia obtenemos las derivas respectivas para evaluar los estados de daño de los edificios analizados y para ello nos Guiamos con la metodología HAZUS.

Tabla 04: Tipo de estructura de edificios de pórticos de concreto armado

Clasificación HAZUS	Descripción	Altura				
		Rango		Típico		
		Nombre	Pisos	Pisos	Pies	Metro
C1L	Pórticos de Concreto resistente a Momento	Baja-elevación	1 - 3	2	20	6,1
C1M		Mediana-elevación	4 - 7	5	50	15,2
C1H		Alta-elevación	8 +	12	120	36,6

Referencia 03: FEMA-NIBS (2009)

Debido a que los edificios que se analizará tienen elevaciones de 4 pisos a 7 pisos y otros de 8 pisos a más, así que verificando en la Tabla 04 obtenemos que en la clasificación HAZUS se tienen edificios de C1M y C1H.

Tabla 05: Niveles de diseño Hazus

N°	Nivel de diseño	Importancia
1	High - Code	Edificios típicos
2	Moderate - Code	
3	Low - Code	
4	Pre - Code	
5	Special High - Code	Edificios esenciales
6	Special Moderate - Code	

N°	Nivel de diseño	Importancia
7	Special Low - Code	

Referencia 04: FEMA-NIBS (2009)

Según la Tabla 05 – Niveles de diseño HAZUS nos situamos en los números 1, 2, 3,4 ya que los edificios analizados son edificios típicos debido a que son viviendas multifamiliares.

Según nuestra norma E.030 Diseño Sismo resistente los edificios a analizar se encuentran en la Zona 3 donde tenemos el factor  $Z = 0,4$  lo cual en la Tabla 06 el mismo factor  $Z = 0,4$  pertenece a la Zona 4 según Clasificación de Zonas Sísmicas de UBC.

Tabla 06: Clasificación de Zonas Sísmicas de UBC

Zonas Sísmicas (UBC)	Factor Z
Zona 4	0,400
Zona 3	0,300
Zona 2B	0,200
Zona 2A	0,150
Zona 1	0,075
Zona 0	0,010

Referencia 05: FEMA- NIBS (2009)

Tabla 07: Guía para elegir el nivel de diseño de edificios típicos de Hazus

Zona Sísmica (UBC)	Post - 1975	1941 - 1975	Pre - 1941
Zona 4	High - Code	Moderate - Code	Pre - Code
Zona 3	Moderate - Code	Moderate - Code	Pre - Code
Zona 2B	Moderate - Code	Low - Code	Pre - Code
Zona 2A	Low - Code	Low - Code	Pre - Code
Zona 1	Low - Code	Pre - Code	Pre - Code
Zona 0	Pre - Code	Pre - Code	Pre - Code

Referencia 05: FEMA-NIBS (2009)

Tabla 08: Guía para elegir el nivel de diseño de edificios con características esenciales de HAZUS

Zona Sísmica (UBC)	Post - 1973	1941 - 1973	Pre - 1941
Zona 4	Special High - Code	Moderate - Code	Pre - Code
Zona 3	Special Moderate - Code	Moderate - Code	Pre - Code
Zona 2B	Moderate - Code	Low - Code	Pre - Code
Zona 2A	Low - Code	Low - Code	Pre - Code
Zona 1	Low - Code	Pre - Code	Pre - Code
Zona 0	Pre - Code	Pre - Code	Pre - Code

Referencia 6: FEMA-NIBS (2009)

Luego obtenida la Zona 4 identificamos la edad de los edificios analizados en la Tabla 07 – Guía para elegir el nivel de edificios típicos de HAZUS en la cual obtenemos High – Code porque los edificios tienen antigüedad máxima de 20 años, usaremos las derivas que se encuentran en la fila de High – Code de la Tabla 09 y la Tabla 10.

Tabla 09: Valores de deriva para cada estado de daño y cada nivel de diseño de HAZUS, para edificios tipo C1M

Nivel de diseño (Edif. Típicos)	Deriva			
	leve	moderado	severo	completo
High-Code	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533
Moderate-Code	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
Low-Code	0.0033	0.0053	0.0133	0.0333
Pre-Code	0.0027	0.0043	0.0107	0.0267
Nivel de diseño (Edif. Esenciales)	Deriva			
	leve	moderado	severo	completo
S.High-Code	0.0042	0.0083	0.0250	0.0667

S.Moderate-Code	0.0042	0.0072	0.0194	0.0500
S.Low-Code	0.0042	0.0067	0.0167	0.0417

Referencia 07: FEMA-NIBS (2009)

Tabla 10: Valores de deriva para cada estado de daño y cada nivel de diseño de HAZUS, para edificios tipo C1H

Nivel de diseño (Edif. Típicos)	Deriva			
	Leve	moderado	severo	completo
High-Code	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400
Moderate-Code	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
Low-Code	0.0025	0.0040	0.0100	0.0250
Pre-Code	0.0020	0.0032	0.0080	0.0200
Nivel de diseño (Edif. Esenciales)	Deriva			
	Leve	moderado	severo	completo
S.High-Code	0.0031	0.0063	0.0188	0.0500
S.Moderate-Code	0.0031	0.0054	0.0146	0.0375
S.Low-Code	0.0031	0.0050	0.0125	0.0313

Referencia 08: FEMA-NIBS (2009)

Para identificar el daño según la deriva luego de haber identificado el tipo de estructura y el nivel de diseño usaremos las siguientes derivas de la Tabla 11 y Tabla 12.

Tabla 11: Tabla Hazus para C1M:

Nivel de diseño (Edif. Típicos)	Deriva			
	Leve	moderado	severo	completo
High-Code	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533

Referencia 9: FEMA-NIBS (2009)

Tabla 12: Tabla Hazus para C1H:

Nivel de diseño (Edif. Típicos)	Deriva			
	Leve	moderado	severo	completo
High-Code	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400

Referencia 10: FEMA-NIBS (2009)

### 3.3. Curva de Fragilidad

Las curvas de fragilidad son curvas que muestran de forma sencilla la probabilidad de que una estructura exceda un determinado estado límite de daño estructural (estados de daño) como una función de un parámetro que representa la severidad del movimiento sísmico que puede ser la aceleración, intensidad sísmica o de la respuesta estructural (deriva, desplazamientos, etc.). Las curvas de fragilidad son de gran importancia para los ingenieros de diseño, investigadores, etc. Pues con estos datos se pueden estimar los daños que presente una estructura sometida a varias intensidades de sismos.

Estas curvas se pueden obtener de 4 formas, mediante experimentos, observaciones de campo, opinión de expertos y procesos de simulación a través software.

Método Experimental: este método calcula la curva de fragilidad a partir de ensayos de laboratorios, además de ello el costo de analizar las muestras. Los resultados se limitan a la cantidad de ensayos realizados. No optamos por utilizar este método porque lo que buscamos en la tesis es prevenir o mitigar los daños producidos por un evento sísmico y este método obtiene sus datos a partir de estructuras que ya presentan daños.

Método de Observación de campo: este método calcula la curva de fragilidad a partir de encuestas que se generan por la observación de los daños en las estructuras, para utilizar este método debemos que clasificar a las estructuras existentes siguiendo una tipología geométrica como por ejemplo (área en planta, altura de la estructura, Numero de pisos, etc.). Ahora por otro

lado para obtener intensidad, esta se determina en cada una en las zonas donde se encuentra ubicada a estructura. Por lo general estas encuestas se formulan poniendo una serie de preguntas o Test.

Opinión de expertos: Este método se calcula a partir de la estimación de un porcentaje de daño esperado, probabilidad de ocurrencia de daño, que puede padecer las estructuras ante la intensidad de un evento sísmico. También se puede determinar a partir de las conclusiones que llegan a dar los expertos en el análisis y diseño estructural referente al comportamiento estructural de las edificaciones.

Los métodos analíticos: Este último método utilizan los análisis numéricos y se recomienda usar en los lugares o zonas donde no se cuenta con información de las observaciones de daño producidos por eventos sísmico o suficientes resultados de ensayos de laboratorio. Este método también se emplea en el cálculo de la vulnerabilidad

El método analítico utiliza técnicas de simulación a través de software que representan todos los componentes que influyen sobre una estructura como la masa, la resistencia, la rigidez y deformabilidad. Los elementos de una estructura que no afecten a los ya mencionados no será necesario considerarlos en el modelamiento. Así para representar de una manera adecuada todos los edificios de surco tuvimos que considerar todas las tipologías y características geométricas A partir de esta información y con los planos estructurales podemos simular un evento sísmico Tiempo historia y obtener las distorsiones o desplazamientos de las estructuras. Para Finalmente definir los estados de daño (leve, moderado, severo y colapso) a partir de los desplazamientos y obtener las curvas de fragilidad que se utilizan en la estimación del riesgo sísmico de estructuras.

### **3.4. Sistemas de Información Geográfico**

#### **3.4.1. Que es un SIG**

SIG es la abreviatura de Sistema de Información Geográfico y es una tecnología relativamente moderna, su uso principal es el sistematizar analizar y transmitir la información en mapas, es una herramienta informática, es decir, software cuyo objetivo es la obtención de datos relacionados con el espacio físico. Así pues, un SIG es un software que nos permite crear mapas interactivos para analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio. El uso de este tipo de sistema nos facilita la visualización de los datos obtenidos a fin de reflejar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo, desde mapas de vulnerabilidad hasta sistemas de identificación de densidad de población. Además, permiten realizar las consultas y representar los resultados en entornos web y dispositivos móviles de un modo ágil e intuitivo, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión, conformándose como un valioso apoyo en la toma de decisiones.

#### **3.4.2. Fundamentos Teóricos SIG**

SIG es la abreviatura de Sistema de Información Geográfico, y se define como un sistema de información asistido por computadora, para la entrada, manipulación y despliegue de datos espaciales (Kuroiwa, 2002, p.21)

Conjunto de operaciones que manipulan una base de datos espaciales y constituyen un puente de soporte entre el sistema real y el usuario. (Kuroiwa, 2002, p.21)

### 3.4.3. Componentes de un SIG

Los componentes de un SIG, son exactamente lo mismo que cualquier Software que utilizamos, entre sus componentes tenemos a hardware, software, proceso, datos y recurso humanos.

Equipo Físico (Hardware): Es el componente que permite operar al SIG. Se puede ejecutar en un amplio rango de equipos, desde servidores hasta laptops. (Kuroiwa, 2002, p.21). Este componente SIG representa el soporte lógico del sistema. Está conformado por todos los sistemas operativos, administrativos de una base de dato y estos contiene datos alfanuméricos y gráficos integrados que al ser mezclados obtenemos datos georeferenciados es decir en coordenadas. Actualmente se puede encontrar una gran variedad SIG (Ver Tabla 13).

Tabla 13: SOFTWARE SIG comerciales y libres

COMERCIAL	LIBRE
ArcGis	GvSIG
Geomedia	Udig
Mapinfo	Jump
Manifold	Grass
Autodesk	Quantum GIS
Idrisi	Ilwis, etc.

Referencia 13: <http://ingeosolutions.blogspot.pe/2012/01/los-componentes-de-un-sig.html>

Datos: Núcleo importante del SIG. Estos son los mapas (Datos geográficos) y los alfanuméricos (datos tabulares), los cuales se integran y compactan. (Kuroiwa, 2002, p.21). Estos datos se representan físicamente en el servidor

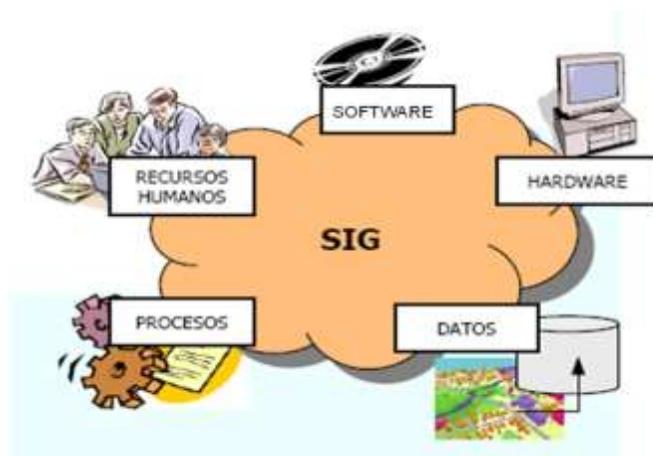
Proceso: En este ítem procesamos los datos o información obtenida por los datos censales del INEI y los cálculos de desplazamiento

procesados a partir de los planos proporcionados por la municipalidad de Surco.

Recurso Humano (Personal): Equipo Técnico que se encarga de la operación, desarrollo y administración del sistema y de todo lo que requiera para establecer planes y aplicarlos en el mundo real (Kuroiwa, 2002, p.21).

Soporte Lógico: Programas Software (Procesos): Están proveen las funciones y herramientas necesarias para almacenar, analizar y crear mixturas de información geo referenciada. (Kuroiwa, 2002, p.21). , para un mejor entendimiento ver la Figura 03.

Figura 03: Procedimiento de datos SIG



Referencia 11: <http://ingeosolutions.blogspot.pe/2012/01/los-componentes-de-un-sig.html>

#### 3.4.4. Ventajas o Fortalezas de los SIG

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente,

preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

**Localización:** preguntar por las características de un lugar concreto.

**Condición:** el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.

**Tendencia:** comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.

**Rutas:** cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.

**Pautas:** detección de pautas espaciales.

**Modelos:** generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías ha incidido de manera decisiva en su evolución.

## CAPITULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1. Tipo y nivel de investigación

**Cuantitativa**, ya que se trata de cuantificar datos en porcentaje, pruebas numéricas y en niveles de estado según el análisis para ser introducidos en una plataforma analítica mediante un mapeo dentro de las bases geoespaciales.

**Explicativa**, porque el estudio de campo busca evaluar los edificios de concreto armado recopilando información (planos estructurales y datos del INEI) para establecer una información con el propósito de ser estudiados en gabinete.

**Descriptiva**, porque busca analizar la información recopilada para diagnosticar, procesar, cuantificar y clasificar según la vulnerabilidad de Riesgo Sísmico de los edificios de concreto armado dando, así como respuesta una información (data) para implementar en una plataforma GIS las bases geoespaciales.

### 4.2. Diseño de la investigación

Es de tipo **no experimental**, porque se realiza estudios de campo.

**Transversal**, porque recolectan los datos en un solo momento, en un tiempo único.

**Descriptivo**, porque el propósito es analizar la vulnerabilidad de edificios de concreto armado para obtener datos para la implementación de las plataformas SIG para las bases geoespaciales.

### 4.3. Población y muestra (tipos)

#### 4.3.1. Población

La población está conformada por edificaciones de concreto armado representativos de mayor número de pisos por manzana para el presente trabajo se contabilizaron 212 manzanas ubicados en la urbanización de Valle Hermoso de Monterrico, Casuarinas del Sur,

Chacarilla del Estanque, El Polo y el Golf Los Incas del distrito de Santiago de Surco – Lima.

**Unidades de análisis:**

Datos generales, características de la edificación, determinación del sistema estructural, determinación de los parámetros y del tipo de edificación según su uso, determinación del comportamiento sísmico según el análisis dinámico tiempo historia.

**Unidad de observación:**

Las edificaciones de Concreto Armado.

**4.3.2. Muestra**

Para la muestra se tomará edificios típicos de concreto armado de uso vivienda multifamiliar de una urbanización determinada, según la tipología respecto a la cantidad de pisos a partir de cuatro (4) pisos hasta catorce (14) pisos que representen a la población para desarrollar las curvas de fragilidad de cada tipo.

**4.4. Técnica de recolección de datos**

El tipo de muestreo es aleatorio sistemático, porque se ha elegido edificios de una tipología (N° de pisos) y a partir de ello se realizará la evaluación.

Figura 4: Sample size calculator for a proportion (absolute margin)

<b>Population</b>	212
<b>Confidence:</b>	.95
<b>Margin:</b>	.05
<b>probability:</b>	.50
<b>The sample size is:</b>	137

Fuente. Programa <http://www.berrie.dds.nl/calcss.htm>

En este trabajo se realizó el modelado y simulación de 07 edificios de concreto armado debido a que solo se analizó por la tipología de N° de pisos

#### **4.4.1. Descripción de los instrumentos**

La Observación directa: Este método nos permitió hacer un análisis macro de la zona de trabajo.

La Investigación documental: Estuvo referida principalmente al conocimiento, que se obtuvo de los archivos y registros con la intención de constatar la veracidad de datos obtenidos por otras fuentes respecto a acciones ejecutadas en el pasado.

#### **4.4.2. Validez y confiabilidad de los instrumentos**

Sobre la base del procedimiento de validación descrita, es viable debido a que se usará un método de evaluación sísmica, que será validado con el análisis de las edificaciones a través del uso y aplicaciones de programas de análisis estructural.

#### **4.4.3. Técnicas para el procedimiento y análisis de los datos**

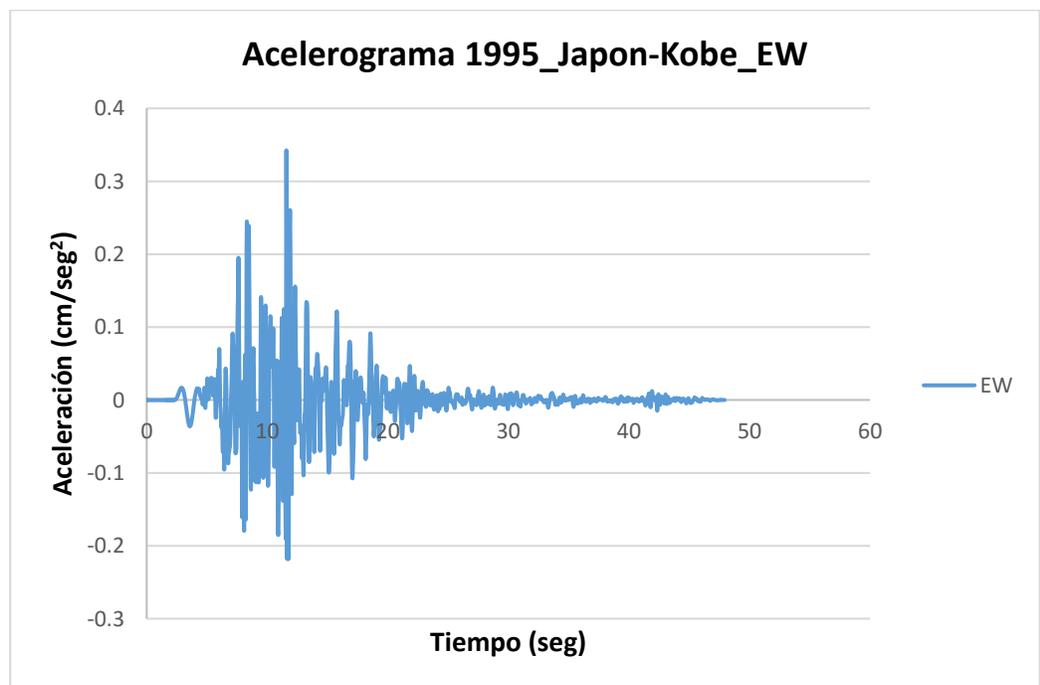
El método será la evaluación estructural de cada edificio estudiado de forma analítica, la técnica a emplear es la recolección de información como los planos estructurales proporcionados por la Municipalidad de Santiago de Surco previa visita al sitio y toma de datos del edificio (ubicación, dirección) y no existe instrumento de recolección de datos debido a que los datos obtenidos pertenecen a la base de datos del INEI.

## CAPITULO V: CÁLCULO DE NIVELES DE DAÑO

### 5.1. Análisis Dinámico Tiempo Historia

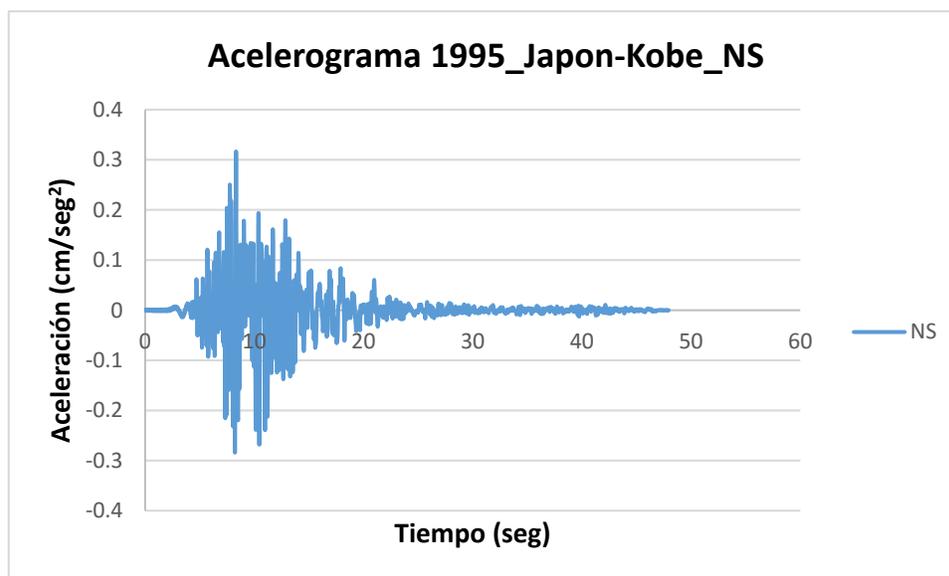
Para el análisis Sísmico Dinámico de Tiempo – Historia tomamos el registro del acelerograma del Sismo de Kobe – Japón 1995 el cual cuenta con 2398 puntos, periodo de 0.02 segundos y tiene una aceleración máxima de 0.34g, en la dirección Este a Oeste (EW) y en la dirección de Norte a Sur (NS) tiene una aceleración máxima de 0.31g, tal y como se muestra en la figura 05 y la figura 06 respectivamente.

Figura 05: Aceleración 1995 – Japón Kobe EW



Referencia 12: Elaboración propia

Figura 06: Acelerograma 1995 – Japón Kobe - NS



Referencia 13: Elaboración propia

Asimismo, para el estudio escalamos progresivamente la aceleración máxima del suelo para obtener aceleraciones de 0.10g, 0.20g, 0.40g, 0.50g, 0.60g, 0.70g, 0.80g y 1.00g, para luego con estas aceleraciones evaluar el comportamiento los edificios de concreto armado según su tipología de n° pisos, con la finalidad de obtener desplazamientos y distorsiones para luego ser evaluados con la metodología HAZUS y así obtener los estados de daño de los edificios producidos por el sismo Kobe en el distrito de Santiago de Surco - Lima. Para analizar las edificaciones asumimos que el comportamiento de las edificaciones es lineal - elástico, tal y como se indica en la Figura 07.

Figura 07: Análisis Tiempo - Historia



Referencia 14: RNE (2006)

## 5.2. Modelado en el ETABS Nonlinear v9.7.4

El modelamiento en el programa ETABS se realizó a partir de los planos estructurales existentes de las edificaciones de concreto armado obtenidos por la municipalidad de Santiago de Surco.

### 5.2.1. Definición de Materiales:

Los materiales usados en el modelamiento se basaron en los parámetros de diseño establecidos que cuentan los planos estructurales de cada edificio de concreto armado que para este estudio fueron de 07 planos, de ejemplo se muestran de acero y concreto en las Figuras 08 y 09 respectivamente.

Acero  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

Figura 08: Propiedad de Materiales del acero

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a steel material. The 'Material Name' is 'STEEL'. The 'Type of Material' is 'Isotropic'. The 'Type of Design' is 'Steel'. The 'Analysis Property Data' includes: Mass per unit Volume (0.7981), Weight per unit Volume (7.8334), Modulus of Elasticity (20389019.2), Poisson's Ratio (0.3), Coeff of Thermal Expansion (1.170E-05), and Shear Modulus (7841930.5). The 'Design Property Data' includes: Minimum Yield Stress,  $F_y$  (35153.481), Minimum Tensile Strength,  $F_u$  (45699.526), and Cost per Unit Weight (27679.9065). The 'Display Color' is a bright green color.

Fuente: Programa ETABS

Concreto:  $F'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$

Figura 09: Propiedad de materiales del concreto

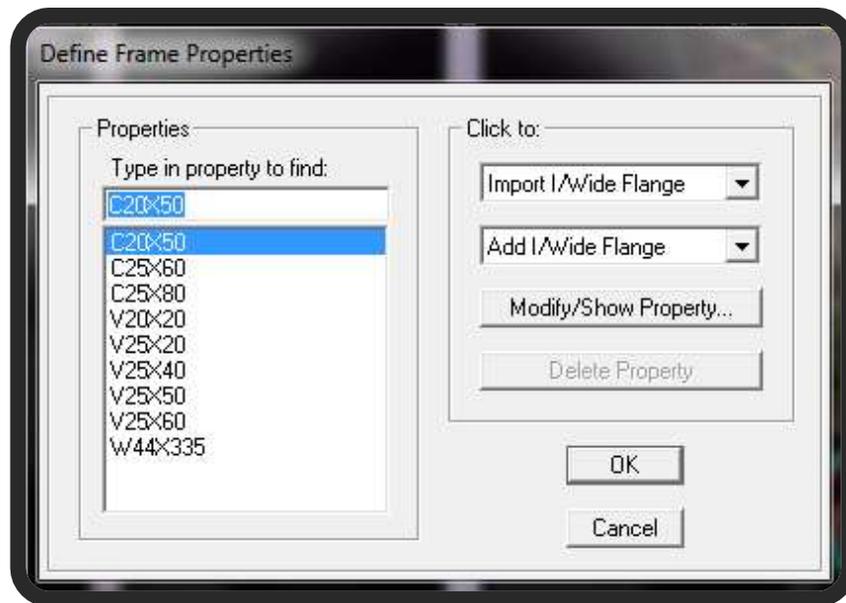
The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a concrete material. The 'Material Name' is 'CONC210'. The 'Type of Material' is 'Isotropic'. The 'Type of Design' is 'Concrete'. The 'Analysis Property Data' includes: Mass per unit Volume (0.24), Weight per unit Volume (2.4), Modulus of Elasticity (2170000), Poisson's Ratio (0.2), Coeff of Thermal Expansion (9.900E-06), and Shear Modulus (904166.67). The 'Design Property Data (ACI 318-05/IBC 2003)' includes: Specified Conc Comp Strength,  $f_c$  (2100), Bending Reinf. Yield Stress,  $f_y$  (42000), and Shear Reinf. Yield Stress,  $f_{ys}$  (42000). There is an unchecked checkbox for 'Lightweight Concrete' and a 'Shear Strength Reduc. Factor' field. The 'Display Color' is a cyan color.

Fuente: Programa ETABS

### 5.2.2. Elementos Estructurales

La definición de los elementos estructurales se basó en los planos estructurales existentes de las edificaciones de concreto armado como se muestra en la Figura 10.

Figura 10: Elementos estructurales

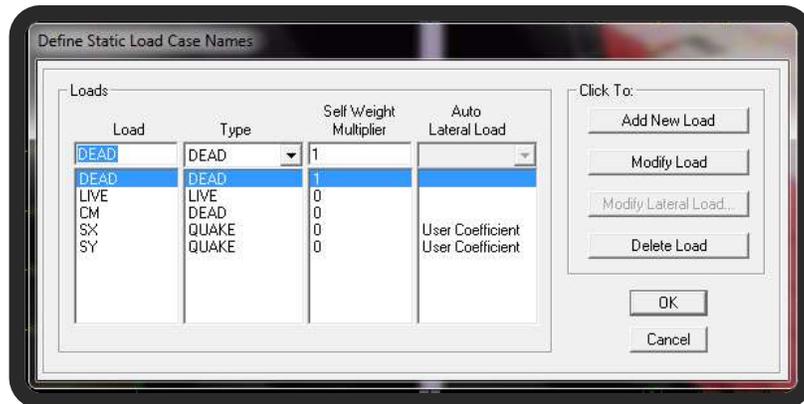


Fuente: Programa ETABS

### 5.2.3. Cargas

La definición de cargas de acuerdo a los parámetros del RNE 2006, como carga muerta o peso de la estructura, carga de servicio y sismo en x e y (Ver Figura 11).

Figura 11: Cargas aplicadas a la estructura

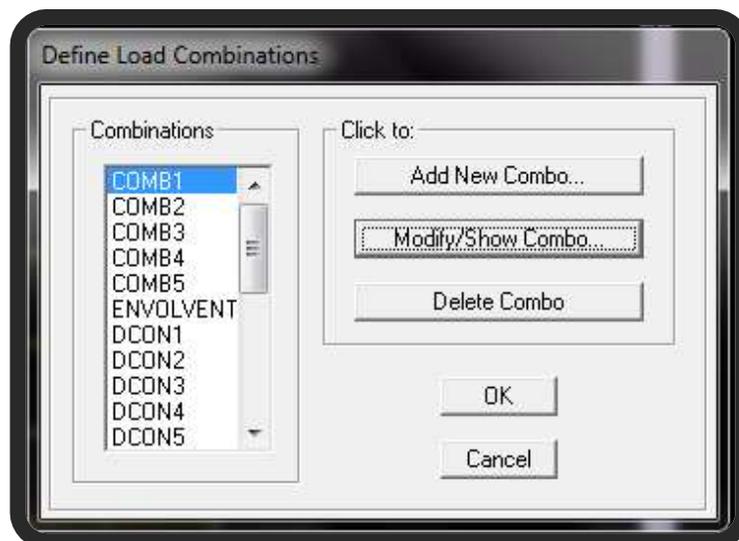


Fuente: Programa ETABS

#### 5.2.4. Combinaciones de Carga

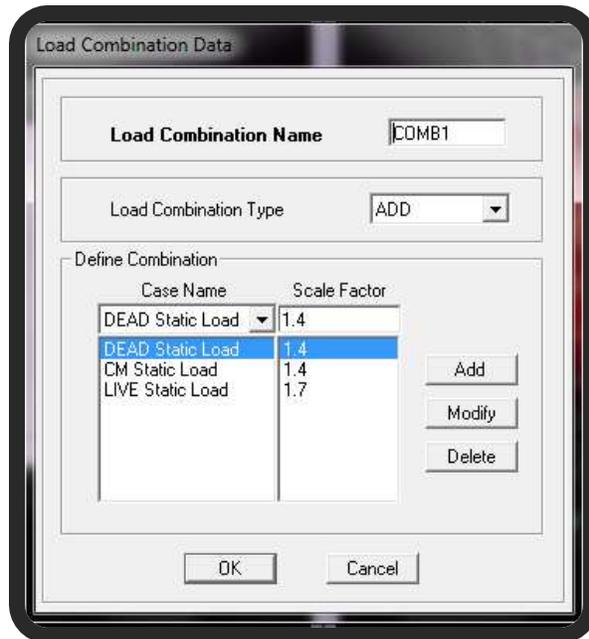
Las combinaciones de carga son definidas de acuerdo a los parámetros del RNE 2006, 05 combinaciones más 01 envolvente como se muestran en las Figuras del 12 al 19.

Figura 12: Combinación de cargas



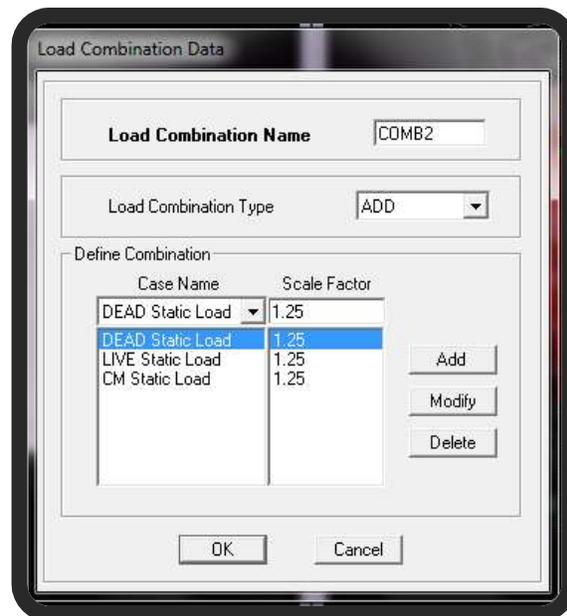
Fuente: Programa ETABS

Figura 13: Detalle de la combinación de carga 1



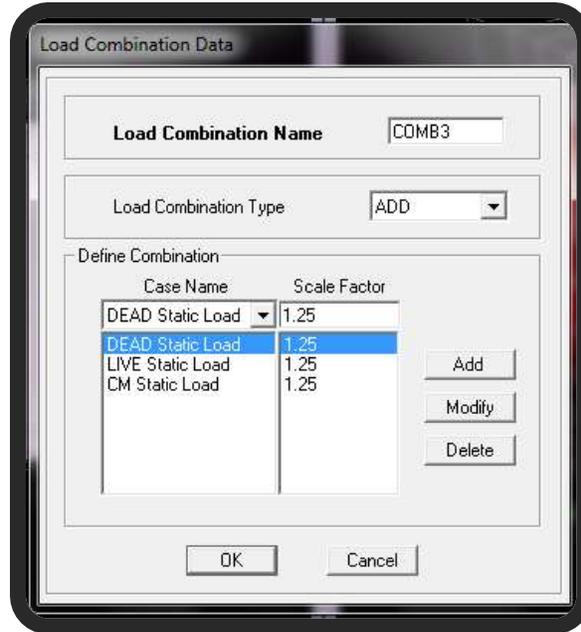
Fuente: Programa ETABS

Figura 14: Detalle de la combinación de carga 2



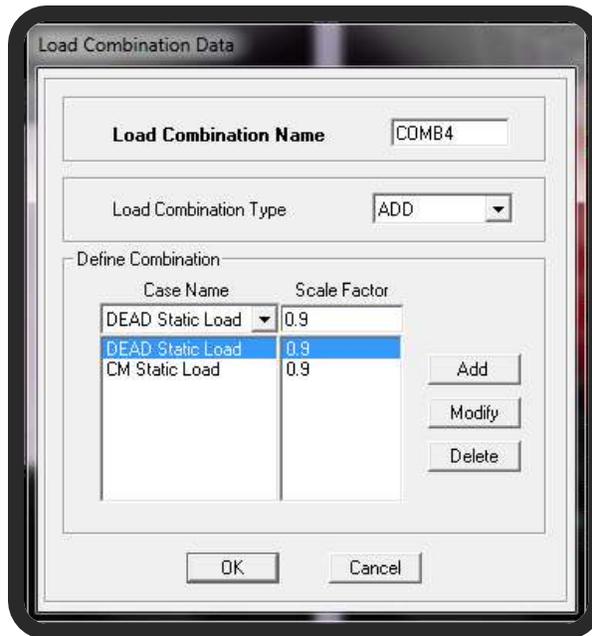
Fuente: Programa ETABS

Figura 15: Detalle de la combinación de carga 3



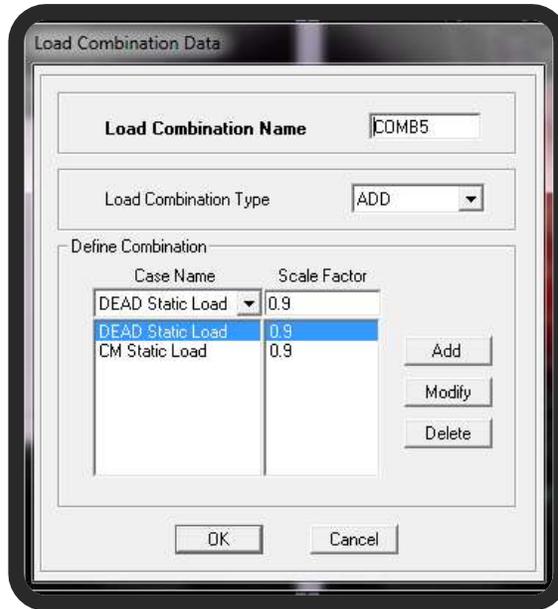
Fuente: Programa ETABS

Figura 16: Detalle de la combinación de carga 4



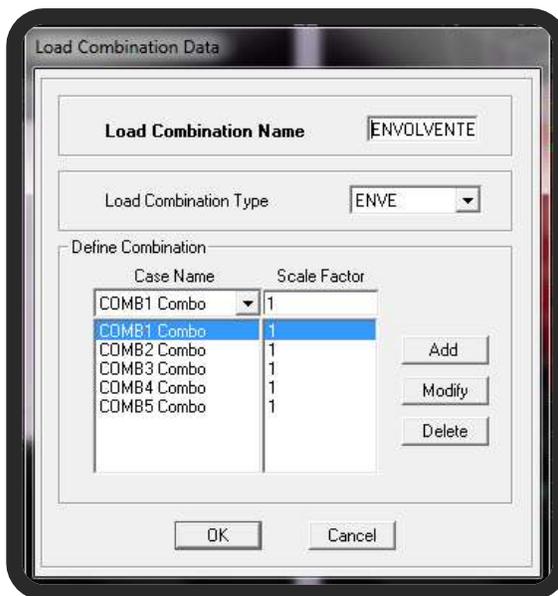
Fuente: Programa ETABS

Figura 17: Detalle de la combinación de carga 5



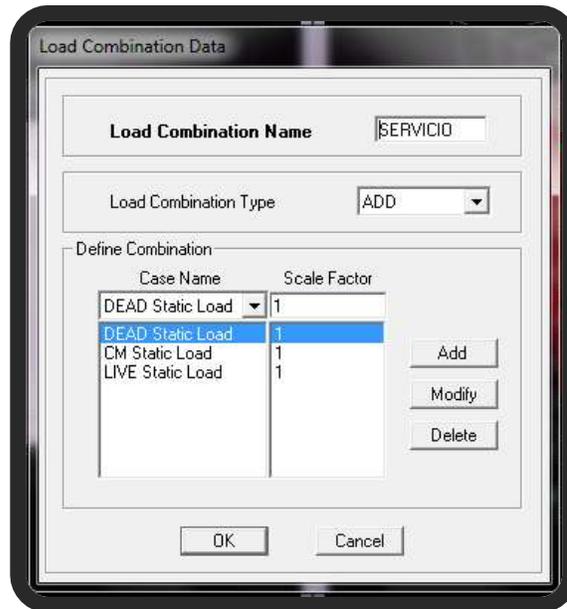
Fuente: Programa ETABS

Figura 18: Envolverte de cargas



Fuente: Programa ETABS

Figura 19: Servicio de cargas

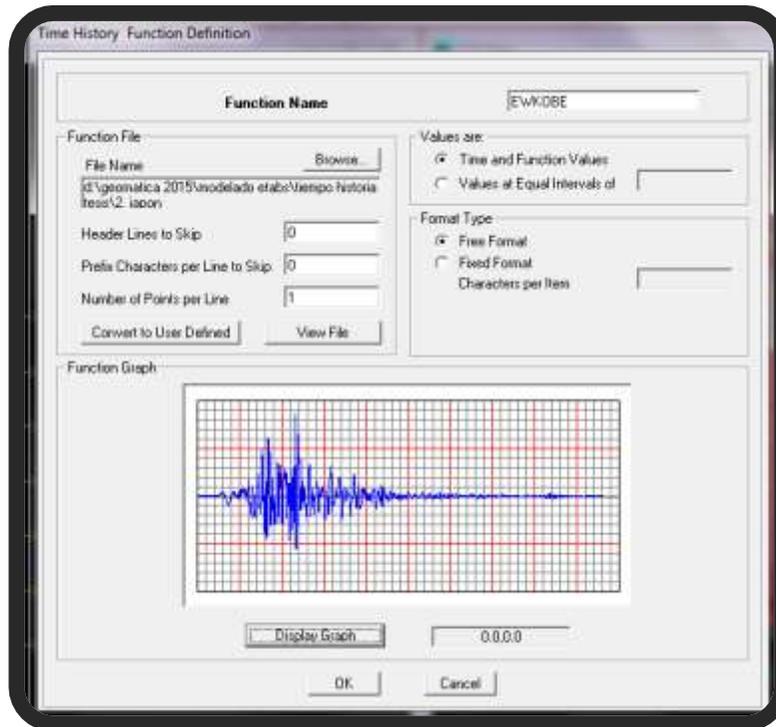


Fuente: Programa ETABS

### 5.2.5. Acelerograma Tiempo Historia Sismo Kobe – Japón 1995

El registro del acelerograma del Sismo Kobe fue escalado para diferentes escenarios como 0.10g, 0.20g, 0.40g, 0.50g, 0.60g, 0.70g, 0.80g y 1.00g, para luego ser insertados en el programa ETABS (Ver Figura 20) acelerogramas en ambas direcciones EW – NS (Ver Figura 21) para después simular y obtener los desplazamientos ocasionados por cada escenario sísmico.

Figura 20: Vista del sismo tiempo historia cargado



Fuente: Programa ETABS

Figura 21: Dirección del sismo en el eje X e Y



Fuente: Programa ETABS

### 5.2.6. Análisis Dinámico Lineal

Se analizó según el artículo 18.3 Análisis Tiempo Historia del RNE 2006 – Diseño Sismo Resistente, y se insertó las características del registro del Sismo de Kobe, ya que, cuenta con 2398 puntos y un periodo de 0.02 segundos (Ver Figura 22).

Figura 22: análisis dinámico Lineal

Time History Case Data

**History Case Name** SISMOX

Options

AnalysisType: Linear  
Modal Damping: Modify/Show...  
Number of Output Time Steps: 2398  
Output Time Step Size: 0.02  
Start from Previous History: [Dropdown]

Load Assignments

Load	Function	Scale Factor	Arrival Time	Angle
acc dir 1	EWKOBEC	10.	0.	0.
acc dir 1	EWKOBEC0400	10.	0.	0.

Add Modify Delete

OK Cancel

Fuente: Programa ETABS

### 5.3. Edificio de 9 Pisos

#### 5.3.1. Ubicación y Terreno:

El edificio multifamiliar está localizado en la Urbanización Valle Hermoso, el cual se sitúa sobre el Lote 19 Manzana Y en la Calle Los Cedros N°, en el Distrito de Santiago de Surco, Provincia y Departamento de Lima. El terreno tiene una superficie total de 458.99 m<sup>2</sup>, cuya fachada se muestra en la Figura 23 y los planos de estructuras en el Anexo 22.

Figura 23: Vista Real - Edificio de 9 pisos y 3 sótanos.



Referencia 15: Fuente Propia

### 5.3.2. Altura de la Edificación:

El edificio cuenta con una altura de entrepiso típico con 03 niveles de sótano (Ver Tabla 14).

Tabla 14: Altura de entrepisos - Edificio 9 pisos.

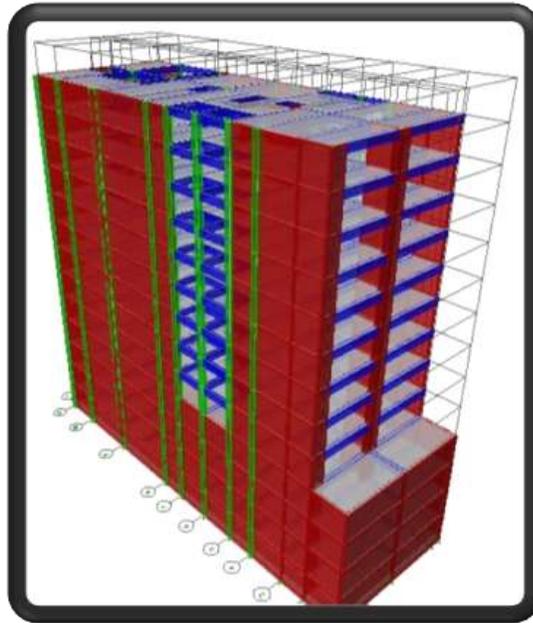
N° Pisos	H (m)	H Acum (m)
Piso 9	2.60	33.80
Piso 8	2.60	31.20
Piso 7	2.60	28.60
Piso 6	2.60	26.00
Piso 5	2.60	23.40
Piso 4	2.60	20.80
Piso 3	2.60	18.20
Piso 2	2.60	15.60
Piso 1	2.60	13.00
Semi-sótano	2.60	10.40
1er Sótano	2.60	7.80
2do Sótano	2.60	5.20
3er Sótano	2.60	2.60
Base	0.00	

Referencia 18: Fuente propia.

### 5.3.3. Modelo Etabs:

Al concluir el modelado de todos los elementos según el plano de estructuras en el programa ETABS procedemos a darle una presentación de extrusión como se muestra en la Figura 24.

Figura 24: Modelamiento - Edificio de 9 pisos.

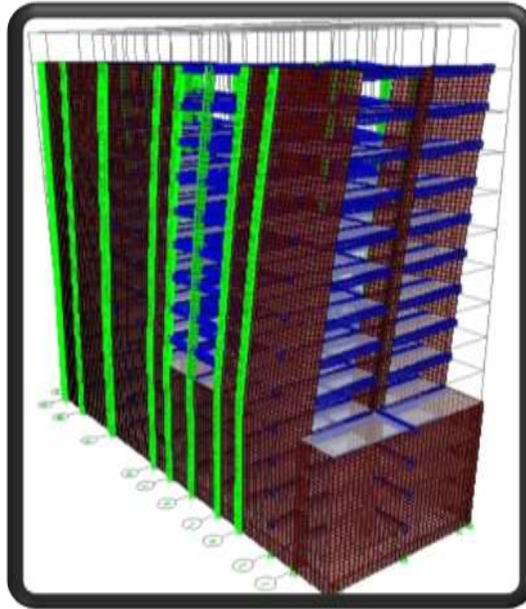


Referencia: Programa ETABS

#### 5.3.4. Deformación por Sismo

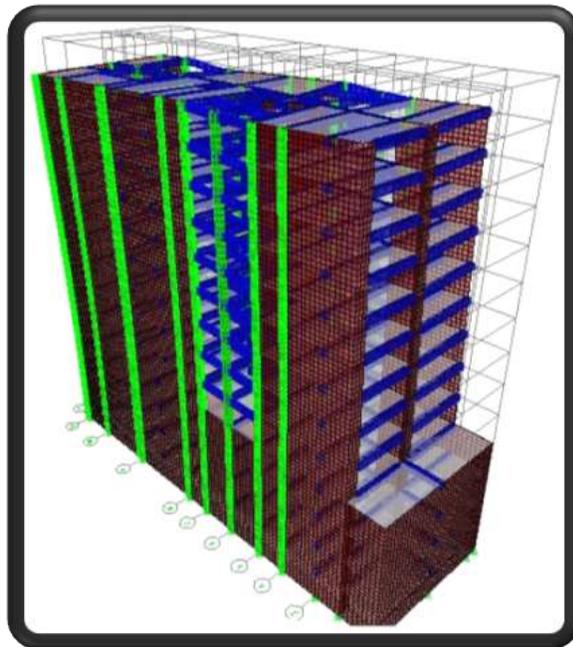
Después de gestionar el análisis podemos apreciar la deformación por sismo tanto como el Eje X e Y (Ver Figura 25 y 26); en el cual se visualiza que la parte superior de la edificación tiene un desplazamiento mayor respecto a su eje y que en los niveles de sótano no existe desplazamiento alguno debido a que se encuentran debajo del suelo.

Figura 25: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 9 pisos



Referencia: Programa ETABS

Figura 26: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 9 pisos



Referencia: Programa ETABS

### 5.3.5. Cálculos de derivas y nivel de daño

Para poder obtener la curva de daño tuvimos que analizar a cada edificio según la su tipología de altura para así representar en toda la muestra de nuestra población por las siguientes aceleraciones máximas del suelo (PGA) que son 0.1g, 0.2g, 0.4g, 0.6g, 0.8g y 1.0g. En el presente trabajo solo se mostrarán los cálculos obtenidos de un edificio con una aceleración máxima de suelo (PGA).

Para una aceleración de 1.00g.

En la Tabla 15 de resultados, los 5 primeros campos son el resultado del análisis de un sismo tiempo historia con una aceleración de 1.00g en el programa ETABS, el campo 6 es el resultado de la deriva de cada punto de la estructura analizada que es (Dx/H) el desplazamiento máximo entre la altura de entrepiso. El último campo que es el estado de daño calculado a partir de los cuadros de la metodología Hazus-H-M, para saber el estado de daño que compone un cuerpo estructural en un escenario sísmico como leve, moderado, severo o completo.

Tabla 15: Respuesta de desplazamiento relativo (Deriva)

N° Pisos	Pto.	Sismo	D x	H	Deriva	Estado de Daño
Piso 9	1	SISMOX MAX	56.8997	2340	0.024316111	Completo
Piso 9	2	SISMOX MAX	53.9791	2340	0.023067991	Completo
Piso 9	3	SISMOX MAX	49.7253	2340	0.021250128	Completo
Piso 9	4	SISMOX MAX	46.5507	2340	0.019893462	Completo
Piso 9	5	SISMOX MAX	42.4238	2340	0.018129829	Completo
Piso 9	6	SISMOX MAX	38.4874	2340	0.016447607	Completo
Piso 9	7	SISMOX MAX	35.5034	2340	0.015172393	Completo
Piso 9	8	SISMOX MAX	26.7036	2340	0.011411795	Severo
Piso 9	9	SISMOX MAX	21.7154	2340	0.009280085	Severo
Piso 9	10	SISMOX MAX	20.0641	2340	0.008574402	Severo
Piso 9	11	SISMOX MAX	20.0641	2340	0.008574402	Severo
Piso 9	12	SISMOX MAX	20.0641	2340	0.008574402	Severo
Piso 9	13	SISMOX MAX	21.7154	2340	0.009280085	Severo

N° Pisos	Pto.	Sismo	D x	H	Deriva	Estado de Daño
Piso 9	14	SISMOX MAX	26.7036	2340	0.011411795	Severo
Piso 9	15	SISMOX MAX	35.5034	2340	0.015172393	Completo
Piso 9	16	SISMOX MAX	46.5507	2340	0.019893462	Completo
Piso 9	17	SISMOX MAX	21.7154	2340	0.009280085	Severo
Piso 9	18	SISMOX MAX	26.7036	2340	0.011411795	Severo
Piso 9	19	SISMOX MAX	35.5034	2340	0.015172393	Completo
Piso 9	20	SISMOX MAX	38.4874	2340	0.016447607	Completo
Piso 9	21	SISMOX MAX	46.5507	2340	0.019893462	Completo
Piso 9	22	SISMOX MAX	49.7253	2340	0.021250128	Completo
Piso 9	23	SISMOX MAX	56.8997	2340	0.024316111	Completo
Piso 9	24	SISMOX MAX	53.9791	2340	0.023067991	Completo
Piso 9	25	SISMOX MAX	42.4238	2340	0.018129829	Completo
Piso 9	26	SISMOX MAX	42.4238	2340	0.018129829	Completo
Piso 9	27	SISMOX MAX	42.4238	2340	0.018129829	Completo
Piso 9	28	SISMOX MAX	56.8997	2340	0.024316111	Completo
Piso 9	29	SISMOX MAX	53.9791	2340	0.023067991	Completo
Piso 9	30	SISMOX MAX	56.8997	2340	0.024316111	Completo
Piso 9	31	SISMOX MAX	56.8997	2340	0.024316111	Completo
Piso 9	32	SISMOX MAX	46.5507	2340	0.019893462	Completo
Piso 9	33	SISMOX MAX	43.8206	2340	0.018726752	Completo
Piso 9	36	SISMOX MAX	42.4238	2340	0.018129829	Completo
Piso 9	37	SISMOX MAX	43.8206	2340	0.018726752	Completo
Piso 9	38	SISMOX MAX	46.5507	2340	0.019893462	Completo
Piso 9	39	SISMOX MAX	49.7253	2340	0.021250128	Completo
Piso 9	40	SISMOX MAX	38.4874	2340	0.016447607	Completo
Piso 9	41	SISMOX MAX	38.4874	2340	0.016447607	Completo
Piso 9	42	SISMOX MAX	42.4238	2340	0.018129829	Completo
Piso 9	43	SISMOX MAX	46.5507	2340	0.019893462	Completo
Piso 9	44	SISMOX MAX	21.7154	2340	0.009280085	Severo
Piso 9	46	SISMOX MAX	20.0641	2340	0.008574402	Severo
Piso 9	47	SISMOX MAX	21.7154	2340	0.009280085	Severo
Piso 9	48	SISMOX MAX	26.7036	2340	0.011411795	Severo
Piso 9	49	SISMOX MAX	28.4125	2340	0.012142094	Severo
Piso 9	50	SISMOX MAX	28.4125	2340	0.012142094	Severo
Piso 9	51	SISMOX MAX	28.9639	2340	0.012377735	Severo
Piso 9	52	SISMOX MAX	28.9639	2340	0.012377735	Severo
Piso 9	53	SISMOX MAX	33.0279	2340	0.014114487	Severo
Piso 9	54	SISMOX MAX	33.0279	2340	0.014114487	Severo

N° Pisos	Pto.	Sismo	D x	H	Deriva	Estado de Daño
Piso 9	55	SISMOX MAX	35.5034	2340	0.015172393	Completo
Piso 9	56	SISMOX MAX	33.0279	2340	0.014114487	Severo
Piso 9	57	SISMOX MAX	40.0112	2340	0.017098803	Completo
Piso 9	58	SISMOX MAX	40.0112	2340	0.017098803	Completo
Piso 9	59	SISMOX MAX	42.4238	2340	0.018129829	Completo
Piso 9	60	SISMOX MAX	46.5507	2340	0.019893462	Completo
Piso 9	61	SISMOX MAX	49.7253	2340	0.021250128	Completo
Piso 9	62	SISMOX MAX	28.4125	2340	0.012142094	Severo
Piso 9	287	SISMOX MAX	56.8722	2340	0.024304359	Completo
Piso 8	1	SISMOX MAX	51.3393	2080	0.024682356	Completo
Piso 8	2	SISMOX MAX	48.7145	2080	0.023420433	Completo
Piso 8	3	SISMOX MAX	44.8915	2080	0.021582452	Completo
Piso 8	4	SISMOX MAX	42.0384	2080	0.020210769	Completo
Piso 8	5	SISMOX MAX	38.3295	2080	0.018427644	Completo
Piso 8	6	SISMOX MAX	34.7918	2080	0.016726827	Completo
Piso 8	7	SISMOX MAX	32.1099	2080	0.015437452	Completo
Piso 8	8	SISMOX MAX	24.2014	2080	0.011635288	Severo
Piso 8	9	SISMOX MAX	20.2445	2080	0.009732933	Severo
Piso 8	10	SISMOX MAX	18.7278	2080	0.009003750	Severo
Piso 8	11	SISMOX MAX	18.7278	2080	0.009003750	Severo
Piso 8	12	SISMOX MAX	18.7278	2080	0.009003750	Severo
Piso 8	13	SISMOX MAX	20.2445	2080	0.009732933	Severo
Piso 8	14	SISMOX MAX	24.2014	2080	0.011635288	Severo
Piso 8	15	SISMOX MAX	32.1099	2080	0.015437452	Completo
Piso 8	16	SISMOX MAX	42.0384	2080	0.020210769	Completo
Piso 8	17	SISMOX MAX	20.2445	2080	0.009732933	Severo
Piso 8	18	SISMOX MAX	24.2014	2080	0.011635288	Severo
Piso 8	19	SISMOX MAX	32.1099	2080	0.015437452	Completo
Piso 8	20	SISMOX MAX	34.7918	2080	0.016726827	Completo
Piso 8	21	SISMOX MAX	42.0384	2080	0.020210769	Completo
Piso 8	22	SISMOX MAX	44.8915	2080	0.021582452	Completo
Piso 8	23	SISMOX MAX	51.3393	2080	0.024682356	Completo
Piso 8	24	SISMOX MAX	48.7145	2080	0.023420433	Completo
Piso 8	25	SISMOX MAX	38.3295	2080	0.018427644	Completo
Piso 8	26	SISMOX MAX	38.3295	2080	0.018427644	Completo
Piso 8	27	SISMOX MAX	38.3295	2080	0.018427644	Completo
Piso 8	28	SISMOX MAX	51.3393	2080	0.024682356	Completo
Piso 8	29	SISMOX MAX	48.7145	2080	0.023420433	Completo

N° Pisos	Pto.	Sismo	D x	H	Deriva	Estado de Daño
Piso 8	30	SISMOX MAX	51.3393	2080	0.024682356	Completo
Piso 8	31	SISMOX MAX	51.3393	2080	0.024682356	Completo
Piso 8	32	SISMOX MAX	42.0384	2080	0.020210769	Completo
Piso 8	33	SISMOX MAX	39.5848	2080	0.019031154	Completo
Piso 8	36	SISMOX MAX	38.3295	2080	0.018427644	Completo
Piso 8	37	SISMOX MAX	39.5848	2080	0.019031154	Completo
Piso 8	38	SISMOX MAX	42.0384	2080	0.020210769	Completo
Piso 8	39	SISMOX MAX	44.8915	2080	0.021582452	Completo
Piso 8	40	SISMOX MAX	34.7918	2080	0.016726827	Completo
Piso 8	41	SISMOX MAX	34.7918	2080	0.016726827	Completo
Piso 8	42	SISMOX MAX	38.3295	2080	0.018427644	Completo
Piso 8	43	SISMOX MAX	42.0384	2080	0.020210769	Completo
Piso 8	44	SISMOX MAX	20.2445	2080	0.009732933	Severo
Piso 8	46	SISMOX MAX	18.7278	2080	0.009003750	Severo
Piso 8	47	SISMOX MAX	20.2445	2080	0.009732933	Severo
Piso 8	48	SISMOX MAX	24.2014	2080	0.011635288	Severo
Piso 8	49	SISMOX MAX	25.7372	2080	0.012373654	Severo
Piso 8	50	SISMOX MAX	25.7372	2080	0.012373654	Severo
Piso 8	51	SISMOX MAX	26.2327	2080	0.012611875	Severo
Piso 8	52	SISMOX MAX	26.2327	2080	0.012611875	Severo
Piso 8	53	SISMOX MAX	29.8852	2080	0.014367885	Severo
Piso 8	54	SISMOX MAX	29.8852	2080	0.014367885	Severo
Piso 8	55	SISMOX MAX	32.1099	2080	0.015437452	Completo
Piso 8	56	SISMOX MAX	29.8852	2080	0.014367885	Severo
Piso 8	57	SISMOX MAX	36.1612	2080	0.017385192	Completo
Piso 8	58	SISMOX MAX	36.1612	2080	0.017385192	Completo
Piso 8	59	SISMOX MAX	38.3295	2080	0.018427644	Completo
Piso 8	60	SISMOX MAX	42.0384	2080	0.020210769	Completo
Piso 8	61	SISMOX MAX	44.8915	2080	0.021582452	Completo
Piso 8	62	SISMOX MAX	25.7372	2080	0.012373654	Severo
Piso 8	287	SISMOX MAX	51.335	2080	0.024680288	Completo
Piso 7	1	SISMOX MAX	46.4472	1820	0.025520440	Completo
Piso 7	2	SISMOX MAX	43.8111	1820	0.024072033	Completo
Piso 7	3	SISMOX MAX	39.9716	1820	0.021962418	Completo
Piso 7	4	SISMOX MAX	37.1464	1820	0.020410110	Completo
Piso 7	5	SISMOX MAX	33.8913	1820	0.018621593	Completo
Piso 7	6	SISMOX MAX	30.7864	1820	0.016915604	Completo
Piso 7	7	SISMOX MAX	28.4327	1820	0.015622363	Completo

N° Pisos	Pto.	Sismo	D x	H	Deriva	Estado de Daño
Piso 7	8	SISMOX MAX	21.4966	1820	0.011811319	Severo
Piso 7	9	SISMOX MAX	18.6738	1820	0.010260330	Severo
Piso 7	10	SISMOX MAX	17.2843	1820	0.009496868	Severo
Piso 7	11	SISMOX MAX	17.2843	1820	0.009496868	Severo
Piso 7	12	SISMOX MAX	17.2843	1820	0.009496868	Severo
Piso 7	13	SISMOX MAX	18.6738	1820	0.010260330	Severo
Piso 7	14	SISMOX MAX	21.4966	1820	0.011811319	Severo
Piso 7	15	SISMOX MAX	28.4327	1820	0.015622363	Completo
Piso 7	16	SISMOX MAX	37.1464	1820	0.020410110	Completo
Piso 7	17	SISMOX MAX	18.6738	1820	0.010260330	Severo
Piso 7	18	SISMOX MAX	21.4966	1820	0.011811319	Severo
Piso 7	19	SISMOX MAX	28.4327	1820	0.015622363	Completo
Piso 7	20	SISMOX MAX	30.7864	1820	0.016915604	Completo
Piso 7	21	SISMOX MAX	37.1464	1820	0.020410110	Completo
Piso 7	22	SISMOX MAX	39.9716	1820	0.021962418	Completo
Piso 7	23	SISMOX MAX	46.4472	1820	0.025520440	Completo
Piso 7	24	SISMOX MAX	43.8111	1820	0.024072033	Completo
Piso 7	25	SISMOX MAX	33.8913	1820	0.018621593	Completo
Piso 7	26	SISMOX MAX	33.8913	1820	0.018621593	Completo
Piso 7	27	SISMOX MAX	33.8913	1820	0.018621593	Completo
Piso 7	28	SISMOX MAX	46.4472	1820	0.025520440	Completo
Piso 7	29	SISMOX MAX	43.8111	1820	0.024072033	Completo
Piso 7	30	SISMOX MAX	46.4472	1820	0.025520440	Completo
Piso 7	31	SISMOX MAX	46.4472	1820	0.025520440	Completo
Piso 7	32	SISMOX MAX	37.1464	1820	0.020410110	Completo
Piso 7	33	SISMOX MAX	34.993	1820	0.019226923	Completo
Piso 7	36	SISMOX MAX	33.8913	1820	0.018621593	Completo
Piso 7	37	SISMOX MAX	34.993	1820	0.019226923	Completo
Piso 7	38	SISMOX MAX	37.1464	1820	0.020410110	Completo
Piso 7	39	SISMOX MAX	39.9716	1820	0.021962418	Completo
Piso 7	40	SISMOX MAX	30.7864	1820	0.016915604	Completo
Piso 7	41	SISMOX MAX	30.7864	1820	0.016915604	Completo
Piso 7	42	SISMOX MAX	33.8913	1820	0.018621593	Completo
Piso 7	43	SISMOX MAX	37.1464	1820	0.020410110	Completo
Piso 7	44	SISMOX MAX	18.6738	1820	0.010260330	Severo
Piso 7	46	SISMOX MAX	17.2843	1820	0.009496868	Severo
Piso 7	47	SISMOX MAX	18.6738	1820	0.010260330	Severo
Piso 7	48	SISMOX MAX	21.4966	1820	0.011811319	Severo

N° Pisos	Pto.	Sismo	D x	H	Deriva	Estado de Daño
Piso 7	49	SISMOX MAX	22.8397	1820	0.012549286	Severo
Piso 7	50	SISMOX MAX	22.8397	1820	0.012549286	Severo
Piso 7	51	SISMOX MAX	23.2746	1820	0.012788242	Severo
Piso 7	52	SISMOX MAX	23.2746	1820	0.012788242	Severo
Piso 7	53	SISMOX MAX	26.4802	1820	0.014549560	Severo
Piso 7	54	SISMOX MAX	26.4802	1820	0.014549560	Severo
Piso 7	55	SISMOX MAX	28.4327	1820	0.015622363	Completo
Piso 7	56	SISMOX MAX	26.4802	1820	0.014549560	Severo
Piso 7	57	SISMOX MAX	31.9883	1820	0.017575989	Completo
Piso 7	58	SISMOX MAX	31.9883	1820	0.017575989	Completo
Piso 7	59	SISMOX MAX	33.8913	1820	0.018621593	Completo
Piso 7	60	SISMOX MAX	37.1464	1820	0.020410110	Completo
Piso 7	61	SISMOX MAX	39.9716	1820	0.021962418	Completo
Piso 7	62	SISMOX MAX	22.8397	1820	0.012549286	Severo
Piso 7	287	SISMOX MAX	46.4411	1820	0.025517088	Completo
Piso 6	1	SISMOX MAX	40.9483	1560	0.026248910	Completo
Piso 6	2	SISMOX MAX	38.6266	1560	0.024760641	Completo
Piso 6	3	SISMOX MAX	35.2448	1560	0.022592821	Completo
Piso 6	4	SISMOX MAX	32.7211	1560	0.020975064	Completo
Piso 6	5	SISMOX MAX	29.4404	1560	0.018872051	Completo
Piso 6	6	SISMOX MAX	26.587	1560	0.017042949	Completo
Piso 6	7	SISMOX MAX	24.609	1560	0.015775000	Completo
Piso 6	8	SISMOX MAX	19.0661	1560	0.012221859	Severo
Piso 6	9	SISMOX MAX	16.9847	1560	0.010887628	Severo
Piso 6	10	SISMOX MAX	15.7359	1560	0.010087115	Severo
Piso 6	11	SISMOX MAX	15.7359	1560	0.010087115	Severo
Piso 6	12	SISMOX MAX	15.7359	1560	0.010087115	Severo
Piso 6	13	SISMOX MAX	16.9847	1560	0.010887628	Severo
Piso 6	14	SISMOX MAX	19.0661	1560	0.012221859	Severo
Piso 6	15	SISMOX MAX	24.609	1560	0.015775000	Completo
Piso 6	16	SISMOX MAX	32.7211	1560	0.020975064	Completo
Piso 6	17	SISMOX MAX	16.9847	1560	0.010887628	Severo
Piso 6	18	SISMOX MAX	19.0661	1560	0.012221859	Severo
Piso 6	19	SISMOX MAX	24.609	1560	0.015775000	Completo
Piso 6	20	SISMOX MAX	26.587	1560	0.017042949	Completo
Piso 6	21	SISMOX MAX	32.7211	1560	0.020975064	Completo
Piso 6	22	SISMOX MAX	35.2448	1560	0.022592821	Completo
Piso 6	23	SISMOX MAX	40.9483	1560	0.026248910	Completo

N° Pisos	Pto.	Sismo	D x	H	Deriva	Estado de Daño
Piso 6	24	SISMOX MAX	38.6266	1560	0.024760641	Completo
Piso 6	25	SISMOX MAX	29.4404	1560	0.018872051	Completo
Piso 6	26	SISMOX MAX	29.4404	1560	0.018872051	Completo
Piso 6	27	SISMOX MAX	29.4404	1560	0.018872051	Completo
Piso 6	28	SISMOX MAX	40.9483	1560	0.026248910	Completo
Piso 6	29	SISMOX MAX	38.6266	1560	0.024760641	Completo
Piso 6	30	SISMOX MAX	40.9483	1560	0.026248910	Completo
Piso 6	31	SISMOX MAX	40.9483	1560	0.026248910	Completo
Piso 6	32	SISMOX MAX	32.7211	1560	0.020975064	Completo
Piso 6	33	SISMOX MAX	30.5508	1560	0.019583846	Completo
Piso 6	36	SISMOX MAX	29.4404	1560	0.018872051	Completo
Piso 6	37	SISMOX MAX	30.5508	1560	0.019583846	Completo
Piso 6	38	SISMOX MAX	32.7211	1560	0.020975064	Completo
Piso 6	39	SISMOX MAX	35.2448	1560	0.022592821	Completo
Piso 6	40	SISMOX MAX	26.587	1560	0.017042949	Completo
Piso 6	41	SISMOX MAX	26.587	1560	0.017042949	Completo
Piso 6	42	SISMOX MAX	29.4404	1560	0.018872051	Completo
Piso 6	43	SISMOX MAX	32.7211	1560	0.020975064	Completo
Piso 6	44	SISMOX MAX	16.9847	1560	0.010887628	Severo
Piso 6	46	SISMOX MAX	15.7359	1560	0.010087115	Severo
Piso 6	47	SISMOX MAX	16.9847	1560	0.010887628	Severo
Piso 6	48	SISMOX MAX	19.0661	1560	0.012221859	Severo
Piso 6	49	SISMOX MAX	19.9088	1560	0.012762051	Severo
Piso 6	50	SISMOX MAX	19.9088	1560	0.012762051	Severo
Piso 6	51	SISMOX MAX	20.2743	1560	0.012996346	Severo
Piso 6	52	SISMOX MAX	20.2743	1560	0.012996346	Severo
Piso 6	53	SISMOX MAX	22.9682	1560	0.014723205	Severo
Piso 6	54	SISMOX MAX	22.9682	1560	0.014723205	Severo
Piso 6	55	SISMOX MAX	24.609	1560	0.015775000	Completo
Piso 6	56	SISMOX MAX	22.9682	1560	0.014723205	Severo
Piso 6	57	SISMOX MAX	27.597	1560	0.017690385	Completo
Piso 6	58	SISMOX MAX	27.597	1560	0.017690385	Completo
Piso 6	59	SISMOX MAX	29.4404	1560	0.018872051	Completo
Piso 6	60	SISMOX MAX	32.7211	1560	0.020975064	Completo
Piso 6	61	SISMOX MAX	35.2448	1560	0.022592821	Completo
Piso 6	62	SISMOX MAX	19.9088	1560	0.012762051	Severo
Piso 6	287	SISMOX MAX	40.9405	1560	0.026243910	Completo
Piso 5	1	SISMOX MAX	34.4352	1300	0.026488615	Completo

N° Pisos	Pto.	Sismo	D x	H	Deriva	Estado de Daño
Piso 5	2	SISMOX MAX	32.4852	1300	0.024988615	Completo
Piso 5	3	SISMOX MAX	29.6451	1300	0.022803923	Completo
Piso 5	4	SISMOX MAX	27.5257	1300	0.021173615	Completo
Piso 5	5	SISMOX MAX	24.7703	1300	0.019054077	Completo
Piso 5	6	SISMOX MAX	22.3346	1300	0.017180462	Completo
Piso 5	7	SISMOX MAX	20.7083	1300	0.015929462	Completo
Piso 5	8	SISMOX MAX	16.9568	1300	0.013043692	Severo
Piso 5	9	SISMOX MAX	15.1533	1300	0.011656385	Severo
Piso 5	10	SISMOX MAX	14.0713	1300	0.010824077	Severo
Piso 5	11	SISMOX MAX	14.0713	1300	0.010824077	Severo
Piso 5	12	SISMOX MAX	14.0713	1300	0.010824077	Severo
Piso 5	13	SISMOX MAX	15.1533	1300	0.011656385	Severo
Piso 5	14	SISMOX MAX	16.9568	1300	0.013043692	Severo
Piso 5	15	SISMOX MAX	20.7083	1300	0.015929462	Completo
Piso 5	16	SISMOX MAX	27.5257	1300	0.021173615	Completo
Piso 5	17	SISMOX MAX	15.1533	1300	0.011656385	Severo
Piso 5	18	SISMOX MAX	16.9568	1300	0.013043692	Severo
Piso 5	19	SISMOX MAX	20.7083	1300	0.015929462	Completo
Piso 5	20	SISMOX MAX	22.3346	1300	0.017180462	Completo
Piso 5	21	SISMOX MAX	27.5257	1300	0.021173615	Completo
Piso 5	22	SISMOX MAX	29.6451	1300	0.022803923	Completo
Piso 5	23	SISMOX MAX	34.4352	1300	0.026488615	Completo
Piso 5	24	SISMOX MAX	32.4852	1300	0.024988615	Completo
Piso 5	25	SISMOX MAX	24.7703	1300	0.019054077	Completo
Piso 5	26	SISMOX MAX	24.7703	1300	0.019054077	Completo
Piso 5	27	SISMOX MAX	24.7703	1300	0.019054077	Completo
Piso 5	28	SISMOX MAX	34.4352	1300	0.026488615	Completo
Piso 5	29	SISMOX MAX	32.4852	1300	0.024988615	Completo
Piso 5	30	SISMOX MAX	34.4352	1300	0.026488615	Completo
Piso 5	31	SISMOX MAX	34.4352	1300	0.026488615	Completo
Piso 5	32	SISMOX MAX	27.5257	1300	0.021173615	Completo
Piso 5	33	SISMOX MAX	25.7029	1300	0.019771462	Completo
Piso 5	36	SISMOX MAX	24.7703	1300	0.019054077	Completo
Piso 5	37	SISMOX MAX	25.7029	1300	0.019771462	Completo
Piso 5	38	SISMOX MAX	27.5257	1300	0.021173615	Completo
Piso 5	39	SISMOX MAX	29.6451	1300	0.022803923	Completo
Piso 5	40	SISMOX MAX	22.3346	1300	0.017180462	Completo
Piso 5	41	SISMOX MAX	22.3346	1300	0.017180462	Completo

N° Pisos	Pto.	Sismo	D x	H	Deriva	Estado de Daño
Piso 5	42	SISMOX MAX	24.7703	1300	0.019054077	Completo
Piso 5	43	SISMOX MAX	27.5257	1300	0.021173615	Completo
Piso 5	44	SISMOX MAX	15.1533	1300	0.011656385	Severo
Piso 5	46	SISMOX MAX	14.0713	1300	0.010824077	Severo
Piso 5	47	SISMOX MAX	15.1533	1300	0.011656385	Severo
Piso 5	48	SISMOX MAX	16.9568	1300	0.013043692	Severo
Piso 5	49	SISMOX MAX	17.4426	1300	0.013417385	Severo
Piso 5	50	SISMOX MAX	17.4426	1300	0.013417385	Severo
Piso 5	51	SISMOX MAX	17.6243	1300	0.013557154	Severo
Piso 5	52	SISMOX MAX	17.6243	1300	0.013557154	Severo
Piso 5	53	SISMOX MAX	19.3592	1300	0.014891692	Severo
Piso 5	54	SISMOX MAX	19.3592	1300	0.014891692	Severo
Piso 5	55	SISMOX MAX	20.7083	1300	0.015929462	Completo
Piso 5	56	SISMOX MAX	19.3592	1300	0.014891692	Severo
Piso 5	57	SISMOX MAX	23.1651	1300	0.017819308	Completo
Piso 5	58	SISMOX MAX	23.1651	1300	0.017819308	Completo
Piso 5	59	SISMOX MAX	24.7703	1300	0.019054077	Completo
Piso 5	60	SISMOX MAX	27.5257	1300	0.021173615	Completo
Piso 5	61	SISMOX MAX	29.6451	1300	0.022803923	Completo
Piso 5	62	SISMOX MAX	17.4426	1300	0.013417385	Severo
Piso 5	287	SISMOX MAX	34.4286	1300	0.026483538	Completo
Piso 4	1	SISMOX MAX	27.0173	1040	0.025978173	Completo
Piso 4	2	SISMOX MAX	25.4908	1040	0.024510385	Completo
Piso 4	3	SISMOX MAX	23.2675	1040	0.022372596	Completo
Piso 4	4	SISMOX MAX	21.6083	1040	0.020777212	Completo
Piso 4	5	SISMOX MAX	19.6063	1040	0.018852212	Completo
Piso 4	6	SISMOX MAX	17.9461	1040	0.017255865	Completo
Piso 4	7	SISMOX MAX	16.8063	1040	0.016159904	Completo
Piso 4	8	SISMOX MAX	14.6248	1040	0.014062308	Severo
Piso 4	9	SISMOX MAX	13.1616	1040	0.012655385	Severo
Piso 4	10	SISMOX MAX	12.5309	1040	0.012048942	Severo
Piso 4	11	SISMOX MAX	12.5309	1040	0.012048942	Severo
Piso 4	12	SISMOX MAX	12.5309	1040	0.012048942	Severo
Piso 4	13	SISMOX MAX	13.1616	1040	0.012655385	Severo
Piso 4	14	SISMOX MAX	14.6248	1040	0.014062308	Severo
Piso 4	15	SISMOX MAX	16.8063	1040	0.016159904	Completo
Piso 4	16	SISMOX MAX	21.6083	1040	0.020777212	Completo
Piso 4	17	SISMOX MAX	13.1616	1040	0.012655385	Severo

N° Pisos	Pto.	Sismo	D x	H	Deriva	Estado de Daño
Piso 4	18	SISMOX MAX	14.6248	1040	0.014062308	Severo
Piso 4	19	SISMOX MAX	16.8063	1040	0.016159904	Completo
Piso 4	20	SISMOX MAX	17.9461	1040	0.017255865	Completo
Piso 4	21	SISMOX MAX	21.6083	1040	0.020777212	Completo
Piso 4	22	SISMOX MAX	23.2675	1040	0.022372596	Completo
Piso 4	23	SISMOX MAX	27.0173	1040	0.025978173	Completo
Piso 4	24	SISMOX MAX	25.4908	1040	0.024510385	Completo
Piso 4	25	SISMOX MAX	19.6063	1040	0.018852212	Completo
Piso 4	26	SISMOX MAX	19.6063	1040	0.018852212	Completo
Piso 4	27	SISMOX MAX	19.6063	1040	0.018852212	Completo
Piso 4	28	SISMOX MAX	27.0173	1040	0.025978173	Completo
Piso 4	29	SISMOX MAX	25.4908	1040	0.024510385	Completo
Piso 4	30	SISMOX MAX	27.0173	1040	0.025978173	Completo
Piso 4	31	SISMOX MAX	27.0173	1040	0.025978173	Completo
Piso 4	32	SISMOX MAX	21.6083	1040	0.020777212	Completo
Piso 4	33	SISMOX MAX	20.1969	1040	0.019420096	Completo
Piso 4	36	SISMOX MAX	19.6063	1040	0.018852212	Completo
Piso 4	37	SISMOX MAX	20.1969	1040	0.019420096	Completo
Piso 4	38	SISMOX MAX	21.6083	1040	0.020777212	Completo
Piso 4	39	SISMOX MAX	23.2675	1040	0.022372596	Completo
Piso 4	40	SISMOX MAX	17.9461	1040	0.017255865	Completo
Piso 4	41	SISMOX MAX	17.9461	1040	0.017255865	Completo
Piso 4	42	SISMOX MAX	19.6063	1040	0.018852212	Completo
Piso 4	43	SISMOX MAX	21.6083	1040	0.020777212	Completo
Piso 4	44	SISMOX MAX	13.1616	1040	0.012655385	Severo
Piso 4	46	SISMOX MAX	12.5309	1040	0.012048942	Severo
Piso 4	47	SISMOX MAX	13.1616	1040	0.012655385	Severo
Piso 4	48	SISMOX MAX	14.6248	1040	0.014062308	Severo
Piso 4	49	SISMOX MAX	14.9796	1040	0.014403462	Severo
Piso 4	50	SISMOX MAX	14.9796	1040	0.014403462	Severo
Piso 4	51	SISMOX MAX	15.0941	1040	0.014513558	Severo
Piso 4	52	SISMOX MAX	15.0941	1040	0.014513558	Severo
Piso 4	53	SISMOX MAX	16.1375	1040	0.015516827	Completo
Piso 4	54	SISMOX MAX	16.1375	1040	0.015516827	Completo
Piso 4	55	SISMOX MAX	16.8063	1040	0.016159904	Completo
Piso 4	56	SISMOX MAX	16.1375	1040	0.015516827	Completo
Piso 4	57	SISMOX MAX	18.5861	1040	0.017871250	Completo
Piso 4	58	SISMOX MAX	18.5861	1040	0.017871250	Completo

N° Pisos	Pto.	Sismo	D x	H	Deriva	Estado de Daño
Piso 4	59	SISMOX MAX	19.6063	1040	0.018852212	Completo
Piso 4	60	SISMOX MAX	21.6083	1040	0.020777212	Completo
Piso 4	61	SISMOX MAX	23.2675	1040	0.022372596	Completo
Piso 4	62	SISMOX MAX	14.9796	1040	0.014403462	Severo
Piso 4	287	SISMOX MAX	27.015	1040	0.025975962	Completo
Piso 3	1	SISMOX MAX	19.3556	780	0.024814872	Completo
Piso 3	2	SISMOX MAX	18.3079	780	0.023471667	Completo
Piso 3	3	SISMOX MAX	16.9992	780	0.021793846	Completo
Piso 3	4	SISMOX MAX	16.0672	780	0.020598974	Completo
Piso 3	5	SISMOX MAX	14.8555	780	0.019045513	Completo
Piso 3	6	SISMOX MAX	13.9187	780	0.017844487	Completo
Piso 3	7	SISMOX MAX	13.3814	780	0.017155641	Completo
Piso 3	8	SISMOX MAX	12.0662	780	0.015469487	Completo
Piso 3	9	SISMOX MAX	11.3719	780	0.014579359	Severo
Piso 3	10	SISMOX MAX	11.1214	780	0.014258205	Severo
Piso 3	11	SISMOX MAX	11.1214	780	0.014258205	Severo
Piso 3	12	SISMOX MAX	11.1214	780	0.014258205	Severo
Piso 3	13	SISMOX MAX	11.3719	780	0.014579359	Severo
Piso 3	14	SISMOX MAX	12.0662	780	0.015469487	Completo
Piso 3	15	SISMOX MAX	13.3814	780	0.017155641	Completo
Piso 3	16	SISMOX MAX	16.0672	780	0.020598974	Completo
Piso 3	17	SISMOX MAX	11.3719	780	0.014579359	Severo
Piso 3	18	SISMOX MAX	12.0662	780	0.015469487	Completo
Piso 3	19	SISMOX MAX	13.3814	780	0.017155641	Completo
Piso 3	20	SISMOX MAX	13.9187	780	0.017844487	Completo
Piso 3	21	SISMOX MAX	16.0672	780	0.020598974	Completo
Piso 3	22	SISMOX MAX	16.9992	780	0.021793846	Completo
Piso 3	23	SISMOX MAX	19.3556	780	0.024814872	Completo
Piso 3	24	SISMOX MAX	18.3079	780	0.023471667	Completo
Piso 3	25	SISMOX MAX	14.8555	780	0.019045513	Completo
Piso 3	26	SISMOX MAX	14.8555	780	0.019045513	Completo
Piso 3	27	SISMOX MAX	14.8555	780	0.019045513	Completo
Piso 3	28	SISMOX MAX	19.3556	780	0.024814872	Completo
Piso 3	29	SISMOX MAX	18.3079	780	0.023471667	Completo
Piso 3	30	SISMOX MAX	19.3556	780	0.024814872	Completo
Piso 3	31	SISMOX MAX	19.3556	780	0.024814872	Completo
Piso 3	32	SISMOX MAX	16.0672	780	0.020598974	Completo
Piso 3	33	SISMOX MAX	15.2656	780	0.019571282	Completo

N° Pisos	Pto.	Sismo	D x	H	Deriva	Estado de Daño
Piso 3	36	SISMOX MAX	14.8555	780	0.019045513	Completo
Piso 3	37	SISMOX MAX	15.2656	780	0.019571282	Completo
Piso 3	38	SISMOX MAX	16.0672	780	0.020598974	Completo
Piso 3	39	SISMOX MAX	16.9992	780	0.021793846	Completo
Piso 3	40	SISMOX MAX	13.9187	780	0.017844487	Completo
Piso 3	41	SISMOX MAX	13.9187	780	0.017844487	Completo
Piso 3	42	SISMOX MAX	14.8555	780	0.019045513	Completo
Piso 3	43	SISMOX MAX	16.0672	780	0.020598974	Completo
Piso 3	44	SISMOX MAX	11.3719	780	0.014579359	Severo
Piso 3	46	SISMOX MAX	11.1214	780	0.014258205	Severo
Piso 3	47	SISMOX MAX	11.3719	780	0.014579359	Severo
Piso 3	48	SISMOX MAX	12.0662	780	0.015469487	Completo
Piso 3	49	SISMOX MAX	12.3216	780	0.015796923	Completo
Piso 3	50	SISMOX MAX	12.3216	780	0.015796923	Completo
Piso 3	51	SISMOX MAX	12.404	780	0.015902564	Completo
Piso 3	52	SISMOX MAX	12.404	780	0.015902564	Completo
Piso 3	53	SISMOX MAX	13.0114	780	0.016681282	Completo
Piso 3	54	SISMOX MAX	13.0114	780	0.016681282	Completo
Piso 3	55	SISMOX MAX	13.3814	780	0.017155641	Completo
Piso 3	56	SISMOX MAX	13.0114	780	0.016681282	Completo
Piso 3	57	SISMOX MAX	14.2149	780	0.018224231	Completo
Piso 3	58	SISMOX MAX	14.2149	780	0.018224231	Completo
Piso 3	59	SISMOX MAX	14.8555	780	0.019045513	Completo
Piso 3	60	SISMOX MAX	16.0672	780	0.020598974	Completo
Piso 3	61	SISMOX MAX	16.9992	780	0.021793846	Completo
Piso 3	62	SISMOX MAX	12.3216	780	0.015796923	Completo
Piso 3	287	SISMOX MAX	19.3575	780	0.024817308	Completo
Piso 2	1	SISMOX MAX	12.8209	520	0.024655577	Completo
Piso 2	2	SISMOX MAX	12.2997	520	0.023653269	Completo
Piso 2	3	SISMOX MAX	11.5404	520	0.022193077	Completo
Piso 2	4	SISMOX MAX	10.9984	520	0.021150769	Completo
Piso 2	5	SISMOX MAX	10.6539	520	0.020488269	Completo
Piso 2	6	SISMOX MAX	10.3253	520	0.019856346	Completo
Piso 2	7	SISMOX MAX	10.1621	520	0.019542500	Completo
Piso 2	8	SISMOX MAX	9.8932	520	0.019025385	Completo
Piso 2	9	SISMOX MAX	9.6779	520	0.018611346	Completo
Piso 2	10	SISMOX MAX	9.5487	520	0.018362885	Completo
Piso 2	11	SISMOX MAX	9.5487	520	0.018362885	Completo

<b>N° Pisos</b>	<b>Pto.</b>	<b>Sismo</b>	<b>D x</b>	<b>H</b>	<b>Deriva</b>	<b>Estado de Daño</b>
Piso 2	12	SISMOX MAX	9.5487	520	0.018362885	Completo
Piso 2	13	SISMOX MAX	9.6779	520	0.018611346	Completo
Piso 2	14	SISMOX MAX	9.8932	520	0.019025385	Completo
Piso 2	15	SISMOX MAX	10.1621	520	0.019542500	Completo
Piso 2	16	SISMOX MAX	10.9984	520	0.021150769	Completo
Piso 2	17	SISMOX MAX	9.6779	520	0.018611346	Completo
Piso 2	18	SISMOX MAX	9.8932	520	0.019025385	Completo
Piso 2	19	SISMOX MAX	10.1621	520	0.019542500	Completo
Piso 2	20	SISMOX MAX	10.3253	520	0.019856346	Completo
Piso 2	21	SISMOX MAX	10.9984	520	0.021150769	Completo
Piso 2	22	SISMOX MAX	11.5404	520	0.022193077	Completo
Piso 2	23	SISMOX MAX	12.8209	520	0.024655577	Completo
Piso 2	24	SISMOX MAX	12.2997	520	0.023653269	Completo
Piso 2	25	SISMOX MAX	10.6539	520	0.020488269	Completo
Piso 2	26	SISMOX MAX	10.6539	520	0.020488269	Completo
Piso 2	27	SISMOX MAX	10.6539	520	0.020488269	Completo
Piso 2	28	SISMOX MAX	12.8209	520	0.024655577	Completo
Piso 2	29	SISMOX MAX	12.2997	520	0.023653269	Completo
Piso 2	30	SISMOX MAX	12.8209	520	0.024655577	Completo
Piso 2	31	SISMOX MAX	12.8209	520	0.024655577	Completo
Piso 2	32	SISMOX MAX	10.9984	520	0.021150769	Completo
Piso 2	33	SISMOX MAX	10.7705	520	0.020712500	Completo
Piso 2	36	SISMOX MAX	10.6539	520	0.020488269	Completo
Piso 2	37	SISMOX MAX	10.7705	520	0.020712500	Completo
Piso 2	38	SISMOX MAX	10.9984	520	0.021150769	Completo
Piso 2	39	SISMOX MAX	11.5404	520	0.022193077	Completo
Piso 2	40	SISMOX MAX	10.3253	520	0.019856346	Completo
Piso 2	41	SISMOX MAX	10.3253	520	0.019856346	Completo
Piso 2	42	SISMOX MAX	10.6539	520	0.020488269	Completo
Piso 2	43	SISMOX MAX	10.9984	520	0.021150769	Completo
Piso 2	44	SISMOX MAX	9.6779	520	0.018611346	Completo
Piso 2	46	SISMOX MAX	9.5487	520	0.018362885	Completo
Piso 2	47	SISMOX MAX	9.6779	520	0.018611346	Completo
Piso 2	48	SISMOX MAX	9.8932	520	0.019025385	Completo
Piso 2	49	SISMOX MAX	9.9454	520	0.019125769	Completo
Piso 2	50	SISMOX MAX	9.9454	520	0.019125769	Completo
Piso 2	51	SISMOX MAX	9.9623	520	0.019158269	Completo
Piso 2	52	SISMOX MAX	9.9623	520	0.019158269	Completo

<b>N° Pisos</b>	<b>Pto.</b>	<b>Sismo</b>	<b>D x</b>	<b>H</b>	<b>Deriva</b>	<b>Estado de Daño</b>
Piso 2	53	SISMOX MAX	10.0864	520	0.019396923	Completo
Piso 2	54	SISMOX MAX	10.0864	520	0.019396923	Completo
Piso 2	55	SISMOX MAX	10.1621	520	0.019542500	Completo
Piso 2	56	SISMOX MAX	10.0864	520	0.019396923	Completo
Piso 2	57	SISMOX MAX	10.4525	520	0.020100962	Completo
Piso 2	58	SISMOX MAX	10.4525	520	0.020100962	Completo
Piso 2	59	SISMOX MAX	10.6539	520	0.020488269	Completo
Piso 2	60	SISMOX MAX	10.9984	520	0.021150769	Completo
Piso 2	61	SISMOX MAX	11.5404	520	0.022193077	Completo
Piso 2	62	SISMOX MAX	9.9454	520	0.019125769	Completo
Piso 2	287	SISMOX MAX	12.8289	520	0.024670962	Completo
Piso 1	1	SISMOX MAX	7.4658	260	0.028714615	Completo
Piso 1	2	SISMOX MAX	7.4835	260	0.028782692	Completo
Piso 1	3	SISMOX MAX	7.5093	260	0.028881923	Completo
Piso 1	4	SISMOX MAX	7.5285	260	0.028955769	Completo
Piso 1	5	SISMOX MAX	7.5535	260	0.029051923	Completo
Piso 1	6	SISMOX MAX	7.5774	260	0.029143846	Completo
Piso 1	7	SISMOX MAX	7.6038	260	0.029245385	Completo
Piso 1	8	SISMOX MAX	7.6902	260	0.029577692	Completo
Piso 1	9	SISMOX MAX	7.7594	260	0.029843846	Completo
Piso 1	10	SISMOX MAX	7.8009	260	0.030003462	Completo
Piso 1	11	SISMOX MAX	7.8009	260	0.030003462	Completo
Piso 1	12	SISMOX MAX	7.8009	260	0.030003462	Completo
Piso 1	13	SISMOX MAX	7.7594	260	0.029843846	Completo
Piso 1	14	SISMOX MAX	7.6902	260	0.029577692	Completo
Piso 1	15	SISMOX MAX	7.6038	260	0.029245385	Completo
Piso 1	16	SISMOX MAX	7.5285	260	0.028955769	Completo
Piso 1	17	SISMOX MAX	7.7594	260	0.029843846	Completo
Piso 1	18	SISMOX MAX	7.6902	260	0.029577692	Completo
Piso 1	19	SISMOX MAX	7.6038	260	0.029245385	Completo
Piso 1	20	SISMOX MAX	7.5774	260	0.029143846	Completo
Piso 1	21	SISMOX MAX	7.5285	260	0.028955769	Completo
Piso 1	22	SISMOX MAX	7.5093	260	0.028881923	Completo
Piso 1	23	SISMOX MAX	7.4658	260	0.028714615	Completo
Piso 1	24	SISMOX MAX	7.4835	260	0.028782692	Completo
Piso 1	25	SISMOX MAX	7.5535	260	0.029051923	Completo
Piso 1	26	SISMOX MAX	7.5535	260	0.029051923	Completo
Piso 1	27	SISMOX MAX	7.5535	260	0.029051923	Completo

<b>N° Pisos</b>	<b>Pto.</b>	<b>Sismo</b>	<b>D x</b>	<b>H</b>	<b>Deriva</b>	<b>Estado de Daño</b>
Piso 1	28	SISMOX MAX	7.4658	260	0.028714615	Completo
Piso 1	29	SISMOX MAX	7.4835	260	0.028782692	Completo
Piso 1	30	SISMOX MAX	7.4658	260	0.028714615	Completo
Piso 1	31	SISMOX MAX	7.4658	260	0.028714615	Completo
Piso 1	32	SISMOX MAX	7.5285	260	0.028955769	Completo
Piso 1	33	SISMOX MAX	7.5451	260	0.029019615	Completo
Piso 1	36	SISMOX MAX	7.5535	260	0.029051923	Completo
Piso 1	37	SISMOX MAX	7.5451	260	0.029019615	Completo
Piso 1	38	SISMOX MAX	7.5285	260	0.028955769	Completo
Piso 1	39	SISMOX MAX	7.5093	260	0.028881923	Completo
Piso 1	40	SISMOX MAX	7.5774	260	0.029143846	Completo
Piso 1	41	SISMOX MAX	7.5774	260	0.029143846	Completo
Piso 1	42	SISMOX MAX	7.5535	260	0.029051923	Completo
Piso 1	43	SISMOX MAX	7.5285	260	0.028955769	Completo
Piso 1	44	SISMOX MAX	7.7594	260	0.029843846	Completo
Piso 1	46	SISMOX MAX	7.8009	260	0.030003462	Completo
Piso 1	47	SISMOX MAX	7.7594	260	0.029843846	Completo
Piso 1	48	SISMOX MAX	7.6902	260	0.029577692	Completo
Piso 1	49	SISMOX MAX	7.6734	260	0.029513077	Completo
Piso 1	50	SISMOX MAX	7.6734	260	0.029513077	Completo
Piso 1	51	SISMOX MAX	7.668	260	0.029492308	Completo
Piso 1	52	SISMOX MAX	7.668	260	0.029492308	Completo
Piso 1	53	SISMOX MAX	7.6281	260	0.029338846	Completo
Piso 1	54	SISMOX MAX	7.6281	260	0.029338846	Completo
Piso 1	55	SISMOX MAX	7.6038	260	0.029245385	Completo
Piso 1	56	SISMOX MAX	7.6281	260	0.029338846	Completo
Piso 1	57	SISMOX MAX	7.5681	260	0.029108077	Completo
Piso 1	58	SISMOX MAX	7.5681	260	0.029108077	Completo
Piso 1	59	SISMOX MAX	7.5535	260	0.029051923	Completo
Piso 1	60	SISMOX MAX	7.5285	260	0.028955769	Completo
Piso 1	61	SISMOX MAX	7.5093	260	0.028881923	Completo
Piso 1	62	SISMOX MAX	7.6734	260	0.029513077	Completo
Piso 1	287	SISMOX MAX	7.4629	260	0.028703462	Completo

### 5.3.6. Niveles de Daño en la Dirección del eje “X”

La estructura analizada cuenta con 540 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje X como se muestran en las Tablas 16, 17, 18 y 19.

Tabla 16: Estado de daño leve Eje X – Edificio de 9 pisos

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	456	0.84	0.16
2	0.20g	73	0.14	0.86
3	0.40g	0	0.00	1.00
4	0.50g	0	0.00	1.00
5	0.60g	0	0.00	1.00
6	0.70g	0	0.00	1.00
7	0.80g	0	0.00	1.00
8	1.00g	0	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 17: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 9 pisos

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	84	540	1.00	0.00
2	0.20g	383	456	0.84	0.16
3	0.40g	73	73	0.14	0.86
4	0.50g	22	22	0.04	0.96
5	0.60g	0	0	0.00	1.00
6	0.70g	0	0	0.00	1.00
7	0.80g	0	0	0.00	1.00
8	1.00g	0	0	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 18: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 9 pisos

Estado de daño Severo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	540	1.00	0.00
2	0.20g	84	540	1.00	0.00
3	0.40g	467	540	1.00	0.00
4	0.50g	514	536	1.00	0.00
5	0.60g	456	456	0.84	0.16
6	0.70g	380	380	0.70	0.30
7	0.80g	249	249	0.46	0.54
8	1.00g	132	132	0.24	0.76

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 19: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 9 pisos

Estado de daño Completo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	540	1	0
2	0.20g	0	540	1	0
3	0.40g	0	540	1	0
4	0.50g	0	536	1	0
5	0.60g	84	540	1	0
6	0.70g	160	540	1	0
7	0.80g	291	540	1	0
8	1.00g	408	540	1	0

Referencia: Elaboración Propia

### 5.3.7. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”

La estructura analizada cuenta con 540 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje Y como se muestran en las Tablas 20, 21, 22 y 23.

Tabla 20: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 9 pisos

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	540	1.00	0.00
2	0.20g	489	0.91	0.09
3	0.40g	386	0.71	0.29
4	0.50g	330	0.61	0.39
5	0.60g	286	0.53	0.47
6	0.70g	242	0.45	0.55
7	0.80g	210	0.39	0.61
8	1.00g	146	0.27	0.73

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 21: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 9 pisos

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	540	1.00	0.00
2	0.20g	51	540	1.00	0.00
3	0.40g	103	489	0.91	0.09
4	0.50g	128	458	0.85	0.15
5	0.60g	152	438	0.81	0.19
6	0.70g	167	409	0.76	0.24
7	0.80g	176	386	0.71	0.29
8	1.00g	184	330	0.61	0.39

Tabla 22: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 9 pisos

Estado de daño Severo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	540	1.00	0.00
2	0.20g	0	540	1.00	0.00
3	0.40g	51	540	1.00	0.00
4	0.50g	82	540	1.00	0.00
5	0.60g	102	540	1.00	0.00
6	0.70g	127	536	0.99	0.01
7	0.80g	145	531	0.98	0.02
8	1.00g	181	511	0.95	0.05

Referencia: Elaboración Propia.

Tabla 23: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 9 pisos

Estado de daño Completo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	540	1.00	0.00
2	0.20g	0	540	1.00	0.00
3	0.40g	0	540	1.00	0.00
4	0.50g	0	540	1.00	0.00
5	0.60g	0	540	1.00	0.00
6	0.70g	4	540	1.00	0.00
7	0.80g	9	540	1.00	0.00
8	1.00g	29	540	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

### 5.3.8. Curvas de Fragilidad

Las Curvas de Daño se graficó según % de Daño vs las PGA como se muestran en las Figuras 27 y 28.

Figura 27: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 9 pisos

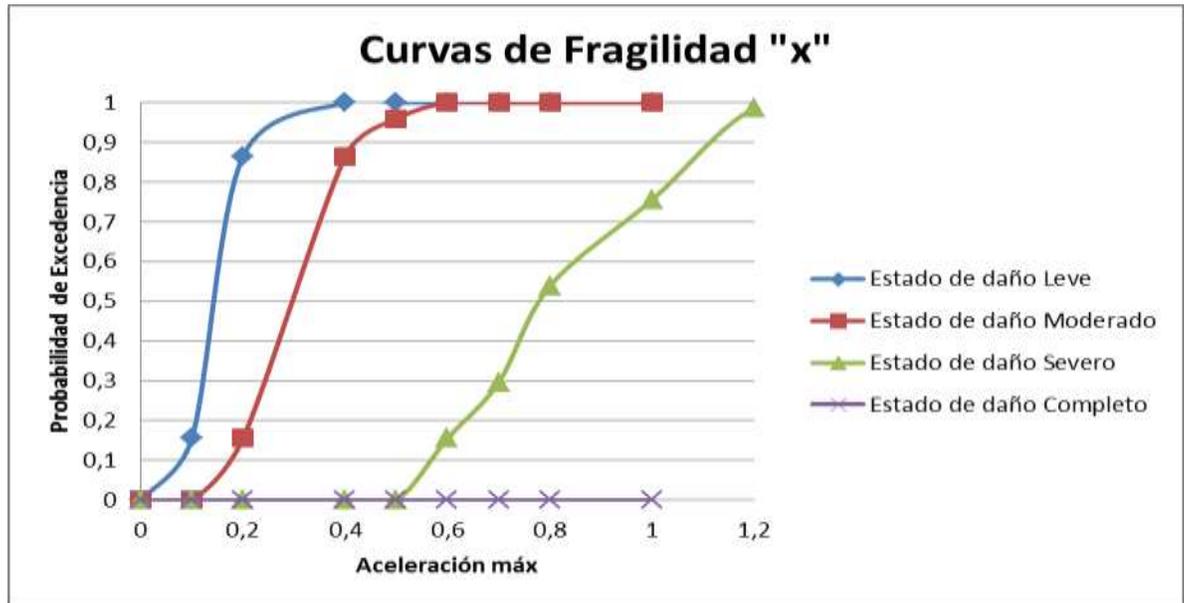
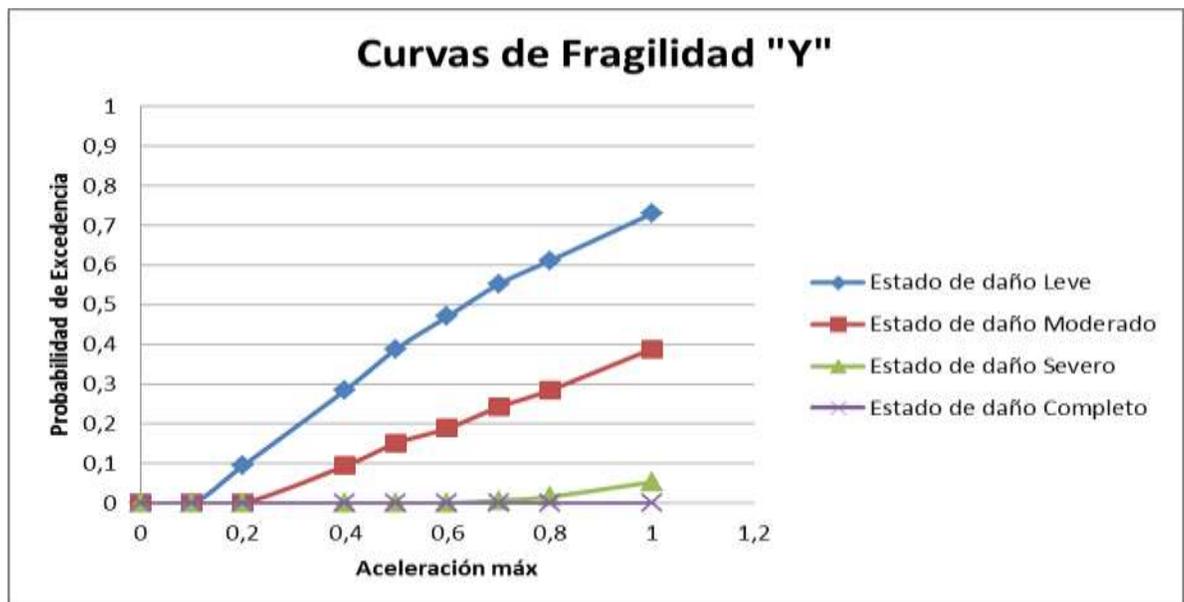


Figura 28: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 9 pisos

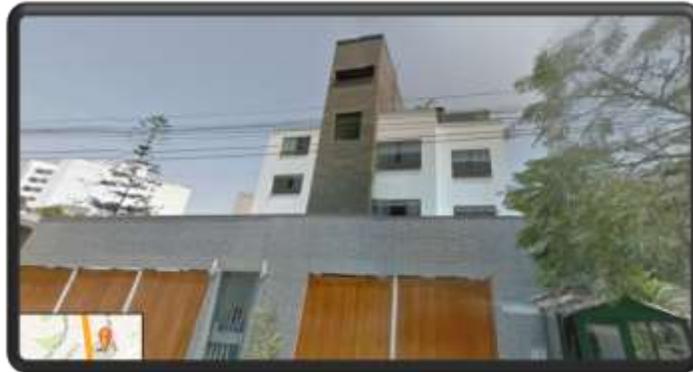


## 5.4. Edificio de 5 Pisos

### 5.4.1. Ubicación y Terreno:

El edificio multifamiliar está localizado en la Urbanización Valle Hermoso, el cual se sitúa sobre el Lote S/N Manzana C en el Jr. Jerónimo de Aliaga Sur N°595, en el Distrito de Santiago de Surco, Provincia y Departamento de Lima. El terreno tiene una superficie total de 334.56 m<sup>2</sup>, cuya fachada se muestra en la Figura 29 y los planos en el Anexo 22.

Figura 29: Vista Real - Edificio de 5 pisos



Referencia 16: Fuente propia

### 5.4.2. Altura de la Edificación:

El edificio cuenta con una altura de entrepiso típico con 01 nivel de sótano y 01 nivel de semisótano (Ver Tabla 24).

Tabla 24: Altura de entrepisos - Edificio 5 pisos.

N° Pisos	H (m)	H Acumulada (m)
Azotea	3.0	24.0
Piso 5	3.0	21.0
Piso 4	3.0	18.0

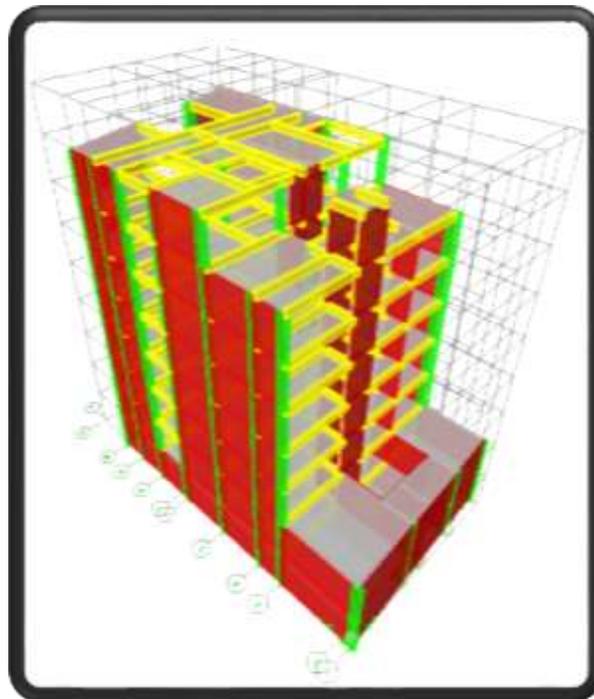
N° Pisos	H (m)	H Acumulada (m)
Piso 3	3.0	15.0
Piso 2	3.0	12.0
Piso 1	3.0	9.0
Semisótano	3.0	6.0
1° Sótano	3.0	3.0

Referencia: Elaboración Propia

#### 5.4.3. Modelo Etabs:

Al concluir el modelado de todos los elementos según el plano de estructuras en el programa ETABS procedemos a darle una presentación de extrusión como se muestra en la Figura 30.

Figura 30: Modelamiento - Edificio de 5 pisos

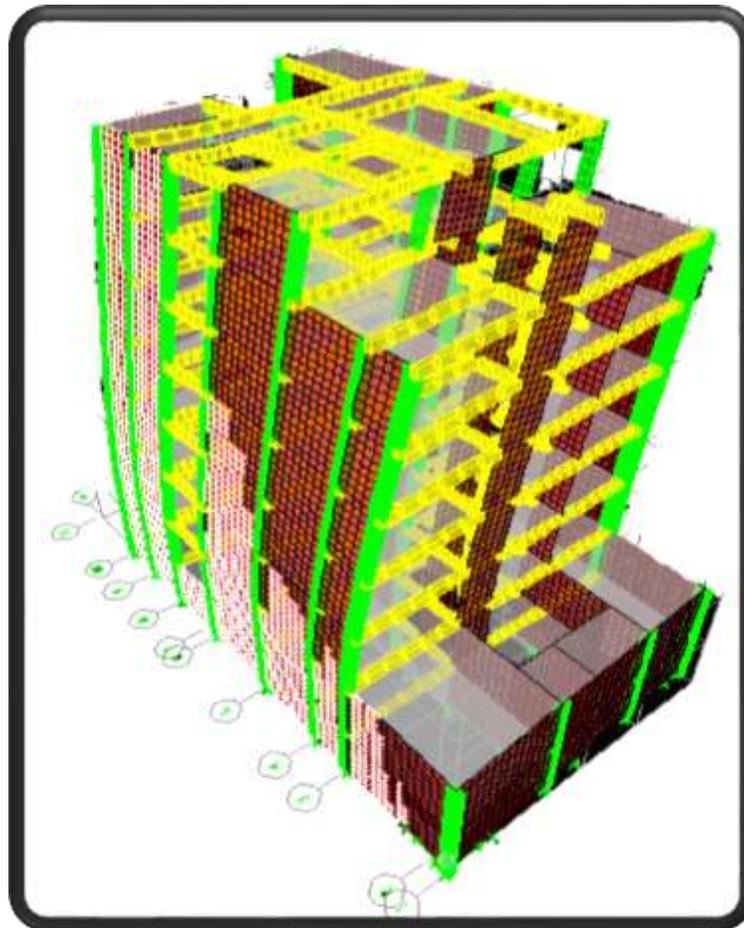


Referencia: Programa ETABS

#### 5.4.4. Deformación por Sismo

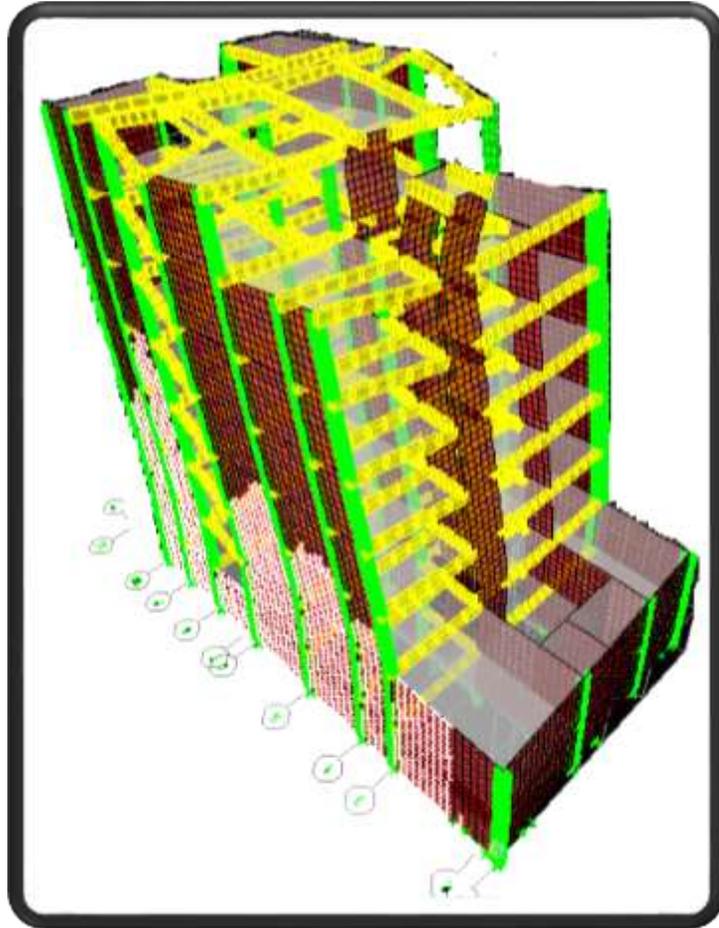
Después de gestionar el análisis podemos apreciar la deformación por sismo tanto como el Eje X e Y (Ver Figura 31 y 32); en el cual se visualiza que la parte superior de la edificación tiene un desplazamiento mayor respecto a su eje y que en los niveles de sótano no existe desplazamiento alguno debido a que se encuentran debajo del suelo.

Figura 31: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 5 pisos



Referencia: Programa ETABS

Figura 32: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 5 pisos



Referencia: Programa ETABS

#### 5.4.5. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “X”

La estructura analizada cuenta con 253 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje X como se muestran en las Tablas 25, 26, 27 y 28.

Tabla 25: Estado de daño leve Eje X – Edificio de 5 pisos

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	251	0.99	0.01
2	0.20g	0	0.00	1.00
3	0.40g	0	0.00	1.00
4	0.50g	0	0.00	1.00
5	0.60g	0	0.00	1.00
6	0.70g	0	0.00	1.00
7	0.80g	0	0.00	1.00
8	1.00g	0	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 26: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 5 pisos

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	2	253	1.00	0.00
2	0.20g	253	253	1.00	0.00
3	0.40g	0	0	0.00	1.00
4	0.50g	0	0	0.00	1.00
5	0.60g	0	0	0.00	1.00
6	0.70g	0	0	0.00	1.00
7	0.80g	0	0	0.00	1.00
8	1.00g	0	0	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 27: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 5 pisos

Estado de daño Severo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	253	1.00	0.00
2	0.20g	0	253	1.00	0.00
3	0.40g	253	253	1.00	0.00
4	0.50g	253	253	1.00	0.00
5	0.60g	253	253	1.00	0.00
6	0.70g	178	178	0.70	0.30
7	0.80g	114	114	0.45	0.55
8	1.00g	17	17	0.07	0.93

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 28: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 5 pisos

Estado de daño Completo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	253	1.00	0.00
2	0.20g	0	253	1.00	0.00
3	0.40g	0	253	1.00	0.00
4	0.50g	0	253	1.00	0.00
5	0.60g	0	253	1.00	0.00
6	0.70g	75	253	1.00	0.00
7	0.80g	139	253	1.00	0.00
8	1.00g	236	253	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

#### 5.4.6. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”

La estructura analizada cuenta con 253 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje Y como se muestran en las Tablas 29, 30, 31 y 32.

Tabla 29: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 5 pisos

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	253	1.00	0.00
2	0.20g	253	1.00	0.00
3	0.40g	253	1.00	0.00
4	0.50g	253	1.00	0.00
5	0.60g	253	1.00	0.00
6	0.70g	253	1.00	0.00
7	0.80g	253	1.00	0.00
8	1.00g	253	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 30: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 5 pisos

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	253	1.00	0.00
2	0.20g	0	253	1.00	0.00
3	0.40g	0	253	1.00	0.00
4	0.50g	0	253	1.00	0.00
5	0.60g	0	253	1.00	0.00
6	0.70g	0	253	1.00	0.00
7	0.80g	0	253	1.00	0.00
8	1.00g	0	253	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 31: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 5 pisos

<b>Estado de daño Severo</b>					
<b>Nro.</b>	<b>Sismo</b>	<b>Nro. Reg.(g)</b>	<b>Nro. Reg.(g) Acum</b>	<b>Prob. de ocurrencia</b>	<b>Prob. de Excedencia (%Daño)</b>
1	0.10g	0	253	1.00	0.00
2	0.20g	0	253	1.00	0.00
3	0.40g	0	253	1.00	0.00
4	0.50g	0	253	1.00	0.00
5	0.60g	0	253	1.00	0.00
6	0.70g	0	253	1.00	0.00
7	0.80g	0	253	1.00	0.00
8	1.00g	0	253	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 32: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 5 pisos

<b>Estado de daño Completo</b>					
<b>Nro.</b>	<b>Sismo</b>	<b>Nro. Reg.(g)</b>	<b>Nro. Reg.(g) Acum</b>	<b>Prob. de ocurrencia</b>	<b>Prob. de Excedencia (%Daño)</b>
1	0.10g	0	253	1.00	0.00
2	0.20g	0	253	1.00	0.00
3	0.40g	0	253	1.00	0.00
4	0.50g	0	253	1.00	0.00
5	0.60g	0	253	1.00	0.00
6	0.70g	0	253	1.00	0.00
7	0.80g	0	253	1.00	0.00
8	1.00g	0	253	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

### 5.4.7. Curvas de Fragilidad

Las Curvas de Daño se graficó según % de Daño vs las PGA como se muestran en las Figuras 33 y 34.

Figura 33: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 5 pisos

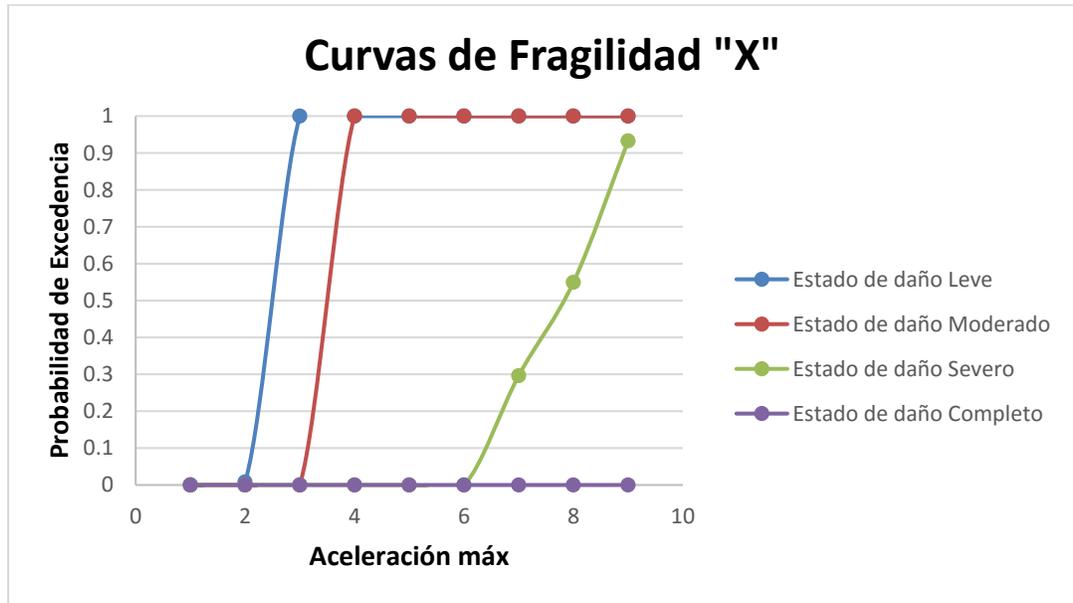
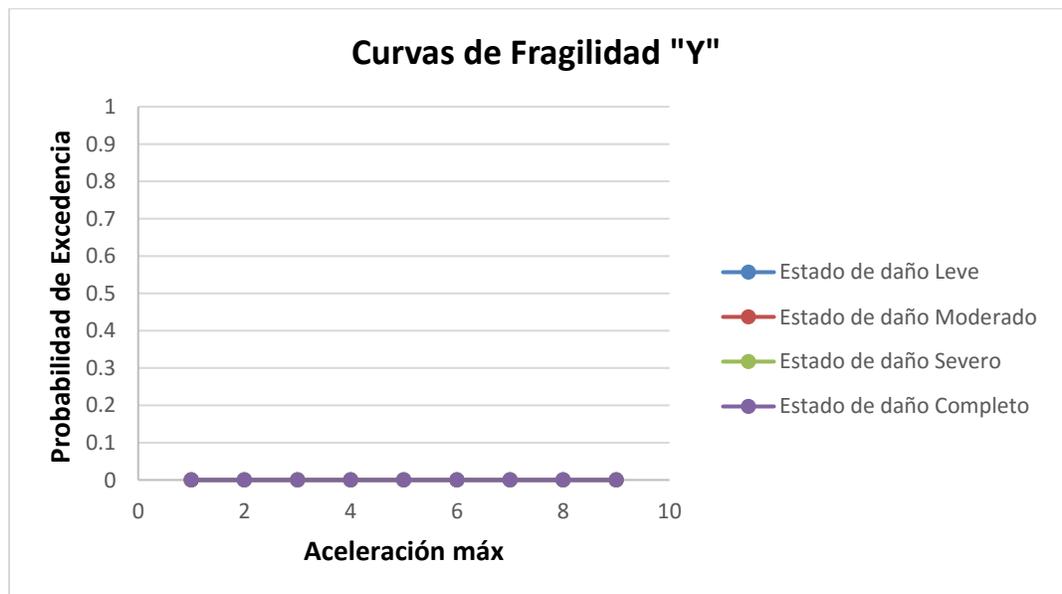


Figura 34: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 5 pisos



## **5.5. Edificio 7 Pisos**

### **5.5.1. Ubicación y Terreno:**

El edificio multifamiliar está localizado en la Urbanización Las Casuarinas Sur, el cual se sitúa sobre el Lote S/N Manzana S/N en la Calle Las Violetas N°289, en el Distrito de Santiago de Surco, Provincia y Departamento de Lima. El terreno tiene una superficie total de 449.11 m<sup>2</sup>, cuya fachada se muestra en la Figura 35 y los planos en el Anexo 22.

Figura 35: Vista Real - Edificio de 7 pisos.



Referencia: Elaboración Propia

### **5.5.2. Altura de la Edificación:**

El edificio cuenta con una altura de entrepiso típico con 02 niveles de sótano (Ver Tabla 33).

Tabla 33: Altura de entrepisos – Edificio 7 pisos.

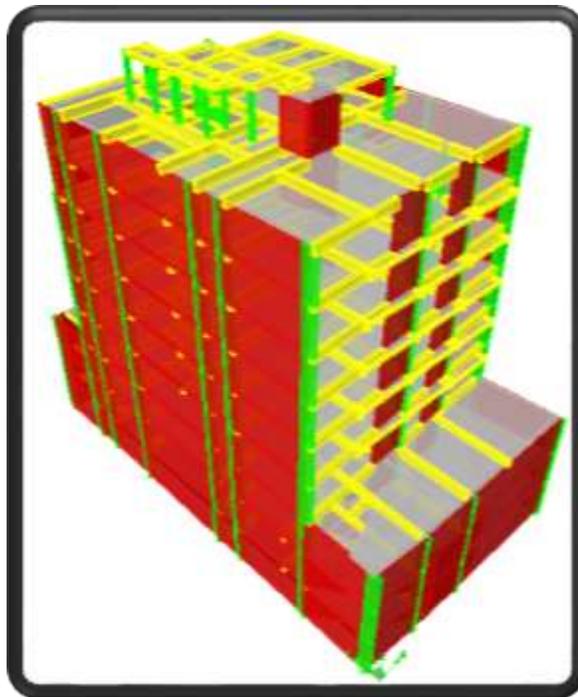
N° Pisos	H (m)	H Acum (m)
Piso 7	2.80	28.00
Piso 6	2.80	25.20
Piso 5	2.80	22.40
Piso 4	2.80	19.60
Piso 3	2.80	16.80
Piso 2	2.80	14.00
Piso 1	2.80	11.20
1er Sótano	2.80	8.40
2do Sótano	2.80	5.60

Referencia: Elaboración Propia

### 5.5.3. Modelo Etabs:

Al concluir el modelado de todos los elementos según el plano de estructuras en el programa ETABS procedemos a darle una presentación de extrusión como se muestra en la Figura 36.

Figura 36: Modelamiento - Edificio de 7 pisos.

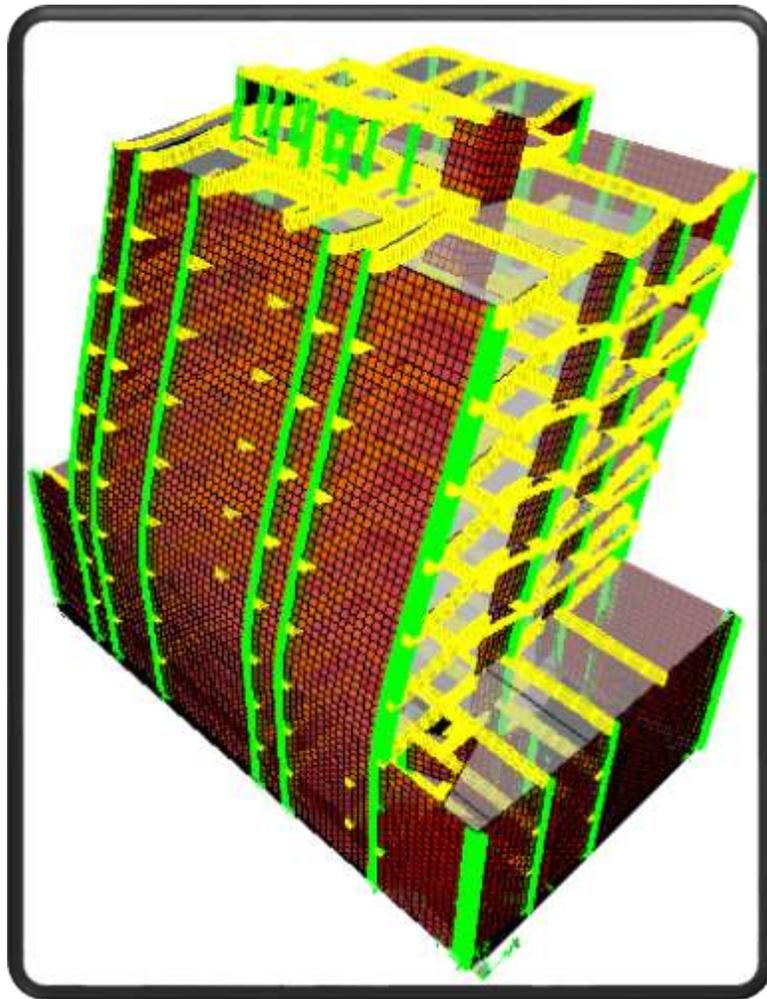


Referencia: Programa ETABS

#### 5.5.4. Deformación por Sismo

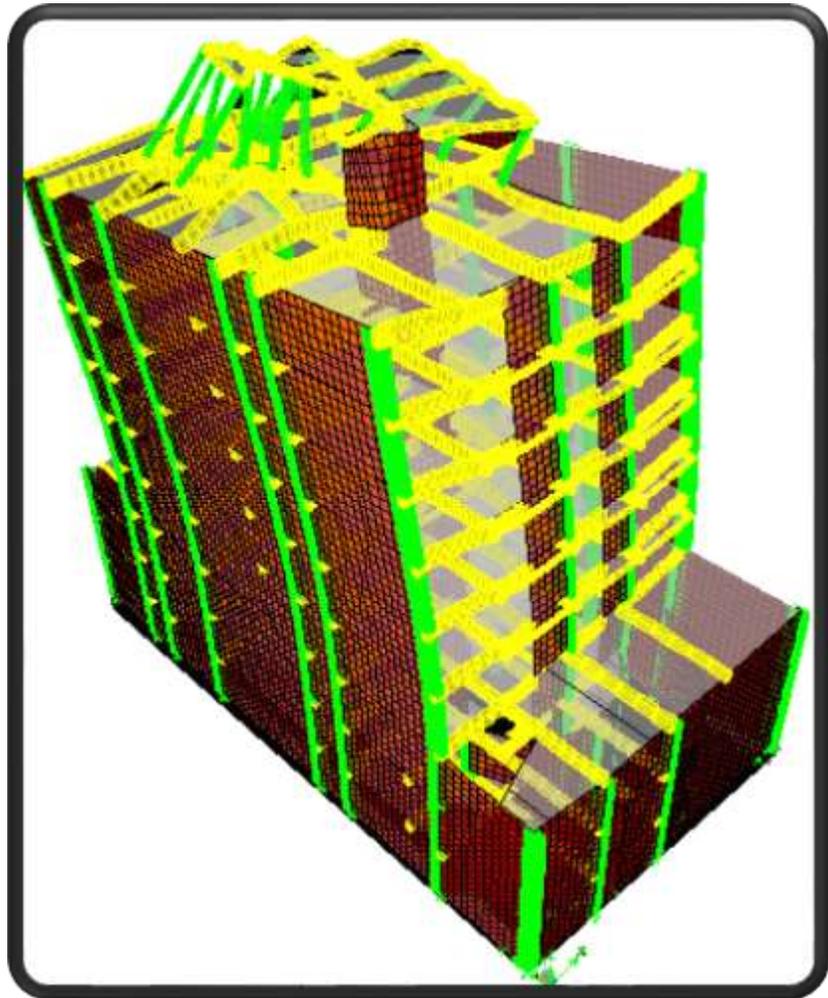
Después de gestionar el análisis podemos apreciar la deformación por sismo tanto como el Eje X e Y (Ver Figura 37 y 38); en el cual se visualiza que la parte superior de la edificación tiene un desplazamiento mayor respecto a su eje y que en los niveles de sótano no existe desplazamiento alguno debido a que se encuentran debajo del suelo.

Figura 37: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 7 pisos



Referencia: Programa ETABS

Figura 38: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 7 pisos



Referencia: Programa ETABS

### 5.5.5. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “X”

La estructura analizada cuenta con 644 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje X como se muestran en las Tablas 34, 35, 36 y 37.

Tabla 34: Estado de daño Leve Eje X - Edificio de 7 pisos

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	3	0.00	1.00
2	0.20g	3	0.00	1.00
3	0.40g	3	0.00	1.00
4	0.50g	3	0.00	1.00
5	0.60g	3	0.00	1.00
6	0.70g	3	0.00	1.00
7	0.80g	3	0.00	1.00
8	1.00g	3	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 35: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 7 pisos

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	641	644	1.00	0.00
2	0.20g	0	3	0.00	1.00
3	0.40g	0	3	0.00	1.00
4	0.50g	0	3	0.00	1.00
5	0.60g	0	3	0.00	1.00
6	0.70g	0	3	0.00	1.00
7	0.80g	0	3	0.00	1.00
8	1.00g	0	3	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 36: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 7 pisos

<b>Estado de daño Severo</b>					
<b>Nro.</b>	<b>Sismo</b>	<b>Nro. Reg.(g)</b>	<b>Nro. Reg.(g) Acum</b>	<b>Prob. de ocurrencia</b>	<b>Prob. de Excedencia (%Daño)</b>
1	0.10g	0	644	1.00	0.00
2	0.20g	641	644	1.00	0.00
3	0.40g	277	280	0.43	0.57
4	0.50g	71	74	0.11	0.89
5	0.60g	0	3	0.00	1.00
6	0.70g	0	3	0.00	1.00
7	0.80g	0	3	0.00	1.00
8	1.00g	0	3	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 37: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 7 pisos

<b>Estado de daño Completo</b>					
<b>Nro.</b>	<b>Sismo</b>	<b>Nro. Reg.(g)</b>	<b>Nro. Reg.(g) Acum</b>	<b>Prob. de ocurrencia</b>	<b>Prob. de Excedencia (%Daño)</b>
1	0.10g	0	644	1.00	0.00
2	0.20g	0	644	1.00	0.00
3	0.40g	364	644	1.00	0.00
4	0.50g	570	644	1.00	0.00
5	0.60g	641	644	1.00	0.00
6	0.70g	641	644	1.00	0.00
7	0.80g	641	644	1.00	0.00
8	1.00g	641	644	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

### 5.5.6. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”

La estructura analizada cuenta con 644 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje Y como se muestran en las Tablas 38, 39, 40 y 41.

Tabla 38: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 7 pisos

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	644	1.00	0.00
2	0.20g	644	1.00	0.00
3	0.40g	644	1.00	0.00
4	0.50g	644	1.00	0.00
5	0.60g	644	1.00	0.00
6	0.70g	583	0.91	0.09
7	0.80g	478	0.74	0.26
8	1.00g	353	0.55	0.45

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 39: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 7 pisos

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	644	1.00	0.00
2	0.20g	0	644	1.00	0.00
3	0.40g	0	644	1.00	0.00
4	0.50g	0	644	1.00	0.00
5	0.60g	0	644	1.00	0.00
6	0.70g	61	644	1.00	0.00
7	0.80g	166	644	1.00	0.00
8	1.00g	291	644	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 40: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 7 pisos

<b>Estado de daño Severo</b>					
<b>Nro.</b>	<b>Sismo</b>	<b>Nro. Reg.(g)</b>	<b>Nro. Reg.(g) Acum</b>	<b>Prob. de ocurrencia</b>	<b>Prob. de Excedencia (%Daño)</b>
1	0.10g	0	644	1.00	0.00
2	0.20g	0	644	1.00	0.00
3	0.40g	0	644	1.00	0.00
4	0.50g	0	644	1.00	0.00
5	0.60g	0	644	1.00	0.00
6	0.70g	0	644	1.00	0.00
7	0.80g	0	644	1.00	0.00
8	1.00g	0	644	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 41: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 7 pisos

<b>Estado de daño Completo</b>					
<b>Nro.</b>	<b>Sismo</b>	<b>Nro. Reg.(g)</b>	<b>Nro. Reg.(g) Acum</b>	<b>Prob. de ocurrencia</b>	<b>Prob. de Excedencia (%Daño)</b>
1	0.10g	0	644	1.00	0.00
2	0.20g	0	644	1.00	0.00
3	0.40g	0	644	1.00	0.00
4	0.50g	0	644	1.00	0.00
5	0.60g	0	644	1.00	0.00
6	0.70g	0	644	1.00	0.00
7	0.80g	0	644	1.00	0.00
8	1.00g	0	644	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

### 5.5.7. Curvas de Fragilidad

Las Curvas de Daño se graficó según % de Daño vs las PGA como se muestran en las Figuras 39 y 40.

Figura 39: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 7 pisos

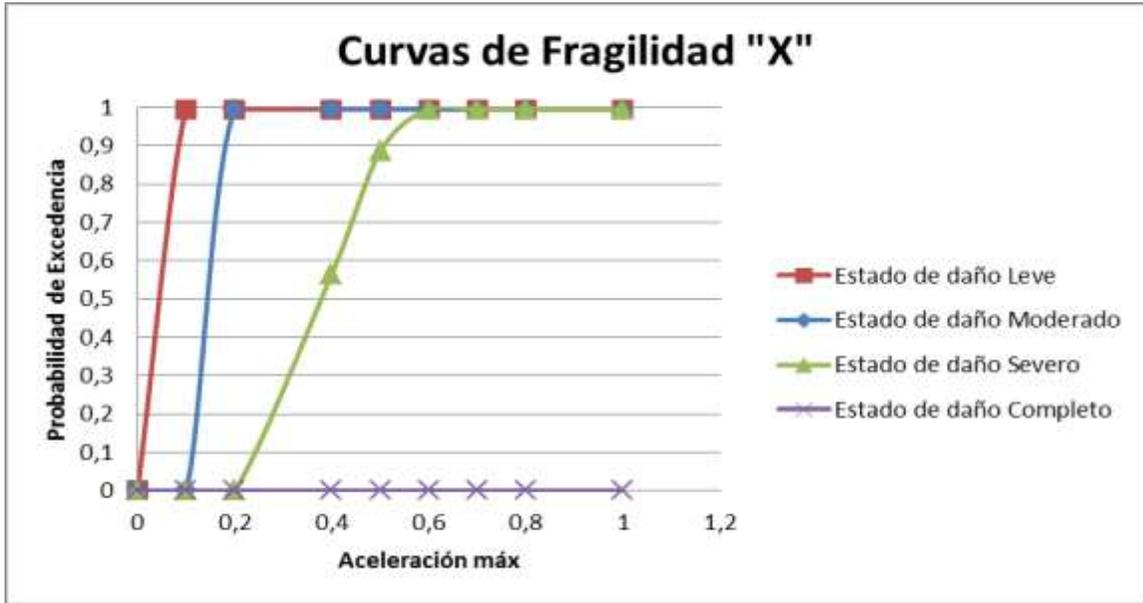
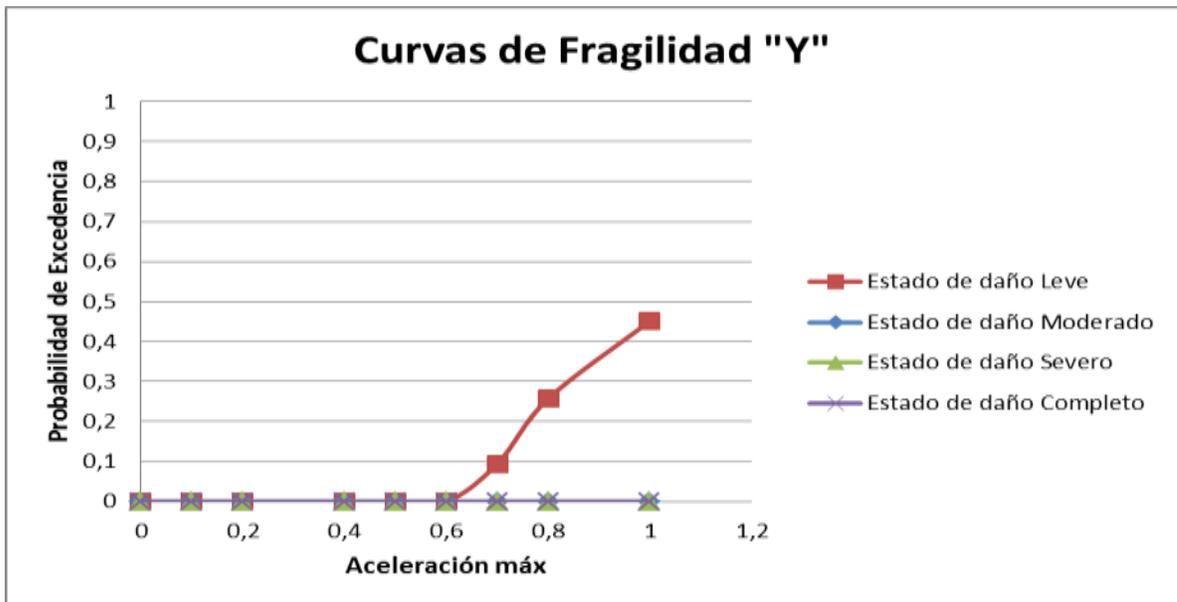


Figura 40: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 7 pisos



## 5.6. Edificio 8 Pisos

### 5.6.1. Ubicación y Terreno:

El edificio multifamiliar está localizado en la Urbanización Valle Hermoso, el cual se sitúa sobre el Lote S/N Manzana S/N en la Calle Cristóbal Peralta Sur N°1145, en el Distrito de Santiago de Surco, Provincia y Departamento de Lima. El terreno tiene una superficie total de 300 m<sup>2</sup>, cuya fachada se muestra en la figura 41 y los planos se encuentran en el Anexo 22.

Figura 41: Vista Real - Edificio de 8 pisos.



Referencia: Elaboración Propia

### 5.6.2. Altura de la Edificación:

El edificio cuenta con una altura de entrepiso típico con 01 nivel de sótano (Ver Tabla 42).

Tabla 42: Altura de entresijos - Edificio 8 pisos

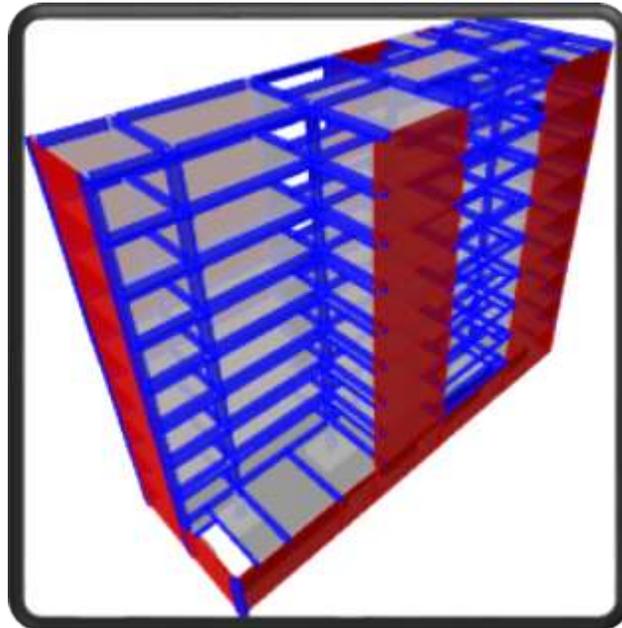
N° Pisos	H (m)	H Acum (m)
Piso 8	2.6	23.8
Piso 7	2.6	21.2
Piso 6	2.6	18.6
Piso 5	2.6	16
Piso 4	2.6	13.4
Piso 3	2.6	10.8
Piso 2	2.6	8.2
Piso 1	2.6	5.6
SOTANO	3	3

Referencia: Elaboración Propia

### 5.6.3. Modelo Etabs:

Al concluir el modelado de todos los elementos según el plano de estructuras en el programa ETABS procedemos a darle una presentación de extrusión como se muestra en la Figura 42.

Figura 42: Modelamiento - Edificio de 8 pisos.

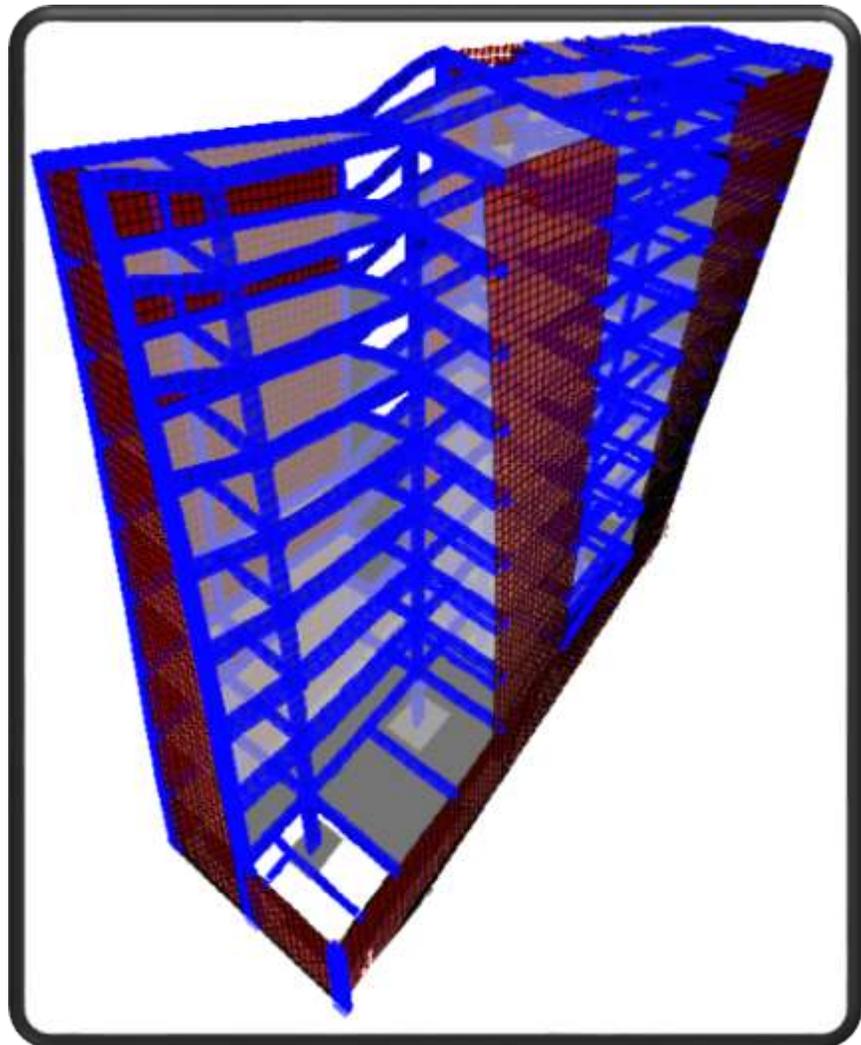


Referencia: Programa Etabs

#### 5.6.4. Deformación por Sismo

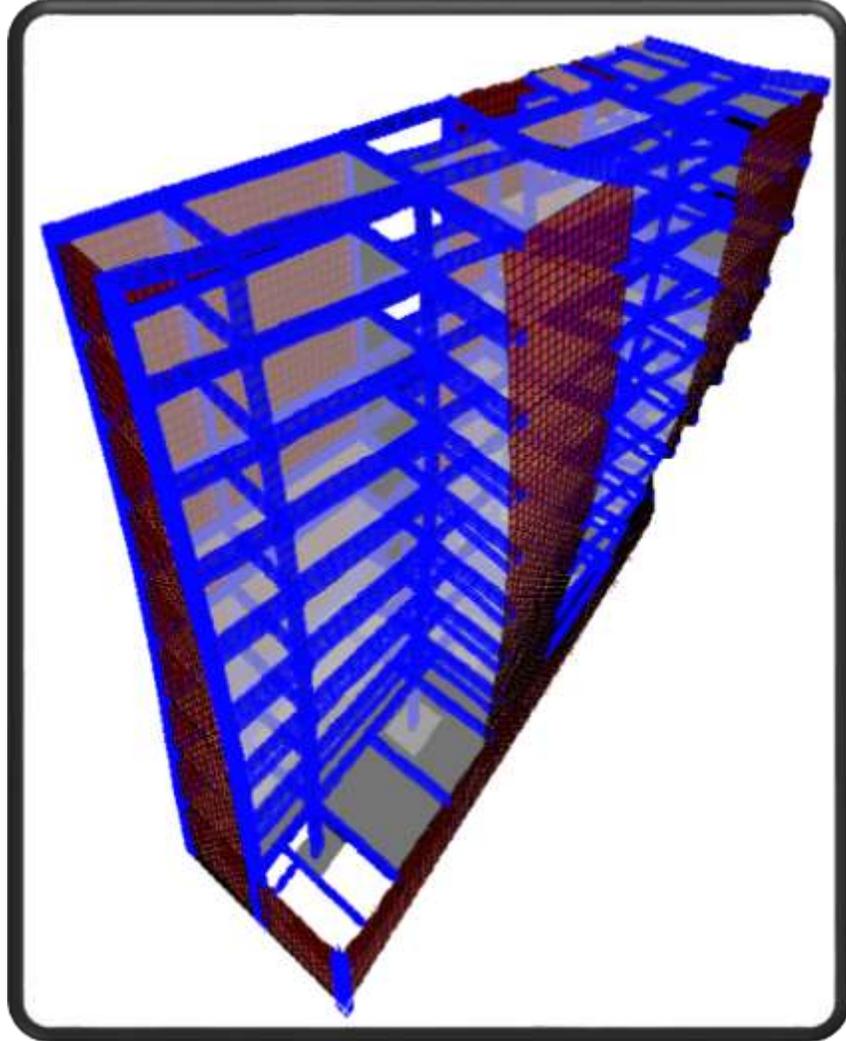
Después de gestionar el análisis podemos apreciar la deformación por sismo tanto como el Eje X e Y (Ver Figura 43 y 42); en el cual se visualiza que la parte superior de la edificación tiene un desplazamiento mayor respecto a su eje y que en los niveles de sótano no existe desplazamiento alguno debido a que se encuentran debajo del suelo.

Figura 43: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 8 pisos



Referencia: Programa ETABS

Figura 44: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 8 pisos



Referencia: Programa ETABS

### 5.6.5. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “X”

La estructura analizada cuenta con 508 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje X como se muestran en las Tablas 43, 44, 45 y 46.

Tabla 43: Estado de daño leve Eje X – Edificio de 8 pisos

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	508	1.00	0.00
2	0.20g	508	1.00	0.00
3	0.40g	284	0.56	0.44
4	0.50g	140	0.28	0.72
5	0.60g	24	0.05	0.95
6	0.70g	0	0.00	1.00
7	0.80g	0	0.00	1.00
8	1.00g	0	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 44: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 8 pisos

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	508	1.00	0.00
2	0.20g	0	508	1.00	0.00
3	0.40g	224	508	1.00	0.00
4	0.50g	348	488	0.96	0.04
5	0.60g	417	441	0.87	0.13
6	0.70g	371	371	0.73	0.27
7	0.80g	284	284	0.56	0.44
8	1.00g	140	140	0.28	0.72

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 45: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 8 pisos

<b>Estado de daño Severo</b>					
<b>Nro.</b>	<b>Sismo</b>	<b>Nro. Reg.(g)</b>	<b>Nro. Reg.(g) Acum</b>	<b>Prob. de ocurrencia</b>	<b>Prob. de Excedencia (%Daño)</b>
1	0.10g	0	508	1.00	0.00
2	0.20g	0	508	1.00	0.00
3	0.40g	0	508	1.00	0.00
4	0.50g	20	508	1.00	0.00
5	0.60g	67	508	1.00	0.00
6	0.70g	137	508	1.00	0.00
7	0.80g	224	508	1.00	0.00
8	1.00g	368	508	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 46: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 8 pisos

<b>Estado de daño Completo</b>					
<b>Nro.</b>	<b>Sismo</b>	<b>Nro. Reg.(g)</b>	<b>Nro. Reg.(g) Acum</b>	<b>Prob. de ocurrencia</b>	<b>Prob. de Excedencia (%Daño)</b>
1	0.10g	0	508	1.00	0.00
2	0.20g	0	508	1.00	0.00
3	0.40g	0	508	1.00	0.00
4	0.50g	0	508	1.00	0.00
5	0.60g	0	508	1.00	0.00
6	0.70g	0	508	1.00	0.00
7	0.80g	0	508	1.00	0.00
8	1.00g	0	508	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

### 5.6.6. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”

La estructura analizada cuenta con 508 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje Y como se muestran en las Tablas 47, 48, 49 y 50.

Tabla 47: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 8 pisos

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	508	1.00	0.00
2	0.20g	508	1.00	0.00
3	0.40g	433	0.85	0.15
4	0.50g	384	0.76	0.24
5	0.60g	328	0.65	0.35
6	0.70g	273	0.54	0.46
7	0.80g	228	0.45	0.55
8	1.00g	82	0.16	0.84

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 48: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 8 pisos

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	508	1.00	0.00
2	0.20g	0	508	1.00	0.00
3	0.40g	75	508	1.00	0.00
4	0.50g	124	508	1.00	0.00
5	0.60g	180	508	1.00	0.00
6	0.70g	187	460	0.91	0.09
7	0.80g	205	433	0.85	0.15
8	1.00g	302	384	0.76	0.24

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 49: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 8 pisos

Estado de daño Severo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	508	1.00	0.00
2	0.20g	0	508	1.00	0.00
3	0.40g	0	508	1.00	0.00
4	0.50g	0	508	1.00	0.00
5	0.60g	0	508	1.00	0.00
6	0.70g	48	508	1.00	0.00
7	0.80g	75	508	1.00	0.00
8	1.00g	124	508	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 50: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 8 pisos

Estado de daño Completo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	508	1.00	0.00
2	0.20g	0	508	1.00	0.00
3	0.40g	0	508	1.00	0.00
4	0.50g	0	508	1.00	0.00
5	0.60g	0	508	1.00	0.00
6	0.70g	0	508	1.00	0.00
7	0.80g	0	508	1.00	0.00
8	1.00g	0	508	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

### 5.6.7. Curvas de Fragilidad

Las Curvas de Daño se graficó según % de Daño vs las PGA como se muestran en las Figuras 45 y 46.

Figura 45: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 8 pisos

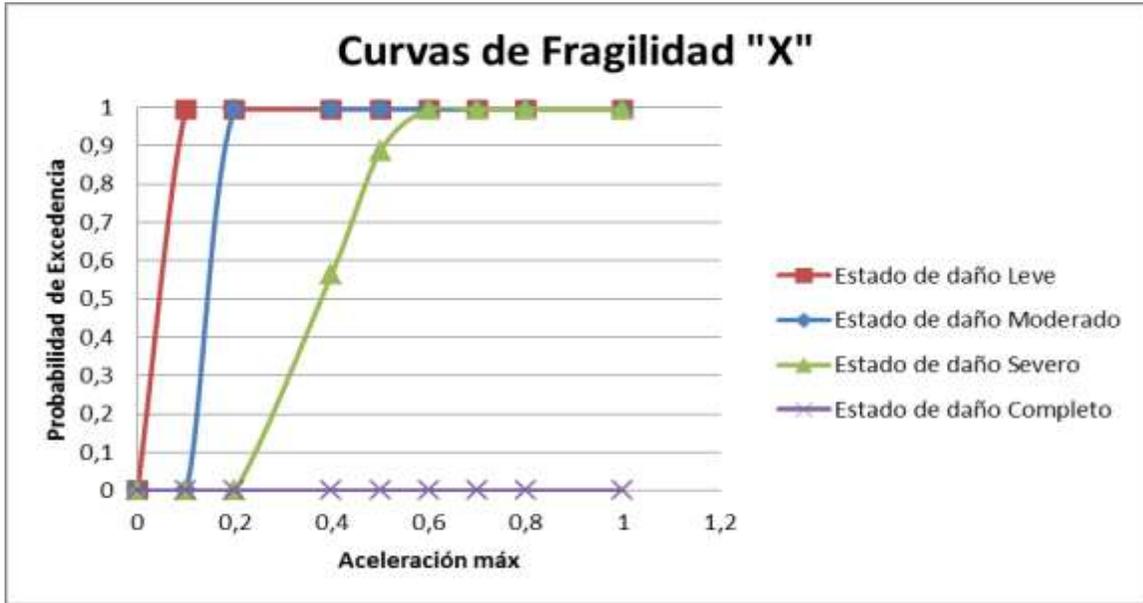
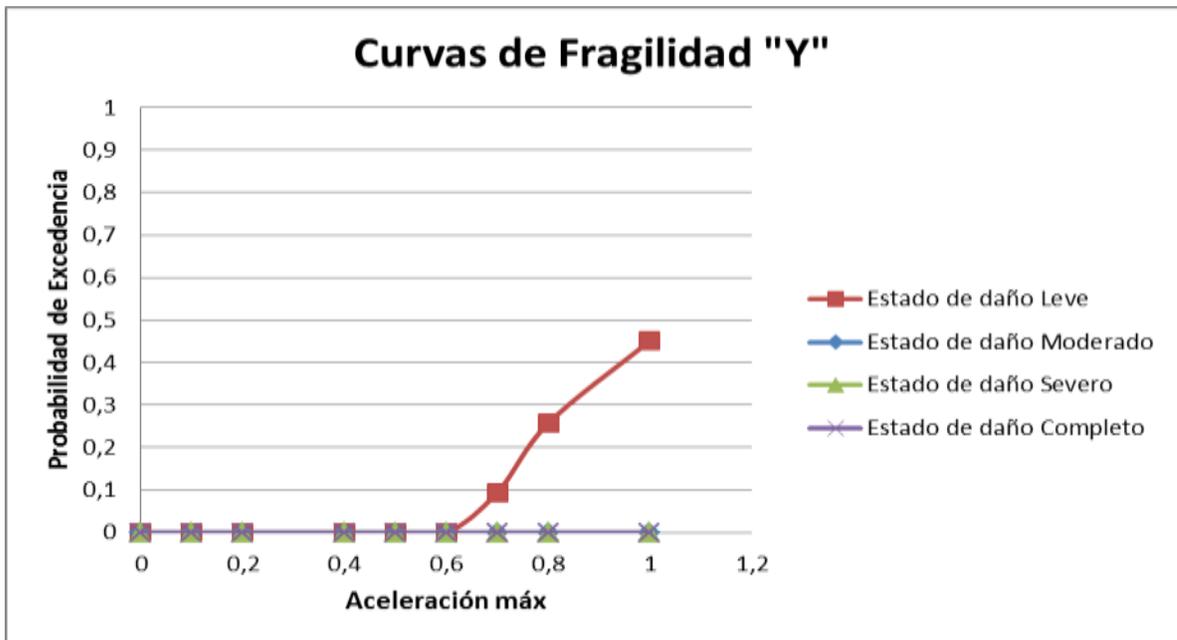


Figura 46: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 8 pisos



## 5.7. Edificio 8 Pisos Azotea

### 5.7.1. Ubicación y Terreno:

El edificio multifamiliar está localizado en la Urbanización Valle Hermoso, el cual se sitúa sobre el Lote S/N Manzana S/N en la Calle Cristóbal Peralta Sur N°821, en el Distrito de Santiago de Surco, Provincia y Departamento de Lima. El terreno tiene una superficie total de 193.05 m<sup>2</sup>, cuya fachada se muestra en la Figura 47 y los planos se encuentran en el Anexo 22.

Figura 47: Vista Real - Edificio de 8 pisos y azotea.



Referencia: Elaboración Propia

### 5.7.2. Altura de la Edificación:

El edificio cuenta con una altura de entrepiso típico con 01 nivel de semi sótano (Ver Tabla 51).

Tabla 51: Altura de entrepisos - Edificio 8 pisos y azotea

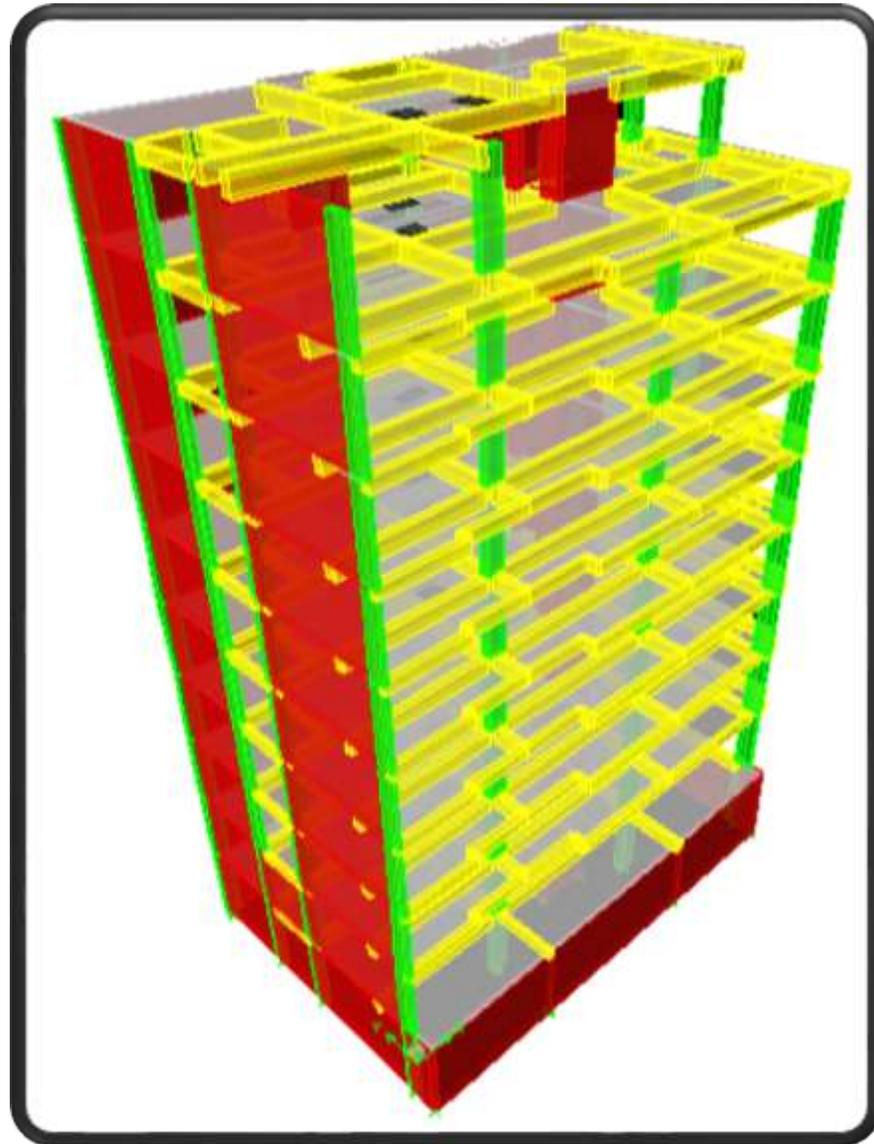
<b>N° Pisos</b>	<b>H (m)</b>	<b>H Acum (m)</b>
Piso 9 Azt	2.6	29.20
Piso 8	2.6	26.60
Piso 7	2.6	24.00
Piso 6	2.6	21.40
Piso 5	2.6	18.80
Piso 4	2.6	16.20
Piso 3	2.6	13.60
Piso 2	2.6	11.00
Piso 1	2.6	8.40
Semi Sótano	3	5.80
Cisterna	2.8	2.80
Base	0	0

Referencia: Elaboración Propia

### 5.7.3. Modelo Etabs:

Al concluir el modelado de todos los elementos según el plano de estructuras en el programa ETABS procedemos a darle una presentación de extrusión como se muestra en la Figura 48.

Figura 48: Modelamiento - Edificio de 8 pisos y azotea.



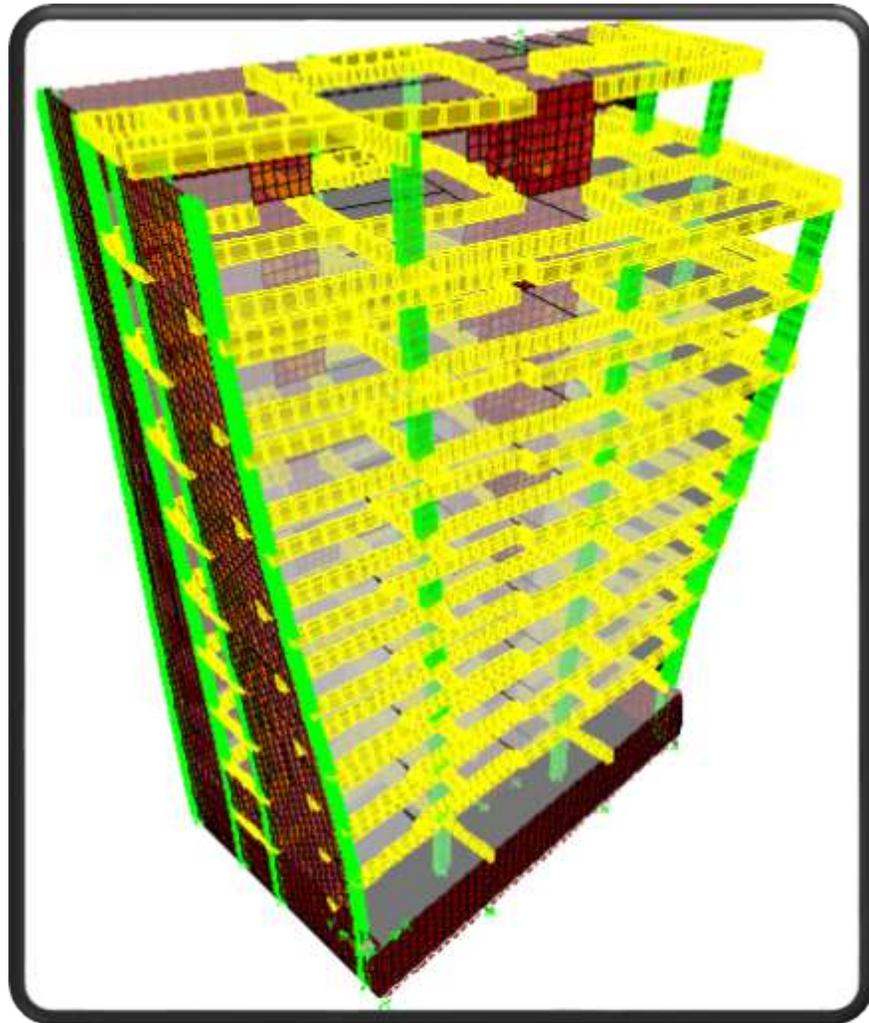
Referencia: Programa ETABS

#### 5.7.4. Deformación por Sismo

Después de gestionar el análisis podemos apreciar la deformación por sismo tanto como el Eje X e Y (Ver Figura 49 y 50); en el cual se visualiza que la parte superior de la edificación tiene un

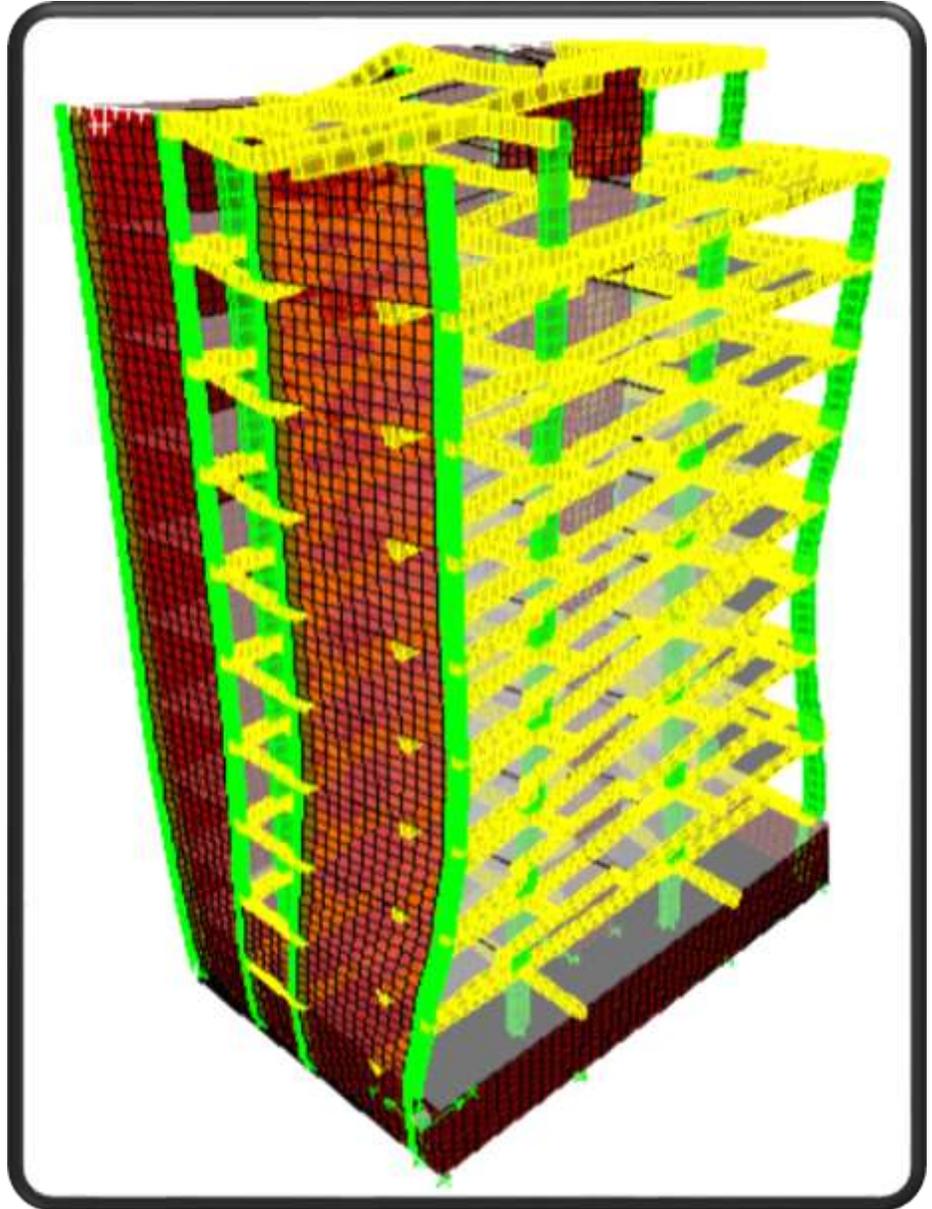
desplazamiento mayor respecto a su eje y que en los niveles de sótano no existe desplazamiento alguno debido a que se encuentran debajo del suelo.

Figura 49: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 8 pisos y azotea



Referencia: Programa ETABS

Figura 50: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 8 pisos y azotea



Referencia: Programa ETABS

### 5.7.5. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “X”

La estructura analizada cuenta con 645 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje X como se muestran en las Tablas 52, 53, 54 y 55.

Tabla 52: Estado de daño leve Eje X – Edificio de 8 pisos y azotea

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	645	1.00	0.00
2	0.20g	502	0.78	0.22
3	0.40g	154	0.24	0.76
4	0.50g	81	0.13	0.87
5	0.60g	40	0.06	0.94
6	0.70g	24	0.04	0.96
7	0.80g	12	0.02	0.98
8	1.00g	0	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 53: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 8 pisos y azotea

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	645	1.00	0.00
2	0.20g	143	645	1.00	0.00
3	0.40g	348	502	0.78	0.22
4	0.50g	284	365	0.57	0.43
5	0.60g	219	259	0.40	0.60
6	0.70g	181	205	0.32	0.68
7	0.80g	142	154	0.24	0.76
8	1.00g	81	81	0.13	0.87

Tabla 54: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 8 pisos y azotea

Estado de daño Severo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	645	1.00	0.00
2	0.20g	0	645	1.00	0.00
3	0.40g	143	645	1.00	0.00
4	0.50g	280	645	1.00	0.00
5	0.60g	386	645	1.00	0.00
6	0.70g	440	645	1.00	0.00
7	0.80g	460	614	0.95	0.05
8	1.00g	431	512	0.79	0.21

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 55: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 8 pisos y azotea

Estado de daño Completo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	645	1.00	0.00
2	0.20g	0	645	1.00	0.00
3	0.40g	0	645	1.00	0.00
4	0.50g	0	645	1.00	0.00
5	0.60g	0	645	1.00	0.00
6	0.70g	0	645	1.00	0.00
7	0.80g	31	645	1.00	0.00
8	1.00g	133	645	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

### 5.7.6. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”

La estructura analizada cuenta con 645 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje Y como se muestran en las Tablas 56, 57, 58 y 59.

Tabla 56: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 8 pisos y azotea

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	427	0.66	0.34
2	0.20g	174	0.27	0.73
3	0.40g	112	0.17	0.83
4	0.50g	108	0.17	0.83
5	0.60g	90	0.14	0.86
6	0.70g	56	0.09	0.91
7	0.80g	34	0.05	0.95
8	1.00g	20	0.03	0.97

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 57: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 8 pisos y azotea

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	218	645	1.00	0.00
2	0.20g	253	427	0.66	0.34
3	0.40g	62	174	0.27	0.73
4	0.50g	49	157	0.24	0.76
5	0.60g	26	116	0.18	0.82
6	0.70g	56	112	0.17	0.83
7	0.80g	78	112	0.17	0.83
8	1.00g	88	108	0.17	0.83

Tabla 58: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 8 pisos y azotea

Estado de daño Severo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	645	1.00	0.00
2	0.20g	218	645	1.00	0.00
3	0.40g	374	548	0.85	0.15
4	0.50g	345	502	0.78	0.22
5	0.60g	311	427	0.66	0.34
6	0.70g	238	350	0.54	0.46
7	0.80g	202	314	0.49	0.51
8	1.00g	126	234	0.36	0.64

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 59: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 8 pisos y azotea

Estado de daño Completo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	645	1.00	0.00
2	0.20g	0	645	1.00	0.00
3	0.40g	97	645	1.00	0.00
4	0.50g	143	645	1.00	0.00
5	0.60g	218	645	1.00	0.00
6	0.70g	295	645	1.00	0.00
7	0.80g	331	645	1.00	0.00
8	1.00g	411	645	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

### 5.7.7. Curvas de Fragilidad

Las Curvas de Daño se graficó según % de Daño vs las PGA como se muestran en las Figuras 51 y 52.

Figura 51: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 8 pisos y azotea

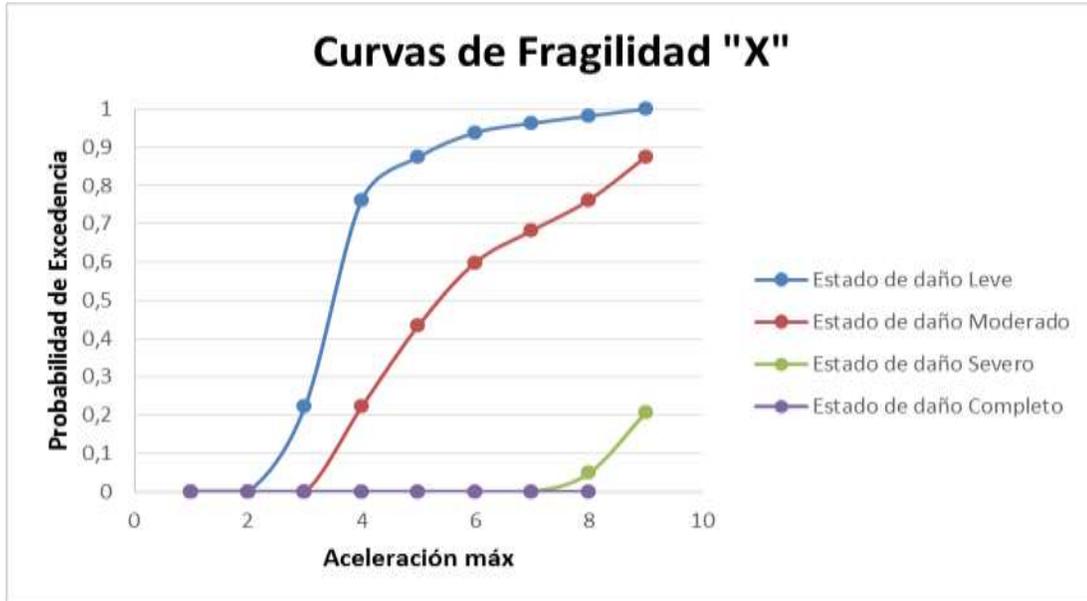
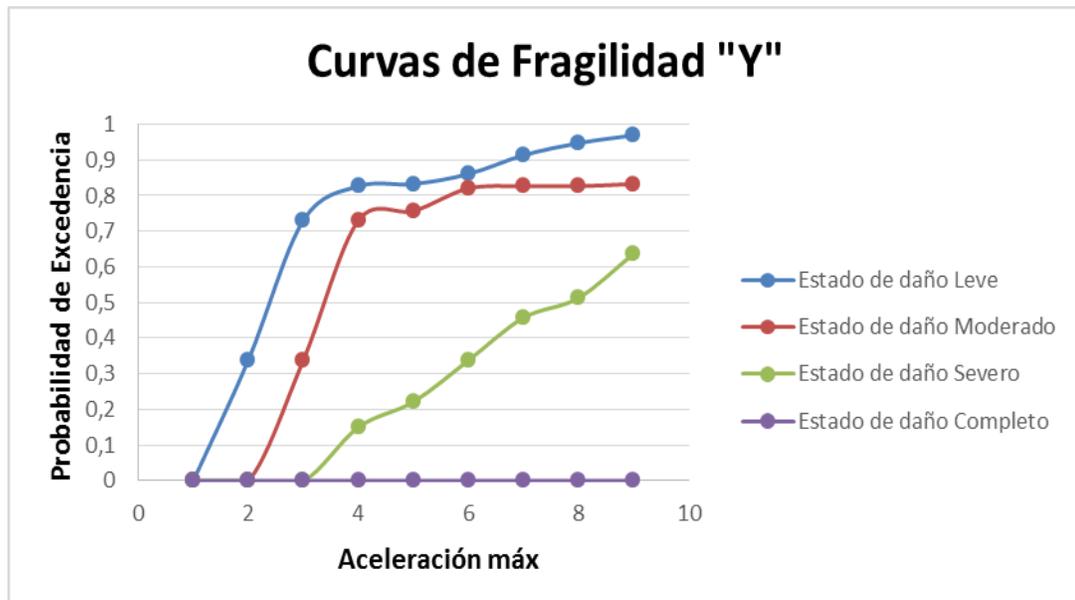


Figura 52: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 8 pisos y azotea

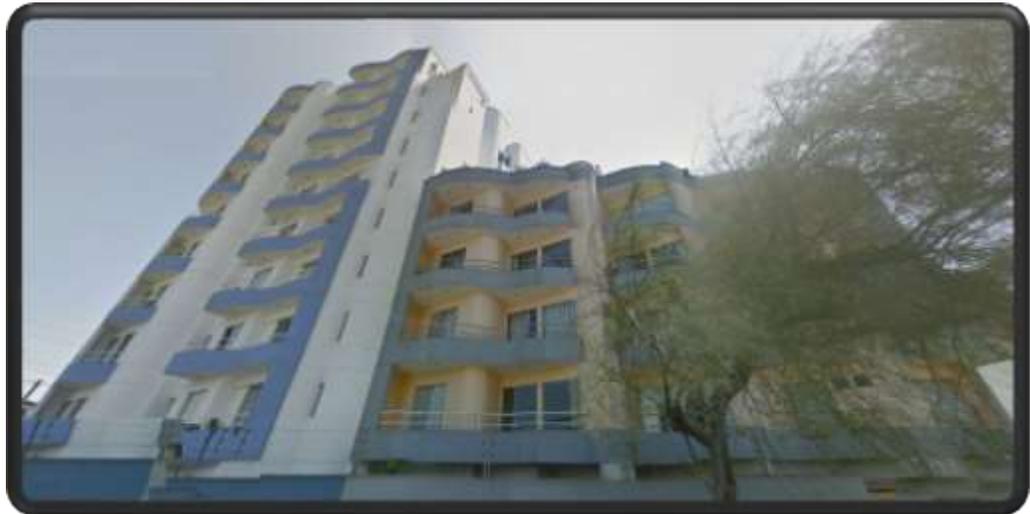


## 5.8. Edificio 14 Pisos

### 5.8.1. Ubicación y Terreno:

El edificio multifamiliar está localizado en la Urbanización Valle Hermoso, el cual se sitúa sobre el Lote S/N Manzana S/N en la Calle La Esparceta N°115, en el Distrito de Santiago de Surco, Provincia y Departamento de Lima. El terreno tiene una superficie total de 2491m<sup>2</sup>, cuya fachada se muestra en la Figura 53 y los planos se encuentran en el Anexo 22.

Figura 53: Vista Real - Edificio de 14 pisos.



Referencia: Elaboración Propia

### 5.8.2. Altura de la Edificación:

El edificio cuenta con una altura de entrepiso típico con 02 niveles de sótano (Ver Tabla 60).

Tabla 60: Altura de entrepisos – Edificio de 14 pisos

N° Pisos	H (m)	H Acum (m)
Piso 14 Azt	2.65	43.45
Piso 13	2.65	40.80

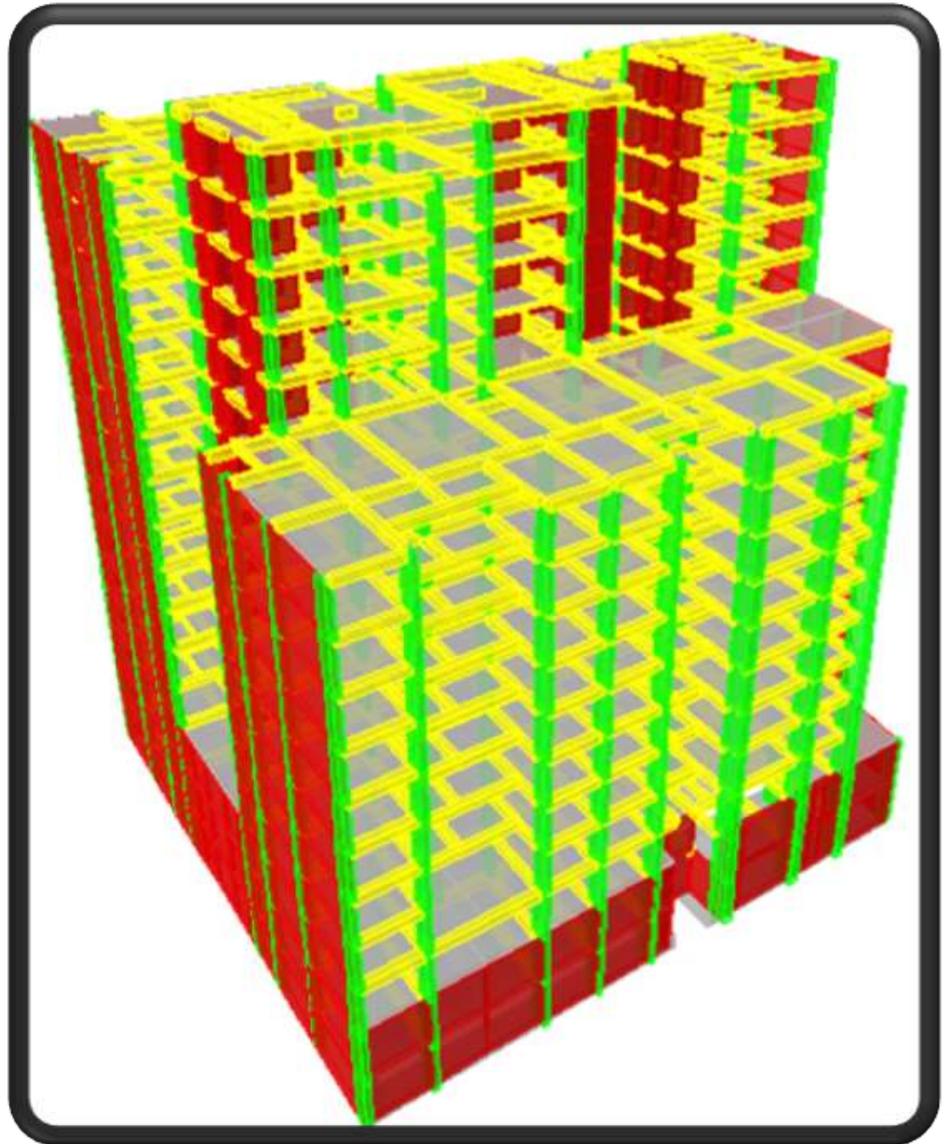
<b>N° Pisos</b>	<b>H (m)</b>	<b>H Acum (m)</b>
Piso 12	2.65	38.15
Piso 11	2.65	35.50
Piso 10	2.65	32.85
Piso 9	2.65	30.20
Piso 8	2.65	27.55
Piso 7	2.65	24.90
Piso 6	2.65	22.25
Piso 5	2.65	19.60
Piso 4	2.65	16.95
Piso 3	2.65	14.30
Piso 2	2.65	11.65
Piso 1	3.00	9.00
1er Sótano	3.00	6.00
2do Sótano	3.00	3.00

Referencia: Elaboración Propia

### **5.8.3. Modelo Etabs:**

Al concluir el modelado de todos los elementos según el plano de estructuras en el programa ETABS procedemos a darle una presentación de extrusión como se muestra en la Figura 54.

Figura 54: Modelamiento - Edificio de 14 pisos.



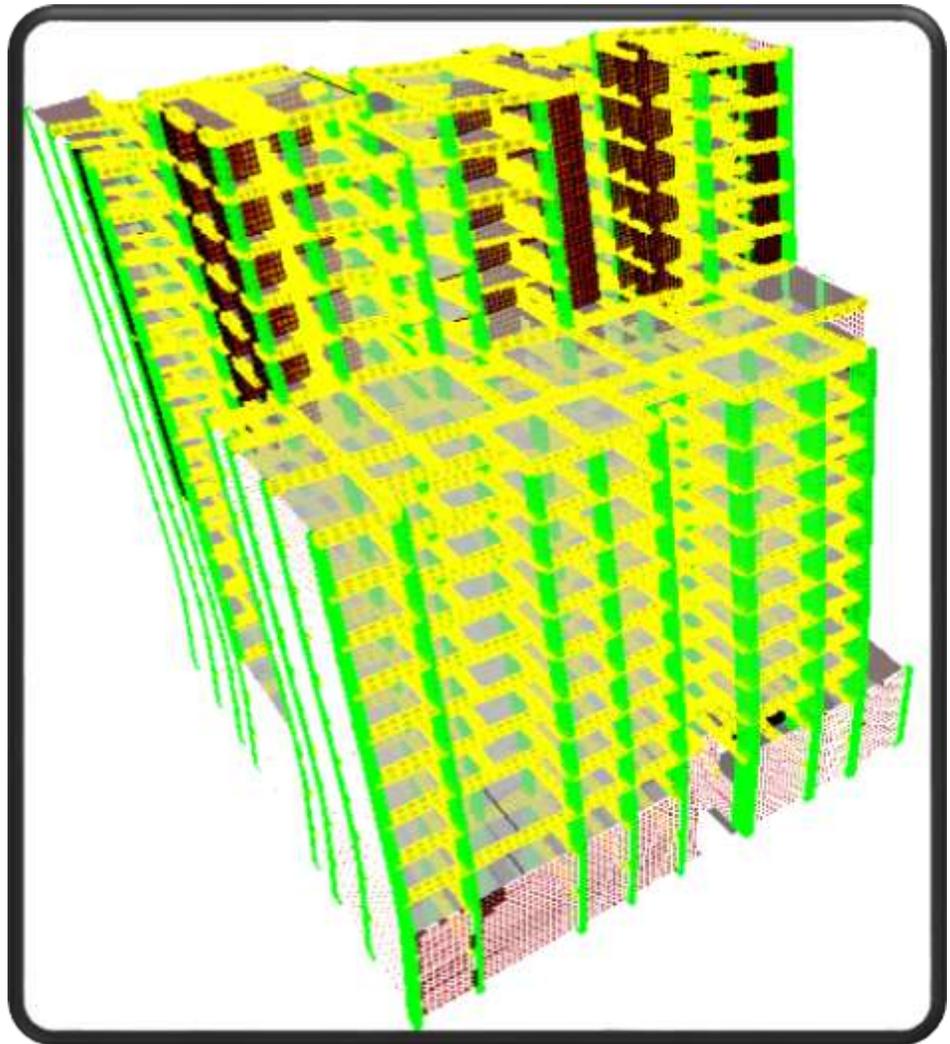
Fuente: Programa ETABS

#### 5.8.4. Deformación por Sismo

Después de gestionar el análisis podemos apreciar la deformación por sismo tanto como el Eje X e Y (Ver Figura 55 y 56); en el cual se visualiza que la parte superior de la edificación tiene un desplazamiento mayor respecto a su eje y que en los niveles de

sótano no existe desplazamiento alguno debido a que se encuentran debajo del suelo.

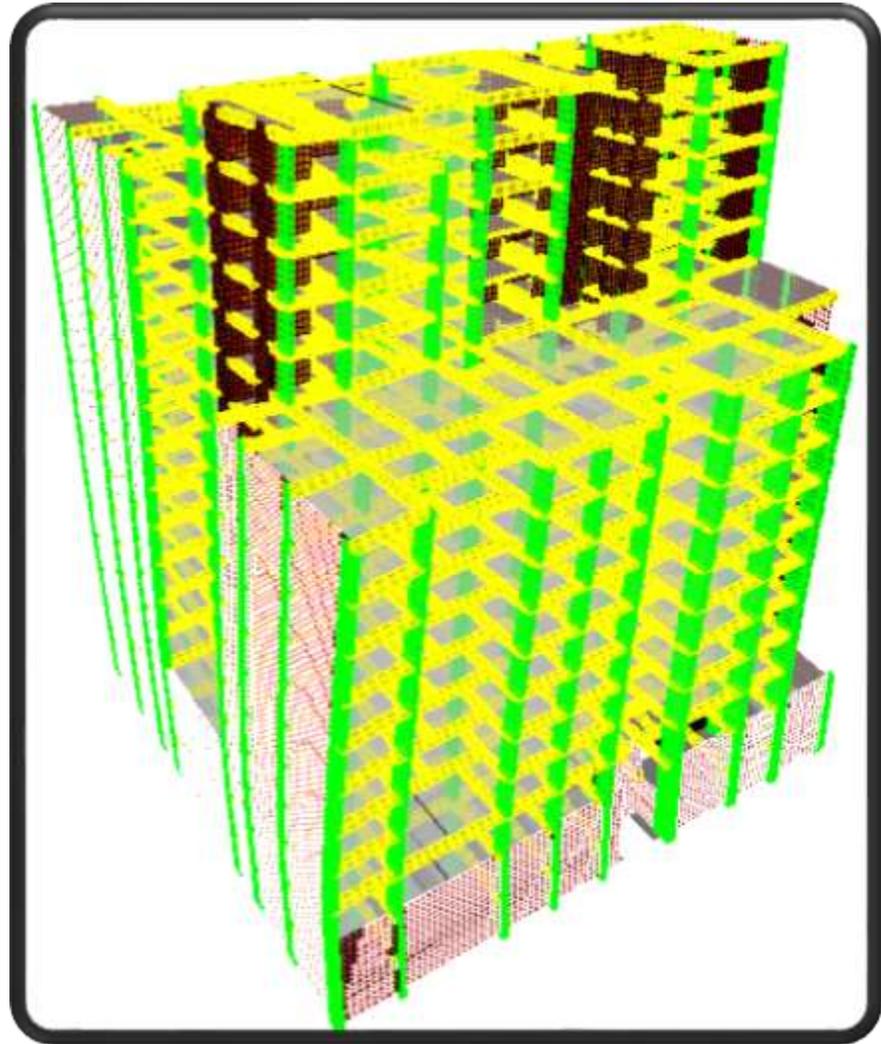
Figura 55: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 14 pisos



Referencia: Programa ETABS

En el eje Y

Figura 56: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 14 pisos



Referencia: Programa ETABS

### 5.8.5. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “X”

La estructura analizada cuenta con 1966 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje X como se muestran en las Tablas 61, 62, 63 y 64.

Tabla 61: Estado de daño leve Eje X – Edificio de 14 pisos

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	50	0.03	0.97
2	0.20g	0	0.00	1.00
3	0.40g	0	0.00	1.00
4	0.50g	0	0.00	1.00
5	0.60g	0	0.00	1.00
6	0.70g	0	0.00	1.00
7	0.80g	0	0.00	1.00
8	1.00g	0	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 62: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 14 pisos

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	1916	1966	1.00	0.00
2	0.20g	50	50	0.03	0.97
3	0.40g	0	0	0.00	1.00
4	0.50g	0	0	0.00	1.00
5	0.60g	0	0	0.00	1.00
6	0.70g	0	0	0.00	1.00
7	0.80g	0	0	0.00	1.00
8	1.00g	0	0	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 63: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 14 pisos

Estado de daño Severo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	1966	1.00	0.00
2	0.20g	1916	1966	1.00	0.00
3	0.40g	1966	1966	1.00	0.00
4	0.50g	684	684	0.35	0.65
5	0.60g	50	50	0.03	0.97
6	0.70g	0	0	0.00	1.00
7	0.80g	0	0	0.00	1.00
8	1.00g	0	0	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 64: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 14 pisos

Estado de daño Completo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	1966	1.00	0.00
2	0.20g	0	1966	1.00	0.00
3	0.40g	0	1966	1.00	0.00
4	0.50g	1282	1966	1.00	0.00
5	0.60g	1916	1966	1.00	0.00
6	0.70g	1966	1966	1.00	0.00
7	0.80g	1966	1966	1.00	0.00
8	1.00g	1966	1966	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

### 5.8.6. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”

La estructura analizada cuenta con 1966 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje Y como se muestran en las Tablas 65, 66, 67 y 68.

Tabla 65: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 14 pisos

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	1966	1.00	0.00
2	0.20g	1966	1.00	0.00
3	0.40g	1837	0.93	0.07
4	0.50g	1286	0.65	0.35
5	0.60g	661	0.34	0.66
6	0.70g	152	0.08	0.92
7	0.80g	8	0.00	1.00
8	1.00g	0	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 66: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 14 pisos

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	1966	1.00	0.00
2	0.20g	0	1966	1.00	0.00
3	0.40g	129	1966	1.00	0.00
4	0.50g	680	1966	1.00	0.00
5	0.60g	1305	1966	1.00	0.00
6	0.70g	1814	1966	1.00	0.00
7	0.80g	1829	1837	0.93	0.07
8	1.00g	1286	1286	0.65	0.35

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 67: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 14 pisos

<b>Estado de daño Severo</b>					
<b>Nro.</b>	<b>Sismo</b>	<b>Nro. Reg.(g)</b>	<b>Nro. Reg.(g) Acum</b>	<b>Prob. de ocurrencia</b>	<b>Prob. de Excedencia (%Daño)</b>
1	0.10g	0	1966	1.00	0.00
2	0.20g	0	1966	1.00	0.00
3	0.40g	0	1966	1.00	0.00
4	0.50g	0	1966	1.00	0.00
5	0.60g	0	1966	1.00	0.00
6	0.70g	0	1966	1.00	0.00
7	0.80g	129	1966	1.00	0.00
8	1.00g	680	1966	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia.

Tabla 68: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 14 pisos

<b>Estado de daño Completo</b>					
<b>Nro.</b>	<b>Sismo</b>	<b>Nro. Reg.(g)</b>	<b>Nro. Reg.(g) Acum</b>	<b>Prob. de ocurrencia</b>	<b>Prob. de Excedencia (%Daño)</b>
1	0.10g	0	1966	1.00	0.00
2	0.20g	0	1966	1.00	0.00
3	0.40g	0	1966	1.00	0.00
4	0.50g	0	1966	1.00	0.00
5	0.60g	0	1966	1.00	0.00
6	0.70g	0	1966	1.00	0.00
7	0.80g	0	1966	1.00	0.00
8	1.00g	0	1966	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

### 5.8.7. Curvas de Fragilidad

Las Curvas de Daño se graficó según % de Daño vs las PGA como se muestran en las Figuras 57 y 58.

Figura 57: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 14 pisos

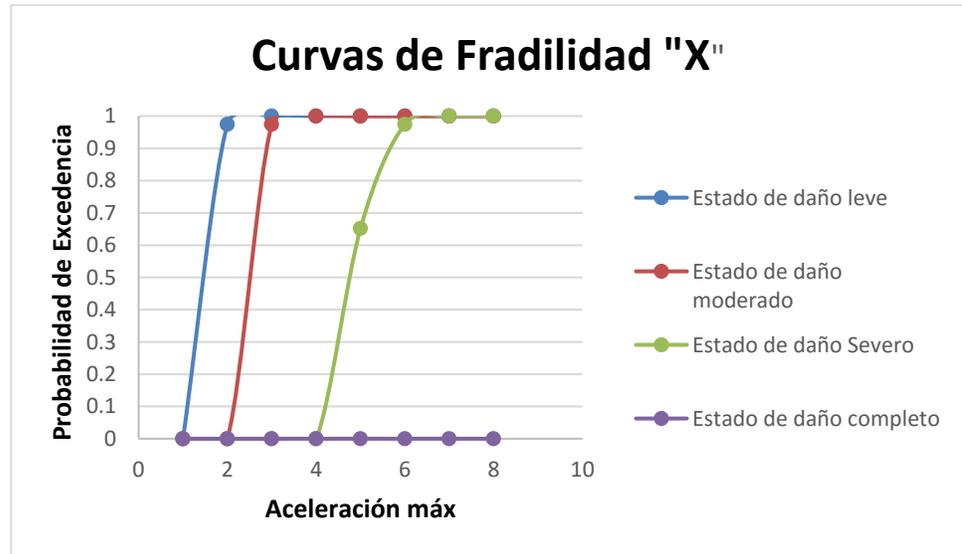
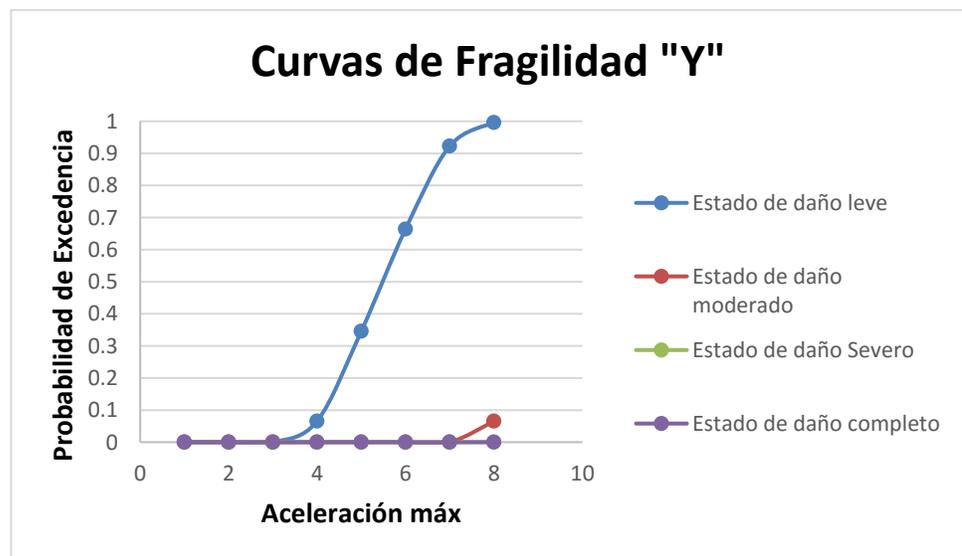


Figura 58: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 14 pisos



## 5.9. Edificio 4 – 5 Pisos

### 5.9.1. Ubicación y Terreno:

El edificio multifamiliar está localizado en la Urbanización Valle Hermoso, el cual se sitúa sobre el Lote S/N Manzana S/N en la Av. De Los Ingenieros N°150, en el Distrito de Santiago de Surco, Provincia y Departamento de Lima. El terreno tiene una superficie total de 330.98 m<sup>2</sup>, cuya fachada se muestra en la Figura 59 y los planos de estructuras se encuentran en el Anexo 22.

Figura 59: Vista Real - Edificio de 4 y 5 pisos.



Referencia: Elaboración Propia

### 5.9.2. Altura de la Edificación:

El edificio cuenta con una altura de entrepiso típico excepto el primer piso (Ver Tabla 69).

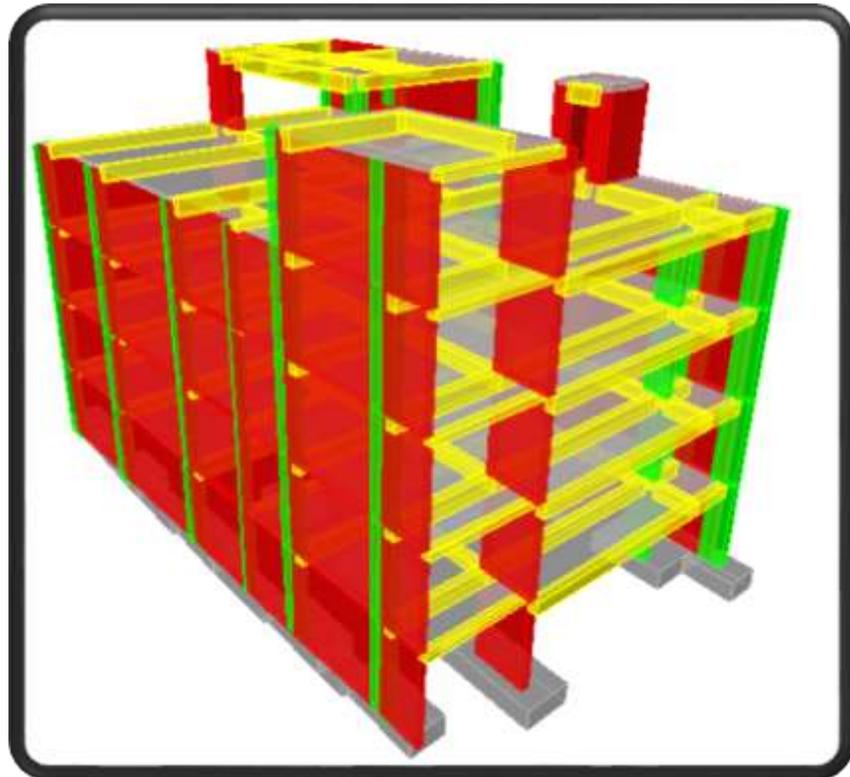
Tabla 69: Altura de entrepiso – Edificio de 4 y 5 pisos

N° Pisos	H (m)	H Acum (m)
Piso 5 - Azt	2.60	13.45
Piso 4	2.70	10.85
Piso 3	2.70	8.15
Piso 2	2.70	5.45
Piso 1	2.75	2.75

### 5.9.3. Modelo Etabs:

Al concluir el modelado de todos los elementos según el plano de estructuras en el programa ETABS procedemos a darle una presentación de extrusión como se muestra en la Figura 60.

Figura 60: Modelamiento - Edificio de 4 y 5 pisos.

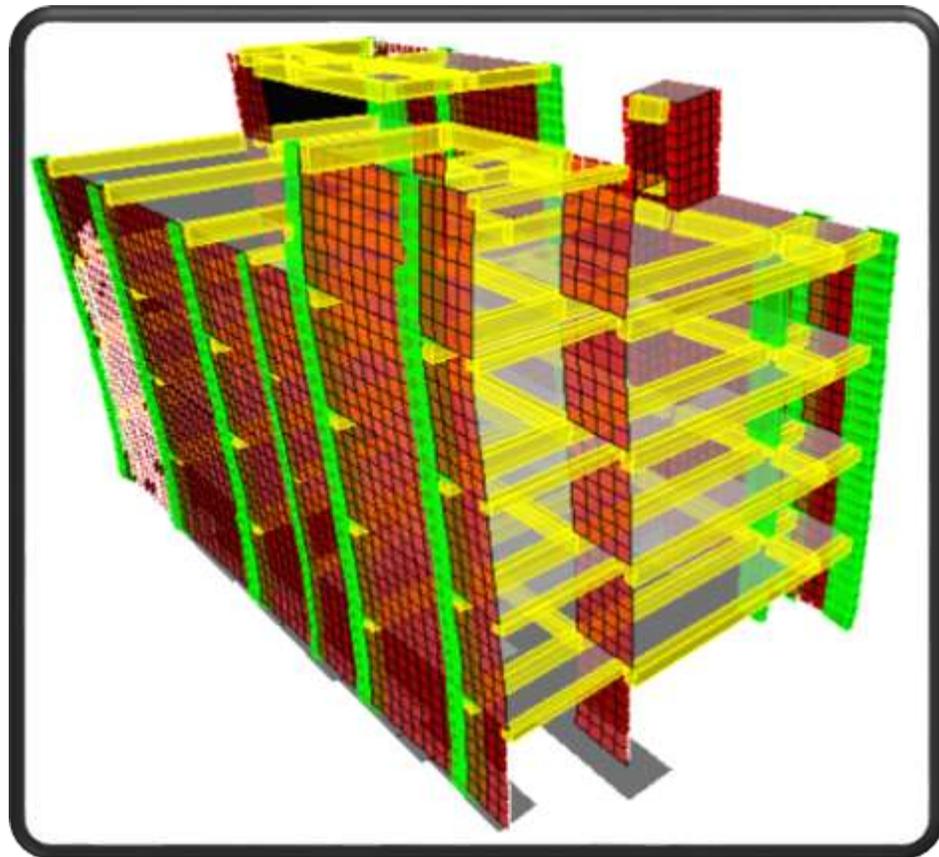


Referencia: Programa ETABS

#### 5.9.4. Deformación por Sismo

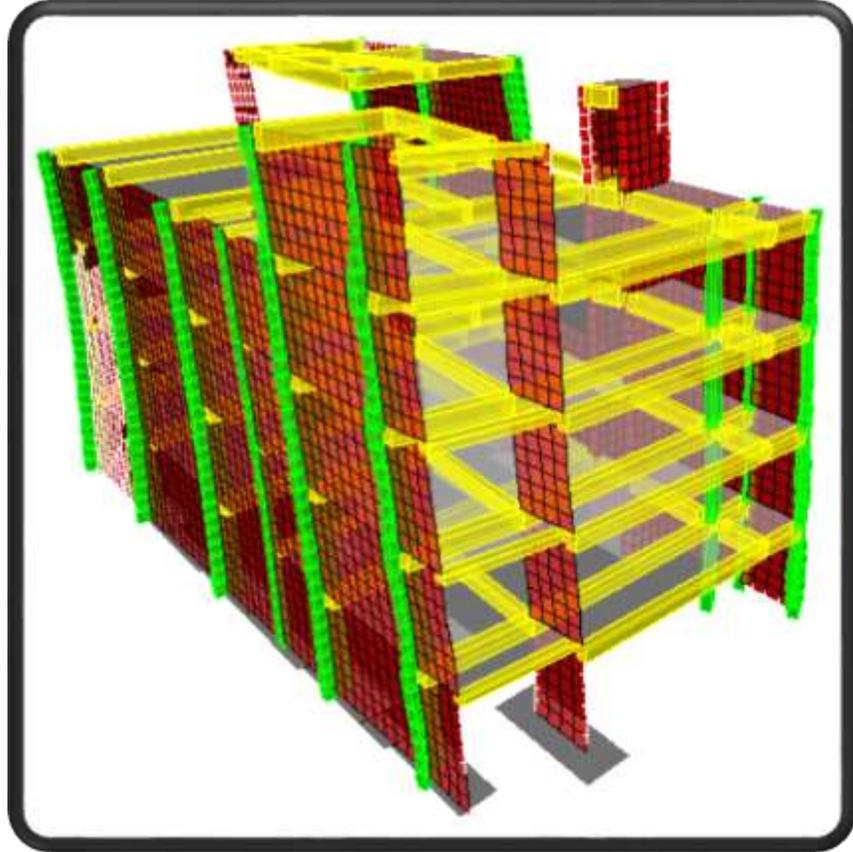
Después de gestionar el análisis podemos apreciar la deformación por sismo tanto como el Eje X e Y (Ver Figura 61 y 62); en el cual se visualiza que la parte superior de la edificación tiene un desplazamiento mayor respecto a su eje.

Figura 61: Deformación por Sismo en el Eje X- Edificio de 4 y 5 pisos



Referencia: Programa ETABS

Figura 62: Deformación por Sismo en el Eje Y – Edificio de 4 y 5 pisos



Referencia: Programa ETABS

### 5.9.5. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “X”

La estructura analizada cuenta con 175 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje X como se muestran en las Tablas 70, 71, 72 y 73.

Tabla 70: Estado de daño leve Eje X – Edificio de 4 y 5 pisos

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	55	0.31	0.69
2	0.20g	0	0.00	1.00
3	0.40g	0	0.00	1.00
4	0.50g	0	0.00	1.00
5	0.60g	0	0.00	1.00
6	0.70g	0	0.00	1.00
7	0.80g	0	0.00	1.00
8	1.00g	0	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 71: Estado de daño Moderado Eje X – Edificio de 4 y 5 pisos

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	120	175	1.00	0.00
2	0.20g	55	55	0.31	0.69
3	0.40g	0	0	0.00	1.00
4	0.50g	0	0	0.00	1.00
5	0.60g	0	0	0.00	1.00
6	0.70g	0	0	0.00	1.00
7	0.80g	0	0	0.00	1.00
8	1.00g	0	0	0.00	1.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 72: Estado de daño Severo Eje X – Edificio de 4 y 5 pisos

Estado de daño Severo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	175	1.00	0.00
2	0.20g	120	175	1.00	0.00
3	0.40g	175	175	1.00	0.00
4	0.50g	130	130	0.74	0.26
5	0.60g	55	55	0.31	0.69
6	0.70g	34	34	0.19	0.81
7	0.80g	26	26	0.15	0.85
8	1.00g	9	9	0.05	0.95

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 73: Estado de daño Completo Eje X – Edificio de 4 y 5 pisos

Estado de daño Completo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	175	1.00	0.00
2	0.20g	0	175	1.00	0.00
3	0.40g	0	175	1.00	0.00
4	0.50g	45	175	1.00	0.00
5	0.60g	120	175	1.00	0.00
6	0.70g	141	175	1.00	0.00
7	0.80g	149	175	1.00	0.00
8	1.00g	166	175	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

### 5.9.6. Niveles de Daño en la Dirección del Eje “Y”

La estructura analizada cuenta con 175 nodos en los cuales se evaluaron los daños Leve, Severo, Moderado y Completo para el Eje Y como se muestran en las Tablas 74, 75, 76 y 77.

Tabla 74: Estado de daño Leve Eje Y – Edificio de 4 y 5 pisos

Estado de daño Leve				
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	175	1.00	0.00
2	0.20g	175	1.00	0.00
3	0.40g	165	0.94	0.06
4	0.50g	128	0.73	0.27
5	0.60g	112	0.64	0.36
6	0.70g	84	0.48	0.52
7	0.80g	73	0.42	0.58
8	1.00g	45	0.26	0.74

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 75: Estado de daño Moderado Eje Y – Edificio de 4 y 5 pisos

Estado de daño Moderado					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	175	1.00	0.00
2	0.20g	0	175	1.00	0.00
3	0.40g	10	175	1.00	0.00
4	0.50g	47	175	1.00	0.00
5	0.60g	55	167	0.95	0.05
6	0.70g	81	165	0.94	0.06
7	0.80g	92	165	0.94	0.06
8	1.00g	85	130	0.74	0.26

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 76: Estado de daño Severo Eje Y – Edificio de 4 y 5 pisos

Estado de daño Severo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	175	1.00	0.00
2	0.20g	0	175	1.00	0.00
3	0.40g	0	175	1.00	0.00
4	0.50g	0	175	1.00	0.00
5	0.60g	8	175	1.00	0.00
6	0.70g	10	175	1.00	0.00
7	0.80g	10	175	1.00	0.00
8	1.00g	45	175	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

Tabla 77: Estado de daño Completo Eje Y – Edificio de 4 y 5 pisos

Estado de daño Completo					
Nro.	Sismo	Nro. Reg.(g)	Nro. Reg.(g) Acum	Prob. de ocurrencia	Prob. de Excedencia (%Daño)
1	0.10g	0	175	1.00	0.00
2	0.20g	0	175	1.00	0.00
3	0.40g	0	175	1.00	0.00
4	0.50g	0	175	1.00	0.00
5	0.60g	0	175	1.00	0.00
6	0.70g	0	175	1.00	0.00
7	0.80g	0	175	1.00	0.00
8	1.00g	0	175	1.00	0.00

Referencia: Elaboración Propia

### 5.9.7. Curvas de Fragilidad

Las Curvas de Daño se graficó según % de Daño vs las PGA como se muestran en las Figuras 63 y 64.

Figura 63: Curva de Fragilidad Eje X – Edificio de 4 y 5 pisos

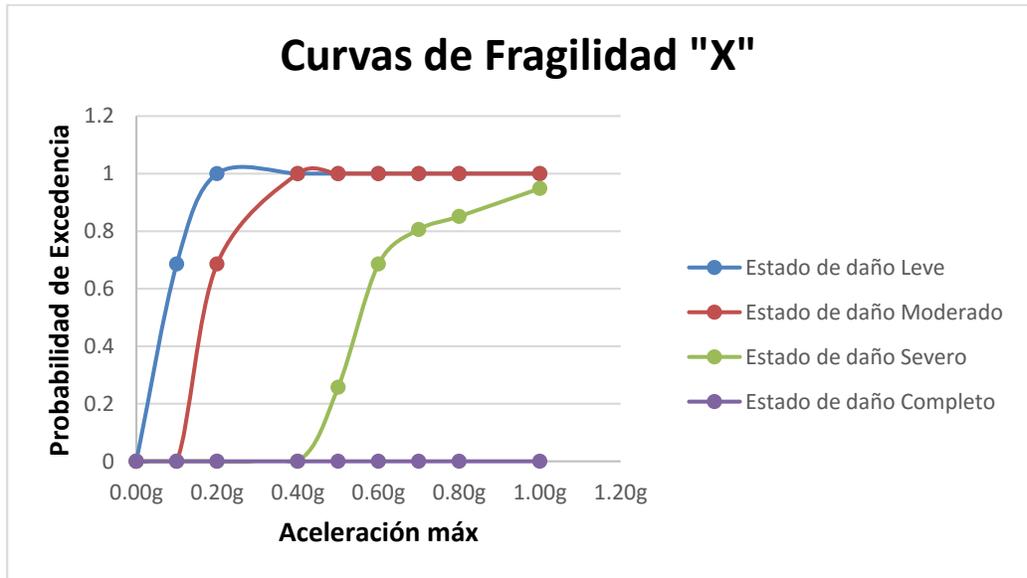
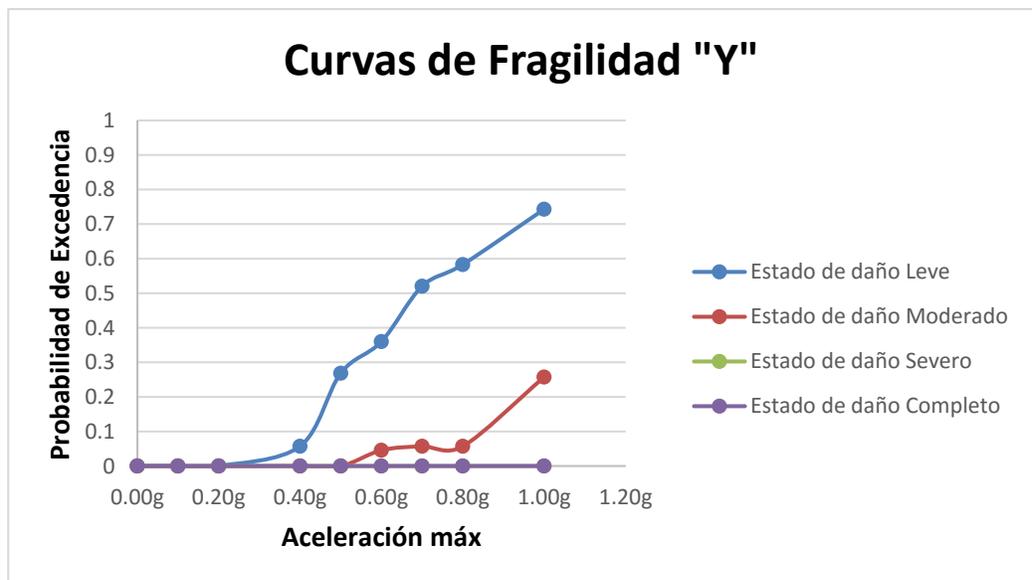


Figura 64: Curva de Fragilidad Eje Y – Edificio de 4 y 5 pisos



## **5.10. Plataforma SIG – ArcGIS**

### **5.10.1. Sistematización de la Información**

Para el procesamiento de sistematización de la información creamos una plataforma SIG de datos geoespaciales con la finalidad de compilar la información proporcionada por el INEI (datos censales y mapa de surco), por la municipalidad de Surco (planos de las edificaciones de concreto armado) y los datos obtenidos de campo (identificación del número de pisos de nuestra muestra).

De los datos del INEI contamos con el Plano de Surco en formato Shape con un sistema de coordenadas DATUM (Posición Relativa al centro de la Tierra) WGS84, el cual cuenta con una plataforma de trabajo por defecto ya que en esta se aprecia los datos de Cobertura Comprendidas (Zona, manzana, avenida y PU - polígono) para luego poder insertar más datos del INEI como Total de Viviendas, tipo de vivienda, material de construcción. Estos datos del INEI fueron primordiales para crear mapas temáticos, en esta plataforma se insertó nuevas columnas para usarlas conjuntamente con los resultados de los niveles de daño previamente analizados y procesados que se generó a partir de diferentes PGA, todo esto bajo la simulación en el Software del Etabs (Ver capítulo V) con la finalidad de obtener mapas geoespaciales de Vulnerabilidad Sísmica de Edificios de Concreto Armado.

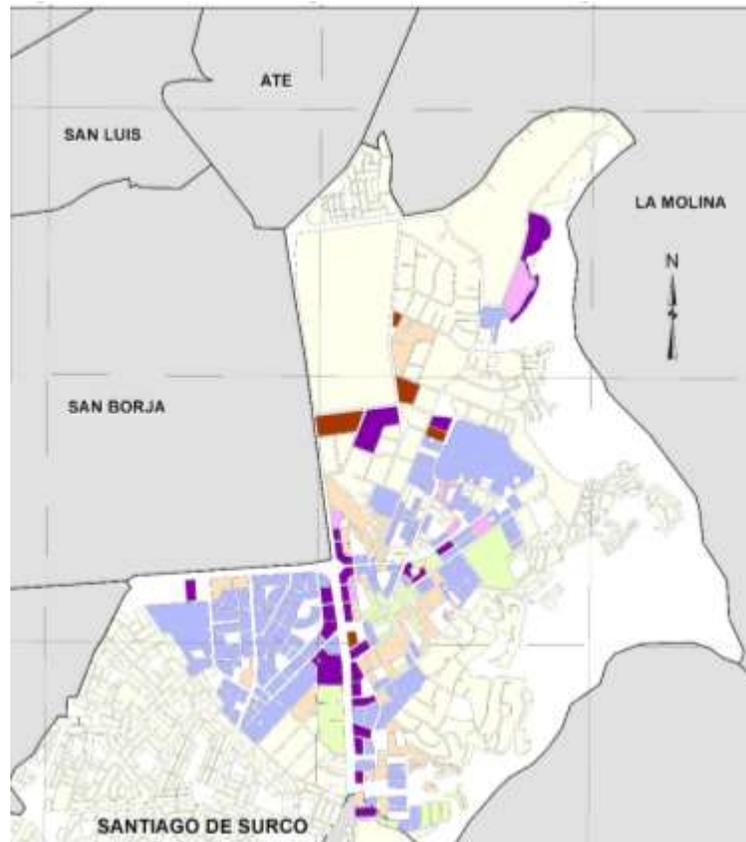
Para la evaluación de las edificaciones, se realizó a nivel de manzana debido a que se tomó el edificio representativo de

mayor altura. Para realizar la evaluación y trabajo gabinete se calculó una muestra estadística para edificios de concreto armado clasificados por la tipología de número de pisos.

### 5.10.2. Ubicación de la muestra

Para la selección de la muestra utilizamos el mapa de Surco de la base de datos comprada del INEI, identificando en dicho mapa el lugar donde muestre la mayor concentración de edificaciones (Ver Figura 65).

Figura 65: Identificación de la muestra



Referencia 17: Elaboración propia - Software Arcgis 10.3



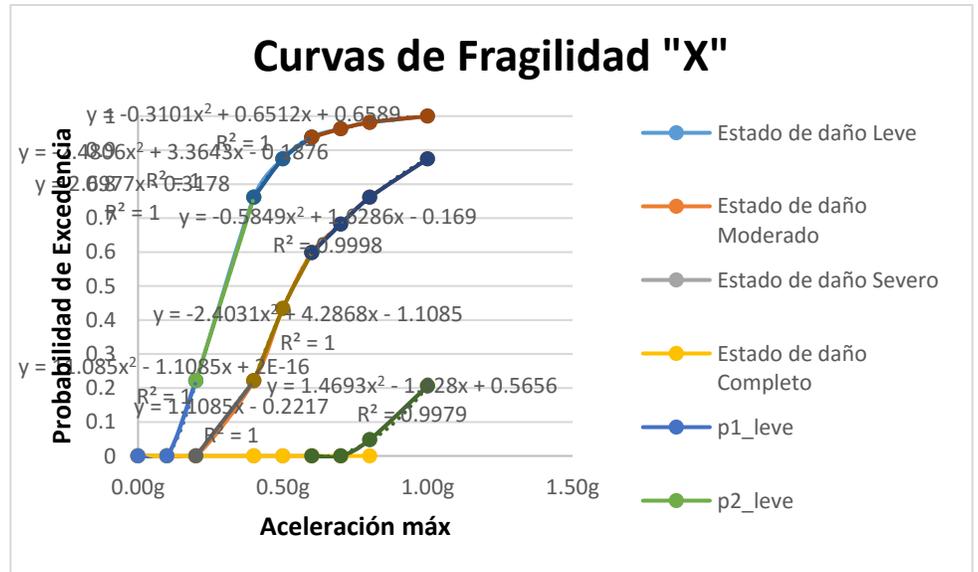






De cada Curva de daño se generaron líneas de tendencia como se muestra en la Figura 70 para obtener ecuaciones que se insertaran en la plataforma del ArcGIS.

Figura 70: Ecuaciones generadas a partir de las Líneas de Tendencia



Fuente: Elaboración Propia

- Ecuaciones de la Curva de Daño Leve: Para 14, 9 y 8 pisos (Ver Figura 71).

Figura 71: Fórmula de cálculo de daño leve para 14, 9 y 8 pisos

```
if [pisos] = 14 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = -47.457* [acel] ^2 + 14.491* [acel] + 9* 10 ^-16
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 1
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 9 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 26.178* [acel] ^2 - 0.9719* [acel] + 0.009
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = -3.7593* [acel] ^2 + 2.9315* [acel] + 0.4289
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 1
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 8 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 2.2047* [acel] - 0.4409
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = -2.7559* [acel] ^2 + 5.315* [acel] - 1.2441
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = -2.3622* [acel] ^2 + 3.5433* [acel] - 0.3228
  else
    vTmp = 1
  end if
end if
```

- Ecuaciones de la Curva de Daño Leve: Para 7, 5 y 4 pisos (Ver Figura 72).

Figura 72: Fórmula de cálculo de daño leve para 7, 5 y 4 pisos

```
ELSEIF [pisos] = 7 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = -49.767* [acel] ^2 + 14.93* [acel]
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 1
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 5 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 49.209* [acel] ^2 - 4.8419* [acel] + 9* 10 ^-16
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 1
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 4 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = -18.571* [acel] ^2 + 8.7143* [acel] + 9* 10 ^-16
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 1
  else
    vTmp = 1
  end if
```

- Ecuaciones de la Curva de Daño Moderado: Para 14, 9 y 8 pisos (Ver Figura 73).

Figura 73: Fórmula de cálculo de daño moderado para 14, 9 y 8 pisos

```
if [pisos] = 14 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 48.728* [acel] ^2 - 4.8728* [acel] + 1* 10 ^-15
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0.1272* [acel] + 0.9491
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 1
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 9 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 7.7778* [acel] ^2 - 0.7778* [acel] + 6* 10 ^-17
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 3.5241* [acel] - 0.5448
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = -2.6548* [acel] ^2 + 3.3307* [acel] - 0.0427
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 1
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 8 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 2.6575* [acel] ^2 - 1.998* [acel] + 0.374
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 1.6732* [acel] ^2 - 0.7972* [acel] + 0.0079
  else
    vTmp = 1
  end if
end if
```

- Ecuaciones de la Curva de Daño Moderado: Para 7, 5 y 4 pisos (Ver Figura 74).

Figura 74: Fórmula de cálculo de daño moderado para 7, 5 y 4 pisos

```
ELSEIF [pisos] = 7 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 49.767* [acel] ^2 - 4.9767* [acel] + 9* 10 ^-16
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 1
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 5 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 11.364* [acel] ^2 - 2.1364* [acel] + 0.0273
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 1
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 4 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 6.8571* [acel] - 0.6857
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 1.5714* [acel] + 0.3714
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 1
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 1
  else
    vTmp = 1
  end if
```

- Ecuaciones de la Curva de Daño Severo: Para 14, 9 y 8 pisos (Ver Figura 75).

Figura 75: Fórmula de cálculo de daño severo para 14, 9 y 8 pisos

```
if [pisos] = 14 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = -16.48* [acel] ^2 + 21.353* [acel] - 5.9044
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = -0.4046* [acel] ^2 + 0.704* [acel] + 0.6999
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 9 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 7.7778* [acel] ^2 - 7* [acel] + 1.5556
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 5.0926* [acel] ^2 - 5.213* [acel] + 1.45
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 8 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 0
  else
    vTmp = 1
  end if
```

- Ecuaciones de la Curva de Daño Severo: Para 7, 5 y 4 pisos (Ver Figura 76).

Figura 76: Fórmula de cálculo de daño severo para 7, 5 y 4 pisos

```
ELSEIF [pisos] = 7 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 6.4229* [acel] ^2 - 1.2075* [acel] + 0.0154
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = -10.481* [acel] ^2 + 12.632* [acel] - 2.8106
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 1
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 5 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = -2.0841* [acel] ^2 + 5.6658* [acel] - 2.649
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 4 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 8.5714* [acel] ^2 - 5.1429* [acel] + 0.6857
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = -1.1169* [acel] ^2 + 2.4234* [acel] - 0.36
  else
    vTmp = 1
  end if
```

- Ecuaciones de la Curva de Daño Completo: Para 14, 9 y 8 pisos (Ver Figura 77).

Figura 77: Fórmula de cálculo de daño completo para 14, 9 y 8 pisos

```
if [pisos] = 14 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 0
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 9 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 0
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 8 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 0
  else
    vTmp = 1
  end if
```

- Ecuaciones de la Curva de Daño Completo: Para 7, 5 y 4 pisos (Ver Figura 78).

Figura 78: Fórmula de cálculo de daño completo para 7, 5 y 4 pisos

```
end if
ELSEIF [pisos] = 7 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 0
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 5 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 0
  else
    vTmp = 1
  end if
ELSEIF [pisos] = 4 THEN
  if [acel] <= 0.2 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.4 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.6 THEN
    vTmp = 0
  elseif [acel] <= 0.8 THEN
    vTmp = 0
  else
    vTmp = 1
  end if
```

## CAPITULO VI: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Análisis e Interpretación de Resultados

Para la muestra de 212 manzanas ubicadas en las urbanizaciones Valle Hermoso, Casuarinas del Sur, Chacarilla del Estanque y El Polo – Santiago de Surco - Lima; obteniendo los siguientes resultados de Estados de Daño Leve – Daño Moderado – Daño Severo – Daño Completo que sufren en su estructura, analizados en la plataforma de trabajo (ArcGIS) para los PGA de 0.20g, 0.40g, 0.60g y 0.80g como se muestra en las siguientes Figuras.

Para el escenario de PGA 0.20g, se observa en la Figura 79 el % de Daño Leve que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 46 manzanas sufren daño Leve en su estructura en un 86% y 166 manzanas sufren daño Leve en su estructura en un 100%, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 05.

Figura 79: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo  
0.20g\_Leve



Para el escenario de PGA 0.40g se observa en la Figura 80 el % de Daño Leve que presentan los edificios de concreto armado representativos por

manzana, en el cual detalla que 212 manzanas sufren daño Leve en su estructura en un 100%, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 06.

Figura 80: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.40g\_Leve



Para el escenario de PGA 0.60g se observa en la Figura 81 el % de Daño Leve que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 212 manzanas sufren daño Leve en su estructura en un 100%, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 07.

Figura 81: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.60g\_Leve



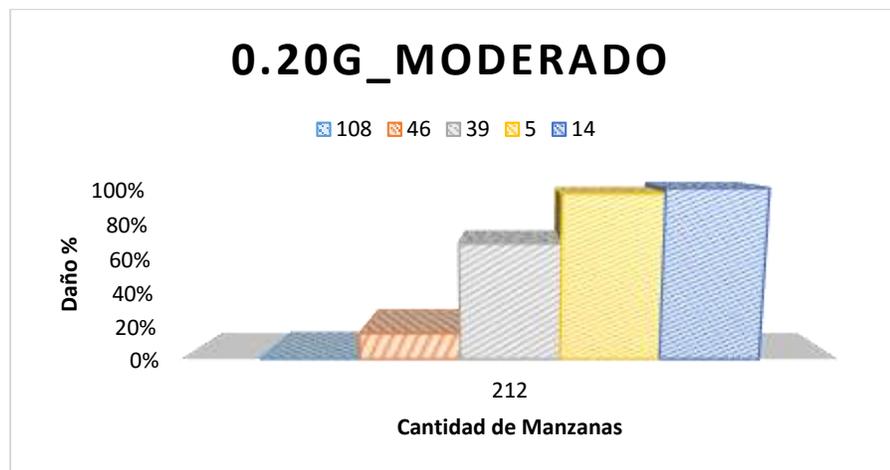
Para el escenario de PGA 0.80g se observa en la Figura 82 el % de Daño Leve que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 212 manzanas sufren daño Leve en su estructura en un 100%, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 08.

Figura 82: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.80g\_Leve



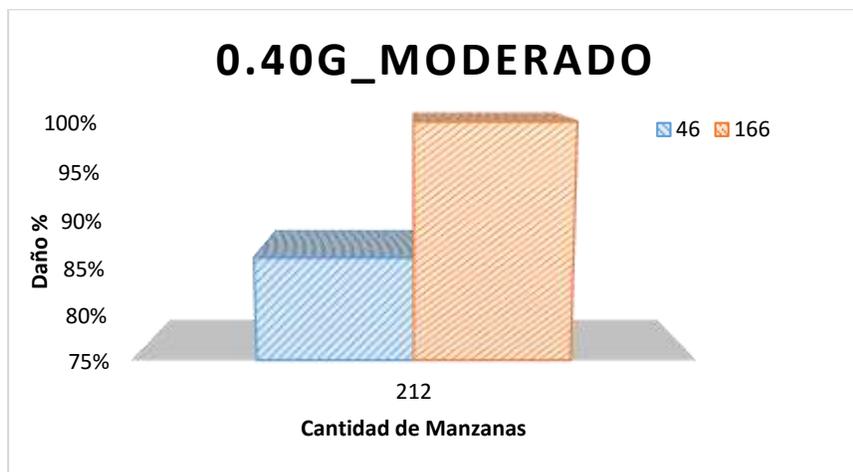
Para el escenario de PGA 0.20g, se observa en la Figura 83 el % de Daño Moderado que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 108 manzanas no sufren daño Moderado en su estructura, 46 manzanas sufren daño Moderado en su estructura en un 15.55%, 39 manzanas sufren daño Moderado en su estructura en un 68.57%, 05 manzanas sufren daño Moderado en su estructura en un 97% y 14 manzanas sufren daño Moderado en su estructura en un 100%, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 09.

Figura 83: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.20g\_Moderado



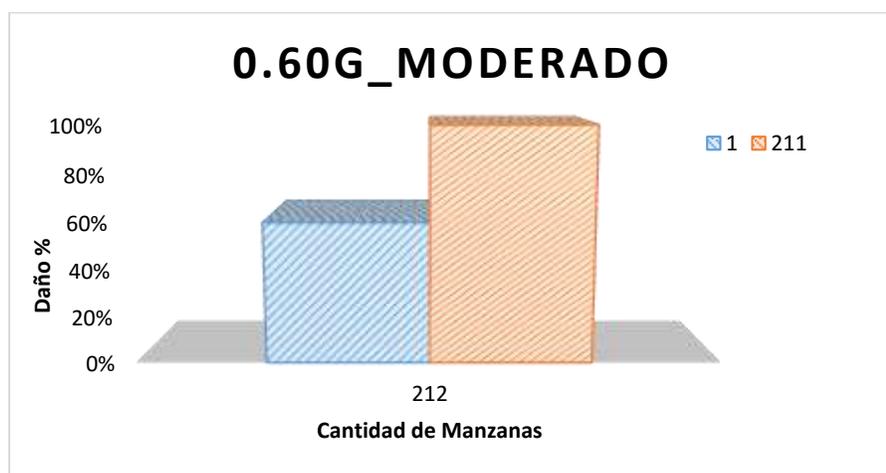
Para el escenario de PGA 0.40g, se observa en la Figura 84 el % de Daño Moderado que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 46 manzanas sufren daño Moderado en su estructura en un 86% y 166 manzanas sufren daño Moderado en su estructura en un 100%, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 10.

Figura 84: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.40g\_Moderado



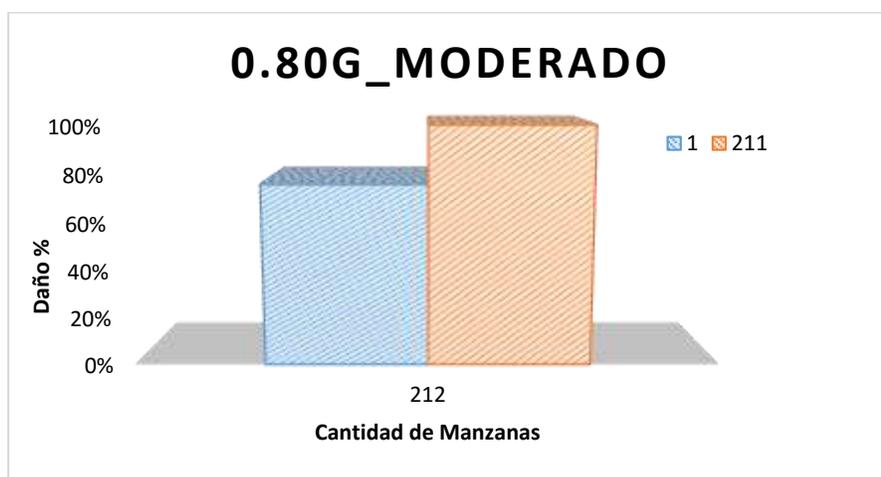
Para el escenario de PGA 0.60g, se observa en la Figura 85 el % de Daño Moderado que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 01 manzana sufre daño Moderado en su estructura en un 59.84% y 211 manzanas sufren daño Moderado en su estructura en un 100%, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 11.

Figura 85: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.60g\_Moderado



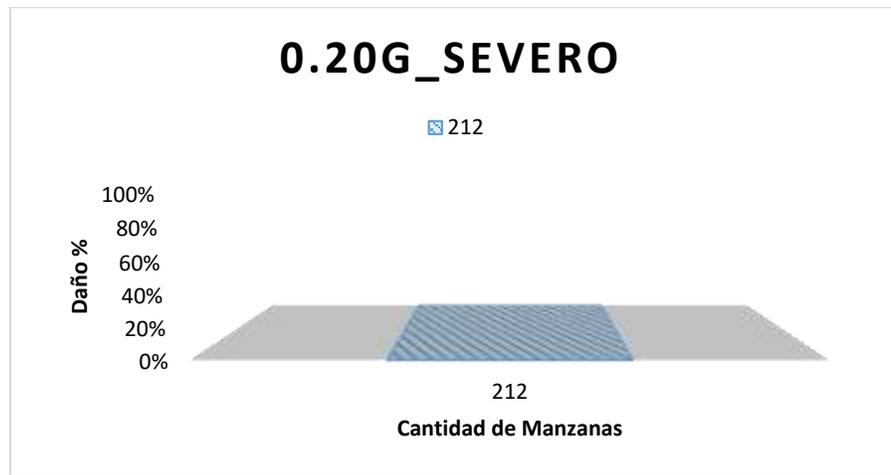
Para el escenario de PGA 0.80g, se observa en la Figura 86 el % de Daño Moderado que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 01 manzana sufre daño Moderado en su estructura en un 76% y 211 manzanas sufren daño Moderado en su estructura en un 100%, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 12.

Figura 86: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.80g\_Moderado



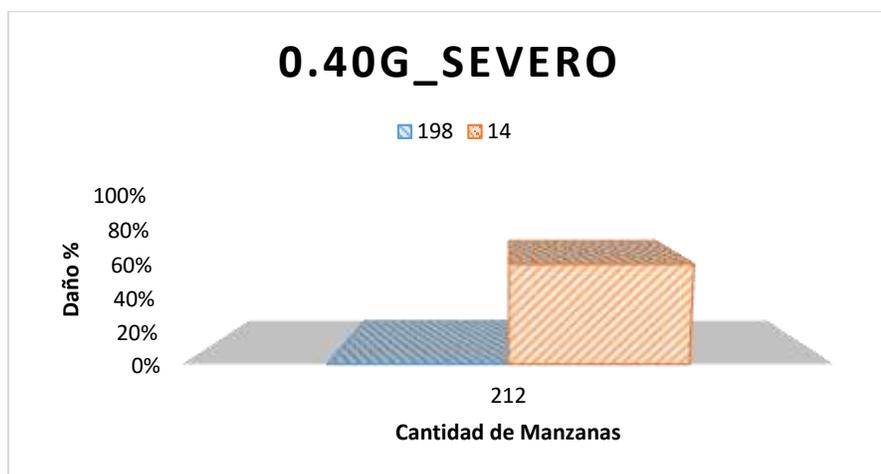
Para el escenario de PGA 0.20g, se observa en la Figura 87 el % de Daño Severo que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 212 manzanas no sufren ningun daño Severo en su estructura, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 13.

Figura 87: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo  
0.20g\_Severo



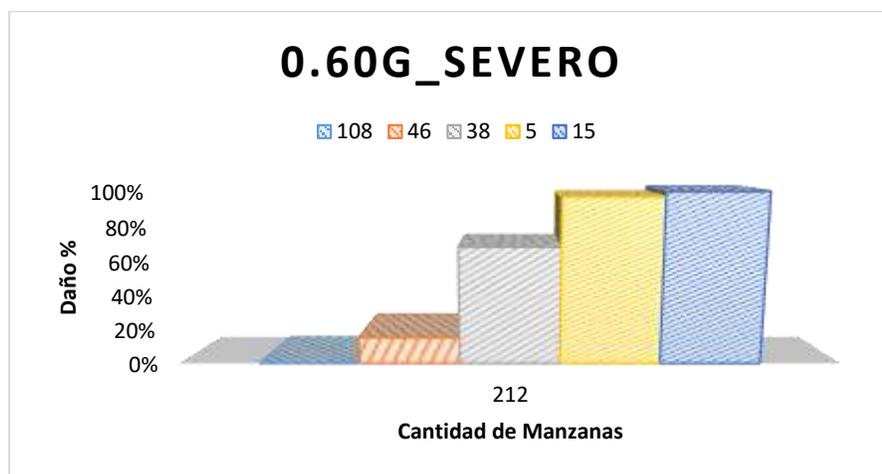
Para el escenario de PGA 0.40g, se observa en la Figura 88 el % de Daño Severo que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 198 manzanas no sufren daño Severo en su estructura y 14 manzanas sufren daño Severo en su estructura en un 59.84%, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 14.

Figura 88: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo  
0.40g\_Severo



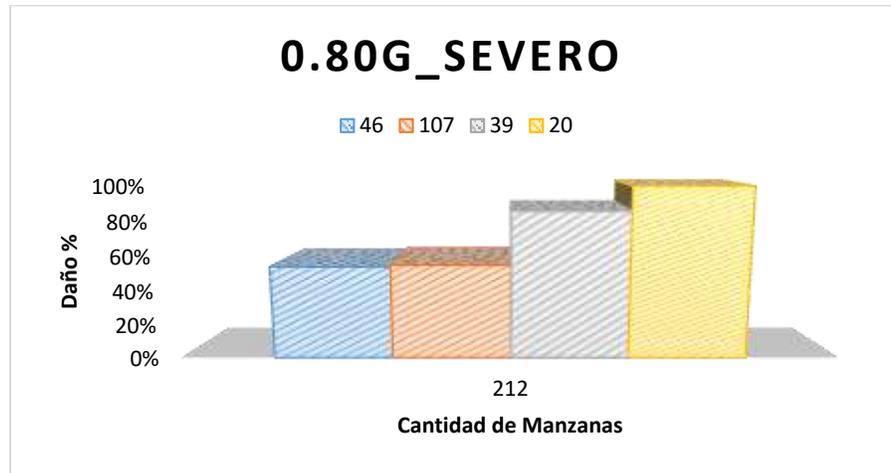
Para el escenario de PGA 0.60g, se observa en la Figura 89 el % de Daño Severo que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 108 manzanas no sufren daño Severo en su estructura, 46 manzanas sufren daño Severo en su estructura en un 15.55%, 38 manzanas sufren daño Severo en su estructura en un 68.57%, 05 manzanas sufren daño Severo en su estructura en un 97% y 15 manzanas sufren daño Severo en su estructura en un 100%, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 15.

Figura 89: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.60g\_Severo



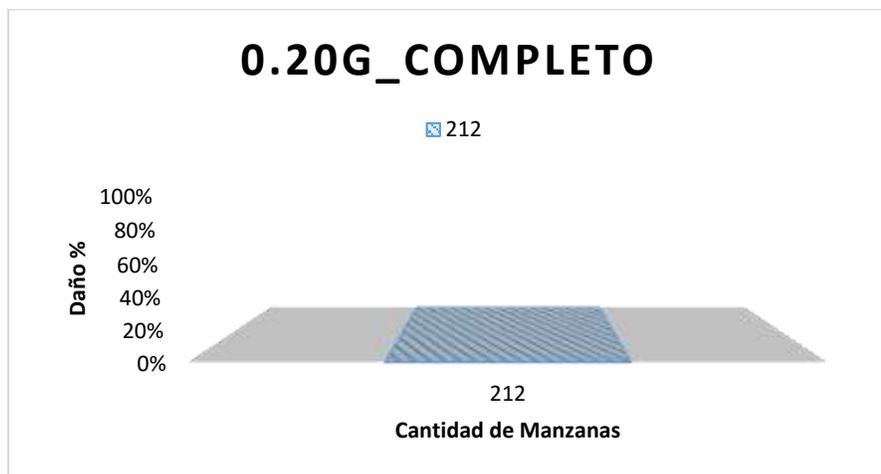
Para el escenario de PGA 0.80g, se observa en la Figura 90 el % de Daño Severo que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 46 manzanas sufren daño Severo en su estructura en un 53.88%, 107 manzanas sufren daño Severo en su estructura en un 54.98%, 39 manzanas sufren daño Severo en su estructura en un 86% y 20 manzanas sufren daño Severo en su estructura en un 100%, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 16.

Figura 90: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.80g\_Severo



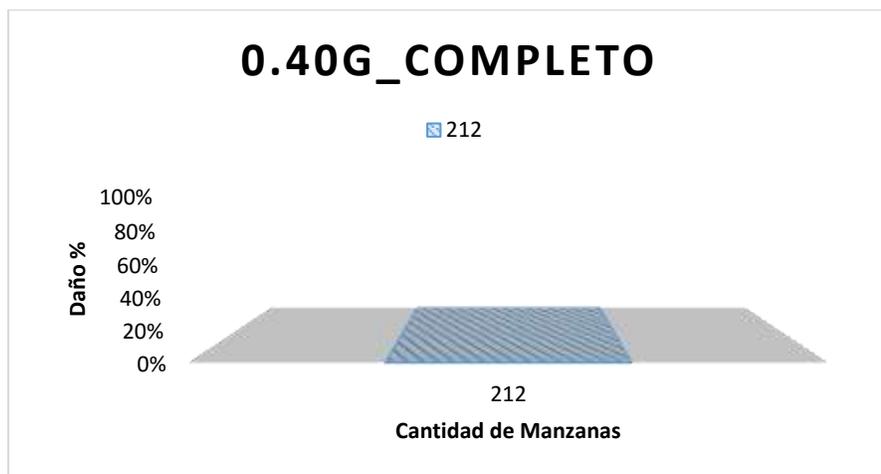
Para el escenario de PGA 0.20g, se observa en la Figura 91 el % de Daño Completo que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 212 manzanas no sufren ningun daño Completo en su estructura, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 17.

Figura 91: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.20g\_Completo



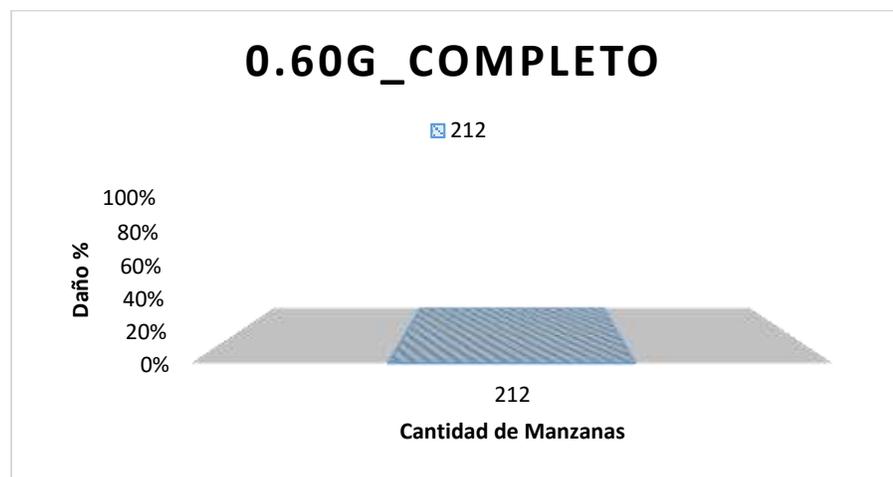
Para el escenario de PGA 0.40g, se observa en la Figura 92 el % de Daño Completo que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 212 manzanas no sufren ningun daño Completo en su estructura, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 18.

Figura 92: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.40g\_Completo



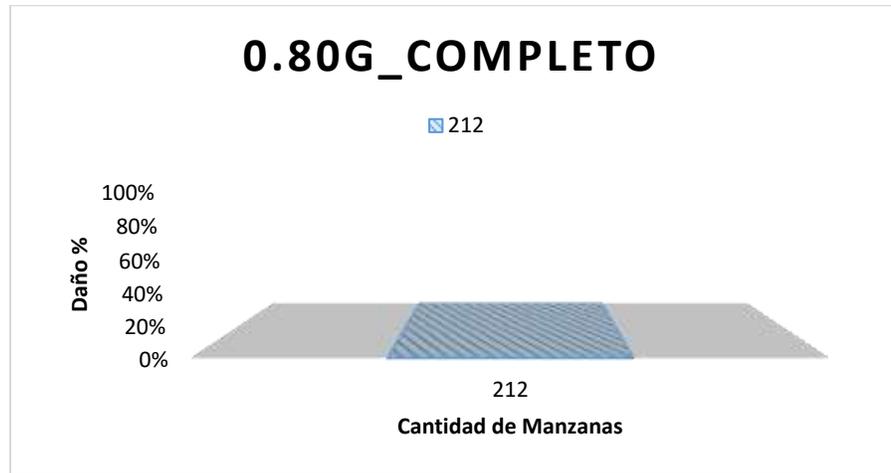
Para el escenario de PGA 0.60g, se observa en la Figura 93 el % de Daño Completo que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 212 manzanas no sufren ningun daño Completo en su estructura, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 19.

Figura 93: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.60g\_Completo



Para el escenario de PGA 0.80g, se observa en la Figura 94 el % de Daño Completo que presentan los edificios de concreto armado representativos por manzana, en el cual detalla que 212 manzanas no sufren ningun daño Completo en su estructura, cuyo mapa Geoespacial se encuentra en el Anexo 20.

Figura 94: Cantidad de Manzanas afectadas con sismo 0.80g\_Completo



## 6.2. Resultados de la Investigación

Ver mapas temáticos y mapas de Vulnerabilidad Sísmica de Edificios de concreto Armado en el Anexo 02 hasta el Anexo 20.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a la investigación realizada en esta Tesis y los resultados obtenidos en el desarrollo de los objetivos planteados, se concluye lo siguiente:

1. Luego de haber analizado 7 modelos estructurales de edificios de concreto armado representativos por su tipo de tipología en altura con el programa ETABS siguiendo los parámetros de la norma E.030 Diseño Sismorresistente 2006 y la metodología HAZUS permite obtener datos de alta confiabilidad para obtener el estado de daño, así como se demuestra.
2. El método de análisis dinámico lineal que se utilizó en la presente tesis permite obtener una aproximación aceptable para representar el comportamiento de forma simplificada de las edificaciones para los estados de daño Leve y Moderado. Asimismo, para los estados de daño Severo y Completo, este método de análisis conduce a resultados en algunos casos poco confiables debido a que el método de análisis lineal no considera la degradación de la rigidez y resistencia de los elementos estructurales y a lo simplificado de la formulación de la norma E.030 Diseño Sismorresistente 2006 para obtener los desplazamientos y derivas inelásticas.
3. Las gráficas de las curvas de fragilidad sísmicas de distintos niveles de daño leve, moderado, severo y completo para cada modelo, a partir de las probabilidades de excedencia (% de Daño) asociadas a cada valor de aceleración máxima del terreno (PGA) caracterizado por el Sismo de Kobe – tiempo historia nos permite visualizar el porcentaje de daño de cada edificación donde podremos acoplar líneas de tendencia para luego estas introducirlas a nuestra plataforma de datos en el

programa ArcGis 10.3 y luego obtener los mapas temáticos.

4. Las edificaciones diseñadas con la norma E.030 Diseño Sismorresistente 2006 presentaron las curvas de fragilidad del modelo 1, 2, 3, 4, 5, 6 ,7 y a partir de ello verificamos que en el eje “Y” de la mayoría de edificaciones presenta mayor rigidez respecto al eje “X” debido a su geometría ya que cuenta con mayor cantidad de elementos estructurales en esa dirección.
5. Calculando el nivel de daño sísmico considerando la metodología HAZUS, para graficar las curvas de fragilidad, obtenidas a partir del “Análisis Tiempo Historia” en ambas direcciones (“X” e “Y”), se generó ecuaciones de las curvas obtenidas del eje X para luego insertar en ArcGis10.3 y así realizar un mapeo de daño de la zona de trabajo por manzana ya que se representó de cada manzana la altura máxima representativa ubicado en la Urbanización Valle Hermoso, Casuarinas Sur, El Polo y Urbanización Chacarilla del Estanque – Santiago de Surco – Lima.
6. Utilizando la herramienta del sistema de información geográfica (SIG), nos permiten suponer distintos escenarios de aceleraciones máximas (PGA) para la zona de trabajo – Santiago de Surco, y así obtener y conocer de manera inmediata posibles alteraciones mediante mapa según la ubicación de estos mismos.
7. Para la zona de estudio ubicado en la Urbanización Valle Hermoso, Casuarinas Sur, El Polo y Urbanización Chacarilla del Estanque – Santiago de Surco con un escenario de aceleración máxima del suelo (PGA) 0.60g obtenemos un resultado que las 212 manzanas analizadas

presentan 100% daño leve, luego, 1 manzana presenta 59.84% daño moderado y 211 manzanas presentan 100% daño moderado, así también, 108 manzanas presentan 0% daño severo – 46 manzanas presentan 15.55% daño severo – 38 manzanas presentan 68.57% daño severo – 5 manzanas presentan 97% daño severo - 15 manzanas presentan 100% daño severo y daño completo o de colapso no presentan las 212 manzanas analizadas.

## RECOMENDACIONES

Las conclusiones obtenidas en esta Tesis llevan al planteamiento de las siguientes recomendaciones, para próximas investigaciones en esta área:

1. Incluir la distribución de tipologías según las irregularidades, sistema estructural y distorsiones de una estructura, para observar las variaciones de la curva de fragilidad.
2. Aumentar el número de aceleraciones máximas, a fin de obtener una mejor aproximación de las curvas de fragilidad. Como, por ejemplo, el estado límite asociado al estado de daño, debido a que este parámetro presenta una dispersión importante.
3. Continuar con esta investigación relacionada con edificios de concreto armado, utilizando métodos de análisis lineal, para obtener curvas de fragilidad acorde al comportamiento de cada estructura, en función de los diferentes estados de daño y así obtener un mapeo importante de toda la ciudad de Lima.
4. Dar continuidad a esta línea de investigación aumentando las tipologías de los edificios según la norma E.030 Diseño Sismorresistente para observar los cambios de las curvas de fragilidad para edificaciones importantes de los sectores educación y salud.
5. Las instituciones públicas involucradas en este tema deberían crear centros de información (base de datos), liberados y accesibles para ingenieros desarrolladores de investigaciones acorde al desarrollo de sistema SIG.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Blasco, B. (1997).** Estructuración y diseño de edificaciones de Concreto Armado.

**Harmsen, T. (2000).** Diseño de estructuras de concreto armado.

**Barriola, J. & Zegarra, L. (1993).** Estructuras de Concreto en áreas Sísmicas, Comportamiento y Diseño. Instituto de Ingeniería Sísmica. Perú.

**Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento del Perú (2006).** Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Cámara Peruana de la Construcción.

**Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) (2014).** Proyecto de Norma E.030 Diseño Sismo resistente.

**Aza, G. (2014).** Diseño Estructural de un Edificio Residencial de Concreto Armado de Ocho Pisos y Semisótano. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Tesis de para Obtener el Título de Ingeniero Civil.

**Gallo, W. (2006).** Inspecciones Técnicas de seguridad estructural en Edificaciones de Concreto Armado. Universidad de Piura (UP). Tesis de para Obtener el Título de Ingeniero Civil.

**Rueda, E. (2008).** Diseño de un Edificio de Concreto Armado de Cinco Niveles. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Tesis de para Obtener el Título de Ingeniero Civil.

**Ramírez, C. (2009).** Diseño Estructural de un Edificio de un Sótano y Siete Pisos. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Tesis de para Obtener el Título de Ingeniero Civil.

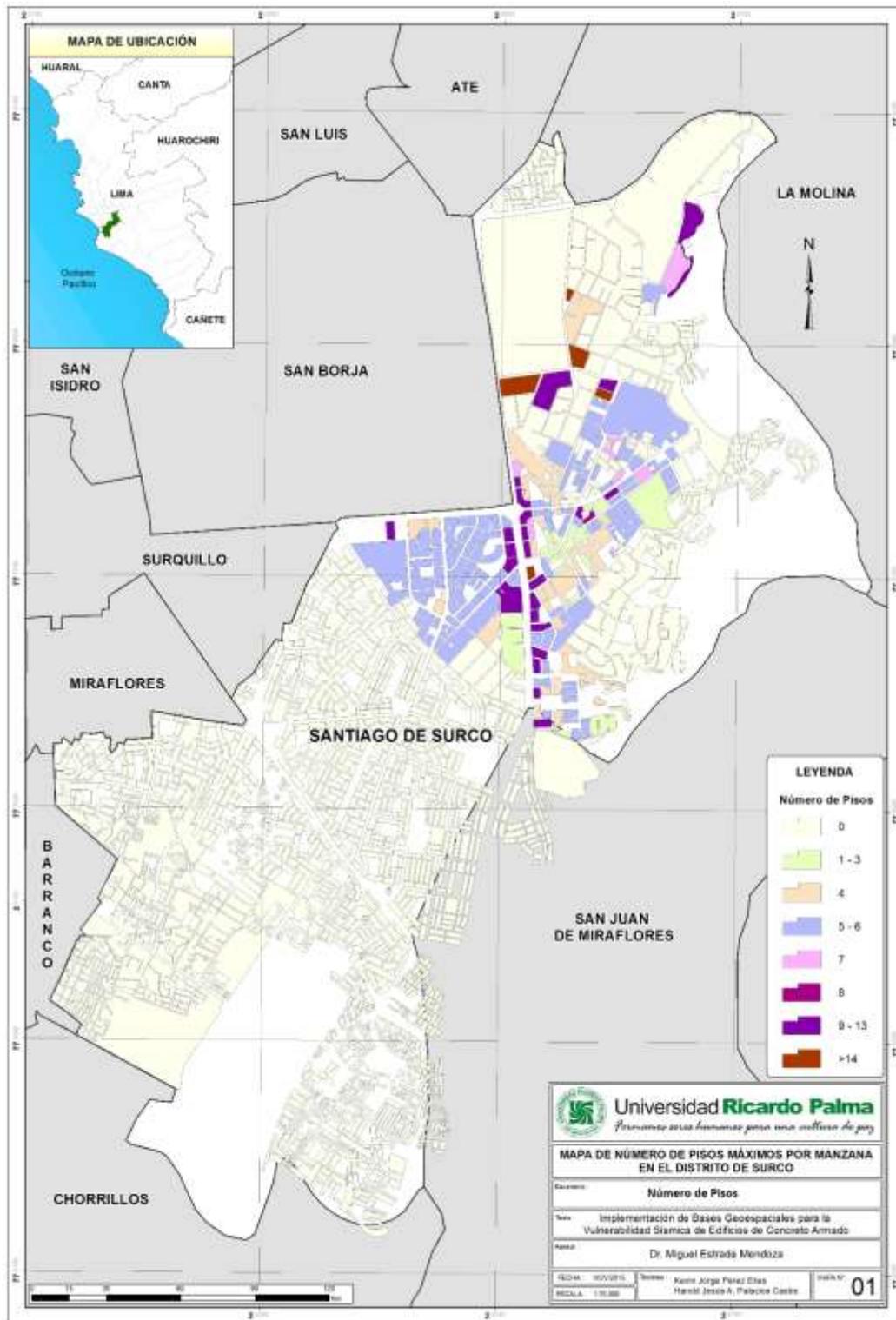
**Radilla, F. (2008).** Modelado de datos espaciales. Caso estudio: sistemas de información geográfica. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del instituto Politécnico Nacional Departamento de Computación. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica.

**Vizconde, A. (2004).** Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un edificio existente: Clínica San Miguel – Piura. Universidad de Piura (UP). Tesis de para Obtener el Título de Ingeniero Civi.

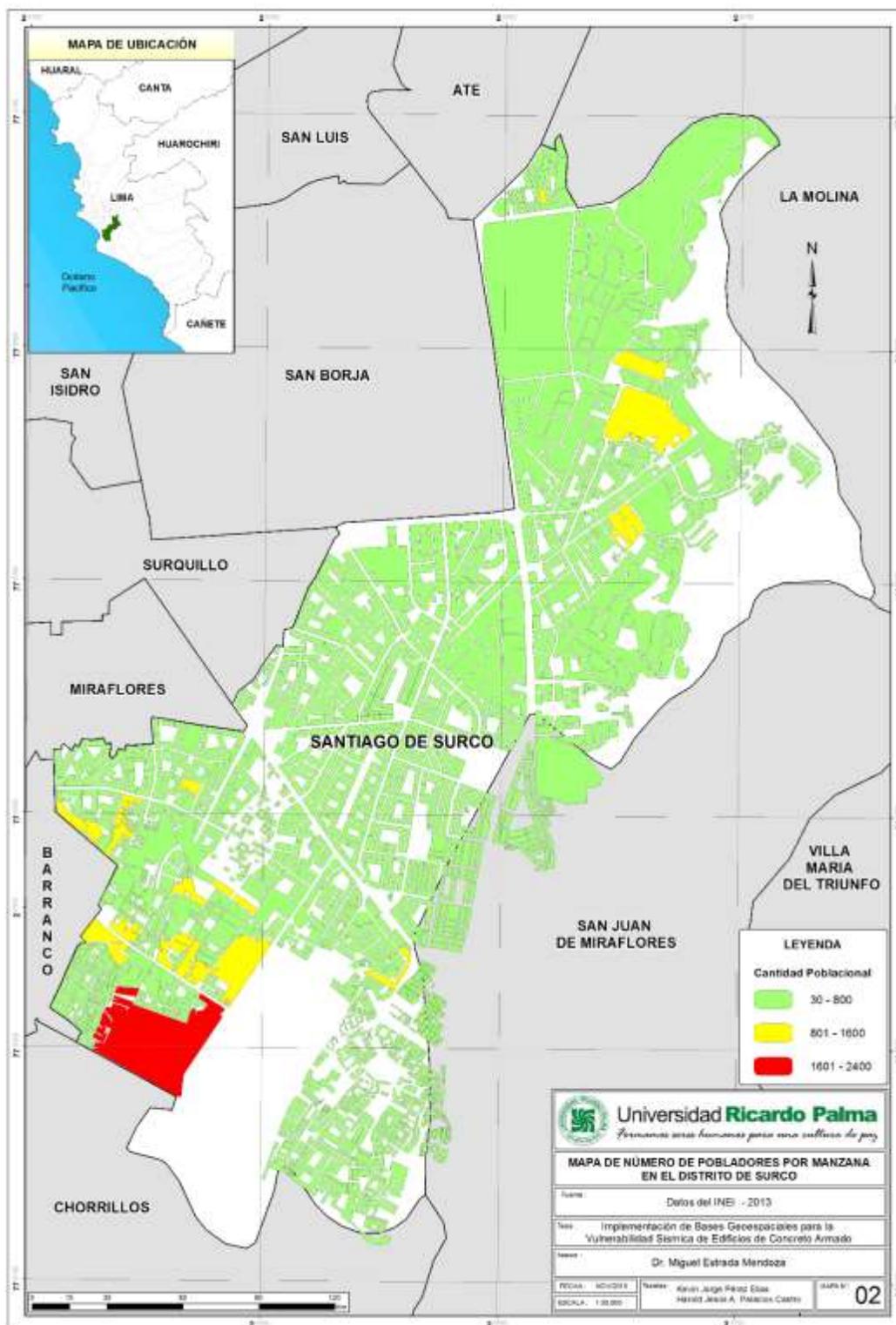
ANEXO 01: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			DISEÑO METODOLÓGICO
			VARIABLES	INDICADORES	INDICES	
<p><b>Problema General</b> ¿Cómo implementar bases geoespaciales para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificios de concreto armado?</p> <p><b>Problemas Específicos</b> - ¿Qué método utilizar para analizar la vulnerabilidad física en los edificios de concreto armado frente a una amenaza sísmica? - ¿Qué herramientas utilizar para la simulación, análisis y generación de mapas de los edificios de concreto armado? - ¿Cómo elaborar los de mapas de vulnerabilidad sísmica para las bases geoespaciales?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Implementar bases geoespaciales a través de información recopilada, procesada, integrada y sistematizada de la vulnerabilidad de edificios de concreto armado con la finalidad de visualizar los datos en mapas georeferenciados.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> - Analizar la vulnerabilidad física e identificar el estado de los edificios de concreto armado utilizando el método de evaluación sísmica ATC-21. - Utilizar para la simulación, análisis y generación de mapas de análisis estructural y la plataforma GIS según su requerimiento. - Elaborar una plataforma de análisis de mapas de vulnerabilidad sísmica para las bases geoespaciales.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> A través de la información recopilada se puede elaborar una base geoespacial y mediante el análisis de la información se podrá realizar mapas de vulnerabilidad de edificios de concreto armado.</p> <p><b>Hipótesis Específicos</b> - Al analizar la vulnerabilidad física de los edificios de concreto armado se identifica los daños para ver el estado frente a una amenaza sísmica utilizando el método de evaluación ATC-21. - Al utilizar los programas de análisis estructural y la plataforma GIS se reduce el tiempo y aumenta las mejoras para la simulación, análisis y generación de mapas. - Al elaborar una plataforma de análisis de mapas de vulnerabilidad sísmica se tiene datos espaciales para ser visualizados en mapas incorporados en las bases geoespaciales.</p>	<p><b>Independientes</b> Vulnerabilidad Sísmica</p>	<p>Parámetros de Sitio</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificar la Dirección del Proyecto, datos generales.</li> <li>- Identificar los planos de ubicación y planos del edificio.</li> <li>- Identificar las características de la edificación.</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación Cuantitativa</b>, ya que se trata de cuantificar datos en porcentajes y pruebas numéricas para ser introducidos en una plataforma analítica mediante un mapeo dentro de las bases geoespaciales.</p> <p><b>Explicativa</b>, porque el estudio de campo busca evaluar los edificios de concreto armado recopilando datos para establecer información para luego ser estudiados en gabinete.</p> <p><b>Descriptiva</b>, porque busca analizar la información recopilada para diagnosticar, procesar, cuantificar y clasificar según la vulnerabilidad de los edificios de concreto armado dando así como respuesta una información (data) para implementar bases geoespaciales.</p> <p><b>Diseño de la investigación</b> Es de tipo <b>no experimental</b>, porque se realiza estudios de campo.</p> <p><b>Transversal</b>, porque recolectan los datos en un solo momento, en un tiempo único.</p> <p><b>Descriptivo</b>, porque el propósito es analizar la vulnerabilidad de edificios de concreto armado para obtener datos para la implementación de bases geoespaciales.</p>
			<p>Parámetros de Diseño Sismo resistente</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar el sistema estructural.</li> <li>- Determinar el tipo de edificación según su Uso.</li> <li>- Determinar los modificadores del comportamiento sísmico.</li> </ul>		
			<p>Daños estructurales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar los elementos estructurales principales y secundarios.</li> <li>- Verificar la calidad de la ejecución y de los materiales</li> <li>- Identificar el deterioro y sus causas de los elementos estructurales.</li> </ul>		
			<p><b>Dependientes</b> Bases Geoespaciales</p>	<p>Mapas de Riesgo Sísmico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar una plataforma de análisis.</li> <li>- Introducir datos correctamente estructurados y georeferenciados.</li> <li>- Controlar la data para la visualizar los mapas implementados.</li> </ul>	

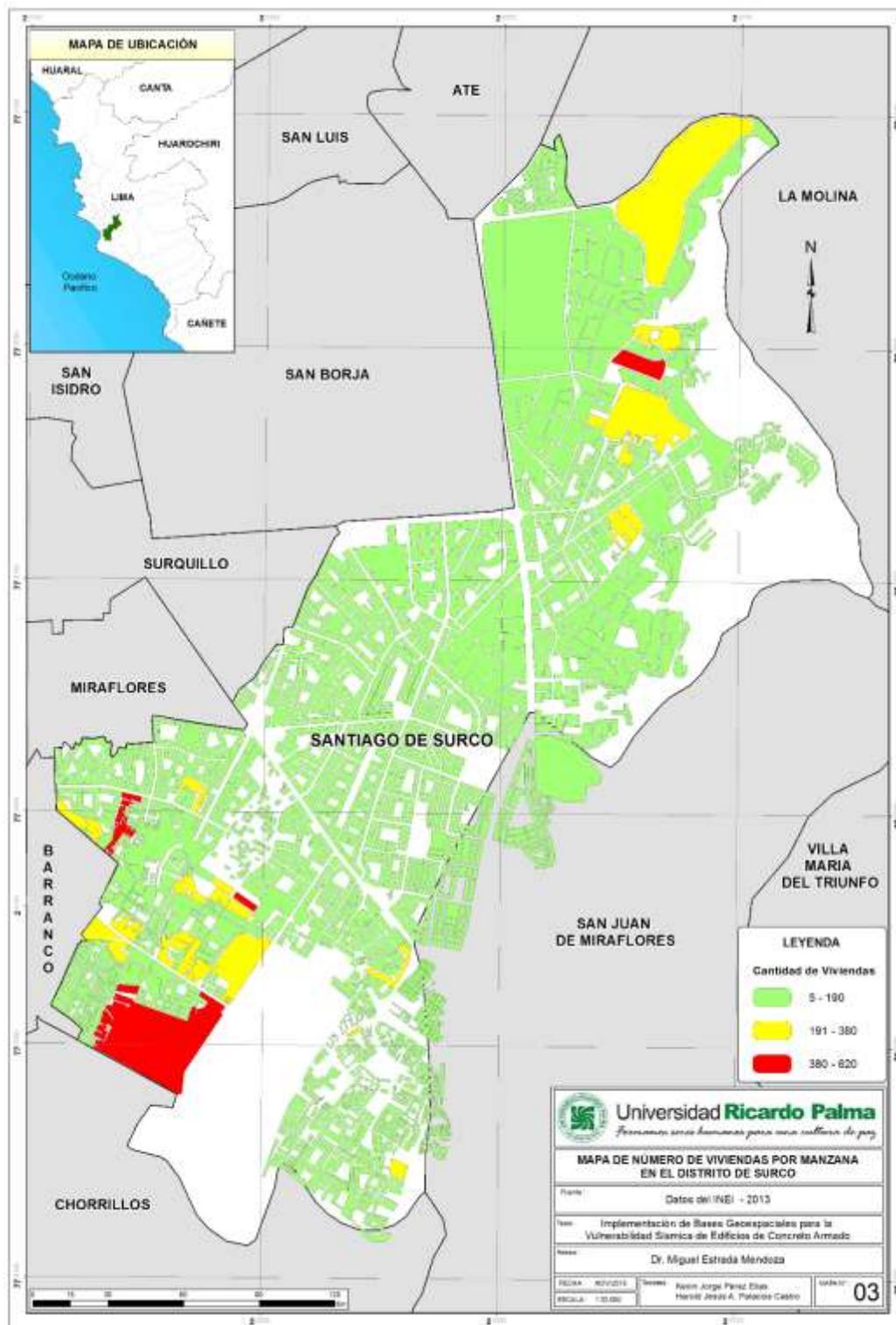
## ANEXO 02: Escenario Número de Pisos Máximos por Manzana



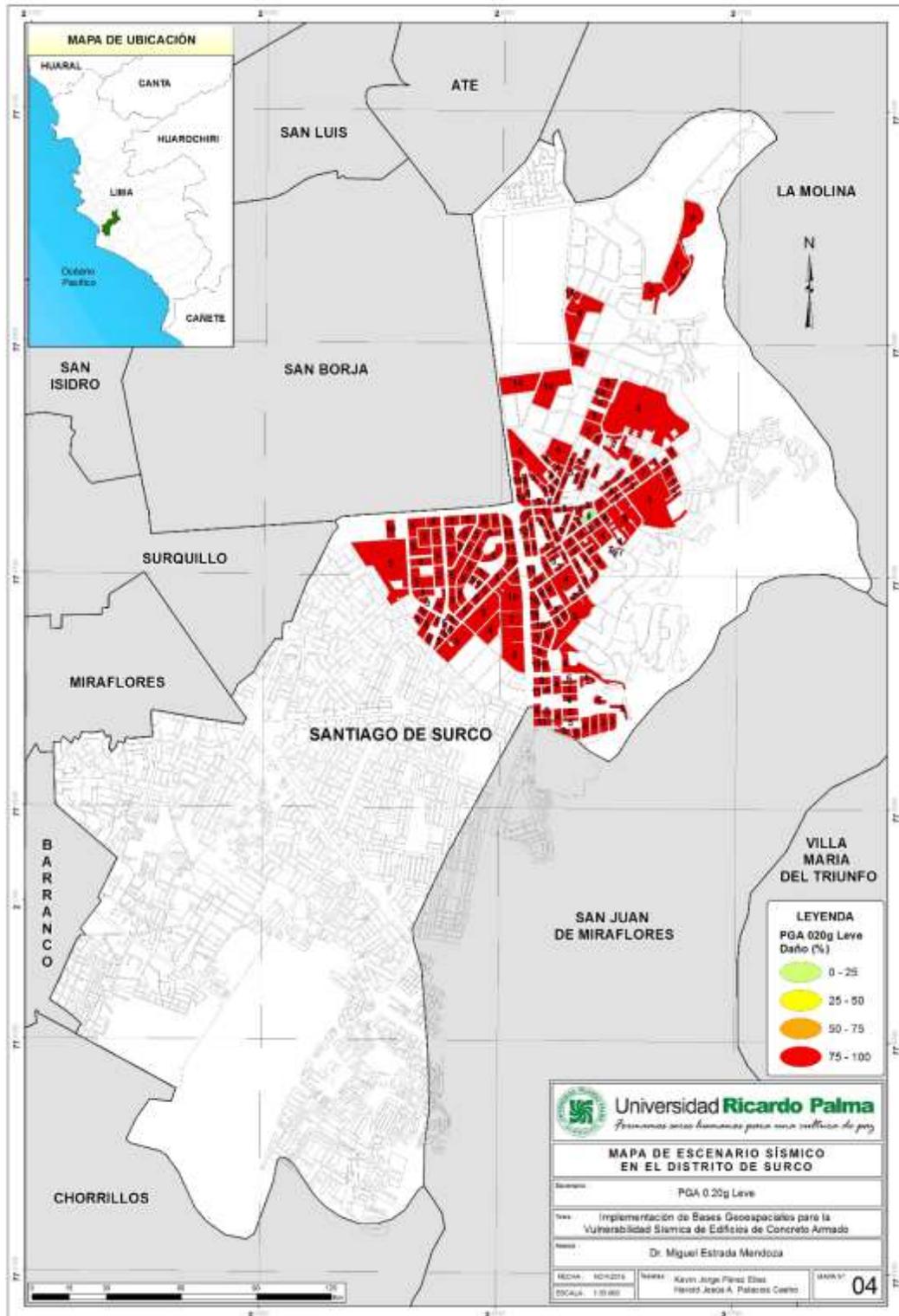
### ANEXO 03: Mapa de Número de Pobladores por Manzana



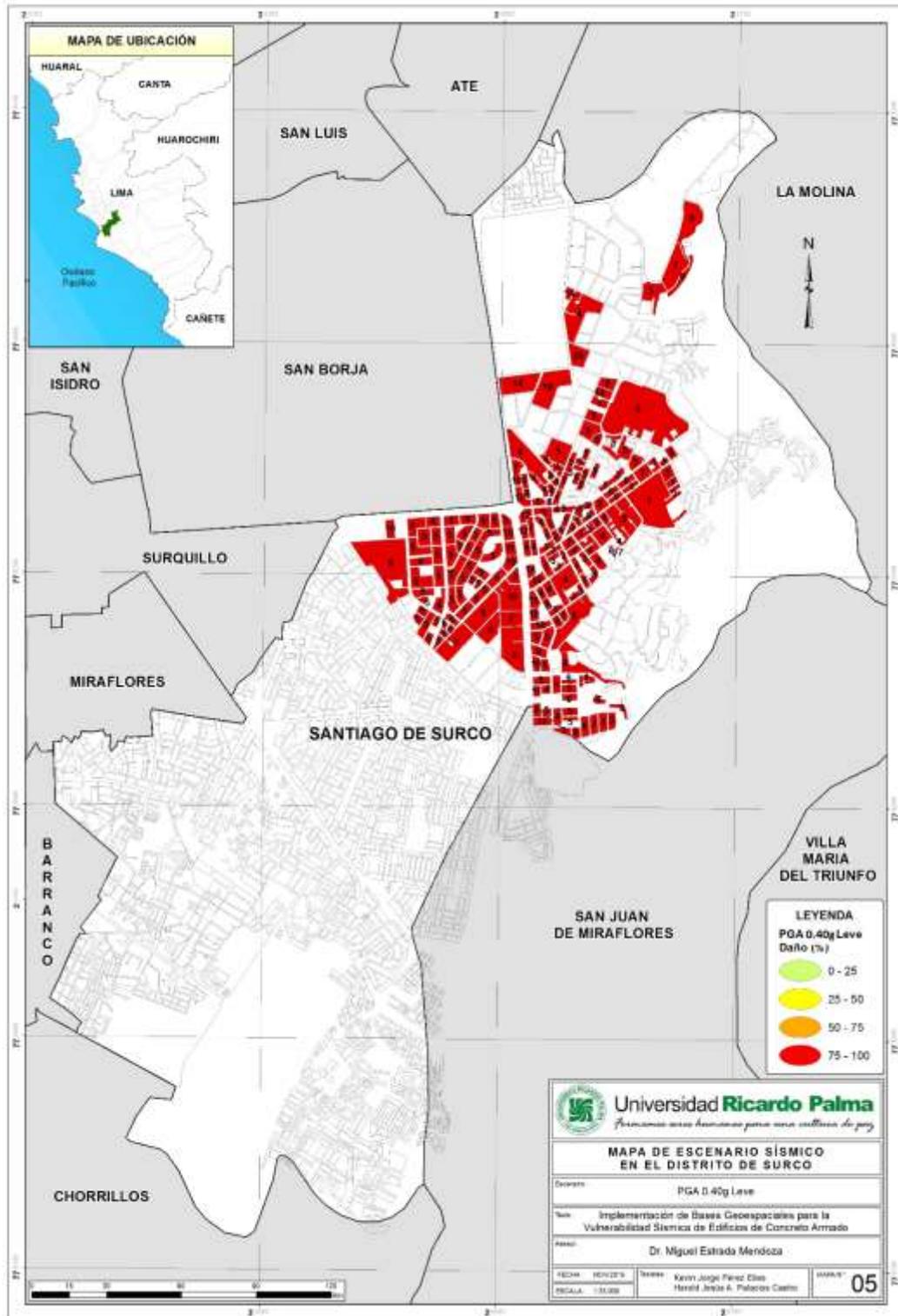
## ANEXO 04: Mapa de Número de Viviendas por Manzana



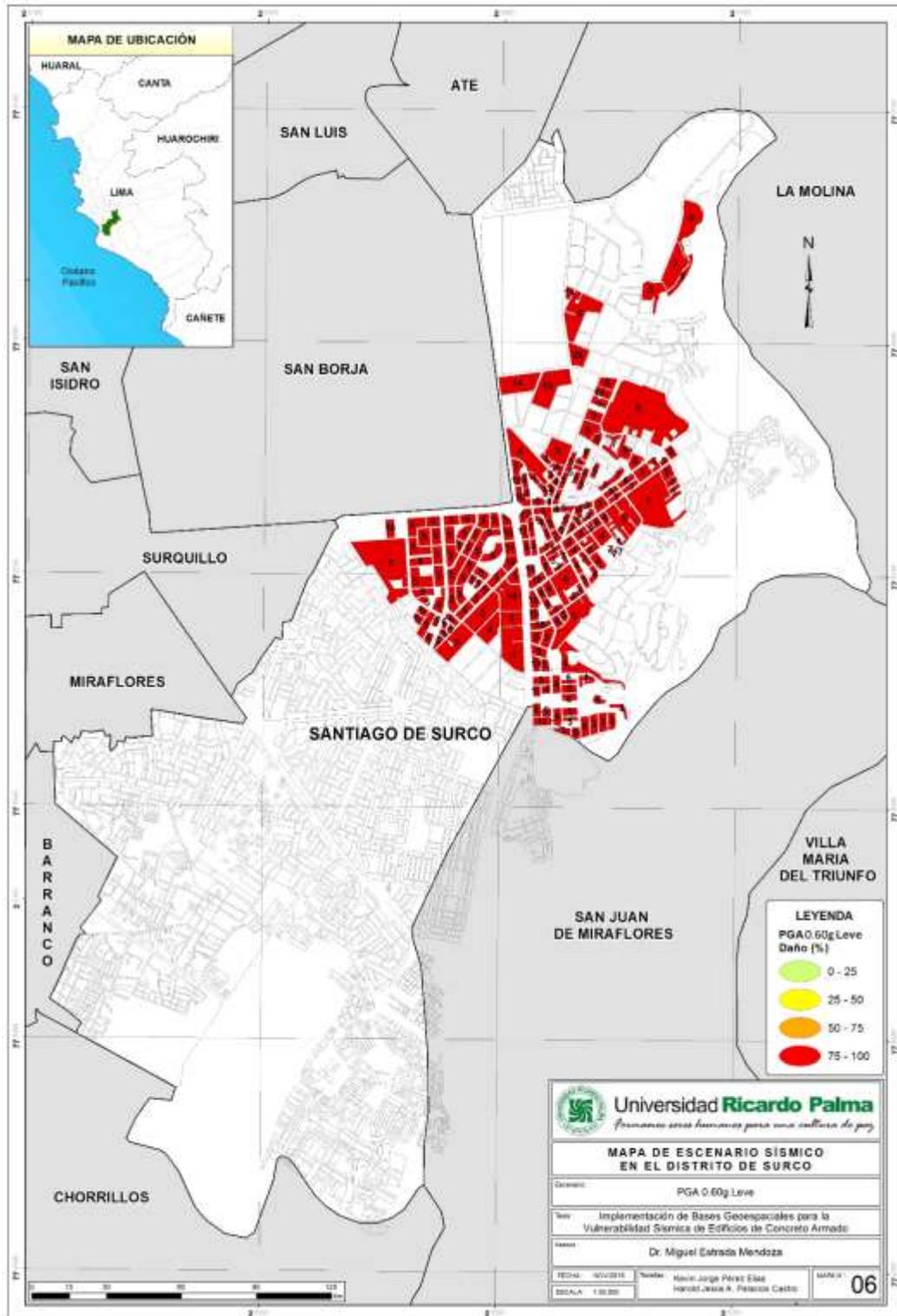
## ANEXO 05: Escenario PGA 0.20g – Daño Leve



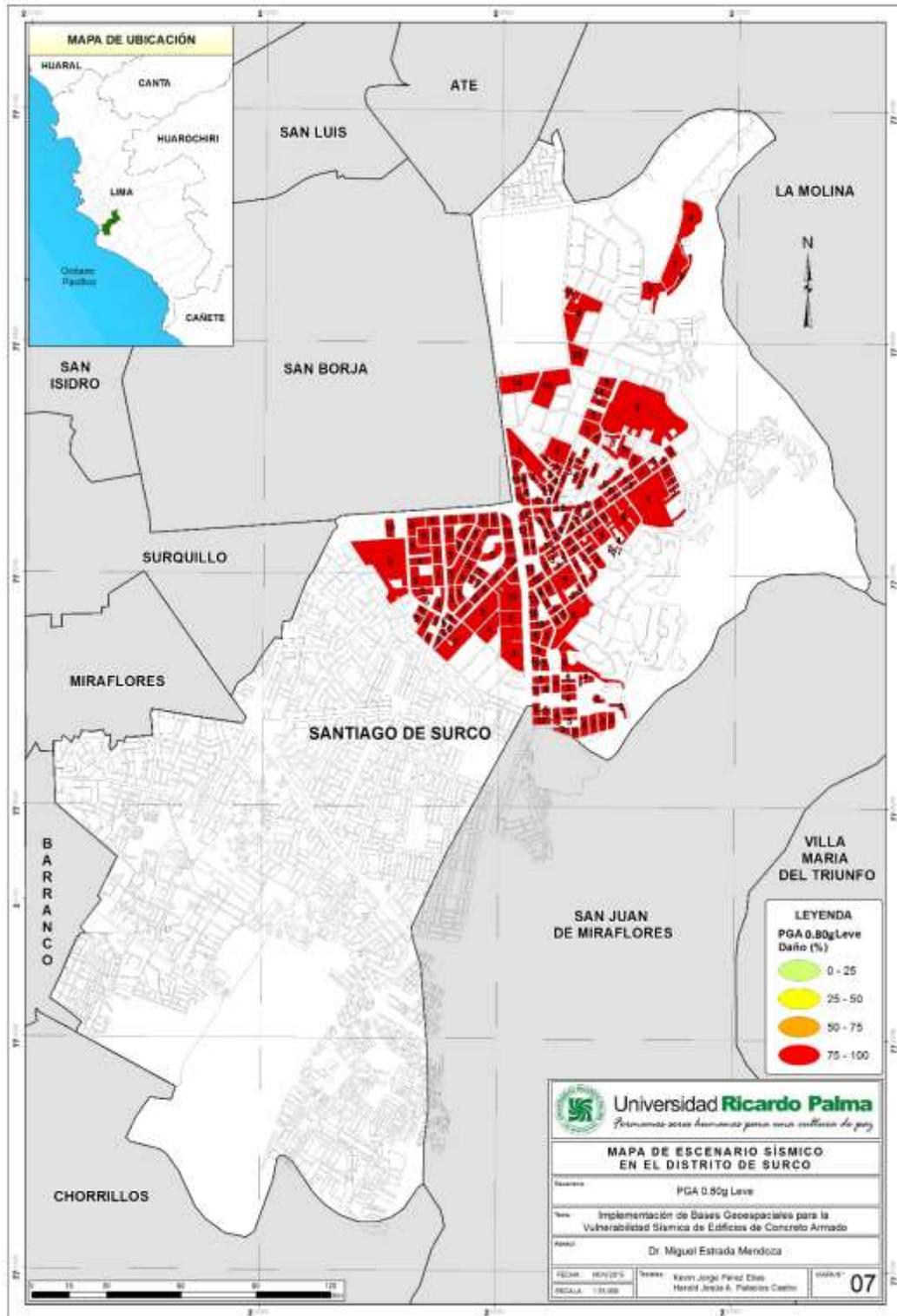
## ANEXO 06: Escenario PGA 0.40g – Daño Leve



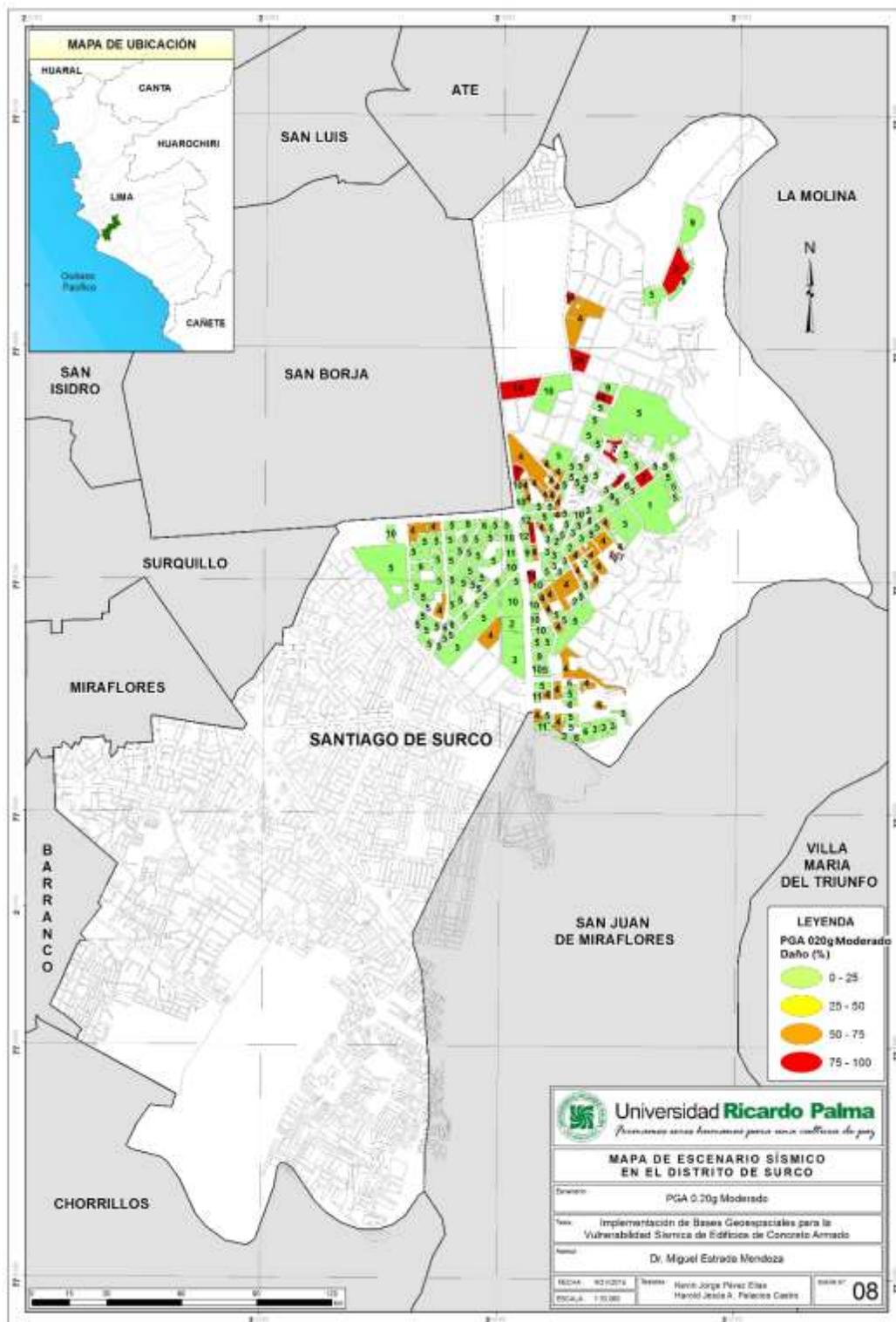
## ANEXO 07: Escenario PGA 0.60g – Daño Leve



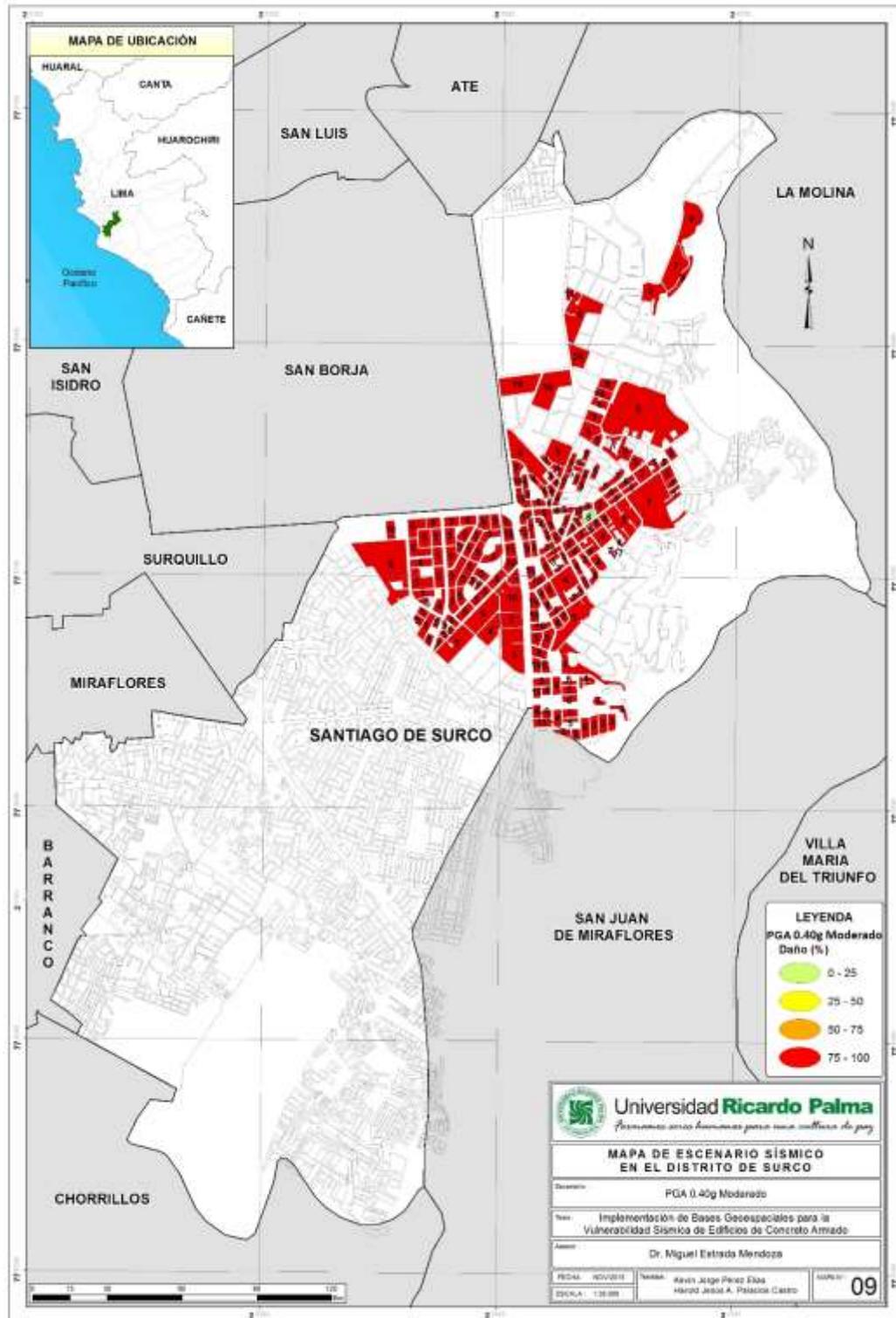
ANEXO 08: Escenario PGA 0.80g – Daño Leve



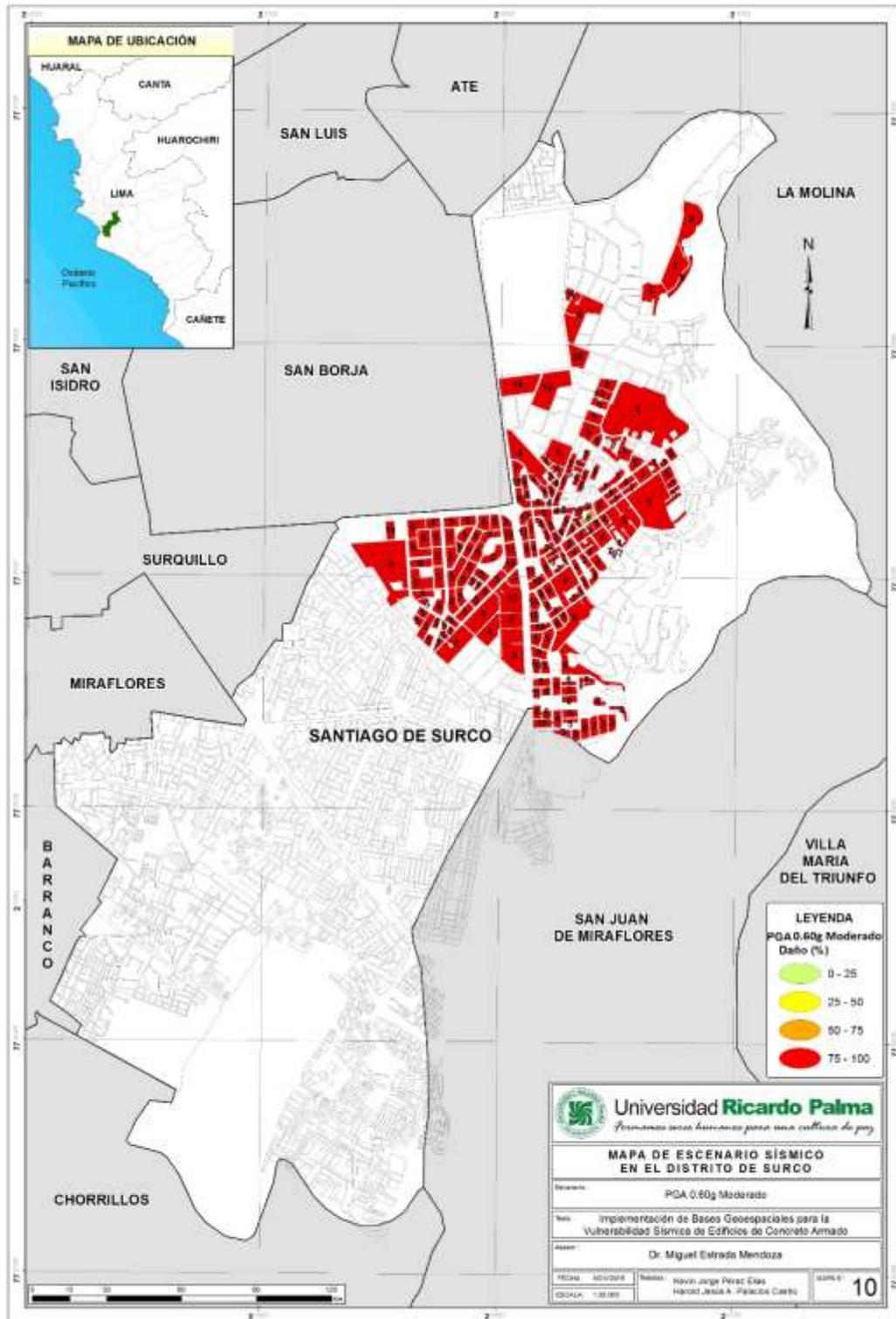
## ANEXO 09: Escenario PGA 0.20g – Daño Moderado



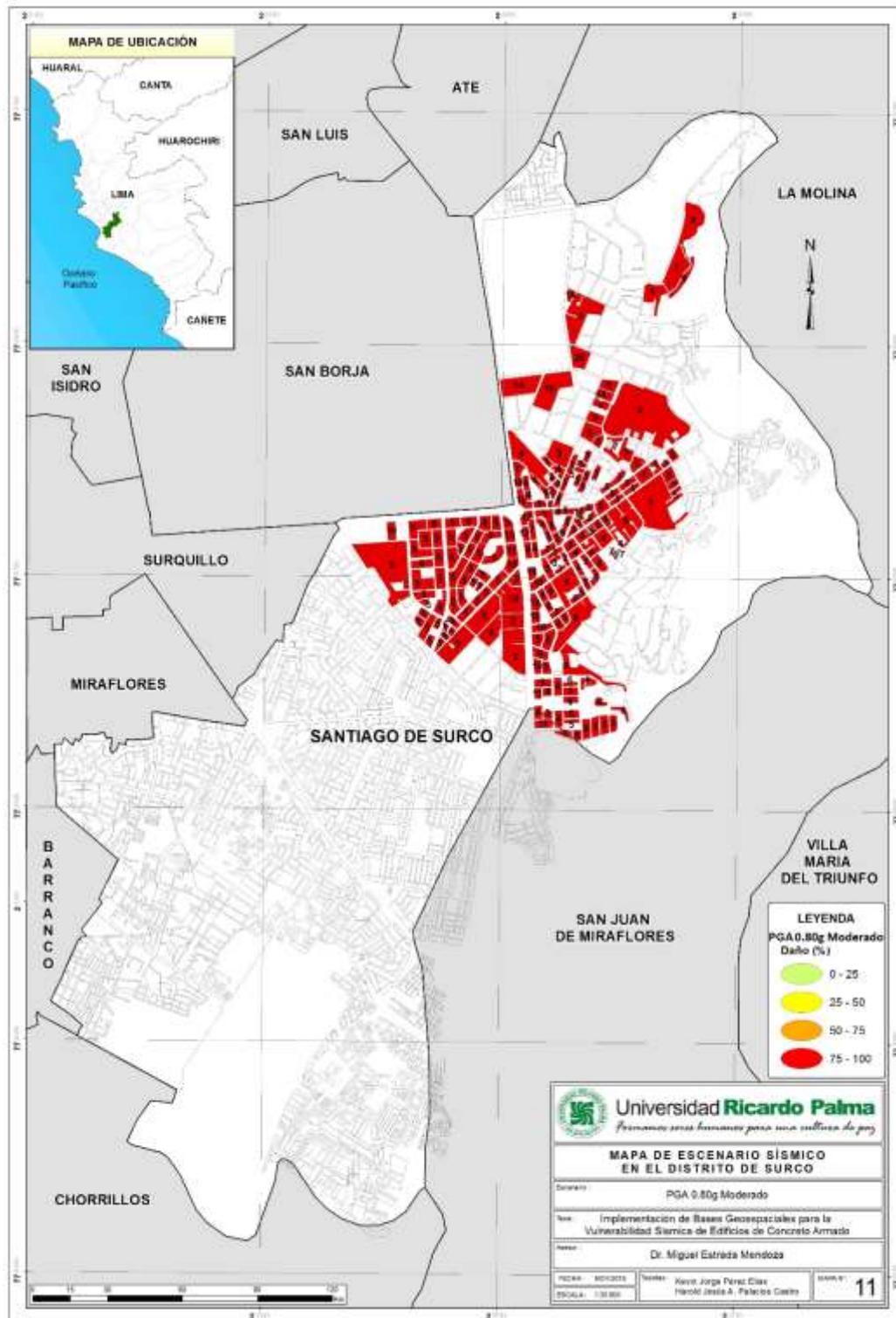
## ANEXO 10: Escenario PGA 0.40g – Daño Moderado



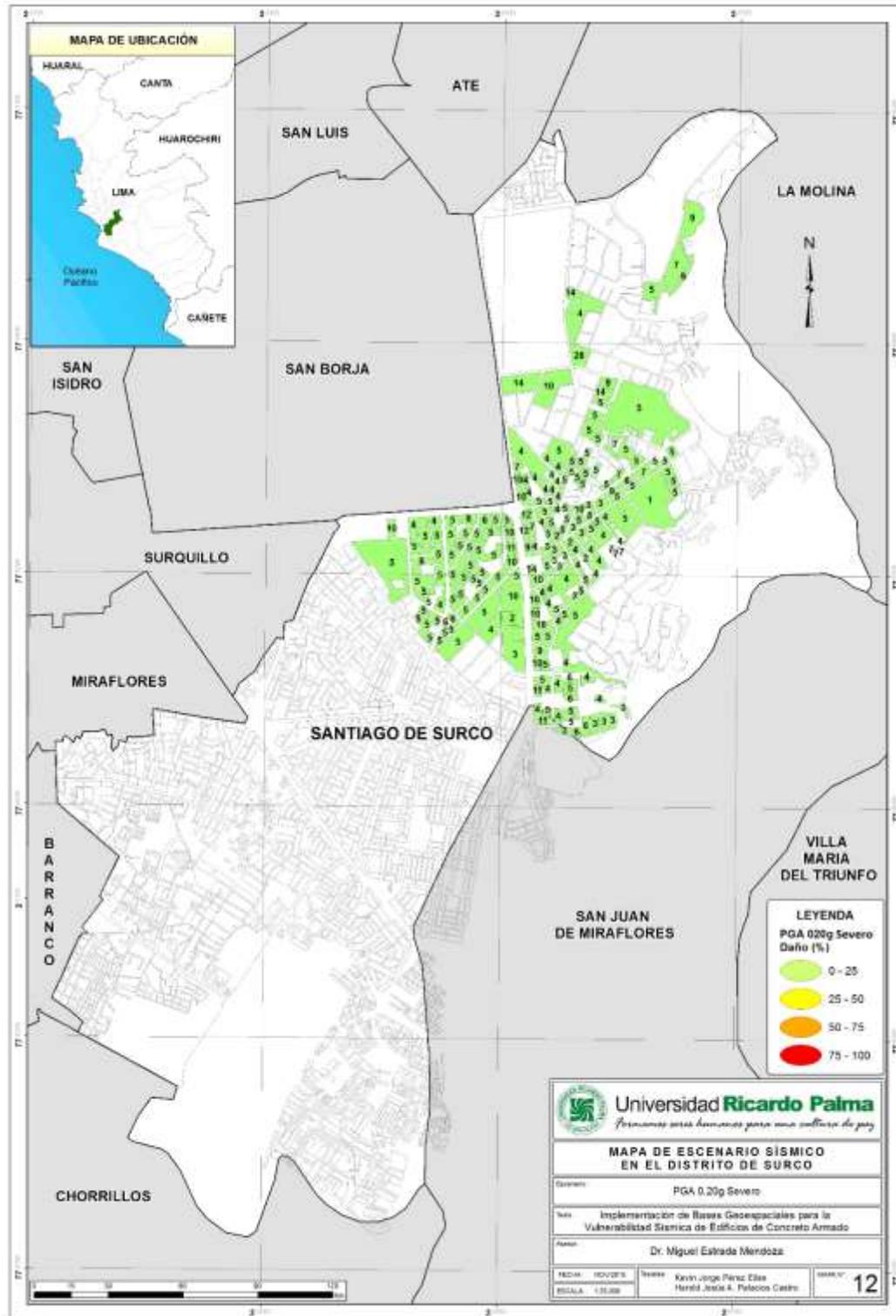
## ANEXO 11: Escenario PGA 0.60g – Daño Moderado



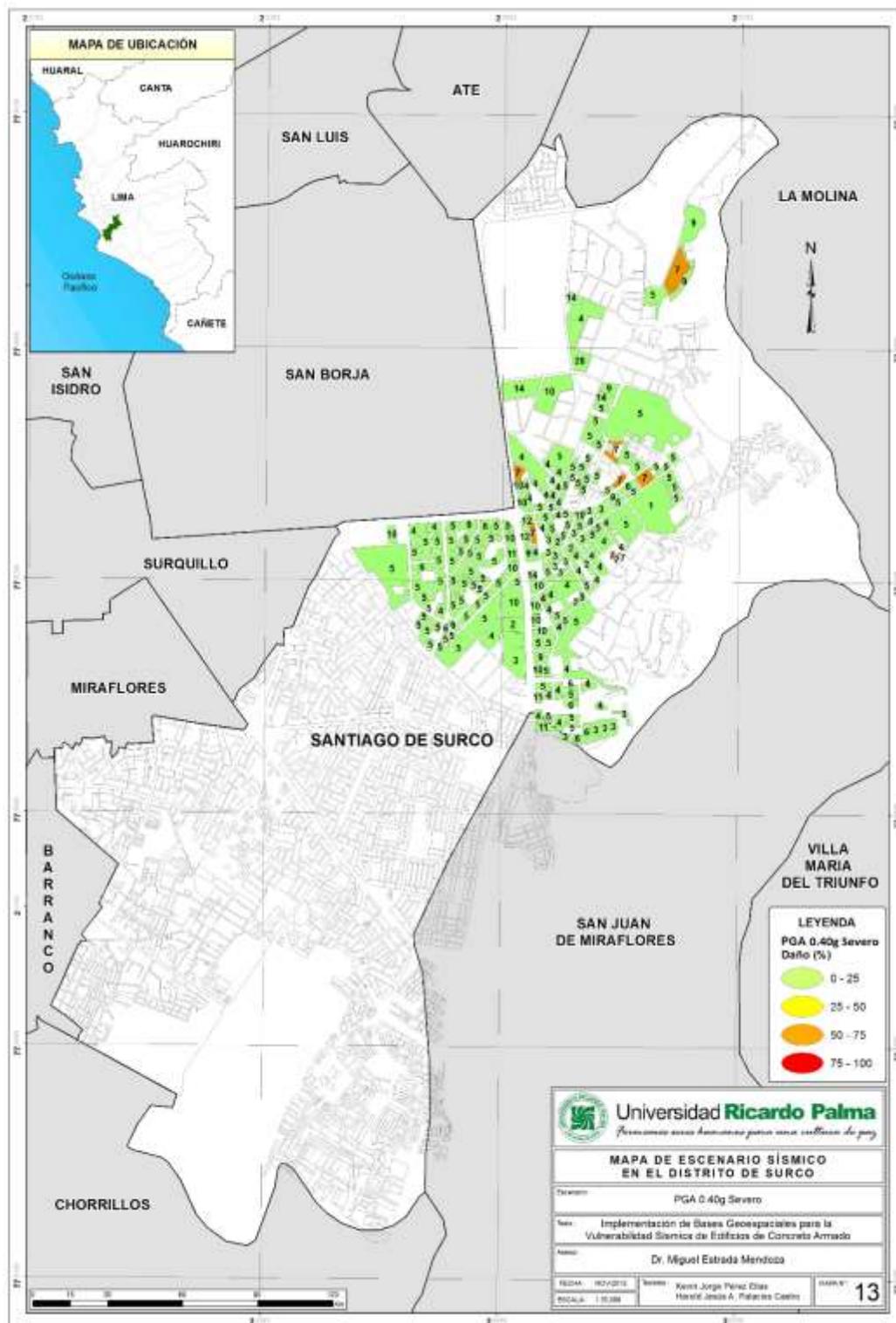
## ANEXO 12: Escenario PGA 0.80g – Daño Moderado



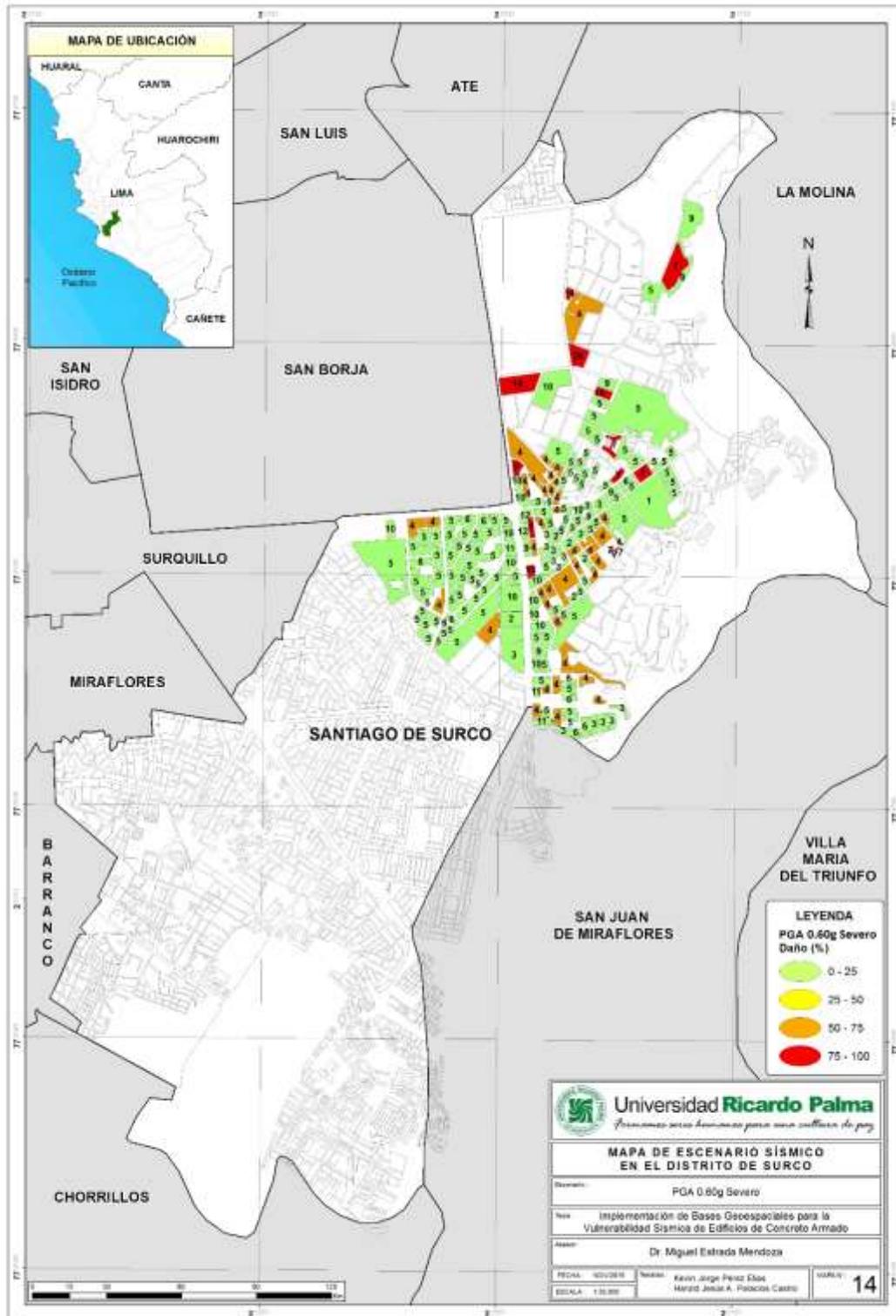
### ANEXO 13: Escenario PGA 0.20g – Daño Severo



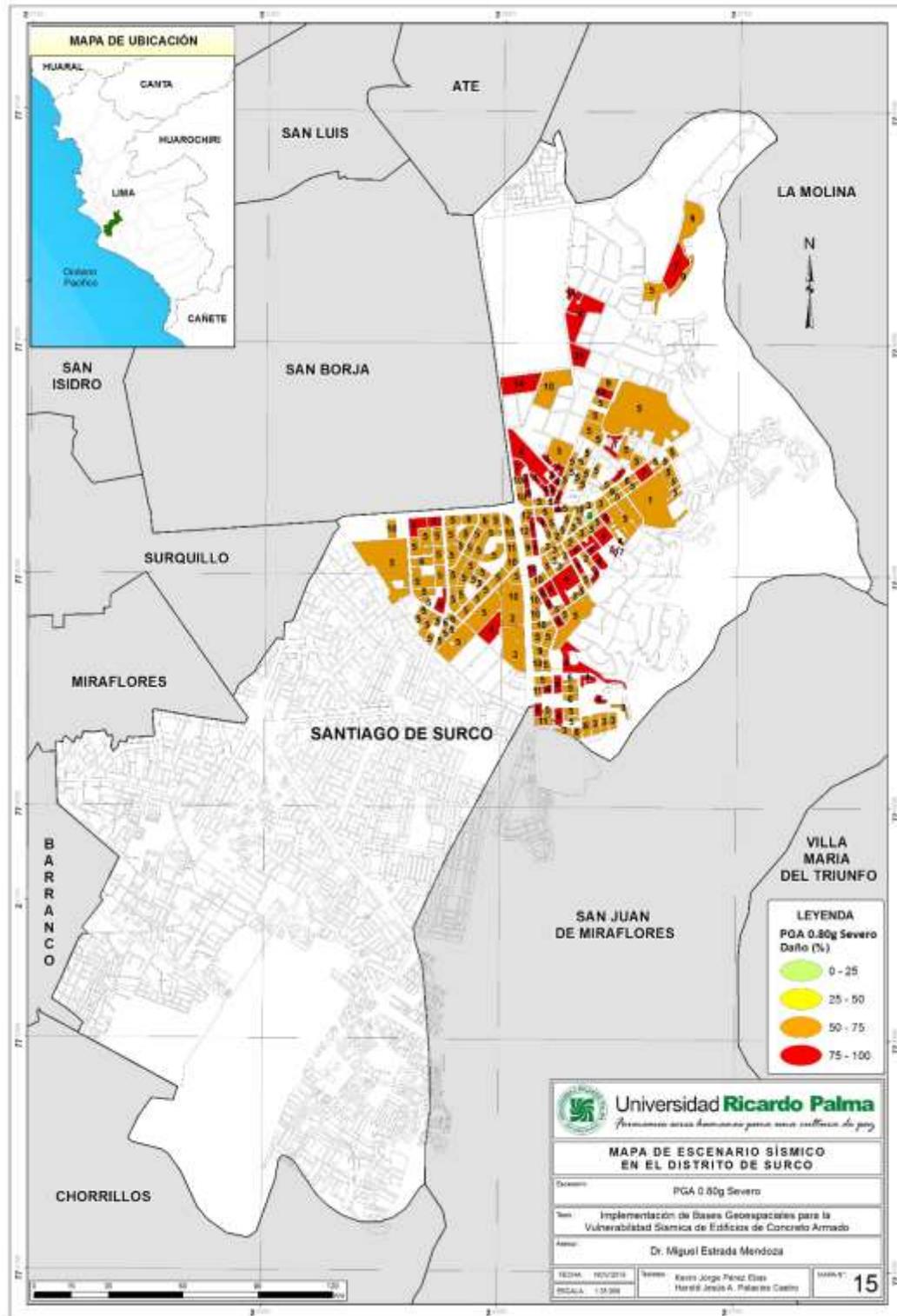
## ANEXO 14: Escenario PGA 0.40g – Daño Severo



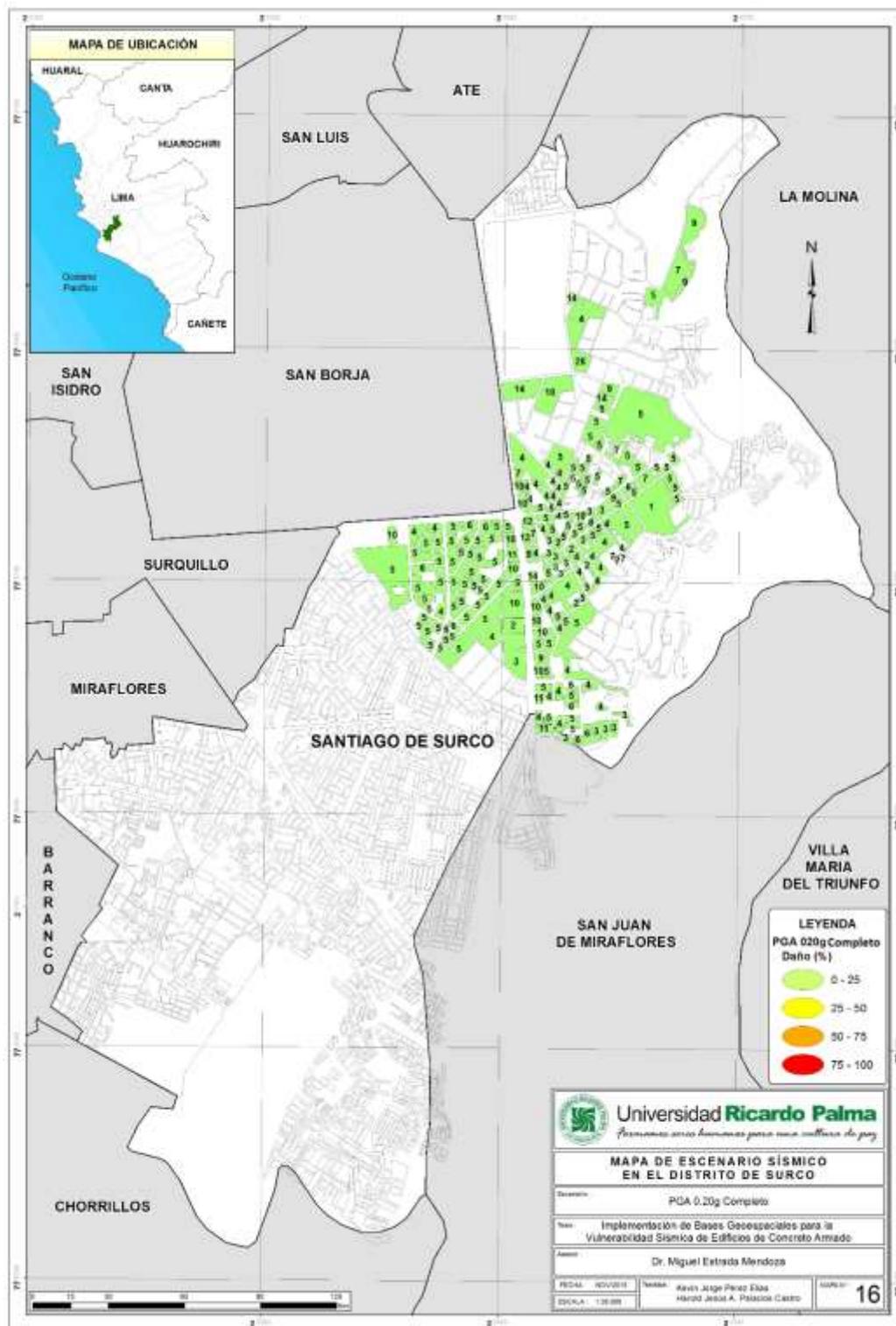
## ANEXO 15: Escenario PGA 0.60g – Daño Severo



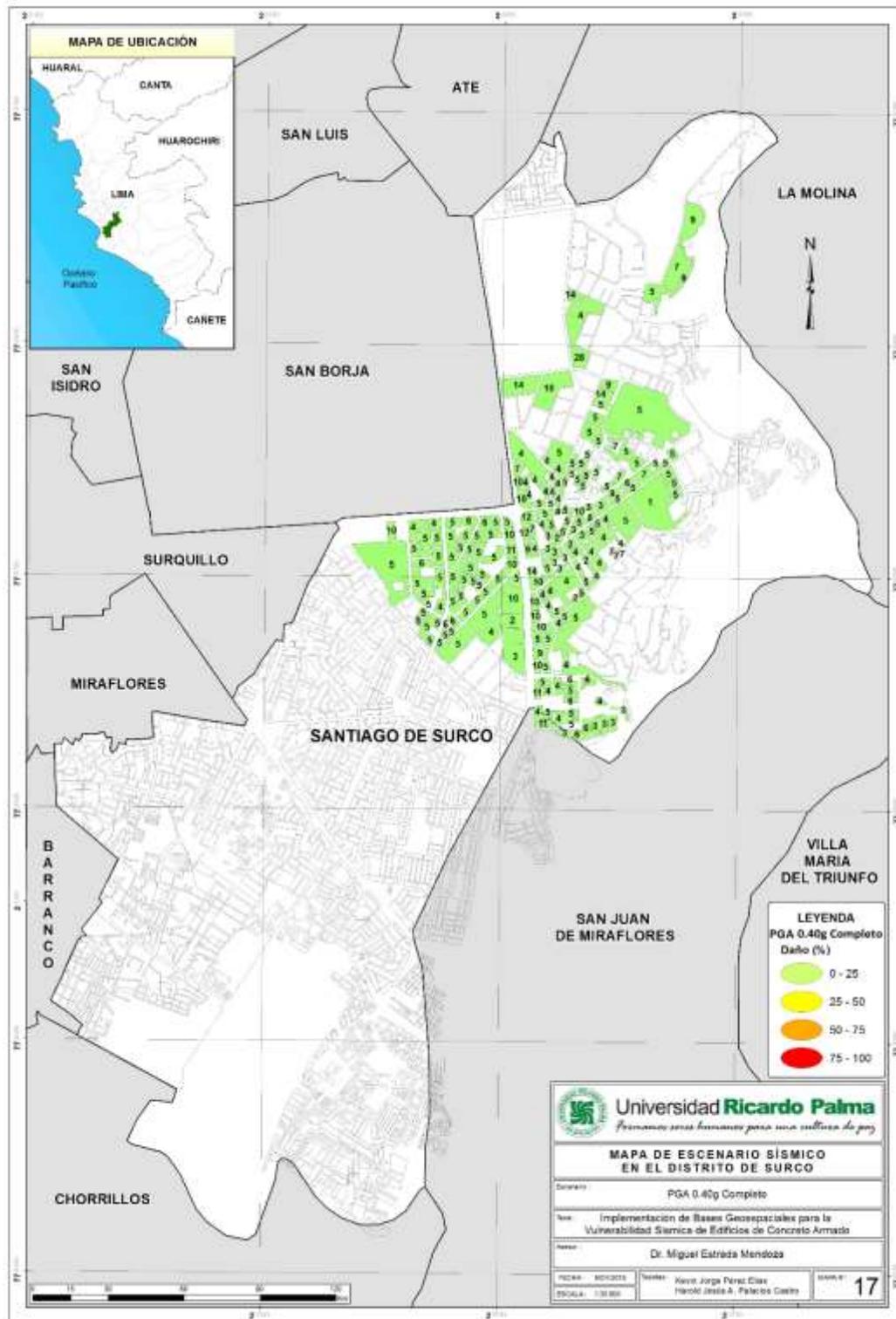
## ANEXO 16: Escenario PGA 0.80g – Daño Severo



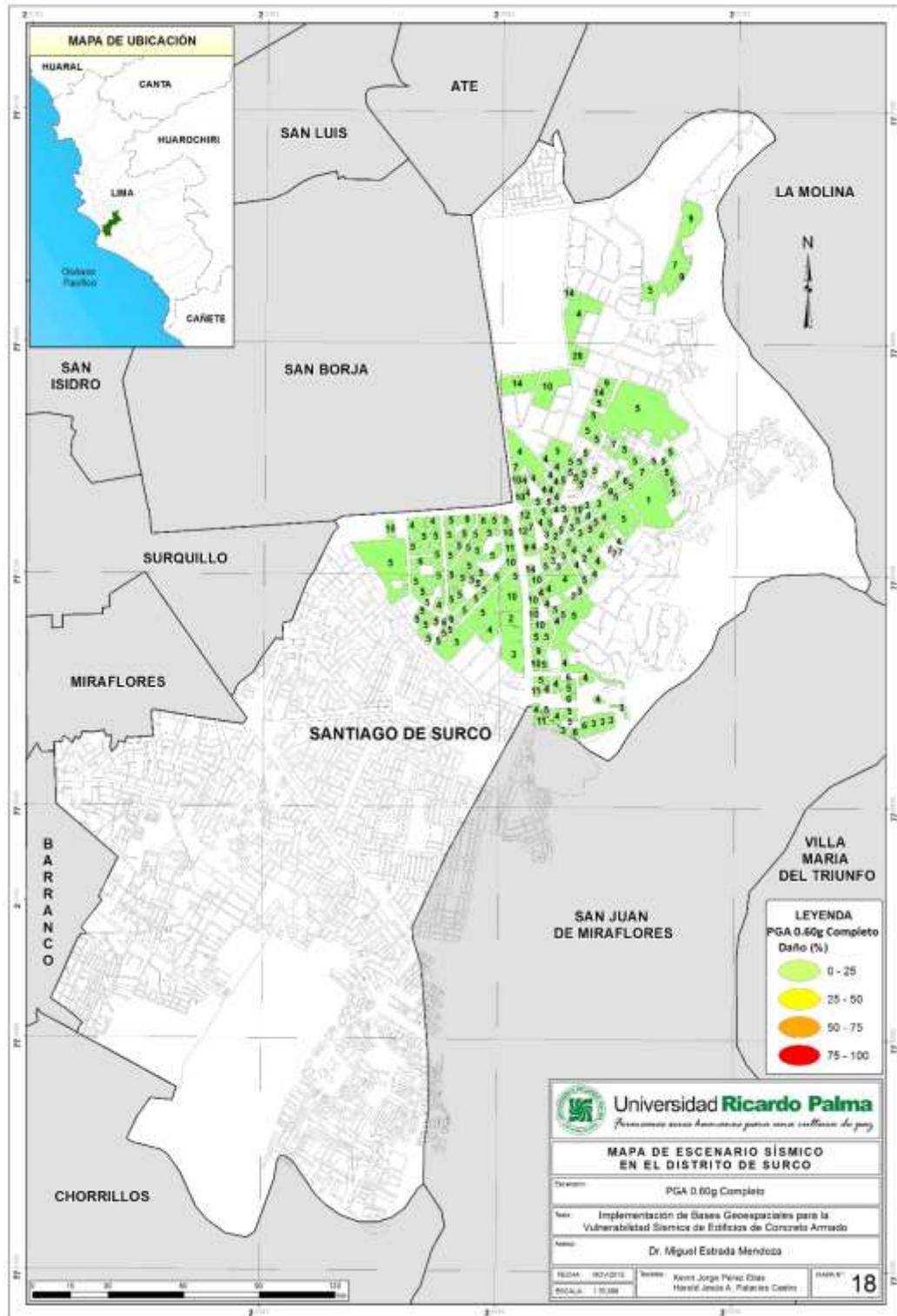
## ANEXO 17: Escenario PGA 0.20g – Daño Completo



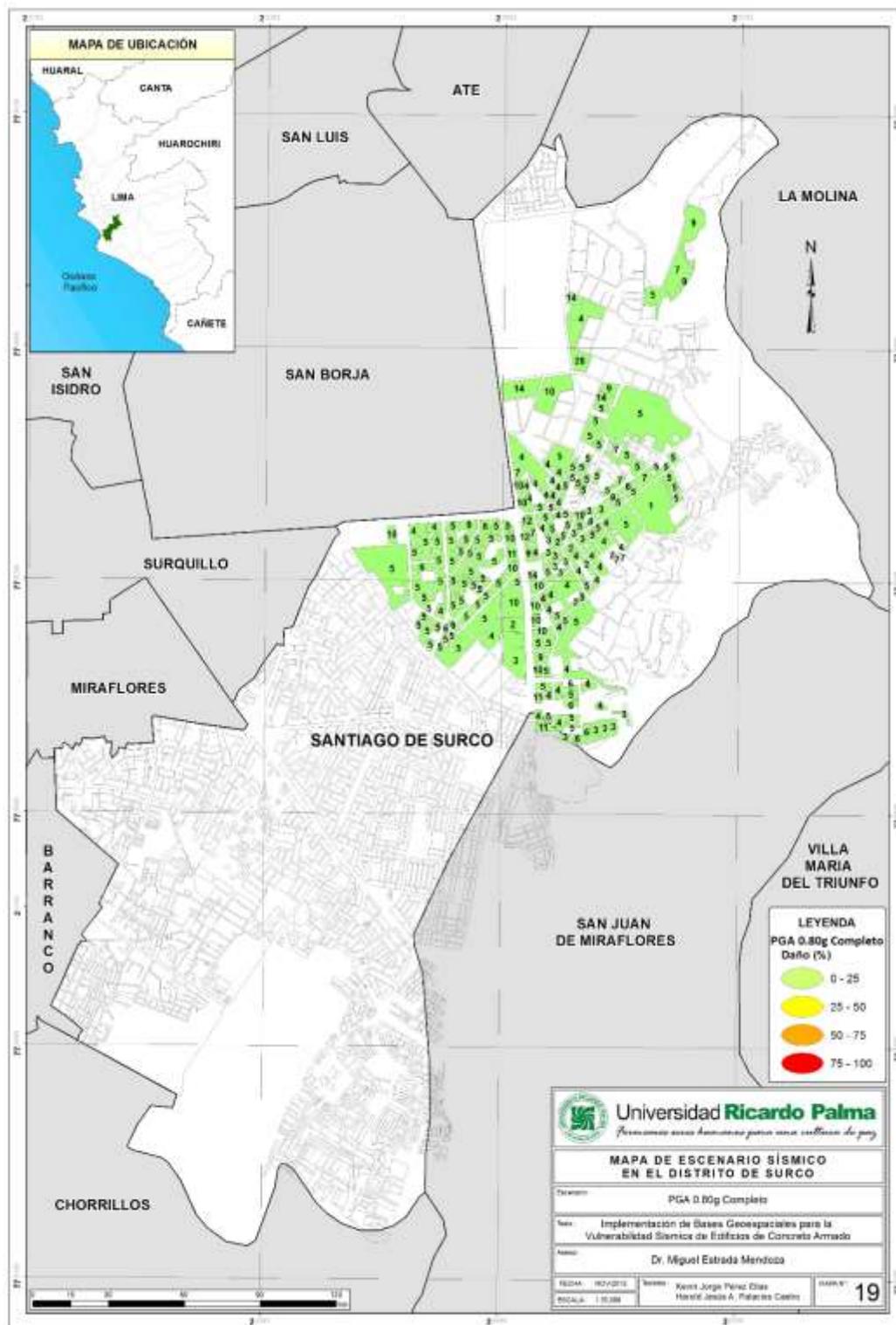
## ANEXO 18: Escenario PGA 0.40g – Daño Completo



## ANEXO 19: Escenario PGA 0.60g – Daño Completo



## ANEXO 20: Escenario PGA 0.80g – Daño Completo



**MODELO 3D - Distrito Santiago de Surco - Lima**



ANEXO 22: Planos Estructurales y Solicitudes Municipales