

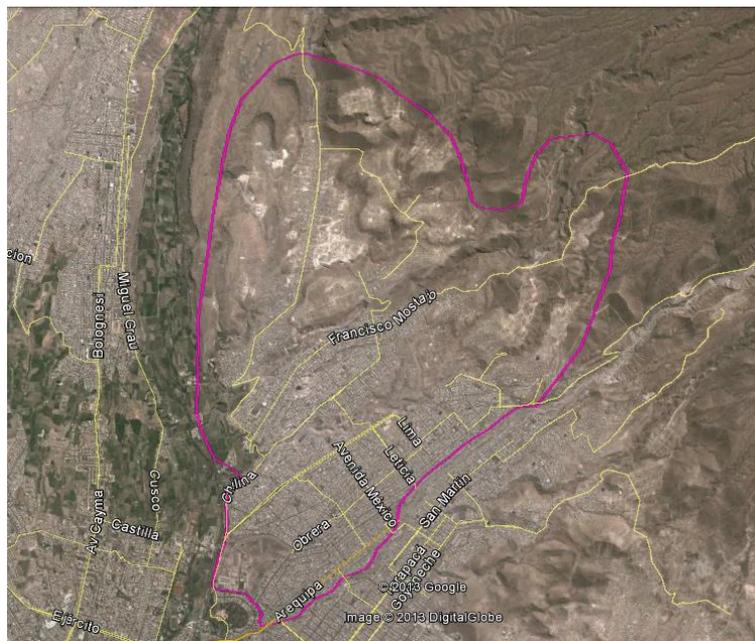
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



“ESTUDIOS DE MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA SÍSMICA Y EVALUACIÓN DEL RIESGO EN ZONAS UBICADAS EN LOS DISTRITOS DE CARABAYLLO Y EL AGUSTINO (PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA); DISTRITO DEL CUSCO (PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO); Y DISTRITO DE ALTO SELVA ALEGRE (PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA)”

PRODUCTO 04: DISTRITO DE ALTO SELVA ALEGRE

TOMO III: ESTIMACIÓN DEL RIESGO



LIMA – NOVIEMBRE 2013



PRODUCTO 04 – TOMO III – ESTIMACIÓN DEL RIESGO

ÍNDICE

ÍNDICE	1
LISTA DE FIGURAS.....	3
LISTA TABLAS.....	7
1. MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA.....	8
1.1. Mapas de Zonas de Isoperiodos	8
1.2. Mapa de Microzonificación Sísmica	8
1.3. Mapas de Zonas de Aceleraciones	9
1.4. Zonas de Velocidades	10
2. MAPAS DE VULNERABILIDAD.....	11
2.1. Exploración de Campo de Tipo Muestral	11
2.1.1. Preparación de Actividades, Coordinación y Personal	11
2.1.2. Sectorización y Levantamiento de Datos de Campo	13
2.1.3. Procedimiento y Control de Calidad de Datos de Campo.....	14
2.1.4. Georeferenciación y Compatibilización de Planos	14
2.1.5. Sistematización de la Información.....	15
2.1.6. Ubicación de las manzanas a evaluar.....	15
2.2. Base de datos geo-espacial	16
2.2.1. Mapa de Uso de Suelo	20



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



2.2.2.	Mapa de Materiales Predominantes.....	20
2.2.3.	Mapa de Alturas de Edificación	21
2.2.4.	Mapa de Tipologías Estructurales	22
2.2.5.	Mapa de Estado de Conservación	22
2.2.6.	Mapa de Vulnerabilidad.....	23
3.	MAPAS DE RIESGO.....	64
3.1.	Estudio de Riesgo para un Escenario Sísmico	64
3.2.	Mapa de Sectores Críticos	69
4.	ESTUDIO PRELIMINAR DE RIESGO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA	78
4.1.	Acerca de la Vulnerabilidad de sistemas de agua	78
4.2.	Sistema de Agua y Alcantarillado.....	78
4.3.	Mapa de Tipo de Tubería de Agua.....	83
4.4.	Mapa de Roturas para un Escenario Sísmico.....	84
5.	REFERENCIAS	87



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Formato para vivienda representativa de la manzana	12
Figura 2. Sectores del distrito de Alto Selva Alegre	13
Figura 3. Manzanas totales (1146) versus manzanas seleccionadas (339)	16
Figura 4. Base de datos de los lotes representativos por manzana	17
Figura 5. Base de datos Geo-espacial, integración de información cartográfica, descriptiva y procesamiento.....	19
Figura 6. Distribución del uso del suelo de la muestra del distrito de Alto Selva Alegre	20
Figura 7. Distribución de los materiales de construcción de la muestra del distrito de Alto Selva Alegre.....	21
Figura 8. Distribución del número de pisos de las edificaciones del distrito de Alto Selva Alegre.....	21
Figura 9. Distribución del uso del sistema estructural muestra del distrito de Alto Selva Alegre.....	22
Figura 10. Estado de conservación de la muestra de edificaciones del distrito de Alto Selva Alegre.....	23
Figura 11. Mapa de vulnerabilidad del Distrito de Alto Selva Alegre	27
Figura 12. Viviendas típicas del Sector 01.....	28
Figura 13. Zona comercial del Sector 01	29
Figura 14. Vivienda con presencia de humedad del Sector 01	29
Figura 15. Edificaciones del Sector 02, de dos pisos en algunos casos sin tarrajeo.....	29
Figura 16. Edificaciones características del Sector 03.....	30
Figura 17. Edificaciones de albañilería del sector 2 con presencia de humedad.	30
Figura 18. Edificaciones características del Sector 04.....	31
Figura 19. Edificación de albañilería con presencia de humedad del sector 04	31
Figura 20. Edificaciones características del Sector 05.....	32
Figura 21. Edificación de albañilería con presencia de humedad del sector 05	32
Figura 22. Viviendas de mampostería confinada con unidades de arcilla, manzana 135.....	33
Figura 23. Viviendas de sobre pendientes pronunciadas.....	33



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



Figura 24. Viviendas con unidades de sillar en ladera de los cerros.....	34
Figura 25. Vivienda con diferentes tipos de unidades de mampostería	35
Figura 26. Viviendas típicas del Sector 07.....	35
Figura 27. Zona comercial del Sector 01.	36
Figura 28. Edificaciones del sector 8, de dos pisos y viviendas ubicadas en ladera.	36
Figura 29. Viviendas en buen estado de conservación.....	37
Figura 30. Viviendas - comercio	37
Figura 31. Viviendas ubicadas en laderas al Sureste	38
Figura 32. Edificaciones características del Sector 09.....	38
Figura 33. Edificaciones de albañilería tarrajeadas parcial y/o totalmente	39
Figura 34. Manzanas constituidas por una sola vivienda.....	39
Figura 35. Terreno baldío	40
Figura 36. Edificaciones típicas del sector 11	40
Figura 37. Edificaciones sobre pendiente pronunciadas.....	41
Figura 38. Edificaciones características del Sector 12.....	41
Figura 39. Edificaciones sobre pendiente moderadas en el Sector 12.....	42
Figura 40. Viviendas de sillar sin confinamiento de un nivel sobre laderas.....	43
Figura 41. Viviendas de mampostería confinada sobre pendiente pronunciada	43
Figura 42. Vista del grifo en el Sector 01.....	44
Figura 43. Vista del Departamento de Limpieza de la Municipalidad en el Sector 01.	44
Figura 44. Vista del Colegio Nicanor Rivera Cáceres en el Sector 01.	45
Figura 45. Vista de la Institución Educativa 40003 Alto Selva Alegre en el Sector 01.....	45
Figura 46. Vista del I.E.B. Especial Auvergne Perú Francia en el Sector 01.....	45
Figura 47. Municipalidad de Alto Selva Alegre en el sector 2, de tres pisos principales y el cuarto de drywall.	46
Figura 48. Iglesia Virgen de Guadalupe en el sector 2.	46
Figura 49. Iglesia en el sector 2.....	47
Figura 50. Colegio Militar Francisco Bolognesi del sector 2.....	47



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



Figura 51. Centro de Salud Alto Selva Alegre	48
Figura 52. Centro Policial Alto Selva alegre.....	48
Figura 53. Centro Educativo Diego de San Pedro	48
Figura 54. Centro Educativo Santa Rosa de Lima	49
Figura 55. Iglesia Católica San Jose Obrero	49
Figura 56. Colegio Pre-inicial.....	49
Figura 57. Centro de Abastos Leones del Misti de un nivel del sector 05	50
Figura 58. Centro de Salud Leones del Misti de un nivel del sector 05.....	50
Figura 59. Centro de Salud Apurimac de un nivel del sector 05	51
Figura 60. Centro Educativo Leones del Misti de dos niveles del sector 05.....	51
Figura 61. Centro Educativo Inicial Apurimac de un nivel del sector 05.....	52
Figura 62. Centro Educativo Guillermo Mercado Barroso de dos niveles del sector 05	52
Figura 63. Centro Educativo Mario Vargas Llosa de un nivel del sector 05	53
Figura 64. Capilla del sector 05	53
Figura 65. Iglesia San Lorenzo del sector 05.....	54
Figura 66. Mercado Señor de los Milagros del sector 05	54
Figura 67. Grifo Leones del Misti, manzana 246	55
Figura 68. Parroquia, manzana 1103	55
Figura 69. Iglesia Cristo Rey (Manzana 684).....	56
Figura 70. Posta de Salud (Manzana 842)	56
Figura 71. Colegio Andenes de Chilina (manzana 1047).....	57
Figura 72. Policía Nacional Escuadrón Misti (manzana 813)	57
Figura 73. ESTADIO CAMPEONES DEL 81 (MANZANA 1118).....	58
Figura 74. Seguridad Ciudadana (Manzana 426)	58
Figura 75. Comisaria PNP Independencia (manzana 931)	59
Figura 76. Puesto de Salud San Juan Bautista (manzana 1120).....	59
Figura 77. Institución Educativa Villa Independiente (manzana 1120).....	60



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



Figura 78. Institución Educativa El Mirador (manzana 332)	60
Figura 79. I.E.P. Elizabeth Heimer, manzana 302	61
Figura 80. I.E.I. Villa Asunción, manzana 503	61
Figura 81. Colegio Católico A. Kolping, manzana 1108	62
Figura 82. Colegio L. Van Bethoven, manzana 1122	62
Figura 83. I.E.P. Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días, manzana 512....	62
Figura 84. Parroquia el Buen Pastor, manzana 503	63
Figura 85. Antena en la manzana 975 del sector 12.....	63
Figura 86. Edificaciones esenciales en la manzana 944 del sector 13.....	64
Figura 87. Proceso de generación del mapa de riesgo.....	66
Figura 88. Resultado del cálculo del costo de reparación para las manzanas evaluadas.	66
Figura 89. Imagen de interpolación del costo de reparación (método IDW).....	67
Figura 90. Ubicación de manzanas a intervenir	70
Figura 91. Detalle de inclusión de columnas de reforzamiento en muro sin confinamiento existente.....	72
Figura 92. Detalle de refuerzo sobre las caras del muro.....	73
Figura 93. Reforzamiento con bandas de refuerzo.	74
Figura 94. Detalle de reforzamiento para columna existente y esquinera	75
Figura 95. Detalle de reforzamiento de zapata para columna.....	75
Figura 96. Detalle de refuerzo de columna con placa y su cimentación.....	76
Figura 97. Detalle de la cimentación de la placa visto en planta.....	77



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

**CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES**



LISTA TABLAS

Tabla 1. Descripción de los campos de la base de datos.	18
Tabla 2. Resultados del daño en el distrito de Alto Selva Alegre para un escenario de sismo severo	68
Tabla 3. Resultado de daño esperado en edificaciones esenciales.....	68
Tabla 4. Composición por material de la muestra estudiada	69
Tabla 5. Composición de la muestra por nivel de daño esperado.....	70



Producto 04 - Tomo III: Estimación del Riesgo

1. MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

1.1. Mapas de Zonas de Isoperiodos

El mapa III-1 del presente Tomo III muestra el mapa de isoperiodos para el distrito de Alto Selva Alegre, el cual presenta tres zonas que se detallan a continuación;

La zona I mostrada en color verde oscuro, está definida para períodos de vibración de 0.10 a 0.20s. Esta zona se encuentra en la parte sur y oeste del distrito. Las características dinámicas de vibración de esta zona corresponden a un suelo rígido, con capas profundas de gravas y arenas de compacidad suelta a media densa.

La zona II mostrada en color verde claro, está definida para períodos de vibración de 0.20 a 0.30s. Esta zona abarca la mayor parte de la zona central del distrito (sección de norte a sur). Las características dinámicas de vibración de esta zona corresponden a un suelo medianamente rígido, con presencia superficial de capas de arenas de compacidad suelta a media densa.

La zona III en color amarillo, está definida para períodos de vibración de 0.3 a 0.4 s. Esta zona se encuentra en la parte noreste de la zona de estudio. Las características dinámicas de vibración de esta zona corresponden a un suelo medianamente flexible, con presencia de arenas de compacidad suelta a media densa.

1.2. Mapa de Microzonificación Sísmica

Para determinar el comportamiento de un suelo ante la ocurrencia de un sismo, se tienen que tomar en cuenta las características mecánicas y dinámicas que presentan los diferentes materiales del terreno. Estas características han sido determinadas para el distrito de Alto Selva Alegre y representadas en los mapas de Microzonificación Geotécnica (Mapa II-3 del Tomo II) y de Isoperiodos (Mapa III-1 del Tomo III) respectivamente. Los resultados de estos mapas son superpuestos en la superficie del área de estudio, permitiendo identificar tres zonas en el Mapa de Microzonificación Sísmica (Mapa III-2 del Tomo III). A continuación se describen estas zonas:

Zona I

Esta zona incluye depósitos de grava de compacidad media, que se registran al norte y en las partes altas del distrito de Alto Selva Alegre. Los tipos de materiales descritos en esta zona presentan las mejores características geotécnicas para la cimentación de edificaciones.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



La capacidad de carga admisible en esta zona, para una cimentación corrida de 0.60 m de ancho, varía entre 2.0 y 4.0 kg/cm². Se considera que la cimentación debe estar asentada sobre terreno natural y bajo ninguna circunstancia sobre materiales de rellenos. Períodos mayores a 0.1 s y menores a 0.2 s.

Zona II

Esta zona incluye depósitos de arena de compacidad suelta a media densa, de 3.0 m de espesor, que se encuentran en gran parte del distrito de Alto Selva Alegre. Los tipos de materiales descritos en esta zona presentan características geotécnicas favorables para la cimentación de edificaciones.

La capacidad de carga admisible en esta zona, para una cimentación corrida de 0.60 m de ancho y a una profundidad mínima de 0.80 m, varía entre 1.0 y 2.5 kg/cm². Se considera que la cimentación debe estar asentada sobre terreno natural y bajo ninguna circunstancia sobre materiales de rellenos. Períodos menores a 0.4 s.

Zona IV

Esta zona incluye a las quebradas denominadas torrenteras, que han sido identificados y delimitados en el Estudio Geológico. Dado su comportamiento dinámico y su topografía desfavorable, se considera que esta zona no es apta para la construcción de edificaciones.

Zona V

Esta zona incluye a los rellenos antrópicos, identificados en sectores específicos del área urbana. Dadas las características desfavorables de los materiales de rellenos, se considera que estos sectores, actualmente, no son aptos para la construcción de edificaciones.

Esta zona también incluye a los rellenos sanitarios, identificada al noreste del área en estudio, está destinada a la disposición final de basura o desechos; por lo que, no es apta para la construcción de edificaciones.

Los rellenos podrían ser reemplazados por material competente, esto podrá ser posible siempre y cuando se ejecuten estudios específicos de mecánica de suelos, que respalden técnicamente esta decisión.

1.3. Mapas de Zonas de Aceleraciones

Una vez determinado el mapa de microzonificación sísmica en el área de estudio, es necesario caracterizar las zonas identificadas de manera cuantitativamente estimando el valor de aceleración horizontal máximo esperada para el suelo; para ello se utilizará como dato de entrada el resultado de la aceleración esperada para terreno firme del estudio de peligro sísmico para el distrito Alto Selva Alegre (ver ítem 6.5, Tomo II) que corresponde para un suelo "Tipo C" (IBC) un valor de aceleración horizontal máxima de diseño PGA de



418.89 gals; los valores de aceleración máxima proyectados para las diferentes zonas mostrados en el mapa de Microzonificación Sísmica III-3 se obtienen multiplicando los parámetros del suelo propuestos en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente por la aceleración máxima PGA de 418.89 gals de la siguiente manera:

Zona	Factor	Aceleración máxima
I	1.0	418.89 cm/s ²
II	1.2	502.67 cm/s ²
IV	1.4	586.45 cm/s ²
V	1.5	628.34 cm/s ²

Los valores obtenidos para cada zona son mostrados en el mapa III-3 del presente Tomo III

1.4. Zonas de Velocidades

Es necesario determinar los valores de velocidad máxima del suelo que pueden presentarse en la zona de estudio con la finalidad de estimar el riesgo al que se encuentra expuesto el sistema de tuberías de la red de saneamiento.

Para la elaboración del mapa de velocidades máximas se utiliza la relación matemática presentada en el artículo técnico titulado “Correlación entre la aceleración y velocidad máxima del suelo: Aplicación en el análisis del peligro sísmico”, (Miguel A. Jaimes, Eduardo Reinoso, Mario Ordaz y Cesar Arredondo, 2009), publicado en la Revista de Ingeniería Sísmica No. 81, pag. 19-35 (2009), editada por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (SMIS). La relación es la siguiente:

$$\ln(V_{max}) = -1.8349 + 1.1146 \cdot \ln(A_{max}) + 0.4043 \cdot \ln(T_s)$$

Donde la velocidad máxima esperada del suelo (V_{max}) se expresa en función de la aceleración máxima esperada del suelo (A_{max}) y del periodo de oscilación del suelo (T_s) para sismos de tipo subducción. Entonces para determinar el mapa de velocidades máximas del suelo para el distrito de Alto Selva Alegre, se deberá utilizar como datos de entrada la aceleración máxima del suelo y el periodo de oscilación del suelo estimados anteriormente y representados en el mapa III-3 y el mapa III-1 del presente informe, respectivamente. Los valores de velocidades máximas esperadas del suelo para el distrito de Alto Selva Alegre se muestran en el mapa III-4 del presente Tomo III.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



2. MAPAS DE VULNERABILIDAD

2.1. Exploración de Campo de Tipo Muestral

2.1.1. Preparación de Actividades, Coordinación y Personal

Para el desarrollo de las actividades de toma de datos de campo, se inició el trabajo a con la selección de los ingenieros coordinadores, responsabilidad que recayó en el Ing. Patricia Gibu, Ing. Jorge Gallardo, Ing. Lourdes Cárdenas, Dr. Miguel Díaz y el Dr. Carlos Zavala. Se organizaron 5 grupos de trabajo seleccionándose tres personas por cada grupo para el levantamiento de información de campo, contado con un total de 15 personas para el levantamiento de la información. El personal seleccionado fue formado por un grupo de jóvenes Ingenieros, Estudiantes de Post grado y Estudiantes del último año de ingeniería que laboran como asistentes de investigación o realizan su tesis de grado o post grado en nuestro Centro. Este personal recibió un entrenamiento basado en el procedimiento de evaluación. Este procedimiento ha sido diseñado para nuestra realidad a fin que sea utilizado en los sistemas constructivos predominantes en la zona de estudio.

CONVENIO CISMID/FIC/UNI - MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO ESTUDIO DE RIESGO SISMICO DEL SECTORES DEL DISTRITO DE ALTO SELVA ALEGRE				
INFORMACIÓN DE LA MANZANA CÓDIGO DE LA MANZANA:				
LEYENDA PARA LA CODIFICACIÓN DEL LOTE				
No.Pisos (1)	Material (2)	Usos (3)	Sistema Estructural (4)	Conservación (5)
	Adobe (A) Mampostería (M) Concreto(C) Quincha (Q) Acero (S) Madera(W) Otro (O)	Vivienda (V) Vivienda y Comercio (Y) Comercio (C) Multifamiliar (M) Policia o Bomberos (B) Educativo (E) Hospital (H) Industrial (I) Baldío (B) Otros (O)	S Mampostería de Arcilla Sin Refuerzo M Mampostería Armada o Confinada con Diafragmas Rígidos N Mampostería Armada o Confinada con Diafragmas Flexibles L Construcción Informal en Albañilería A Adobe y Quincha C Pórticos de Concreto W Estructura de Concreto Armado con Placas I Pórticos de Concreto con Vanos Rigidizados con Mampostería L Estructura Celular de Concreto F Pórtico de Acero Resistentes a Momento B Pórtico de Acero Arriostrosados con Diagonales U Estructura de Perfiles Livianos W Entramados de Madera T Estructuras Industriales / Comerciales	(B) Bueno (R) Regular (M) Malo
*Nota: La Información de la manzana irá en plano lotizado adjunto similar al ejemplo de llenado que se muestra.			Nota 2: No Evaluado Use (X) Caso Valido Use (V)	
1AVSR			(1) + (2) + (3) + (4) + (5) 1PISOS + ADOBE + USO VIVIENDA + MAMPOSTERIA DE ARCILLA SIN REFUERZO + REGULAR	
Foto 1 - Numero	<input type="text"/>	Foto 5 - Numero	<input type="text"/>	Foto 2 - Numero
Achurar lote representativo				
Foto 3 - Numero	<input type="text"/>	Foto 4 - Numero	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Formato de Ayuda para Codificación del Lote

CONVENIO CISMID/FICUN - MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO ESTUDIO DE RIESGO SISMICO DEL SECTORES DEL DISTRITO DE ALTO SELVA ALEGRE				
CODIGO DE MANZANA		CODIGO INTERNO		
ESTRUCTURACION				
Material	Adobe	Mampostería	Concreto	Observaciones
Estado de Conservación	Buena	Regular	Mala	
Cimentación	Asentamiento	SI	No	
	Humedad en la Base	SI	No	
Techo				
Adobe	Mampostería	Concreto	Otros	
Madera	Losa de CA	Losa de CA		
Caña	Aligerado	Aligerado		
Torta Barro	Calamina	Placa Colaborante		
Otro	Otro	Otro		
Elementos Estructurales				
Fisuración				
Columnas	Fisuras	NOTA	Fisura Vertical (V)	
Vigas	Fisuras	Sin Fisuras (X)	Fisura Diagonal (D)	
Muros	Fisuras		Fisura Horizontal (H)	
Estado de Muros				
Unidad	Artisanal	Industrial	Sólido	Tubular/Huaco
Confinamiento	SI	No		
Fisuras	SI	No		
Tiraje	SI	No		
Estado de conservación	Buena	Regular	Mala	
Actuarial lote representativo 				

Figura 1. Formato para vivienda representativa de la manzana

a) Metodología de toma de datos

Este procedimiento se basa en la toma de información rápida en edificaciones de adobe, albañilería, quincha y concreto. La metodología consiste en una inspección visual rápida de las edificaciones identificando las debilidades aparentes en las edificaciones de una manzana. De acuerdo al porcentaje de lotes visualmente evaluados, se determina el lote representativo de la manzana el estado de conservación del sistema representativo.

b) Plantilla para la encuesta

Para tal efecto se utiliza una ficha de evaluación de daños utilizada por nuestra Institución en la evaluación rápida de estructuras, la cual se presenta en la Figura 1. La Ficha está dividida en cinco áreas:

- Área de identificación de cada estructura incluyendo su uso
- Croquis de ayuda.
- Área de identificación geométrica aproximada
- Información del daño por material.

Esta información es complementada con la toma de una fotografía del lote representativo de la manzana, donde se pueda identificar a la estructura. Asimismo debido a la prohibición dada por algunos vecinos no se tomaron fotos en aquellas zonas con alta seguridad, se utilizará la imagen satelital para mostrar en el sistema de información la ubicación y estado de la estructura.

2.1.2. Sectorización y Levantamiento de Datos de Campo

- a) Preparación de planos para la toma de datos: Basado en la información de planos georeferenciados del INEI del último censo de vivienda del año 2007 y aquellos proporcionados por la Municipalidad de Alto Selva Alegre, se imprimieron los planos para la elaboración de los trabajos de campo en las zonas de estudio. A partir de la información suministrada el distrito se dividió en 13 sectores, tal como se muestra en el Mapa No. E-01.
- b) Para tener una mejor referencia de las zonas a las cuales se va a levantar la información y disponer los equipos para este fin, se elaboró una imagen satelital de alta resolución a través de la información encontrada en Google Maps.
- c) Distribución de coordinadores responsables de los equipos de evaluadores: Con los cinco equipos de tres evaluadores cada uno se realizaron salidas periódicas de campo por un espacio de una semana. Los coordinadores de grupo, sectorizaron el distrito, para que cada grupo de tres personas trabajase en zonas involucradas reportando la información levantada a los coordinadores, quienes con sus asistentes, transfirieron la información generada en las fichas a una base de datos utilizando una hoja de cálculo con campos similares al de la ficha. Esta información fue introducida a un sistema de información geográfica (SIG) para su georeferenciación espacial.

La sectorización del distrito se muestra en la Figura 2, que se adjunta a continuación, en donde son identificados los 13 sectores en que se dividió el distrito de Alto Selva Alegre.

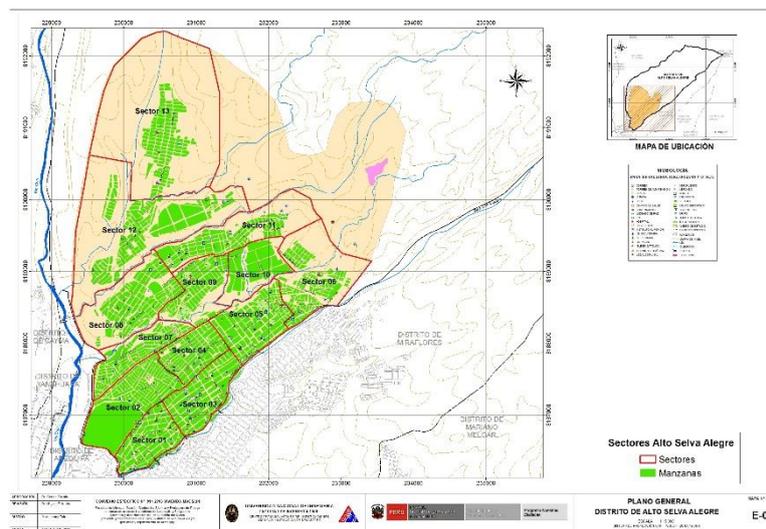


Figura 2. Sectores del distrito de Alto Selva Alegre



2.1.3. Procedimiento y Control de Calidad de Datos de Campo

- a) Digitalización de datos de campo en una plataforma de sistemas de información geográfica.

La información recabada en campo fue vertida en una base de datos en formato SHAPE, la cual fue procesada por el programa ArcGIS versión 9.2. La digitalización fue desarrollada por cuatro asistentes y un supervisor, quienes procesaron la información de campo.

- b) Clasificación de datos

Se clasificó la base de datos según las características físicas de los predios levantados como: material predominante, número de pisos, uso y estado de conservación.

- c) Verificación de los datos recogidos

Se llevaron a cabo dos niveles de control de calidad:

c1 - Un control de calidad en campo:

Donde los coordinadores realizaron visitas de campo para verificar la información recolectada por los diferentes equipos tomándose al azar manzanas y lotes que fueron verificadas en el campo. Se realizó el control de calidad durante la campaña de levantamiento de datos por 4 profesionales.

c2 – Un control de calidad en gabinete:

El método de verificación usado fue mediante la comparación de los formatos llenados en campo con las fotografías digitales tomadas en el lugar, la verificación se hace comparando la foto con los atributos de los lotes, por ejemplo observando el número de pisos en la foto y comparándolo con el valor almacenado en la base de datos.

2.1.4. Georeferenciación y Compatibilización de Planos

- a) Definición del sistema de georeferenciación

Según normatividad actual, todos los planos producidos deben estar georeferenciados usando la proyección del sistema de coordenadas planas UTM, teniendo como base el DATUM WGS84.

- b) Compatibilización de planos provenientes de diferentes fuentes sobre la misma base cartográfica

Los planos que estuvieron en otro sistema de coordenadas fueron convertidos al sistema en mención mediante los parámetros por defecto que otorga el programa ArcGIS.



2.1.5. Sistematización de la Información

Para el procesamiento de la información se creó una base de datos geoespacial donde se integrarían no solo los datos cartográficos, como los límites de las manzanas, sino también los datos descriptivos de cada una de ellas. Los datos con los sectores, las manzanas y los lotes dentro los límites distritales son implementados al sistema SIG.

La evaluación de las edificaciones, si bien es cierto que se identificó una evaluación genérica a nivel de lote, la presentación de los resultados se basa en la identificación del lote representativo de la manzana. Para realizar la evaluación y trabajo de campo se seleccionó una muestra estadística distribuida espacialmente entre todas las manzanas del distrito. Para la selección de manzanas se definió que por lo menos el 20% del total de manzanas debe ser evaluado.

2.1.6. Ubicación de las manzanas a evaluar

Para la selección de la ubicación de las manzanas a evaluar se utilizó una función estadística de distribución continua. La distribución que se utilizó fue la distribución uniforme. En estadística la distribución uniforme es una distribución de probabilidad cuyos valores tienen la misma probabilidad. Se define la función de probabilidad uniforme como:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{para } x \text{ a } \leq x \leq b \\ 0 & \text{para el resto} \end{cases}$$

Donde: a y b son los límites geográficos para el distrito de Alto Selva Alegre y x toma los valores para las coordenadas Norte y Este. Esta función tiene como característica que su media es $(a + b)/2$.

Es decir, si bien la ubicación de la distribución sigue un valor aleatorio tanto para las coordenadas Norte como Este, en un sistema de referencia UTM, esta ubicación tiene límites de borde, los cuales son los límites del distrito que son respetados al momento de generar las coordenadas de las selección de las manzanas. Es así que se generaron número aleatorios que siguen una distribución uniforme. En la Figura 3 se presenta el total de las 1146 manzanas del área estudiada del distrito, en color rojo las evaluadas y en color verde las no evaluadas. Se presentan las 339 manzanas evaluadas en color rojo y las no evaluadas en color verde. El porcentaje de manzanas a evaluar es de 30%, lo cual hace una muestra significativa. En el Mapa E-02 del Anexo I se presenta en detalle las manzanas que fueron evaluadas.

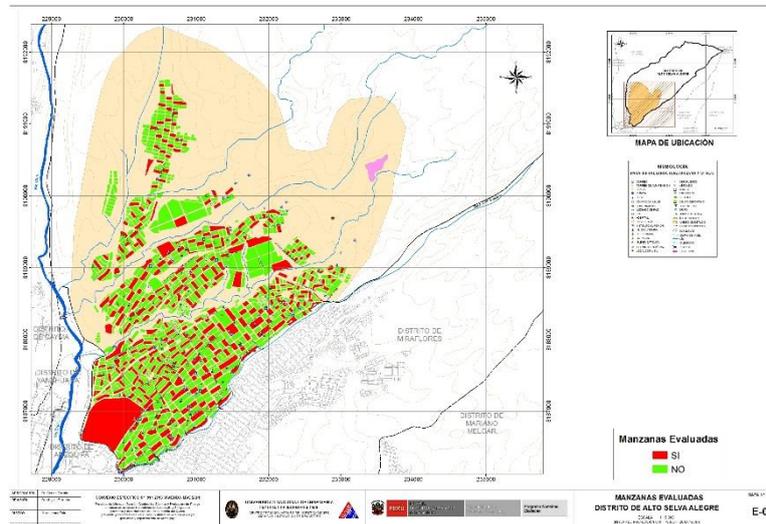


Figura 3. Manzanas totales (1146) versus manzanas seleccionadas (339)

En el presente trabajo se optó por considerar un nivel de confianza del 95.53% bajo el supuesto que exista un error del orden del 4.47% en la desviación estándar, dando como resultado que el tamaño de la muestra es del 30% de población total de las manzanas. Esto produce un tamaño muestral calculado en función del tamaño de la población (N), el error en la desviación estándar (α) y el número de unidades de desviación estándar para alcanzar el nivel de confianza deseado (z).

$$n = \frac{0.25N}{\left(\frac{\alpha}{z}\right)^2 (N - 1) + 0.25}$$

Esto produce un tamaño muestral mínimo de 339 manzanas. En el presente estudio se considera que del total de las 1146 manzanas se tiene una muestra con un error en la desviación estándar del 4.47%.

2.2. Base de datos geo-espacial

Organizada la información a recolectar y las manzanas donde se evaluarán los lotes se procedió al trabajo de campo para luego pasar al trabajo de gabinete donde se procesó la información adquirida.

En cada manzana seleccionada se levantó los datos de todos los lotes que se encuentran en esa manzana, indicándose las características de la edificación así como el código de la manzana. De todos estos lotes se seleccionó uno representativo el cual es llevado a una base de datos separada para luego ser incorporada a la plataforma SIG. En la selección del lote representativo, se considera aquel que representa las características más frecuentes, es decir, aquella edificación que se repite más veces, dentro de la manzana evaluada- En la Figura 4 se muestra la base de datos de las características de las edificaciones representativas de cada una de las manzanas levantadas.

CONVENIO CISMID/FIC/UNI - MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO - BID
ESTUDIO DE RIESGO SÍSMICO DEL DISTRITO DE ALTO SELVA ALEGRE (AREQUIPA)

Levantamiento de Información - Distrito de Alto Selva Alegre - Arequipa - Arequipa

Num	CodMza	LoteRepre	Cond. De Cimentación			Fisuras			Unidad de Albañilería			Muros		
			CimentA	CimentH	Techo	FisuraCol	FisuraVig	FisuraMur	FabricaAlb	TipoAlb	Confina	Tarrajeo		
1	987	01MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100483.jpg	
2	385	01MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100484.jpg	
3	387	02MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100485.jpg	
4	1016	01MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S11\P1100486.jpg	
5	1017	01SVOM	NO	NO	Calamina	X	X	X	Artesanal	Sólido	NO	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100488.jpg	
6	393	01MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100489.jpg	
7	912	01MVMB	NO	NO	Calamina	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100490.jpg	
8	129	01MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100493.jpg	
9	128	02MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100494.jpg	
10	1012	01MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100496.jpg	
11	380	01MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S11\P1100500.jpg	
12	913	01MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S11\P1100501.jpg	
13	915	01MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100502.jpg	
14	297	02MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S11\P1100503.jpg	
15	302	01MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100505.jpg	
16	301	01MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S11\P1100506.jpg	
17	512	01MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100508.jpg	
18	296	01MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S11\P1100509.jpg	
19	927	01MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	NO	.\Fotos\Fotos_S11\P1100511.jpg	
20	510	01MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Tubular	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S11\P1100512.jpg	

Figura 4. Base de datos de los lotes representativos por manzana.

Esta base de datos elaborada en hoja de cálculo se transfiere a la plataforma SIG y se integra a la base de datos de las manzanas, de manera de cada una de las manzanas tenga los datos necesarios para su evaluación mediante el programa de cálculo de nivel de daño o reparación.

En la plataforma SIG se genera la base de datos geo-espacial la cual permite una rápida observación de las condiciones de las edificaciones de las manzanas, no sólo desde el punto de vista descriptivo, sino también gráfico, ya que se integran a la base de datos las fotografías de las manzanas. Por cada manzana se tomaron 5 fotografías, una por cada esquina y una del detalle del lote representativo.

La Tabla 1 presenta la base de datos descriptiva. En esta tabla se muestran todos los campos ordenados alfabéticamente. Esta base de datos contiene la integración de todos los datos, es decir de los datos levantados en campo así como los valores obtenidos del



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



procesamiento de la información, para finalizar con el valor del costo de reparación, que es explicado más adelante.

Tabla 1. Descripción de los campos de la base de datos.

Nombre del Campo	Descripción
AcelMax	Aceleración máxima del terreno en cm/s ²
Avg_GRID_C	Promedio del porcentaje del costo de reparación
CimentA	Asentamiento en la cimentación
CimentH	Humedad en la cimentación
Codaza	Código de la manzana
Confin	Confinamiento en muros
CostRep3	Porcentaje del costo de reparación calculado
Esen_Dano	Uso de suelo y nivel de daño
Estado	Estado de la edificación
FabricaAlb	Tipo de unidad de albañilería
FID	Identificador de elemento
FisuraCol	Fisuras en las columnas
FisuraMur	Fisuras en muros
FisuraVig	Fisuras en vigas
FotoEsq1	Foto de una esquina de la manzana
FotoEsq2	Foto de una esquina de la manzana
FotoEsq3	Foto de una esquina de la manzana
FotoEsq4	Foto de una esquina de la manzana
FotoRepres	Foto del lote representativo
LoteRepre	Característica del lote representativo
Material	Tipo de material construcción
MatNivDan	Tipo de material y nivel de daño
Max_GRID_C	Valor máximo del porcentaje del costo de reparación interpolado
Min_GRID_C	Valor mínimo del porcentaje del costo de reparación interpolado
Num	Número de manzana interpolada
NumMza	Número de sector y manzana
Pisos	Número de pisos promedio en la manzana
Rango_Dano	Nivel de daño final
SD_GRID_CO	Desviación estándar de los valores del porcentaje de reparación interpolados
Shape	Tipo de entidad geométrica
Sist_Est	Sistema estructural
Tarrajeo	Existencia de tartrajeo
Techo	Tipo de techo
TipoAlb	Tipo de unidad de albañilería
Uso	Tipo de uso
Verifica	Se evalúa

La Figura 5 muestra el detalle de los datos de una manzana evaluada. Como se puede apreciar en esta base de datos geo-espacial se ha integrado una imagen de satélite, obtenida desde Google Earth, la información cartográfica de los bordes de las manzanas y dentro de la base de datos descriptiva además de la información levantada en campo se encuentra la información procesada. Adicionalmente, se han integrado fotografía de las manzanas evaluadas por medio de hipervínculos a los archivos que contienen a estas fotos.

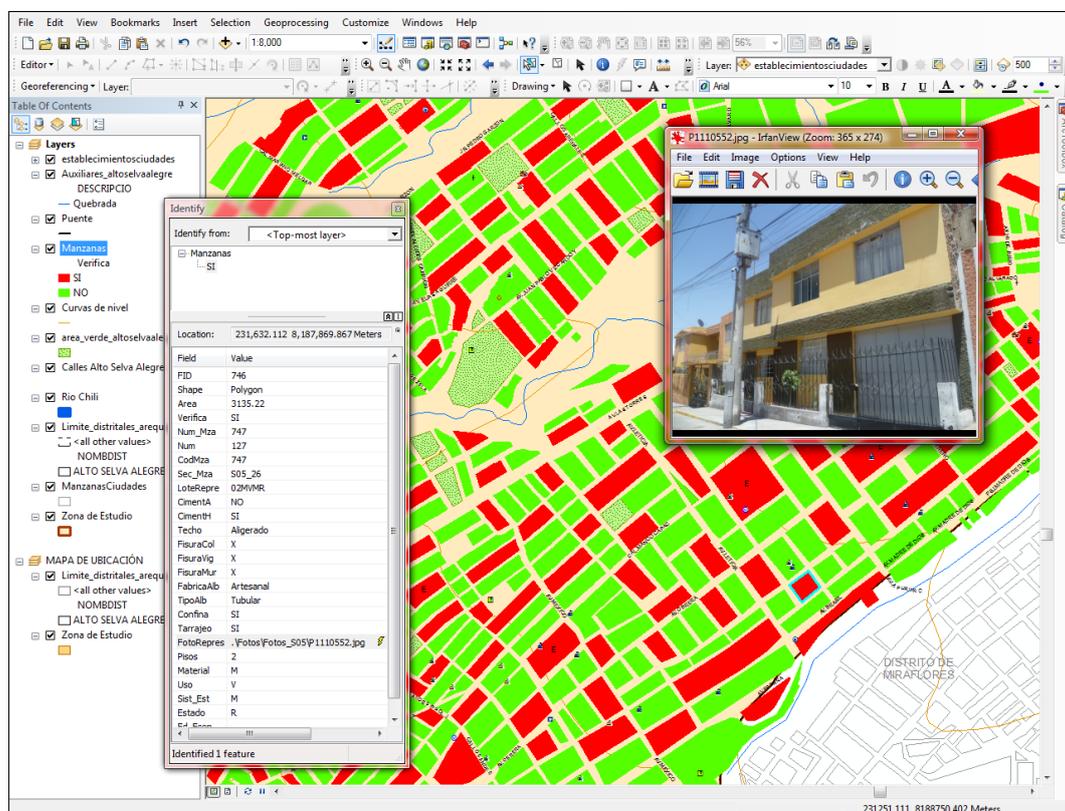


Figura 5. Base de datos Geo-espacial, integración de información cartográfica, descriptiva y procesamiento.

Como resumen de los datos adquiridos en campo se presenta en el mapa No. E-03 el número de pisos, en el mapa No. E-04 el material predominante de la edificación, en el mapa No. E-05 el uso de suelo, en el mapa E-06 el sistema estructural y en el mapa No. E-07 se muestra el estado de conservación.

2.2.1. Mapa de Uso de Suelo

En el mapa E05 se presenta las manzanas evaluadas y clasificadas de acuerdo al uso del suelo de las edificaciones. En la Figura 6 se presenta el análisis estadístico de la muestra en lo referente al uso del suelo o uso de la edificación de la muestra estudiada. Puede leerse que es predominante el uso en viviendas que ocupan un 91% de la muestra, seguido de viviendas comercio que representan el 3% de la muestra y edificaciones destinadas a escuelas que representan el 4% de las edificaciones en el área estudiada.

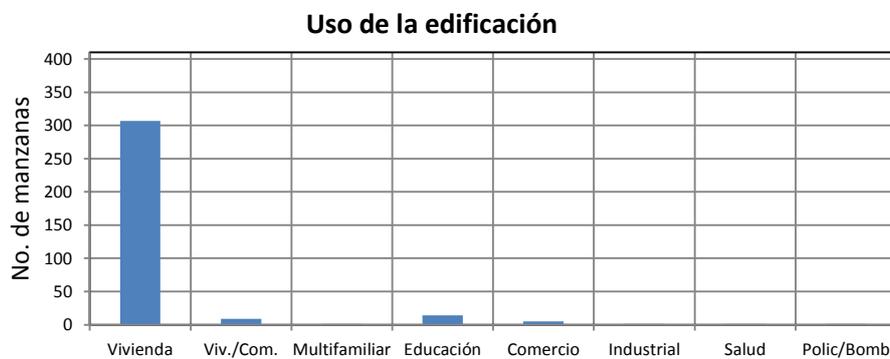


Figura 6. Distribución del uso del suelo de la muestra del distrito de Alto Selva Alegre

2.2.2. Mapa de Materiales Predominantes

En el mapa No. E04, referente a los materiales existentes en las edificaciones del distrito de Alto Selva Alegre, se realizó un análisis estadístico de la muestra, dando como resultado la gráfica que se presenta en la Figura 7, donde es notorio que el material predominante es la mampostería de ladrillo que representa el 88% de la muestra. Debe destacarse que existen edificaciones de concreto que representan un 4% de la muestra, así como viviendas de mampostería con unidades de sillar que representan el 7% de las edificaciones muestreadas.

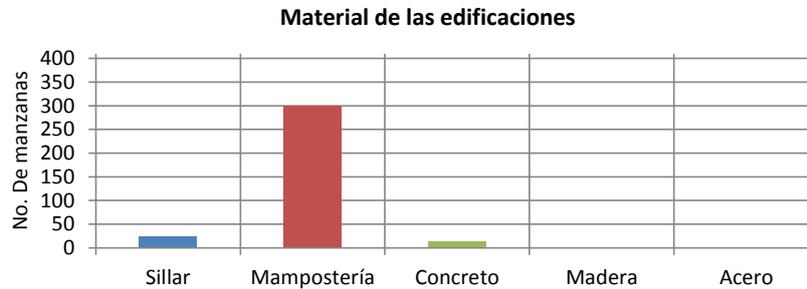


Figura 7. Distribución de los materiales de construcción de la muestra del distrito de Alto Selva Alegre

2.2.3. Mapa de Alturas de Edificación

En el mapa E-03 se presenta el levantamiento de información de las manzanas evaluadas relacionadas con el número de pisos de las edificaciones representativas de las manzanas. Esta distribución de alturas se resume en la Figura 8, donde se puede apreciar que en el Distrito de Alto Selva Alegre, predominan las edificaciones de dos pisos que corresponde al 56.6% del total de las edificaciones evaluadas y es la tendencia general en el distrito. En segundo lugar de repetición de niveles de altura son las edificaciones de un piso y que corresponde al 39.5% del total de las edificaciones evaluadas. Este distrito también cuenta con edificaciones de tres pisos, pero en un porcentaje mucho menor, equivalente al 3.5% del total de las edificaciones evaluadas, y edificaciones de cuatro pisos que corresponden al 0.3% del total de las edificaciones muestreadas.



Figura 8. Distribución del número de pisos de las edificaciones del distrito de Alto Selva Alegre.

2.2.4. Mapa de Tipologías Estructurales

En el mapa E05 se presenta el levantamiento de información de las manzanas evaluadas relacionadas con el sistema estructural usado en las edificaciones. La Figura 9 presenta la distribución del uso de los sistemas estructurales que arroja la estadística de la muestra usada en el distrito de Alto Selva Alegre. En el gráfico se entiende que el sistema estructural más utilizado es la mampostería de ladrillos de arcilla con diafragmas o techos rígidos que ocupa el 88% de la muestra.

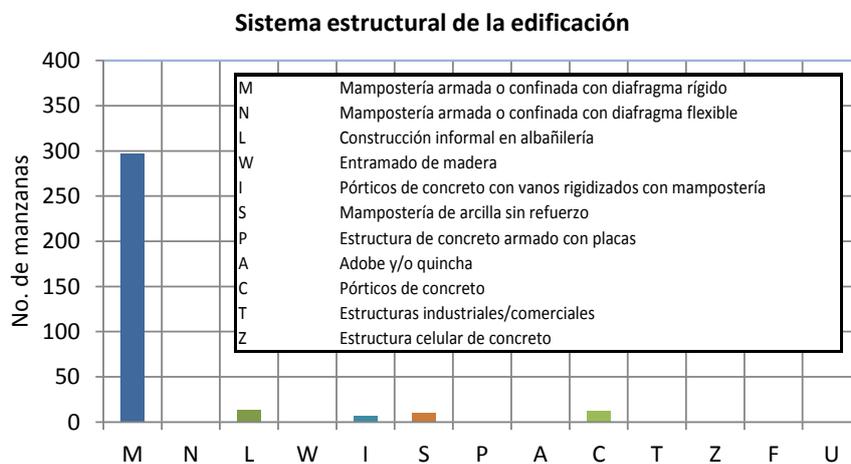


Figura 9. Distribución del uso del sistema estructural muestra del distrito de Alto Selva Alegre

2.2.5. Mapa de Estado de Conservación

El mapa temático E07 presenta el estado de conservación de las viviendas del distrito de Alto Selva Alegre. La Figura 10 presenta los resultados estadísticos de la muestra analizada. El 59.6% de las edificaciones se encuentra en buen estado de conservación, mientras que el 35.1% de la muestra presenta un estado regular de conservación, en contra de un 5.3% que presenta un mal estado de conservación.

Estado de Conservación o Condición de las Edificaciones

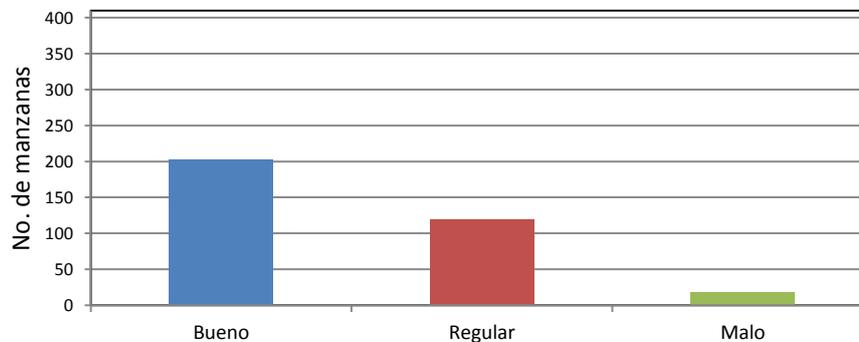


Figura 10. Estado de conservación de la muestra de edificaciones del distrito de Alto Selva Alegre

2.2.6. Mapa de Vulnerabilidad

Conceptos Generales

La determinación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación es el grado de susceptibilidad de daño ante la ocurrencia de un terremoto. Conociendo este grado, que generalmente es expresado como edificación en buen estado, edificación regular, edificación en mal estado y edificación colapsada, es cuantificar el daño.

Formas de Evaluación

Su evaluación puede realizarse básicamente usando dos criterios: método determinística y método por criterio.

Método Determinístico

El método determinístico se basa en un estudio detallado de la estructura. Este estudio se basa en la evaluación mediante una inspección, toma de muestra de materiales, medición de la vibración en la estructura, auscultación del de cimentación, verificación de profundidad del cimiento y la modelación matemática de la estructura a través de programas especializados competentes, para producir un diagnóstico de la respuesta sísmica y encontrar si la edificación resistirá las fuerzas y desplazamientos inducidos por el terremoto.



Método por Criterio

El método por criterio se basa o método empírico están basados, en simplificaciones dadas por la experiencia y desarrolladas por expertos con la finalidad de a través de un cuestionario y una lista de verificación de parámetros que son usados como entradas a curvas, funciones, o simuladores de la respuesta sísmica, con el fin de dar un diagnóstico de su estado luego del evento.

Método adoptado para el análisis de la muestra en el presente estudio

Considerando la muestra de manzanas y lotes representativos se implementó una base de datos con la finalidad de determinar mediante el uso del método de estimación rápida de la respuesta sísmica de edificaciones [3] y [4], basado en la metodología propuesta por Miranda [2] para la estimación rápida de desplazamientos máximos y distorsiones de entrepiso, que ha sido adaptado en el CISMID para estudios de vulnerabilidad sísmica en edificaciones con tipologías propias del Perú.

Este método se basa en el diagnóstico de la respuesta sísmica de las edificaciones, considerando las aceleraciones máximas del terreno según los resultados del estudio del peligro sísmico presentado en el Anexo adjunto a este informe y el catálogo de tipologías de edificaciones representativas del distrito. Con este propósito se consideran variables claves como aceleración de demanda sísmica, material de la edificación, número de pisos, sistema estructural predominante y otros datos recabados en el levantamiento de campo lote a lote en la ciudad. Seguidamente se utiliza la metodología de índices β_i , que considera que la respuesta sísmica de una estructura se encuentra en base al producto de los índices β_i por el desplazamiento espectral (S_d) para el periodo predominante de la estructura entre la altura del edificio (H), dando una aproximación de la distorsión del entrepiso:

$$\left(\frac{\Delta\delta_j}{h_j}\right) = \frac{\beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \beta_4}{H} S_d$$

El índice β_1 , es una aproximación al factor de participación dado como una función del número de pisos:

$$\beta_1 = \frac{3N}{2N + 1}$$

El índice β_2 , relaciona la aproximación de la distorsión máxima en la aproximación contra la distorsión en un sistema real:

$$\beta_2 = \frac{\max\left(\frac{\Delta\delta_j}{h_j}\right)}{\frac{U_r}{H}}$$



El índice β_3 , relaciona la fuerza de respuesta con la sobre resistencia como función de la ductilidad asignada a cada tipología estructural:

$$\beta_3 = \frac{U^x + \Delta U^x}{U} = \frac{F^x \cdot \mu}{F}$$

El índice β_4 , produce una aproximación de la relación existente entre la distorsión inelástica y la distorsión elástica, que expresan una medida de ductilidad:

$$\beta_4 = \frac{\varphi_{inelastico}}{\varphi_{elastico}}$$

El periodo que sirve de base en el diagnóstico, es dependiente de la tipología estructural y del número de pisos, que produce una diagnosis del desplazamiento y distorsiones de cada piso. De esta manera se estiman las distorsiones de entrepiso que diagnostican el estado de la edificación basado en los límites de distorsión máxima de la norma de diseño sismorresistente NTE-030-RNE y ajustada en base la base de datos de experimentación muros, paneles y módulos a escala natural ensayados en CISMID a lo largo de sus 25 años de experiencia de laboratorio.

Este procedimiento fue automatizado utilizando el programa SRSND presentado en [5] y utilizado en [6], el mismo que produjo tanto la respuesta sísmica de la edificación representativa de la manzana de la muestra, así como el nivel de daño esperado para el escenario sísmico de demanda propuesto. Los resultados fueron implementados con el sistema SIG para producir los resultados esperados en los productos.

A continuación se presenta un resumen de los resultados, dando un énfasis en la zona con mayor vulnerabilidad.

Edificaciones con Nivel de Vulnerabilidad Alto:

Son edificaciones con gran probabilidad de falla total o de daños muy graves que hagan difícil su reparación (con un daño severo probable donde su costo de reparación sea superior o igual 85% de su valor), además de implicar peligro de muerte o heridos graves para sus ocupantes. Por ejemplo:

- Edificaciones de adobe antiguas debilitadas por la humedad, erosión, o sismos anteriores; y ubicados sobre suelos flexibles.
- Edificaciones de ladrillo sin refuerzo ni confinamiento, con poca densidad de muros; ubicados sobre suelos blandos.
- Muros altos de ladrillo o adobe, de poco espesor y sin ningún arriostre.
- Edificaciones construidas con materiales inestables y provisionales, sin ningún tipo de arriostramiento o refuerzo vertical u horizontal.



- Edificaciones con configuración en planta irregular.
- Techos o coberturas en mal estado de conservación.
- Edificaciones en laderas de los cerros, donde su cimentación generalmente se apoya en muros de contención de piedra (pircas secas) no recomendables para tomar las fuerzas producidas por el sismo.

Edificaciones con Nivel de Vulnerabilidad Medio:

Son edificaciones donde se pueden producir daños importantes, que aunque no colapsen las estructuras, es difícil su utilización sin ser reparadas, estimándose su costo de reparación entre el 30 y 60% de su valor. Pueden producirse accidentes por caídas de bloques de albañilería o concreto, rotura, etc. Por ejemplo:

- Edificaciones de ladrillo con defectos de estructuración, que provoque concentración de esfuerzos en algunos puntos.
- Construcciones de adobe bien estructurado, de un solo piso y construido en terreno flexible.
- Construcciones con muros de ladrillo bien estructurado pero con coberturas en mal estado, que signifique algún riesgo.
- Construcciones con ladrillo tubular y confinamientos.

Edificaciones con Nivel de Vulnerabilidad Bajo:

Son edificaciones donde se estiman se producirán daños menores o leves. El sistema estructural conserva sin mayor peligro, gran parte de su resistencia y puede aún seguir siendo utilizado. Por ejemplo:

- Edificaciones de ladrillo con columnas de concreto armado, o acero, diseñadas de acuerdo a normas de diseño sísmico, con materiales de buena calidad, buena mano de obra, e inspección rigurosa.
- Edificaciones regulares de concreto con muros de corte o edificaciones regulares con pórticos de concreto con cajas de escalera y ascensor de concreto con existencia de muros de concreto y/o albañilería.

Evaluación y análisis estadístico de las edificaciones evaluadas

- Lotes:** Se evaluaron la totalidad de los lotes de la muestra, siendo el material predominante la albañilería, con presencia en el 88% de los lotes.
- Muros:** Tal como se indicó, el ladrillo tiene una presencia del 88% en las viviendas cuyo sistema estructural son los muros, sean éstas de 1 piso (39.5%), 2 pisos (56.6%), 3 pisos (3.5%) y 4 pisos (0.3%). De acuerdo a lo observado en varios casos, las construcciones son realizadas con intervención de maestros de obra y personal

obrero, sin tener la asesoría técnica de un profesional de la especialidad. Asimismo, aproximadamente el 88% de las viviendas presentan columnas de confinamiento de concreto armado en sus paredes, no teniendo el 4% de las viviendas evaluadas, elementos de refuerzo vertical.

- c) **Coberturas y Sistema de techos:** Del total de lotes inspeccionados, el 88% de ellos tienen techos aligerados de ladrillo con viguetas de concreto armado, y el 1%, poseen coberturas de calamina, esteras o madera. Estas coberturas se concentran en los sectores emergentes como las laderas de cerros y asentamientos humanos.
- d) **Estado de Conservación:** El estado de conservación de las construcciones en un 59.6% es aceptable y bueno. Un 35.1% de las viviendas muestran un estado de conservación regular y otro 5.3% de las viviendas presentan un mal estado de conservación, especialmente, por las condiciones provisionales de sus materiales en techos, la inestabilidad de los taludes, y las malas condiciones del suelo.

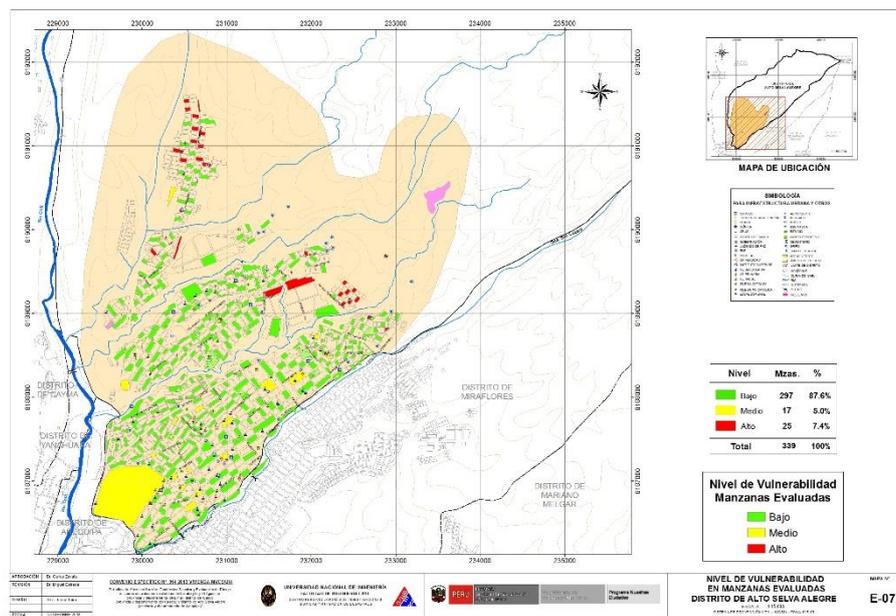


Figura 11. Mapa de vulnerabilidad del Distrito de Alto Selva Alegre

Con respecto a los resultados del estudio en el distrito de Alto Selva Alegre, se tienen edificaciones con vulnerabilidades relativamente bajas que representan el 50% de la muestra concentradas en la zona sur del distrito y en las partes bajas, así como

vulnerabilidades medias, que representan el 7% de la muestra, que se concentran en la zona sur oeste del distrito en color amarillo; mientras que las edificaciones con vulnerabilidades altas representan el 43% de la muestra, que se concentran en la zona norte (parte alta) del distrito como se muestra en la Figura 11.

2.2.6.1. Resultados Obtenidos en los Principales Sectores

SECTOR 01

El Sector 01 se encuentra ubicado entre las avenidas Jr. Juan de la Torre, Jr. Los Diamantes, Jr. El Sol, Av. Obrera, Av. Roosevelt, Av. Malecón Francisco Bolognesi y Jacinto Ibáñez. Este sector se caracteriza por ser principalmente residencial, con viviendas de 2 pisos en su mayoría como se muestra en la Figura 12. El material predominante es la albañilería de ladrillo artesanal sólido y pandereta, con un sistema estructural de mampostería confinada y techo aligerado.



Figura 12. Viviendas típicas del Sector 01

El Sector 01 tiene zona comercial como se muestra en la Figura 13. En general, las edificaciones del sector se encuentran en regular estado de conservación, aunque en algunas zonas se han encontrado presencia de humedad como se muestra en la Figura 14.



Figura 13. Zona comercial del Sector 01



Figura 14. Vivienda con presencia de humedad del Sector 01

SECTOR 02

El Sector 02 está ubicado entre las Av. Roosevelt, A. Obrera, Jr. Los Andes, Av. Alberto Fujimori, y la ladera de cerro. En este sector se evaluaron 34 manzanas. Las edificaciones de este sector son en su gran mayoría de dos pisos, cuyo material es albañilería y dedicado a viviendas, como puede apreciarse en la Figura 15.



Figura 15. Edificaciones del Sector 02, de dos pisos en algunos casos sin tarrajeo.

Predomina el sistema estructural de albañilería confinada usando unidades tubulares (pandereta) y se encuentran en buen estado de conservación. Es en general un sector consolidado, hay pocos casos en proceso de ampliación, con muros de pisos superiores sin tarrajeo y un uso predominante de viviendas.

SECTOR 03

El Sector 03 está ubicado entre las Av. Obrera, Av. Leticia, Av. Amazonas, Av. Los Diamantes y Av. El Sol. En este sector se evaluaron 21 manzanas. Las edificaciones de este sector son de dos pisos en mayoría cuyo material es albañilería y usado para viviendas, como puede apreciarse en la Figura 16.



Figura 16. Edificaciones características del Sector 03

Gran parte de las edificaciones de este sector son de albañilería confinada con unidades tubulares (pandereta); por otro lado, la mayoría de las edificaciones se encuentran con presencia de humedad como se muestra en la Figura 17.



Figura 17. Edificaciones de albañilería del sector 2 con presencia de humedad.

SECTOR 04

El Sector 04 está ubicado entre las Av. Alberto Fujimori, Av. Las Torres, Av. Leticia, Av. Obrera y Av. Los Andes. En este sector se evaluaron 25 manzanas. Las edificaciones de este sector son de dos pisos en su mayoría cuyo material es albañilería y usado para viviendas, como puede apreciarse en la Figura 18.



Figura 18. Edificaciones características del Sector 04

Gran parte de las edificaciones de este sector son de albañilería confinada con unidades tubulares (pandereta); y con presencia de humedad como se muestra en la Figura 19.



Figura 19. Edificación de albañilería con presencia de humedad del sector 04

SECTOR 05

El Sector 05 está ubicado entre las Av. Las Torres, Av. José Carlos Mariátegui, Av. 28 de Julio, Av. Misti, Av. Muñoz Najara, Av. Angamos, Av. España y Av. Leticia. En este sector se evaluaron 30 manzanas. Las edificaciones de este sector son de dos pisos en su mayoría cuyo material es albañilería y usado para viviendas, como puede apreciarse en la Figura 18.



Figura 20. Edificaciones características del Sector 05

Gran parte de las edificaciones de este sector son de albañilería confinada con unidades tubulares (pandereta); y con presencia de humedad como se muestra en la Figura 19.

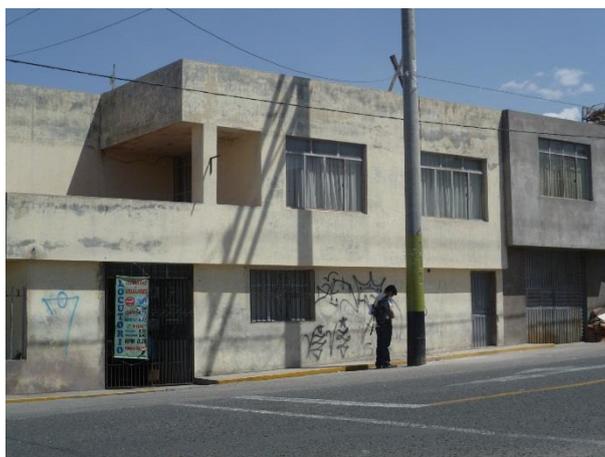


Figura 21. Edificación de albañilería con presencia de humedad del sector 05

SECTOR 06

Este sector se encuentra en la parte este del distrito, en la zona de San Luis, Javier Heraud, Villa Unión, Nueva Esperanza, Leones del Misti y Garcilazo de la Vega, comprendido por 39 manzanas. El sector 6 está comprendido por diversas tipologías de estructuras; entre estas se encuentran viviendas de mampostería confinada con unidades de arcilla cocida en buen estado, como se muestra en la Figura 22 (izquierda), viviendas de mampostería sin confinar con unidades de arcilla cocida tubular con cubierta ligera, como se muestra en la Figura 22 (derecha).



Figura 22. Viviendas de mampostería confinada con unidades de arcilla, manzana 135

Se observó que gran parte de las edificaciones están sobre pendientes pronunciadas, como es la vivienda de mampostería con unidades de arcilla cocida mostrada en la Figura 23.



Figura 23. Viviendas de sobre pendientes pronunciadas

Otra tipología de estructura que predominan en este sector son las viviendas de mampostería con unidades de sillar sin confinar y cobertura ligera, como se muestra en la Figura 24.



Figura 24. Viviendas con unidades de sillar en ladera de los cerros

Es importante resaltar que algunas estructuras de mampostería están compuestas por unidades de distintos tipos, tal como unidades de arcilla (tubulares, sólidos y para techo aligerado), y unidades de sillar, mostrado en la Figura 25.



Figura 25. Vivienda con diferentes tipos de unidades de mampostería

SECTOR 07

El Sector 07 se encuentra ubicado entre las avenidas Av. Alberto Fujimori, Av. Chilina y colinda con los sectores 8, 9, 4 y 2. Este sector se caracteriza por ser principalmente residencial, con viviendas de dos pisos en su mayoría, seguidas de viviendas de un piso como se muestra en la Figura 26. El material predominante es la albañilería de ladrillo artesanal sólido y pandereta, con un sistema estructural de mampostería confinada y techo aligerado.



Figura 26. Viviendas típicas del Sector 07.

El Sector 7 tiene zona comercial como se muestra en la Figura 27. En general, las edificaciones del sector se encuentran en buen estado de conservación.



Figura 27. Zona comercial del Sector 01.

SECTOR 08

El Sector 08 está ubicado entre las avenidas Av. Elías Aguirre, Av. Leoncio Prado, Av. Santos Chocano, al costado del sector 12. En este sector se evaluaron 30 manzanas. Las edificaciones de este sector son de dos pisos en su mayoría, seguidas de un piso cuyo material es albañilería y dedicado principalmente a viviendas. Ver Figura 28.



Figura 28. Edificaciones del sector 8, de dos pisos y viviendas ubicadas en ladera.

Predomina el sistema estructural de albañilería confinada usando unidades artesanales sólidas en el primer piso y tubulares en el segundo piso (pandereta) y se encuentran en buen estado de conservación como se ve en la Figura 29.



Figura 29. Viviendas en buen estado de conservación.

En este sector se puede apreciar edificaciones para uso de viviendas en su mayoría y algunas de uso vivienda-comercio en las zonas adyacentes a las avenidas o cerca de la zona de mercado tal como se ve en la Figura 30.



Figura 30. Viviendas - comercio

Este sector muestra un relieve irregular bastante accidentado pues una quebrada la cruza longitudinalmente de Noreste a Suroeste, distinguiéndose áreas en desnivel: la zona

Noroeste es más elevada que la Sureste. También existen acantilados en la zona sur del sector, Ver Figura 31.



Figura 31. Viviendas ubicadas en laderas al Sureste

SECTOR 09

El Sector 09 está ubicado entre las Av. Elías Aguirre, Av. Leoncio Prado, Av. Pedro Garzón, Av. Calvario y Av. Las Torres. En este sector se evaluaron 24 manzanas. Las edificaciones de este sector son de dos y un piso en mayoría cuyo material es albañilería y usado para viviendas, como puede apreciarse en la Figura 32.



Figura 32. Edificaciones características del Sector 09

Gran parte de las edificaciones de este sector son de albañilería confinada con unidades sólidas en el primer piso (en algunos casos con unidades de sillar) y tubulares en el segundo piso (pandereta); por otro lado, algunas edificaciones se encuentran tarrajeadas parcialmente, como se muestra en la Figura 33.



Figura 33. Edificaciones de albañilería tarrajeadas parcial y/o totalmente

SECTOR 10

El Sector 10 está ubicado entre las Av. Calvario, Av. Mariátegui y entre los sectores 11, 6, 5 y 9. En este sector se evaluaron 5 manzanas. Las manzanas están constituidos por un solo lote, el cual es usado para la crianza de cerdos, están delimitados por cercos perimetrales de sillar y tan sólo poseen una vivienda, como puede apreciarse en la Figura 34.



Figura 34. Manzanas constituidas por una sola vivienda.

Una de las manzanas evaluadas es un terreno baldío el cuál sólo tiene un cerco perimétrico de sillar y algunos portones Figura 35.



Figura 35. Terreno baldío

Este sector está separado por una quebrada que cruza el sector de Norte a Sur, que hace difícil el acceso.

SECTOR 11

El sector 11 se encuentra ubicado en la parte este del distrito en la zona de Independencia, conformado por 27 manzanas. Este sector se caracteriza por tener edificaciones de mampostería confinada con unidades artesanales de arcilla cocida de hasta dos niveles, como se muestra en la Figura 36.



Figura 36. Edificaciones típicas del sector 11

Se observó que algunas de las edificaciones de este sector son de mampostería confinada sobre pendientes pronunciadas, tal como se muestra en la Figura 37. Estas manzanas se encontraban en la parte este del presente sector.



Figura 37. Edificaciones sobre pendiente pronunciadas

SECTOR 12

El sector 12 se encuentra ubicado en la parte noroeste del distrito conformado por 25 manzanas, en la zona de Independencia y Villa Ecológica. Este sector se caracteriza por contener edificaciones de un solo nivel de mampostería de dos tipos de material; unidades de arcilla cocida y de sillar, sin tarrajeo; tal como se puede observar en la Figura 38.



Figura 38. Edificaciones características del Sector 12

También se pudo observar que alguna de las edificaciones, del tipo vivienda, se encuentra sobre pendiente moderada como se observa en la Figura 39, y en algunos casos adyacentes a quebradas.



Figura 39. Edificaciones sobre pendiente moderadas en el Sector 12

Otra característica importante de este sector es que el acceso está limitado por quebradas, existiendo sólo una carretera sin asfaltar.

SECTOR 13

El sector 13 se encuentra en la zona norte del distrito, conformado por 29 manzanas en la zona de Villa Ecológica. Este sector caracterizado por estar conformado por viviendas de un nivel construidas con unidades artesanales de sillar, como se muestra en la Figura 40. Es importante notar que estas edificaciones se encuentran sobre laderas de los cerros sin una adecuada cimentación y confinamiento.



Figura 40. Viviendas de sillar sin confinamiento de un nivel sobre laderas

Se observó que algunas de las edificaciones de este sector son de mampostería confinada sobre pendientes pronunciadas sin una adecuada cimentación, tal como se muestra en la Figura 41.



Figura 41. Viviendas de mampostería confinada sobre pendiente pronunciada

2.2.6.2. Evaluación de Edificaciones Esenciales

Para la evaluación de las edificaciones esenciales se consideró la edificación típica que formaba parte del complejo sea Colegio, Hospital, posta médica, comisaría, etc. de manera que fue tratada como una edificación sobre la cual deseamos conocer aproximadamente su respuesta sísmica. Bajo esta premisa, se encontró su demanda para las condiciones del estudio, de acuerdo a la demanda dada en el estudio de microzonificación geotécnica sísmica del distrito.

SECTOR 01



Figura 42. Vista del grifo en el Sector 01.



Figura 43. Vista del Departamento de Limpieza de la Municipalidad en el Sector 01.



Figura 44. Vista del Colegio Nicanor Rivera Cáceres en el Sector 01.



Figura 45. Vista de la Institución Educativa 40003 Alto Selva Alegre en el Sector 01.



Figura 46. Vista del I.E.B. Especial Auvergne Perù Francia en el Sector 01.

SECTOR 02



Figura 47. Municipalidad de Alto Selva Alegre en el sector 2, de tres pisos principales y el cuarto de drywall.



Figura 48. Iglesia Virgen de Guadalupe en el sector 2.



Figura 49. Iglesia en el sector 2.



Figura 50. Colegio Militar Francisco Bolognesi del sector 2.

SECTOR 03



Figura 51. Centro de Salud Alto Selva Alegre



Figura 52. Centro Policial Alto Selva alegre



Figura 53. Centro Educativo Diego de San Pedro



Figura 54. Centro Educativo Santa Rosa de Lima

SECTOR 04



Figura 55. Iglesia Católica San Jose Obrero



Figura 56. Colegio Pre-inicial

SECTOR 05



Figura 57. Centro de Abastos Leones del Misti de un nivel del sector 05



Figura 58. Centro de Salud Leones del Misti de un nivel del sector 05



Figura 59. Centro de Salud Apurimac de un nivel del sector 05



Figura 60. Centro Educativo Leones del Misti de dos niveles del sector 05



Figura 61. Centro Educativo Inicial Apurimac de un nivel del sector 05



Figura 62. Centro Educativo Guillermo Mercado Barroso de dos niveles del sector 05



Figura 63. Centro Educativo Mario Vargas Llosa de un nivel del sector 05



Figura 64. Capilla del sector 05



Figura 65. Iglesia San Lorenzo del sector 05



Figura 66. Mercado Señor de los Milagros del sector 05

SECTOR 06

En el recorrido de este sector se observó dos edificaciones esenciales, un grifo y una parroquia, las que se muestran en la Figura 67 y Figura 68, respectivamente.



Figura 67. Grifo Leones del Misti, manzana 246



Figura 68. Parroquia, manzana 1103

SECTOR 07



Figura 69. Iglesia Cristo Rey (Manzana 684)



Figura 70. Posta de Salud (Manzana 842)

SECTOR 08



Figura 71. Colegio Andenes de Chilina (manzana 1047)



Figura 72. Policía Nacional Escuadrón Misti (manzana 813)



Figura 73. ESTADIO CAMPEONES DEL 81 (MANZANA 1118)

SECTOR 09



Figura 74. Seguridad Ciudadana (Manzana 426)



Figura 75. Comisaria PNP Independencia (manzana 931)



Figura 76. Puesto de Salud San Juan Bautista (manzana 1120)



Figura 77. Institución Educativa Villa Independiente (manzana 1120)

SECTOR 10



Figura 78. Institución Educativa El Mirador (manzana 332)

SECTOR 11

En este sector se encuentran algunas edificaciones esenciales, tales como centros educativos mostrados en la Figura 79, Figura 80, Figura 81 y Figura 82; y como iglesias mostradas en la Figura 83 y Figura 84.



Figura 79. I.E.P. Elizabeth Heimer, manzana 302



Figura 80. I.E.I. Villa Asunción, manzana 503



Figura 81. Colegio Católico A. Kolping, manzana 1108



Figura 82. Colegio L. Van Bethoven, manzana 1122



Figura 83. I.E.P. Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días, manzana 512



Figura 84. Parroquia el Buen Pastor, manzana 503

SECTOR 12

En la Figura 85 se puede observar una antena de aproximadamente 12 metros, la que se encuentra en la manzana 975. Esta manzana está conformada por dos edificaciones de un nivel de mampostería confinada con unidades tubulares (pandereta). Una de estas edificaciones circunda la antena.



Figura 85. Antena en la manzana 975 del sector 12

SECTOR 13

Las edificaciones esenciales en este sector corresponden a la I.E. Pinto Talaverano y a un Centro Parroquial Pastoral en la manzana 944 de este sector, como se muestra en Figura 86. La institución educativa es una edificación de tres niveles, conformado por pórticos de concreto armado los cuales están rigidizados por muros de mampostería; el centro parroquial es de un nivel conformado por el mismo sistema estructural.



Figura 86. Edificaciones esenciales en la manzana 944 del sector 13

3. MAPAS DE RIESGO

3.1. Estudio de Riesgo para un Escenario Sísmico

Definición de Riesgo Sísmico

Se define el riesgo sísmico como la pérdida material o humana, debido a la acción de un evento sísmico severo tomando en cuenta la magnitud de este y la vulnerabilidad de la edificación.

Para este propósito es necesario conocer el peligro sísmico del área de estudio y asimismo la vulnerabilidad de las edificaciones en el área.

El peligro sísmico, para este análisis se basa en las aceleraciones máximas por el tipo de suelo que han sido calculadas a partir de una microzonificación geotécnica sísmica de la zona, luego de haber caracterizado el comportamiento dinámico de los suelos en función de su sismicidad.

Por otro lado se puede identificar el tipo de sistema estructural y diagnosticar la respuesta sísmica de éste, producto de la aceleración máxima inducida por el sismo evaluada en el



estudio de vulnerabilidad de las edificaciones. De esta manera puede estimarse el nivel de daño, ya que la respuesta sísmica de una edificación es dependiente de la caracterización dinámica del suelo.

Existen métodos de simulación del riesgo basados en la superposición de la estadística del daño sobre edificaciones durante los sismos, a través del levantamiento de información post evento, que al sobreponerse con las aceleraciones máximas producidas, generan curvas de aceleración versus nivel de daño esperado para un determinado sismo. Estas curvas reciben el nombre de Curvas de Fragilidad, ya que muestra lo frágil que un determinado material y/o sistema estructural puede ser frente a determinado nivel de aceleraciones inducidas sobre el sistema.

Asimismo existen métodos basados en la evaluación de la respuesta sísmica de los sistemas estructurales bajo cierto nivel de aceleración inducida y la estimación de su nivel de daño. Este tipo de metodología ha sido adoptada en el presente estudio.

Para la determinación del riesgo sísmico del distrito de Alto Selva Alegre, se ha utilizado el método de aproximación al valor de reparación de una vivienda, expresado como porcentaje del costo de la edificación. Conocida la respuesta sísmica de las edificaciones, utilizando la metodología presentada en [3] y [4], donde se estima el nivel de distorsión máxima, considerando el escenario sísmico propuesto en el estudio de peligro. Conocido el nivel de distorsión es posible estimar el nivel de daño por tipo de sistema estructural, para el lote representativo de la manzana en estudiada.

Un proceso de regresión de los diversos tipos de daño y la cuantificación del costo relacionan el valor de la reparación con la distorsión de la respuesta sísmica ($\Delta\delta_j/h_j$) en cada lote. Este costo de reparación (C_r) se expresa como el porcentaje del costo de la estructura, considerando λ y ε parámetros de vulnerabilidad estructural, correspondientes al sistema estructural y al tipo de reparación involucrada para los materiales involucrados.

$$C_r = \left[\left(\frac{\Delta\delta_j}{h_j} \right) / \lambda \right]^\varepsilon / 100$$

Para el diagnóstico del riesgo se consideró cada registro de la base de datos produciendo el diagnóstico de la distorsión y en base a esta se encontró el Mapa que representa el costo de reparación representativo para la manzana, considerando los resultados del lote representativo.

El desarrollo de este diagnóstico se realizó mediante el proceso que se presenta en la Figura 87.

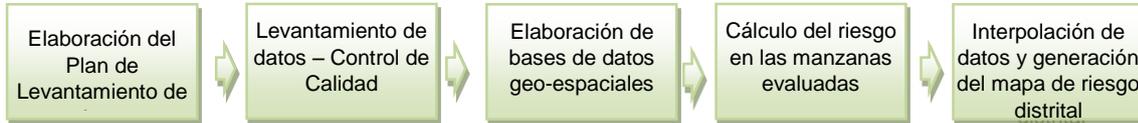


Figura 87. Proceso de generación del mapa de riesgo.

Basados en la información de campo se evaluaron 339 manzanas con los datos de sus lotes representativos, dando como resultado el mapa de costo de reparación mostrado en la Figura 88.

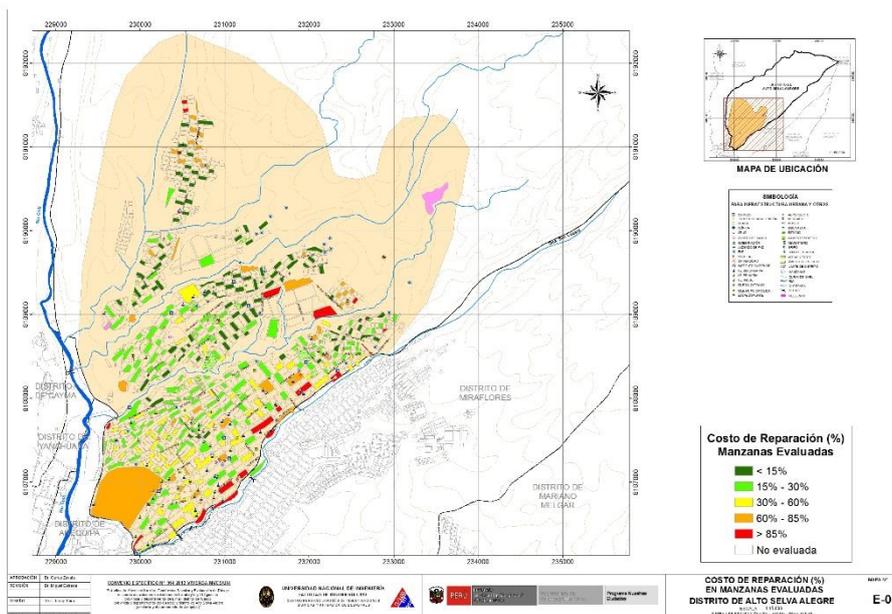


Figura 88. Resultado del cálculo del costo de reparación para las manzanas evaluadas.

Una vez calculado el costo de reparación para las manzanas evaluadas se genera, a través del método de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted) un archivo de imagen (raster) donde el valor de cada pixel es el valor del costo de reparación para una edificación

construida sobre ese terreno. La resolución espacial de este archivo es de 5 metros, es decir que cada pixel cubre un área de 25 metros cuadrados de terreno.

La Figura 89 muestra el resultado de la interpolación de los valores del costo de reparación sobre todo el distrito de Alto Selva Alegre.

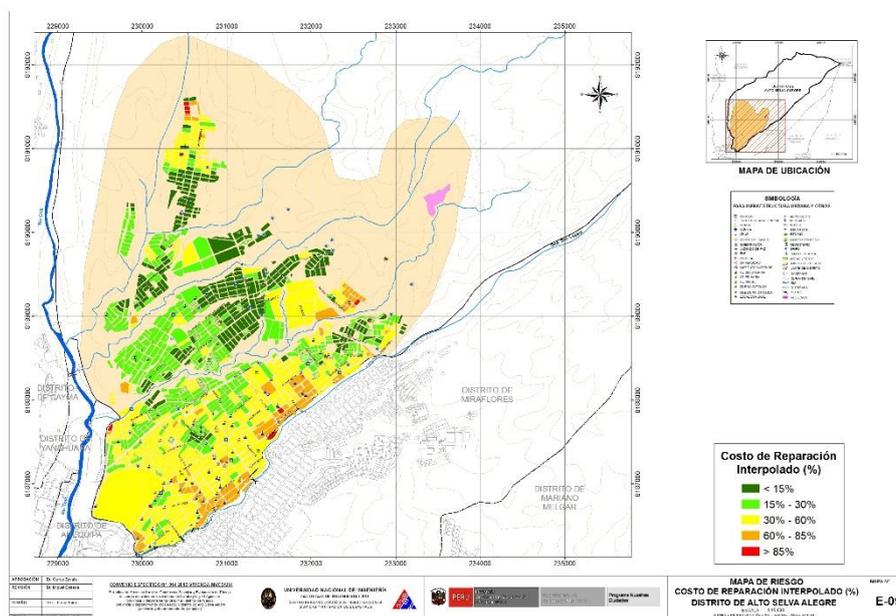


Figura 89. Imagen de interpolación del costo de reparación (método IDW)

Una vez realizada la interpolación, este archivo de imagen se convierte en un archivo de puntos equidistantes a 5 metros, donde el valor contenido en este punto es valor del costo de reparación. Finalmente para cada manzana se procede a promediar los valores de todos los puntos que caen dentro del polígono que representa a la manzana obteniendo finalmente el costo de reparación interpolado para todas las manzanas del distrito. La Tabla 2 presenta los resultados de la simulación de riesgo sísmico para las viviendas del distrito de Alto Selva Alegre.



Tabla 2. Resultados del daño en el distrito de Alto Selva Alegre para un escenario de sismo severo

Color	Rango	Nivel Daño	Nivel Daño	Número de Mzas.	%	%	Nivel de Daño
Verde	< 15%	Nivel I	1	91	30%	69%	Daño Leve o sin daño
Verde agua	15% - 30%	Nivel II	2	120	39%		
Amarillo	30% - 60%	Nivel III	3	55	18%	18%	Daño Moderado
Naranja	60% - 85%	Nivel IV	4	24	8%	8%	Daño Severo
Rojo	85%-100%	Nivel V	5	17	6%	6%	Colapso
				307	100%		

En el Anexo I, en el mapa No. E-09, que presenta el riesgo expresado como porcentaje del costo de la edificación para el distrito de Alto Selva Alegre bajo un escenario del sismo de Lima 1966. En el mapa se puede apreciar que los sectores en verde tendrían un costo de reparación entre 0~15%. Aquellos sectores en verde agua poseen un costo de reparación entre 15~ 30% del valor de la edificación. Los sectores en amarillo poseerían porcentaje de reparación para sus viviendas entre 30~60%. Las zonas en color naranja, tendrían porcentaje de costo de reparación entre 60 ~ 85%, mientras que las zonas en rojo tendrían viviendas con costos de reparación entre 85% y 100%. Estos dos últimos grupos son diagnosticados como los grupos con indicadores de viviendas en riesgo de colapso que en el distrito no se presentaría para el escenario propuesto. Las aceleraciones asumidas para el diagnóstico son las presentadas en el informe del Microzonificación geotécnica.

Caso especial es el representado por las edificaciones esenciales que en caso de un evento sísmico severo deben de seguir funcionando luego del evento. Bajo esta premisa se tomaron aquellas edificaciones esenciales que formaron parte de la muestra, encontrándose el resumen de los resultados en la tabla siguientes.

Tabla 3. Resultado de daño esperado en edificaciones esenciales

Color	Rango	Nivel Daño	Nivel Daño	Número de Mzas.	%	%	Nivel de Daño
Verde	< 15%	Nivel I	1	1			
Verde agua	15% - 30%	Nivel II	2	1	13%	13%	Daño Leve o sin daño
Amarillo	30% - 60%	Nivel III	3	1	6%	6%	Daño Moderado
Naranja	60% - 85%	Nivel IV	4	13	81%	81%	Daño Severo
Rojo	85%-100%	Nivel V	5	0	0%	0%	Colapso
				16	100%		



Los resultados para las edificaciones esenciales son presentados en el mapa E-09A en donde puede apreciarse los resultados que se presentan en la Tabla 3, que muestra que el 81% de las edificaciones esenciales experimentarían un daño severo, debido al nivel de demanda sísmica extrema sobre sus sistemas estructurales y los suelos donde se ubican.

3.2. Mapa de Sectores Críticos

Propuesta Técnica de Reforzamiento de Edificaciones de Vivienda por Tipología

Con la finalidad de proponer la técnica de reforzamiento para las edificaciones en el distrito de Alto Selva Alegre, se estudió la composición de la muestra levantada en campo. Los resultados que se muestran en la Tabla 4 presentan que en el 88.5% de los casos las edificaciones de este distrito son de mampostería (albañilería) de ladrillo, seguido por un 4.1% de edificaciones de concreto y 7.4% de edificaciones de sillar. La representatividad de la muestra nos orienta a mostrar aquellas técnicas apropiadas para el reforzamiento de viviendas de mampostería y sillar, asimismo de edificaciones de concreto.

Tabla 4. Composición por material de la muestra estudiada

Material	Edificaciones	%
Sillar	25	7.4%
Concreto	14	4.1%
Mamposteria	300	88.5%
Acero	0	0.0%
Madera	0	0.0%
Otros	0	0.0%
	339	Mza

Por otro lado luego del diagnóstico del riesgo sísmico en los sectores estudiados y considerando los resultados de los lotes representativos de la muestra, se encontró que dependiendo del nivel de daño diagnosticado por material, en la Tabla 5 se muestra el agrupamiento de los Niveles III, IV y V, que serían aquellos que demanden intervención para su refuerzo. Así por ejemplo de las 339 manzanas estudiadas, para edificaciones de mampostería 80 manzanas necesitarían algún tipo de intervención. En el caso de las edificaciones de concreto, 14 manzanas requerirían de una intervención de reforzamiento. En el caso de las edificaciones de sillar, 25 manzanas deberían ser intervenidas para su reforzamiento.

Tabla 5. Composición de la muestra por nivel de daño esperado.

Sillar	Nivel I	0	Mampostería	Nivel I	92	Concreto	Nivel I	0
	Nivel II	0		Nivel II	128		Nivel II	0
	Nivel III	22		Nivel III	61		Nivel III	2
	Nivel IV	3		Nivel IV	6		Nivel IV	12
	Nivel V	0		Nivel V	13		Nivel V	0

A continuación se proponen algunos casos representativos para el reforzamiento de muros de albañilería y de sillar existentes con deficiencia de confinamiento, refuerzo de muros de albañilería existentes con deficiencia de tamaño o sección, para el reforzamiento de columnas de concreto y para la inclusión de muros de concreto a partir de columnas existentes. Se considera que las manzanas que poseen nivel de daño IV y V (con sillar de nivel de daño III, IV y V) son aquellas que tendrían que ser intervenidas de forma inmediata, se ha cuantificado que 105 manzanas requieren ser intervenidas para evitar un daño moderado.

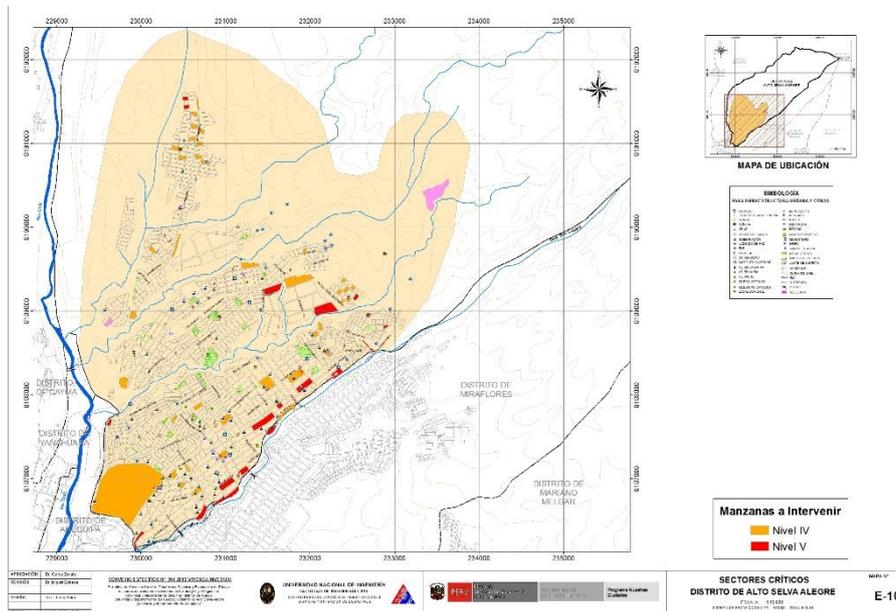


Figura 90. Ubicación de manzanas a intervenir



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



La ubicación de estas edificaciones es presentada en la Figura 90, donde se muestran aquellas viviendas cuyo costo de reparación es superior al 65% de su valor. Las zonas en color rojo muestran las manzanas con una mayor probabilidad de colapso, mientras que las zonas en color rosa claro muestran las manzanas con una alta probabilidad de daño severo. La intervención de estas viviendas debe realizarse luego de una evaluación al detalle de la edificación por parte de un especialista en diseño de estructuras antisísmicas.

Las viviendas en zonas de laderas, en su mayoría han sido edificadas con materiales livianos, de carácter provisional (latas, cartones, planchas de madera contraplacada, etc.) que desde la óptica estructural su modelación y diagnóstico es complejo y escapa a los métodos racionales de análisis estructural y resistencia de materiales, debido a lo cual no se presenta un diagnóstico estructural de los mismos.

ropuestas representativas para el reforzamiento de muros de albañilería existentes con deficiencia de confinamiento

Es de conocimiento general que una edificación de albañilería (mampostería) de ladrillo sin el debido confinamiento representa un peligro para sus ocupantes, ya que al no tener confinamientos no existen los elementos de borde que puedan desarrollar en conjunto con los ladrillos la toma de las fuerzas de tracción, para las cuales la mampostería es muy débil. Caso especial son los muros esquineros, que generalmente se abrirán en las esquinas ante la demanda sísmica, originando el volteo fuera del plano de sus muros concurrentes. Por esta razón, en ausencia de confinamientos es imprescindible dotar de columnas en los extremos a estos muros. Para este propósito es necesario en primera instancia insertar una zapata dentro del cimiento corrido, de manera que las columnas de confinamiento puedan unirse al muro. Para esto será necesario demoler el muro en su esquina dejando un endentado, con la finalidad de colocar la canastilla de refuerzo y posteriormente vaciar al elemento estructural.

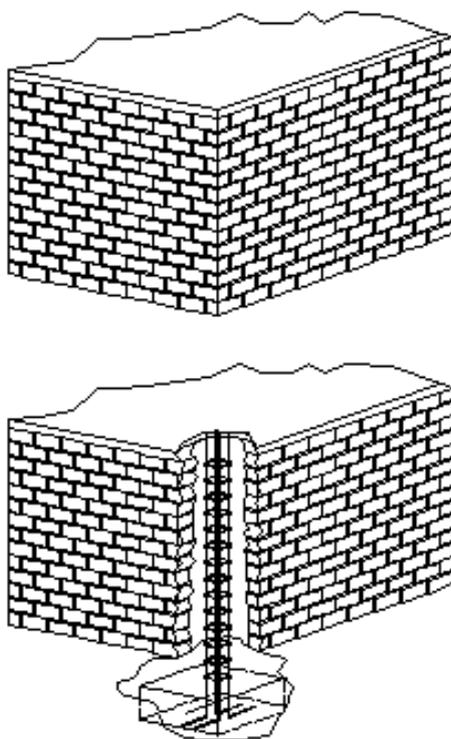


Figura 91. Detalle de inclusión de columnas de reforzamiento en muro sin confinamiento existente

Reforzamiento de muros de albañilería existentes con deficiencia de tamaño o sección

De acuerdo a la norma de diseño de albañilería NTE-070-RNE, la densidad de muros de una edificación, se define como la relación entre el área de muros estructurales de elementos área del área techada del nivel en estudio. Esta relación se encuentra entre el 4% al 5% del área techada en estudio, dependiendo de la zona sísmica, la aceleración esperada y el tipo de suelo. Cuando este criterio no se cumple, existirá deficiencia en el tamaño o sección del muro. En este caso, ya que el muro existe, lo comúnmente adoptado para el refuerzo de este tipo de muro es el envolver al muro con una malla de fierro de $\frac{1}{4}$ " de diámetro espaciados cada 10 cm en ambas direcciones. Este refuerzo puede hacerse con acero dúctil o con mallas electrosoldada.

En la se Figura 92 se muestra la secuencia del refuerzo de un muro de albañilería, considerando el incremento de la sección con la colocación de malla y recubrimiento.



Figura 92. Detalle de refuerzo sobre las caras del muro

Otra alternativa para el refuerzo es el uso de bandas en diagonal de malla o fierro dúctil, de manera que se refuercen aquellas zonas que estarán sometidas a las tracciones. Esta técnica ha sido experimentada en CISMID con éxito, y representa una alternativa económica ya que se ahorra material y acero.



(a)



(b)

Figura 93. Reforzamiento con bandas de refuerzo.

Reforzamiento de Columnas de Concreto

Cuando existen deficiencias en las secciones de concreto es necesario realizar el incremento de la sección considerando la extracción del recubrimiento y el uso de resinas epoxicas para pegar el concreto existente con el concreto nuevo, formando un suplemento de la columna con deficiencia estructural. En la Figura 94 se muestran dos casos de columna existente donde se requiere incrementar la sección. En el primer caso el incremento de la sección se realiza sobre una dirección mientras que en el segundo, considerando que es una columna esquinera, se incrementa la sección en ambas direcciones. Para esto es necesario retirar el recubrimiento de la columna existente para aplicar una resina epóxica, luego se coloca el acero de refuerzo que debe anclarse al refuerzo de la cimentación el cual describiremos en el siguiente ítem. Colocado el refuerzo, se coloca el encofrado y se coloca el nuevo concreto

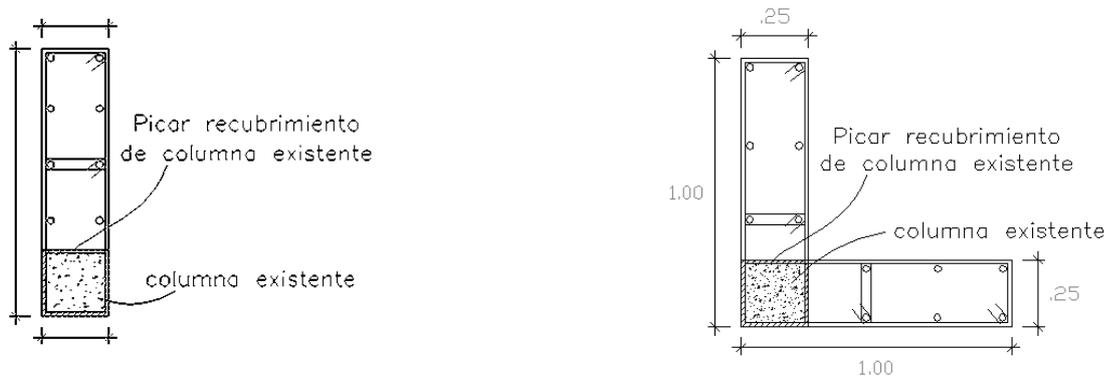


Figura 94. Detalle de reforzamiento para columna existente y esquinera

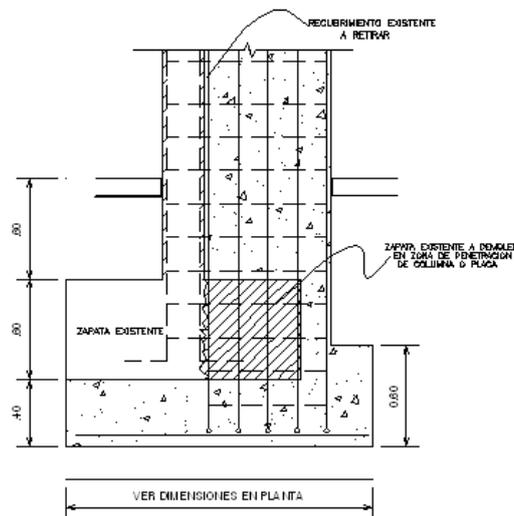


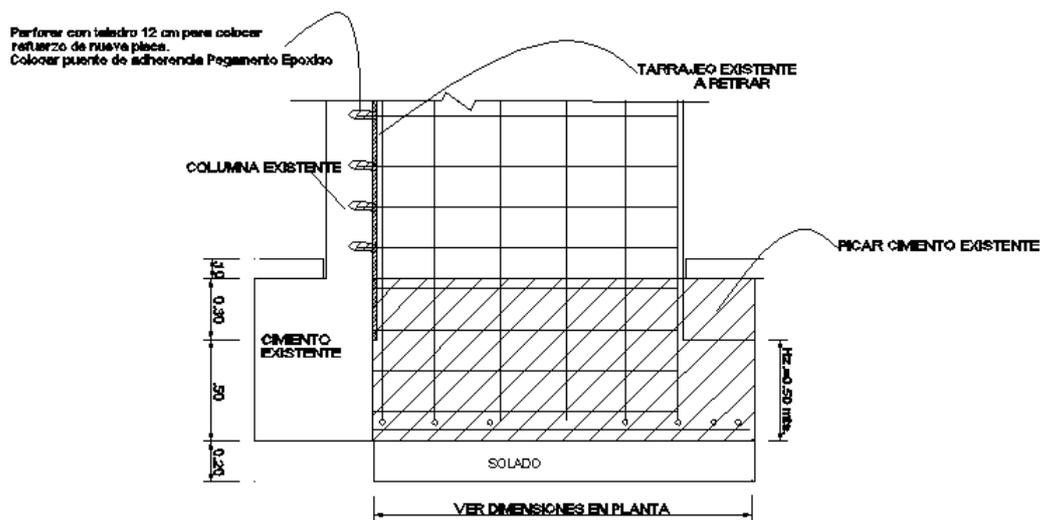
Figura 95. Detalle de reforzamiento de zapata para columna

Reforzamiento de Zapata Existente de Columna

Quando se refuerza un muro o una columna, es necesario incrementar la sección de su cimentación ya que la inclusión del elemento generará momentos mayores sobre la base del elemento estructural. Así la cimentación existente no será lo suficiente eficiente para tomar las nuevas cargas, por esta razón la sección de cimiento debe incrementarse. La Figura 95 muestra un detalle típico para el reforzamiento de una columna. Aquí como se observa, parte del cimiento existente debe ser demolido, con la finalidad de dar paso al incremento de la sección de la cimentación. Al igual que en el caso de la columna será necesario el uso de resinas epoxicas para pegar el concreto existente con el nuevo concreto, al igual que la fijación de la nueva armadura del elemento a reforzar.

Inclusión de Muros de Concreto a partir de Columnas Existentes

En este caso es necesario considerar un buen amarre entre el elemento placa y la columna existente. Por este motivo deben usarse barras de transferencia a través de cajuelas que deben calarse sobre la columna existente, y asimismo realizar un incremento del tamaño de la cimentación de los elementos. La Figura 96 presenta un detalle donde se puede observar las cajuelas para colocar el puente de adherencia con barra de transferencia que sirva de anclaje entre la nueva armadura y la columna existente. Asimismo aquí se debe de intervenir al cimiento de manera que pueda incluirse la cimentación de la nueva placa. La Figura 97 muestra un detalle en planta del cimiento incluido para la placa, de manera que el cimiento existente y el cimiento nuevo puedan integrarse.



DETALLE TÍPICO DE CIMENTACION DE PLACA

Figura 96. Detalle de refuerzo de columna con placa y su cimentación

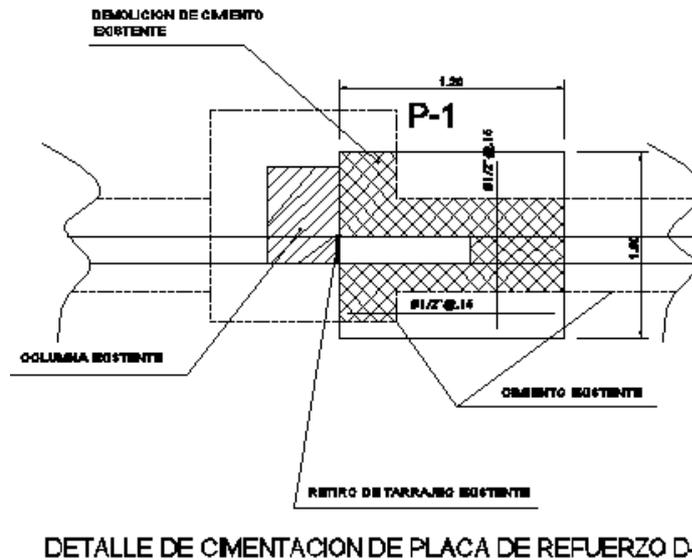


Figura 97. Detalle de la cimentación de la placa visto en planta

Conclusiones y recomendaciones para el reforzamiento de edificaciones

- Considerando los resultados del estudio de vulnerabilidad sísmica, se encontró que el 88.5% de las edificaciones del distrito de Alto Selva Alegre son de mampostería (albañilería) de ladrillo, seguido por un 4.1% de edificaciones de concreto. La representatividad de la muestra nos orienta a mostrar aquellas técnicas apropiadas para el reforzamiento de viviendas de mampostería y asimismo de edificaciones de concreto.
- Los resultados del estudio de riesgo sísmico de los sectores estudiados y considerando los lotes representativos de la muestra, identifican que los niveles de daño I y II (con costo de reparación inferior al 30%) demandan inversiones menores en la reparación. Los Niveles de daño III, IV y V, que serían aquellos que demanden intervención para su reforzamiento. Así por ejemplo de las 339 manzanas estudiadas para edificaciones de mampostería, 14 manzanas necesitarían algún tipo de intervención. En el caso de las edificaciones de mampostería 2 manzanas requerirían de una intervención de reforzamiento.
- Se presentan técnicas para el reforzamiento de muros, columnas y cimentaciones, típicas de un reforzamiento en viviendas de albañilería. Siguiendo estas recomendaciones y con la asesoría de un ingeniero estructural se lograra disminuir el riesgo en estas edificaciones.



4. ESTUDIO PRELIMINAR DE RIESGO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA

4.1. Acerca de la Vulnerabilidad de sistemas de agua

Para la determinación de la vulnerabilidad de los sistemas agua y alcantarillado es necesario realizar una inspección a las instalaciones de la infraestructura involucrada en el desarrollo del sistema de agua y alcantarillado. Para esto es necesario contar con planos de las redes, tanto de agua como del alcantarillado, infraestructura de bocatomas, canales de conducción, planta de tratamiento, depósitos de agua tratada, base de datos en el tiempo con estadística de roturas por tipo de tubería originadas por fallas en el sistema y por sismo, entre otros.

Se desarrolla un diagnóstico para el sistema de distribución de agua basado en las curvas de fragilidad desarrolladas por investigadores Japoneses. Ya que las tuberías de agua trabajan a presión durante eventos severos son muy susceptibles a tener daño en suelos poco competentes, y su análisis de daño se basa en el número de roturas que se producirían en la red. Por otro lado, las tuberías de desagüe, por trabajar como si fueran canales, el análisis de daño se basa en la separación de sus juntas. En este caso otra variable muy importante es el tiempo de uso del tubo de desagüe, ya que por conducir aguas servidas con altos contenidos de químicos, sufren de un deterioro mayor al de las líneas de agua.

En este estudio se presenta el diagnóstico de las líneas de conducción de agua solamente, ya que la base de datos de SEDAPAR, no dispone estadística de roturas en el tiempo para la línea de conducción de desagüe.

La información entregada por SEDAPAR, es un archivo en formato CAD donde se presenta los ejes de las líneas de conducción de agua y alcantarillado, el tipo de material y su diámetro.

4.2. Sistema de Agua y Alcantarillado

Para el estudio de los sistemas de agua y alcantarillado es necesario conocer los tipos de tubería, material, tipo de junta, rango de diámetros y tener una base de datos de las roturas originadas por sismos severos en el tiempo. La estadística de estas roturas, debe ser registrada por la entidad competente, en este caso SEDAPAR a fin de poder realizar un diagnóstico lo más cercano posible a la realidad.

El daño que afecta a las tuberías puede incluir la propagación de ondas, la deformación permanente del suelo y la ruptura de fallas. Las tasas de falla de las tuberías en áreas donde no se produce licuefacción pero sí se producen fallas del terreno (MM de VIII o menos, lugares donde se generen pequeños deslizamientos, grietas y terreno húmedo) equivalen aproximadamente a ocho veces las fallas debido a la propagación de ondas. Las



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



tasas de falla de las tuberías en áreas donde sí ocurre la licuefacción son de aproximadamente 12 veces las tasas de falla por propagación de ondas.

Para la evaluación de los daños se necesita conocer las características físicas de las tuberías del sistema de distribución de agua. A pedido de CISMID se solicitó a SEDAPAR el inventario de la red de distribución de agua. SEDAPAR envió, en formato CAD, la red para todo Arequipa, desde donde se extrajeron las tuberías correspondientes al distrito de Alto Selva Alegre.

La información en formato CAD se exportó a una plataforma SIG donde se integró una base de datos que contiene la información mostrada en Tabla 6 y el mapa se presenta en el Anexo I en el mapa No. E-11.

Tabla 6. Descripción de la base de datos del sistema de distribución de agua para el distrito de Alto Selva Alegre

Nombre de Campo	Descripción
Tipo	Material de tubería
Diametro	Diámetro de tubería en milímetros
Longitud	Longitud de la tubería en metros
Tipo_Suelo	Zonificación del suelo
Velocidad	Velocidad máxima en el suelo
Rot_km_Yam	Número de roturas por kilómetro de tubería según Yamazaki (2009)
Rot_km_Pro	Número de roturas por kilómetro de tubería según Ioyama (2000)

La estimación de la tasa de daño de tuberías de distribución de agua (el número de daños o incidentes por kilómetro de longitud de una tubería) será estimada en este estudio utilizando el método propuesto en la Universidad de Chiba Japón por los profesores Yoshihisa Maruyama y Fumio Yamazaki. De acuerdo a esta metodología la fórmula para la estimación de la tasa de daño fue propuesta por Ioyama el año 2000, luego del sismo de Kobe.

$$Rm(v) = C_p \cdot C_d \cdot C_g \cdot CI \cdot R(v) \quad (1)$$

Donde Rm es la tasa de daño por kilómetro de tubería, C_p , C_d , C_g , y CI son coeficientes de corrección para el material del tubo, diámetro, condición geológica, y ocurrencia de licuefacción, respectivamente, siendo v la velocidad máxima en el sector (PGV). El valor de $R(v)$ se estima para una tasa de daño en tuberías de hierro fundido (CIP) con rango de

diámetros entre 100–150 mm. en base a una regresión de valores de la base de datos de los tubos dañados por sismo en el sistema:

$$R(v) = c \cdot (v - A)^b \quad (2)$$

Donde b , c , y A son los coeficientes de regresión. Considerando la base de datos del sismo de Kobe de 1995, Isoyama obtuvo el siguiente resultado para $R(v)$:

$$R(v) = 3.11 \times 10^{-3} \cdot (v - 15)^{1.30} \quad (3)$$

Yamazaki y Maruyama asumieron que el valor de A se encuentra entre 0 y 30 cm/seg. y experimentaron análisis de regresión con cambios de A en intervalos de 5 cm/seg. Según los autores consideran que el valor de A debe ser 15 cm/seg, pues con este valor la correlación entre PGV y la tasa de daño atenuada produce un valor máximo. Así, la constante A produce el mínimo PGV que causa daños en un sistema de distribución de agua. Los resultados presentados por Isoyama indican que los sistemas de distribución fallarían con PGV mayores a 15 cm/seg. Diversos autores proponen factores de b , c y A que originan diferencia mínima en el diagnóstico. Por ejemplo en el caso de la ciudad de Tokio los valores particulares de los factores producen la siguiente fórmula:

$$R(v) = 2.24 \times 10^{-3} \cdot (v - 20)^{1.51} \quad (4)$$

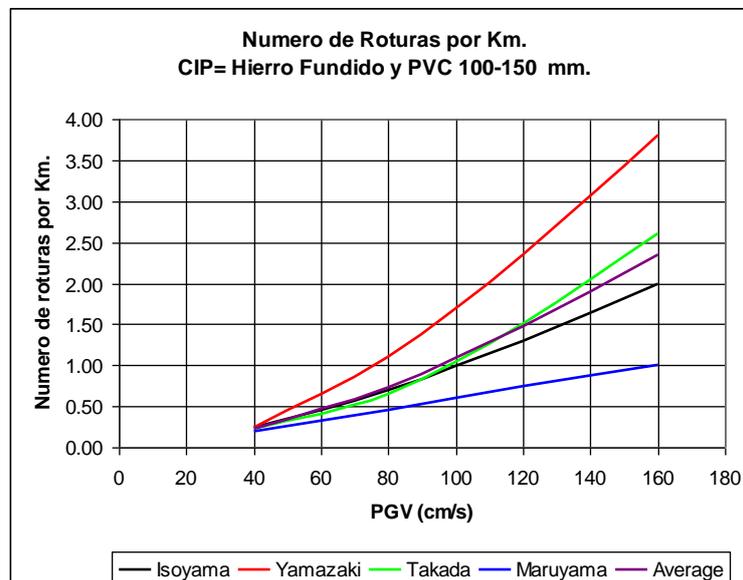


Figura 98. Roturas por Km. en tubos CIP y PVC

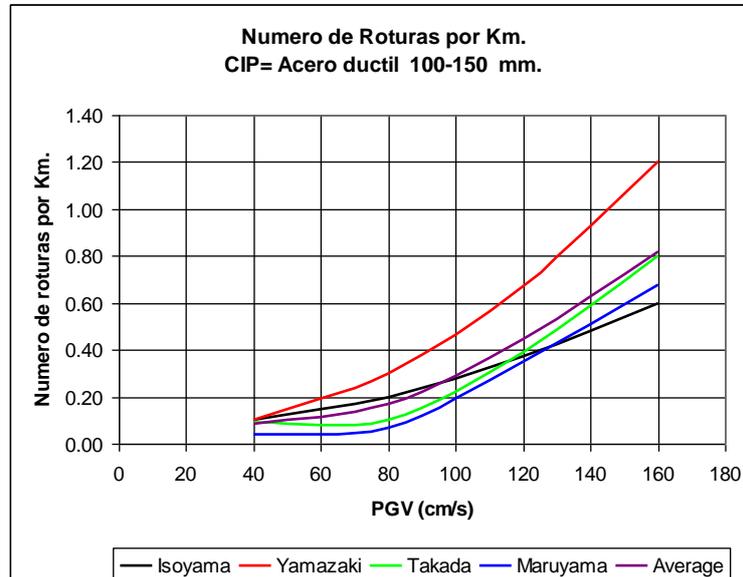


Figura 99: Roturas por Km. En tubos de acero dúctil

La Figura 98 muestra las relaciones presentadas por diversos autores para determinar el número de roturas por kilómetro de tubería de hierro fundido y PVC en función de la velocidad máxima del suelo (PGV) alcanzada durante el sismo de diseño en la zona donde se encuentran. Utilizando los datos de estos autores es posible elaborar una curva promedio, la cual se indica con la leyenda "Average", en el gráfico. Para llevar a cabo el cálculo del número de roturas en las tuberías, se ha considerado la curva de Isoyama, ya que esta curva se encuentra cercana a la curva promedio, adicionalmente se ha considerado la curva de valores máximos (Yamazaki), que se presenta en la Figura 100, para mostrar un escenario más desfavorable.

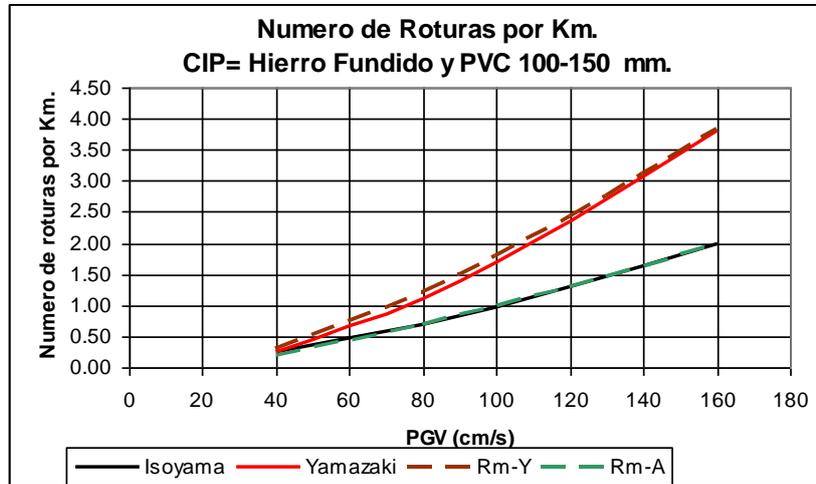


Figura 100: Curvas extremas de tasa de daño en CIP y PVC

En el presente estudio se ha utilizado una regresión de los valores de la curva de Isoyama que aproxima el número de roturas por Km. Con la siguiente expresión:

$$R(v) = 3.00 \times 10^{-3} \cdot (v - 15)^{1.305} \quad (5)$$

En forma similar, a los materiales presentados anteriormente, la Figura 99 presenta las relaciones desarrolladas por diversos autores para la estimación de la tasa de daño por kilómetro en tuberías de hierro dúctil. Utilizando estos datos se construye una curva promedio (“Average”) la que es presentada en este gráfico.

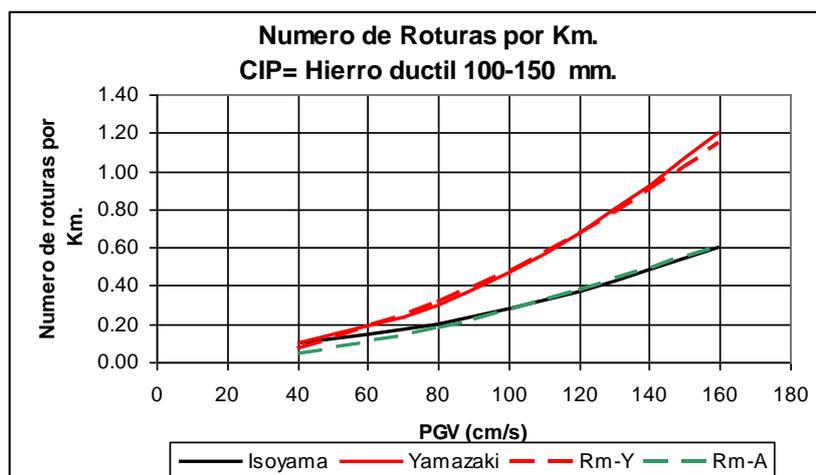


Figura 101: Curvas extremas de tasa de daño en tubería de hierro dúctil



Usando un procedimiento similar al presentado anteriormente, en la Figura 101 se muestra las curvas de máximo valor y valor más cercano al promedio en el caso de tubería de acero dúctil. Considerando la curva de Isoyama y la curva de Yamazaki, es posible expresar mediante un análisis de regresión de los datos, el número de roturas de tuberías de acero dúctil por Kilómetro que serían afectadas por un sismo severo mediante la siguiente expresión que presenta la regresión en datos de Isoyama:

$$R(v) = 2.00 \times 10^{-4} \cdot (v - 9)^{1.6} \quad (6)$$

Considerando las funciones presentadas en las ecuaciones (5) y (6) se determina el número de roturas en las tuberías, según el tipo de material y diámetro. Estas funciones son implementadas dentro del sistema SIG para la presentación de la vulnerabilidad de las líneas de conducción.

4.3. Mapa de Tipo de Tubería de Agua

La Tabla 7 presenta los tipos de tubería por material que existen en el distrito Alto Selva Alegre. Esta información se ha preparado en base de la información proporcionada por SEDAPAR. La información presenta los tipos de tubería con el rango de diámetros utilizado, considerando la existencia de un diámetro más frecuente utilizado en las líneas de conducción con su longitud total expresada en kilómetros. Si observamos la última columna se presenta el porcentaje de tuberías por material, aquí puede leerse que las tuberías de PVC y asbesto cemento son las más usadas en la línea de conducción.

Tabla 7. Tipo de tuberías de agua en el distrito de Alto Selva Alegre

Material	Tipos de Diámetros	Diámetro (mm)	Diámetro más frecuente	Longitud Total (m)	Longitud Total (Km)	%
Asbesto-Cemento	5	50-250	100	15366.00	15.37	11.4%
PVC	9	50- 300	75	118984.00	118.98	88.6%
			Longitud Total	134350.00	134.35	



4.4. Mapa de Roturas para un Escenario Sísmico

Considerando los criterios de evaluación de Yamazaki e Isoyama fue evaluado el número de roturas por kilómetro de tubería para cada tipo de material. Basado en esta aproximación es posible conocer el número de roturas total sobre la línea de conducción, para ambos criterios. Puede leerse que bajo el criterio de Yamazaki se obtiene un mayor número de roturas que al usar el criterio de Isoyama. En el Mapa No. E-12 (ver reproducción en la Figura 102) y el Mapa No. E-13 (ver reproducción en la Figura 103) se presentan los daños probables según la metodología de Yamazaki e Isoyama, respectivamente.

En la Figura 102 y Figura 103 las líneas en color rojo, indican las tuberías de abastecimiento de agua, en zonas donde se espera las mayores velocidades de propagación de ondas de sismo, que originarían las roturas. Asimismo en color amarillo aparecen aquellas líneas de agua en zonas con velocidades de onda intermedia y con número de roturas intermedias. Finalmente en color verde aparecen las líneas de agua con menor número de roturas. La Tabla 8 se presenta un resumen de los resultados.

Tabla 8. Respuesta de las tuberías frente a un evento sísmico severo en el Distrito de Alto Selva Alegre

Material	Longitud (km)	Rot. x km (Yamazaki)	Rot. Totales (Yamazaki)	Rot. x km (Isoyama)	Rot. Totales (Isoyama)
Asbesto Cemento	15.37	1.170	18	1.010	16
PVC	118.98	1.140	136	0.980	117

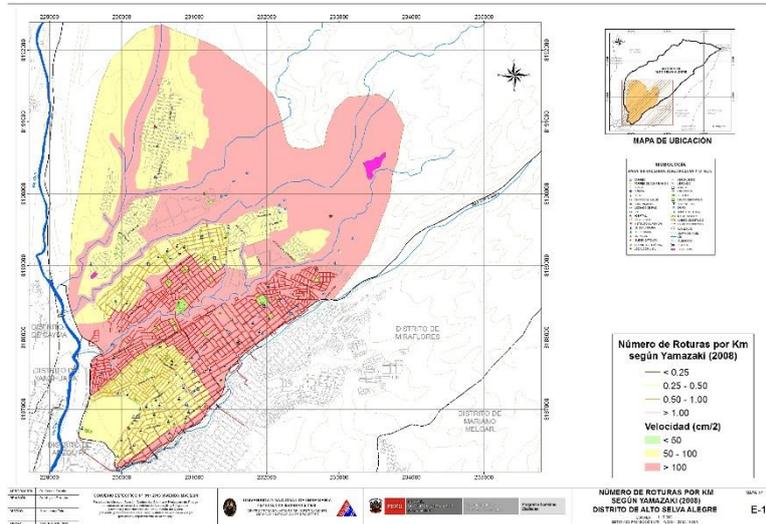


Figura 102. Roturas por criterio de Yamazaki (2008)

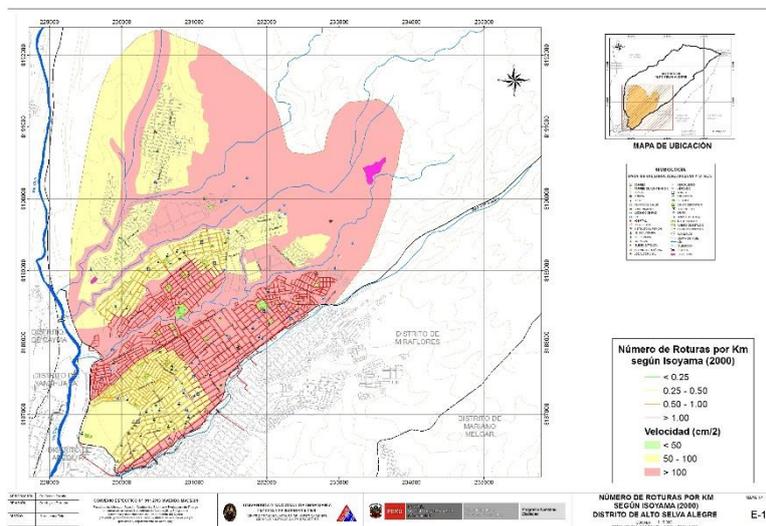


Figura 103. Roturas por criterio de Isoyama (2000)



Conclusiones y recomendaciones del diagnóstico preliminar del sistema de agua

- Para la evaluación de la vulnerabilidad de las líneas de conducción de agua del distrito de Alto Selva Alegre, fue necesario preparar la información proporcionada por SEDAPAR, para establecer el tipo de tubería por material y diámetro más utilizado en las líneas de conducción con su longitud total expresada en kilómetros. Existen dos tipos de tuberías para la línea de conducción: las más usadas son de PVC que representan el 88.6%, mientras que las tuberías de asbesto cemento representan el 11.4%.
- Considerando la metodología planteada por investigadores japoneses, se tomaron las curvas de Yamazaki e Isoyama para diagnosticar el número de roturas en la línea de conducción de agua del distrito de Alto Selva Alegre en función del diámetro y tipo de material. Mediante la metodología de Yamazaki se encontró que en el caso de un evento severo 18 locaciones con tuberías de asbesto cemento sufrirían roturas, mientras que existirían 136 locaciones en tuberías de PVC con roturas. Debe notarse que las condiciones del suelo con altas velocidades producen movimientos sumamente severos en el escenario de sismo severo propuesto.
- En cuanto a zonas de mayor concentración de daño por roturas de los sistemas de agua y alcantarillado del distrito de Alto Selva Alegre, podemos afirmar, que los sectores 4, 5, 6, 7 y 9, y parcialmente el sector 3 existe daño con 1.16 roturas promedio por kilómetro.
- Es recomendable que SEDAPAR implemente una base de datos de las roturas en tuberías de agua y alcantarillado, tomando en cuenta la variable tiempo, ya que para el estudio de los sistemas de agua y alcantarillado es necesario conocer los tipos de tubería, material, tipo de junta, rango de diámetros y tener una base de datos de las roturas originadas por sismos severos en el tiempo y cambios de tuberías en el tiempo. Con una base de datos en estos términos sería posible realizar diagnósticos de las roturas con mayor precisión.
- Asimismo, es recomendable que SEDAPAR desarrolle un programa de estudios de vulnerabilidad que consideren la infraestructura de captación de agua, los canales de conducción, decantadores, filtros, tanques de almacenamiento y válvulas de paso, que adicionalmente al estudio preliminar presentado, proporcionaran un mejor diagnóstico para evitar la interrupción del servicio en caso de sismo severo.



5. REFERENCIAS

- [1]. Approximate Lateral Drift Demands in Multistory Buildings with Non uniform Stiffness - Eduardo Miranda and Carlos J. Reyes Journal of Structural Engineering ASCE / July 2002.
- [2]. Approximate lateral deformation demands in multistory buildings - Miranda, E. (1999). Journal of Structural Engineering ASCE. /1999.
- [3]. Estimación rápida de la Respuesta Sísmica en base a sistemas de un grado de libertad para el cálculo de vulnerabilidad sísmica – Carlos Zavala y Ricardo Proaño – XIV Congreso de Ingeniería Civil Iquitos Perú / Octubre 2003.
- [4]. Estimación Rápida de Desplazamientos Laterales Producidos por Sismo -Hugo Scaletti Farina – FIC – UNI /2003.
- [5]. Simulador Respuesta Sísmica y Nivel de Daño –SRSND – Carlos Zavala – CISMID/FIC/UNI/ Noviembre 2007.
- [6]. Efectos del Terremoto de Managua en los efectos de agua y alcantarillado - Ing. E. Pallawlecial IX Seminario Centroamericano de Ingenieros Sanitarios Panamá /Septiembre 1973.
- [7]. Reducción del Daño Sísmico – Guía para empresas de agua – Organización Panamericana de la Salud (OPS) y American Water Works Association (AWWA)/ 2003.
- [8]. Damage Estimation of Water Distribution Pipes following recent earthquakes in Japan – Y. Maruyama and F. Yamazaki – Joint Conference Proceedings 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7CU EE) /March 2010.
- [9]. Post Quake Microzoning Study On Pisco and Tambo De Mora Due To August 15th 2007 Pisco Quake – C. Zavala, Z. Aguilar, and M. Estrada– Joint Conference Proceedings 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7CU EE) /March 2010.