

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES

CONVENIO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL CENTRO NACIONAL DE ESTIMACIÓN, PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO (CENEPRED) Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA "EVALUACIÓN DEL RIESGO SISMICO DEL DISTRITO DE BREÑA

INFORME No. 3: PRODUCTO No.1, No.2 y No.3



LIMA – Noviembre, 2012

CONTENIDO

ANTECEDENTES.....	3
OBJETIVO DEL COVENIO.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PRESENTE INFORME	3
METODOLOGÍA DEL TRABAJO	3
LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	5
Organización del Trabajo de Campo.....	5
Preparación de Actividades, Coordinación y Personal	5
Sectorización y Levantamiento de Datos de Campo.....	6
Procedimiento y Control de Calidad de Datos de Campo	8
Georeferenciación y Compatibilización de Planos.....	8
Sistematización de la Información	8
Ubicación de las manzanas a evaluar	9
Elaboración de la base de datos geo-espacial	10
RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PRINCIPALES SECTORES.....	16
SECTOR 01	16
SECTOR 02	17
SECTOR 03	18
SECTOR 04	19
SECTOR 05	21
EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES	23
Conceptos Generales.....	23
Formas de Evaluación.....	23
Método Determinístico.....	23
Método por Criterio	23
Método adoptado para el análisis de la muestra en el presente estudio.....	23
Edificaciones con Nivel de Vulnerabilidad Alto:	24
Edificaciones con Nivel de Vulnerabilidad Medio:	25
Edificaciones con Nivel de Vulnerabilidad Bajo:	25
Evaluación y análisis estadístico de las edificaciones evaluadas.....	25
EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES ESENCIALES	27
SECTOR 01	27
SECTOR 02	29
SECTOR 03	30
SECTOR 04	32
SECTOR 05	33
RESUMEN EJECUTIVO DEL DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA Y ALCANTARILLADO	36
Acerca de la Vulnerabilidad de sistemas de agua y alcantarillado	37
Planta de Tratamiento de la Atarjea.....	37
Sistema de Agua y Alcantarillado.....	40
Conclusiones y recomendaciones del diagnóstico preliminar del sistema de agua y alcantarillado	47



CONVENIO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL CENTRO NACIONAL DE EVALUACIÓN, ESTIMACIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO (CENEPRED) Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA “EVALUACIÓN DEL RIESGO RIESGO SISMICO DEL DISTRITO DE BREÑA”

INFORME No. 3- ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA, ESTUDIO DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE AGUA DEL DISTRITO DE BREÑA

ANTECEDENTES

Con fecha 7 de Setiembre de 2012, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) y la Universidad Nacional de Ingeniería, suscribieron un Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional con el objeto de promover acciones de mutua colaboración, en lo referido a brindarse cooperación técnica en materia de estudios, elaboración, supervisión, ejecución y evaluación de proyectos y obras de ingeniería y arquitectura, así como la prestación de servicios compatibles con la finalidad de ambas Entidades.

En fecha 18 de Setiembre de 2012, CENEPRED y la Universidad Nacional de Ingeniería, suscribieron un Convenio Específico, con la finalidad de iniciar el desarrollo del estudio que conduzca a la Evaluación del Riesgo Sísmico del Distrito de Breña. Este estudio será realizado por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID).

El presente informe presenta el estudio de Microzonificación Sísmica, Estudio de Vulnerabilidad Estructural y Diagnóstico del Sistema de Agua del distrito de Breña.

OBJETIVO DEL COVENIO

Realizar la evaluación del Riesgo Sísmico del distrito de Breña, a partir de los resultados del estudio de microzonificación y del estudio de vulnerabilidad. Asimismo llevar a cabo un diagnóstico del estado en que estarían las tuberías de agua de ocurrir un evento sísmico severo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PRESENTE INFORME

1. Elaboración de la microzonificación Geotécnica Sísmica del distrito de Breña
2. Analizar la vulnerabilidad física frente a amenaza sísmica de las edificaciones incluyendo las esenciales en el distrito del distrito de Breña, para generar mapas de riesgo sísmico según un escenario de sismo severo. Entre las edificaciones esenciales se consideran hospitales, escuelas, comisarías, iglesias, bomberos, local municipal principal, puentes.
3. Realizar el diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad de parte del sistema de agua ante la presencia de sismos y según escenario, en base a la información remitida por SEDAPAL, a fin de ubicar las zonas de mayor vulnerabilidad de los tramos de las redes.

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

La Universidad Nacional de Ingeniería, a través del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Facultad de Ingeniería Civil, reúne un equipo multidisciplinario en las especialidades de planeamiento urbano, planeamiento contra desastres, ingeniería geotécnica, ingeniería sísmica y otras especialidades, formando un cuerpo de especialistas que pueden desarrollar una metodología de evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas, que pueda ser replicada a nivel nacional.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



El equipo multidisciplinario de la UNI, levantará en campo la información requerida para cumplir los objetivos presentados del proyecto. Asimismo la UNI coordinará, a través del CENEPRED, con las entidades cuyas competencias se vean involucradas en el estudio, dentro de las que tenemos:

- SEDAPAL;
- Oficina Nacional de Gestión Electrónica e Informática [ONGEI-PCM];
- Instituto Geográfico Nacional [IGN];
- Municipalidad Metropolitana de Lima;
- Asociación Peruana de Empresas de Seguros [APESEG];
- El Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI];
- El Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI];
- Las empresas públicas y privadas prestadoras de servicios públicos (luz eléctrica, telefonía, agua y desagüe, gas natural, etc.);
- Las oficinas registrales;
- Los colegios profesionales de arquitectos y de ingenieros.

Estas entidades proporcionarán toda información relevante que pudiera contribuir al desarrollo del estudio.

Posteriormente, con la información de campo, se desarrollarán los trabajos de gabinete, procesando la información recabada y realizando las tareas de simulación, análisis y generación de mapas con la información que sirvan como base para elaboración de la microzonificación sísmica y determinación del riesgo.



LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Organización del Trabajo de Campo

Preparación de Actividades, Coordinación y Personal

Para el desarrollo de las actividades de toma de datos de campo, se inició el trabajo con la selección de los ingenieros coordinadores, responsabilidad que recayó en la Ing. Patricia Gibu, Ing. Francisco Ríos, Dr. Miguel Estrada y el Dr. Carlos Zavala. Se organizaron 5 grupos de trabajo seleccionándose cuatro personas por cada grupo para el levantamiento de información de campo, contado con un total de 20 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 antegrado 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.

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 presentamos Figura 1

La Ficha esta 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 en cada esquina de la manzana y 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 utilizara la imagen satelital para mostrar en el sistema de información la ubicación y estado de la estructura. La imagen utilizada es una imagen wordview2 de 0.5 m. de resolución espacial.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



CONVENIO CISMID/FIC/UNI - CENEPRED ESTUDIO DE RIESGO SISMICO DEL DISTRITO DE BREÑA				
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) Policía 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 Varios Rigidizados con Mampostería L Estructura Celular de Concreto F Pórtico de Acero Resistentes a Momento B Pórtico de Acero Arriostrados 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 + MAMPOSTERÍA DE ARCILLA SIN REFUERZO + REGUL	
Foto 5 - Numero <input type="text"/>				
Acharar lote representativo				
Foto 1 - Numero <input type="text"/>		Foto 2 - Numero <input type="text"/>		
Foto 3 - Numero <input type="text"/>		Foto 4 - Numero <input type="text"/>		

Formato de Ayuda para Codificación del Lote

CONVENIO CISMID/FIC/UNI - CENEPRED ESTUDIO DE RIESGO SISMICO DEL DISTRITO DE BREÑA				
CODIGO DE MANZANA		CODIGO INTERNO		
ESTRUCTURACIÓN				
Material	Adobe	Mampostería	Concreto	Observaciones
Estado de Conservación	Bueno	Regular	Malo	
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/Hueco
Confinamiento	SI	No		
Fisuras	SI	No		
Tarrajeo	SI	No		
Estado de conservación	Bueno	Regular	Malo	
Acharar lote representativo				

Figura 1. Formato para vivienda representativa de la manzana

Sectorización y Levantamiento de Datos de Campo

- 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, se imprimieron los planos para la elaboración de los trabajos de campo en las zonas de estudio. A partir de la información suministrada por la municipalidad el distrito está dividido en 5 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 obtuvo una imagen satelital de alta resolución para uso del proyecto Fortalecimiento de Tecnologías para la Mitigación de Desastres por Sismo y Tsunami en el Perú (JICA-UNI), que tomaremos como referencia en el presente estudio.
- c) Distribución de coordinadores responsables de los equipos de evaluadores: Con los ocho equipos de tres evaluadores cada uno se realizaron salidas periódicas de campo por un espacio de cuatro semanas, trabajándose inclusive días no laborales y feriados. 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 calculo 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 5 sectores en que se dividió el distrito de Breña.

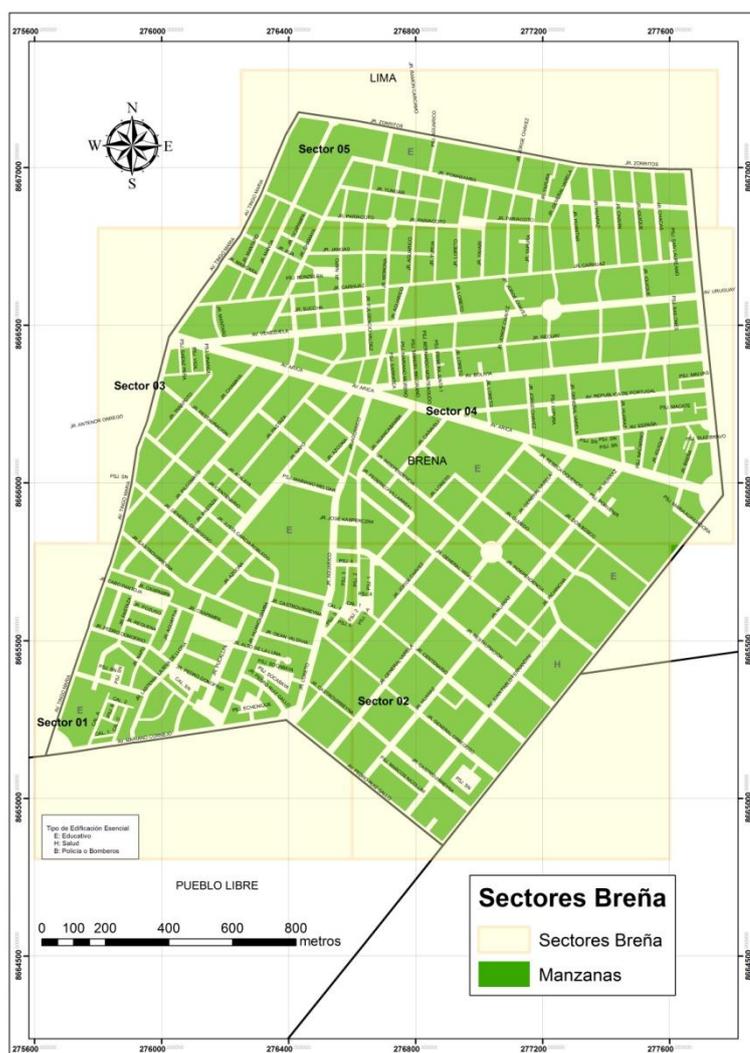


Figura 2. Sectores del distrito de Breña



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. Se verificó en un 25% de los datos involucrados.
 - 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 además de una comparación multitemporal de las imágenes de satélite. La imagen de satélite pre y post evento, sumado al reconocimiento de campo, dan como resultado la verificación del levantamiento de información de campo.

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.

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 GIS.

La evaluación de las edificaciones, si bien es cierto que se identificó una evaluación generica 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 25% del total de manzanas debe ser evaluado.

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:

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

Donde: a y b son los límites geográficos para el distrito de Breña 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 selecciones 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 267 manzanas del distrito, y en color rojo las evaluadas y en color verde las no evaluadas. Se presentan las 126 manzanas evaluadas en color rojo y las no evaluadas en color verde. El porcentaje de manzanas a evaluar es de 47%, lo cual hace una muestra significativa. En el Mapa E-02 del Anexo I se presenta en detalle las manzanas que fueron evaluadas.

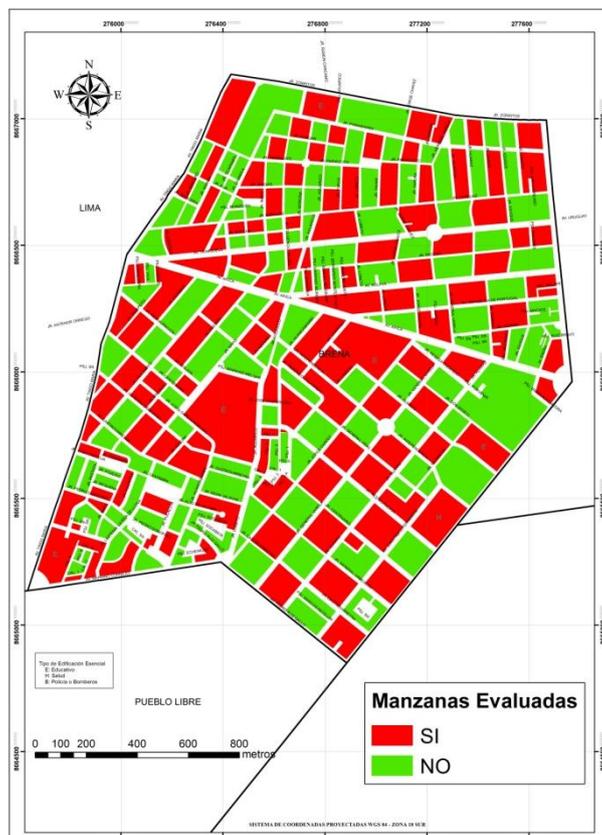


Figura 3. Manzanas totales (267) versus manzanas seleccionadas (126).

En el presente trabajo se optó por considerar una muestra del 47% de las manzanas considerando un nivel de confianza del 95% bajo el supuesto que exista un error del orden del 2.5% en la desviación estándar. 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 267 manzanas. En el presente estudio se consideró una muestra de 126 manzanas, bajo dos premisas: primero, con este número de manzanas se cubre el área de estudio y por lo tanto el análisis tiene una mayor consistencia. Segundo el error en la desviación estándar se reduce al 2.5 %.

Elaboración de la 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



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/JCUMI - MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO - BID																
ESTUDIO DE RIESGO SÍSMICO DEL DISTRITO DE BREÑA																
Levantamiento de Información - Distrito de Breña - Lima - Lima																
Num	CodMza	LoteRepre	Ind. De Cementac		Techo	Fisuras			Muros				FotoEsq1	FotoEsq2	Fotos FotoEsq3	FotoEsq4
			Cimenta	CimentH		FisuraCo	FisuraVig	FisuraMu	FabricaAlb	Tip	Alb	Confina				
S1																
1	BR067	03CEIB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	ND	ND	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00428.JPG	\Fotos_S01\DSC00429.JPG		
2	BR028	01CCIB	NO	NO	Calamina	X	X	X	ND	ND	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00430.JPG	\Fotos_S01\DSC00431.JPG	\Fotos_S01\DSC00432.JPG	
3	BR037	02MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00433.JPG	\Fotos_S01\DSC00434.JPG		
4	BR034	02MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00435.JPG	\Fotos_S01\DSC00436.JPG		
5	BR079	02MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00476.JPG	\Fotos_S01\DSC00438.JPG	\Fotos_S01\DSC00440.JPG	\Fotos_S01\DSC004
6	BR027	02MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	ND	ND	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00442.JPG	\Fotos_S01\DSC00445.JPG		
7	BR005	02MVMVB	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00446.JPG	\Fotos_S01\DSC00447.JPG	\Fotos_S01\DSC00448.JPG	\Fotos_S01\DSC004
8	BR024	03MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00450.JPG	\Fotos_S01\DSC00451.JPG	\Fotos_S01\DSC00452.JPG	
9	BR008	02MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00453.JPG	\Fotos_S01\DSC00454.JPG		
10	BR006	02MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00455.JPG	\Fotos_S01\DSC00456.JPG	\Fotos_S01\DSC00457.JPG	\Fotos_S01\DSC004
11	BR009	02MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00459.JPG	\Fotos_S01\DSC00460.JPG	\Fotos_S01\DSC00461.JPG	
12	BR115	03MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00462.JPG	\Fotos_S01\DSC00463.JPG	\Fotos_S01\DSC00464.JPG	
13	BR091	01AVAR	NO	NO	Torta de Bam	X	X	X	Artesanal	Sólido	NO	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
14	BR065	02MVLV	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	NO	SI	\Fotos_S01\DSC00468.JPG	\Fotos_S01\DSC00469.JPG	\Fotos_S01\DSC00470.JPG	\Fotos_S01\DSC004
15	BR098	03MYMR	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00474.JPG	\Fotos_S01\DSC00475.JPG	\Fotos_S01\DSC00476.JPG	
16	BR092	02MVMVB	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00478.JPG	\Fotos_S01\DSC00479.JPG	\Fotos_S01\DSC00482.JPG	
17	BR066	02MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00497.JPG	\Fotos_S01\DSC00498.JPG	\Fotos_S01\DSC00499.JPG	\Fotos_S01\DSC005
18	BR097	03MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00503.JPG	\Fotos_S01\DSC00504.JPG	\Fotos_S01\DSC00505.JPG	
19	BR099	02MVMVB	NO	SI	Aligerado	X	X	X	ND	ND	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00506.JPG	\Fotos_S01\DSC00507.JPG		
20	BR017	01AVAR	NO	NO	Torta de Bam	X	X	X	Artesanal	Sólido	NO	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
21	BR036	02AVAR	NO	NO	Madera	X	X	X	Artesanal	Sólido	NO	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
22	BR096	03MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
23	BR090	03MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
24	BR136	03MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
S2																
1	BR019	02MEMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	ND	ND	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
2	BR018	07CHIB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	ND	ND	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
3	BR113	04MYMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	ND	ND	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
4	BR117	01ACAR	NO	NO	Torta de Bam	X	X	X	Artesanal	Sólido	NO	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
5	BR124	01AVAR	NO	NO	Torta de Bam	X	X	X	Artesanal	Sólido	NO	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
6	BR095	01AVAR	NO	NO	Torta de Bam	X	X	X	Artesanal	Sólido	NO	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
7	BR093	02AVAR	NO	SI	Madera	X	X	X	Artesanal	Sólido	NO	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
8	BR061	02MVMVB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	ND	ND	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.JPG	
9	BR016	04MMMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	SI	\Fotos_S01\DSC00465.JPG	\Fotos_S01\DSC00466.JPG	\Fotos_S01\DSC00467.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 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 reaparación
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 tartajeo
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.

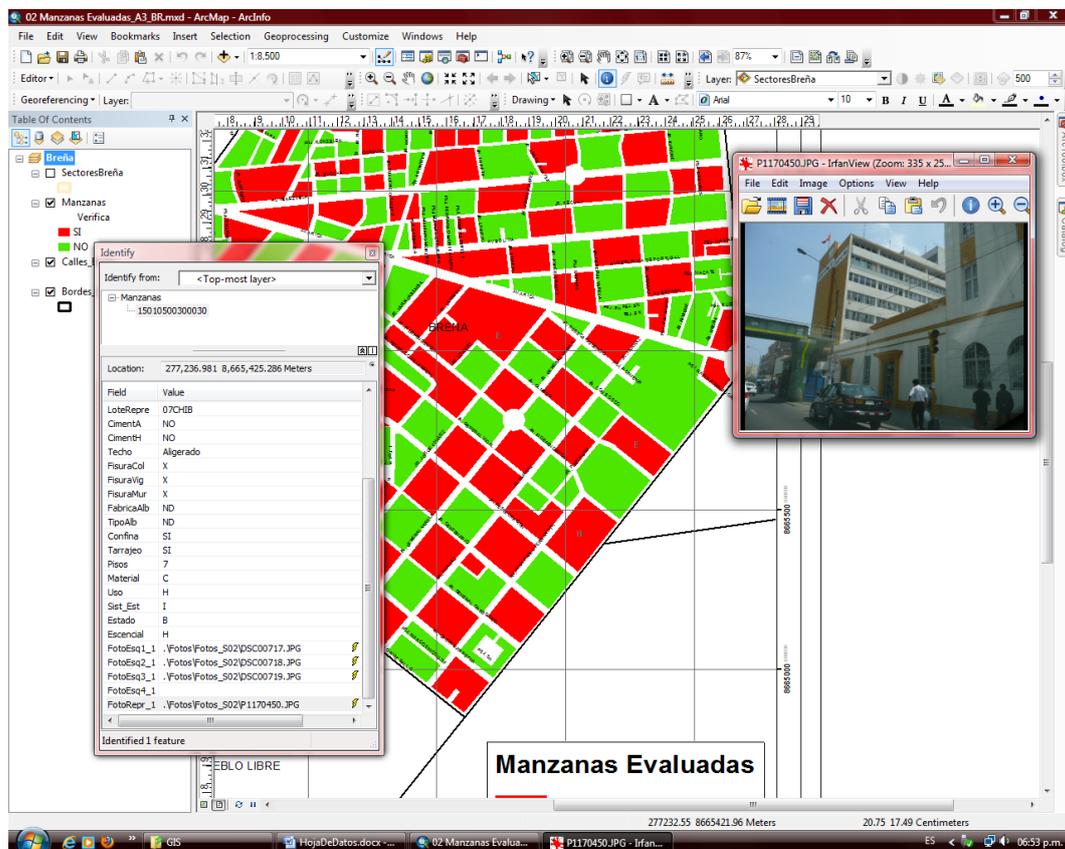


Figura 5. Base de datos Geo-espacial, integración de información cartográfica, descriptiva y procesamiento.

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.

En el mapa No. E04, referente a los materiales existentes en las edificaciones del distrito de Breña, se realizó un análisis estadístico de la muestra, dando como resultado la grafica que se presenta en la Figura 6, donde es notorio que el material predominante es la mampostería de ladrillo que representa el 68% de la muestra. Debe destacarse que existen edificaciones de adobe que representan un 21% de la muestra. Asimismo un 8% de las edificaciones del distrito son de concreto armado.

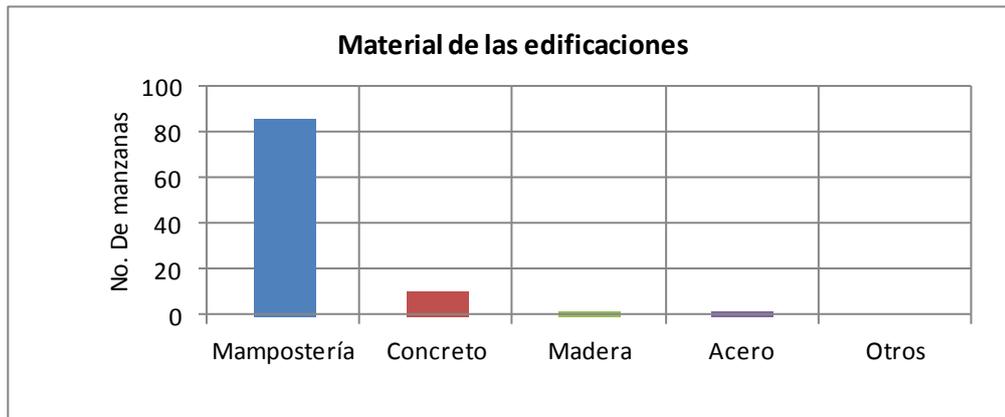


Figura 6. Distribución de los materiales de construcción de la muestra del distrito de Breña

En el mapa E05 se presenta las manzanas evaluadas y clasificadas de acuerdo al uso del suelo de las edificaciones. En la Figura 7 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 61% de la muestra, seguido por los edificios multifamiliares que representan un 13% de la muestra. Además las edificaciones dedicadas al comercio representan un 13% de la muestra, viviendas comercio que representan 7% de la muestra, los colegios que representan un 4% de la muestra, los establecimientos de salud un 1% de las edificaciones en el área estudiada.

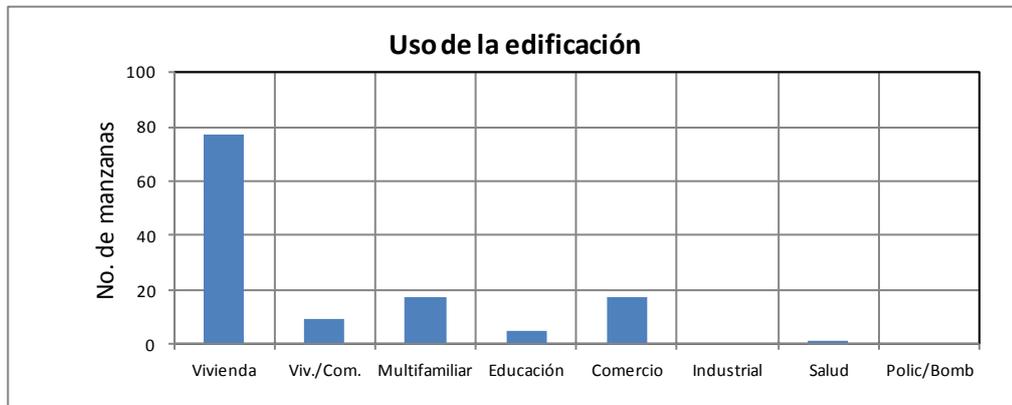


Figura 7 - Distribución del uso del suelo de la muestra del distrito de Breña

En el mapa E06 se presenta el levantamiento de información de las manzanas evaluadas relacionadas con el sistema estructural usado en las edificaciones. La Figura 8 presenta la distribución del uso de los sistemas estructurales que arroja la estadística de la muestra usada en el distrito de Breña. 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 54% de la muestra. Le siguen las viviendas de adobe con un 20% de la muestra y la construcción informal con mampostería que representa un 17% de la muestra. Por otro lado un 6% de la muestra está representado por edificaciones de concreto con mampostería de relleno.

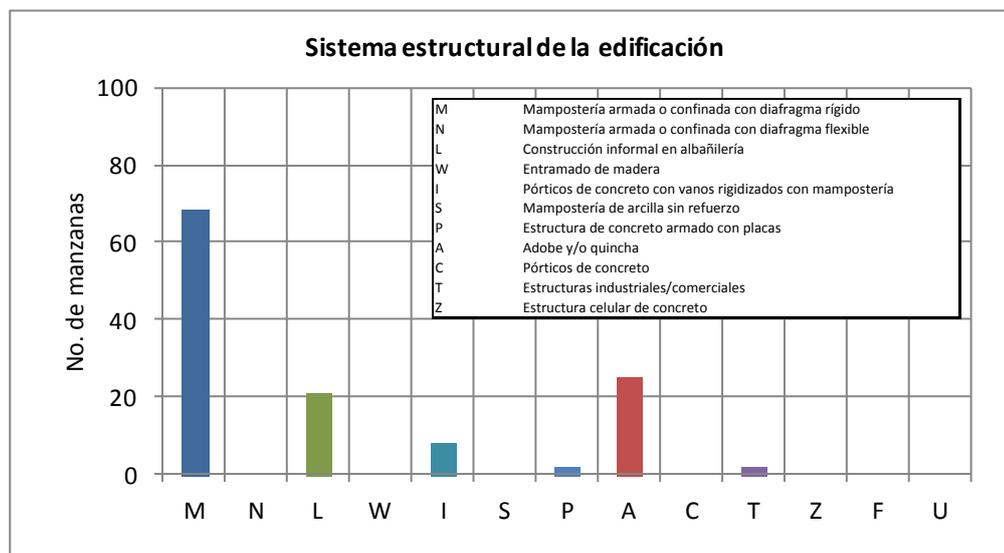


Figura 8. Distribución del uso del sistema estructural muestra del distrito de Breña.

El mapa temático E07 presenta el estado de conservación de las viviendas del distrito de Breña. La Figura 9 presenta los resultados estadísticos de la muestra analizada. El 42.1% de las edificaciones se encuentra en buen estado de conservación, mientras que el 57.1% de la muestra presenta un estado regular de conservación.

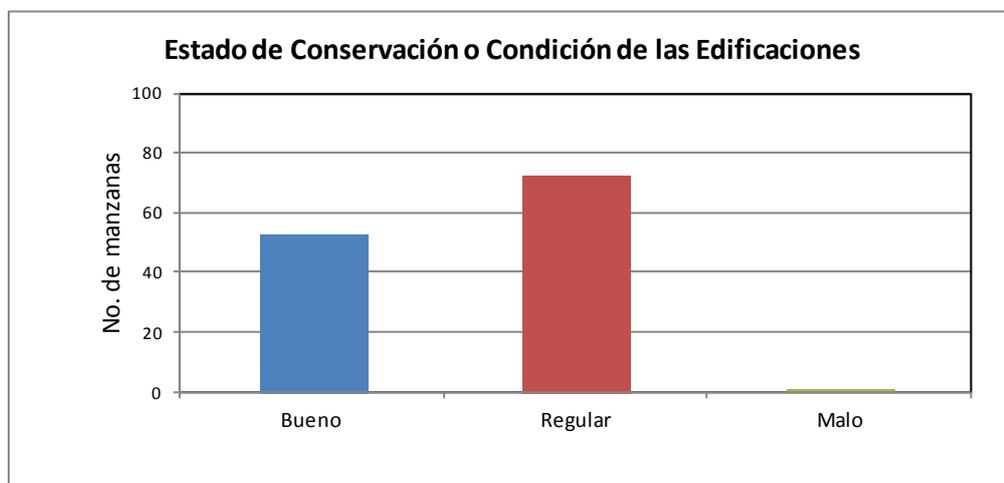
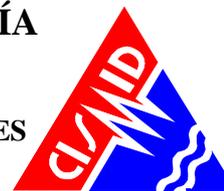


Figura 9 - Estado de conservación de la muestra de edificaciones del distrito de Breña



RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PRINCIPALES SECTORES

SECTOR 01

El Sector 1 está limitado por la Av. Tingo María por el oeste, la Av. Mariano Comejo y la Calle Santa Cruz por el sur, las inmediaciones de la Av. Aguarico por el este, y las inmediaciones de la Calle General Orbegoso por el norte. Este sector cuenta con un total de 58 manzanas de las cuales 24 fueron evaluadas.

Este sector se caracteriza por tener un terreno prácticamente llano donde existen predominantemente estructuras de albañilería de entre 1 y 3 pisos, y son usadas predominantemente como vivienda y en menor escala como comercio. Estas estructuras con losas aligeradas, en gran mayoría, muestran el debido confinamiento de los muros con columnas y vigas; esto puede apreciarse en la Figura 10.



Figura 10: Viviendas de albañilería del sector 1

Durante la inspección se pudo observar que hay un mayor porcentaje de edificaciones en buen y regular estado de conservación. No se observaron indicios de asentamiento ni presencia de humedad en la base.

Algunas edificaciones en regular y buen estado de conservación son presentadas en la Figura 11.

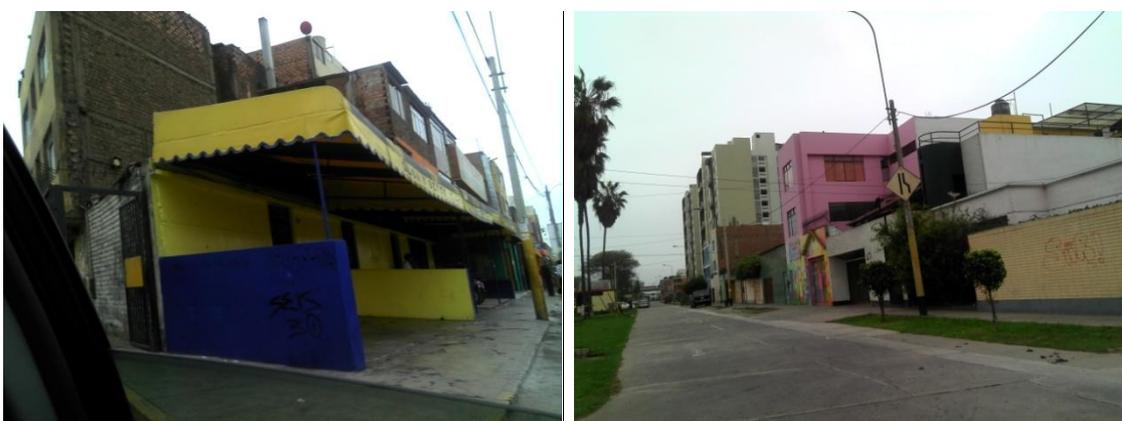


Figura 11 Vivienda en regular estado de conservación a la izquierda y en buen estado a la derecha



SECTOR 02

El Sector 2 está ubicado entre la Av. Aguarico y el Campo de Marte. No se puede delimitar exactamente dado que las calles y avenidas atraviesan diagonalmente la cuadrícula de este sector. En este sector se evaluaron 14 manzanas.

Las edificaciones de este sector son de uno y dos pisos en mayoría cuyo material es albañilería, adobe y concreto, como puede apreciarse en la Figura 12.



Figura 12: Edificaciones del sector 2, de uno y dos pisos.

Predomina el sistema estructural de albañilería en buen estado de conservación pero además se han encontrado edificaciones de adobe en regular estado de conservación tal como se ve en la Figura 13, no hay humedad en la base de las edificaciones tampoco asentamientos.



Figura 13: Viviendas de albañilería y adobe del sector 2

En este sector se puede apreciar edificaciones con uso de viviendas y comercio de albañilería y edificaciones de viviendas multifamiliares de varios pisos cuyo sistema estructural es de muros de ductilidad limitada tal como se ve en la Figura 14.



Figura 14: Viviendas comercio y multifamiliares de concreto.

SECTOR 03

El Sector 3 está limitado por el norte por las avenidas Pariacoto y Santiago Antonio Lishner, por el este por la avenida Bernardo Monteagudo, por el sur por la avenida Restauración y por el oeste por la avenida Juan del Mar y Bermedo. En este sector fueron evaluadas 40 manzanas.

Las edificaciones de este sector son de dos pisos en mayoría cuyo material predominante es la albañilería, como puede apreciarse en la Figura 15.



Figura 15: Edificaciones de viviendas de albañilería del sector 3.

Predomina el sistema estructural de albañilería en regular estado de conservación pero además se han encontrado edificaciones de adobe en regular estado de conservación tal como se ve en la Figura 16, no hay asentamientos en la base de las edificaciones pero si se ha notado humedad en algunas manzanas.

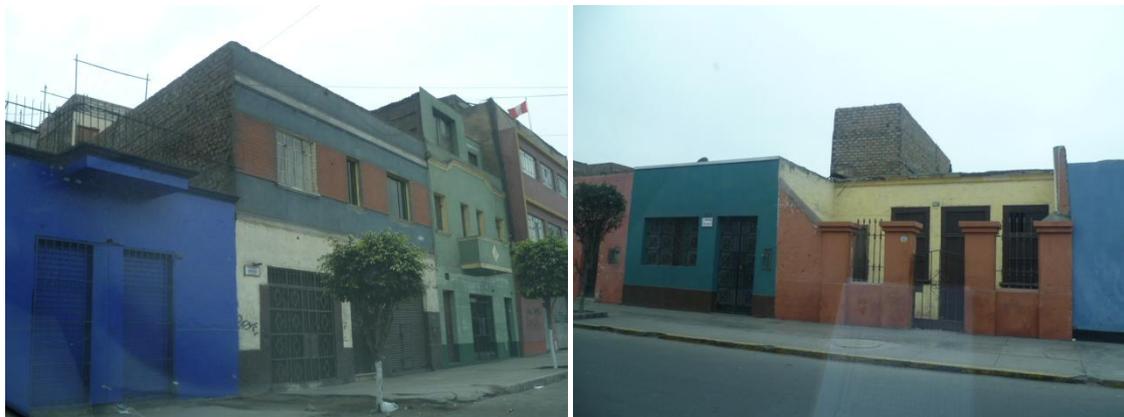


Figura 16: Viviendas de albañilería (izquierda) y adobe (derecha) del sector 3.

En este sector se puede apreciar viviendas de albañilería informal con ladrillo artesanal, con muros sin confinamiento, lo que va en contra de la norma de diseño de albañilería, constituyéndose en viviendas de reducida resistencia. En la Figura 17 se presentan viviendas de albañilería informal que representan las viviendas de esta zona.



Figura 17: Viviendas de albañilería informal del sector 3.

SECTOR 04

El Sector 4 está limitado por la Av. Alfonso Ugarte, el Jr. Pariacoto, el Jr. Aguarico, el Jr. Manuel Belgrado. En este sector fueron evaluadas 34 manzanas.

Este sector se caracteriza por tener edificaciones de altura variable, pudiendo encontrar manzanas donde predominan las construcciones de uno, dos o tres niveles, hasta manzanas donde prevalecen construcciones de 11 pisos de altura. Esta variación de altura de pisos tiene una relación directa con el uso de las edificaciones: predominan las construcciones destinadas a viviendas, sean éstas unifamiliares (de uno o dos pisos de altura) o multifamiliares (construcciones de varios niveles, hasta de 11 pisos de altura). También prevalece el uso comercial o uso mixto de vivienda-comercio.



Figura 18: Edificaciones con altura variable: desde un piso de altura con uso mixto de vivienda y comercio, hasta edificaciones de concreto armado de varios niveles.

En el sector 4, el material de construcción predominante es la mampostería, aunque también hay una presencia importante de construcciones de adobe y de concreto armado. Las edificaciones de adobe, son construcciones antiguas, con muros altos de más de 5 metros de altura, con pocos vanos en sus muros, y con techos de madera. Muchas de ellas muestran presencia de humedad en sus muros. En la Figura 19, puede observarse las edificaciones de adobe y las construcciones de mampostería y de concreto armado, éstas últimas corresponden a edificios de varios pisos de altura, varios de ellos destinados a edificios de viviendas multifamiliares.



Figura 19: Viviendas representativas de adobe, mampostería y de concreto armado del sector 4.

La cobertura predominante es el techo aligerado; en menor proporción existen techos de madera, calamina y techos con cobertura de torta de barro, estos últimos especialmente en las construcciones antiguas de adobe y mampostería. El sistema estructural predominante es el de mampostería confinada con diafragma rígido. Sin embargo, también se detectaron construcciones informales de albañilería, construcciones en base a muros portantes de adobe, en muchos casos debilitados por la presencia de humedad, y edificios de varios pisos de altura que funcionan en base a pórticos y placas de concreto armado. La Figura 20 muestra estas características.



Figura 20: Edificios multifamiliares de varios niveles, con sistema estructural de pórticos y placas de concreto armado. Existen techos de madera y calamina en construcciones antiguas de adobe.

En general, el estado de conservación de las edificaciones es de regular a bueno. Las construcciones antiguas de adobe presentan humedades en sus muros, sin embargo, estas no han deteriorado en gran medida la resistencia de los muros. Las edificaciones de concreto armado y mampostería presentan un buen estado de conservación como se aprecia en la Figura 21.



Figura 21: Construcciones antiguas de adobe y mampostería en regular estado de conservación

SECTOR 05

El Sector 05 está limitado aproximadamente por la Av. Zorritos por el norte, la Av. Tingo María por el oeste, Jr. Pariacoto por el sur y Av. Alfonso Ugarte por el este. Este sector tiene 27 manzanas de las cuales se evaluaron 12 manzanas.

Este sector se caracteriza por tener estructuras que predominan las viviendas de albañilería de dos pisos con techos aligerados como se muestra en la Figura 22; y así mismo existen viviendas de albañilería sin elementos de confinamiento representando un 20% del sector, estas viviendas son construcciones antiguas de albañilería sin refuerzo y con ladrillo sólido o macizo, lo que va en contra de la norma de diseño de albañilería como puede apreciarse en la Figura 23.



Figura 22: Viviendas representativas del sector 05.



Figura 23: Viviendas de mampostería sin confinamiento del sector 05.



EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES

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 de la 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 o método empírico esta basado, 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 diagnostico 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:

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



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:

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

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 a los 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 GIS para producir los resultados esperados en los productos.

A continuación presentamos 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 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.

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.
- Edificaciones en laderas de los cerros, donde su cimentación generalmente se apoya en muros de contención de piedra (pircas secas) no recomendables para tomar fuerzas de sismo.

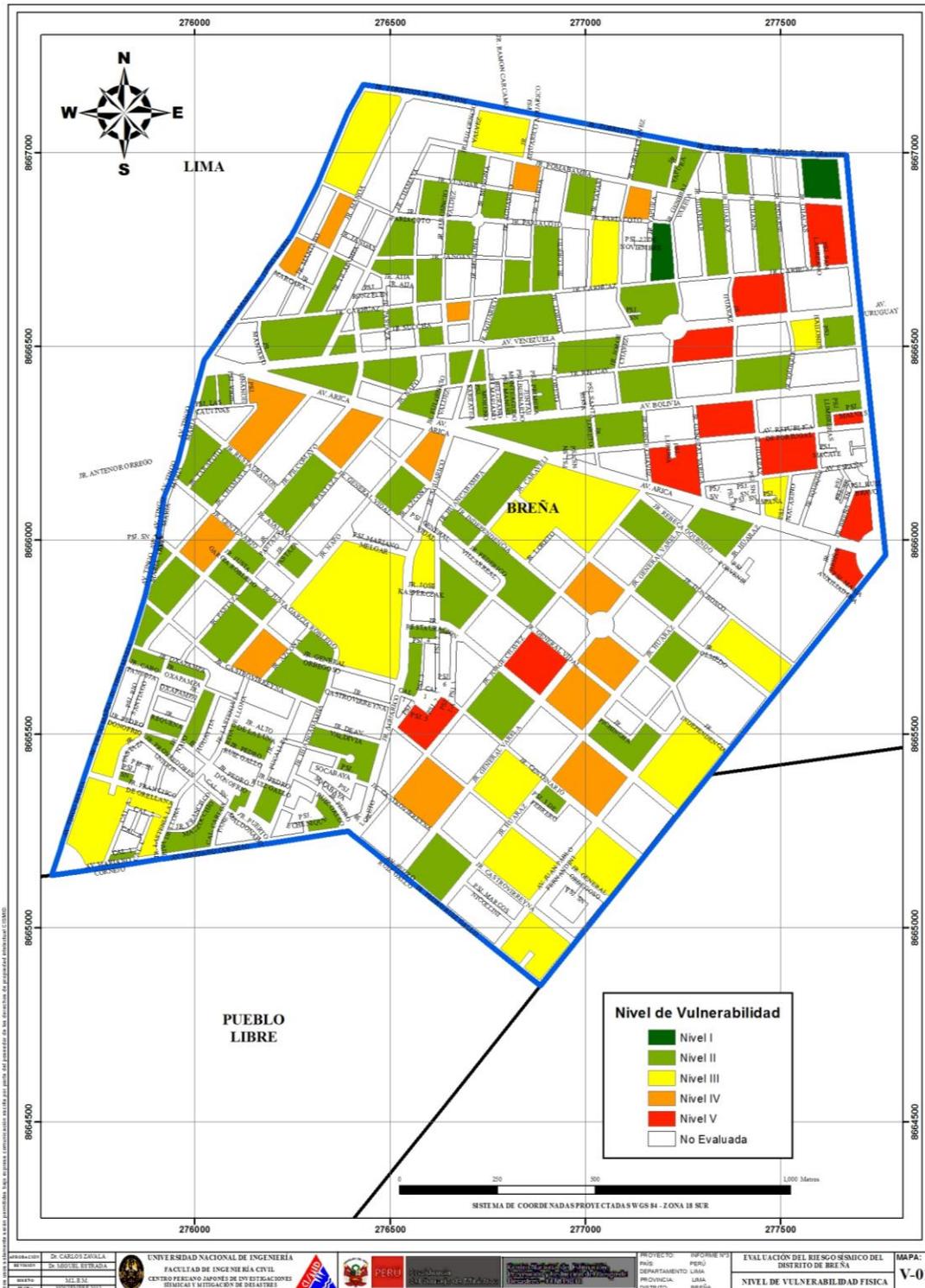
En la Figura 24 se representa la vulnerabilidad de las edificaciones evaluadas, considerando los criterios antes expuestos, para los niveles identificados.

Evaluación y análisis estadístico de las edificaciones evaluadas

- Lotes:** Se evaluó el 47% de las manzanas del distrito (267 Mzas., siendo el material predominante la albañilería, con presencia en el 68% de las manzanas.
- Muros:** Tal como se indicó, el ladrillo tiene una presencia del 68% en las viviendas cuyo sistema estructural son los muros, sean éstas de 1 piso (14%), 2 pisos (51%), 3 pisos (27%) y 4 pisos (5%). De acuerdo a lo observado en algunos 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, existe un 17% de albañilería informal, donde la deficiencia se acentúa con el uso de ladrillo pandereta como portante.
- Coberturas y Sistema de techos:** Del total de lotes inspeccionados, el 54% de ellos tienen techos aligerados de ladrillo con viguetas de concreto armado.



- d) **Estado de Conservación:** El estado de conservación de las construcciones en un 42.1% es aceptable y bueno. Un 57.1% de las viviendas muestran un estado de conservación regular y otro 0.8% de las viviendas presentan un mal estado de conservación.





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 medica, 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

En el Sector 01 se encontraron edificaciones esenciales e importantes que pasamos a describir:

- Colegio Peruano Chino “Diez de Octubre”; es una estructura de 4 pisos con material de concreto armado rigidizado con mampostería, en buen estado de conservación. Está Ubicado en el cruce del ovalo plaza. de la Bandera y Av. Tingo María. Ver Figura 25.
- Corporación Educativa los Ingenieros; es una estructura de 4 pisos con un sistema a porticado rigidizado con mampostería., en buen estado de conservación, está ubicado en la cuadra 16 de la Av. Tingo María. Ver Figura 26.
- Mercado Nuevo Milenio, Es una estructura con sistema a porticado y techo ligero, en buen estado de conservación, está ubicado en la cuadra 16 de la Av. Tingo María. Ver Figura 27.
- Centro de Salud Breña, es una estructura de 3 pisos con sistema estructural Pórticos, rigidizado con mampostería, y losa de diafragma rígido, en buen estado de conservación, está ubicado en el cruce de la calle Napo y Requena. Ver Figura 28.
- Club Sullana, es una edificación de 2 pisos con muros de mampostería y losa aligerada en buen estado de conservación, está ubicado en el cruce de la calle Proveedores y Calle 1. Ver Figura 29.
- I.E.N N°0004 Mariano Melgar, es una edificación de 3 pisos con sistema a porticado y rigidizados con muros de mampostería, en regular estado de conservación; está ubicado en el cruce de la calle Justa García robledo y Huanca bamba. Ver Figura 30.
- I.E. N°1017 Señor de los Milagros es una estructura de 3 pisos con material de concreto armado rigidizado con mampostería y losa aligerada en buen estado de conservación; Esta ubicado entre las calles Passtaza, Napo y Justa García Robledo. Ver Figura 31.

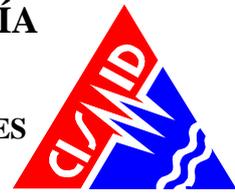


Figura 25 Colegio Peruano Chino "Diez de Octubre"



Figura 26 Corporación Educativa los Ingenieros



Figura 27. Mercado Nuevo Milenio



Figura 28. Centro de Salud Breña



Figura 29. Club Sullana



Figura 30. I.E.N N°0004 Mariano Melgar



Figura 31 . I.E. N°1017 Señor de los Milagros

SECTOR 02

En este sector se encuentran algunas edificaciones esenciales, entre los que encontramos el centro educativo María Auxiliadora construida con un sistema de albañilería, se muestra en la Figura 32. Esta edificación cuenta con pabellones de 2 pisos que albergan las aulas. Esta edificación se encuentra en buen estado de conservación.



Figura 32: Colegio Maria Auxiliadora

Otra edificación esencial que se encuentra en este sector es el Hospital del Niño, edificación construida con un sistema aporticado con albañilería de relleno, que se muestra en la Figura 33.



Figura 33: Hospital del Niño.

Otra edificación identificada es el asilo de las "Hermanitas de los Ancianos Desamparados de Breña", edificación de dos piso, construida con sistema de albañilería, en buen estado de conservación y que se presenta en la Figura 34.



Figura 34: Asilo de las "Hermanitas de los Ancianos Desamparados de Breña"

SECTOR 03

En este sector se encuentran algunas edificaciones esenciales, entre los que encontramos el centro educativo IE 0004 Mariano Melgar construida con un sistema aporticado y rigidizado con muros de albañilería, se muestra en la Figura 35. Esta edificación cuenta con pabellones de 2 pisos que albergan las aulas. Esta edificación se encuentra en buen estado de conservación.



Figura 35: Centro educativo IE 0004 Mariano Melgar.

Otra edificación esencial que se encuentra en este sector es Centro educativo IE 1017 Señor de los Milagros, edificación de tres pisos, construida con un sistema aporticado rigidizado con muros de albañilería, que se muestra en la Figura 36.



Figura 36: Centro educativo IE 1017 Señor de los Milagros

Otra edificación identificada es la parroquia Nuestra Señora de los Desamparados, edificación de tres piso, con pórticos de concreto, en buen estado de conservación y que se presenta en la Figura 37.



Figura 37: Parroquia Nuestra Señora de los Desamparados.



En la Figura 38 se presenta la comisaria PNP de Chacra Ríos, edificación de tres pisos, sistema estructural de pórticos de concreto con mampostería de relleno, y que se encuentra en buen estado de conservación, que ocupa mayor parte de la manzana.



Figura 38: Dos vistas de la Comisaria de Chacra Ríos.

SECTOR 04

En este sector se encuentran algunas edificaciones esenciales, entre los que encontramos al Colegio Salesiano ubicado en la Av. Brasil, y el Colegio La Salle, ubicado en la Av. Arica, ambos cuentan con bloques de mampostería confinada y con bloques modernos en base a sistemas aporricados de concreto armado Figura 39 . Ambos colegios, emblemáticos en el distrito, cuentan con amplias zonas libres en su interior y pueden utilizarse como área de refugio temporal en caso de emergencia..



Figura 39: Colegio Salesiano, al lado de la Basílica María Auxiliadora.

Otra edificación educativa emblemática del distrito es el Colegio La Salle, ubicado en la cuadra 6 de la Av. Arica. Esta institución cuenta con bloques de concreto armado de cuatro pisos de altura, y con edificios de mampostería confinada. Está asentada sobre un área de grandes dimensiones como se observa en la Figura 40.



Figura 40: Colegio La Salle, Av. Arica.

SECTOR 05

En este sector se encuentran algunas edificaciones esenciales, entre los que encontramos el centro educativo Nuestra Señora del Buen Consejo construido con un sistema aporticado con albañilería de relleno, que se muestra en la Figura 41. Esta edificación cuenta con dos pisos que albergan las aulas. Esta edificación se encuentra en buen estado de conservación.



Figura 41: Nuestra Señora del Buen Consejo.

Así mismo existe el centro educativo Patrocinio de San José, edificación construida por un sistema aporticado con albañilería de relleno y techos aligerados de tres pisos, edificación en regular estado de conservación que se presenta en la Figura 42.

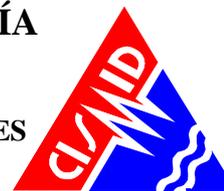


Figura 42: Patrocinio de San José.

Otra edificación identificada es el Centro Educativo Preuniversitario, edificación de cinco pisos, construida con sistema aporticado y muros de albañilería de relleno, en buen estado de conservación y que se presenta en la Figura 43.



Figura 43: Centro Preuniversitario.

En la Figura 44 y Figura 45 presentan otros tipos de estructuras, como son un mercado mayorista, cuya estructura es de muros de ladrillo con ladrillos de relleno y techo ligero y que se encuentra en buen estado de conservación. Al lado de este mercado mayorista se encuentra un grifo, la cual ha sido construida con techo ligero y acero metálico.



Figura 44: Mercado Mayorista del Sector 05



Figura 45: Grifo del Sector 05



RESUMEN EJECUTIVO DEL DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA Y ALCANTARILLADO

- El objetivo de este diagnóstico es la evaluación preliminar de la vulnerabilidad del sistema de agua y alcantarillado del distrito de Breña frente a un sismo severo. Para esta evaluación se revisó la información proporcionada por SEDAPAL y asimismo se utilizó información existente en CISMID de estudios en la planta de tratamiento de la Atarjea.
- Basados en el levantamiento de daños del estudio realizado por CISMID el año 2005, y en el desarrollo del modelo matemático de las estructuras de la planta de tratamiento de la Atarjea donde se utilizó como sismo de diagnóstico los sismos de Lima 9/10/1974 y 17/10/1966, se determinó la respuesta sísmica para las condiciones de los decantadores, encontrándose que 5 de los decantadores son vulnerables, ya que los esfuerzos sobre sus muros no podrían soportar una demanda de sismo severo.
- Para la evaluación de la vulnerabilidad de las líneas de conducción de agua del distrito de Breña, fue necesario preparar la información proporcionada por SEDAPAL, para establecer el tipo de tubería por material y diámetro más utilizado en las líneas de conducción con su longitud total expresada en kilómetros. Se encontró que el 39.3% de las tuberías son de Fierro Fundido, siendo las más usadas en la línea de conducción, seguidas por las tuberías de Asbesto Cemento que representan un 23.1. Asimismo las líneas de conducción de PVC representan el 22.5% de la red en el distrito.
- 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 Breña en función del diámetro y tipo de material. Se encontró que en el caso de un evento severo 12 locaciones con tuberías de asbesto cemento sufrirían roturas, mientras que existirían 12 locaciones en tuberías de PVC con roturas y 8 locaciones con roturas en tubos de fierro fundido. 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 Breña, podemos afirmar que los sectores ubicados en la parte sur del distrito experimentarían una concentración de daño con roturas promedio de 0.57 por kilómetro
- Es recomendable que SEDAPAL 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.
- Es recomendable que SEDAPAL 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 asimismo válvulas de paso, que adicionalmente al estudio preliminar presentado, proporcionaran un mejor diagnóstico para evitar la interrupción del servicio en caso de sismo severo.



DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA Y ALCANTARILLADO

Acerca de la Vulnerabilidad de sistemas de agua y alcantarillado

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.

En el presente estudio, se hace un diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad del sistema de agua y alcantarillado. Se presenta el estado de la planta de tratamiento de la Atarjea, basado en el diagnóstico realizado por CISMID en el año 2005. 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 SEDAPAL, no dispone estadística de roturas en el tiempo para la línea de conducción de desagüe.

La información entregada por SEDAPAL, 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.

Planta de Tratamiento de la Atarjea

La planta de tratamiento de la Atarjea es la única planta de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Lima. Capta el agua del río Rímac (ver Figura 46) en la bocatoma que se ve arriba a la izquierda, la almacena en los dos grandes reservorios que se ve en la parte inferior derecha y la purifica en múltiples estanques decantadores (vea ítem 7 del gráfico).

A lo largo de este proceso de tratamiento del agua se puede observar múltiples estructuras hidráulicas, muchas de las cuales poseen más de 50 años en uso continuo.



Figura 46. Esquema de la planta de tratamiento de la Atarjea

Dentro de este proceso en el año 2005, por encargo de SEDAPAL, CISMID-UNI desarrolla el estudio de vulnerabilidad sísmica de las estructuras de los decantadores de la planta de tratamiento de la Atarjea (ver Figura 49). En este estudio se identificaron daños en los muros de los decantadores (los cuales ya habían sido reforzados en la década del 60) y asimismo se pudo determinar la pérdida del refuerzo por oxidación de la las varillas (ver Figura 48). Se extrajeron núcleos de concreto endurecido con la finalidad de conocer la calidad actual del material (ver Figura 47)



Figura 47. Extracción de testigos de concreto endurecido. Obsérvese la corrosión en el muro



Figura 48. Corrosión del refuerzo en los muros de los decantadores.



Figura 49. Vista de un decantador

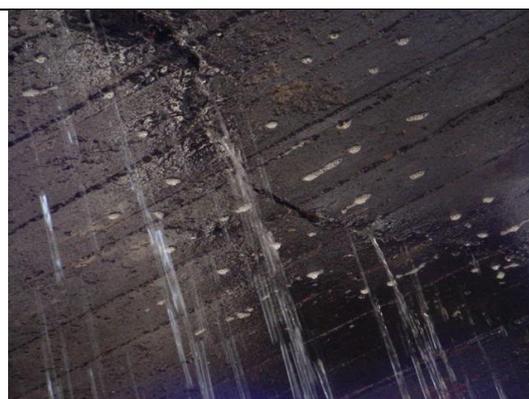


Figura 50. Fisuras en canal de salida del decantador.

Se pudo observar la existencia de fisuras en canales de salida del decantador (Figura 50), y en adición a esto corrosión de su refuerzo.

Como consecuencia del levantamiento de daños del estudio del 2005, se desarrollo un modelo matemático con elementos finitos a fin de determinar la demanda sísmica de las estructuras bajo un sismo severo. En este caso se utilizó como sismo de diagnostico los sismos de Lima 9/10/1974 y 17/10/1966, determinándose la respuesta sísmica para las condiciones de los decantadores en el año 2005, encontrándose que 5 de los decantadores son vulnerables, ya que los esfuerzos sobre sus muros no podrían soportar una demanda de sismo severo. En la Figura 51 el modelo matemático de la estructura de un decantador típico de la planta de la Atarjea de SEDAPAL.



Figura 51. Idealización matemática del decantador

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 SEDAPAL 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 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 SEDAPAL el inventario de la red de distribución de agua. SEDAPAL envió, en formato CAD, la red para toda Lima, desde donde se extrajeron las tuberías correspondientes al distrito de Breña .

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 2y el mapa se presenta en el Anexo I en el mapa No. E-11.



Tabla 2. Descripción de la base de datos del sistema de distribución de agua para el distrito de Breña

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 Isoyama (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 Isoyama el año 2000, luego del sismo de Kobe.

$$Rm(v) = CpCdCgCl R(v) \dots\dots\dots (1)$$

Donde Rm es la tasa de daño por kilómetro de tubería, Cp , Cd , Cg , y Cl son coeficientes de corrección para el material del tubo, diámetro, condición geológica, y ocurrencia de liquefacción, 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:

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

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 $R(v)$:

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

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:

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

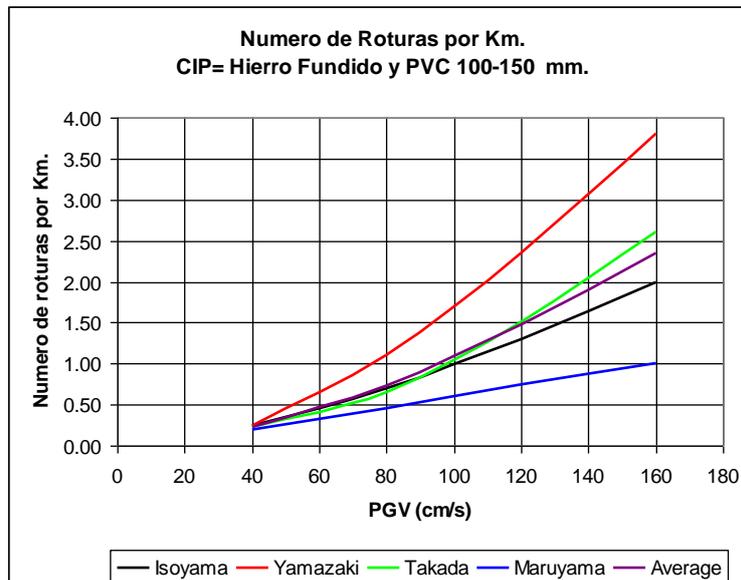


Figura 52: Roturas por Km. en tubos CIP y PVC

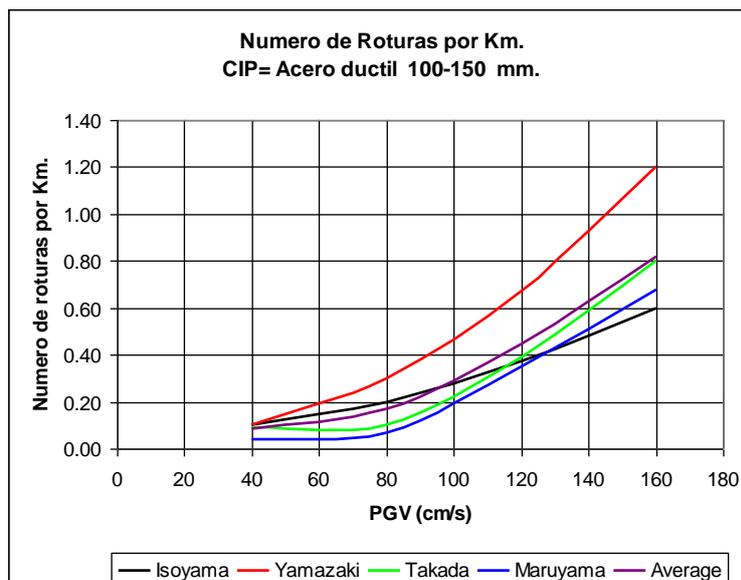


Figura 53: Roturas por Km. En tubos de acero dúctil

La Figura 52 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 tomar una curva promedio ("Average") la que figura en el gráfico. Considerando que la curva promedio se encuentra cercana a la curva de Isoyama, consideramos esta curva y la curva de valores máximos (Yamazaki), que se presenta en la Figura 54.

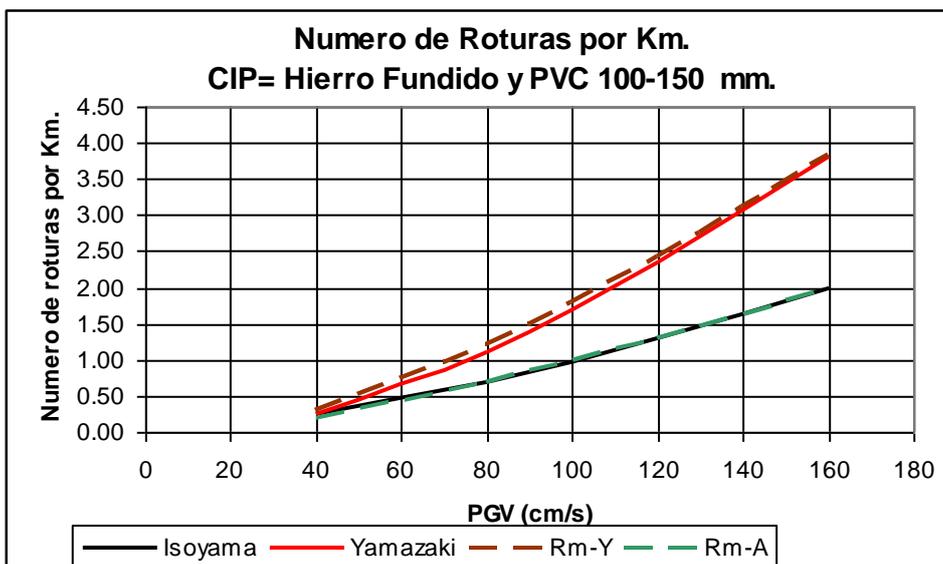


Figura 54: Curvas extremas de tasa de daño en CIP y PVC

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:

$$R(v) = 3.0 \times 10^{-3} (v - 15)^{1.305} \quad (5)$$

La Figura 53 presenta las relaciones que desarrolladas por diversos autores para la estimación de la tasa de daño por kilómetro de tubería el caso de tuberías de hierro dúctil en forma similar, a los materiales arriba expuestos. Utilizando estos datos se construye una curva promedio ("Average") la que es presentada en el gráfico.

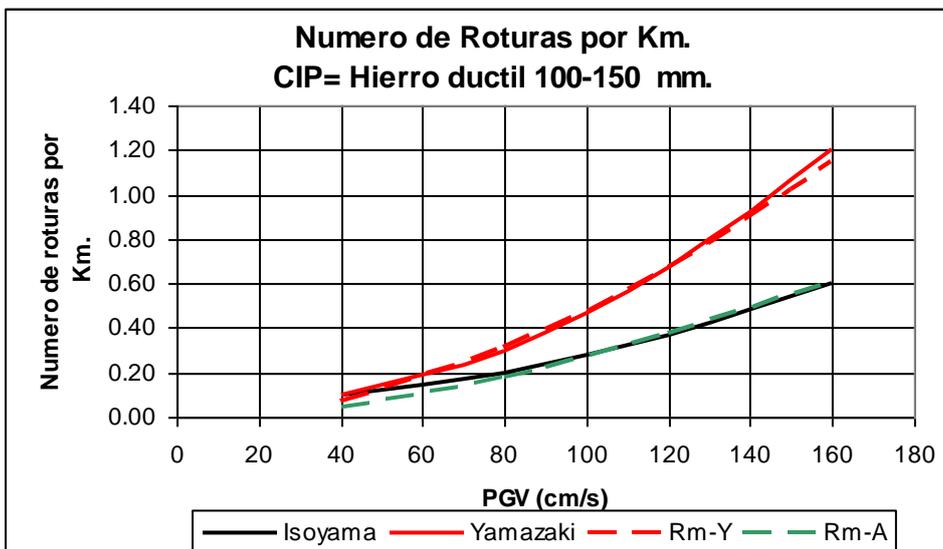


Figura 55: Curvas extremas de tasa de daño en tubería de hierro dúctil

Usando un procedimiento similar al presentado anteriormente, en la Figura 55 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:

$$R(v) = 2.0 \times 10^{-4} (v - 9)^{1.6} \quad (6)$$

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 GIS para la presentación de la vulnerabilidad de las líneas de conducción.

La Tabla 3 presenta los tipos de tubería por material que existen en el distrito de Breña. Esta información se ha preparado en base de la información proporcionada por SEDAPAL. 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.

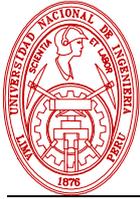
Tabla 3: Tipo de tuberías de agua en el distrito de Breña

Material	Tipos de Diámetros	Diámetro (mm)	Diámetro+Frecuente	Long. Total (m)	Long.Total (Km)	%
Asbesto-Cemento	4	100-300	100	17018.60	17.02	23.1%
PVC	6	50- 250	110	16586.52	16.59	22.5%
Concreto Pretensado	1	250	250	1097.51	1.10	1.5%
Fierro Fundido	8	37 - 300	100	28993.11	28.99	39.3%
Acero Reforzado	4	300 - 900	900	3195.05	3.20	4.3%
Polietileno Alta Densidad	4	100 - 250	150	6920.25	6.92	9.4%
			Longitud Total =	73811.04	73.81	

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 Figura 56) y el Mapa No. E-13 (ver reproducción en Figura 57) se presentan los daños probables según la metodología de Yamazaki e Isoyama, respectivamente y en la Tabla 4 se presenta un resumen de los resultados.

Tabla 4: Respuesta de las tuberías frente a un evento sísmico severo en distrito de Breña

Tubería	Longitud (Km)	Yamazaki	Yamazaki	Isoyama	Isoyama
		PromRotuxKm	NumRoturasTotales	PromRotuxKm	NumRoturasTotales
Asbesto-Cemento	17.02	0.709	12	0.665	11
PVC	16.59	0.723	12	0.675	11
Concreto Pretensado	1.10	0.273	0	0.193	0
Fierro Fundido	28.99	0.275	8	0.194	6
Acero Reforzado	3.20	0.284	1	0.198	1
Polietileno de Alta Densidad	6.92	0.273	2	0.193	1



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

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

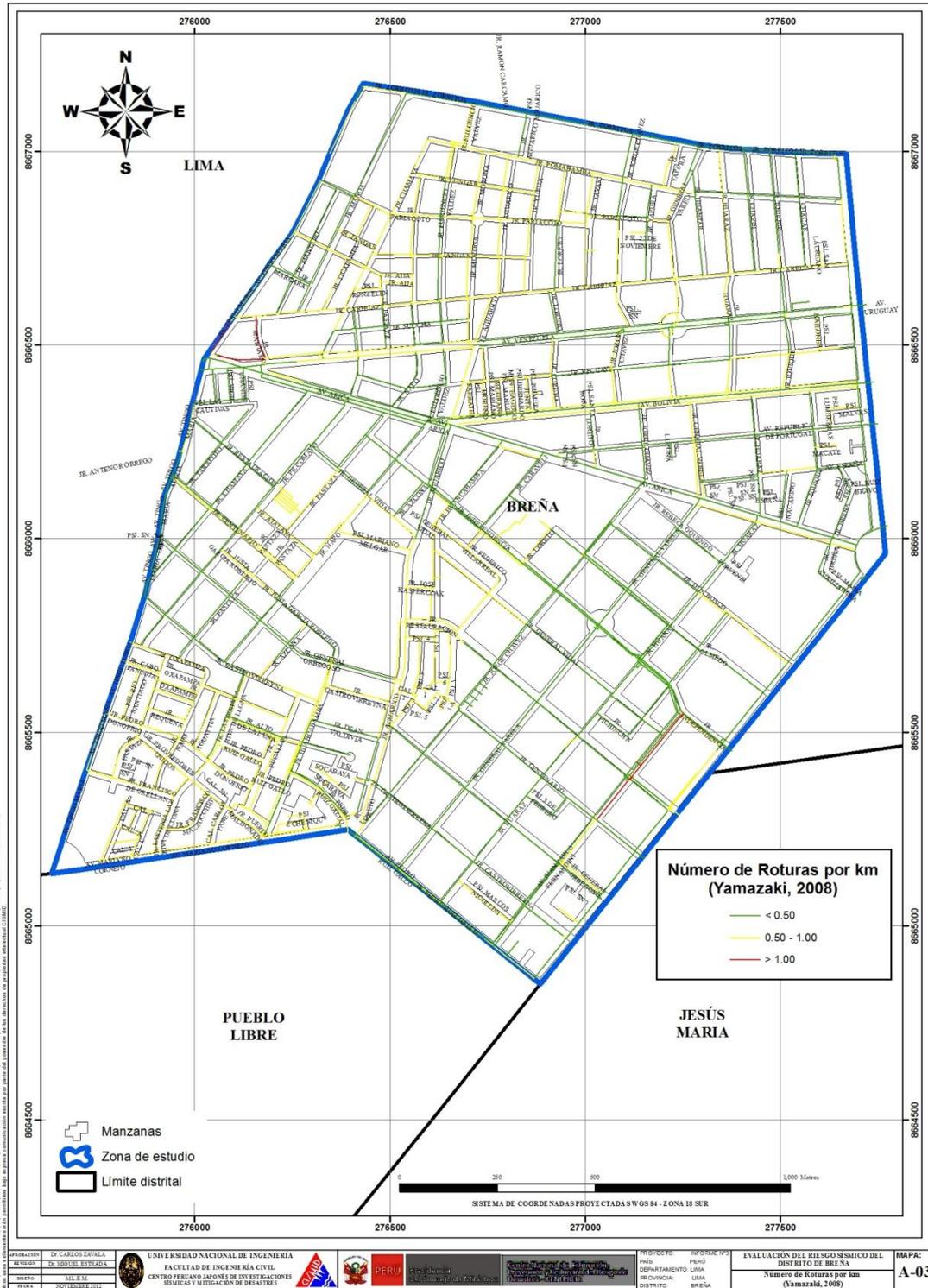


Figura 56: Roturas por criterio de Yamazaki (2008)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES

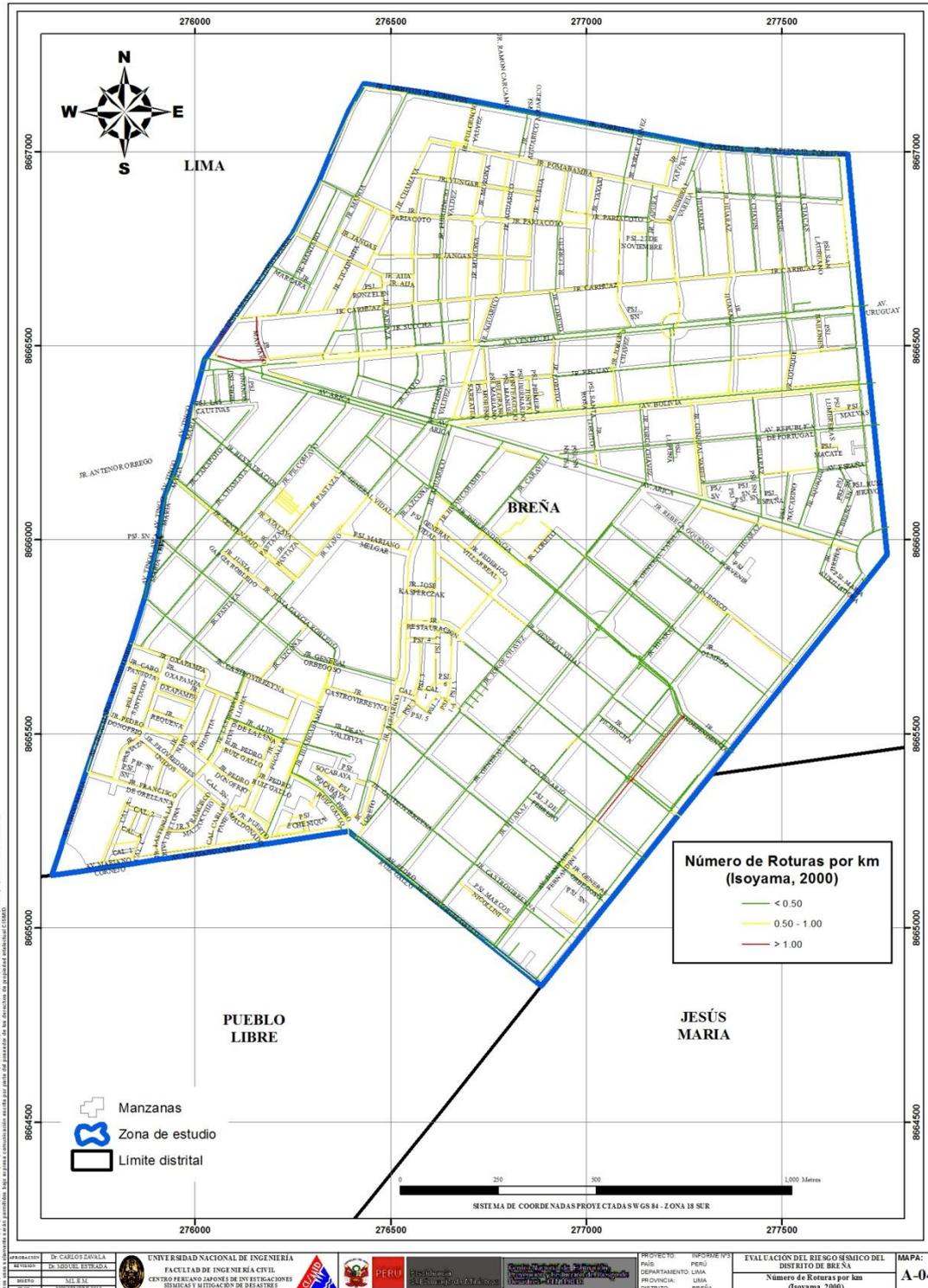
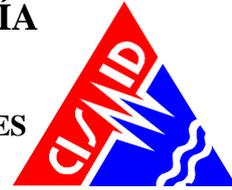


Figura 57: Roturas por criterio de Isoyama (2000)



Conclusiones y recomendaciones del diagnóstico preliminar del sistema de agua y alcantarillado

- Basados en el levantamiento de daños del estudio realizado por CISMID el año 2005, y en el desarrollo del modelo matemático de las estructuras de la planta de tratamiento de la Atarjea donde se utilizó como sismo de diagnóstico los sismos de Lima 9/10/1974 y 17/10/1966, se determinó la respuesta sísmica para las condiciones de los decantadores, encontrándose que 5 de los decantadores son vulnerables, ya que los esfuerzos sobre sus muros no podrían soportar una demanda de sismo severo.
- Para la evaluación de la vulnerabilidad de las líneas de conducción de agua del distrito de Breña, fue necesario preparar la información proporcionada por SEDAPAL, para establecer el tipo de tubería por material y diámetro más utilizado en las líneas de conducción con su longitud total expresada en kilómetros. Se encontró que el 39.3% de las tuberías son de Fierro Fundido, siendo las más usadas en la línea de conducción, seguidas por las tuberías de Asbesto Cemento que representan un 23.1%. Asimismo las líneas de conducción de PVC representan el 22.5% de la red en el distrito.
- 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 Breña en función del diámetro y tipo de material. Se encontró que en el caso de un evento severo 12 locaciones con tuberías de asbesto cemento sufrirían roturas, mientras que existirían 12 locaciones en tuberías de PVC con roturas y 8 locaciones con roturas en tubos de fierro fundido. 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 Breña, podemos afirmar que los sectores ubicados en la parte oeste del distrito experimentarían una concentración de daño con roturas promedio de 0.57 por kilómetro.
- Es recomendable que SEDAPAL 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.
- Es recomendable que SEDAPAL 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 asimismo válvulas de paso, que adicionalmente al estudio preliminar presentado, proporcionaran un mejor diagnóstico para evitar la interrupción del servicio en caso de sismo severo.



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 calculo 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 (7CUEE) /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 (7CUEE) /March 2010.