



**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 03: DISTRITO DE EL AGUSTINO
TOMO I – RESUMEN EJECUTIVO**



LIMA – NOVIEMBRE 2013



**PRODUCTO 03 - TOMO I
RESUMEN EJECUTIVO**

1. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO

Con fecha 09 de Setiembre de 2013, el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento y la Universidad Nacional de Ingeniería, suscribieron un Convenio Específico, con la finalidad de iniciar los “Estudios de Microzonificación Geotécnica Sísmica y Evaluación del Riesgo en Zonas Ubicadas en los Distritos de Carabaylo 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). Estos estudios están siendo ejecutados por el CISMID.

El presente informe presenta un resumen de los principales resultados obtenido para la zona de estudio del distrito de El Agustino.

El distrito de El Agustino se ubica en la provincia de Lima, departamento de Lima, limita con los siguientes distritos:

- Por el Norte con el distrito de San Juan de Lurigancho.
- Por el Oeste con el Cercado de Lima.
- Por el Sur con los distritos de La Victoria y San Luis
- Por el Sureste con el distrito de Santa Anita.
- Por el Este con el distrito de Ate.
- Por el Noreste con el distrito de Lurigancho.

El área de estudio para este distrito se encuentra definido en el Mapa II-1 del presente Tomo II, el cual fue proporcionado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

El objetivo principal del estudio es el desarrollo de Mapas de Microzonificación Geotécnica Sísmica, Peligros Naturales, Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de la zona de estudio ubicada en el distritos de El Agustino (Provincia y Departamento de Lima), a través de un análisis de la sismicidad de la zona, condiciones geotécnicas, determinación de demandas en las edificaciones y finalmente la evaluación del riesgo sísmico.

Para ello fue necesario desarrollar como objetivos complementarios lo siguiente:

- Elaborar el estudio de microzonificación geotécnica y sísmica basado en el Peligro Sísmico, la Geotecnia, la Geofísica y la Dinámica de los Suelos en el área de estudio.
- Realizar la evaluación de eventos naturales que apliquen para el ámbito de estudio y representarlos en un mapa de peligros naturales.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



- Determinar el grado de vulnerabilidad en áreas de ocupación urbana, material de la edificación, número de pisos, sistema estructural predominante y otros.
- Análisis del riesgo sísmico en la zona de estudio.
- Análisis de riesgo sísmico de las redes de distribución de agua, en los lugares donde la disponibilidad de datos lo permita.
- Elaboración de bases de datos geoespaciales para la sistematización de la información generada.

La estrategia de trabajo fue considerar la organización de cuatro grupos, los mismos que trabajaron en forma paralela, de manera que se llegue al desarrollo del proyecto a tiempo cumpliendo el cronograma programado, las labores específicas de cada grupo fue el siguiente:

- Grupo 1: Este grupo desarrolló los trabajos de exploración geológica, geotécnica, geofísica y de dinámica de suelos. En gabinete este grupo generó el estudio de Peligro Sísmico y el estudio de microzonificación sísmica entre otros.
- Grupo 2: Este grupo se encargó de la identificación de los peligros naturales para el ámbito de estudio y de su representación en el mapa de peligros naturales.
- Grupo 3: Este grupo se encargó del trabajo de campo en las zonas urbanas del ámbito del estudio, donde se levantó información de campo para estimar el grado de vulnerabilidad en áreas de ocupación urbana, material de la edificación, número de pisos, sistema estructural predominante y otros. Asimismo, diagnosticó la respuesta de la edificación a la aceleración máxima inducida por el sismo en base a los parámetros de verificación estructural. Utilizando la microzonificación producida por el Grupo 1, generó el estudio del riesgo sísmico de las zonas urbanas involucradas en el estudio. Este análisis se realizó de manera muestral, considerando en la manzana de análisis la vivienda o edificación representativa. Finalmente el producto de evaluación del riesgo será interpolado para cubrir las áreas que no fueron evaluadas.
- Grupo 4: Este grupo se encargó del desarrollo del análisis de riesgo de las redes de distribución de agua, en aquellos lugares donde se contó con la información disponible (catastro de redes de agua).

Los cuatro grupos trabajaron de manera coordinada intercambiando información con el único objetivo de generar un producto de calidad.

El informe final del presente estudio es presentado en tres tomos, el Tomo I corresponde a un resumen ejecutivo del estudio, el Tomo II corresponde a los estudios para el Diagnóstico del Riesgo y el Tomo III corresponde el procesamiento de la información para la Estimación



del Riesgo. A continuación se presenta la descripción de los principales Mapas obtenidos para la zona de estudio del distrito de El Agustino.

2. DESCRIPCIÓN DEL 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 El Agustino y representadas en los mapas de Microzonificación Geotécnica (Mapa II-3, Tomo II) y de Isoperiodos (Mapa III-1 del presente 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 presente Tomo III). A continuación se describen estas zonas:

Zona I

Esta zona incluye a las formaciones rocosas, que se encuentran en los cerros, y a los depósitos de gravas, que se registran en todo el distrito de El Agustino. Los tipos de materiales descritos en esta zona presentan las mejores características geotécnicas para la cimentación de edificaciones.

La capacidad de carga admisible en esta zona, para una cimentación corrida de 0.60 m de ancho, varía entre 2.0 y 5.0 kg/cm², si se desplanta sobre la grava a una profundidad mínima de 0.8 m; y mayor a 5.0 kg/cm², si se desplanta sobre la roca ligeramente alterada o sana a una profundidad mínima de 0.4 m. Se considera que la cimentación debe estar asentada sobre terreno natural y bajo ninguna circunstancia sobre materiales de rellenos.

Los valores de microtremores del suelo en esta zona predominan en el intervalo de 0.10 s a 0.2 s

Zona II

Esta zona incluye al depósito de arenas sueltas, de 4.0 m de espesor, registrado de manera focalizada en el cerro El Agustino. El tipo de material descrito en esta zona presenta características geotécnicas poco 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 1.00 m, es de 0.70 kg/cm². Se considera que la cimentación debe estar asentada sobre terreno natural y bajo ninguna circunstancia sobre materiales de rellenos.

Los valores de microtremores del suelo en esta zona predominan en el intervalo de 0.1 s a 0.2 s

Zona V

Esta zona incluye a los rellenos antrópicos, identificados en algunos sectores sobre la superficie del terreno natural y otros sectores en el interior de antiguas excavaciones mineras. Dadas las características desfavorables de los materiales de rellenos, se considera que estos sectores no son aptos para la construcción de edificaciones.

Los rellenos superficiales 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.

Se debe indicar que en la zona de estudio del distrito de El Agustino no se han identificado materiales del suelo con características para calificar como Zona III y Zona IV, que si existen en otros distritos de la Ciudad de Lima.

La Figura 1 muestra el mapa de Microzonificación Sísmica descrito.

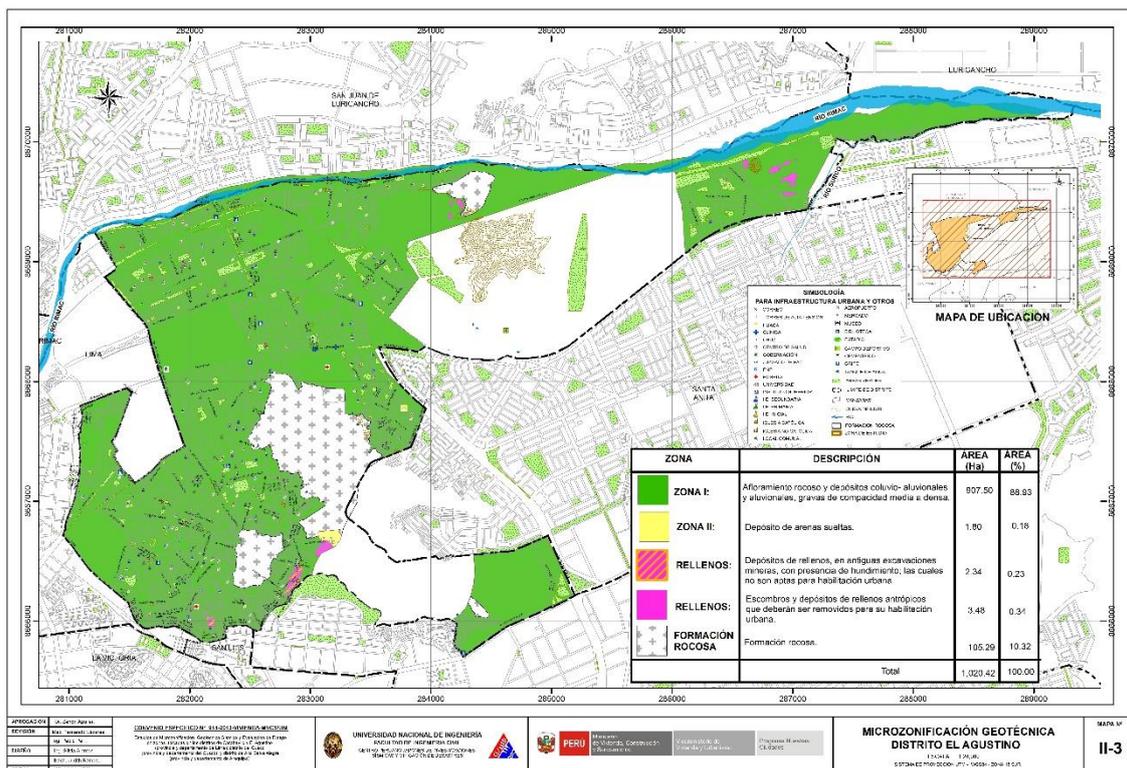


Figura 1. Mapa de Microzonificación Sísmica del Distrito de El Agustino.



3. DESCRIPCIÓN DEL MAPA DE PELIGROS

Los peligros naturales geológicos, en el área de estudio del Distrito de El Agustino, están relacionados a procesos de geodinámica externa y geodinámica interna (sismicidad). Los terrenos naturales, actualmente han sido trastocados por actividad humana, relacionada a construcción de viviendas.

Se ha sectorizado el distrito por intensidad de peligro, encontrándose peligros de intensidad media a baja.

Peligro Alto

Los cerros del distrito del El Agustino, antes que fueran ocupados por viviendas, hubo actividad minera. Según información proporcionada, esta actividad consistió en explotar roca calcárea con fines de fabricar cal u otros minerales, para ello hicieron excavaciones mineras como socavones.

Esta actividad fue abandonada y con el tiempo las excavaciones mineras, fueron cubiertas por materiales procedentes de acarreo por gravedad (depósitos coluviales) o materiales transportados por el viento (depósitos eólicos).

Cuando posteriormente las laderas de los cerros comenzaron a ser utilizadas para construcción de viviendas, no se tomó en cuenta que en algunos lugares del cerro había trabajos mineros cubiertos por materiales recientes. Debido a esto, algunas casas y calles sufrieron hundimientos, produciendo desplome y agrietamientos en algunas construcciones.

Aunque actualmente no se informan sobre la continuación de daños a las construcciones por estos motivos, es necesario hacer estudios del suelo de fundación para futuras construcciones, para precaver que no se construyan sobre antiguas excavaciones mineras ahora cubiertas.

Peligro Medio A

Son aquellas áreas que forman las laderas de los cerros de El Agustino y San Pedro. Estas laderas son mayormente de pendiente moderada, estables, conformada por rocas ígneas y sedimentarias, que por intemperismo físico mayormente, las rocas se han disgregado, y por gravedad los bloques sueltos caen, formando depósitos coluviales. Algunas laderas están cubiertas por arenas eólicas, estas también caen hacia la base de los cerros formando acumulaciones de arena de pie de monte.

El peligro son las construcciones que están ocupando estas laderas, a las que la caída de bloques de las rocas sueltas pueden afectarlas, estas caídas de bloques también se pueden producir por actividad sísmica.



Se debe tener en cuenta que la roca de los cerros pueden ser adecuadas para cimentar casas, el problema es la forma precaria y sin técnica que la mayor parte de los pobladores construyen su vivienda.

Abarca el área que involucra mayormente asentamientos urbanos con construcciones muy precarias y canteras que al ser abandonadas son ocupadas por pobladores humildes, que ocupan las laderas de los cerros El Agustino y San Pedro.

Peligro medio B

Al Norte del distrito, se encuentra el cauce del Rio Rímac, los terrenos aledaños pertenecen a la empresa SEDAPAL, en donde tiene su infraestructura para procesar el agua del río para uso humano.

En este sector el cauce del río tiene una pendiente moderada y un amplio el lecho del río. El peligro geológico que podría haber por la presencia de las aguas del río, serían inundaciones y erosión de riveras. Pero el riesgo que se produzca estos peligros se atenúa por el control que realiza la empresa, que ha hecho obras civiles para atenuar este posible peligro. Por ello se considera el peligro geológico de intensidad media.

Peligro Bajo

Son aquellas áreas donde el terreno están conformados por depósitos aluviales, materiales disgregados acareados por las aguas del río Rímac, constituidos por terrenos sobre depósitos cuaternarios de origen aluvial, formado por gravas-arcillosas a gravas-limosas de consistencia firme, pendiente desde muy suave a suave (0° a 10°).

La zona de peligros bajo, se encuentra la mayor área del distrito de El Agustino, siendo la mayor parte de terrenos urbanizados. La zonificación descrita se muestra en el Mapa II-4 del Tomo II.

La Figura 2 muestra el mapa de peligros descrito.

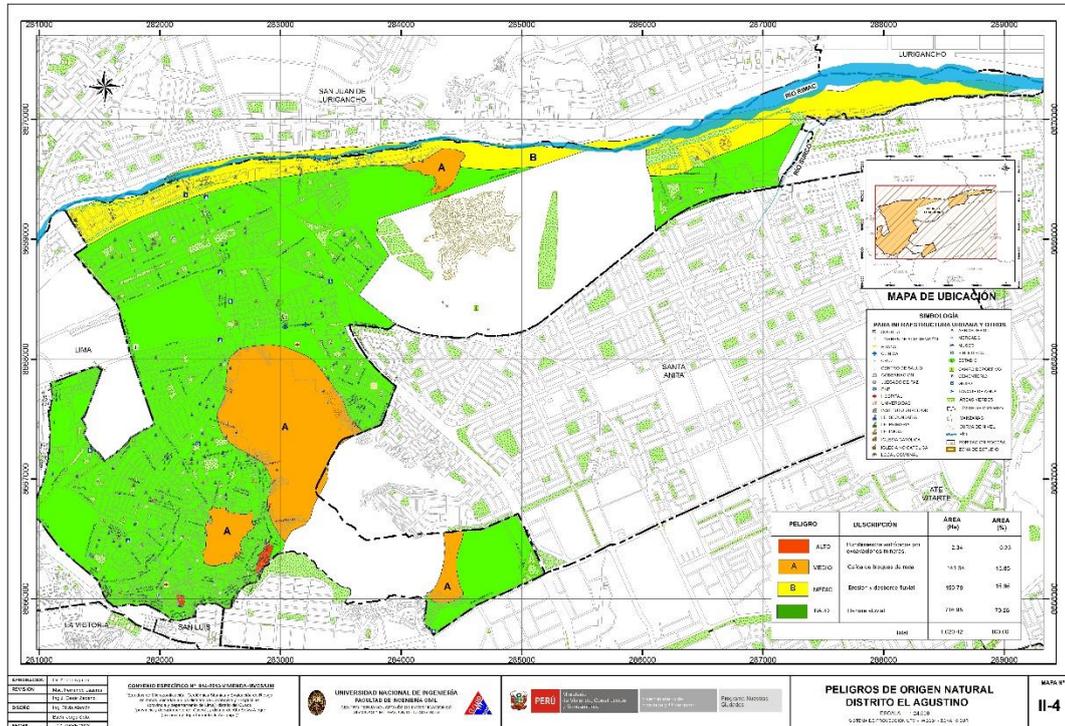


Figura 2. Mapa de Peligros del Distrito de El Agustino.

4. DESCRIPCIÓN DEL MAPA DE VULNERABILIDAD

El desarrollo del mapa de vulnerabilidad se basa en el análisis estructural de las edificaciones representativas de cada una de las manzanas evaluadas. El método desarrollado en CISMID es una ampliación de la metodología propuesta por Miranda en el artículo "Approximate Lateral deformation Demands in Multistory Buildings" del Journal of Structural Engineering, ASCE, 1999. El análisis propuesto por CISMID considera la aceleración mínima obtenida en el estudio de microzonificación geotécnica sísmica y aplicada a todas las estructuras en estudio, simulando un solo tipo de suelo para que las condiciones de análisis sean las mismas para todas las edificaciones. Para el análisis se consideran como parámetros base, la demanda sísmica (aceleración de la base) material de edificación, número de pisos, sistema estructural y otros datos obtenidos del levantamiento de campo. Con los parámetros locales de suelo y los datos obtenidos en campo se desarrolla el análisis numérico de la estructura obteniendo las distorsiones de entrepiso por el método de los índices β_i , tal como se explica detalladamente en el Tomo III de este producto.

Posterior al análisis estructural bajo una demanda sísmica igual para todas las edificaciones, se clasifican éstas en tres niveles de vulnerabilidad: Nivel Bajo, edificaciones que resistirán

un sismo severo, con daños menores, Nivel Medio, que son edificaciones en las cuales pueden producirse daños importantes, pero sin llegar al colapso, y Nivel Alto, que son edificaciones con una alta probabilidad de falla, con graves daños y un probable colapso.

Con respecto a los resultados del estudio en el distrito de El Agustino, se tienen edificaciones con vulnerabilidades relativamente bajas y medias, a excepción de la zona localizada entre la Av. Ferrocarril y Jr. Leoncio Prado casi donde se han encontrado edificaciones con altas vulnerabilidades, como se muestra en la Figura 3.

En esta ubicación existen edificios de muros de ductilidad limitada de siete pisos, edificaciones que de acuerdo a las investigaciones experimentales en CISMID sobrepasan la altura recomendada para este tipo de sistema estructural; hecho que los hace vulnerables para un escenario de sismo severo.

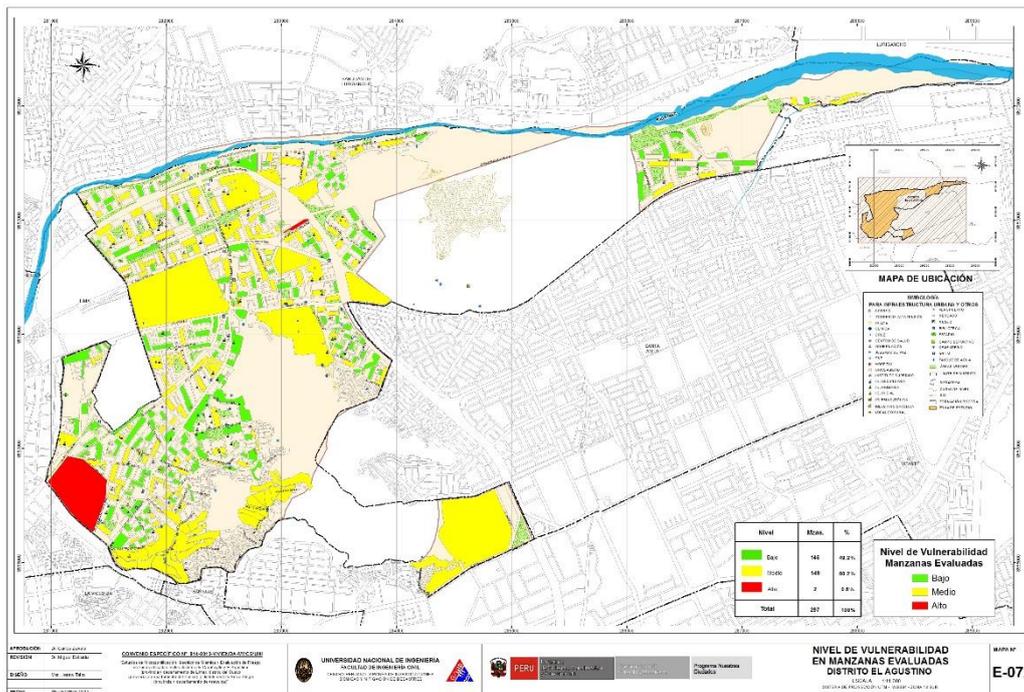


Figura 3. Mapa de vulnerabilidad del Distrito de El Agustino

En la Figura 3 se puede observar en color verde las zonas de baja vulnerabilidad que representa el 49% del total de la muestra evaluada, mientras que el 50% de la muestra refleja la existencia de una vulnerabilidad media, la que esta presentada en color amarillo; y las zonas en color rojo muestran las edificaciones de alta vulnerabilidad que porcentualmente representa el 1% de la muestra.

5. DESCRIPCIÓN DEL MAPA DE RIESGO

Se define el Riesgo como la pérdida material o humana, debido a la acción de evento sísmico severo tomando en cuenta la magnitud de éste y la vulnerabilidad de la edificación. Como se puede apreciar en la Figura 4, la zona con un mayor grado de riesgo es la parte sur del distrito (zona de color rojo). El cálculo de estos niveles de riesgo se basa en el cálculo de la vulnerabilidad de la edificación, al cual se le añade la información de las condiciones locales de suelo. Como se sabe los suelos con características de suelos blandos amplifican las ondas sísmicas produciendo demanda sísmicas mayores a las edificaciones construidas sobre éstos. Para la determinación del riesgo sísmico del distrito de El Agustino, se ha utilizado el método de aproximación al valor de reparación de una edificación, expresado como porcentaje del costo de la edificación. Conocida la respuesta sísmica de las edificaciones y utilizando las metodologías presentadas en el Tomo III 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 estudiada, dando como resultado de riesgo el costo de reposición de la edificación, es decir el costo que demande restaurar a la edificación a su estado antes del sismo. Calculado el riesgo en una manzana se procede a la interpolación del valor del riesgo, considerando que las edificaciones aledañas son similares en cierta medida.

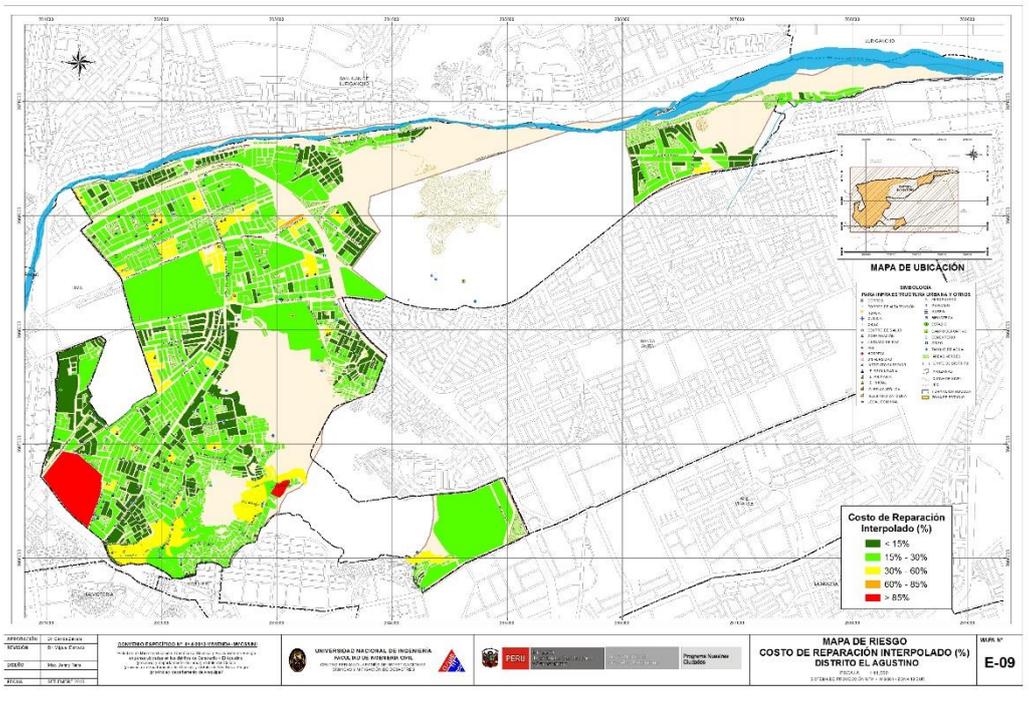


Figura 4. Mapa de Riesgo Interpolado del Distrito de El Agustino.

La zona de color verde de la Figura 4 representa el 53% y son aquellas edificaciones que tendrán daño leve o permanecerán sin daño para el escenario sísmico. Las zonas de color amarillo muestran el daño moderado que se presentaría en el distrito, representando un 3% de la muestra.

6. DESCRIPCIÓN DEL MAPA DE SECTORES CRÍTICOS

Para el desarrollo del mapa de sectores críticos se han seleccionado las zonas evaluadas con un mayor nivel de riesgo. Se han agrupado a las edificaciones con niveles de riesgo IV y V, es decir se presenta en el mapa las edificaciones con porcentajes de costo de reparación entre 60 y 85% y mayores a 85%. Finalmente, en el Tomo III del presente producto se presentan recomendaciones para la mejora estructural proponiendo sistemas de reforzamiento para diferentes tipologías constructivas.

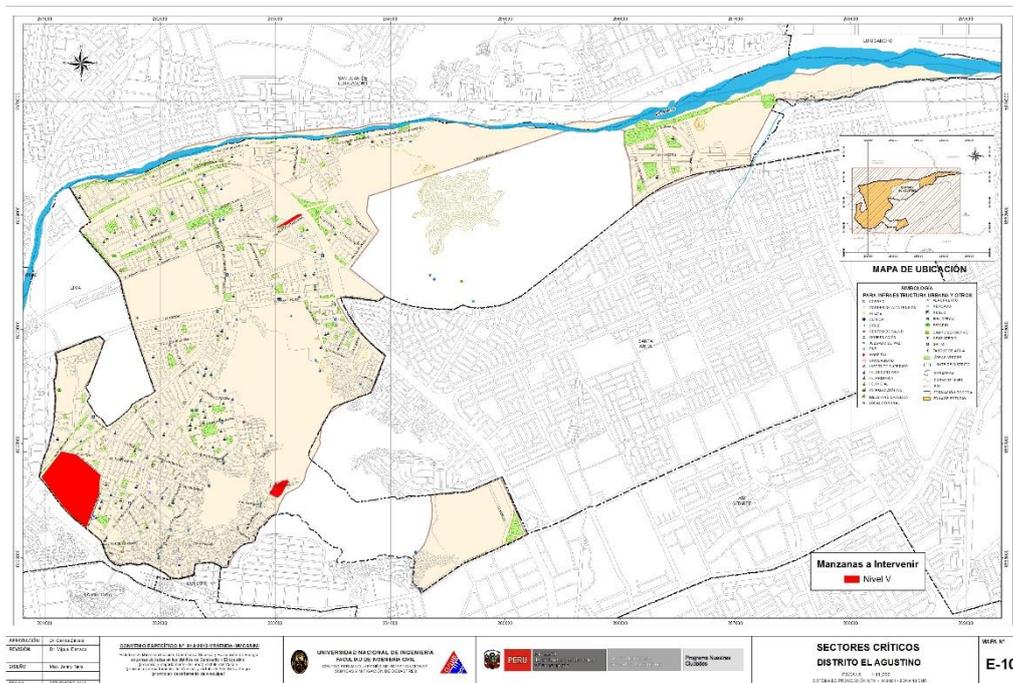


Figura 5. Mapa de Sectores Críticos del Distrito de El Agustino