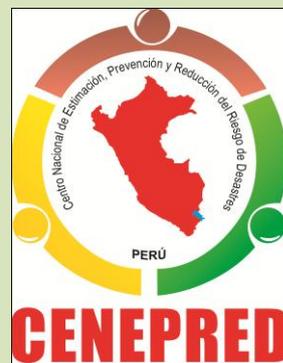
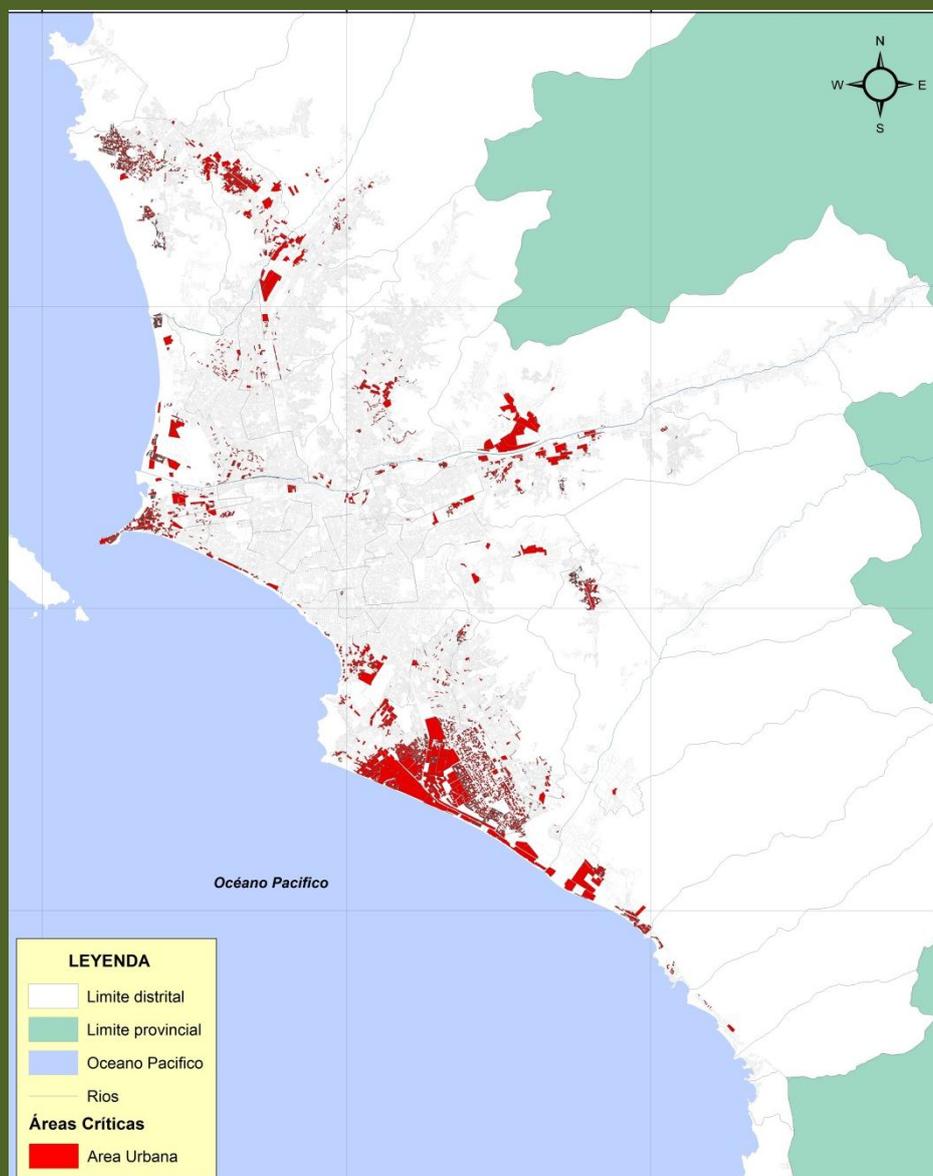


# PRIORIZACIÓN DE PROBABLES ÁREAS CRÍTICAS ANTE LA OCURRENCIA DE UN SISMO Y TSUNAMI DE GRAN MAGNITUD EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO.



**CENTRO NACIONAL DE  
ESTIMACIÓN PREVENCIÓN  
Y REDUCCIÓN DEL RIESGO  
DE DESASTRES -  
CENEPRED**



DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE PROCESOS  
SUBDIRECCIÓN DE NORMAS Y LINEAMIENTOS  
AÑO 2013

Equipo Técnico Responsable:

Arq. María Mercedes de Guadalupe Masana García  
Jefa (e) del Centro Nacional de Estimación, Prevención y  
Reducción del Riesgo de Desastres

Ing. Rafael Campos Cruzado  
Secretario General del CENEPRED.

Arq. Luis Fernando Sabino Málaga Gonzáles  
Director (e) de la Dirección de Gestión de Procesos.

Ing. Agustín Simón Eladio Basauri Arámbulo  
Responsable de la Subdirección de Normas y Lineamientos

Especialistas de la Subdirección de Normas y Lineamientos:

Ing. Wilder Hans Caballero Haro  
MSc. Ing. Juan Carlos Montero Chirito  
MSc. Ing. Darwin Gabriel Loarte Pasquel  
Econ. Marycruz Flores Vila  
Bach. Econ. José Rodríguez Ayala

Especialista de la Subdirección de Normas y Lineamientos:  
Karina Obregón Acevedo

Colaboradores:

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - MVCS  
Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI  
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET  
Instituto Geofísico del Perú – IGP  
Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI  
Dirección de Hidrografía y Navegación - DHN  
Gobierno Regional del Callao  
Municipalidad Metropolitana de Lima  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID

# INDICE

1. INTRODUCCIÓN
  - 1.1 PROBLEMÁTICA
  - 1.2 HIPÓTESIS
  - 1.3 OBJETIVOS
2. METODOLOGÍA DE TRABAJO
3. DETERMINACIÓN DE ÁREAS URBANAS EXPUESTAS A PELIGRO SISMICO Y TSUNAMI
4. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS EN ZONAS SUSCEPTIBLES A SISMO Y TSUNAMI
  - 4.1 CUANTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS A SISMO
  - 4.2 CUANTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS A TSUNAMI
  - 4.3 MAPAS DE ELEMENTOS EXPUESTOS DE LIMA METROPOLITANA Y CALLAO
5. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL Y ECÓNOMICA
  - 5.1 DIMENSION SOCIAL
  - 5.2 DIMENSION ECONOMICA
  - 5.3 MAPA DE DIMENSIÓN SOCIAL Y ECONÓMICA DE LIMA METROPOLITANA Y CALLAO
6. DETERMINACIÓN DE ÁREAS CRÍTICA A PELIGRO SISMICO Y TSUNAMI
  - 6.1 ELEMENTOS LOCALIZADOS EN AREAS CRITICAS
  - 6.2 MAPA DE PRIORIZACIÓN DE AREAS CRITICAS EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO
7. CONCLUSIONES
8. RECOMENDACIONES
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS
10. ANEXOS

## **1. INTRODUCCIÓN**

El litoral del país, como parte del Círculo de Fuego del Pacífico, ha sufrido el impacto de grandes sismos algunos de los cuales fueron seguidos por tsunamis, por tanto, es de esperarse que ocurran en el futuro. La actividad sísmica es debida al proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, el mismo que se produce con una velocidad promedio del orden de 7-8 cm/año (DeMets et al, 1980; Norabuena et al, 1999). Este proceso es responsable de la ocurrencia de los sismos de mayor magnitud que se hayan producido frente a la línea de costa (Dorbath et al, 1990a; Tavera y Buforn, 2001), todos asociados al contacto sismogénico interplaca.

Los sismos de mayor magnitud ( $M > 7.0$ ) han producido importantes daños en áreas relativamente muy grandes como el ocurrido en la región Sur de Perú el 23 de Junio de 2001 ( $M_w = 8.2$ ) y el de Pisco del 15 de Agosto de 2007 ( $M_w = 7.9$ ), ambos produjeron intensidades máximas del orden de VII-VIII MM (escala Mercalli Modificada) en áreas relativamente pequeñas con daños de consideración en viviendas y gran número de personas afectadas.

Tomando como referencia el mapa sísmico del Perú periodo 1960 – 2011, este muestra que en la zona de costa de Lima Metropolitana y Callao no ha ocurrido sismos de gran intensidad desde 1874 denominado “silencio sísmico”, la ocurrencia de sismos de magnitudes relativamente bajas no contribuyen a liberar la energía acumulada y que solo puede ser liberada por un sismo de gran magnitud, por lo que se deben realizar acciones de prevención y reducción de riesgos de manera articulada entre los diferentes niveles de gobierno.

Al ocurrir un sismo de gran magnitud y posterior tsunami en la costa de Lima Metropolitana y Callao, se verán afectadas extensas áreas urbanas produciendo cuantiosos daños y pérdidas (materiales y económicas) a consecuencia de un inadecuado crecimiento urbano (planificación) y localización en zonas de muy alto y alto riesgo. Debido a la limitación en recursos económicos que ayuden a reducir el riesgo en todas las áreas expuestas, lo adecuado sería determinar y priorizar áreas críticas en función de su exposición a los peligros y su vulnerabilidad.

### **1.1 PROBLEMÁTICA**

Lima Metropolitana y Callao, es la ciudad más grande del país con aproximadamente 9 millones de personas que centraliza el poder político y económico del Perú. Experimenta un crecimiento no planificado de áreas urbanas (horizontal y vertical) y localización de asentamientos humanos (edificaciones que no cumplen con las normas técnicas antisísmicas) en espacios territoriales (zonas de inundación, cauces de huaycos, laderas de cerros, etc.) expuestas a la ocurrencia de peligros naturales.

La ocurrencia de un sismo y/o tsunami de gran magnitud ocasionaría un costo social (fallecidos y heridos) de 737 124 personas, según el estudio de PREDES denominado Diseño de Escenario sobre el impacto de sismo de gran magnitud en Lima Metropolitana y Callao (2009), así como el colapso de establecimientos de salud debido a su vulnerabilidad estructural (muy alta y alta) de 11 hospitales bandera del sistema de salud según el estudio SIRAD (2011).

La manera eficaz de orientar la inversión en temas de prevención y reducción de riesgos (medidas estructurales y no estructurales) se inicia por conocer que áreas urbanas expuestas a peligros (sismo y/o tsunami), son más vulnerables para posteriormente establecer los niveles de riesgo y finalmente determinar las áreas críticas (riesgo Muy alto y alto).

## **1.2 HIPÓTESIS**

La información generada por las instituciones técnicas - científicas, sectores y ONGs, ayudarían a identificar y caracterizar los peligros, por ejemplo; la microzonificación sísmicas de Lima Metropolitana y Callao y el área de inundación debida a un tsunami. Así como la información recogida por los censos de población y vivienda que servirían de insumos para el análisis de la vulnerabilidad. Esto ayudaría a elaborar un escenario en el cual se plantearía la ocurrencia de un sismo de magnitud 8.5 Mw en las cercanías de la costa de Lima y Callao, y la posterior llegada de un tsunami. Este escenario permitiría identificar las probables áreas críticas expuestas a dichos peligros, así como su vulnerabilidad y nivel de riesgo (muy alto y alto).

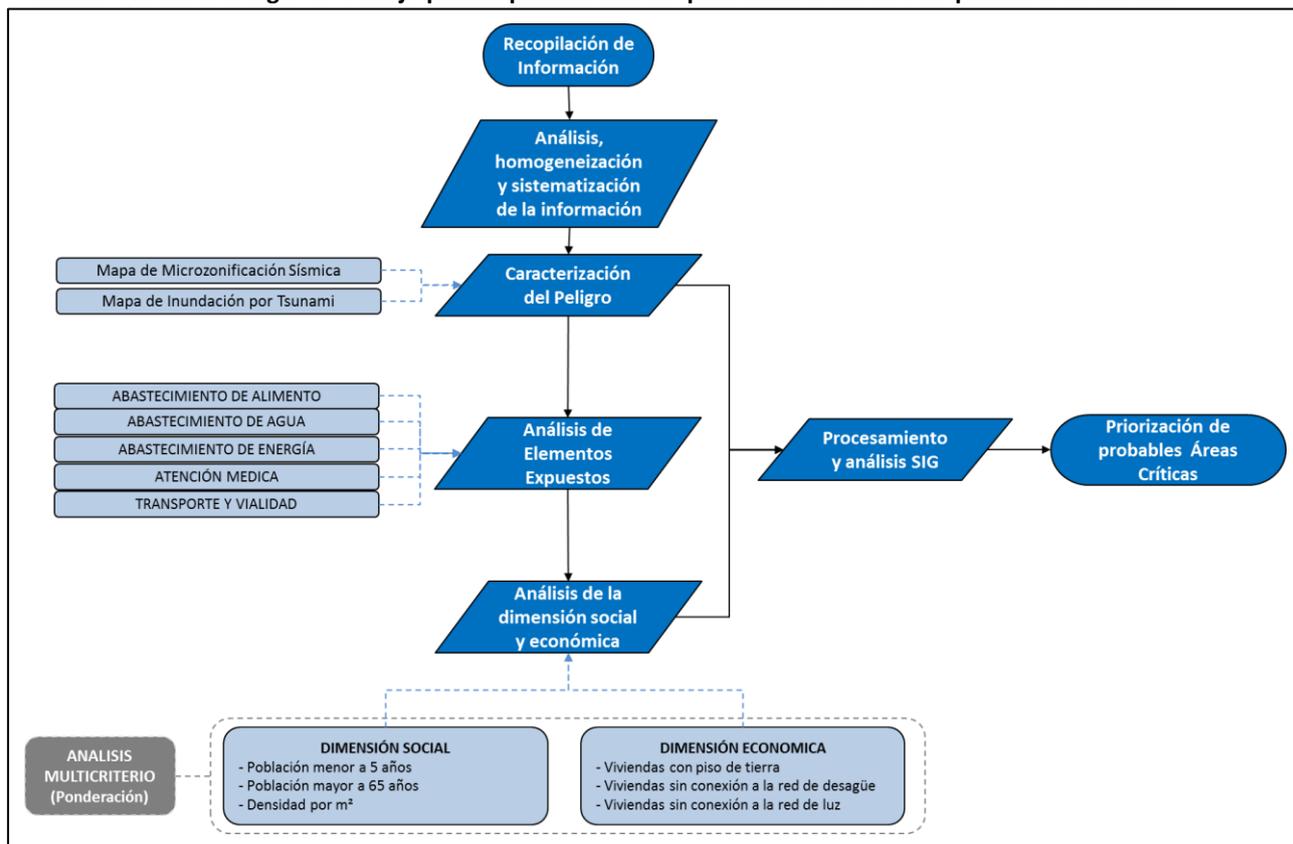
## **1.3 OBJETIVO**

Determinar las probables áreas críticas a priorizar ante la ocurrencia de un sismo y tsunami de gran magnitud en Lima Metropolitana y Callao, con la información proporcionada por los integrantes de la Comisión Técnica.

## **2. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Se muestra el diagrama de flujo que indica el procedimiento realizado para la determinación de las probables áreas críticas ante la ocurrencia de un sismo y tsunami.

**Grafico 01: Metodología de trabajo para la priorización de probables áreas críticas para la intervención**



Elaborado: CENEPRED

### 3. DETERMINACIÓN DE ÁREAS URBANAS EXPUESTAS A PELIGRO DE SISMO Y TSUNAMI

Para determinar la distribución espacial de un fenómeno natural que sea potencialmente dañino, se debe identificar los parámetros de evaluación que intervienen en la génesis (mecanismo generador) o en todo caso los factores condicionantes del ámbito geográfico a estudiar (suelos, fallas, topografía, etc.), debido a que la ocurrencia de un sismo y la posterior generación de un tsunami de gran magnitud no se puede predecir con exactitud científica. Un paso lógico es estudiar el comportamiento dinámico del territorio al paso de las ondas sísmicas (transportan energía) lo que permitiría zonificar (sectorizar) el territorio en función del nivel de peligrosidad.

Para este trabajo se utilizó información existente y producida por el Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres - CISMID (mapa de microzonificación sísmica de Lima y Callao) y la Dirección Hidrografía y Navegación – DHN (mapa de inundación por tsunami), lo que permitió identificar áreas urbanas expuestas a sismos y tsunamis. En las imágenes del 01 al 08, se muestra las áreas urbanas expuestas a sismo y tsunami.

Para la ponderación de las diferentes zonas I, II, III, IV y V que muestra el mapa de microzonificación sísmica se utilizó el análisis multicriterio (proceso de análisis jerárquico), procedimiento que se muestra a continuación:

### Calculo de ponderación de los niveles de peligro

Paso 01: En la matriz de comparación de pares se evalúa la preferencia relativa de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se utiliza la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9, también se puede utilizar los números pares si el criterio planteado esta entre dos números impares (realizado en otros trabajos).

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Paso 02: El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna). La diagonal de la matriz siempre será la unidad por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud. Se introducen los valores en las celdas de color rojo y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas azules (debido a que el análisis es inverso).

**MATRIZ DE COMPARACION DE PARES**

PARÁMETRO	ZONA IV y V	ZONA III	ZONA II	ZONA I
ZONA IV y V	1.00	3.00	4.00	5.00
ZONA III	0.33	1.00	3.00	4.00
ZONA II	0.25	0.33	1.00	3.00
ZONA I	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.78	4.58	8.33	13.00
1/SUMA	0.56	0.22	0.12	0.08

Paso 03: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

**MATRIZ DE NORMALIZACIÓN**

PARÁMETRO	ZONA IV y V	ZONA III	ZONA II	ZONA I	Vector Priorización
ZONA IV y V	0.561	0.655	0.480	0.385	0.520
ZONA III	0.187	0.218	0.360	0.308	0.268
ZONA II	0.140	0.073	0.120	0.231	0.141
ZONA I	0.112	0.055	0.040	0.077	0.071
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Porcentaje(%)
52.000
26.800
14.100
7.100

Paso 04: Se calcula la Relación de Consistencia, el que debe ser menor a 0.08 (RC < 0.08) para el caso de cuatro parámetros, lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

### HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

Resultados de la operación de matrices				Vector Suma Ponderada
0.520	0.805	0.564	0.355	2.243
0.173	0.268	0.423	0.284	1.148
0.130	0.089	0.141	0.213	0.573
0.104	0.067	0.047	0.071	0.289

### HALLANDO EL $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion
4.313
4.280
4.066
4.075
<b>SUMA</b> 16.734
<b>PROMEDIO</b> 4.184

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
<b>RELACIÓN DE CONSISTENCIA &lt; 0.1 (*)</b>	RC	0.069

(\*) Para determinar el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia se utilizó la tabla obtenida por Aguarón y Moreno, 2001. Donde "n" es el número de parámetros en la matriz.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>IA</b>	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

Se muestra el cuadro de las zonas de peligro con su correspondiente ponderación y los mapas generados (imágenes del 01 al 08).

**Cuadro 01: Ponderación de las zonas de peligro sísmico**

PELIGRO SÍSMICO	PONDERACIÓN
<b>Zona IV y V:</b> La zona IV conformado por depósitos de arenas eólicas de gran espesor, depósitos marinos y suelos pantanosos que se ubican en la zona del litoral de los distritos de Ventanilla, Callao, Chorrillos, Villa El Salvador y Lurín, así como la zona de canteras de este material en el distrito de Pachacamac. El distrito de La Punta, presenta un estrato de grava superficial sobre un depósito potente de arcilla, genera periodos relativamente largos, y un sector del distrito de Pachacamac, cuyos depósitos profundos de arena generan periodos largos. Los periodos predominantes en estos suelos son mayores a 0.7s, por lo que su comportamiento dinámico ha sido tipificado como S4 de la norma sismorresistente peruana, asignándole un factor de amplificación sísmica $S = 1.6$ y un periodo natural de $T_s = 1.2s$ . La zona V está constituida por áreas puntuales conformadas por depósitos de rellenos sueltos de desmontes heterogéneos que han sido colocados en depresiones naturales o excavaciones realizadas en el pasado, con potencias entre 5.0 y 15.0 m. También incluyen rellenos sanitarios.	0.520
<b>Zona III:</b> conformada en su mayor parte por depósitos de suelos finos y arenas de gran espesor que se presentan en algunos sectores de los distritos de Puente Piedra, La Molina y Lurín, y en los depósitos de arenas eólicas que cubren parte de los distritos de Ventanilla y Villa El Salvador, que se encuentran en estado suelto. Los periodos predominantes encontrados en estos suelos varían entre 0.5 y 0.7s, por lo que su comportamiento dinámico ha sido tipificado como un suelo S3 de la norma sismorresistente peruana, con un factor de amplificación sísmica $S = 1.4$ y un periodo natural de $T_s = 0.9s$ .	0.268
<b>Zona II:</b> conformado por un estrato superficial de suelos granulares finos y suelos arcillosos, cuyas potencias varían entre 3.0 y 10.0m. Subyaciendo a estos estratos se encuentra la grava aluvial o grava coluvial. Los periodos predominantes del terreno determinados por las mediciones de microtrepidaciones en esta zona varían entre 0.3 y 0.5s. Para la evaluación del peligro sísmico a nivel de superficie del terreno, se considera que el factor de amplificación sísmica por efecto local del suelo en esta zona es $S = 1.2$ y el periodo natural del suelo es $T_s = 0.6s$ , correspondiendo a un suelo S2 de la norma sismorresistente peruana.	0.141
<b>Zona I:</b> conformada por afloramientos rocosos y estratos de grava coluvial –eluvial de los pies de las laderas, que se encuentran a nivel superficial o cubiertos por un estrato de material fino de poco espesor. Este suelo tiene comportamiento rígido, con periodos de vibración entre 0.1 y 0.3s. Para la evaluación del peligro sísmico a nivel de superficie del terreno, se considera que el factor de amplificación sísmica por efecto local del suelo en estas zona es $S = 1.0$ y el periodo natural del suelo es $T_s = 0.4s$ , correspondiente a un suelo tipo S1 de la norma sismorresistente peruana.	0.071

Fuente: CISMID

Modificado: CENEPRED

Imagen 01: Áreas urbanas distribuidas en función del nivel de peligrosidad sísmica

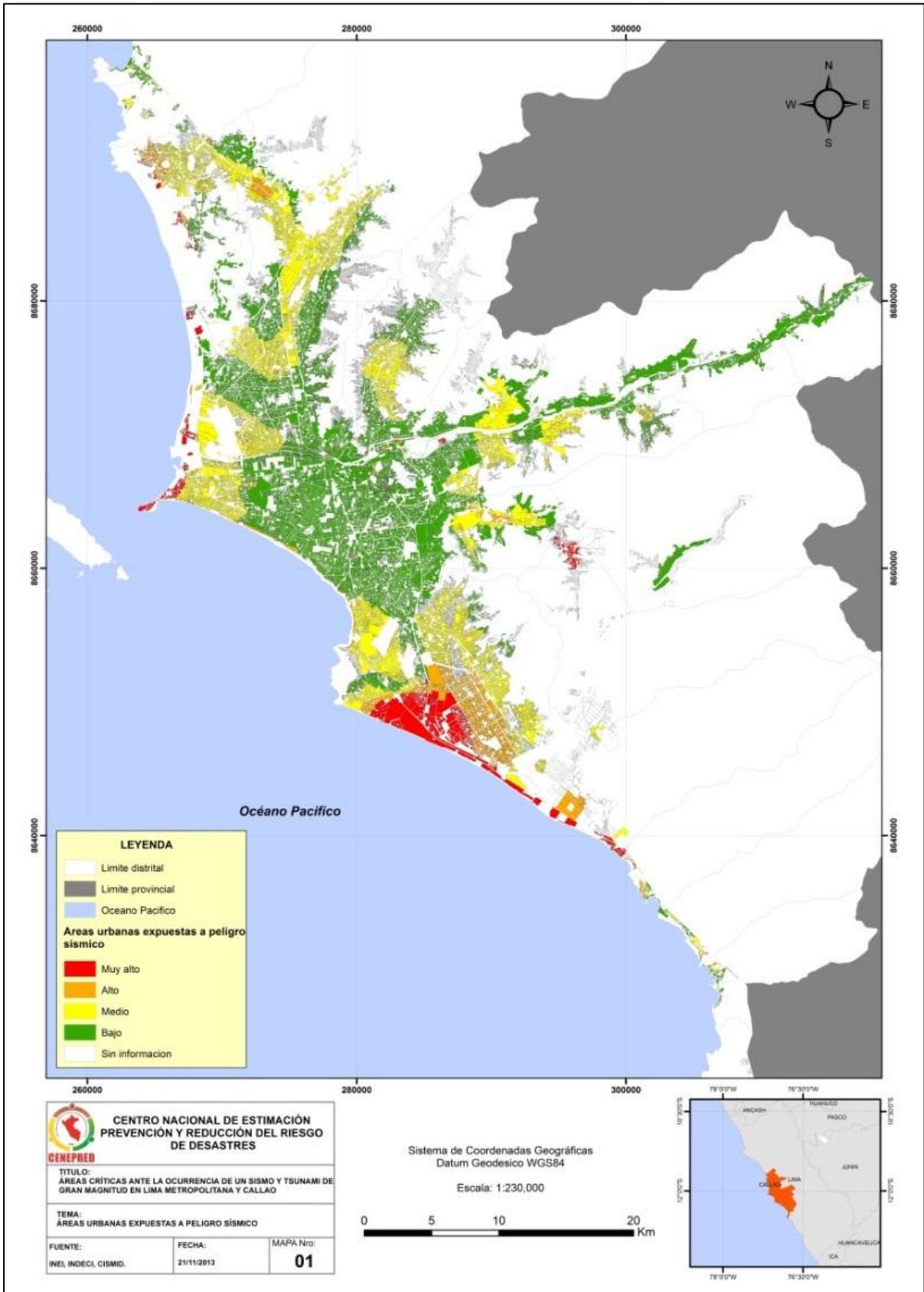


Imagen 02: Zona Norte: viviendas expuestas a peligro sísmico

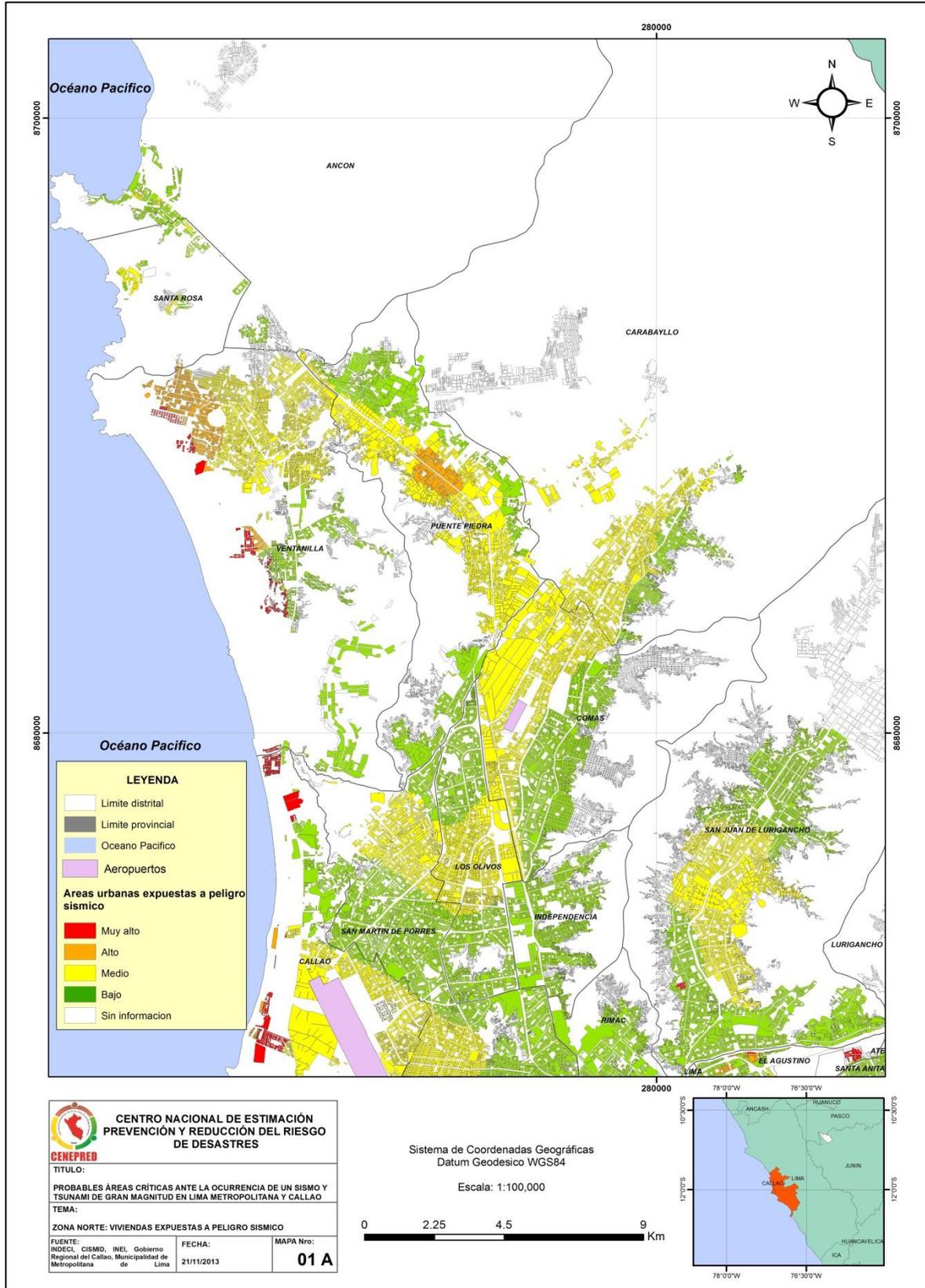


Imagen 03: Zona Sur: viviendas expuestas a peligro sísmico

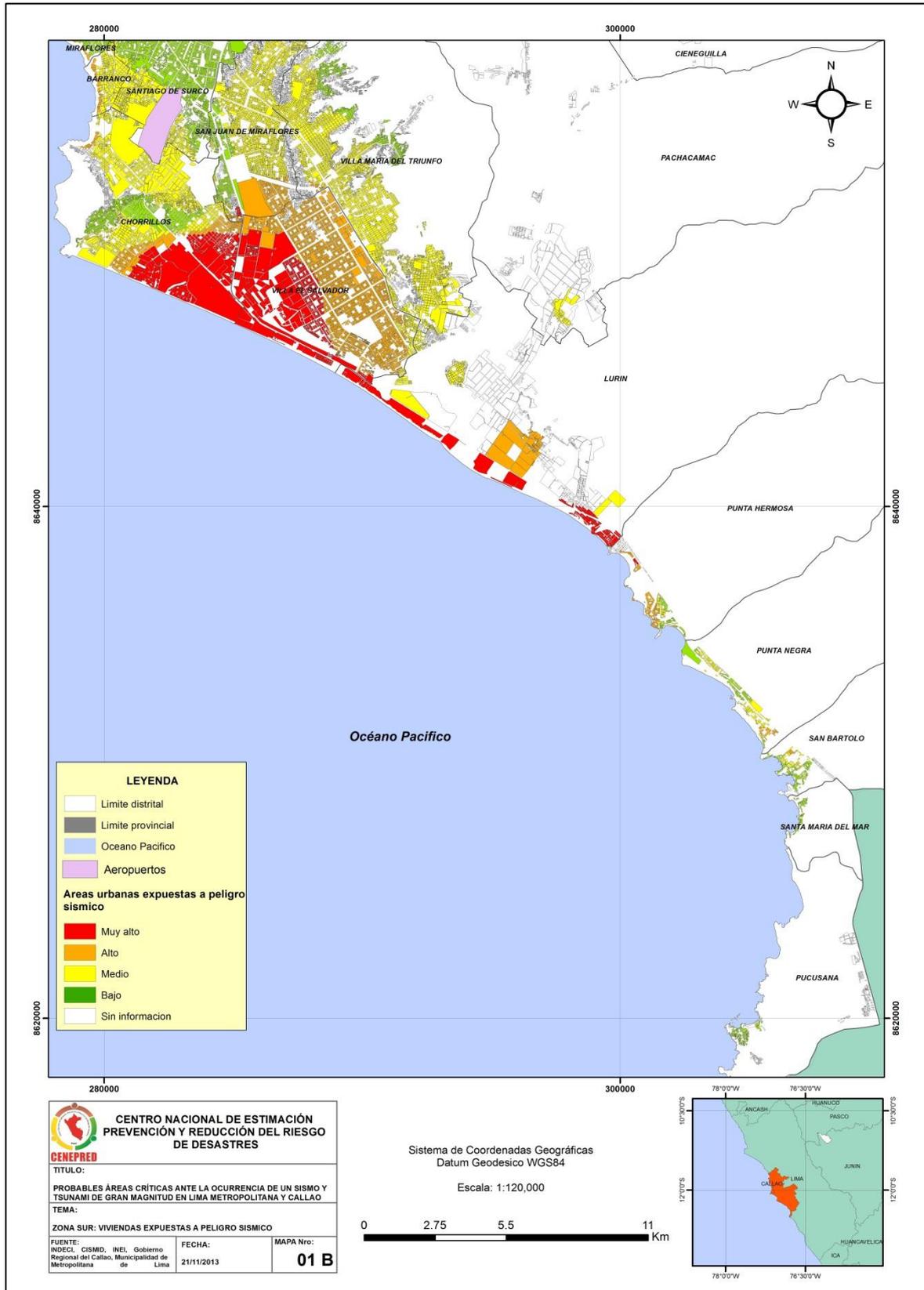


Imagen 04: Zona Este: viviendas expuestas a peligro sísmico

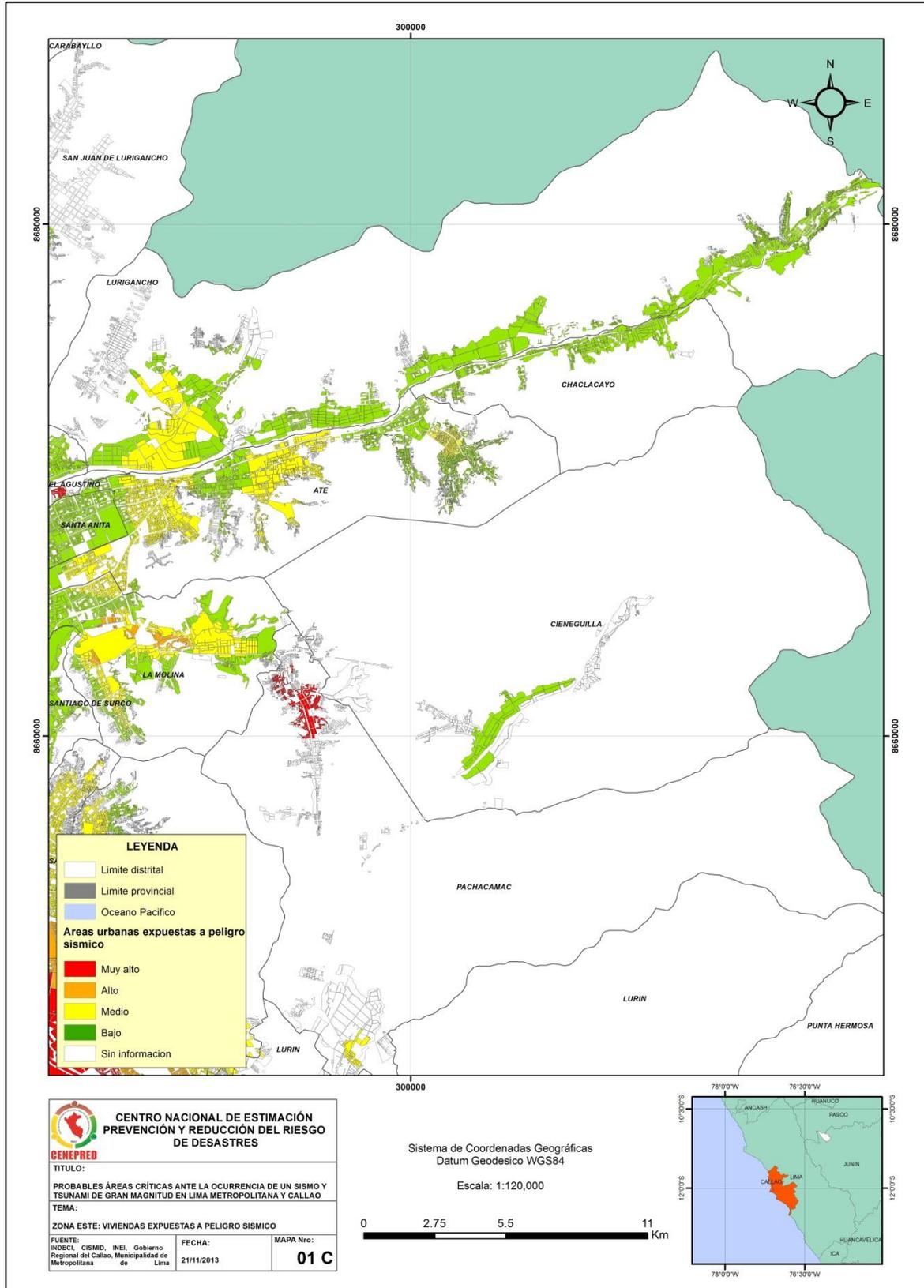


Imagen 05: Zona Centro y Provincia del Callao: viviendas expuestas a peligro sísmico

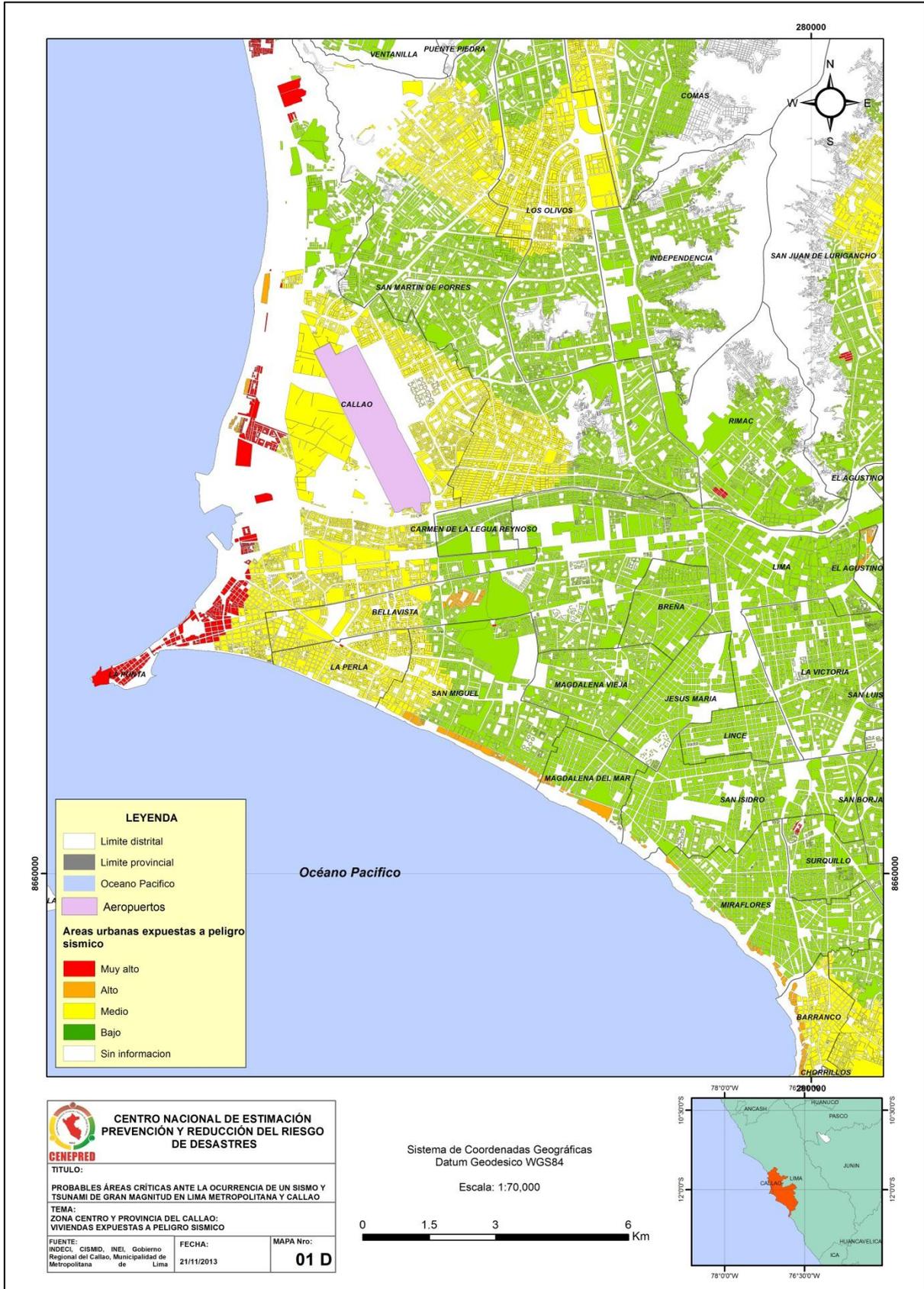




Imagen 07: Zona Centro: viviendas expuestas a tsunami

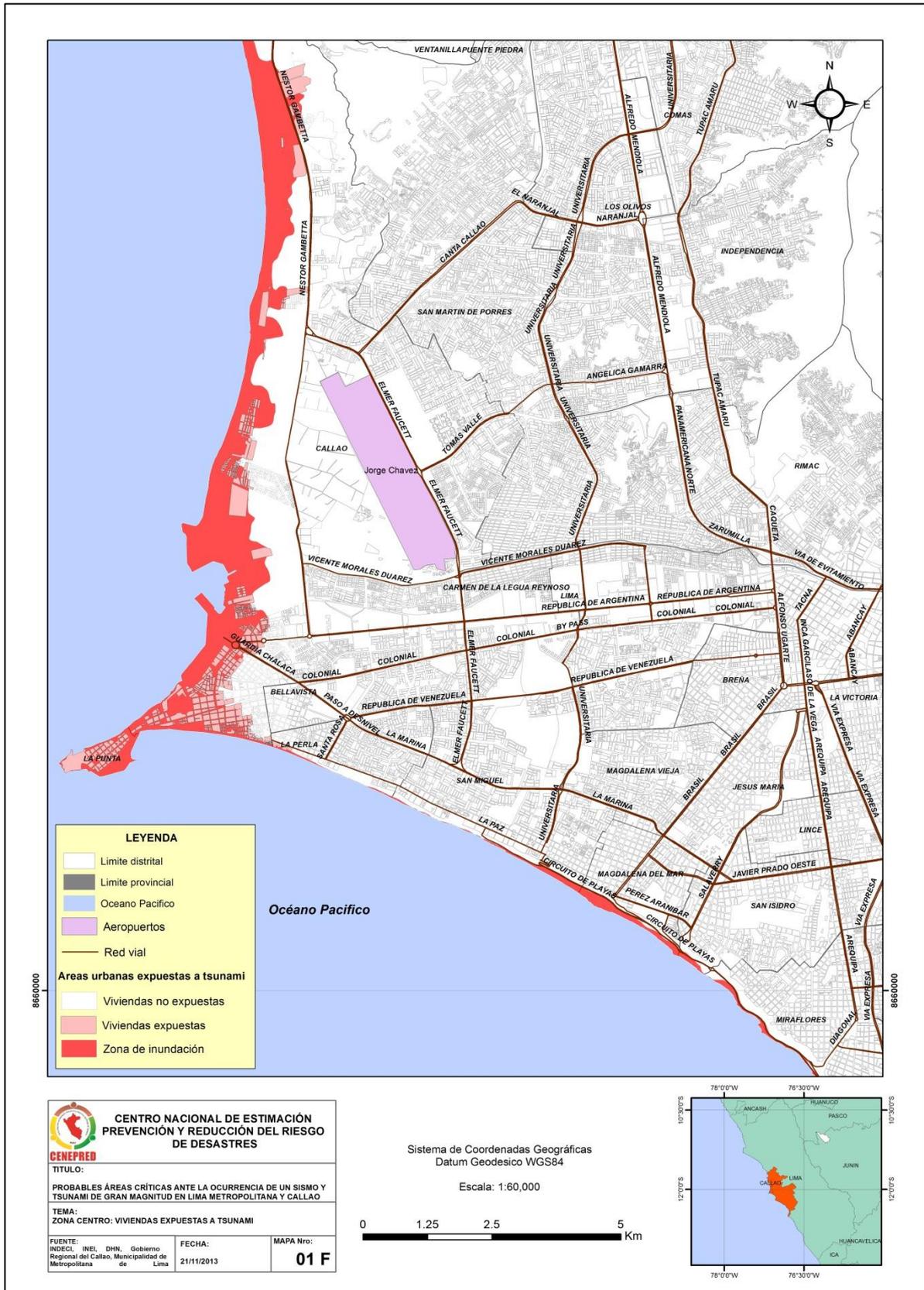
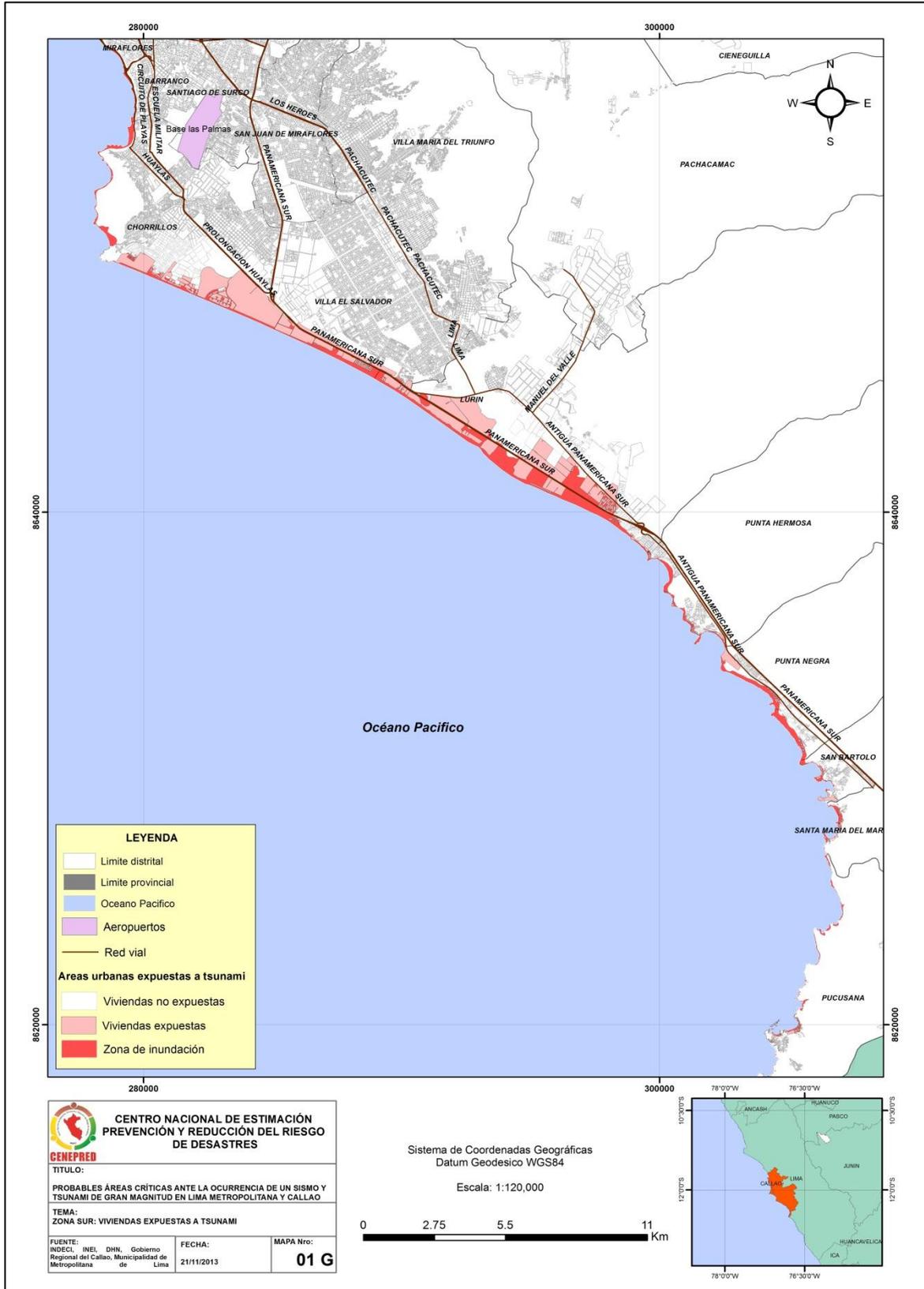


Imagen 08: Zona Sur: viviendas expuestas a tsunami



#### 4. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS EN ZONAS SUSCEPTIBLES A SISMO Y TSUNAMI

La cuantificación de la probable afectación de los elementos expuestos que están dentro del área de influencia del fenómeno natural (sismo y tsunami), ayudara a estimar las probables pérdidas o daños (vidas humanas, infraestructura y actividades económicas), que podrían generarse a consecuencia de la manifestación de dichos fenómenos naturales. Así como un análisis de los servicios de abastecimiento (agua, energía, alimentos, etc.) de la ciudad ayudaría a entender la real dimensión del impacto y su distribución espacial (se requiere información más detallada e integral).

##### 4.1 CUANTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS A SISMO

Se muestra en el cuadro 02, el grafico 02, 03 y 04, la población, las viviendas y las manzanas urbanas expuestas al peligro sísmico, se debe tener en consideración que dicha información se tomó del Censo del 2007 (no se considera áreas urbanas que están fuera del área de estudio del mapa de microzonificación sísmica, ya que se ha observado un crecimiento urbano desordenado en los cerros y la creación de nuevas urbanizaciones. Esto amerita generar nueva información por parte de las entidades técnica científica y sectores para futuras actualizaciones de los resultados.

**Cuadro 02: Población, viviendas y manzanas urbanas expuestas la ocurrencia de un sismo.**

Peligro sísmico	Manzanas urbanas	Viviendas urbanas	Población
Muy alto	2,044	46,997	189,116
Alto	3,745	102,745	449,263
Medio	18,897	563,565	2,472,090
Bajo	29,789	1,072,097	4,252,666

Elaborado: CENEPRED

**Grafico 02: Manzanas urbanas expuestas a peligro sísmico**



Elaborado: CENEPRED

**Grafico 03: Viviendas urbanas expuestas a peligro sísmico**



Elaborado: CENEPRED

**Gráfico 04: Población urbanas expuestas a peligro sísmico**



Elaborado: CENEPRED

También existe infraestructura de importancia que permite el funcionamiento normal de la ciudad (prestación de servicios y abastecimiento), la probabilidad de pérdida parcial o total no solo ocasionaría pérdidas económicas y sociales en el momento de la ocurrencia del sismo y tsunami, sino a posteriori (rehabilitación y reconstrucción).

**Cuadro 03: Infraestructura de abastecimiento de alimentos expuestos a peligro sísmico**

Peligro a sismo	ABASTECIMIENTO DE ALIMENTOS				
	Supermercados	Mercados Mayoristas	Mercados de Distribución	Centro de acopio	Almacenes ayuda huma.
Muy alto	3	1	25	8	0
Alto	0	1	57	18	0
Medio	33	1	360	59	1
Bajo	104	11	601	86	1
Sin información	0	1	71	25	0

Elaborado: CENEPRED

**Cuadro 04: Infraestructura de transporte y vialidad expuestos a peligro sísmico**

Peligro sísmico	TRANSPORTE Y VIALIDAD					
	Muelles	Puentes	Paso a desnivel	Helipuertos	Puerto - Callao	Aeropuertos
Muy alto	0	2	2	1	0	0
Alto	0	0	8	1	0	0
Medio	0	5	10	2	0	2
Bajo	0	30	52	18	0	0
Sin información	0	7	0	0	0	0

Elaborado: CENEPRED

**Cuadro 05: Infraestructura de abastecimiento de energía expuestos a peligro sísmico**

Peligro a sismo	ABASTECIMIENTO DE ENERGIA				
	Hidroeléctricas	Estación de regulación de presión de gas	Líneas eléctricas (km)	Plantas envasadoras de GLP	Comercializadora de combustible
Muy alto	0	0	1.32	0	0
Alto	0	0	8.84	0	1
Medio	0	1	30.57	2	4
Bajo	2	0	124.67	3	3
Sin información	0	0	779.89	0	0

Elaborado: CENEPRED

**Cuadro 06: Infraestructura de atención médica expuestos a peligro sísmico**

Peligro a sismo	ATENCIÓN MEDICA		
	Establecimientos de salud	Ambulancias	Actores de salud
<b>Muy alto</b>	18	5	0
<b>Alto</b>	30	7	44
<b>Medio</b>	147	30	6
<b>Bajo</b>	278	66	37
<b>Sin información</b>	56	2	0

Elaborado: CENEPRED

#### 4.2 CUANTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS A TSUNAMI

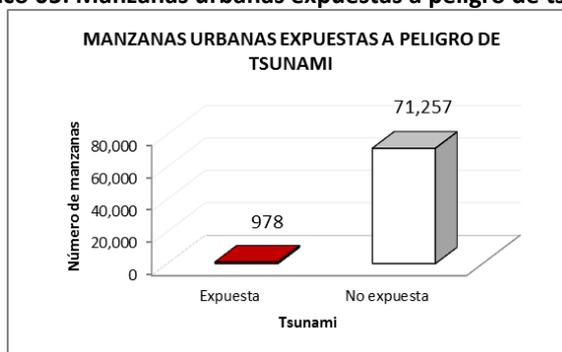
Se indica en el cuadro 07, 08, 09 y gráficos 05, 06 y 07, la población, viviendas y manzanas urbanas expuestas a inundación por tsunami a lo largo de la costa de Lima y Callao.

**Cuadro 07: Población, viviendas y manzanas urbanas expuestas a tsunami**

Peligro a tsunami	Manzanas urbanas	Viviendas urbanas	Población
<b>Expuesta</b>	978	23,368	89,974
No expuesta	71,257	2,042,855	8,363,593

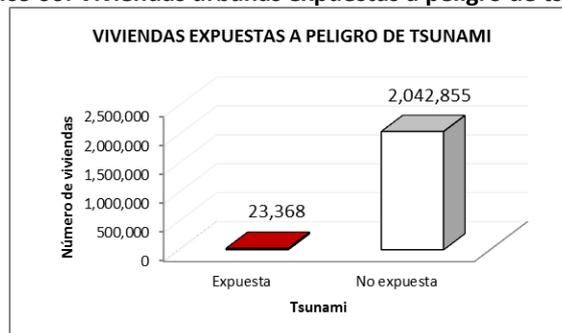
Elaborado: CENEPRED

**Gráfico 05: Manzanas urbanas expuestas a peligro de tsunami**



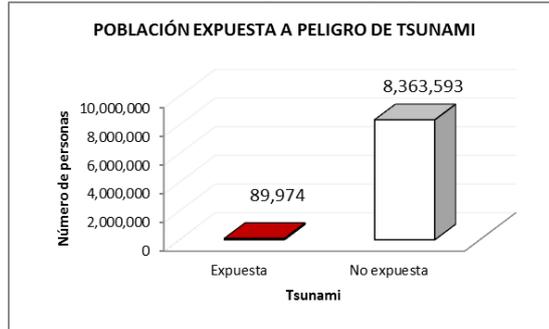
Elaborado: CENEPRED

**Gráfico 06: Viviendas urbanas expuestas a peligro de tsunami**



Elaborado: CENEPRED

**Gráfico 07: Población expuesta a peligro de tsunami**



Elaborado: CENEPRED

**Cuadro 08: Infraestructura de transporte y vialidad expuesta a tsunami**

Peligro a tsunami	TRANSPORTE Y VIALIDAD					
	Muelles	Puentes	Paso a desnivel	Helipuertos	Puerto - Callao	Aeropuertos
Expuesto	7	0	0	0	1	0

Elaborado: CENEPRED

**Cuadro 09: Infraestructura de atención médica expuesta a tsunami**

Peligro a tsunami	ATENCIÓN MEDICA		
	Establecimientos de salud	Ambulancias	Actores de salud
Expuesto	11	4	0
No expuesto	518	106	44

Elaborado: CENEPRED

### 4.3 MAPAS DE ELEMENTOS EXPUESTOS EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO

Imagen 09: Mapa de ubicación de infraestructura de abastecimiento de alimentos

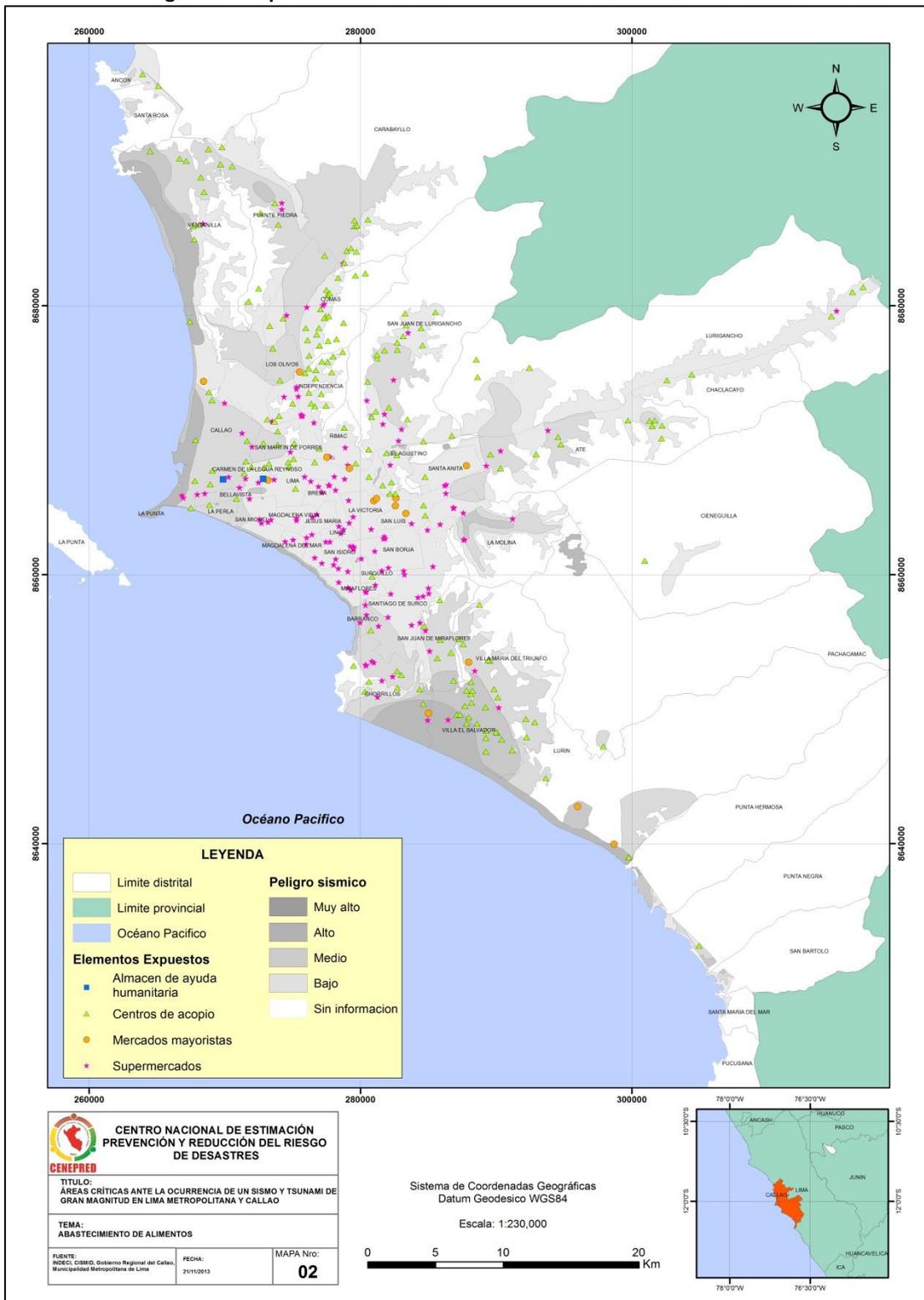


Imagen 10: Mapa de ubicación de infraestructura de abastecimiento de alimentos: zona norte

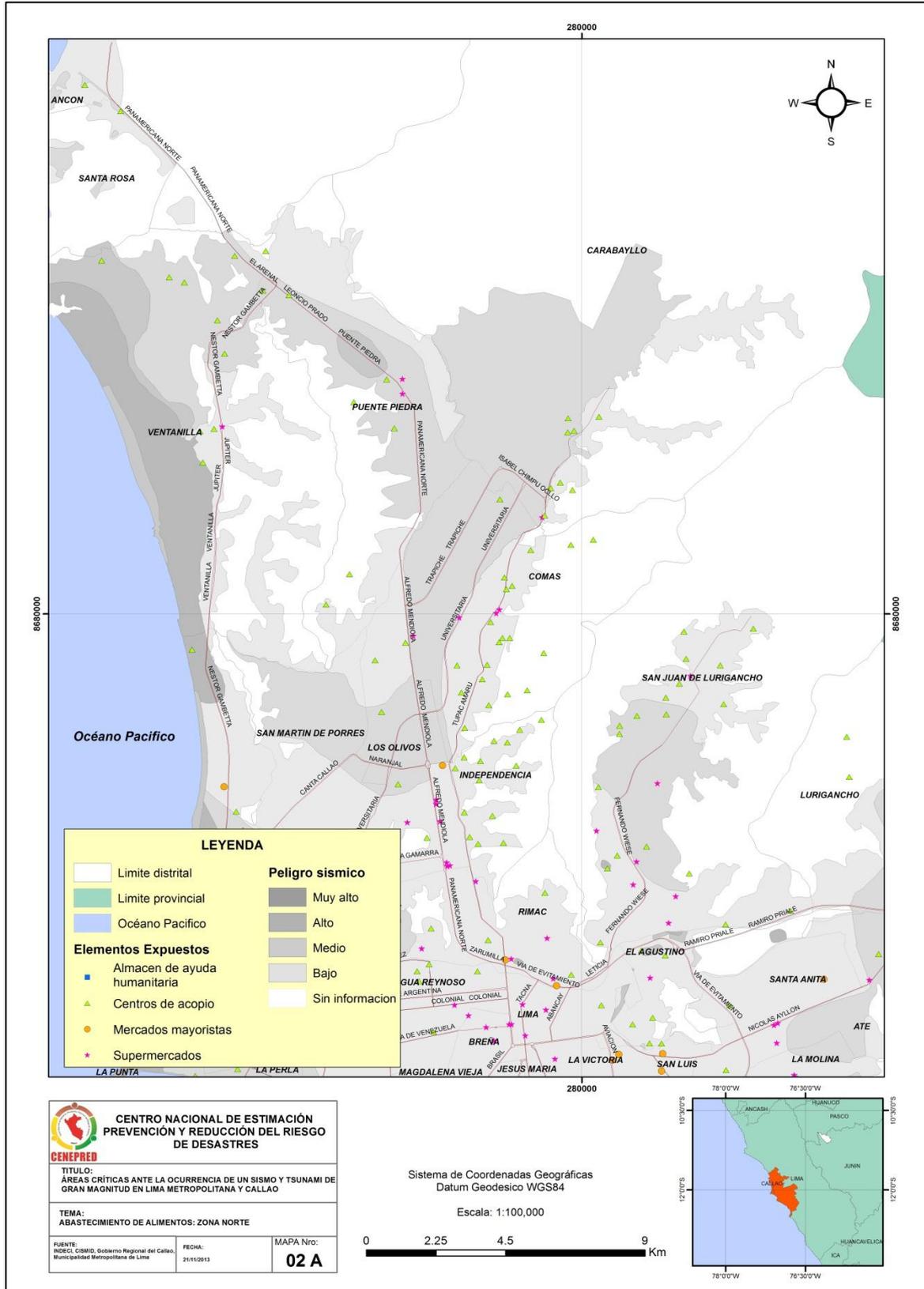


Imagen 11: Mapa de ubicación de infraestructura de abastecimiento de alimentos: zona sur

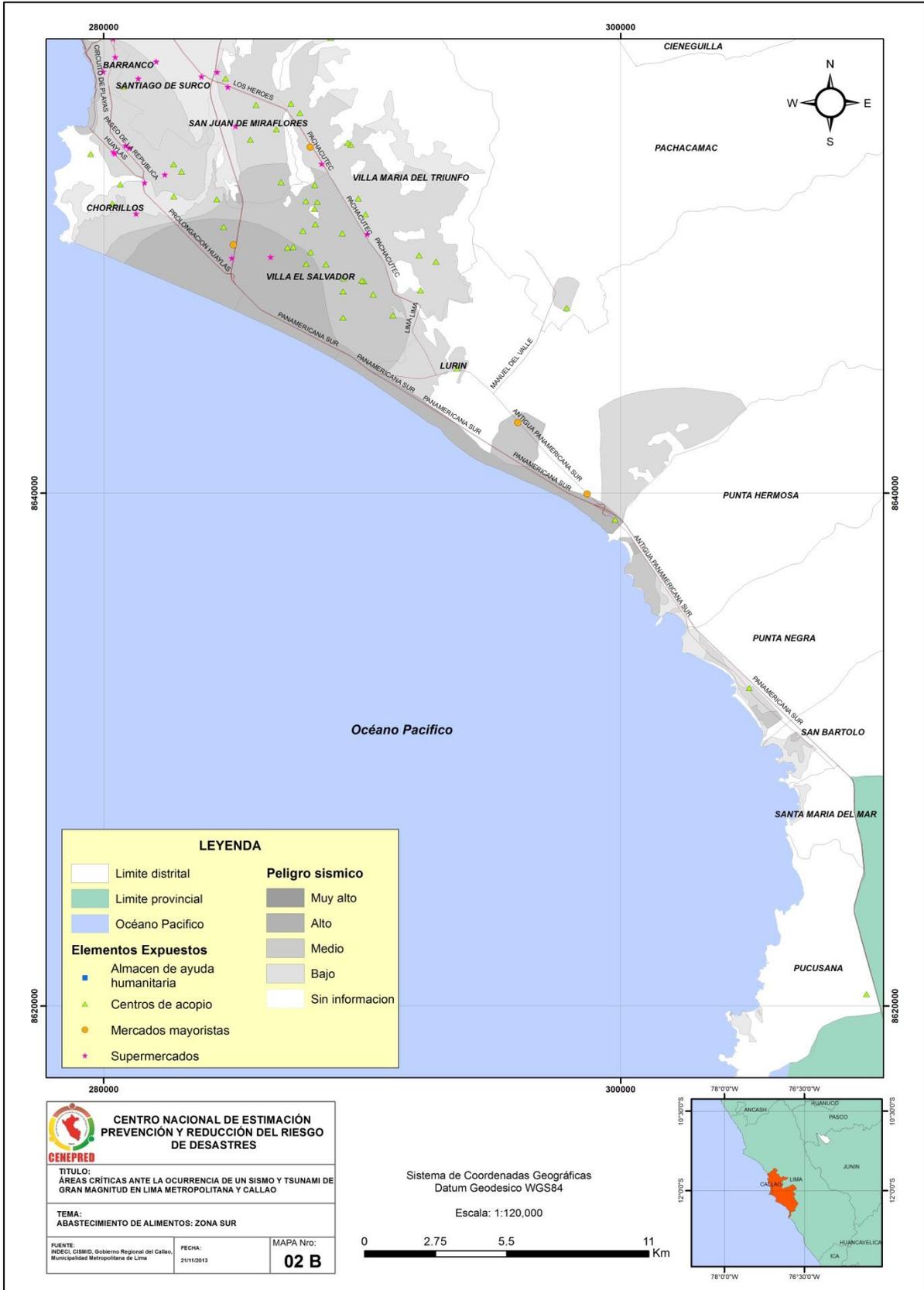


Imagen 12: Mapa de ubicación de infraestructura de abastecimiento de alimentos: zona este

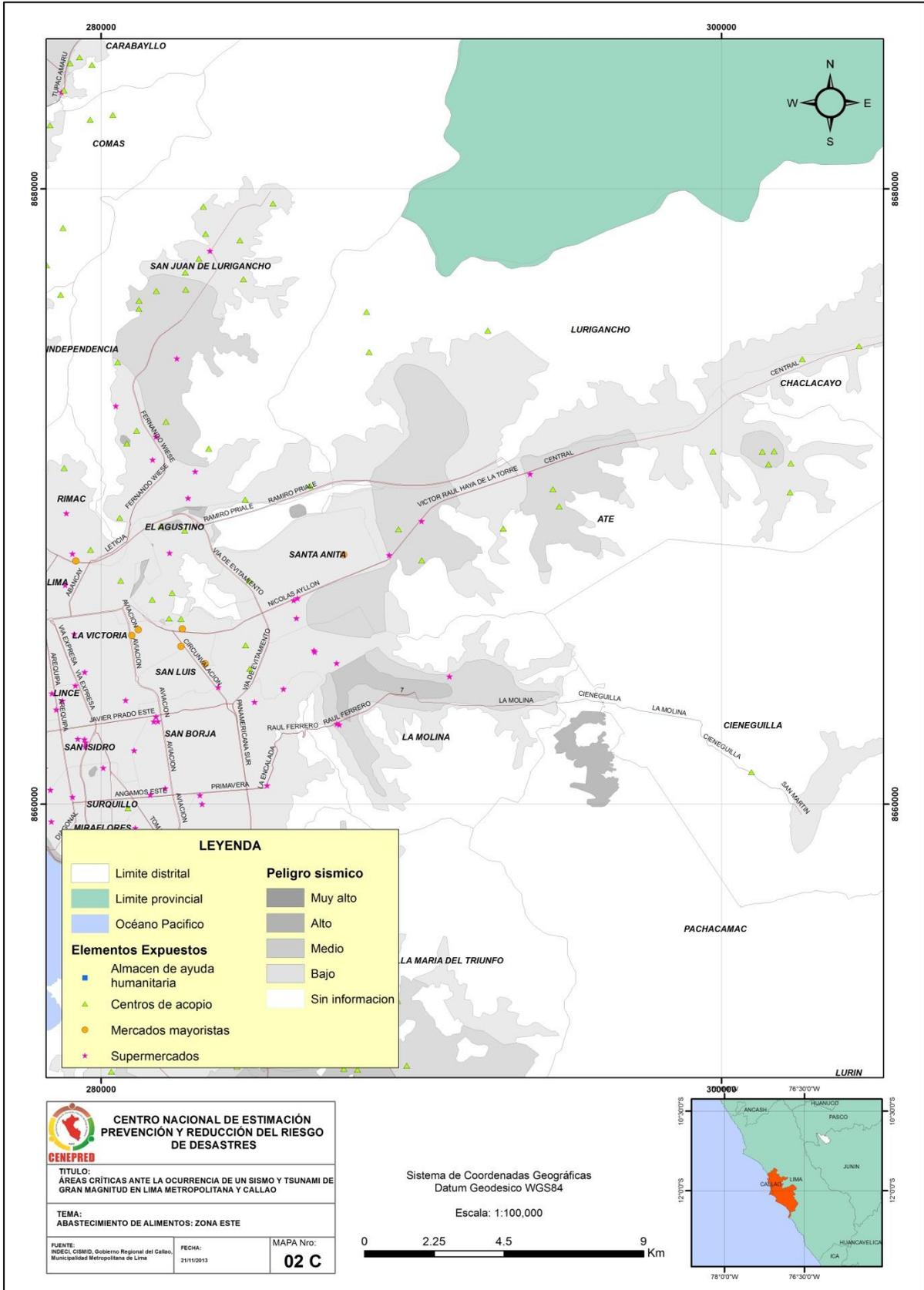


Imagen 13: Mapa de ubicación de infraestructura de abastecimiento de alimentos: zona centro y provincia del Callao

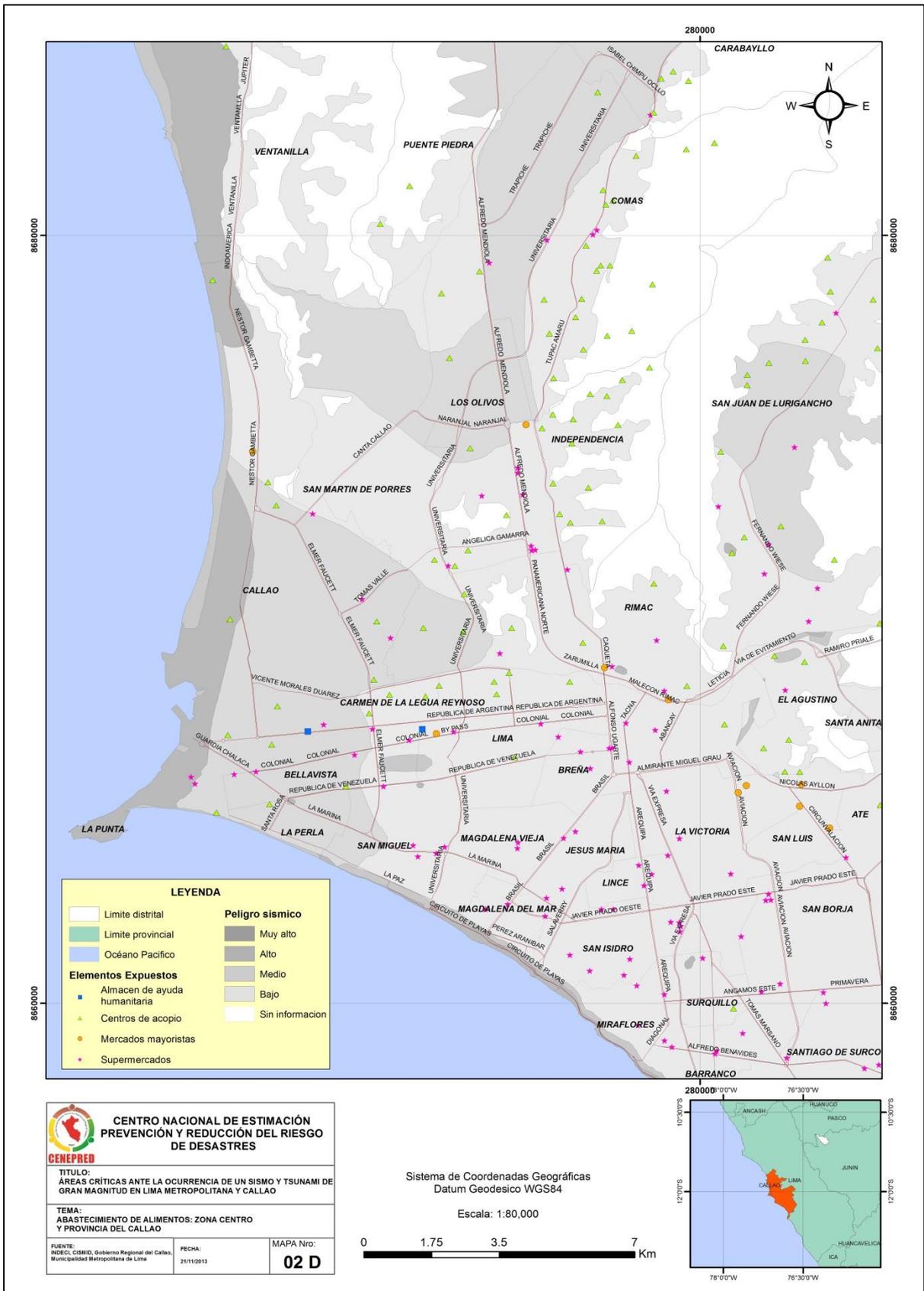


Imagen 14: Mapa de ubicación de infraestructura de transporte y vialidad

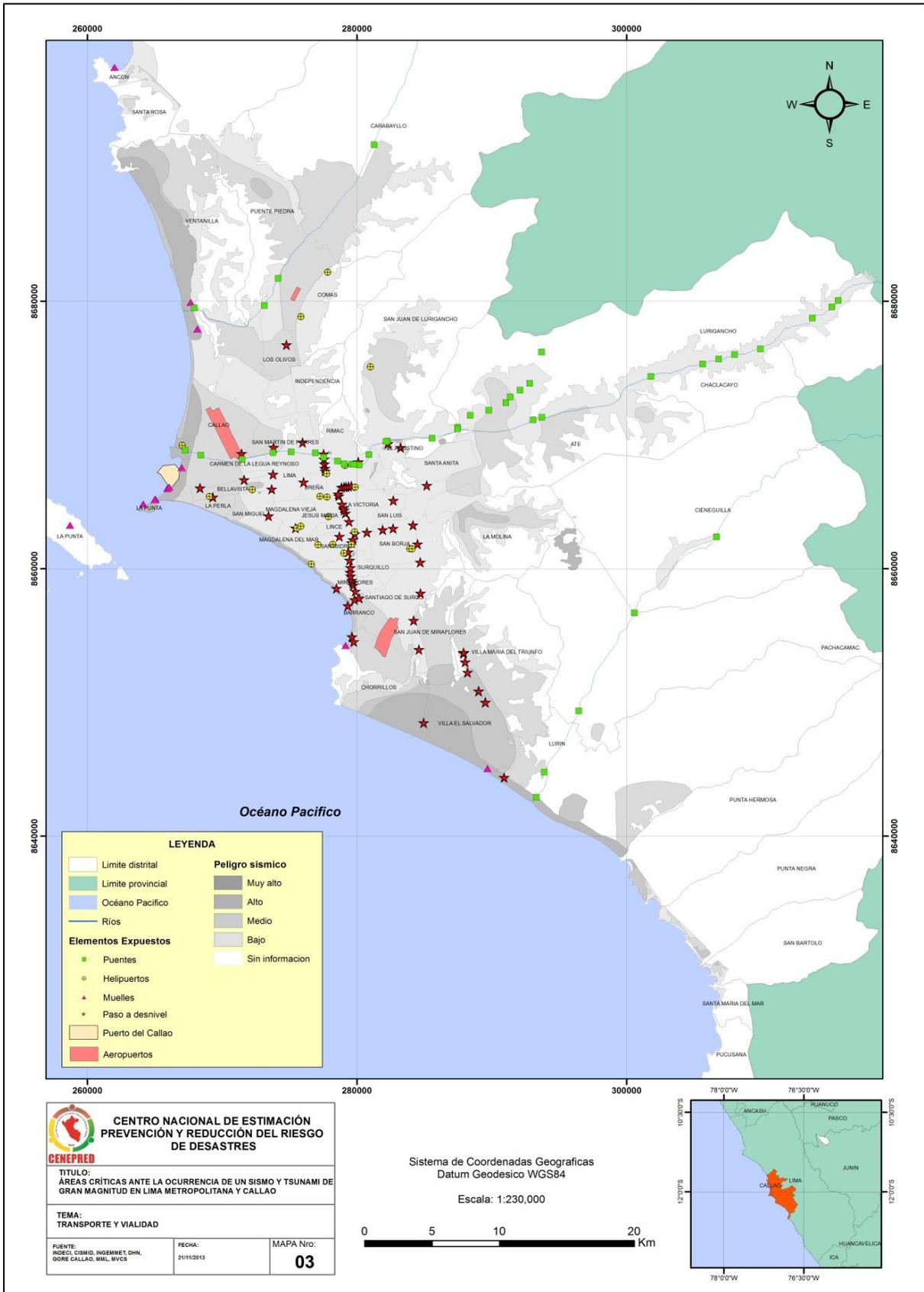


Imagen 15: Mapa de ubicación de infraestructura de transporte y vialidad: zona norte

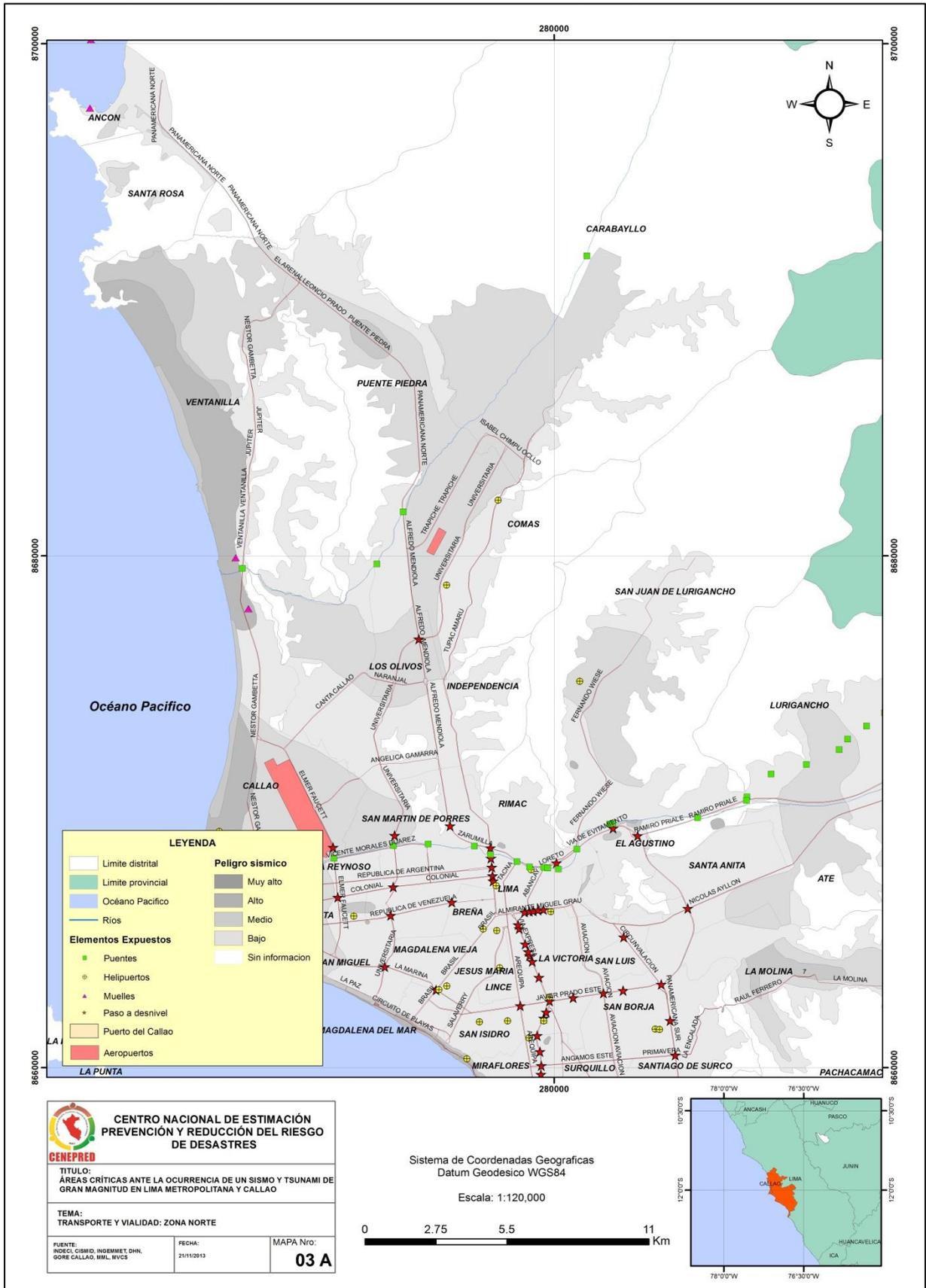


Imagen 16: Mapa de ubicación de infraestructura de transporte y vialidad: zona sur

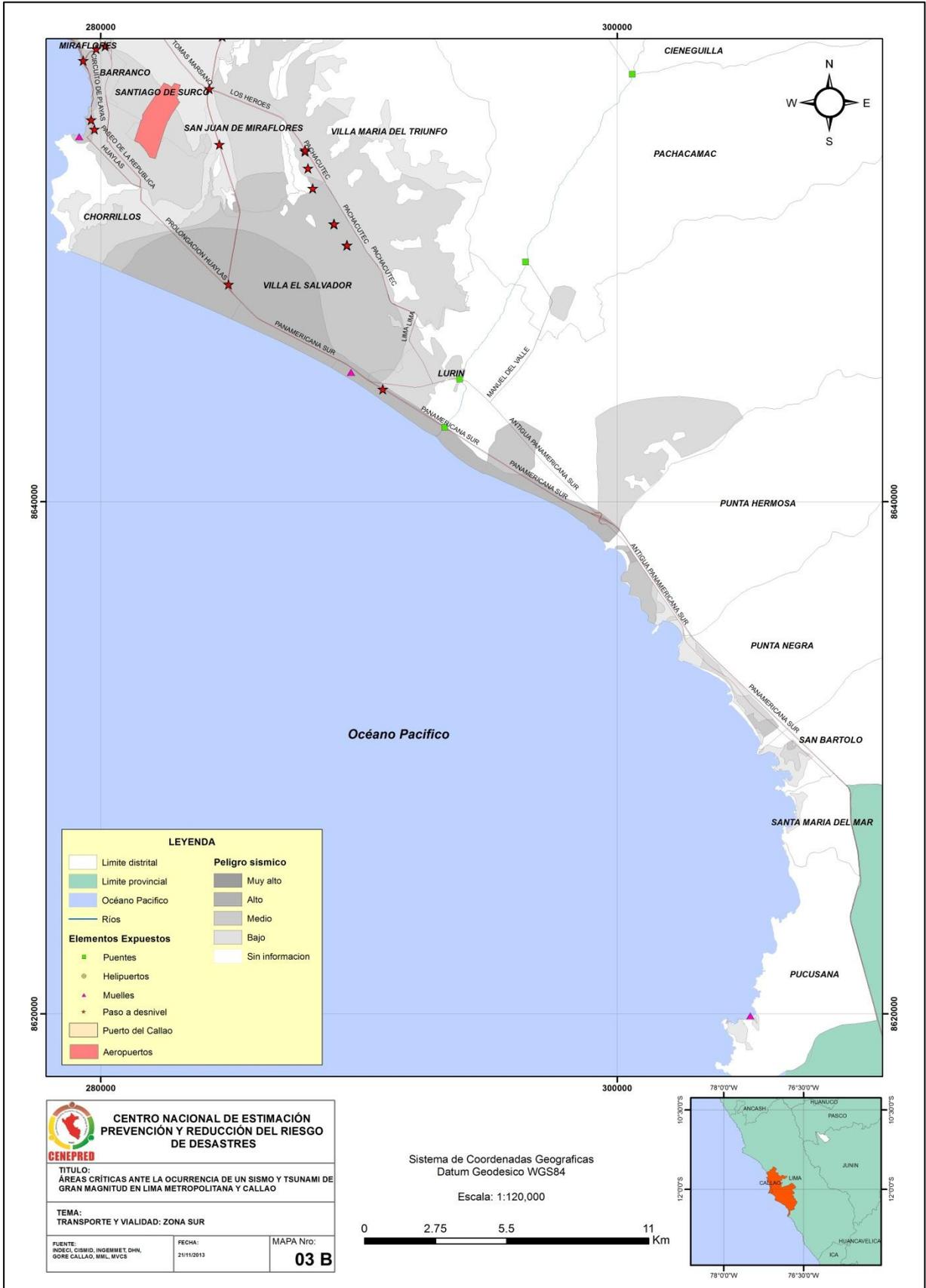


Imagen 17: Mapa de ubicación de infraestructura de transporte y vialidad: zona este

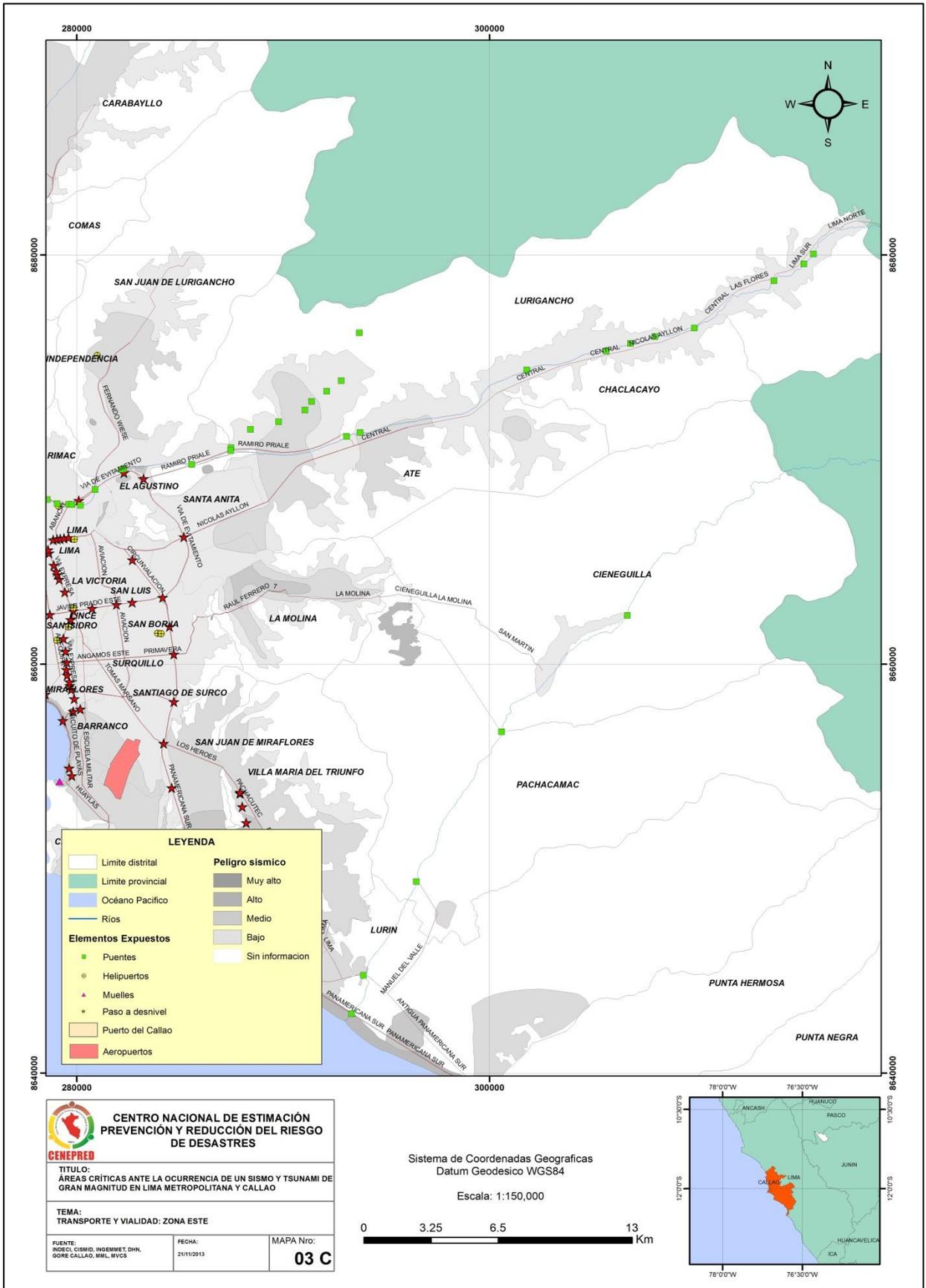


Imagen 18: Mapa de ubicación de infraestructura de transporte y vialidad: zona centro y provincia del Callao

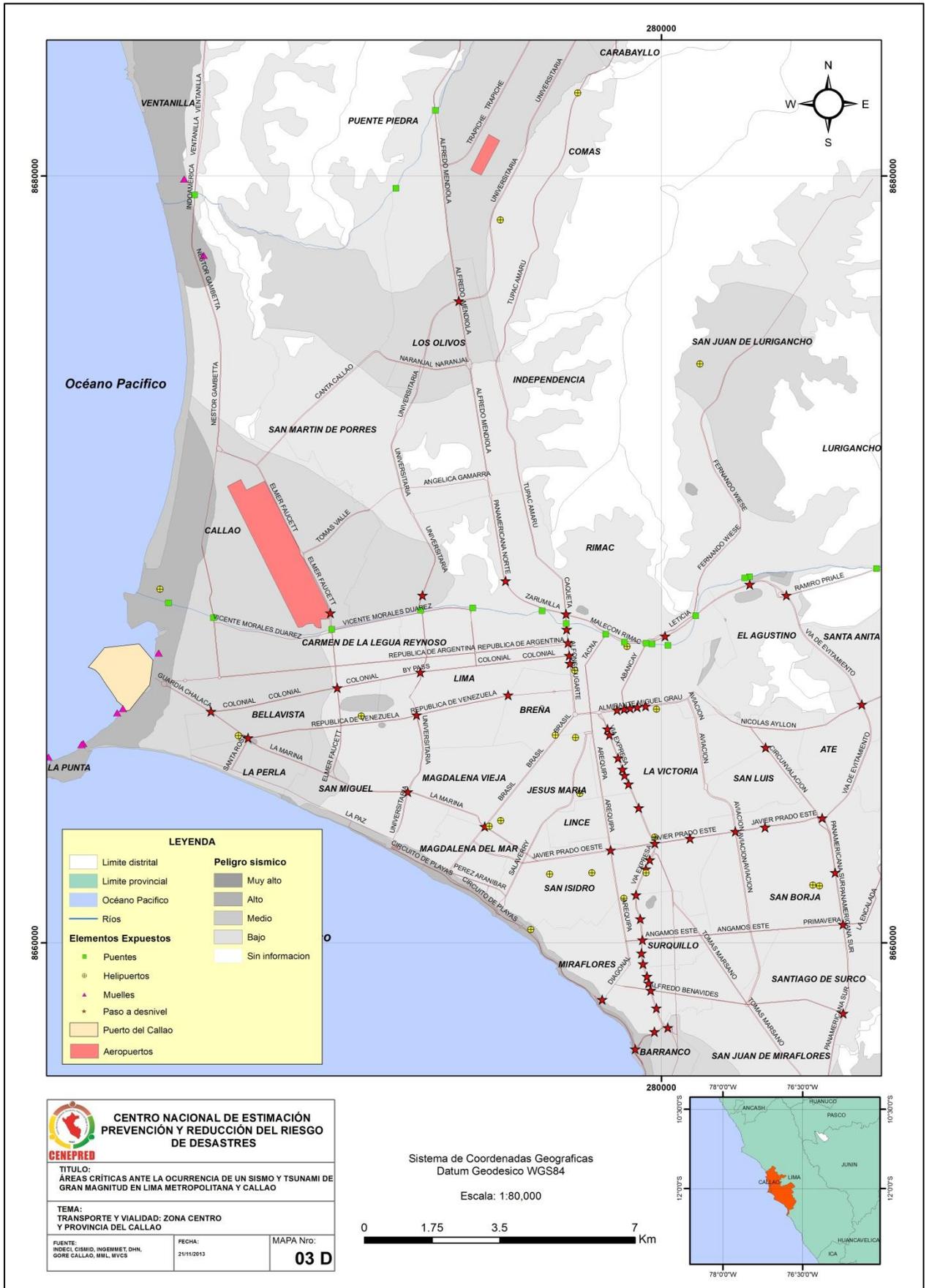


Imagen 19: Mapa de ubicación de infraestructura de abastecimiento de energía

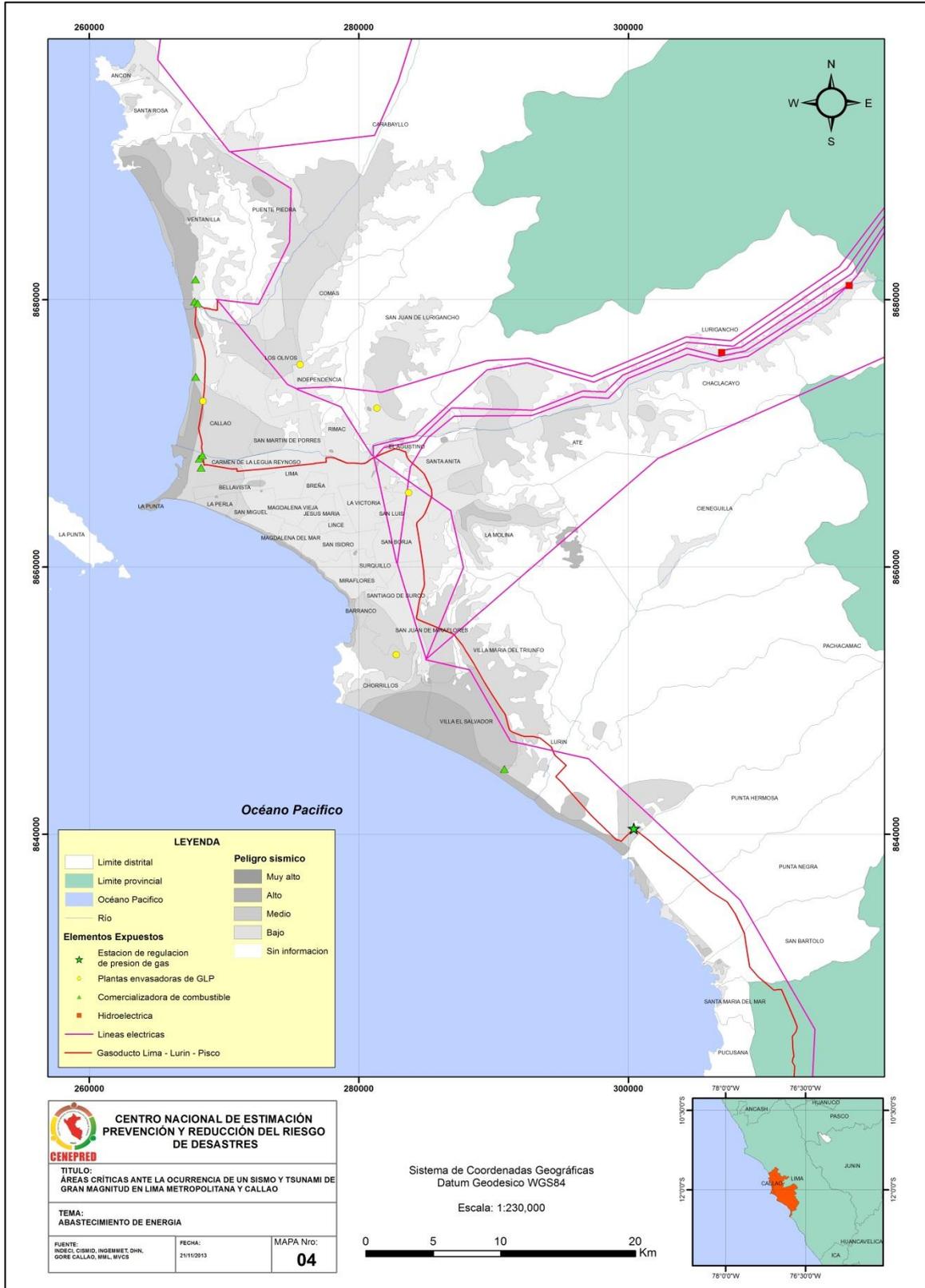


Imagen 20: Mapa de ubicación de infraestructura de abastecimiento de energía: zona norte

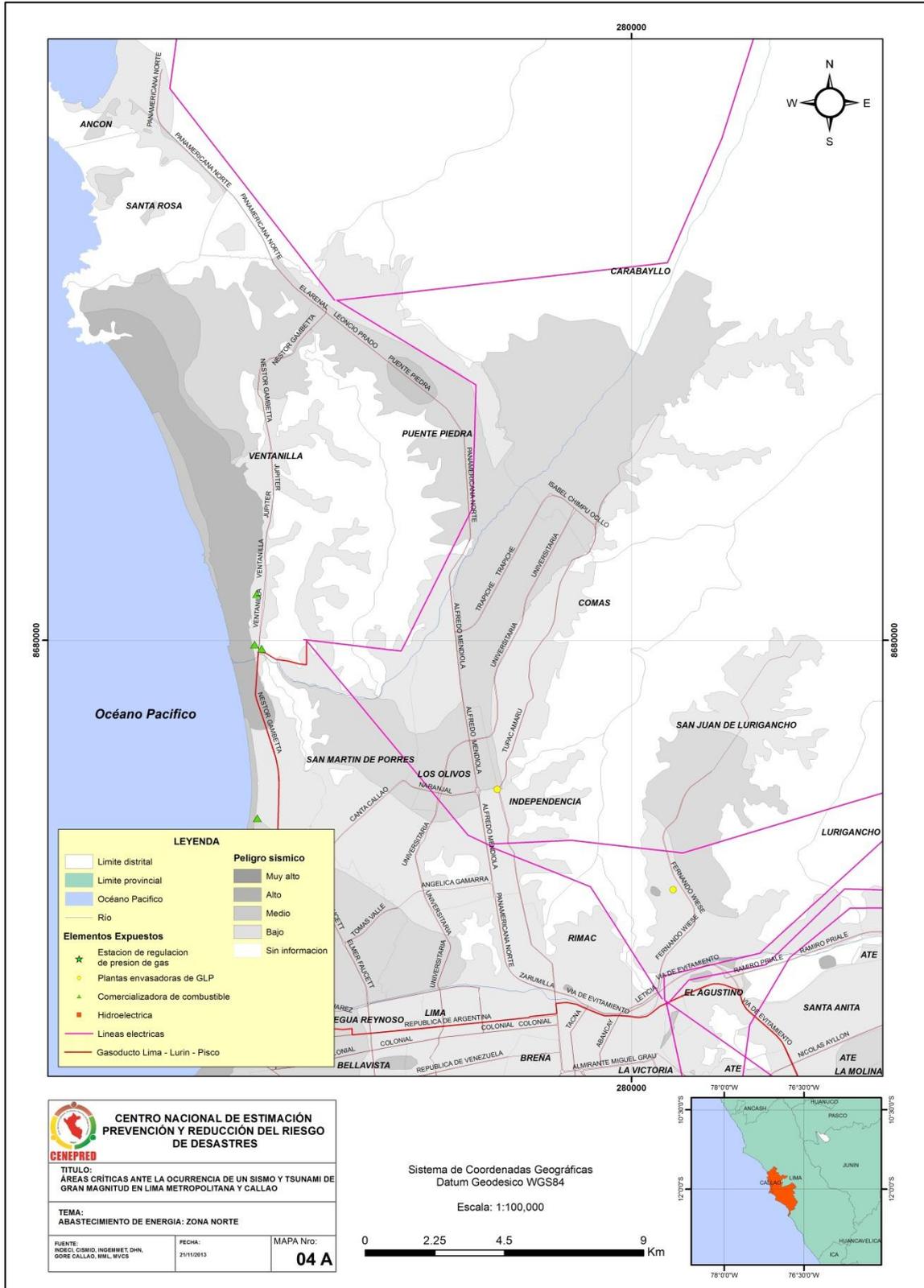


Imagen 21: Mapa de ubicación de infraestructura de abastecimiento de energía: zona sur

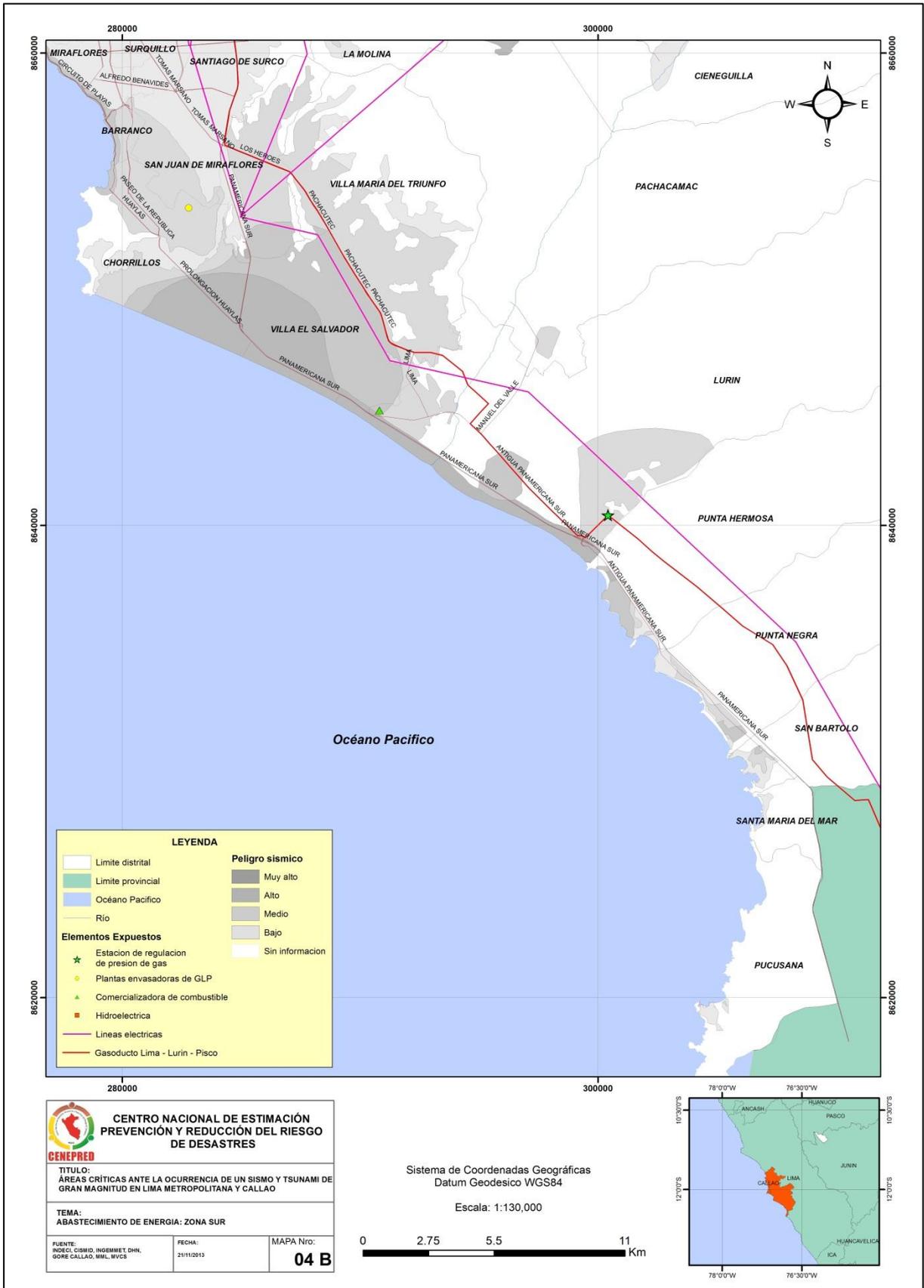


Imagen 22: Mapa de ubicación de infraestructura de abastecimiento de energía: zona este

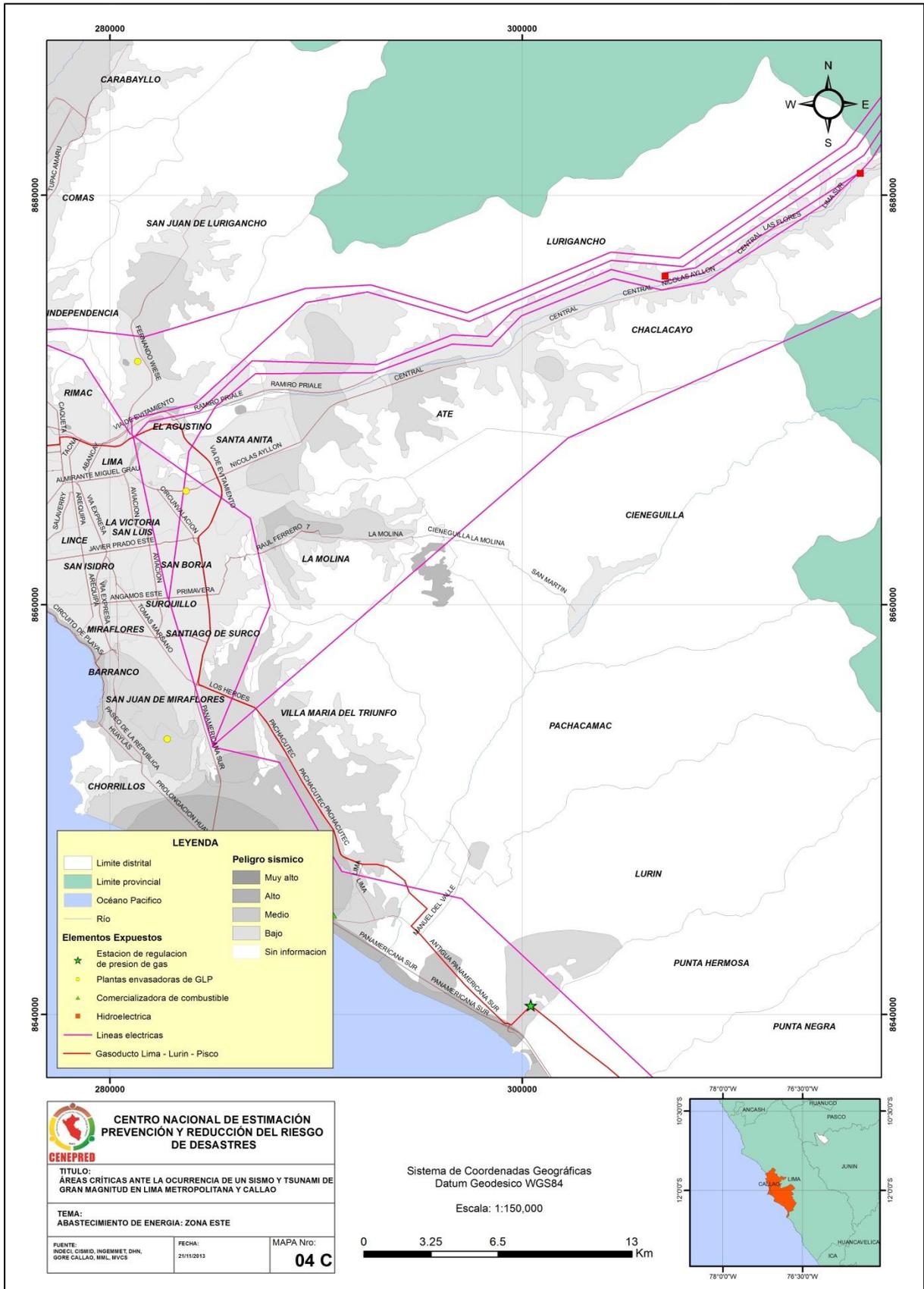


Imagen 23: Mapa de ubicación de infraestructura de abastecimiento de energía: zona centro y provincia del Callao

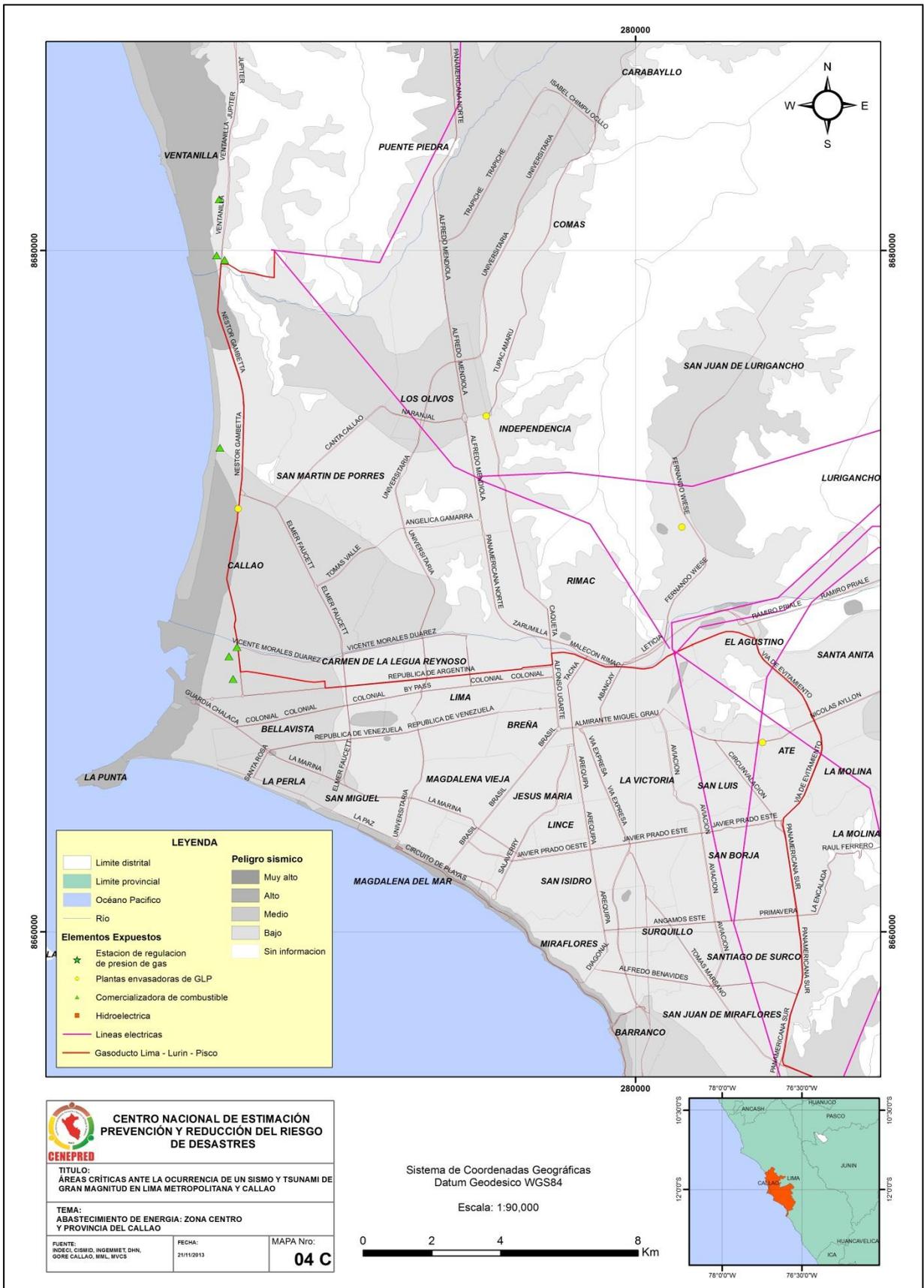


Imagen 24: Mapa de ubicación de infraestructura de abastecimiento de agua

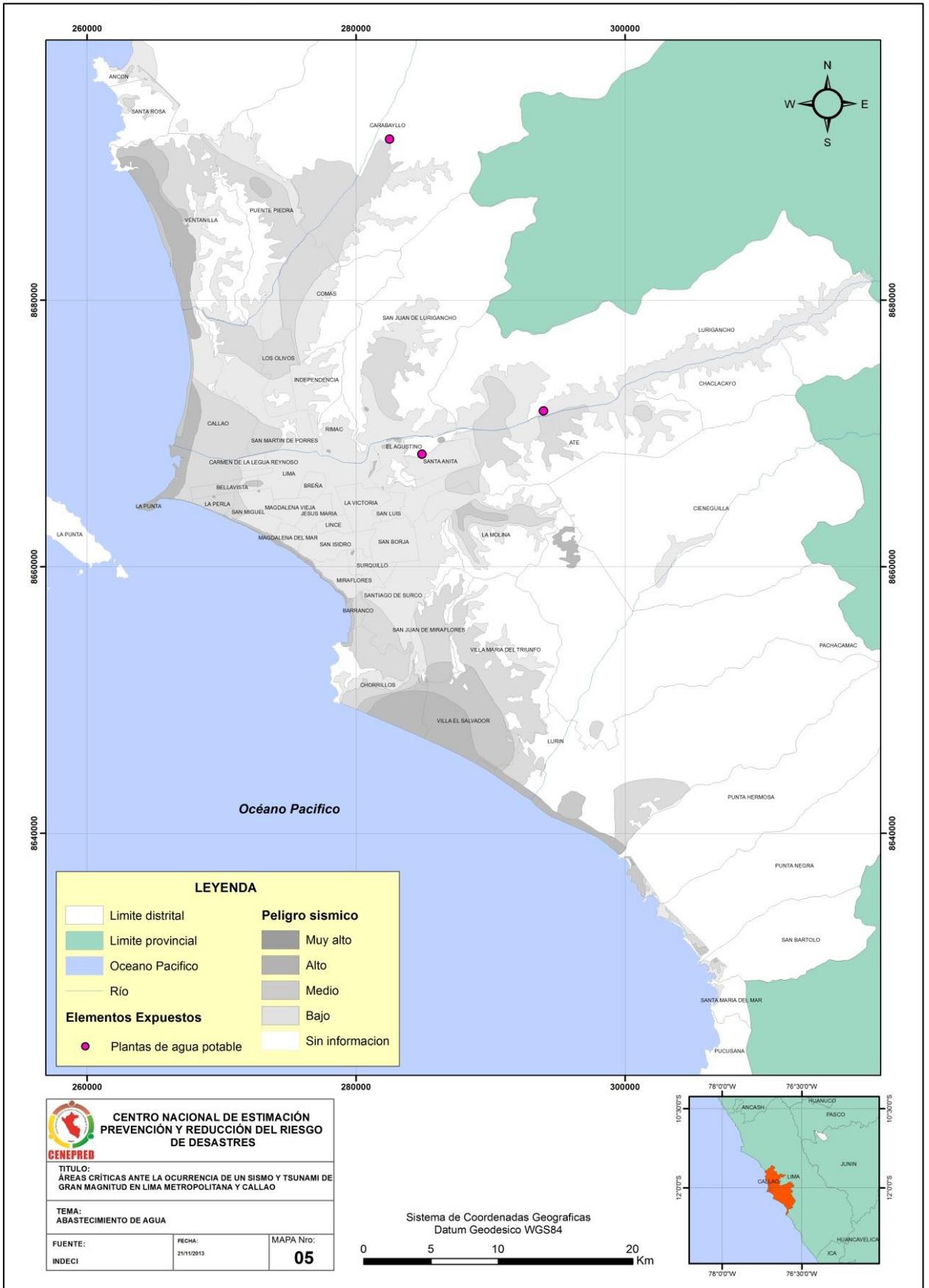




Imagen 26: Mapa de ubicación de infraestructura de abastecimiento de agua: Chillón

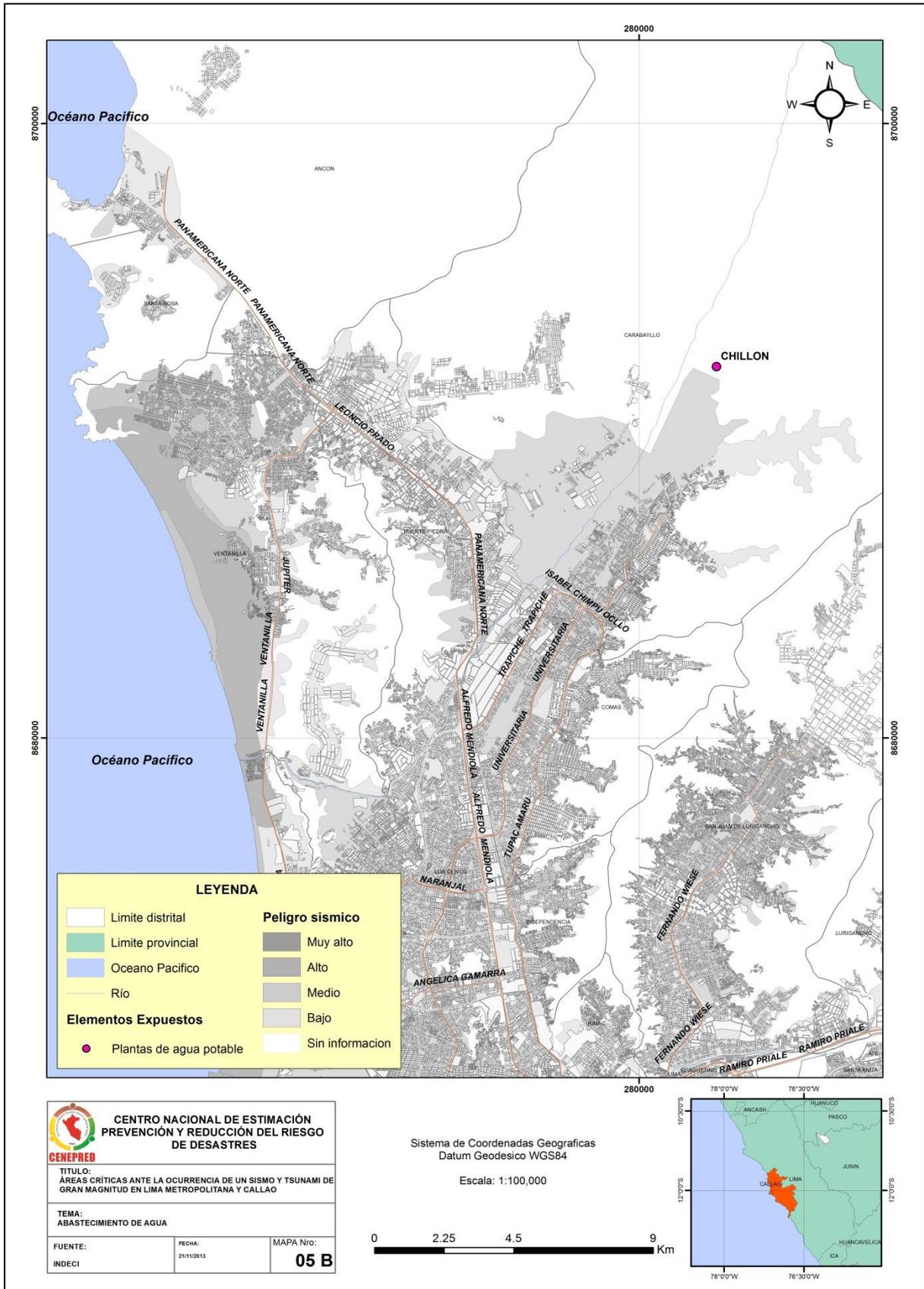


Imagen 27: Mapa de ubicación de infraestructura de atención médica

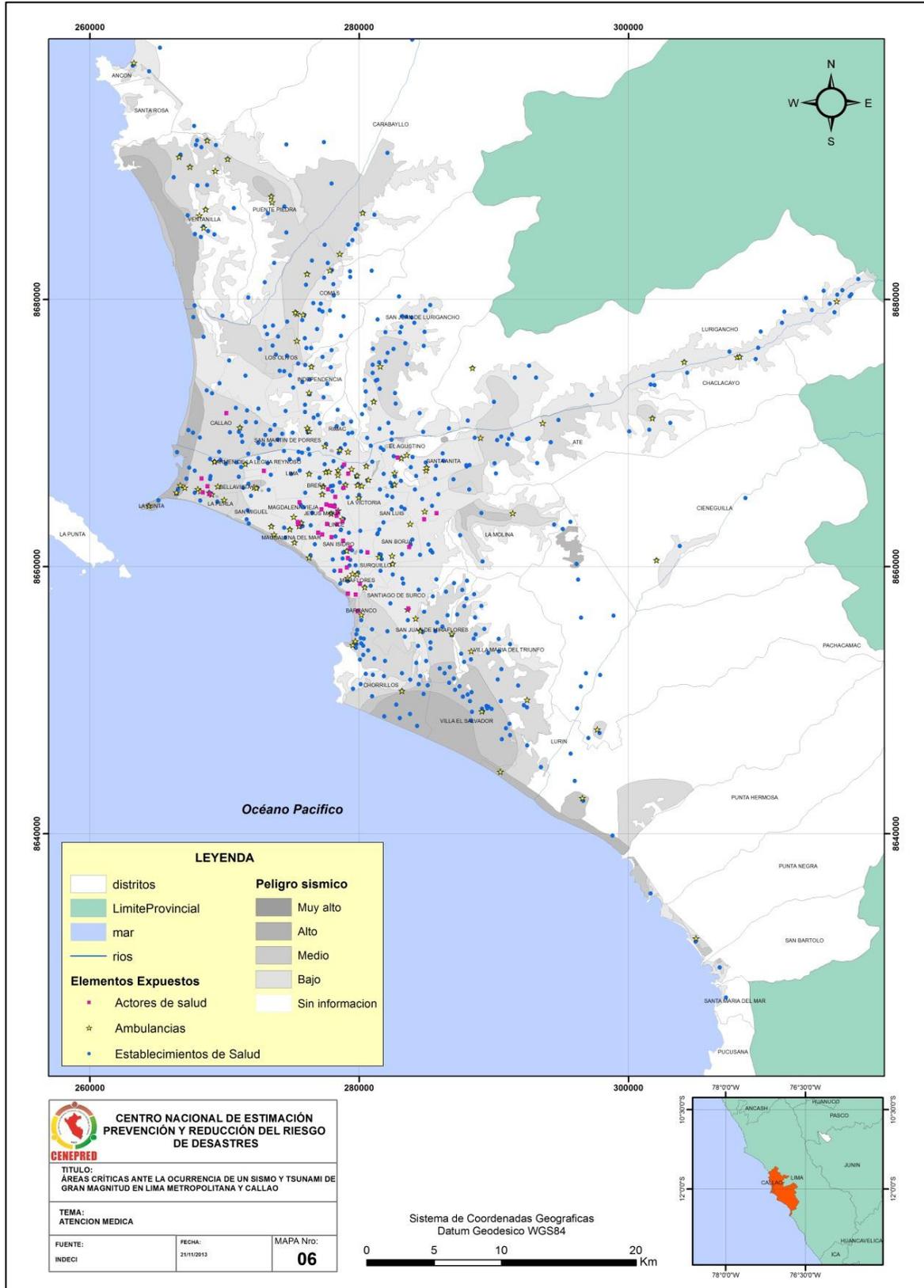


Imagen 28: Mapa de ubicación de infraestructura de atención médica: zona norte

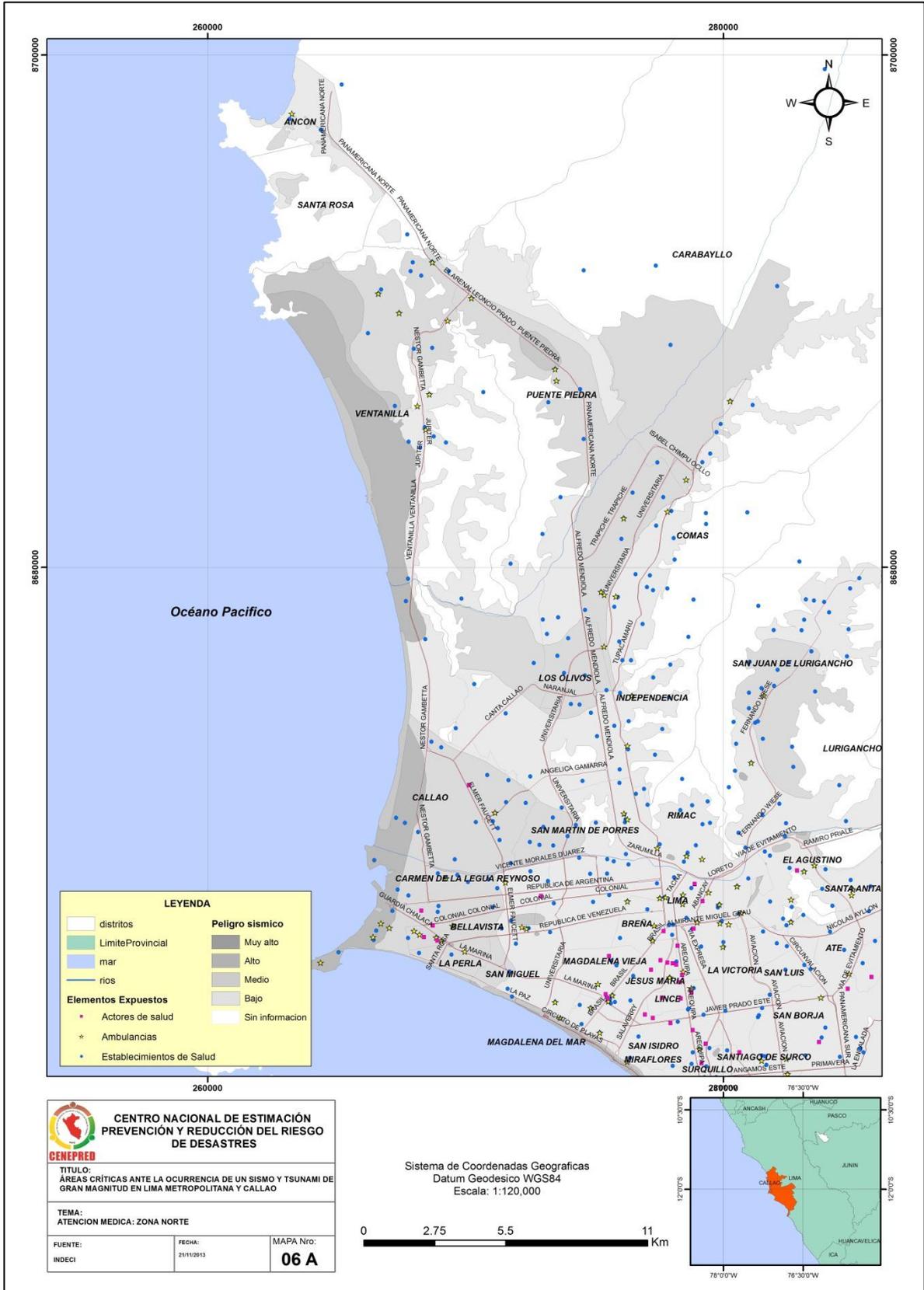


Imagen 29: Mapa de ubicación de infraestructura de atención médica: zona sur

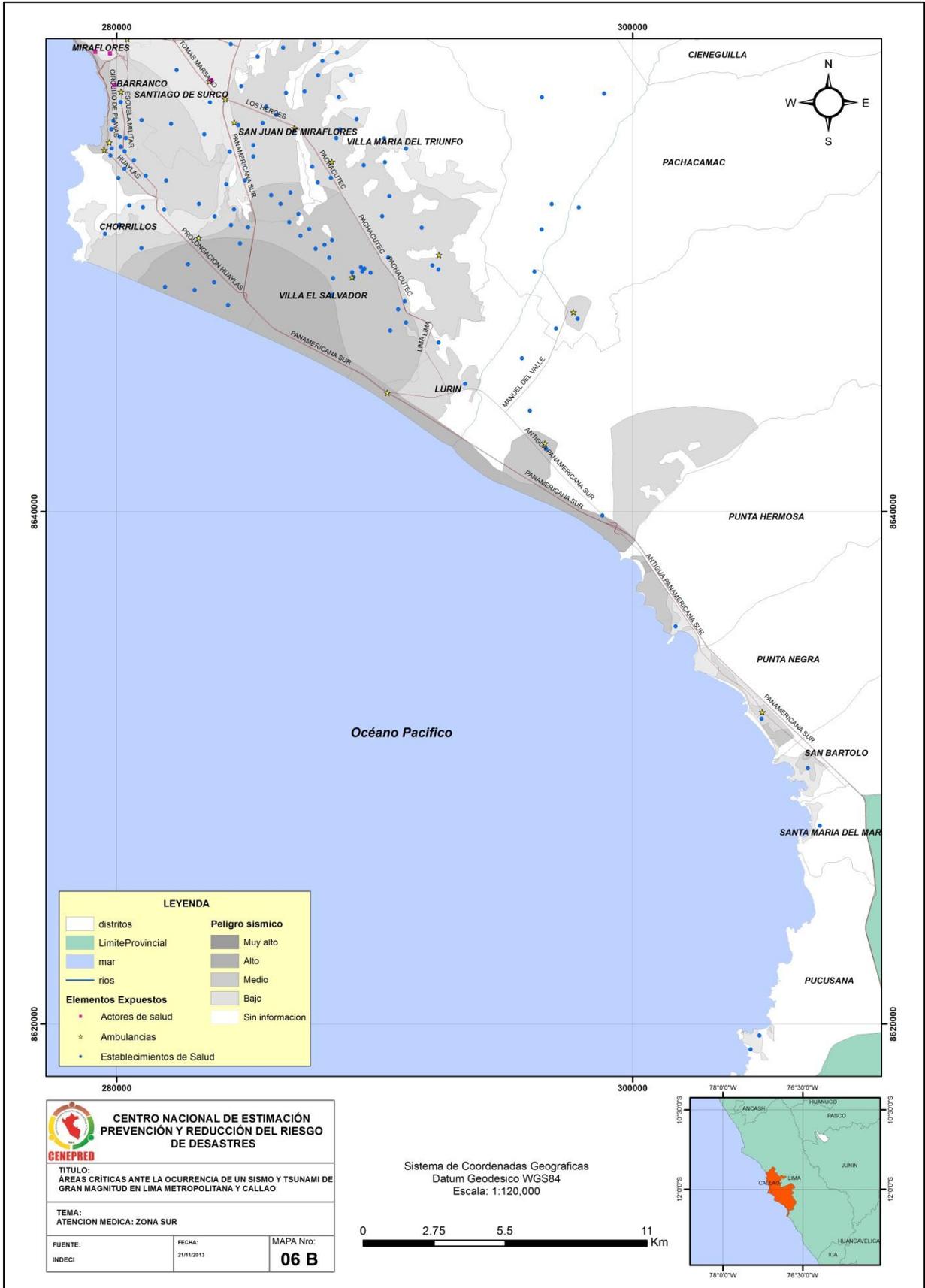


Imagen 30: Mapa de ubicación de infraestructura de atención médica: zona este

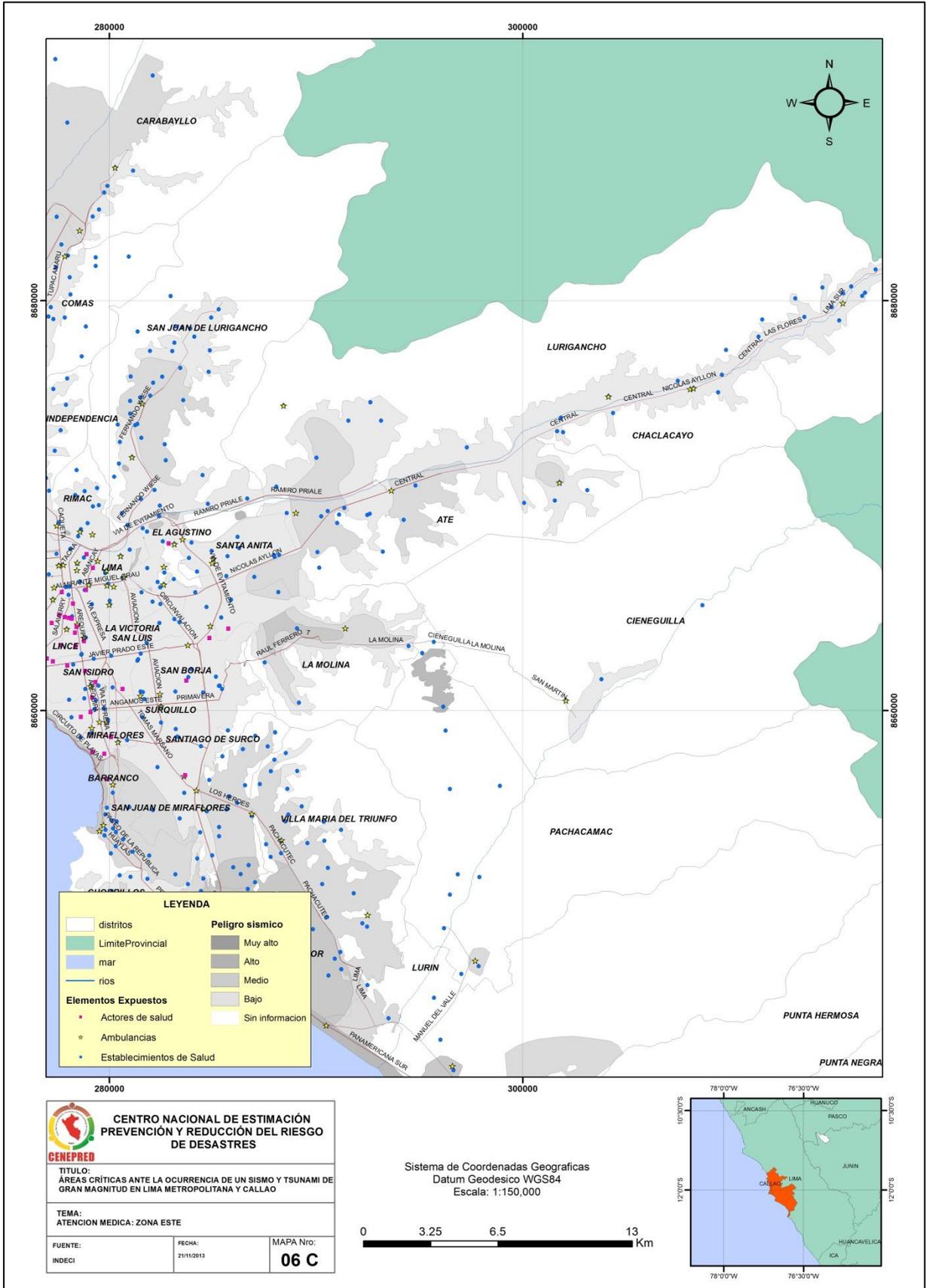
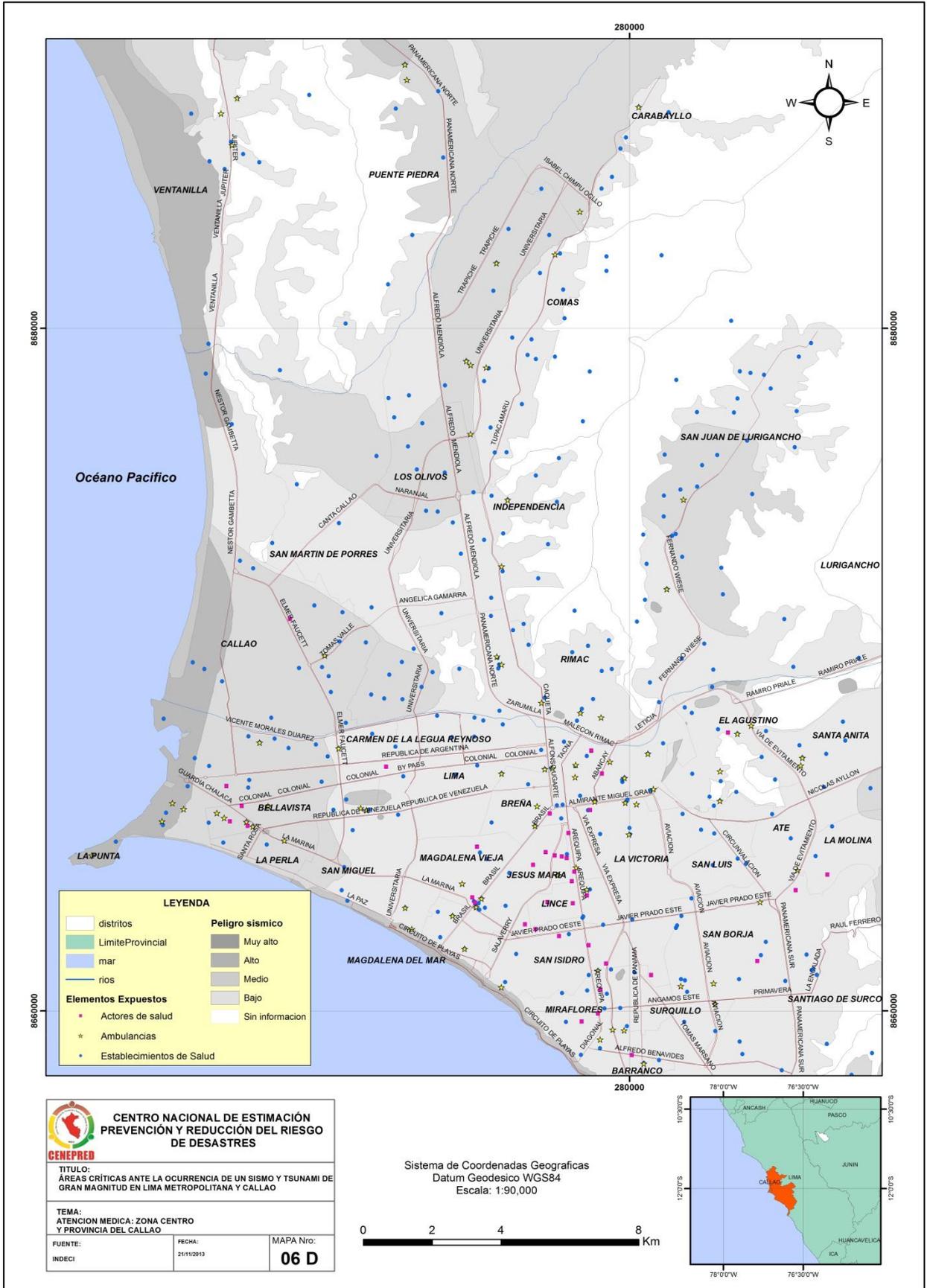


Imagen 31: Mapa de ubicación de infraestructura de atención médica: zona centro y provincia del Callao



## 5. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL Y ECONÓMICA

Para el análisis de los elementos expuestos a peligro de sismo se consideró la dimensión social y económica. En el caso de ocurrencia de un tsunami después de ocurrido un sismo de gran magnitud, se plantea que todo elemento que este dentro de la zona de inundación se considerara como área crítica, esto debido a que independientemente de la buena conservación de la infraestructura física y cumplimiento de las normas técnicas antisísmicas, la inundación afectaría el normal funcionamiento de dichas áreas urbanas lo que demandaría apoyo por parte de las autoridades competentes.

Debido al detalle de la información proporcionada en este trabajo se consideran la exposición, que está referida a la ubicación del ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro.

### 5.1 DIMENSIÓN SOCIAL

Se consideraron tres parámetros de evaluación: Densidad de población por metro cuadrado, población menor a 5 años y población mayor a 65 años. El primero nos indicaría el hacinamiento de la población y los dos restantes nos mostrarían la población dependiente y más vulnerable.

Se determinó los valores de ponderación de los parámetros de evaluación y de los descriptores, para tal fin se utilizó el análisis multicriterio (proceso de análisis jerárquico) que se explica en el manual de evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. A continuación se muestra el procedimiento.

#### Cálculo de ponderación de los parámetros de la dimensión social

Paso 01: Se construye la matriz, indicando la importancia relativa al comparar los parámetros de dos en dos.

PARÁMETRO	menos 5 años	mas de 65 años	densidad_m2
menos 5 años	1.00	2.00	4.00
mas de 65 años	0.50	1.00	3.00
densidad_m2	0.25	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	1.75	3.33	8.00
<b>1/SUMA</b>	0.57	0.30	0.13

Paso 02: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis.

PARÁMETRO	menos 5 años	mas de 65 años	densidad_m2	Vector Priorización
menos 5 años	0.571	0.600	0.500	0.557
mas de 65 años	0.286	0.300	0.375	0.320
densidad_m2	0.143	0.100	0.125	0.123
	1.000	1.000	1.000	1.000

Porcentaje (%)
55.714
32.024
12.262

Paso 03: Se calcula la Relación de Consistencia, el que debe ser menor a 0.04 (RC < 0.04), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

**HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO**

Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada
0.557	0.640	0.490	1.688
0.279	0.320	0.368	0.967
0.139	0.107	0.123	0.369

**HALLANDO EL  $\lambda_{max}$**

	Vector Suma Ponderado/Vector Priorización
	3.030
	3.019
	3.006
<b>SUMA</b>	9.055
<b>PROMEDIO</b>	3.018

ÍNDICE DE CONSISTENCIA  
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (\*)

IC	0.009
RC	0.017

Se muestra el cuadro final con la ponderación, correspondiente a la dimensión social.

**Cuadro 10: Parámetros de evaluación de la dimensión social**

PARÁMETRO	PONDERACIÓN
Densidad de población m2	0.123
Población menor a 5 años	0.557
Población mayor a 65 años	0.320

Elaborado: CENEPRED

A continuación se muestra el procedimiento para la ponderación de los descriptores.

**Cálculo de ponderación de los descriptores de cada parámetro**

Al calcular los pesos ponderados de los descriptores podremos determinar los límites en los cuales se encontraran los límites para los rangos correspondientes. Como se observa existe un degrade de importancia en cada descriptor por lo que la ponderación será aplicada para todos los descriptores por igual (la importancia relativa es mínima entre cada descriptor).

Paso 01: Se construye la matriz, indicando la importancia relativa al comparar los descriptores de dos en dos (se muestra el número de niños menores a 5 años)

**MATRIZ DE COMPARACION DE PARES**

PARÁMETRO	292 - 41	40 - 30	29 - 18	17 - 7	6 - 0
292 - 41	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
40 - 30	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
29 - 18	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
17 - 7	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
6 - 0	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
<b>1/SUMA</b>	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

Paso 02: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado).

**MATRIZ DE NORMALIZACION**

PARÁMETRO	292 - 41	40 - 30	29 - 18	17 - 7	6 - 0	Vector Priorización
292 - 41	0.438	0.490	0.439	0.381	0.333	0.416
40 - 30	0.219	0.245	0.293	0.286	0.267	0.262
29 - 18	0.146	0.122	0.146	0.190	0.200	0.161
17 - 7	0.109	0.082	0.073	0.095	0.133	0.099
6 - 0	0.088	0.061	0.049	0.048	0.067	0.062

Paso 03: Se calcula la Relación de Consistencia, el que debe ser menor a 0.04 (RC <0.04), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

#### HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.416	0.524	0.483	0.394	0.312	2.129
0.208	0.262	0.322	0.296	0.250	1.337
0.139	0.131	0.161	0.197	0.187	0.815
0.104	0.087	0.081	0.099	0.125	0.495
0.083	0.065	0.054	0.049	0.062	0.314

#### HALLANDO EL $\lambda_{max}$

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion
	5.115
	5.108
	5.060
	5.023
	5.035
SUMA	25.342
PROMEDIO	5.068

INDICE DE CONSISTENCIA  
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.017
RC	0.015

El cuadro final de la ponderación es.

**Cuadro 11: Ponderación de los descriptores de la población menor a 5 años**

Población menor a 5 años	
Limite	Ponderación
0 – 6	0.062
7 – 17	0.099
18 – 29	0.161
30 – 40	0.262
41 - 292	0.416

Elaborado: CENEPRED

Para los dos restantes parámetros sus descriptores correspondientes tendrán los mismos pesos ponderados.

**Cuadro 12: Ponderación de descriptores de la densidad de población m2**

Densidad de población m2	
Limite	Ponderación
0.000000 – 0.004248	0.062
0.004249 – 0.080770	0.099
0.080771 – 0.157292	0.161
0.157293 – 0.310335	0.262
0.310336 – 39.259483	0.416

Elaborado: CENEPRED

**Cuadro 13: Ponderación de los descriptores de la población mayor a 65 años**

Población mayor a 65 años	
Limite	Ponderación
0 – 2	0.062
3 – 14	0.099
15 – 26	0.161
27 – 37	0.262
38 - 516	0.416

Elaborado: CENEPRED

## 5.2 DIMENSIÓN ECONÓMICA

Para la dimensión económica se consideraron tres parámetros de evaluación: viviendas con piso de tierra, viviendas sin conexión a la red de desagüe y viviendas sin conexión a la red de luz. Estos parámetros nos indicaran la fragilidad de la población.

Se determinó los valores de ponderación de los parámetros de evaluación y de los descriptores, para tal fin se utilizó el análisis multicriterio (proceso de análisis jerárquico) que se explica en el manual de evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales.

A continuación se muestra el procedimiento para lo obtención de los valores de ponderación.

### Cálculo de ponderación de los parámetros de la dimensión social

Paso 01: Se construye la matriz, indicando la importancia relativa al comparar los parámetros de dos en dos.

**MATRIZ DE COMPARACION DE PARES**

PARÁMETRO	Piso tierra	Sin desagüe	Sin alumbrado
Piso tierra	1.00	0.20	0.25
Sin desagüe	5.00	1.00	2.00
Sin alumbrado	4.00	0.50	1.00
SUMA	10.00	1.70	3.25
1/SUMA	0.10	0.59	0.31

Paso 02: La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis.

**MATRIZ DE NORMALIZACIÓN**

PARÁMETRO	Piso tierra	Sin desagüe	Sin alumbrado	Vector Priorización
Piso tierra	0.100	0.118	0.077	0.098
Sin desagüe	0.500	0.588	0.615	0.568
Sin alumbrado	0.400	0.294	0.308	0.334
	1.000	1.000	1.000	1.000

Porcentaje (%)
9.819
56.787
33.394

Paso 03: Se calcula la Relación de Consistencia, el que debe ser menor a 0.04 (RC < 0.04), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

**HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO**

Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada
0.098	0.114	0.083	0.295
0.491	0.568	0.668	1.727
0.393	0.284	0.334	1.011

HALLANDO EL  $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderado/Vector Priorización	
	3.007
	3.041
	3.026
<b>SUMA</b>	9.074
<b>PROMEDIO</b>	3.025

ÍNDICE DE CONSISTENCIA  
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.012
RC	0.023

El cuadro final de ponderación es:

**Cuadro 14: Parámetros de evaluación de la dimensión económica**

PARÁMETRO	PONDERACIÓN
Viviendas con piso de tierra	0.098
Viviendas sin conexión a red de desagüe	0.568
Viviendas sin conexión a red de luz	0.334

Elaborado: CENEPRED

Las ponderaciones para cada uno de los descriptores será la misma para cada una, debido a que el nivel de importancia relativa entre cada descriptor es sutil:

**Cuadro 15: Ponderación de los descriptores de viviendas con piso de tierra**

Viviendas con piso de tierra	
Limite	Ponderación
0 - 1	0.062
2 - 6	0.099
7 - 10	0.161
11 - 15	0.262
16 - 71	0.416

Elaborado: CENEPRED

**Cuadro 16: Ponderación de los descriptores de viviendas sin conexión a red de desagüe**

Viviendas sin conexión a red de desagüe	
Limite	Ponderación
0 - 1	0.062
2 - 8	0.099
9 - 16	0.161
17 - 24	0.262
25 - 231	0.416

Elaborado: CENEPRED

**Cuadro 17: Ponderación de los descriptores de viviendas sin conexión a red de luz**

Viviendas sin conexión a red de luz	
Limite	Ponderación
0 - 1	0.062
2	0.099
3 - 4	0.161
5 - 7	0.262
8 - 135	0.416

Elaborado: CENEPRED

### 5.3 MAPA DE DIMENSION ECONOMICA Y SOCIAL DE LIMA METROPOLITANA Y CALLAO

Imagen 32: Mapa de análisis social y económico de Lima Metropolitana y Callao

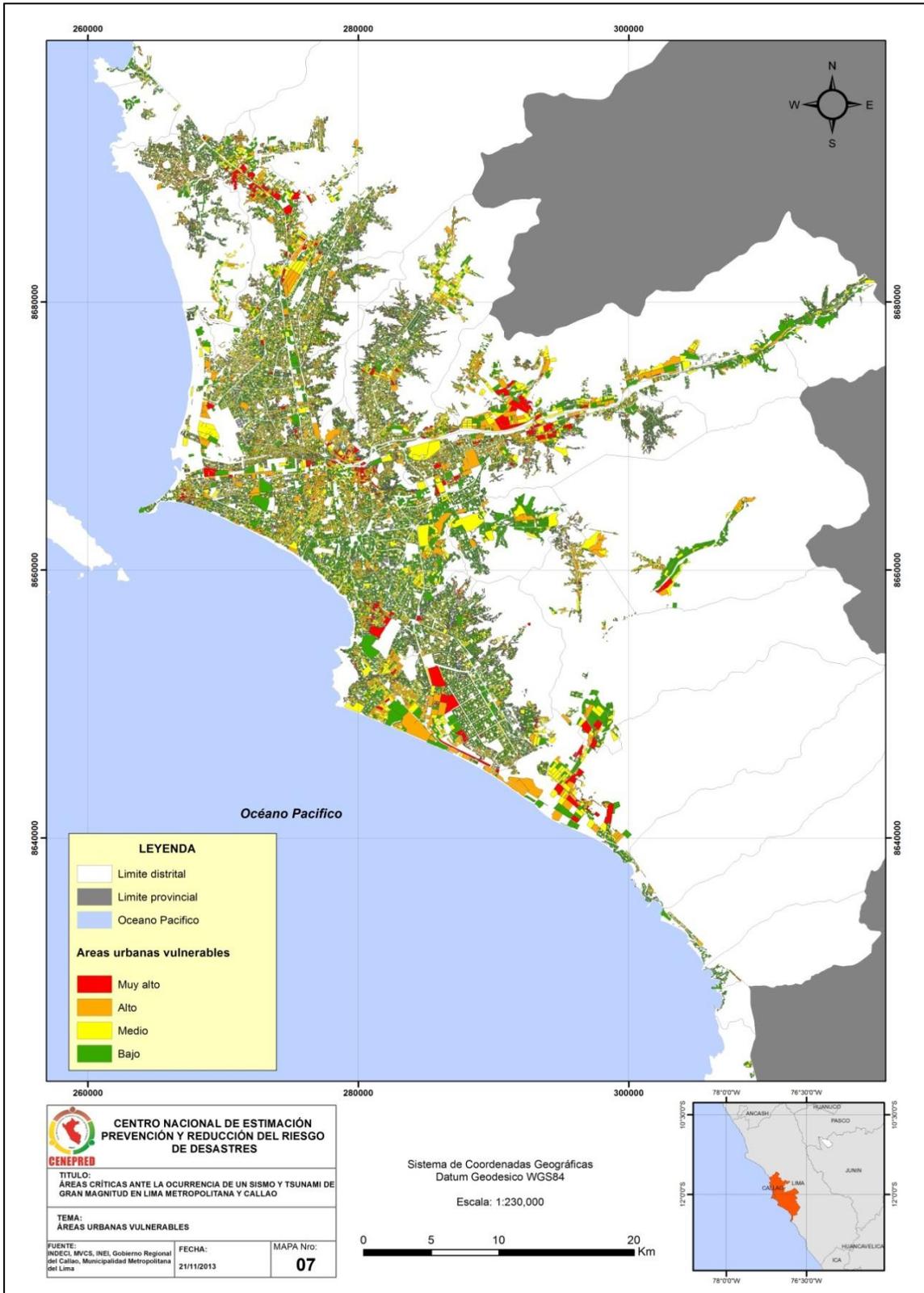


Imagen 33: Mapa de análisis social y económico de Lima Metropolitana y Callao: zona norte

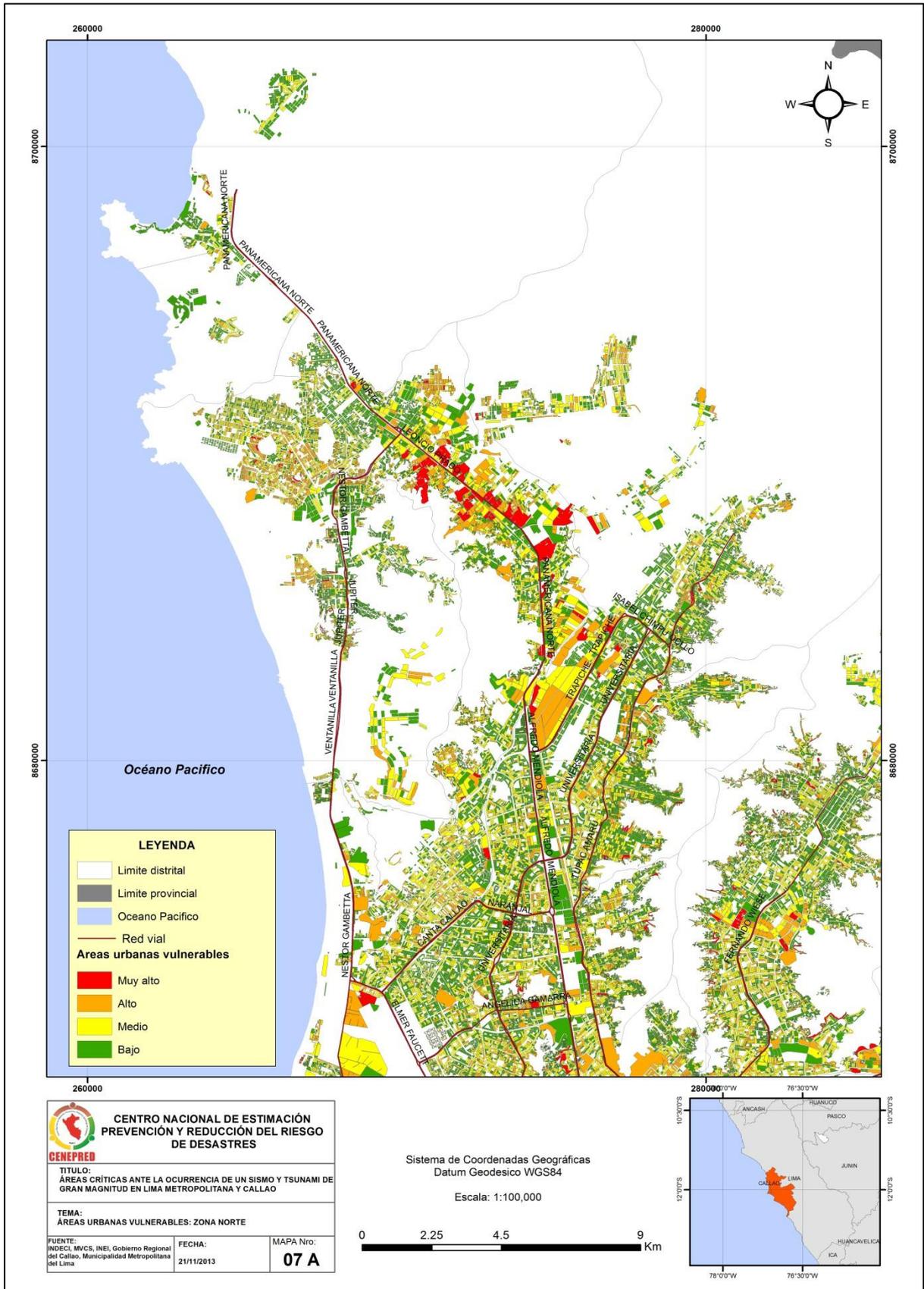


Imagen 34: Mapa de análisis social y económico de Lima Metropolitana y Callao: zona sur

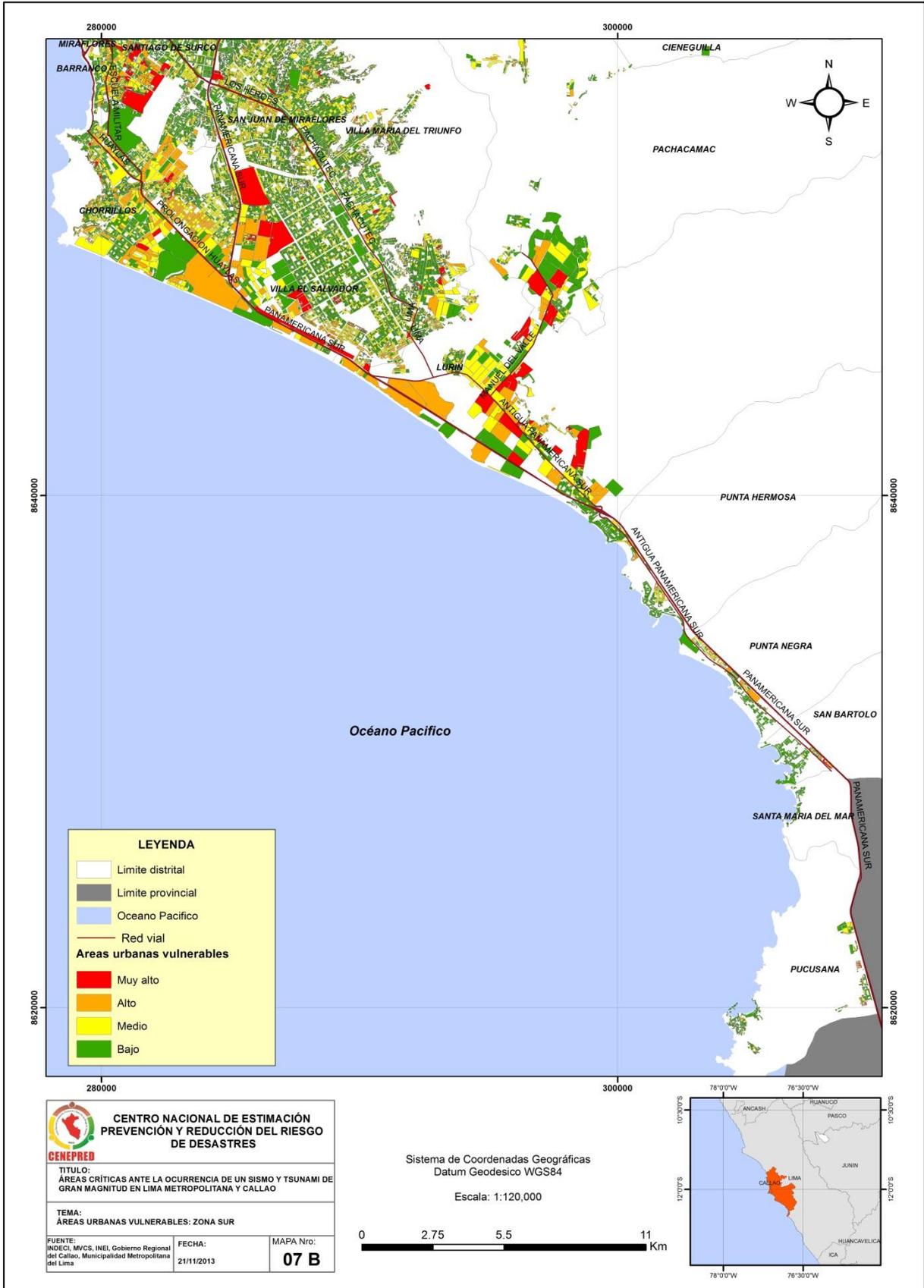


Imagen 35: Mapa de análisis social y económico de Lima Metropolitana y Callao: zona este

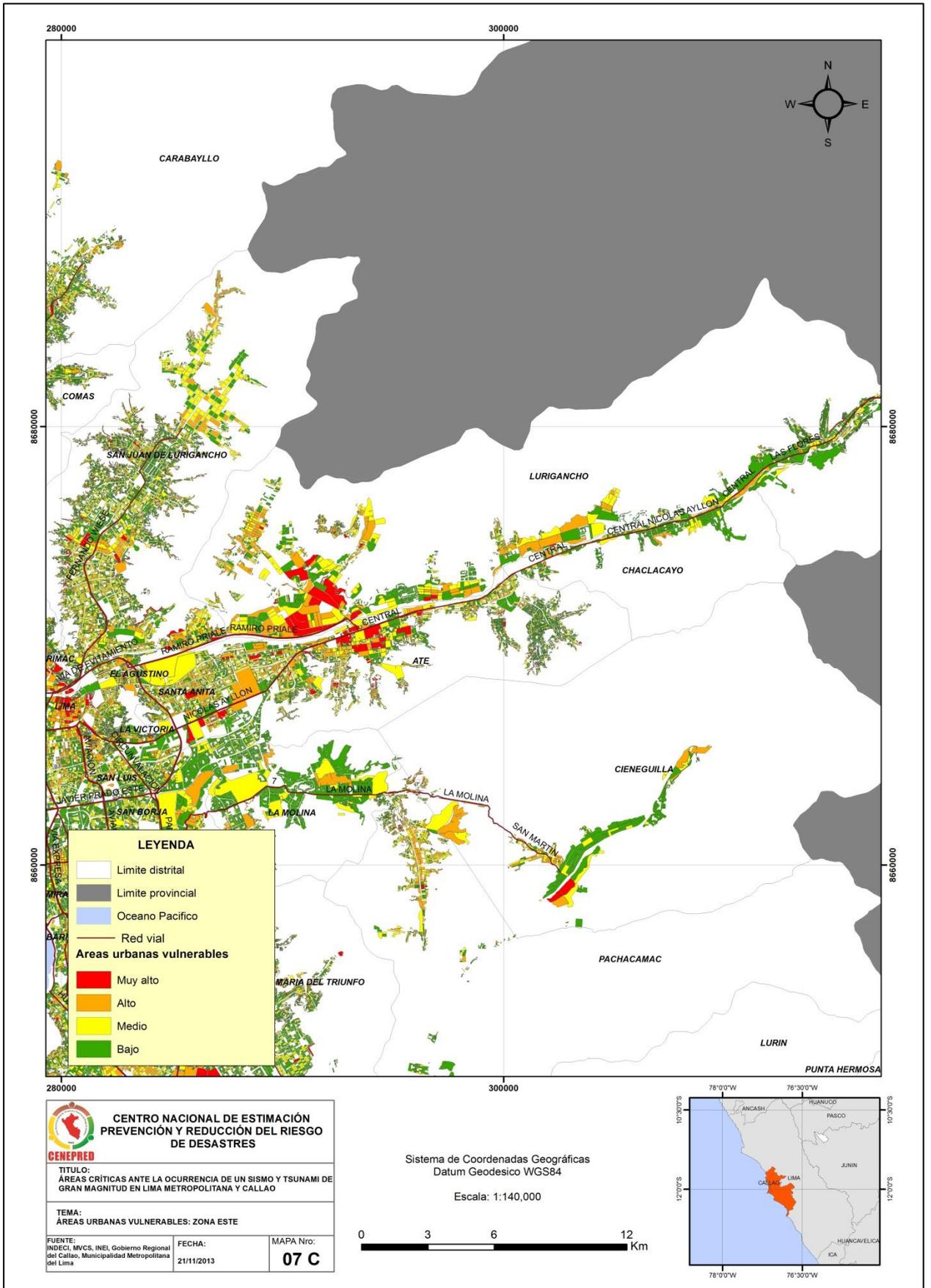
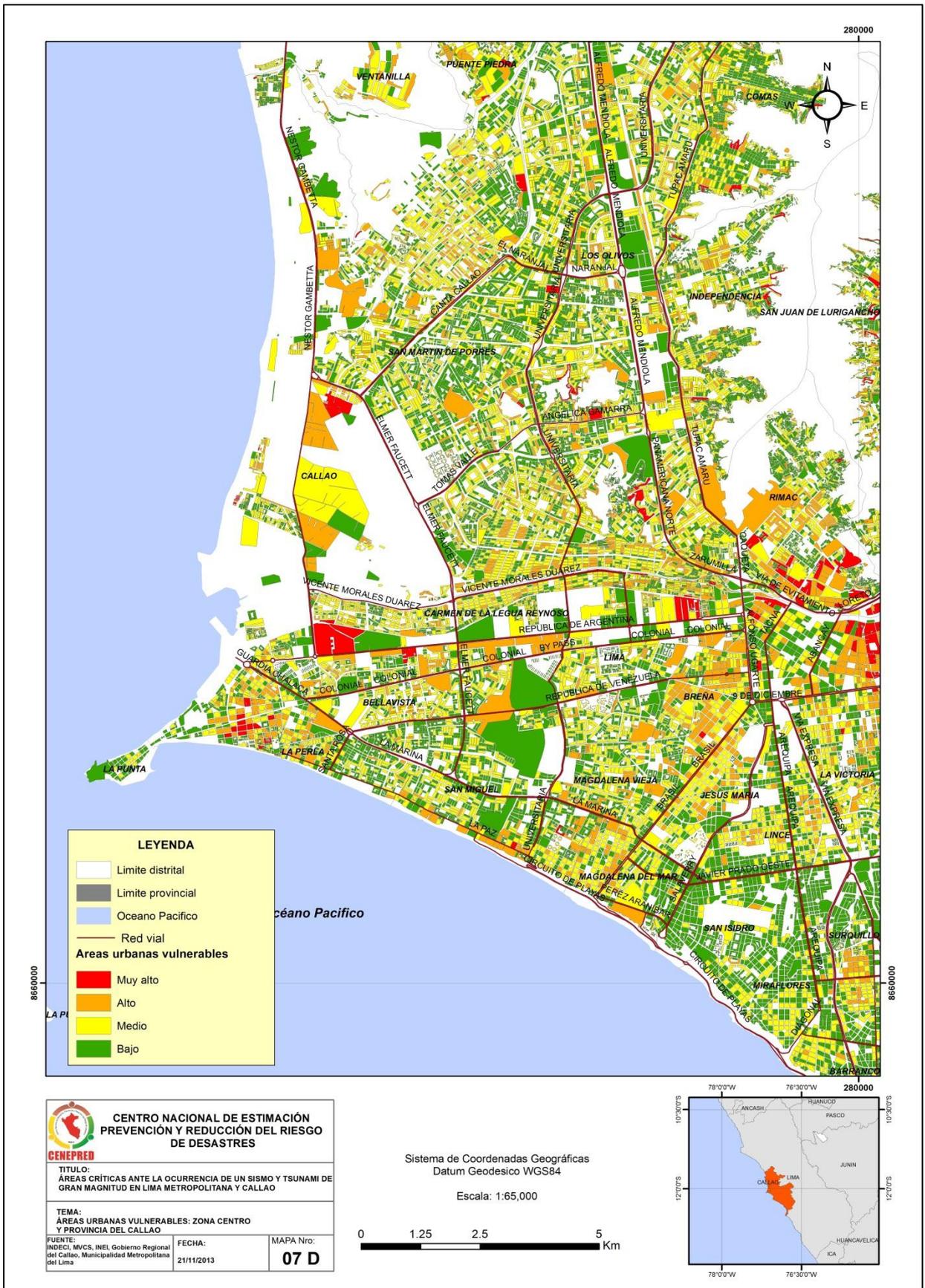


Imagen 36: Mapa de análisis social y económico de Lima Metropolitana y Callao: zona centro y provincia del Callao



## 6. PRIORIZACIÓN DE PROBABLES ÁREAS CRÍTICAS EXPUESTAS A PELIGRO SISMICO Y TSUNAMI

Para la priorización de las probables áreas críticas expuestas a peligro de sismo y tsunami de gran magnitud se utilizaron los valores obtenidos del análisis multicriterio (cálculo de ponderación) para cada parámetro y descriptor. El criterio que se usó consistió en tomar las áreas urbanas con riesgo muy alto y alto, así como las áreas urbanas dentro de las zonas de inundación del tsunami.

Se muestra el proceso de cálculo (caso de sismo), como ejemplo solo se muestra el proceso de una fila de la base de datos.

### PELIGRO

PELIGRO	Valor
Zona III	0.268

### ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS

#### DIMENSIÓN SOCIAL

$$\text{Valor} = \text{Parámetro1.Descriptor} + \text{Parámetro2.Descriptor} + \text{Parámetro3.Descriptor}$$

DIMENSIÓN SOCIAL						VALOR
Población menor a 5 años		Población mayor a 65 años		Densidad por m <sup>2</sup>		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.557	0.262	0.320	0.161	0.123	0.416	0.249

#### DIMENSIÓN ECONÓMICA

$$\text{Valor} = \text{Parámetro1.Descriptor} + \text{Parámetro2.Descriptor} + \text{Parámetro3.Descriptor}$$

DIMENSIÓN ECONOMICA						VALOR
Vivienda con piso de tierra		Vivienda sin conexión a luz		Vivienda sin conexión a desagüe		
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.098	0.161	0.334	0.262	0.568	0.262	0.252

### ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS

$$\text{Valor} = \text{Dimensión Social} * 0.5 + \text{Dimensión Económica} * 0.5$$

ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS				VALOR
V. Social	Peso	V. Económica	Peso	
0.249	0.5	0.252	0.5	0.250

### DETERMINACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS

PELIGRO	ELEMENTOS EXPUESTOS	ÁREAS CRÍTICAS
0.268	0.250	0.067

Este proceso se automatiza en la base de datos y se le asigna un valor a cada polígono vinculado.

## 6.1 ELEMENTOS LOCALIZADOS EN LAS PROBABLES ÁREAS CRÍTICAS

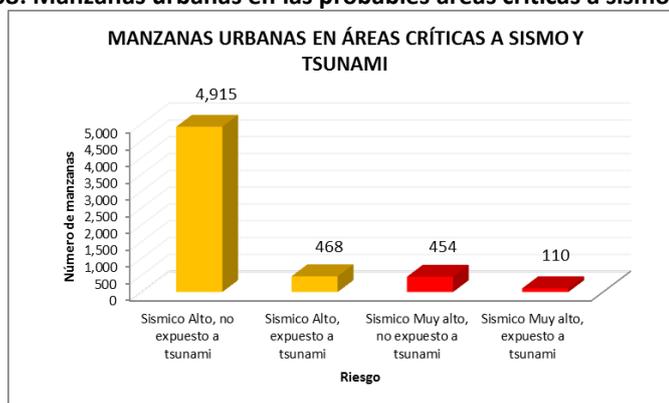
Se muestran los elementos localizados en las probables áreas críticas, según los cuadros 18 y 19, y los gráficos 08, 09 y 10.

**Cuadro 18: Manzanas, urbanas en las probables áreas críticas a sismo y tsunami**

MANZANAS URBANAS EN ÁREAS CRÍTICAS A SISMO Y TSUNAMI		
Peligro Muy alto	Sismo muy alto, no expuesto a tsunami	454
	Sismo muy alto, expuesto a tsunami	110
Peligro Alto	Sismo alto, no expuesto a tsunami	4,915
	Sismo alto, expuesto a tsunami	468

Elaborado: CENEPRED

**Gráfico 08: Manzanas urbanas en las probables áreas críticas a sismo y tsunami**



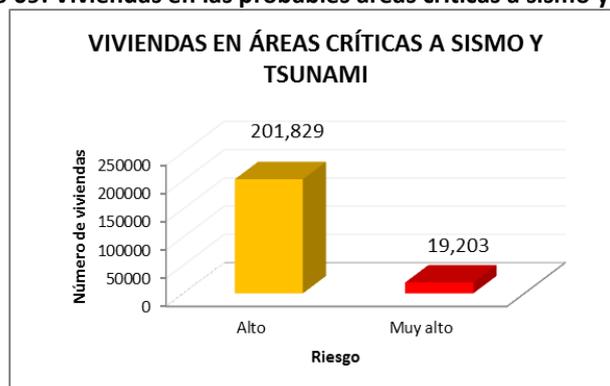
Elaborado: CENEPRED

**Cuadro 19: Viviendas y población en las probables áreas críticas a sismo y tsunami**

Peligro a sismo y/o tsunami	Viviendas	Población
Muy alto	19,203	72,838
Alto	201,203	855,375

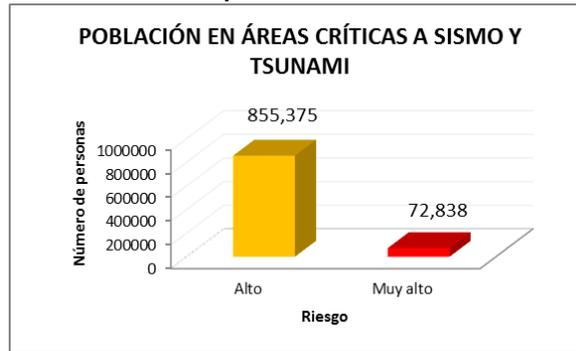
Elaborado: CENEPRED

**Gráfico 09: Viviendas en las probables áreas críticas a sismo y tsunami**



Elaborado: CENEPRED

**Grafico 10: Población en las probables áreas críticas a sismo y tsunami**



Elaborado: CENEPRED

## 6.2 MAPA DE PROBABLES AREAS CRÍTICAS EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO

Imagen 37: Mapa de probables áreas críticas de Lima Metropolitana y Callao

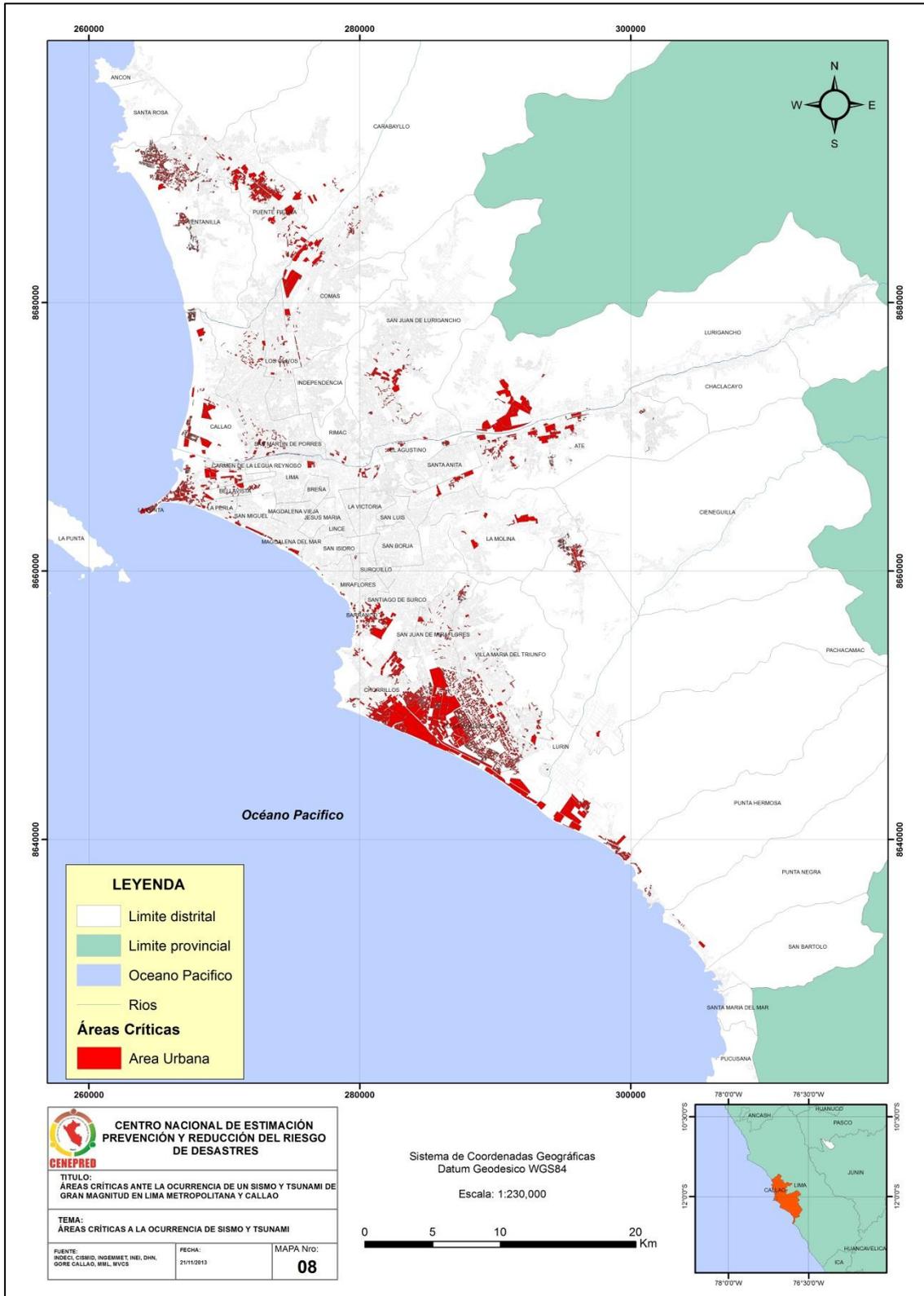
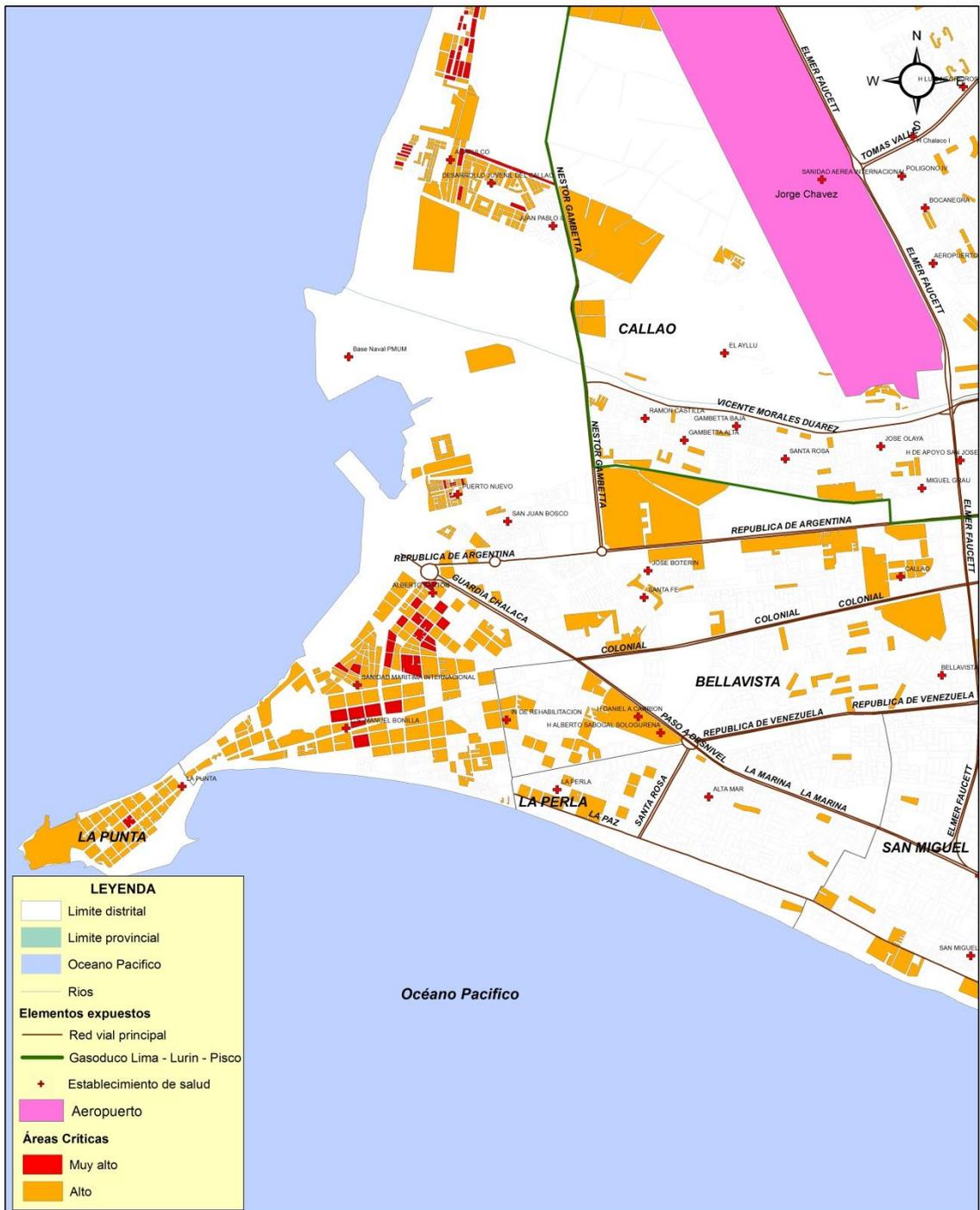


Imagen 38: Mapa de probables áreas críticas: Callao, Bellavista, La Punta, La Perla



**CENEPRED**  
CENTRO NACIONAL DE ESTIMACIÓN  
PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO  
DE DESASTRES

TÍTULO:  
PROBABLES ÁREAS CRÍTICAS ANTE LA OCURRENCIA DE UN SISMO  
Y TSUNAMI DE GRAN MAGNITUD EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO

TEMA:  
PROBABLES ÁREAS CRÍTICAS A LA OCURRENCIA DE SISMO Y TSUNAMI

FUENTE: INDECI, CISMID, INGENMET, INEL, DHIN, GORE CALLAO, MIML, MVCS	FECHA: 21/11/2013	MAPA Nro: <b>09</b>
---	----------------------	------------------------

Sistema de Coordenadas Geográficas  
Datum Geodesico WGS84

Escala: 1:30.000

0 0.5 1 2 Km



Imagen 39: Mapa de probables áreas críticas: Puente Piedra, Carabayllo y Comas

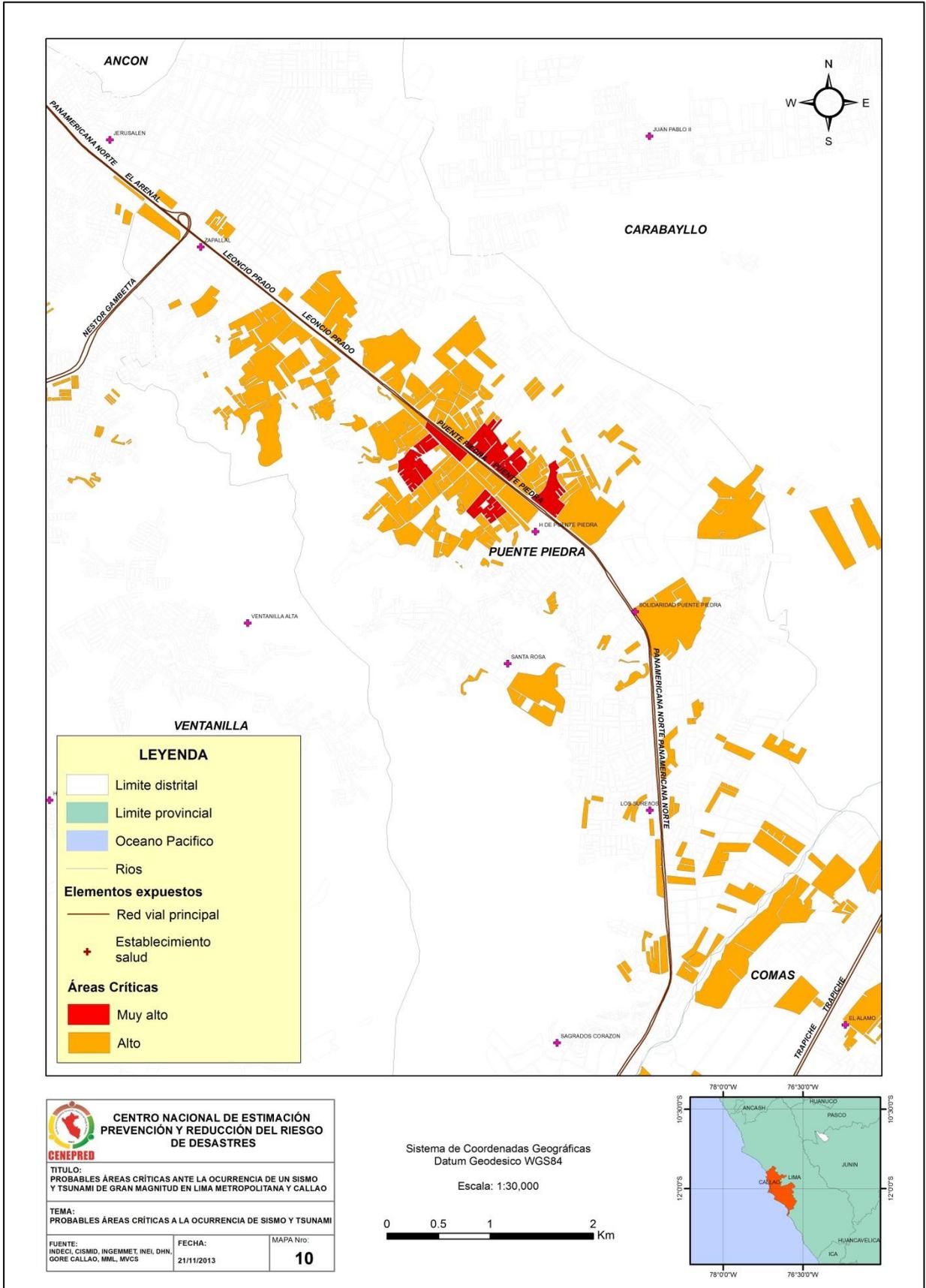


Imagen 40: Mapa de probables áreas críticas: Ventanilla y Puente Piedra

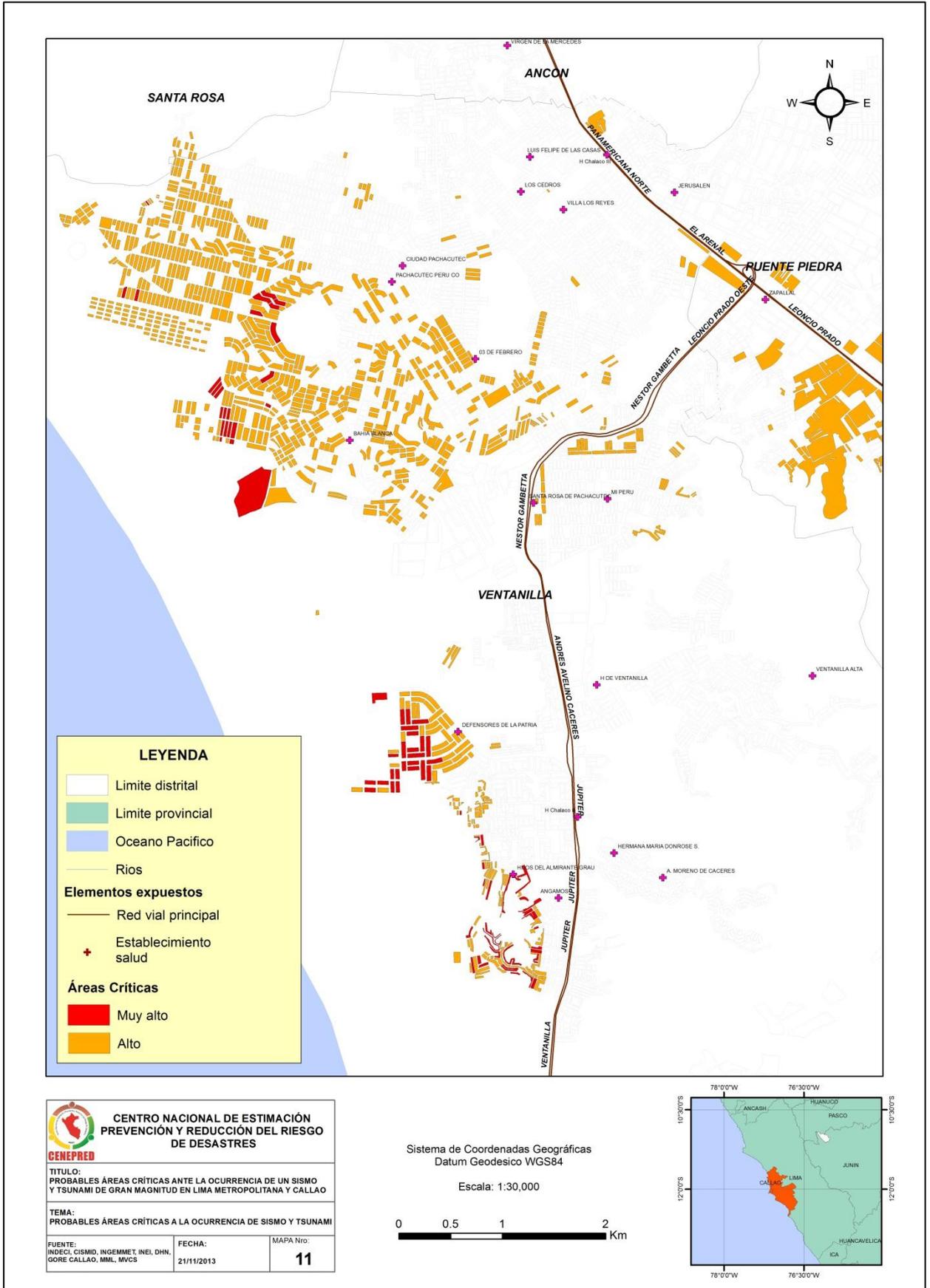
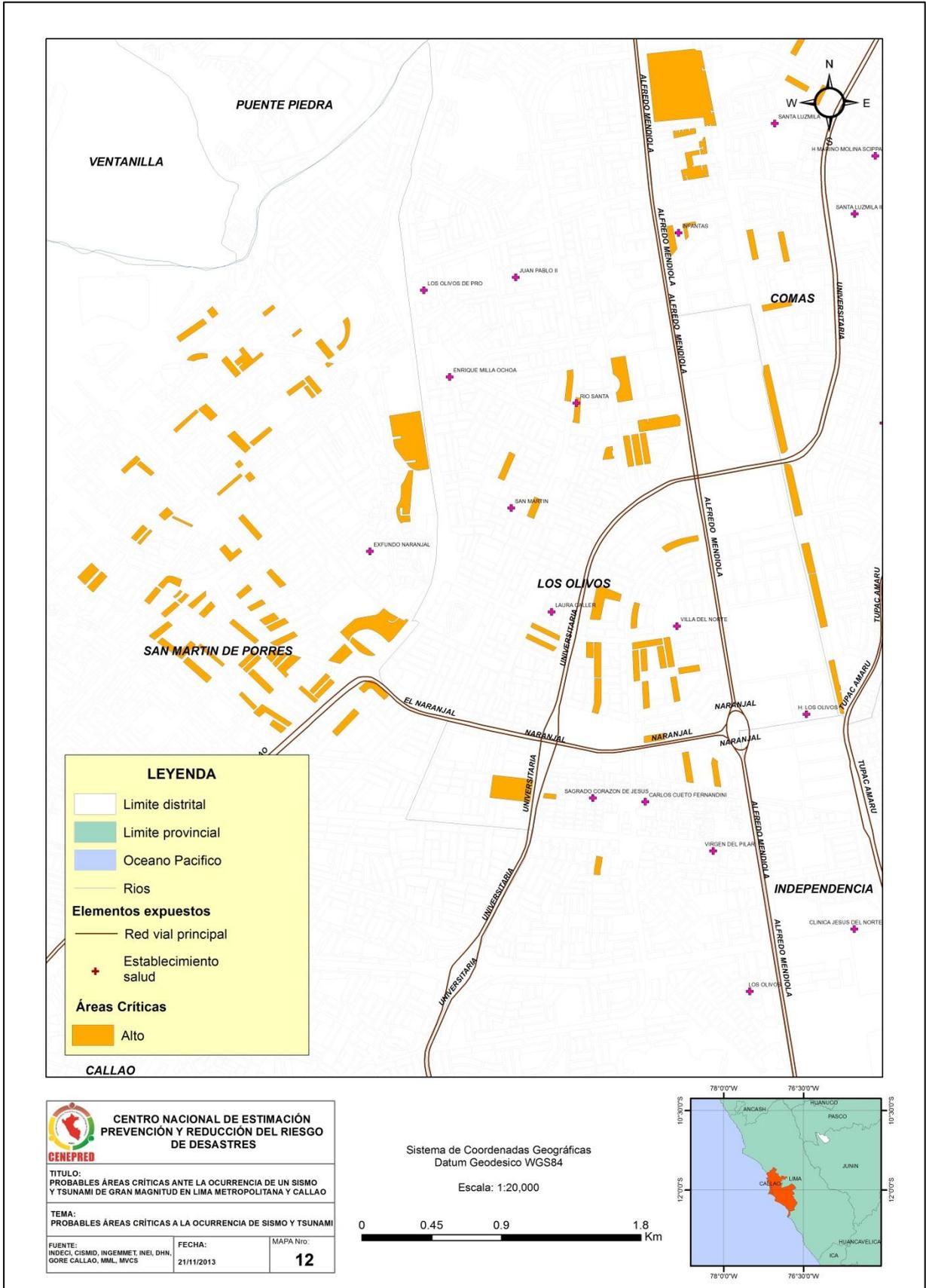


Imagen 41: Mapa de probables áreas críticas: Los Olivos, San Martín de Porres y Comas



**CENEPRED**  
CENTRO NACIONAL DE ESTIMACIÓN  
PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO  
DE DESASTRES

TÍTULO:  
PROBABLES ÁREAS CRÍTICAS ANTE LA OCURRENCIA DE UN SISMO  
Y TSUNAMI DE GRAN MAGNITUD EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO

TEMA:  
PROBABLES ÁREAS CRÍTICAS A LA OCURRENCIA DE SISMO Y TSUNAMI

FUENTE: INDECI, CISMID, INGEMMET, INEL, DHN, GORE CALLAO, MML, MVCS	FECHA: 21/11/2013	MAPA Nro: <b>12</b>
---	----------------------	------------------------

Imagen 42: Mapa de probables áreas críticas: San Juan de Lurigancho

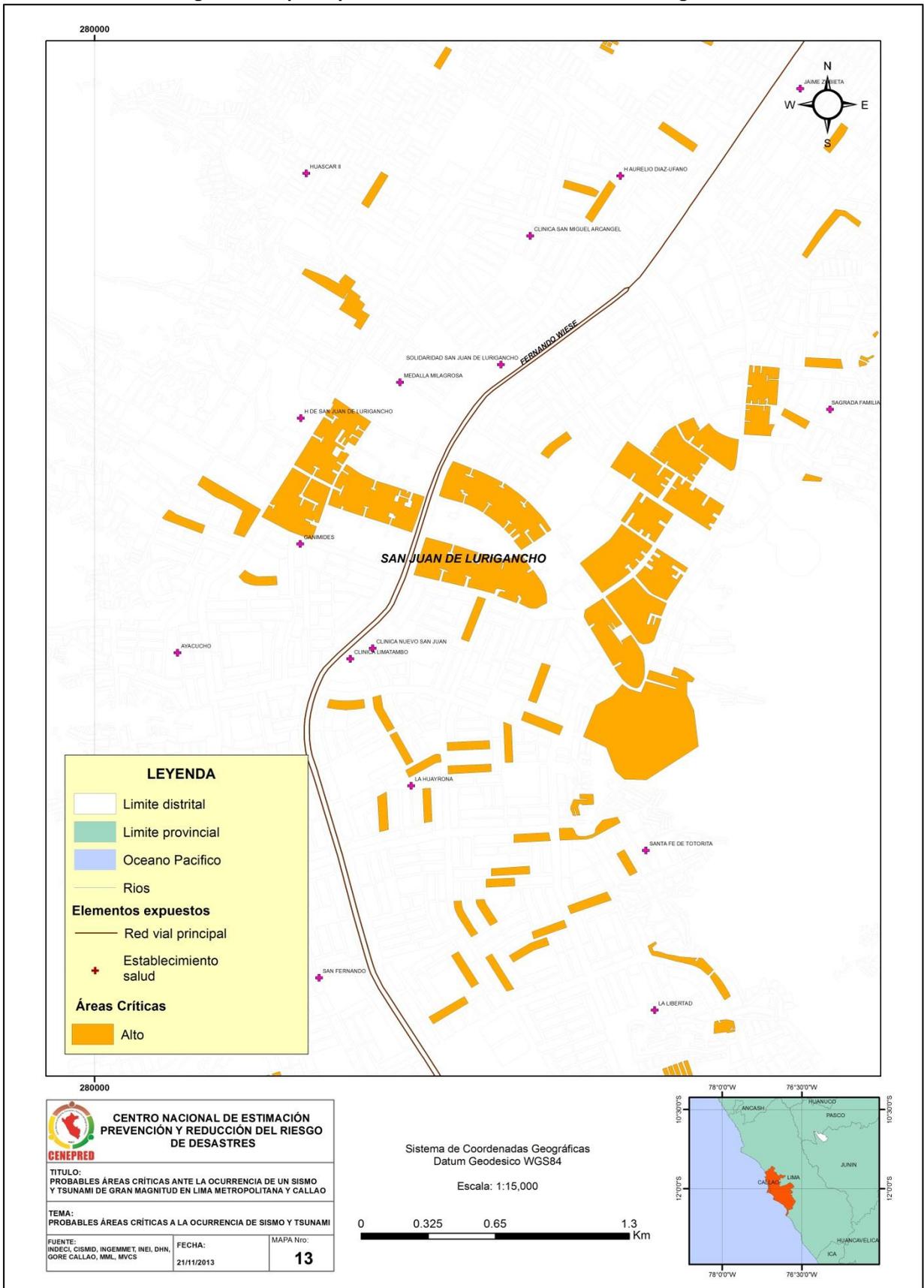
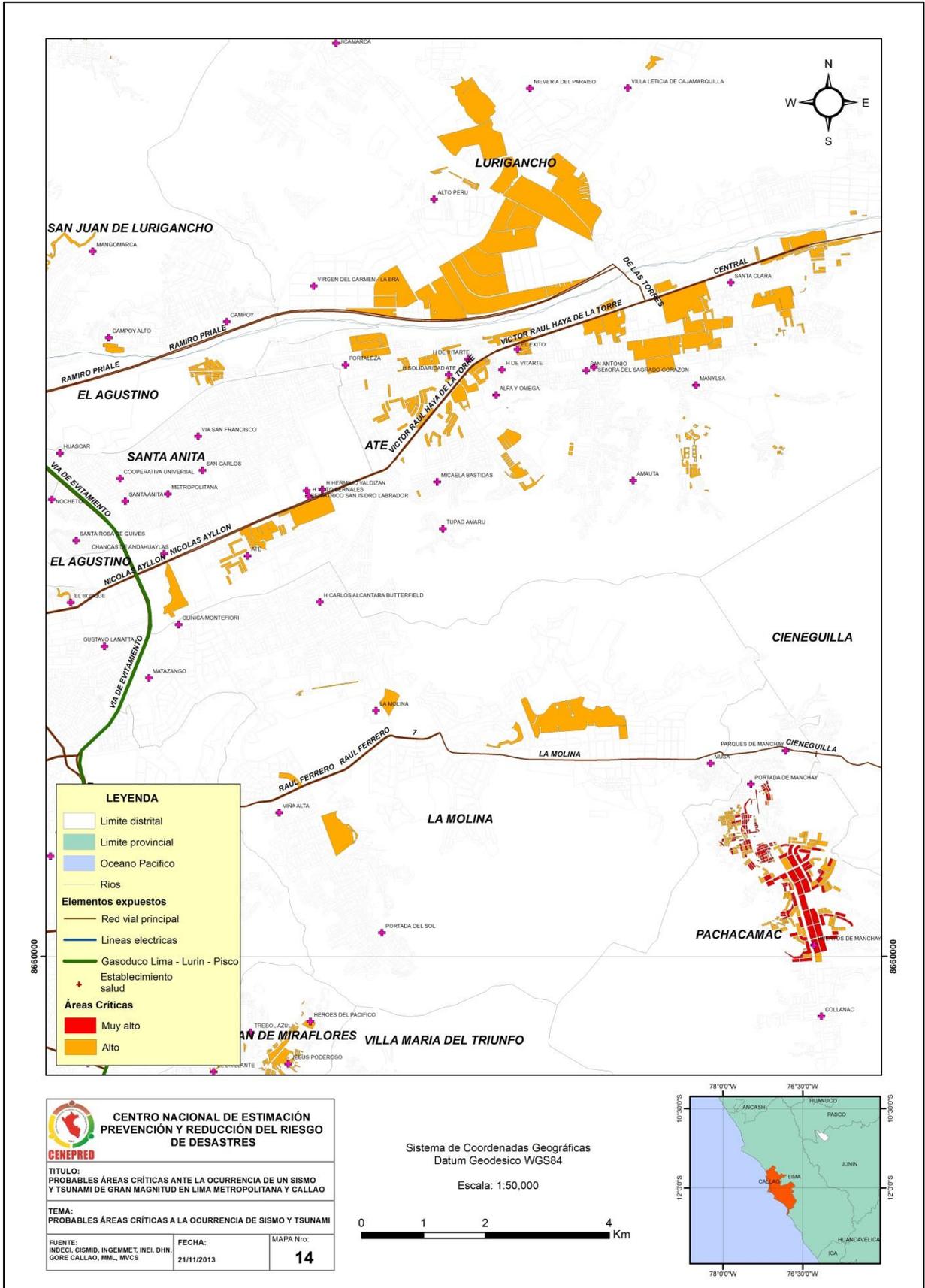


Imagen 43: Mapa de probables áreas críticas: Pachacamac, La Molina, Lurigancho y Ate



**Imagen 44: Mapa de probables áreas críticas: Chorrillos, Villa El Salvador, San Juan de Miraflores, Lurín y Villa María del Triunfo**

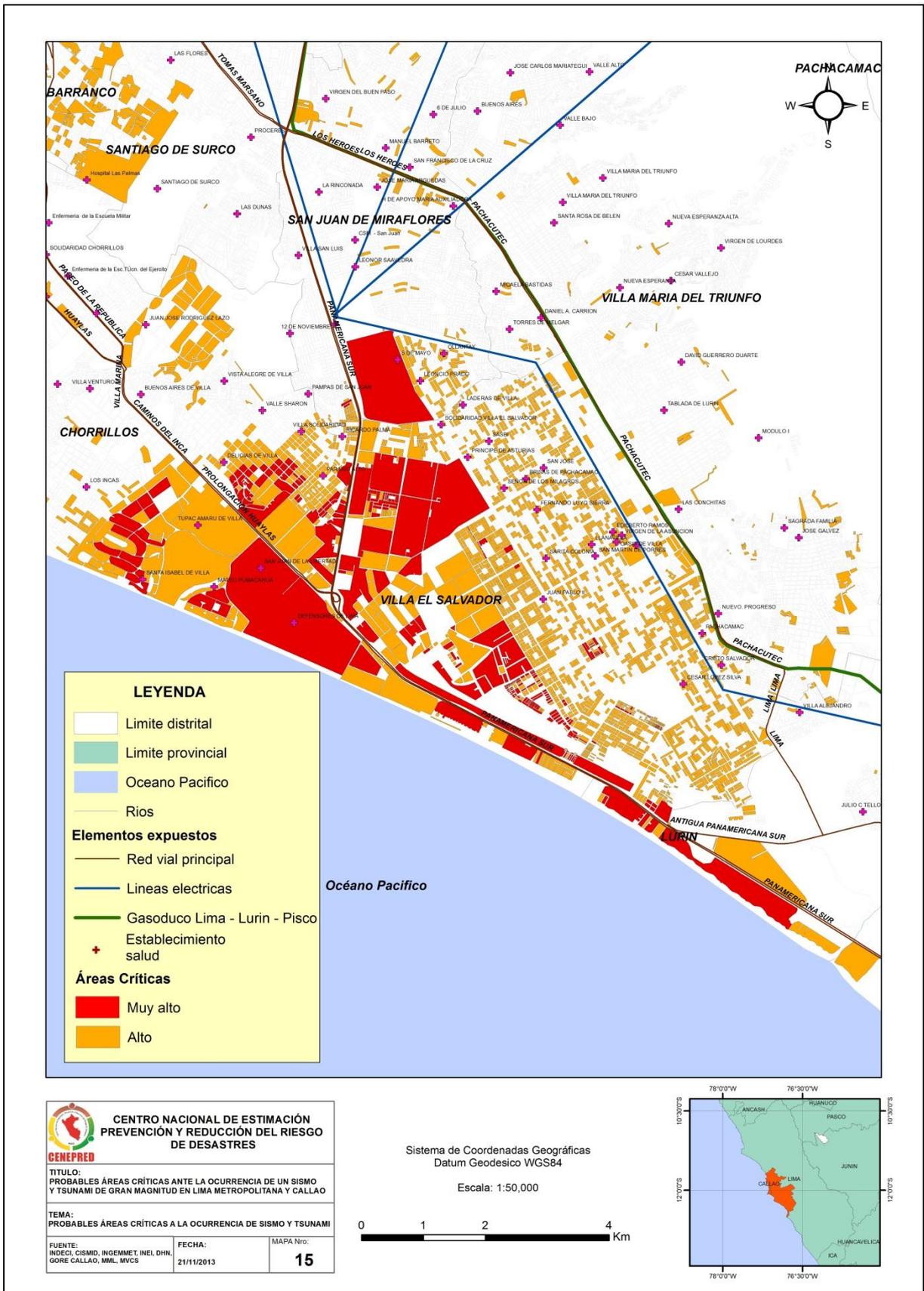


Imagen 45: Mapa de probables áreas críticas: Barranco y Santiago de Surco

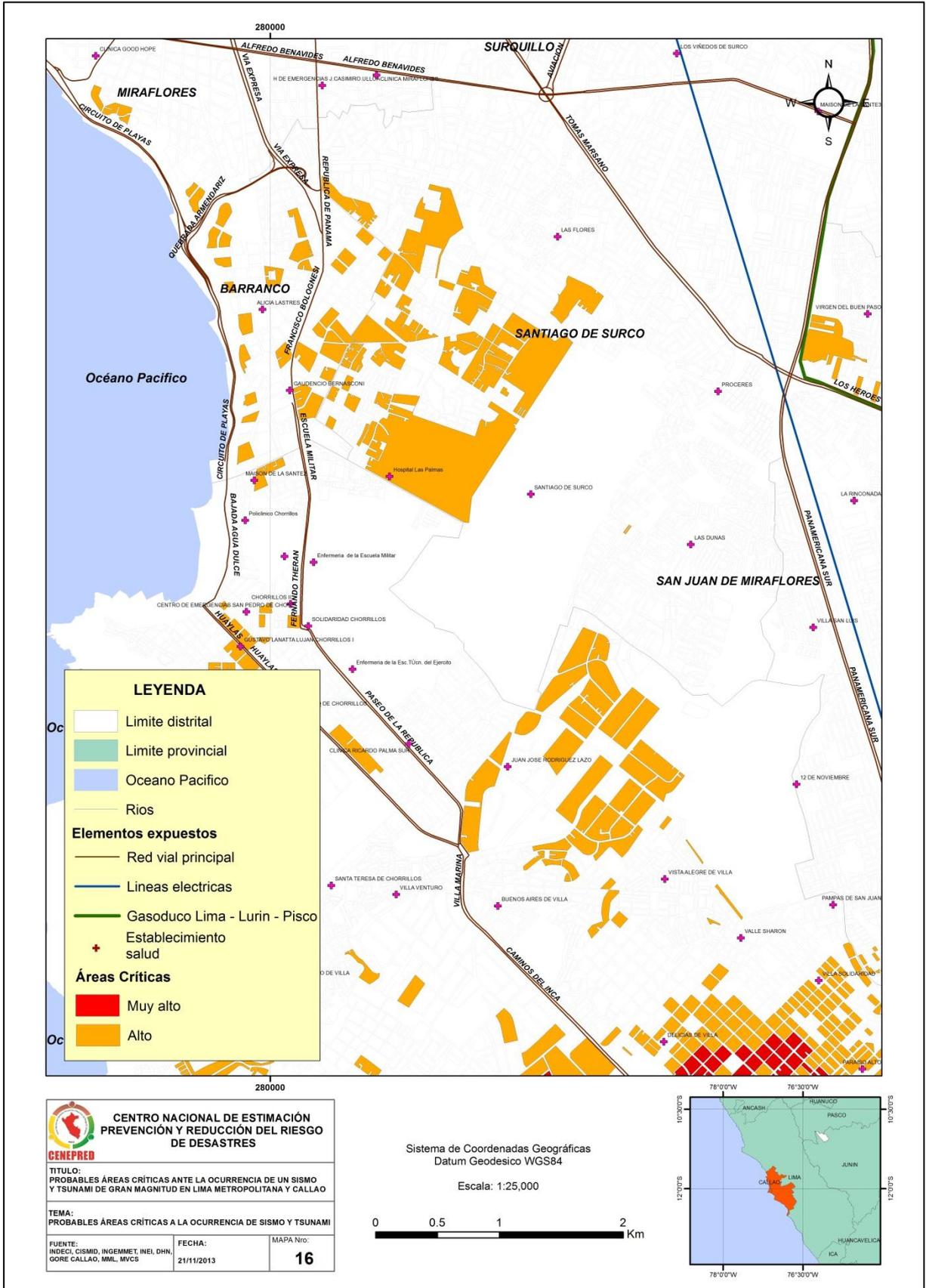
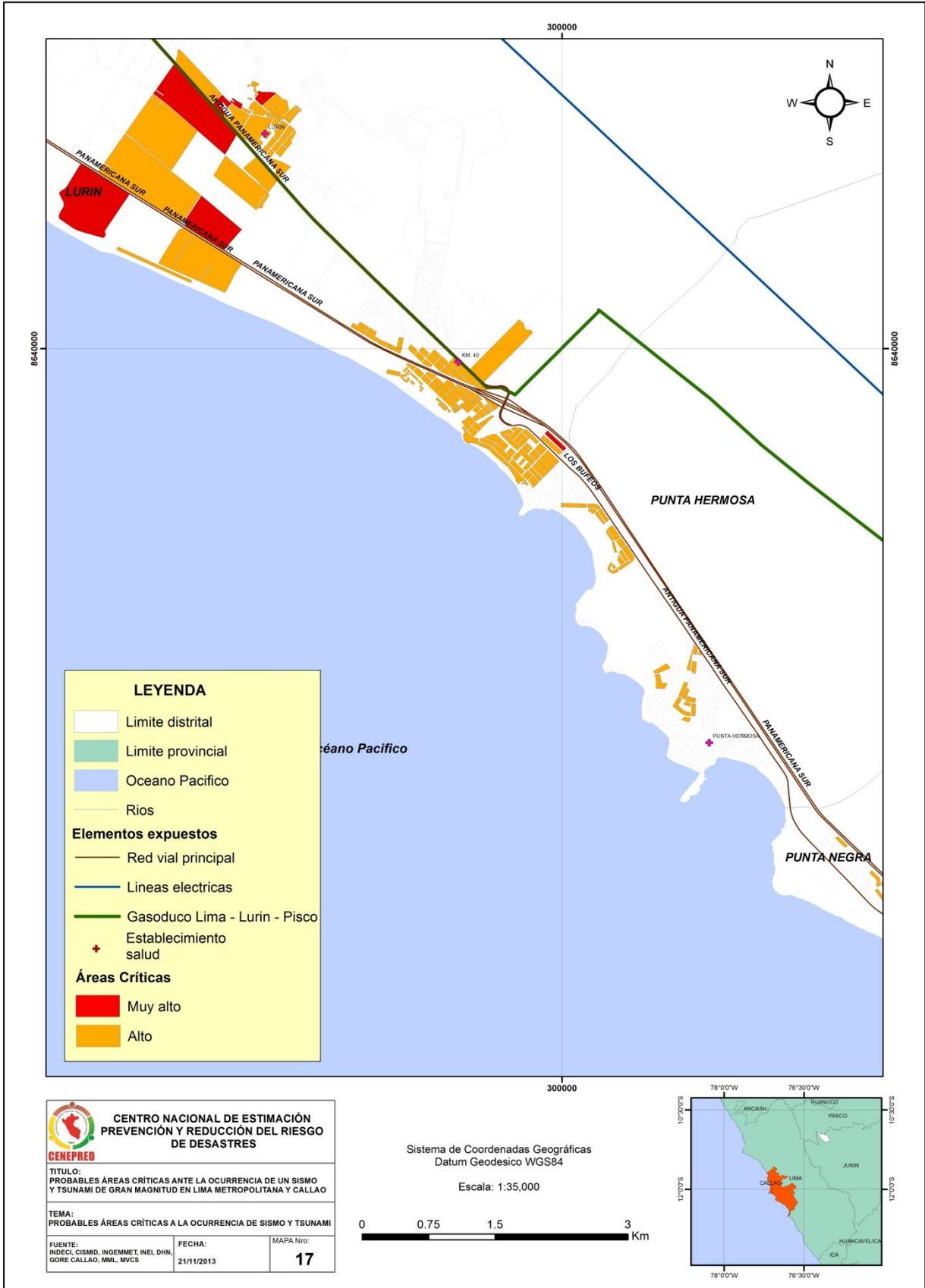


Imagen 46: Mapa de probables áreas críticas: Lurín, Punta Hermosa y Punta Negra



**Cuadro 20: Cuadro resumen de las probables áreas críticas por distrito**

<b>DISTRITOS</b>	<b>TOTAL POBLACIÓN</b>	<b>TOTAL DE VIVIENDAS</b>	<b>MANZANAS</b>	<b>PROBABLES ÁREAS CRÍTICAS</b>
VILLA EL SALVADOR	248350	52586	1918	PRIORIZADA
CALLAO	116139	27361	602	PRIORIZADA
VENTANILLA	67367	22685	1061	PRIORIZADA
CHORRILLOS	75205	17718	382	PRIORIZADA
ATE	58271	14669	187	PRIORIZADA
SAN JUAN DE MIRAFLORES	40509	8645	228	PRIORIZADA
PUENTE PIEDRA	34949	8167	207	PRIORIZADA
SAN MARTIN DE PORRES	37136	7668	132	PRIORIZADA
SAN JUAN DE LURIGANCHO	40688	7049	103	PRIORIZADA
SANTIAGO DE SURCO	23756	5922	36	PRIORIZADA
PACHACAMAC	19186	5207	319	PRIORIZADA
LURIN	13662	4203	178	PRIORIZADA
VILLA MARIA DEL TRIUNFO	14922	3616	89	PRIORIZADA
LOS OLIVOS	13623	3549	32	PRIORIZADA
COMAS	16622	3436	56	PRIORIZADA
BARRANCO	11103	3329	28	PRIORIZADA
CERCADO DE LIMA	10877	3124	8	PRIORIZADA
EL AGUSTINO	12814	3023	57	PRIORIZADA
SAN MIGUEL	9799	2805	26	PRIORIZADA
CARABAYLLO	10540	2530	68	PRIORIZADA
RIMAC	7378	1907	14	PRIORIZADA
LA PERLA	6851	1688	17	PRIORIZADA
LURIGANCHO	6740	1615	26	PRIORIZADA
LA PUNTA	4343	1399	40	PRIORIZADA
MIRAFLORES	1890	893	8	PRIORIZADA
PUNTA HERMOZA	1308	719	30	PRIORIZADA
MAGDALENA DEL MAR	1986	485	9	PRIORIZADA
PUNTA NEGRA	849	249	8	PRIORIZADA
SURQUILLO	674	230	8	PRIORIZADA
LA MOLINA	3282	225	11	PRIORIZADA
SANTA ROSA	125	85	9	PRIORIZADA

Elaborado: CENEPRED

## 7. CONCLUSIONES

- La información referida a la microzonificación sísmica de Lima Metropolitana y Callao y la zona de inundación a lo largo de la costa de Lima y Callao, permitió identificar y localizar espacialmente las áreas urbanas (manzanas) expuestas a peligros por sismo y tsunamis.
- La distribución espacial de la microzonificación sísmica no cubre todas las áreas urbanas, esto debido al crecimiento urbano desordenado, creación de nuevas urbanizaciones y creación de asentamientos humanos informales (invasiones).
- El mapa de microzonificación sísmica permitió identificar y cuantificar los elementos expuestos (manzanas urbanas, viviendas y población) a peligro sísmico con nivel alto y muy alto. Para nivel muy alto tenemos 2,044 manzanas urbanas, 46,997 viviendas y 189,116 habitantes. Para el nivel alto tenemos: 3,745 manzanas urbanas, 102,745 viviendas y 449,263 habitantes.
- El mapa de inundación por tsunami permitió identificar y cuantificar los elementos expuestos (manzanas urbanas, viviendas y población) a tsunami que son 978 manzanas urbanas, 23,368 viviendas y 89,974 habitantes. En este caso particular independientemente del tipo de infraestructura de la edificación y su localización en el mapa de microzonificación sísmica al estar ubicados dentro del área de influencia del tsunami se considera como probable área crítica.
- Para la generación del mapa de la dimensión social se consideró la población menor a 5 años, población mayor a 65 años y densidad de población por metro cuadrado y para la dimensión económica se consideró las viviendas con piso de tierra, viviendas sin conexión a red pública de luz y viviendas sin conexión a la red pública de desagüe.
- La metodología que muestra las fases (peligro, elementos expuestos y el análisis de elementos expuestos) del trabajo y la aplicación del análisis multicriterio para la ponderación de los parámetros que intervienen en la priorización de las áreas críticas en Lima Metropolitana Y Callao. Resultados que muestran una gran concordancia con estudios realizados con anterioridad sobre Lima Metropolitana y Callao.
- Las probables áreas críticas en Lima Metropolitana y Callao son aquellas que indican un riesgo muy alto y alto. Al cuantificar dichas áreas urbanas tenemos 221,032 viviendas y 928,213 habitantes.
- Los resultados de este trabajo se basa en información del censo del 2007, así como en información proporcionada por entidades técnico científicas y sectores, la cual presenta limitaciones por el año en el cual fueron generadas.
- La información proporcionada por el INGEMMET referido a los peligros geológicos nos ayudan a identificar espacialmente (puntual) los tipos de movimiento en masa ocurridos en Lima Metropolitana y Callao, pero no permiten cuantificar los elementos expuestos dentro de su área de influencia.

## 8. RECOMENDACIONES

- Las entidades técnico científicas y los sectores en función de sus competencias, deberán evaluar el comportamiento dinámico del suelo ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud especialmente en las zonas donde no existan estos estudios, así como evaluar las condiciones reales de las infraestructuras (viviendas, departamentos, etc.), esta información generada ayudaría a disminuir la incertidumbre en la elaboración de los mapas de riesgos.
- La información referida a peligros y elementos expuestos proporcionada por las instituciones y sectores debe ser en formato shapefile, lo que facilitaría su integración a un sistema de información geográfica para un rápido análisis, así como la identificación de los elementos expuestos ante sismos y tsunamis.
- Las probables áreas críticas ante la ocurrencia de sismo y tsunami de gran magnitud, deben ser consideradas para la intervención e implementación de acciones que ayuden a la prevención de riesgos futuros, evitando pérdidas de vidas humanas y económicas.
- Recopilar, analizar y sistematizar información detallada sobre la ejecución de los grandes proyectos de construcción, como los edificios de departamentos, edificios multifamiliares, intercambios viales, construcción de vías del tren eléctrico, vías de transporte subterráneo (por ejemplo a lo largo del río Rímac). Para el estudio integrado del riesgo debido al impacto en los sistemas de redes (vías de transporte, concentración y nueva dirección de flujos de personas y posibles restricciones en la accesibilidad, entre otros).
- En la actualidad de los 49 distritos de Lima Metropolitana y Callao, hay 11 distritos (Chorrillos, Comas, La Molina, Puente Piedra, San Juan de Lurigancho, Villa El Salvador, Punta Negra, Punta Hermosa, San Bartolo, Santa María, El Agustino y Santa Rosa) que han actualizado su zonificación sísmica, faltando 38 distritos que deben actualizar debido a su crecimiento urbano (nuevas áreas urbanas).

## 9. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- CAPRA: "Aproximación Holística para la evaluación probabilística del Riesgo". Central America Probabilistic Risk Assessment - CAPRA. 2005
- CARDONA ARBOLEDA, OMAR DARÍO: "Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo", LA RED, TERCER MUNDO EDITORES, BOGOTÁ, COLOMBIA. 1993.
- CARDONA ARBOLEDA, OMAR DARÍO: "Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos". Tesis Doctoral. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA. 2001.
- DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS. "Riesgo de Tsunamis". Ministerio del Interior. España.

- INDECI. “Diseño de escenario sobre el impacto de un sismo de gran magnitud en Lima Metropolitana y Callao”. 2009.
- INDECI. “Sistema de Información de Recursos para la Atención de Desastres - SIRAD”. 2011.
- LAVELL, ALLAN: “Sobre gestión de Riesgos: Apuntes hacia una definición. LA RED. USAID.
- MORENO JIMÉNEZ, J.M. “El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, Metodología y Aplicaciones“. Facultad de Economía. Departamento de Métodos Estadísticos. Universidad de Zaragoza.
- OSORIO GÓMEZ, J.; OREJUELA CABRERA, J. “El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y La Toma de Decisiones Multicriterio. Ejemplo de Aplicación“. Universidad Tecnológica de Pereira. Setiembre 2008. ISSN 0122-1701.
- PIERS BLAIKIE, TERRY CANNON, IAN DAVID, BEN WISNER: “Vulnerabilidad: El entorno social, político y económico de los desastres. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. LA RED. 1996
- TAVERA, HERNANDO. “Sismo de Cañete del 25 de Noviembre del 2013 (5.7 Mw)”. Informe Técnico N 04-2013.
- TOSKANO HURTADO, GERARD BRUNO. El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Facultad de Ciencias Matemáticas. UNMSM – Perú. 2005