



Proyecto Preparación ante Desastre Sísmico y/o Tsunami y
Recuperación Temprana en Lima y Callao

Estudio SIRAD

RECURSOS DE RESPUESTA INMEDIATA Y DE RECUPERACIÓN TEMPRANA ANTE LA OCURRENCIA DE UN SISMO Y/O TSUNAMI EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO



2011



Miglioriamo il mondo, insieme.



Perú, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
Preparación ante desastres originados por tsunamis/INDECI, PNUD. Lima: INDECI, 2010
189 p.
RESPUESTA ANTE DESASTRES/MANEJO DE INFORMACIÓN /SISMOS/Tsunami/PERÚ

Proyecto INDECI-PNUD-ECHO “Preparación ante desastre sísmico y/o tsunami y recuperación temprana en Lima y Callao”

Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI:

Gral. EP “R” Luis Palomino Rodríguez, Jefe del INDECI

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD:

Rebeca Arias, Representante Residente del PNUD en Perú
James Leslie, Oficial de Programa

Responsables de la publicación:

Luis Gamarra, Coordinador Proyecto PNUD-INDECI-ECHO
Robert D´ercole, Director de Investigación IRD

Elaboración:

Coperazione Internazionale – COOPI

Institut de Recherche pour le Développement – IRD:

Robert D´ercole, Pascale Metzger, Jérémy Robert (IFEA), Sébastien Hardy, Pauline Gluski-Chraibi, Pierre Vernier, Alexis Sierra, Hugo Perfettini, Bertrand Guillier.

Revisión:

Alfredo Zerga Ocaña - Proyecto PNUD-INDECI-ECHO.

Fotografías:

Suministradas por los organismos ejecutores del proyecto

Cartografía:

Pauline Gluski-Chraibi

Diseño y diagramación:

Publimagen ABC sac

Impresión:

Tarea Asociación Gráfica Educativa
Pasaje María Auxiliadora 156-Breña

Tiraje:

1,000 ejemplares

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2011-06920

Impreso en Lima – Perú, mayo de 2011

Cualquier parte de este documento podrá reproducirse siempre y cuando se reconozca la fuente y la información no se utilice con fines de lucro.

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo técnico financiero del Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). La inclusión de sus logotipos no implica que apruebe o respalde las posiciones expresadas en este documento.

Contenido

| | |
|---|-----------|
| Presentación | 11 |
| Acrónimos | 13 |
| 1. Introducción | 15 |
| 1.1. Contexto y objetivos de la investigación | 15 |
| 1.2. Marco conceptual | 18 |
| 2. Metodología de investigación | 21 |
| 2.1. Enfoque de la investigación | 21 |
| 2.2. Construcción de la base de datos georeferenciada | 22 |
| 2.2.1. Las etapas de constitución de la base de datos | 22 |
| 2.2.2. Organización de los datos | 25 |
| 2.2.3. Estadísticas sobre la base de datos de recursos de emergencia | 26 |
| 2.3. Determinación de los recursos esenciales para situación de emergencia | 27 |
| 2.3.1. Elementos esenciales del funcionamiento urbano en situación normal | 27 |
| 2.3.2. Determinación de los recursos esenciales específicos de la emergencia | 28 |
| 2.3.3. Identificación de los recursos de segundo nivel o de apoyo | 28 |
| 2.4. Insumos para el análisis de vulnerabilidad de los recursos esenciales de emergencia y del sistema de respuesta | 29 |
| 2.4.1. Exposición de los recursos a los peligros sísmico y de tsunami | 29 |
| 2.4.2. Problemas de accesibilidad de los recursos | 33 |
| 2.4.3. Vulnerabilidad estructural y vulnerabilidad funcional | 38 |
| 2.4.4. Acceso a los recursos y vulnerabilidad de la población | 42 |



| | |
|--|-----------|
| 3. Los recursos de manejo de emergencias – respuesta inmediata y recuperación temprana – y su vulnerabilidad | 49 |
| 3.1. Decisión e intervención en situación de emergencia | 49 |
| 3.1.1. La problemática de la decisión e intervención en situación de emergencia | 49 |
| 3.1.2. Los recursos esenciales de la decisión e intervención para el manejo de emergencia | 52 |
| 3.1.3. Vulnerabilidad del manejo de la emergencia: complejidad de la toma de decisión y repartición desigual de los recursos de intervención | 53 |
| 3.1.4. Optimizar la decisión y la intervención en situación de emergencia | 60 |
| 3.2. El abastecimiento de agua en situación de emergencia | 61 |
| 3.2.1. La problemática del recurso agua en situación de emergencia | 61 |
| 3.2.2. Los recursos esenciales de agua para la respuesta inmediata y la recuperación temprana | 63 |
| 3.2.3. La vulnerabilidad del abastecimiento de agua no es por exposición a peligros | 66 |
| 3.2.4. Asegurar el abastecimiento de agua | 72 |
| 3.3. El abastecimiento de alimentos en situación de emergencia | 73 |
| 3.3.1. La problemática del abastecimiento de alimentos en situación de emergencia | 73 |
| 3.3.2. Los recursos esenciales del abastecimiento de alimentos para la respuesta inmediata y la recuperación temprana | 73 |
| 3.3.3. Cuatro zonas del abastecimiento de alimentos vulnerables | 77 |
| 3.3.4. Asegurar el abastecimiento de alimentos | 80 |
| 3.4. La atención médica en situación de desastre | 83 |
| 3.4.1. La problemática de la atención medica en situación de desastre | 83 |
| 3.4.2. Los recursos esenciales de la atención médica para la respuesta y recuperación temprana | 84 |
| 3.4.3. Vulnerabilidad del sistema de salud | 90 |
| 3.4.4. Hacia un manejo territorial y la aceptación de la crisis | 101 |
| 3.5. El abastecimiento de energía en situación de emergencia | 101 |
| 3.5.1. La problemática del abastecimiento de energía en situación de emergencia | 101 |
| 3.5.2. Los recursos esenciales del abastecimiento de energía para la respuesta inmediata y la recuperación temprana | 102 |
| 3.5.3. Deterioro, pero no ruptura del abastecimiento de energía | 106 |
| 3.5.4. Asegurar el abastecimiento de energía en situación de emergencia | 108 |



| | | |
|--------|---|-----|
| 3.6. | Los recursos de transporte y vialidad para la respuesta y recuperación temprana | 110 |
| 3.6.1. | La problemática del transporte en situación de emergencia | 110 |
| 3.6.2. | Los recursos esenciales de transporte para la respuesta inmediata y la recuperación temprana | 111 |
| 3.6.3. | Las múltiples vulnerabilidades de los recursos esenciales de transporte y vialidad | 114 |
| 3.6.4. | Garantizar los recursos de transporte para asegurar la movilización de los recursos de manejo de emergencia | 123 |
| 3.7. | Los recursos de telecomunicaciones de emergencia | 124 |
| 3.7.1. | La problemática las telecomunicaciones en situación de emergencia | 124 |
| 3.7.2. | Los recursos esenciales de telecomunicaciones para el manejo de emergencia | 125 |
| 3.7.3. | La vulnerabilidad de los recursos esenciales de telecomunicación | 127 |
| 3.7.4. | Asegurar las telecomunicaciones en situación de emergencia | 133 |
| 3.8. | Áreas potenciales para albergues en campamento | 135 |
| 3.8.1. | Necesidad de albergues en campamento para situaciones de emergencia en el área metropolitana de Lima y Callao | 135 |
| 3.8.2. | Identificación de áreas potenciales para el establecimiento de albergues en campamento en Lima y Callao | 136 |
| 3.8.3. | Características cuantitativas de las áreas potenciales para albergues | 138 |
| 3.8.4. | Los desequilibrios espaciales en la repartición de los albergues en campamento | 139 |
| 3.8.5. | Aptitud variable de las áreas identificadas para ser utilizadas como albergues en campamento | 143 |
| 3.8.6. | Oficializar y optimizar las áreas potenciales para albergues en campamento | 144 |
| 3.9. | Áreas potenciales para escombreras en período de emergencia | 146 |
| 3.9.1. | Problemática de las escombreras en situación de emergencia en el área metropolitana de Lima y Callao | 146 |
| 3.9.2. | Identificación de áreas potenciales para escombreras en Lima y Callao | 148 |
| 3.9.3. | Características cuantitativas y repartición geográfica de las áreas potenciales para escombreras | 149 |
| 3.9.4. | Aptitud de los terrenos identificados a ser utilizados como escombreras | 152 |
| 3.9.5. | Oficializar y optimizar las áreas potenciales para escombreras | 155 |
| 3.10. | Las áreas económicas de mayor interés: industria al norte y al este, comercios y servicios al centro y al sur | 156 |



| | | |
|-----------|--|------------|
| 3.10.1 | La problemática de la economía urbana en situación de desastre | 156 |
| 3.10.2 | Las áreas económicas de mayor interés: industria al norte y al este, comercios y servicios al centro y al sur | 156 |
| 3.10.3 | Vulnerabilidad de las áreas económicas: consecuencias en cadena | 159 |
| 3.10.4 | Conocer mejor la economía urbana y la vulnerabilidad de las empresas | 162 |
| 4. | Conclusión general: Recursos, vulnerabilidades y preparación de Lima y Callao frente a un terremoto de gran magnitud y un tsunami | 165 |
| 4.1. | El sentido de los recursos de gestión de emergencia | 165 |
| 4.2. | La relevancia limitada de las informaciones disponibles en materia de peligro sísmico y de tsunami | 167 |
| 4.3. | Peligro sísmico versus vulnerabilidad estructural | 168 |
| 4.4. | Existencia de otras numerosas formas de vulnerabilidad | 169 |
| 4.4.1. | Vulnerabilidades geográficas | 169 |
| 4.4.2. | Otras vulnerabilidades recurrentes | 169 |
| 4.4.3. | Vulnerabilidades que necesitan mayor investigación | 170 |
| 4.5. | Orientaciones claves para optimizar la gestión de los recursos de emergencia | 171 |
| 4.5.1. | Pensar la gestión de los recursos de emergencia en función de la división territorial de la urbe | 171 |
| 4.5.2. | Manejar los recursos de emergencia en función de la evolución de la descentralización y privatización | 172 |



| | |
|---|------------|
| ANEXOS | 175 |
| Anexo 1: Equipo de investigación SIRAD | 177 |
| Anexo 2: Organización del equipo SIRAD | 179 |
| Anexo 3: Las grandes fases del estudio SIRAD | 181 |
| Anexo 4: Temas de la base de datos SIRAD y sus capas de información | 183 |
| Anexo 5: Mapa del área metropolitana de Lima y Callao por distrito | 189 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1: Ficha de metadatos generales de los establecimientos de salud | 24 |
| Tabla 2: Estadísticas sobre información de la base de datos SIRAD | 26 |
| Tabla 3: Lógica de jerarquización de los recursos para el manejo de emergencia | 29 |
| Tabla 4: Correspondencia entre zonas sísmico-geotécnicas y niveles de peligros sísmico | 30 |
| Tabla 5: Variables consideradas para caracterizar la accesibilidad de las zonas | 34 |
| Tabla 6: Vulnerabilidad estructural de los puentes y pasos a desnivel | 39 |
| Tabla 7: Establecimientos de salud considerados para el análisis de vulnerabilidad | 40 |
| Tabla 8: Variables de vulnerabilidad socioeconómica | 43 |
| Tabla 9: Tareas, actividades y actores de la decisión e intervención en situación de emergencia | 51 |
| Tabla 10: Los recursos esenciales y de apoyo de la decisión e intervención | 53 |
| Tabla 11: Los recursos esenciales y de apoyo del abastecimiento de agua en situación de emergencia | 65 |
| Tabla 12: Los recursos esenciales y de apoyo del abastecimiento de alimentos para el manejo de emergencia | 74 |
| Tabla 13: Vulnerabilidad por mala accesibilidad de los recursos del abastecimiento de alimentos en situación de emergencia | 79 |
| Tabla 14: Recursos esenciales y de apoyo de atención médica en situación de emergencia | 90 |
| Tabla 15: Población alejada de los servicios de salud | 91 |
| Tabla 16: Vulnerabilidad estructural y funcional de los 23 hospitales “bandera” de Lima y Callao | 96 |
| Tabla 17: Los recursos esenciales y de apoyo del abastecimiento de energía para el manejo de emergencia | 102 |
| Tabla 18: Los recursos esenciales y de apoyo de transporte y vialidad para el manejo de emergencias | 113 |
| Tabla 19: Exposición a peligro sísmico de la red vial | 118 |



| | |
|--|-----|
| Tabla 20: Los recursos esenciales de telecomunicación para el manejo de emergencia | 126 |
| Tabla 21: Exposición al peligro sísmico de las centrales de conmutación | 127 |
| Tabla 22: Radios de instituciones de emergencia en las zonas de peligro sísmico | 129 |
| Tabla 23: Número de áreas potenciales para albergues identificadas en Lima y Callao, y población que se podría albergar | 138 |
| Tabla 24: Repartición de las áreas potenciales para escombreras en función del uso actual y del tamaño | 149 |
| Tabla 25: Áreas potenciales para escombreras en período de emergencia: repartición por distritos y superficies | 151 |
| Tabla 26: Criterios de selección de las zonas económicas de mayor interés | 157 |
| Tabla 27: Localización de los empleos en el área metropolitana de Lima y Callao | 158 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1: Organización de la base de datos sobre recursos esenciales para la respuesta inmediata y recuperación temprana | 25 |
| Figura 2: Repartición de los establecimientos de salud y número de camas por institución | 85 |
| Figura 3: Repartición de los bancos de sangre y stock por institución | 89 |
| Figura 4: Proximidad de la población a un hospital principal | 91 |
| Figura 5: Vulnerabilidad estructural de los hospitales esenciales (% de camas) | 97 |
| Figura 6: Vulnerabilidad funcional de los hospitales esenciales (% de camas) | 97 |
| Figura 7: Vulnerabilidad global (funcional y estructural) de los hospitales esenciales (% de camas) | 99 |
| Figura 8: Áreas potenciales para albergues insuficientes si se requieren condiciones óptimas | 144 |

LISTA DE MAPAS

| | |
|--|----|
| Mapa 1: Zonas de peligro sísmico y de inundación por tsunami en Lima y Callao | 31 |
| Mapa 2: Calidad de la accesibilidad de noche en Lima y Callao | 36 |
| Mapa 3: Calidad de la accesibilidad de día en Lima y Callao | 37 |
| Mapa 4: Vulnerabilidad de la población - síntesis | 47 |
| Mapa 5: Recursos esenciales de la decisión e intervención | 55 |
| Mapa 6: Vulnerabilidad por exposición a peligros de los recursos esenciales de la decisión e intervención | 57 |
| Mapa 7: Vulnerabilidad por accesibilidad de día de los recursos esenciales de la decisión e intervención | 59 |



| | | |
|-----------------|--|-----|
| Mapa 8: | Tipología del acceso al agua de las viviendas (generalización) | 62 |
| Mapa 9: | Vulnerabilidad por exposición a peligro sísmico de los recursos esenciales de agua para el manejo de emergencia | 67 |
| Mapa 10: | Recursos de agua para el manejo de emergencia más vulnerables | 71 |
| Mapa 11: | Recursos esenciales y de segundo nivel del abastecimiento de alimentos para el manejo de emergencia | 76 |
| Mapa 12: | Recursos esenciales y de segundo nivel más vulnerables del abastecimiento de alimentos | 78 |
| Mapa 13: | Departamentos de abastecimiento de Lima y El Callao. Por tipo de producto y cantidades (tm/año) | 82 |
| Mapa 14: | Número de camas de los establecimientos de salud por institución | 87 |
| Mapa 15: | Proximidad de la población vulnerable a un establecimiento de salud | 92 |
| Mapa 16: | Vulnerabilidad de los recursos esenciales y de apoyo de la atención médica por exposición a sismo | 93 |
| Mapa 17: | Vulnerabilidad de los 23 hospitales “bandera” de Lima y Callao: accesibilidad, vulnerabilidad estructural y funcional | 98 |
| Mapa 18: | Recursos esenciales y de segundo nivel del abastecimiento de energía para el manejo de emergencia | 104 |
| Mapa 19: | Recursos esenciales y de segundo nivel más vulnerables del abastecimiento de energía | 107 |
| Mapa 20: | Vulnerabilidad por exposición al peligro sísmico de los recursos esenciales de transporte y vialidad para el manejo de emergencia | 115 |
| Mapa 21: | Recursos esenciales y de segundo nivel de transporte y vialidad expuestos a peligros | 121 |
| Mapa 22: | Recursos esenciales y de segundo nivel de transporte y vialidad más vulnerables | 122 |
| Mapa 23: | Vulnerabilidad por exposición a peligro sísmico de los recursos esenciales de telecomunicación para el manejo de emergencia | 128 |
| Mapa 24: | Accesibilidad de día de los recursos esenciales y de segundo nivel de telecomunicación para el manejo de emergencia | 130 |
| Mapa 25: | Radios de emergencia en las zonas de peligro sísmico | 131 |
| Mapa 26: | Densidad de población y zonas potenciales para albergues en campamento en el área metropolitana de Lima y Callao | 140 |
| Mapa 27: | Aptitud de los terrenos a ser utilizados como albergues en campamento, según los criterios observados en el campo | 141 |
| Mapa 28: | Situación actual de los terrenos identificados como escombreras potenciales en cuanto a su uso para depósito de desechos sólidos y escombros | 150 |
| Mapa 29: | Aptitud de los terrenos a ser utilizados como escombreras, según los criterios observados en el campo | 153 |



| | |
|--|-----|
| Mapa 30: Vulnerabilidad de las áreas económicas de mayor interés por exposición a peligro sísmico | 160 |
| Mapa 31: Accesibilidad de las zonas de concentración de empleos | 161 |

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|---|-----|
| Foto 1: Toma de medida en el techo del Hospital Dos de Mayo | 40 |
| Foto 2: Miembros del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú y de la Defensa Civil durante un ejercicio de simulación | 50 |
| Foto 3: Ejercicios de rescate realizados por el Escuadrón de Emergencia de la Policía Nacional del Perú | 51 |
| Foto 4: Vehículos de rescate de la Policía Nacional del Perú y ambulancias de la Solidaridad durante un ejercicio de simulacro | 56 |
| Foto 5: Planta de tratamiento de agua potable de La Atarjea (El Agustino) | 64 |
| Foto 6: Camión cisterna | 72 |
| Foto 7: El mercado mayorista de Santa Anita | 74 |
| Foto 8: Frente al mercado mayorista La Parada | 83 |
| Foto 9: Emergencia del Hospital Carrión del MINSA en Bellavista (Callao) | 84 |
| Foto 10: Hospital Luis Sáenz de la Policía Nacional del Perú | 96 |
| Foto 11: El Hospital Rebagliati (Essalud) | 97 |
| Foto 12: Hospital Madre Niño San Bartolomé (Cercado de Lima) | 100 |
| Foto 13: Subestación de transformación eléctrica (El Agustino) | 103 |
| Foto 14: Refinería La Pampilla (Ventanilla) | 105 |
| Foto 15: Señalización de rutas de evacuación en el Callao | 113 |
| Foto 16: Helipuerto del Hospital Central de la Fuerza Aérea del Perú (San Isidro) | 114 |
| Foto 17: Tráfico en la Panamericana Norte | 118 |
| Foto 18: Puente peatonal para cruzar el río Rímac entre el Cercado de Lima y San Martín de Porres | 119 |
| Foto 19: Antena RPP en San Isidro | 134 |
| Foto 20: Mantenimiento de la red de telecomunicación | 134 |
| Foto 21: Ejemplo de ficha resumiendo las características de las áreas potenciales para albergues | 145 |
| Foto 22: Un área potencial para escombreras de emergencia: la antigua cantera Vasconia (Carabayllo) | 155 |
| Foto 23: Zona Industrial (Av. Argentina) | 163 |
| Foto 24: Centro de negocio (San Isidro) | 163 |



Presentación

Lima Metropolitana y el Callao son territorios integrados que albergan a más de 8 millones de personas y concentran gran parte de la actividad económica, los servicios sociales y la toma de decisiones a nivel nacional. La posibilidad de que ocurran sismos de gran magnitud y/o tsunami es muy alta, tal como lo determinan la recurrencia histórica y la disposición geológica. De acuerdo al Instituto Geofísico del Perú (IGP), hay una gran probabilidad de que ocurra un terremoto de una magnitud aproximada de 8 Mw, similar al que azotó la ciudad de Pisco en 2007, tomando en cuenta los silencios sísmicos de los últimos años.

En este sentido, en el marco del Proyecto “Preparación ante Desastre Sísmico y/o Tsunami y Recuperación Temprana en Lima y Callao”*, ejecutado durante el año 2010 hasta principios del 2011 por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), con la asistencia técnica, gerencial y operativa del Programas de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el financiamiento de la Comisión Europea, se ha promovido la implementación del **Sistema de Información de Recursos para la Atención de Desastres para Lima Metropolitana y la Región del Callao - SIRAD**.

En el caso de un evento de gran magnitud que afecte a Lima Metropolitana y la Región Callao, la atención de la emergencia implicaría numerosas actividades y por consiguiente la participación de gran cantidad de entidades pertenecientes a las instituciones del gobierno metropolitano, regional y nacional, organismos de socorro, organizaciones de cooperación internacional y del sector privado, entre otros. El acceso a información será una prioridad para una toma de decisiones efectiva, rápida y oportuna. En ese sentido, el SIRAD se constituye en una herramienta fundamental para orientar a los técnicos y funcionarios de los diferentes actores de respuesta.

En esta primera versión el SIRAD contempla el análisis de la disponibilidad y funcionabilidad de elementos esenciales relacionados a diez aspectos clave: centros de decisión e intervención, abastecimiento de agua, abastecimiento de alimentos, atención médica de emergencia, abastecimiento de energía, transporte y vialidad, telecomunicaciones, áreas potenciales para albergues, áreas potenciales para escombreras y áreas de concentración de actividades económicas.

* El objetivo fundamental del Proyecto consistió en la reducción de riesgos de desastre por sismo o tsunami en Lima y Callao a través de fortalecimiento de capacidades de preparación ante desastres y recuperación temprana a nivel distrital, regional y nacional. Para cumplir su propósito el Proyecto se dividió en cuatro componentes: 1) Estudios de Riesgo, 2) Planificación y preparación comunitaria, 3) Educación y Comunicación y 4) Protocolos y simulación.



Sin embargo, el SIRAD no corresponde únicamente a un estudio de recursos esenciales sino que incluye también una base de datos geo-referenciada y un servidor cartográfico, que permite la visualización de la información estratégica de recursos disponibles, adaptándose la búsqueda a las necesidades particulares del tomador de decisiones. El SIRAD está integrado al Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres - SINPAD del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, lo cual permite su acceso y visualización a través de internet.

Se considera que este Estudio tiene dos fortalezas que le permitirán constituirse en una herramienta especializada de apoyo a la toma de decisiones en Lima y Callao. La primera la constituye el hecho de que la información ha sido organizada y recolectada participativamente, con el concurso de las instituciones especializadas en cada tema desarrollado y por ende llamadas a intervenir en una situación de emergencia o a apoyar en dichas labores. Como segunda fortaleza, podemos resaltar la compatibilidad del SIRAD con otros sistemas de información, lo cual facilita su actualización y complementación, así como su visualización a través del SINPAD. Estos dos aspectos contribuyen a generar las condiciones para el SIRAD se constituya en un patrimonio vivo de la ciudad.

El SIRAD ha sido implementado por investigadores del Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD) y del Instituto Francés de Estudios Andinos (IFEA), con la asistencia logística y administrativa de la ONG Cooperazione Internazionale (COOPI). Así mismo, se debe destacar el apoyo brindado por el Instituto Nacional de Defensa Civil, a través de la Dirección Nacional de Prevención, el Programa de Ciudades Sostenibles y la Oficina de Estadística y Telemática, quienes han acogido al equipo de trabajo y brindado asistencia técnica y acompañamiento al mismo. Por último, debemos reconocer el aporte de la Comisión Europea, a través de la Oficina de Ayuda Humanitaria y Protección Civil (ECHO), quienes han aportado el financiamiento para el desarrollo de este Sistema de Información y del Proyecto en su conjunto.

Sra. Rebeca Arias
Representante Residente
Programa de las Naciones Unidas
para el Desarrollo - PNUD Perú

Gral. EP “R” Luis Palomino R.
Jefe
Instituto Nacional de Defensa Civil
INDECI



Acrónimos

| | |
|----------------|---|
| APESEG | Asociación Peruana de Seguros |
| COOPI | Cooperazione Internazionale |
| CISMID | Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres de la Universidad Nacional de Ingeniería |
| DIRESA | Dirección Regional de Salud |
| DISA | Dirección de Salud |
| ECHO | <i>European Commission Humanitarian aid Office</i> (Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea) |
| EDAN | Evaluación de Daños y Necesidades |
| EESS | Establecimientos de salud |
| EMAPE | Empresa Municipal de Administración de Peaje de la Municipalidad Metropolitana de Lima |
| EsSalud | Seguro Social de Salud |
| FINVER | Fondo Municipal de Inversiones del Callao |
| IFEA | Instituto Francés de Estudios Andinos |
| IGP | Instituto Geofísico del Perú |
| IMP | Instituto Metropolitano de Planificación |
| INDECI | Instituto Nacional de Defensa Civil |
| INEI | Instituto Nacional de Estadística e Informática |
| IRD | Institut de Recherche pour le Développement |
| ISH | Índice de Seguridad Hospitalaria |
| MINSA | Ministerio de Salud |
| MML | Municipalidad Metropolitana de Lima |
| OCHA | Oficina de Coordinación para Asuntos Humanitarios |
| OGDN | Oficina General de Defensa Nacional |
| OIM | Organización Internacional de Migraciones |
| OPS | Organización Panamericana de la Salud |
| PNUD | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo |



| | |
|----------------|--|
| PRONAA | Programa Nacional de Apoyo Alimentario |
| RECSE | Red Especial de Comunicaciones en Situaciones de Emergencia |
| RENAES | Registro Nacional de Establecimientos de Salud |
| SEDAPAL | Servicio de Agua Potable y Alcantarillado |
| SEIN | Sistema Eléctrico Interconectado Nacional |
| SCADA | Sistema de Control de Adquisición de Datos en tiempo real |
| SINPAD | Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres |
| SIRAD | Sistema de Información sobre Recursos para Atención de Desastre |
| STAE | Sistema de Transporte para Atención de Emergencia |
| SUCS | Sistema Unificado de Clasificación de Suelos |
| SEPS | Superintendencia de Empresas Prestadores de Salud |
| TIME | Tsunami Inundation Modelling Exchange |
| UNCHR | United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR) |



1. Introducción

1.1. Contexto y objetivos de la investigación

A escala mundial y, en particular, en los países en desarrollo, el listado de desastres urbanos debidos a sismos, a veces acompañados por tsunamis, es particularmente largo y se extiende inexorablemente. En los últimos 10 años se registraron destrucciones en las ciudades de Bam en Irán en 2003 (26,000 muertos), de Banda Aceh en Indonesia en 2004 (31,000 muertos), de Muzaffarabad en Pakistán en 2005 (10,000 muertos), de Mianyang en China en 2008 (22,000 muertos) y de Puerto Príncipe en Haití en 2010 (250,000 muertos). Varios terremotos afectaron también a ciudades latinoamericanas como San Salvador (El Salvador) en 2001, Arequipa (Perú) en 2001 o Concepción (Chile) en 2010. El 15 de agosto de 2007, pequeñas ciudades peruanas, entre las cuales se encuentran Pisco y Chincha Alta, fueron afectadas por otro sismo que dejó varias centenas de víctimas y destruyó decenas de miles de viviendas. Lima fue ligeramente afectada por este terremoto, aunque sin comparación con los efectos de terremotos de los años 1940, 1974 y, sobre todo, de 1746, cuando Lima y Callao fueron arrasados por un sismo y un tsunami (hubo más de 3,000 muertos en una aglomeración que no superaba los 64,000 habitantes).

Estos numerosos desastres se deben a vulnerabilidades múltiples: desarrollo de superficies urbanizadas en zonas de riesgo, sistemas inapropiados de construcción, incremento de la población urbana pobre y no preparada, debilidad institucional de la planificación urbana y de la legislación, complejidad creciente de los organismos urbanos por la multiplicación de redes de todo tipo. Se deben también a las debilidades de la acción preventiva a pesar del incremento del conocimiento de los procesos físicos y humanos que dan lugar a desastres y del mejoramiento de los medios técnicos que permiten prevenirlos e intervenir.

Los límites de la acción preventiva dan más relieve al manejo de crisis, a la respuesta inmediata y a la recuperación temprana. Sin embargo, numerosos informes y artículos subrayan la deficiente capacidad de operación de los sistemas de manejo de crisis existentes. Los problemas destacados se refieren más a la debilidad de las instituciones en materia de organización y de coordinación y a los problemas de comunicación, que a los aspectos económicos y materiales. La falta de anticipación, la ausencia de preparación, el desconocimiento de los lugares afectados y de sus capacidades de reacción, la carencia de articulación entre el nivel nacional y el local, entre las autoridades y la población, la



ignorancia de los procesos sociales, espaciales, políticos e institucionales involucrados en la crisis, hacen que generalmente se gestionen las emergencias de manera improvisada.

La gestión de la crisis generada por el terremoto de Pisco en 2007 ha demostrado estas debilidades, evidenciando una mala adecuación entre los recursos de emergencia y las necesidades en distintos campos: las comunicaciones, la atención médica, la logística de emergencia, los albergues o el abastecimiento de agua¹. De ahí que una preocupación creciente de la aglomeración de Lima y Callao son sus numerosas vulnerabilidades² frente a la alta probabilidad, según el Instituto Geofísico del Perú (IGP), de ocurrencia de un terremoto de gran magnitud en los años venideros.

En este contexto, en el marco del proyecto marco “Preparación ante desastre sísmico y/o tsunami y recuperación temprana en Lima y Callao” del PNUD, INDECI y ECHO³, el IRD (Institut de Recherche pour le Développement) y la ONG italiana Cooperazione Internazionale (COOPI) han desarrollado, entre abril 2010 y febrero 2011, el estudio SIRAD (Sistema de Información sobre Recursos para Atención de Desastre)⁴.

El objetivo principal del estudio SIRAD es la construcción de una base de datos georeferenciados de los recursos esenciales para la respuesta y recuperación temprana ante la ocurrencia de un sismo y/o tsunami en

el área metropolitana de Lima y Callao. Esta base de datos y los análisis de la vulnerabilidad de dichos recursos tienen como principal propósito la reducción de la vulnerabilidad del sistema de gestión de crisis en Lima y Callao. Aportan un conocimiento nuevo de los recursos de emergencia existentes y permiten así una mejor preparación, optimizando la articulación entre los recursos para manejar la emergencia y las necesidades de la atención de desastre, en particular las de la población damnificada.

Los recursos considerados abarcan 10 campos de la emergencia: centros de decisión e intervención, abastecimiento de agua, abastecimiento de alimentos, atención médica de emergencia, abastecimiento de energía, transporte y vialidad, telecomunicaciones, áreas potenciales para albergues, áreas potenciales para escombreras y áreas económicas. Se trata de recursos necesarios tanto para la respuesta inmediata como para la recuperación temprana⁵. La particularidad del proyecto ha sido el enfatizar en los recursos que conforman estos 10 campos, en particular en los más importantes a escala metropolitana, identificándolos e integrándolos en una base de datos específica y analizando su vulnerabilidad. En efecto, siendo estos recursos indispensables para reducir las consecuencias de un terremoto o de un tsunami, las políticas públicas de prevención y preparación ante desastres deberían enfocarlos prioritariamente a fin de garantizar su funcionamiento eficiente en período de emergencia.

1. INDECI (2009) – Lecciones aprendidas del Sur: Sismo de Pisco. 15 de agosto de 2007 – Perú, Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Soluciones Prácticas / ITDG, DFID, 232 p.
2. Ver, en particular, D’Ercole R., Hardy S., Robert J., Metzger P. (editores) (2009) – Vulnerabilidades urbanas en los países andinos - Numero temático del Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos (IFEA), Tomo 38, No 3, IRD / IFEA / COOPI, 576 p.
3. Ver en el anexo 1 la conformación del equipo de investigación SIRAD, en el anexo 2 un esquema presentando la organización del equipo por tareas y en el anexo 3 las grandes fases del proyecto.
4. El título original del proyecto es: “Sistema de Información Geográfico y análisis de recursos esenciales para la respuesta y recuperación temprana ante la ocurrencia de un sismo y/o tsunami en el área metropolitana de Lima y Callao” (Proyecto PNUD/SDP-052/2009).
5. Recordemos que, excepto una fase de pre-emergencia cuando existen fenómenos precursores, un periodo de crisis presenta dos momentos sucesivos:
 - a) Una fase de emergencia, marcada por la implementación de los auxilios y la protección de las personas y de los bienes, que se inicia en el momento en que se produce el fenómeno dañino. Esta puede durar de algunas horas a varios días, cubre todo el periodo del impacto y no termina hasta que se hayan tomado todas las medidas de auxilio y de protección.
 - b) Una fase de recuperación, que puede durar de algunos días a varios meses, en los casos más graves. Se prolonga hasta el restablecimiento de las condiciones mínimas indispensables para el retorno a una situación aceptable (aún cuando sea diferente a la situación inicial) en los sectores afectados.



En este contexto los resultados del estudio SIRAD han sido de cuatro tipos:

- (1) La construcción de una base de datos georeferenciada de los recursos esenciales para la respuesta y recuperación temprana en Lima y Callao ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud y/o tsunami. Nunca ha existido tal base de datos, a pesar de su utilidad. Estará a disposición de todas las instituciones involucradas en la gestión de riesgos y de crisis, en particular la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML), el Gobierno Regional del Callao y el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), responsable de la gestión de la base una vez culminado el estudio SIRAD.
- (2) La cartografía y análisis de estos recursos, de su vulnerabilidad (considerando principalmente la exposición a los peligros y la accesibilidad) y de su funcionalidad ante la posible ocurrencia de un sismo y/o tsunami. Tanto la base de datos como la cartografía, los análisis y las recomendaciones constituyen herramientas de preparación y de decisión para las instituciones de diferentes escalas (nacional, regional, provincial y local) responsables de la prevención, preparación ante desastres y gestión de emergencias.
- (3) La realización de un servidor cartográfico accesible por la web e integrado en el servidor del SINPAD (Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres). Este servidor permite que todos los usuarios no familiarizados con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) puedan consultar los datos de la base de manera simple y elaborar mapas de acuerdo a sus necesidades.
- (4) La capacitación a personas e instituciones vinculadas al tema de prevención

de desastres, preparación y gestión de emergencias, para que conozcan la información existente en la base de datos SIRAD y estén en capacidad de utilizar el servidor cartográfico de manera eficiente. Estas formaciones tuvieron lugar entre el 7 de diciembre de 2010 y el 9 de febrero de 2011.

En el presente documento se consideran los dos primeros resultados del estudio SIRAD. Es decir, la identificación y el análisis de los recursos esenciales de respuesta inmediata y de recuperación temprana.

El trabajo de investigación que se realizó en la aglomeración de Lima y Callao es único en término de objetivos, de metodología y de resultados, pues busca ser de interés de los actores de todas las ciudades comprometidas en la mejora de su preparación ante un potencial desastre. De ahí la propuesta de un documento orientado a explicar la metodología y el interés de los resultados⁶.

Una vez expuesto el marco conceptual, se presenta la metodología general utilizada para la construcción de la base de datos, la determinación de los recursos esenciales para situación de emergencia y, finalmente, el análisis de vulnerabilidad de los recursos esenciales de emergencia y del sistema de respuesta. Este análisis toma en consideración la exposición a los peligros sísmicos y de tsunami, los problemas de accesibilidad a los recursos, la vulnerabilidad estructural y funcional, el acceso de la población a los recursos y la vulnerabilidad de la población.

Luego se presentan los principales resultados de la identificación y análisis de los 10 tipos de recursos, evidenciando sus principales vulnerabilidades. Finalmente se concluye, poniendo énfasis en los problemas comunes de los diferentes tipos de recursos y en algunas orientaciones claves para optimizar la gestión de los recursos de emergencia y mejorar el sistema de gestión de crisis en Lima y Callao.

6. Este documento es la síntesis de un informe constituido por 14 volúmenes con un total de más de 2000 páginas.



1.2. Marco conceptual

El análisis de los recursos esenciales del manejo de emergencias se fundamenta en el marco conceptual de los riesgos de origen natural en medio urbano elaborado por el IRD en Quito. Entre 1999 y 2004 se realizó una investigación científica destinada a mejorar la prevención de desastres en el Distrito Metropolitano de Quito. Para ello, se hizo un levantamiento georeferenciado de todos los elementos esenciales que permiten el funcionamiento de la capital ecuatoriana⁷. Esta investigación llevó a construir un marco conceptual nuevo, fundado en la simple idea de que para optimizar la prevención de los riesgos se debe, en primer lugar, identificar los elementos esenciales del funcionamiento de un territorio, los que se tienen que proteger en prioridad, para luego analizar su vulnerabilidad. Resumiendo la propuesta teórica, el riesgo para un territorio urbano es definido como la posibilidad de perder (es decir, la vulnerabilidad de) elementos de importancia (los elementos esenciales) para este territorio. Este marco conceptual pone a los elementos esenciales de un territorio, y no a los peligros, como es generalmente el caso, al centro de la definición de los riesgos.

En este planteamiento conceptual original, el riesgo está conformado por dos grandes pilares: los elementos esenciales de un territorio y la vulnerabilidad. Los elementos esenciales son una selección de los componentes más importantes del sistema urbano, en particular los servicios y las infraestructuras vitales que aseguran el funcionamiento y el abastecimiento de la ciudad y de su población. La selección de lo que es esencial es absolutamente necesaria, y fundamenta la metodología, al permitir el análisis detallado de la vulnerabilidad de elementos escogidos por

su importancia y la priorización de las acciones de prevención a la escala de un territorio. La vulnerabilidad es enfocada de manera amplia, tomando en consideración todos los factores que contribuyen a la debilidad de los elementos esenciales, tales como fragilidades estructurales, institucionales y económicas, problemas de accesibilidad -incluyendo la exposición a los peligros- así como los aspectos que, por el contrario, van a aportar una mejor resistencia ante un desastre, como la existencia de alternativas de funcionamiento o de planes de contingencia.

Con este enfoque, se cuestiona indudablemente la definición habitual del riesgo visto como el producto de un peligro y una vulnerabilidad. Como se puede notar, la existencia de peligros no se considera al lado de la vulnerabilidad, sino como parte de ella. Esto significa que lo fundamental para reducir la vulnerabilidad de un territorio es determinar la susceptibilidad de daños o de paralización de los elementos esenciales para su funcionamiento y desarrollo, en función no solamente de la exposición a los peligros sino también de otras debilidades.

El levantamiento y análisis de los recursos para la respuesta inmediata y recuperación temprana en Lima y Callao se enmarca en este mismo cuadro conceptual, transfiriendo las interrogantes relativas a la prevención en interrogantes para la atención de desastre. Así, en vez de buscar los elementos esenciales del funcionamiento normal del territorio para la prevención de desastres, se investigan los recursos esenciales del manejo de una situación de crisis para la preparación frente a un desastre⁸.

La reflexión y el levantamiento de datos sobre los recursos para el manejo de emergencias no son tareas fáciles. Requieren imaginar

- 7 En diferentes campos como la población, la educación, la salud, el patrimonio, la cultura, el abastecimiento de agua, de alimentos, de energía, la movilidad, la economía, la capitalidad, etc. Para más detalles, ver D'ERCOLE R. & METZGER P. (2002) – Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito – Colección Quito Metropolitano, MDMQ-IRD, Quito, Ecuador: 226p. ; y D'ERCOLE R. & METZGER P. (2004), La vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito, Colección Quito Metropolitano, MDMQ-IRD, Quito, Ecuador: 496 p. <http://www.savgis.org/etudes-realisees.html>
8. Ver D'ERCOLE R., METZGER P., Las dimensiones espaciales del manejo de crisis: interés de la investigación y aplicación en Quito. En: D'Ercole R. (ed.), Hardy S. (ed.), Metzger P. (ed.), Robert J. (ed.) Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú). Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines, 2009, 38 (3), p. 893-915.



situaciones de crisis en las cuales se plantea la hipótesis de la paralización de los elementos esenciales del territorio en situación normal. Esto implica identificar recursos específicos que permitan manejar una emergencia, imaginar alternativas al funcionamiento normal y reflexionar en términos de rehabilitación de los sistemas habituales.

Los recursos esenciales para la respuesta inmediata y la recuperación temprana son definidos como los elementos indispensables para el manejo de la crisis, seleccionados entre los numerosos recursos que juegan un papel en la emergencia: centros de decisión, centros operacionales de la respuesta inmediata, recursos en atención médica de emergencia, medios de abastecimiento de agua potable, de alimentos, vías de comunicación y medios de transporte, sistemas de telecomunicaciones, suministro de energía eléctrica y combustibles, lugares de almacenamiento de la ayuda de emergencia, albergues, escombreras. Algunos recursos son fundamentales tanto en periodo de crisis como en periodo de funcionamiento normal de la ciudad, como la red de abastecimiento de agua, las telecomunicaciones o los establecimientos de salud. Otros adquieren más importancia en periodos de crisis: las instituciones de coordinación de las emergencias cotidianas, los bomberos, las fuentes alternativas de abastecimiento de agua. Otros recursos sirven únicamente en graves situaciones de emergencia: los albergues, las escombreras o los hospitales de campaña.

En relación al análisis de vulnerabilidad, en el marco de la conceptualización desarrollada en Quito, se hizo una evaluación global de la vulnerabilidad de los recursos esenciales del manejo de emergencia que se puede apreciar

a partir de la localización⁹. Se analizó la vulnerabilidad proveniente de la distribución espacial de los recursos en el territorio y, para cada uno de los recursos identificados, se evaluó la exposición al peligro sísmico, la exposición al peligro de tsunami y la accesibilidad (ver sección metodológica)¹⁰.

La problemática espacial planteada por el manejo de la emergencia raramente es contemplada en las investigaciones científicas o en la preparación frente a una emergencia. Sin embargo, ubicar en el territorio los recursos que permiten la respuesta inmediata y la recuperación temprana ante la ocurrencia de un desastre parece imprescindible en el marco de la preparación ante un desastre mayor. En primer lugar, la localización geográfica permite el análisis de la vulnerabilidad espacial; es decir, aquella debida a la exposición a peligros y a la accesibilidad de los recursos.

En segundo lugar, la respuesta y la recuperación ante desastres consiste en relacionar desde el punto de vista espacial y funcional los espacios afectados o los vulnerables¹¹ (que definen las necesidades de socorro) y aquellos donde se encuentran los recursos para la atención de desastres (que permiten responder a las necesidades de la emergencia). En efecto, es vital que los recursos de la respuesta a un desastre puedan acceder físicamente a los espacios destruidos. A la inversa, es también útil poder salir de los espacios damnificados para llegar a ciertos recursos (albergues, hospitales). Así que el tema muy concreto y plenamente geográfico de la localización de los recursos en relación a la de los espacios vulnerables es primordial, para evaluar la vulnerabilidad de los recursos en sí, y para apreciar su capacidad real para atender los espacios afectados.

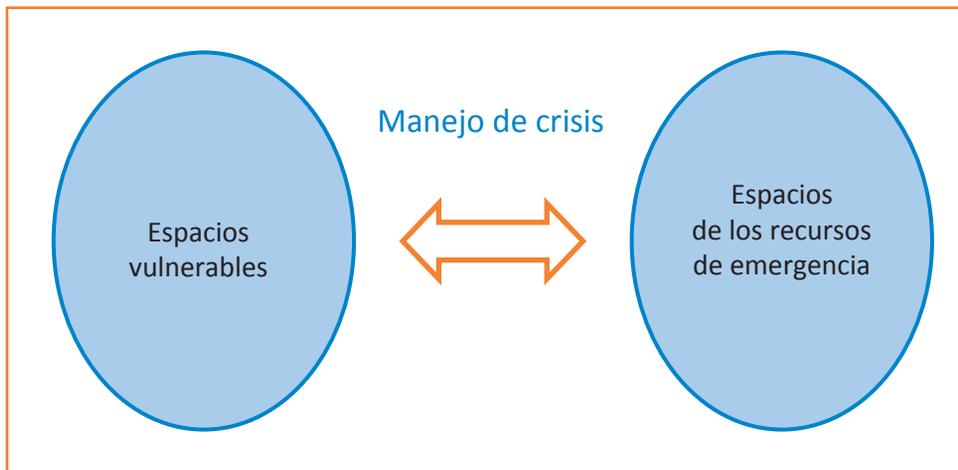
9. Este tipo de vulnerabilidad ha sido calificado como “vulnerabilidad espacial” en el marco conceptual desarrollado en Quito.

10. Existen muchas otras dimensiones que se podrían tomar en cuenta para analizar la vulnerabilidad. En Quito se profundizó el análisis de vulnerabilidad territorial considerando también la vulnerabilidad propia de los elementos esenciales del territorio con un análisis de vulnerabilidad intrínseca (vulnerabilidad estructural, por ejemplo) de dependencias (el abastecimiento de agua en relación a la energía eléctrica, por ejemplo), de capacidad de control de los sistemas. En el presente proyecto, por su corta duración, estos aspectos de la vulnerabilidad han sido considerados de manera muy superficial, a excepción de la vulnerabilidad estructural y funcional de los establecimientos de salud.

11. Si bien no se pueden determinar a priori los espacios que van estar afectados, se puede al menos identificar los espacios más vulnerables.



Dimensiones espaciales del manejo de situación de emergencia



Se pretende demostrar aquí que el análisis de la distribución espacial de los recursos en relación a la repartición de los espacios vulnerables es un medio relevante para detectar las fallas del sistema de gestión de crisis y mejorar la preparación ante una emergencia. Este enfoque permite, al mismo tiempo, una reflexión acerca de las escalas del manejo de situación de crisis, en la medida en que permite buscar, según los tipos de recursos, la escala más adecuada para optimizar la respuesta inmediata

y la recuperación temprana, diferenciando los recursos imprescindibles localmente de aquellos que suponen una gestión a nivel del territorio urbano en su conjunto. Además, considerando este marco teórico, es totalmente coherente y absolutamente necesaria la constitución de una base de datos georeferenciados y el uso de un SIG, que permita la localización de los recursos, la identificación de los espacios vulnerables, la evaluación de la vulnerabilidad y los análisis espaciales.



2. Metodología de investigación

2.1. Enfoque de la investigación

El primer resultado esperado del estudio SIRAD es la construcción de una base de datos georeferenciada¹² de los recursos esenciales para la respuesta y recuperación temprana en Lima y Callao ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud y/o tsunami. El segundo es la cartografía y el análisis de estos recursos, en torno a su exposición a los peligros y a su funcionalidad ante la ocurrencia de tales fenómenos. Tanto la base de datos como la cartografía y el análisis constituyen herramientas de toma de decisión para las instituciones responsables de prevención, preparación ante desastres y gestión de emergencias de los diferentes niveles de gobierno: nacional, regional, provincial y local¹³.

En este contexto, las grandes etapas metodológicas del estudio están relacionadas

con tres aspectos de la investigación que se presentan en las siguientes páginas:

- La construcción de la base de datos georeferenciada con un SIG¹⁴. Se describen las diferentes fases de su constitución y la organización de los datos: los temas y las capas de información geográfica¹⁵ con sus atributos y modalidades. Se presentan también algunas estadísticas sobre la base (número de atributos, de objetos por tema) y se detallan, en anexo, las capas de información construidas, en particular para los grandes tipos de recursos de emergencia.
- La determinación de los recursos de respuesta y recuperación temprana y la selección de los más importantes en Lima y Callao para enfrentar situaciones de emergencia. Esta jerarquización de los recursos permite enfocarse en

12. Conjunto de datos organizados y clasificados según una misma estructura y almacenados de tal manera que permiten la búsqueda, la creación y la actualización de la información. La base de datos de un SIG contiene información sobre la ubicación de los objetos y sus características.
13. Los dos otros resultados consisten en (1) un servidor cartográfico, utilizable desde una página web e integrado al servidor del SINPAD (Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres), el cual permite visualizar la información contenida en la base de datos, y (2) la capacitación al personal de diversas instituciones para incrementar el conocimiento de la base de datos y el uso del servidor cartográfico. Estos resultados no se desarrollan en este documento.
14. Sistema que permite la creación, el almacenamiento, la gestión, la representación cartográfica y el análisis de los datos geográficos. Muchas veces su definición se limita a los programas, aunque incluye también los datos, los actores o el material.
15. Archivos de un programa SIG que contienen un conjunto de objetos agrupados según una temática y a una determinada escala geográfica. Estos objetos son representaciones de objetos reales a partir de tres tipos de geometría (puntos, líneas y polígonos). El término «capa» hace referencia a la posibilidad, en los programas SIG, de superponer estos archivos para ver y analizar la repartición espacial de los objetos de una capa con respecto a objetos de otra capa.



aquellos que merecen más atención a escala metropolitana. Se inspira en las investigaciones realizadas por el IRD en Quito entre los años 1999 y 2004, tal como se indicó en el marco conceptual.

- La evaluación de la vulnerabilidad de los recursos de emergencia; es decir, la posibilidad de perder su funcionalidad y la debilidad del sistema de respuesta. Se han considerado cuatro tipos de vulnerabilidades. Las dos primeras corresponden a las que se aprecian a partir de su localización: la exposición a los peligros sísmicos y de tsunami; los problemas potenciales de accesibilidad de día y de noche de estos recursos. Además, se ha evaluado la vulnerabilidad estructural de los edificios (únicamente en los principales establecimientos de salud y puentes de la aglomeración urbana), y los problemas de acceso de la población a los recursos, en particular los de la más vulnerable. Para ello se han desarrollado metodologías específicas, incluso inéditas, de estimación de las diferentes formas de vulnerabilidad identificadas.

2.2. Construcción de la base de datos georeferenciada

La base de datos espaciales de los recursos de respuesta inmediata y recuperación temprana ante la ocurrencia de un sismo y/o tsunami en el área metropolitana de Lima y Callao se realizó en solo tres meses, entre mayo y agosto del 2010. Se han recuperado o creado los datos, para luego integrarlos en la base que compila gran cantidad de información correspondiente a los 10 tipos de recursos de emergencia considerados en el proyecto. En el mismo periodo también se ha producido e integrado información relativa a la vulnerabilidad de la población de la aglomeración urbana y al peligro sísmico y de tsunami.

2.2.1. Las etapas de constitución de la base de datos

Se pueden considerar cinco etapas fundamentales para la construcción de esta base:

Primera etapa: identificación de la información

Desde el inicio del proyecto fue necesario reflexionar sobre el tipo de información que se tenía que integrar en una base de datos urbanos creada para la preparación ante la ocurrencia de un terremoto y/o tsunami. Como se mencionó en el marco conceptual, la identificación de los recursos para el manejo de emergencia no es fácil, puesto que es necesario proyectarse a una situación de emergencia e imaginar un funcionamiento urbano de crisis cuyo manejo se apoye en recursos muchas veces diferentes de los que prevalecen habitualmente. Este tipo de reflexión destinada a determinar y elegir los recursos más pertinentes para alimentar la base de datos, se desarrolló en varias reuniones del equipo técnico SIRAD y, sobre todo, en talleres temáticos con representantes de instituciones especializadas en el tema y/o en la preparación ante desastre (representantes de defensa civil, de ministerios, de empresas privadas).

Ocho talleres de identificación de los recursos esenciales de respuesta inmediata y recuperación temprana tuvieron lugar desde el inicio del proyecto, entre el 7 de mayo y el 8 de junio 2010. Al final de la segunda fase del proyecto, entre el 11 de agosto y el 3 de septiembre 2010, se realizó una segunda ronda de talleres, sobre los mismos temas y con las mismas personas (por lo menos en parte), para presentar el avance de la base de datos, validarla, completarla y para iniciar la reflexión acerca de la vulnerabilidad. Además de la determinación de los recursos más idóneos, estos talleres ayudaron eficazmente a la identificación de las instituciones públicas y privadas poseedoras de la información necesaria.



Segunda etapa: recuperación y/o creación de la información

En esta segunda etapa se intentó recuperar la información necesaria, disponible en un gran número de instituciones públicas (empresas municipales, ministerios, hospitales públicos) y privadas (en los campos de la energía, la logística de emergencia o de servicios privados de atención médica, por ejemplo). Numerosos trámites y reuniones fueron necesarios para obtener gran parte de la información actualmente incorporada en la base de datos SIRAD. Hubo mucho interés de parte de las instituciones que colaboraron eficazmente al proyecto. En otras instituciones, la confidencialidad de ciertos datos ha sido una dificultad, aunque en la mayoría de casos se ha hecho el esfuerzo por encontrar soluciones.

En ciertos casos la información no existía y tuvo que ser creada específicamente para el proyecto. Es el caso de los albergues en campamento y de las escombreras de emergencia. La falta de albergues de gran tamaño planificados por los gobiernos locales ha requerido una metodología de investigación inédita que no ha podido apoyarse en estándares nacionales o internacionales dado que estos no existen. De igual manera, la incapacidad del sistema de eliminación de desechos sólidos en Lima y Callao para absorber grandes cantidades de escombros producidos por desastres y la ausencia de lugares capaces de recibir tal cantidad de escombros, también ha necesitado el desarrollo de una investigación novedosa para identificar y caracterizar áreas potenciales para escombreras.

Tercera etapa: homogeneización de la información

Ésta es una fase más técnica, larga y útil porque define en gran medida la calidad final del producto. En efecto, la información construida o aquella compilada en las

diferentes instituciones no estaba uniformizada ni completa. Por eso, en esta fase, se homogeneizaron los formatos, las tablas de datos, la geometría de los objetos. Mucha información proveniente de fuentes distintas no habría podido reunirse sin este trabajo realizado por el equipo SIG.

El trabajo consistió en:

- Exportar en un formato único -el formato shape¹⁶- la información recibida que tenía varios tipos de formatos (formato imagen, dwg).
- Utilizar la proyección geográfica WGS 84 UTM zona 18 Sur: la más apropiada para la región de Lima y modificar, cuando fue necesario, las otras proyecciones, para obtener una proyección única.
- Atribuir a los objetos gráficos los datos numéricos y/o alfanuméricos que les correspondiesen (a menudo la información se encontraba en una imagen, en un documento PDF separado o en una tabla Excel).
- Limpiar la geometría de los objetos para que se ajuste a la capa de referencia (capa de manzanas del INEI) o para corregir errores (polígonos no cerrados).
- Corregir los datos atributarios: homogeneizar los campos "sin datos", verificar y añadir los datos faltantes.

Cuarta etapa: realización de los metadatos

Esta "información sobre la información" es una descripción clara del contenido de la base, incluyendo quién ha creado la información, cuándo, cómo, con qué metodología, con qué fuentes, a qué escala. Esta información es de gran importancia para el uso de la base, para su actualización, complementación y sostenibilidad. Es común encontrar en el Perú ciertas bases de datos sin metadatos o con metadatos incompletos.

16. El formato shape es un formato vectorial que asocia la localización de un objeto geográfico con las informaciones numéricas y/o alfanuméricas asociadas a él. Es el formato más utilizado por los Sistemas de Información Geográfica. Es un formato de propiedad de la compañía ESRI (ESRI SHAPEFILE), que también ha creado ArcGis.

Un shapefile es generado por varios archivos. El número mínimo requerido es de tres y tienen las siguientes extensiones

- shp: es el archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos,
- shx: es el archivo que almacena el índice de las entidades geométricas,
- dbf: es el archivo que almacena la información de los atributos de los objetos.



El resultado es una base de poca o ninguna utilidad, porque los datos no se entienden y, en consecuencia, es necesario volver a realizar los estudios ya hechos. Es por ello que se ha dado especial importancia a los metadatos, para evitar que los futuros usuarios de la base de datos se encuentren en tal situación. Cada capa de información geográfica está documentada con la siguiente información:

- Los metadatos generales de la capa de información (ver tabla 1).
- La descripción de los atributos de las diferentes capas de información. En algunos casos, estas descripciones se acompañan de metodologías, como por ejemplo la de determinación de la aptitud global de una zona a recibir albergues en campamento.

Quinta etapa: realización de la cartografía y de los análisis

Después de las fases precedentes, se realizaron mapas y cuadros estadísticos con el Sistema de Información Geográfico (ArcGis) que han sido la base para la evaluación de la vulnerabilidad y los análisis espaciales.

En las capas de información, los análisis y cruces de datos han permitido la creación de nuevos atributos para calificar los objetos, en

particular en función de su nivel de importancia para el manejo de la emergencia, de su exposición a peligros y de su accesibilidad. También se han construido indicadores más complejos para algunos temas.

En este proyecto se han realizado aproximadamente 400 mapas, esencialmente de recursos y de vulnerabilidad, presentados en los diferentes informes temáticos entregados al PNUD y divulgados en varios eventos¹⁷.

2.2.2. Organización de los datos

Como lo indica el esquema a continuación, la base de datos SIRAD está subdividida en temas: 10 tipos de recursos (centros de decisión e intervención, agua, alimentos, atención médica, energía, transporte y vialidad, telecomunicaciones, albergues, escombreras y áreas económicas). En la base de datos también se encuentra información e indicadores de vulnerabilidad relativos a la población del área metropolitana de Lima y Callao, al peligro sísmico y/o de tsunami, a la accesibilidad, además de datos generales (área urbana, límites de distritos y provincias, océano).

Cada capa de información contiene atributos. Por ejemplo, hay 16 capas de información en el tema “Agua”; dentro de ellas, la capa “plantas de agua potable” o la capa “camiones cisternas”.



Figura 1: Organización de la base de datos sobre recursos esenciales para la respuesta inmediata y recuperación temprana

17. En particular durante el taller sobre planes operativos de emergencia, realizado el 26 de octubre de 2010 y en la simulación de sismo del 21 noviembre de 2010.



El tema del abastecimiento de alimentos tiene 11 capas de información, dentro de las cuales se encuentran las capas “mercados mayoristas”, “supermercados” o “almacenes de la ayuda nacional e internacional”¹⁸.

Cada capa de información contiene atributos¹⁹. Por ejemplo, el número de camiones o de los poseedores de camiones en la capa “Camiones Cisternas”. Otro ejemplo es la capa de información “Albergues en campamentos”, que tiene 135 atributos dentro de los que están los indicadores creados para este estudio (indicador de accesibilidad de las áreas potenciales de albergues, aptitud global de la zona a ser utilizada como albergue o grado de cobertura de la zona en agua potable o atención médica).

Cada atributo no numérico tiene una o varias modalidades, como lo indica el ejemplo

de los poseedores de camiones cisternas: el poseedor puede ser una empresa privada, una municipalidad o SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado).

2.2.3. Estadísticas sobre la base de datos de recursos de emergencia

Como lo indica la Tabla 2, se han producido 120 capas de información para los 10 temas correspondientes a los recursos de emergencia, además de los temas referidos al peligro sísmico y peligro de tsunami, a la accesibilidad, a la población, y los datos generales. De estas 120 capas, el 68,3% corresponde a objetos puntuales (establecimientos de salud o supermercados, por ejemplo), el 11,7% a líneas (ejes viales o redes de transmisión eléctrica, por ejemplo) y el 20% a polígonos (áreas para escombreras o zonas de actividades económicas, por ejemplo).

Tabla 2: Estadísticas sobre información de la base de datos SIRAD

| Tema | Número de shapes | | | | Número de atributos | Número de objetos | Número de mapas |
|--------------------------------------|------------------|-------|----------|-------|---------------------|-------------------|-----------------|
| | Punto | Línea | Polígono | Total | | | |
| Centros de decisión e intervención | 11 | 0 | 0 | 11 | 319 | 632 | 29 |
| Abastecimiento de agua | 12 | 1 | 3 | 16 | 316 | 74,528 | 40 |
| Abastecimiento de alimentos | 10 | 4 | 1 | 15 | 207 | 9,510 | 42 |
| Atención médica | 7 | 0 | 0 | 7 | 200 | 869 | 33 |
| Abastecimiento de energía | 12 | 2 | 0 | 14 | 229 | 6,685 | 41 |
| Transporte, vialidad y accesibilidad | 11 | 6 | 5 | 22 | 436 | 279,432 | 60 |
| Telecomunicaciones | 15 | 0 | 0 | 15 | 216 | 3943 | 32 |
| Áreas potenciales para albergues | 4 | 0 | 1 | 5 | 200 | 423 | 32 |
| Áreas potenciales para escombreras | 0 | 0 | 1 | 1 | 67 | 43 | 12 |
| Áreas económicas | 0 | 0 | 3 | 3 | 26 | 92,693 | 25 |
| Vulnerabilidad de la población | 0 | 0 | 2 | 2 | 118 | 71,306 | 41 |
| Peligro sísmico | 0 | 0 | 2 | 2 | 6 | 66 | 3 |
| Peligro de tsunami | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Datos de base | 0 | 1 | 4 | 5 | 10 | 56 | |
| TOTAL | 82 | 14 | 24 | 120 | 2,352 | 540192 | 392 |
| Porcentaje de geometría | 68,3 | 11,7 | 20 | 100 | | | |

Nota: Se excluyen en esta tabla los datos geográficos básicos como topografía, ríos, océano, límites de distritos, de provincias, existentes en la base de datos.

18. Ver en el anexo 4 el listado completo de las capas de información.

19. En un SIG, corresponde a la variable numérica (número de camas, superficie, etc.) o nominal (nombre, institución, etc.) que caracteriza el objeto geográfico.



Cada una de las capas de información se subdivide en atributos, que hacen un total de 2,352. El número total de objetos (puntos, líneas, polígonos) integrados en la base SIRAD es de 540,192 y el número de mapas producidos es de 392.

2.3. Determinación de recursos esenciales para situación de emergencia

Durante una emergencia de gran magnitud, el territorio necesita una considerable cantidad de recursos de todo tipo para enfrentar la situación y volver lo más rápidamente posible a la normalidad. Sin embargo, todos estos elementos no tienen la misma importancia. Algunos pueden considerarse como esenciales por el papel decisivo que van a desempeñar en la gestión de una emergencia, mientras que otros son simplemente útiles. Como lo hemos expuesto en el marco conceptual, entender esta jerarquía es de vital importancia, en la medida en que permite determinar los elementos o recursos de mayor interés para la gestión de crisis. En estos se deben enfocar prioritariamente las políticas públicas de prevención y preparación ante desastres, para garantizar su funcionamiento en período de emergencia y su recuperación después del desastre.

En este contexto, se han determinado, en un primer momento, los recursos esenciales de emergencia incluyendo (1) los elementos esenciales del funcionamiento urbano en período normal y (2) los recursos específicos para períodos de emergencia. Un segundo nivel jerárquico ha sido desarrollado, tomando en cuenta los recursos de emergencia de segundo nivel o de apoyo a los recursos esenciales (ver tabla 3). De esta manera, para jerarquizar los recursos de cada tema²⁰, se procedió en tres etapas.

2.3.1. Elementos esenciales del funcionamiento urbano en situación normal

En la medida que los temas analizados en este estudio son fundamentales para la gestión de una emergencia, se han considerado los elementos esenciales del funcionamiento normal del territorio como recursos esenciales en situación de emergencia. Es decir, por ejemplo, que los elementos esenciales del abastecimiento de agua potable en un período normal, también pueden considerarse como recursos esenciales en un período de emergencia.

Los elementos esenciales del funcionamiento normal de la aglomeración, también esenciales durante una emergencia, fueron determinados por el equipo SIRAD, con la colaboración de los participantes de los talleres temáticos presentados anteriormente, apoyándose en el conocimiento del sistema urbano en su conjunto y según criterios cuantitativos, cualitativos y territoriales.

Los criterios cuantitativos son los más utilizados en las operaciones simples de jerarquización. Tales operaciones consisten en clasificar una serie de elementos en función de los valores numéricos asociados a ellos (número de camas de los establecimientos de salud, por ejemplo), para luego determinar umbrales cuantitativos.

Los criterios cualitativos permiten, por su parte, atribuir una importancia a un elemento o un lugar, en función de una cualidad particular que presenta. Por ejemplo, la existencia de una especialidad en un hospital que no existe en otra parte de la aglomeración o que está poco representada (por ejemplo una unidad de quemados), hace de él un caso único o muy codiciado y le da un gran valor funcional.

20. Todos los temas, a excepción de los albergues y las escombreras. En este caso la lógica seguida es diferente, puesto que se ha tratado esencialmente de identificar y caracterizar áreas potenciales.



Los criterios territoriales o de localización fueron adoptados en ciertos casos, cuando el tema estudiado permitía destacar elementos no necesariamente esenciales desde el punto de vista cuantitativo o cualitativo, pero cuya localización les confería un papel importante (por ejemplo, centros de salud menores, pero que prestan servicios a un territorio extenso).

2.3.2. Determinación de los recursos esenciales específicos de la emergencia

En segundo lugar, se ha reflexionado sobre la situación de emergencia de manera específica, planteando la hipótesis de la paralización o el mal funcionamiento de los elementos esenciales en situación normal. Esta hipótesis obligó a identificar recursos específicos o alternos de emergencia que, aunque no siempre tengan mucha importancia en un periodo normal, aparecen como recursos muy útiles, incluso indispensables, para la respuesta ante un desastre.

Por ejemplo, en el campo del abastecimiento energético, dos centrales térmicas de generación de energía eléctrica han sido identificadas como recursos esenciales específicos de emergencia por su modo de funcionamiento, pues sus turbinas usan varias fuentes de energía gas o diesel, lo cual representa mayores alternativas para que sigan funcionando en período de emergencia.

En relación al transporte terrestre: las capacidades del mantenimiento vial son recursos esenciales para la rehabilitación de las vías, despejar los escombros de casas, edificios, pilones eléctricos caídos, para así permitir la movilización de la ayuda hacia los lugares afectados y de todos los demás recursos de la repuesta inmediata y de la recuperación.

Así también en el campo del abastecimiento de agua, se han considerado como esenciales y específicos de la emergencia, los pozos equipados con caudal superior a 40 litros/segundo, que son una fuente de agua autónoma en relación a la red y a los

reservorios mayores, que son lugares de almacenamiento de gran cantidad de agua. Se consideran también recursos “excepcionales”, ya que no se utilizan en tiempo normal y son movilizados únicamente ante la ocurrencia de grandes desastres. Es el caso de los hospitales de campaña, que representan un recurso específico esencial del manejo de emergencia y permiten la oferta de un servicio de salud en lugares donde no existen establecimientos o éstos sufrieron daños.

Los elementos esenciales del funcionamiento normal y los recursos específicos de gran interés en caso de desastre han sido considerados como recursos esenciales de emergencia.

2.3.3. Identificación de los recursos de segundo nivel o de apoyo

Finalmente se identificaron elementos de menor importancia, pero que ofrecen un apoyo significativo a los recursos esenciales y/o constituyen elementos alternativos de interés. Estos han sido considerados como recursos de emergencia de segundo nivel. Se trata, por ejemplo, de los camiones cisterna, que permiten una distribución del agua en cualquier parte del territorio, y de los surtidores necesarios para su abastecimiento.

En el campo del abastecimiento alimenticio, han sido identificadas ciertas plataformas logísticas aptas para contribuir a almacenar los alimentos provenientes de la ayuda nacional e internacional.

De la misma manera, constituyen recursos de apoyo todos los terminales de bus interurbanos, por su capacidad de apoyar a los terminales principales, y todas las empresas de transporte urbano por su flota de vehículos de transporte colectivo (buses y combis), que son recursos útiles frente a las necesidades de desplazamiento de la población y de los recursos de intervención entre los lugares donde están los recursos, las zonas afectadas y las de refugio.



Tabla 3: Lógica de jerarquización de los recursos para el manejo de emergencia

| Jerarquización | Descripción | Modalidad esencial (en la base de datos) |
|--|--|--|
| Recursos esenciales en situación de emergencia | Elementos esenciales en periodo normal | Recursos esenciales en situación de emergencia |
| | Recursos específicos de emergencia | |
| Recursos de segundo nivel en situación de emergencia | Recursos de apoyo a los recursos esenciales y otros elementos de interés | Recursos de segundo nivel en situación de emergencia |

En la base de datos, se ha agregado un atributo “esencialidad” a cada uno de los recursos con la modalidad correspondiente a su jerarquización: normal, específico emergencia, apoyo emergencia y otros.

2.4. Insumos para el análisis de vulnerabilidad de los recursos esenciales de emergencia y del sistema de respuesta

Cuatro formas de vulnerabilidad han sido consideradas: 1) la exposición de los recursos esenciales a los peligros sísmico y de tsunami; 2) las dificultades potenciales de accesibilidad de estos recursos; 3) la vulnerabilidad estructural de algunos recursos; y 4) los problemas de acceso de la población, en particular de la más vulnerable, a los recursos.

2.4.1. Exposición de los recursos a los peligros sísmico y de tsunami

Para evaluar la exposición de los recursos de manejo de emergencia a los peligros sísmicos y de tsunami, se realizó una zonificación sísmico-geotécnica completando el estudio elaborado en el año 2005 por el CISMID²¹ (CISMID / APESEG, 2005) así como un mapa inédito de inundación por tsunami.

Zonificación sísmico-geotécnica del área Metropolitana de Lima y Callao y peligros correspondientes

El estudio de zonificación sísmico-geotécnica se realizó en siete distritos de Lima Metropolitana (Pucusana, Santa María, San Bartolo, Punta Negra, Punta Hermosa, Santa Rosa y El Agustino). El objetivo fue evaluar el comportamiento dinámico del suelo, a partir de registros de vibración ambiental y de la elaboración de calicatas para el análisis geotécnico en laboratorio. Por ello, se han utilizado dos estaciones sísmicas City Shark II con bandas de frecuencia de registro entre 0.2-40 Hz y ganancias de 1024 dB. El estudio geotécnico considera la elaboración de trincheras y análisis granulométricos, límites de elasticidad, contenido de humedad y corte directo.

El comportamiento dinámico del suelo se evaluó en base a la determinación de las frecuencias y periodos dominantes y amplificaciones máximas relativas. Asimismo, se realizó una clasificación de los suelos según el sistema SUCS y la determinación de su capacidad portante. El resultado final fueron los mapas de zonificación sísmico-geotécnica para cada distrito estudiado, conformándose los cinco tipos de zonas sísmico-geotécnicas identificados según el procedimiento establecido en CISMID/APESEG (2005). Así se pudo completar el mapa inicial y cubrir la mayoría del territorio urbano de Lima y Callao.

21. “Microzonificación Sísmica y de Vulnerabilidad para el Área Urbana de Lima Metropolitana” realizado por el CISMID - Centro Peruano Japonés de investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres de la Universidad Nacional de Ingeniería –por encargo de la Asociación Peruana de Empresas de Seguros – APESEG.



En caso de sismo de gran magnitud, se espera que los daños a las viviendas o infraestructuras sean mayores cuando el suelo presenta las peores condiciones dinámicas. Se han determinado cuatro niveles de peligro sísmico en base a los cinco tipos de zonas sísmico-geotécnicas, como lo indica la siguiente tabla (se consideraron las zonas IV y V como zonas de peligro sísmico muy alto). Son estos niveles los que han sido considerados para calificar el nivel de exposición de los recursos a sismos.

La zonificación sísmica no equivale a la vulnerabilidad estructural de las edificaciones, la cual necesita estudios adicionales.

Cerca de 38,500 ha. (50%) de las zonas evaluadas son de peligro bajo; es decir, con suelos estables, seguido de 35% de zonas de peligro relativamente bajo. Se trata de la planicie central y de las parte altas de los valles del Rímac y del Chillón. Las zonas de peligro alto y muy alto corresponden a 6 y 8% del total evaluado respectivamente, o sea unas 11,000 ha. en la parte litoral del Callao y en el sur, en particular en el sector de los humedales de Chorrillos y de Villa El Salvador hacia el límite con Villa María el Triunfo y Lurín (ver mapa 1). Se observa también manchas puntuales de suelos inestables en La Molina y Pachacamac (extremo norte de este distrito correspondiente al sector de Manchay).

Tabla 4: Correspondencia entre zonas sísmico-geotécnicas y niveles de peligros sísmico

| Zonas sísmico - geotécnicas | Suelos correspondientes | Peligro sísmico |
|-----------------------------|--|--------------------|
| Zona I | Afloramientos rocosos y estratos de grava | Bajo |
| Zona II | Suelos granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial | Relativamente bajo |
| Zona III | Arena eólica (sin agua) | Alto |
| Zona IV | Arena eólica (con agua) | Muy alto |
| Zona V | Rellenos | |

Fuente: CISMID/APESEG (2005), Estudio SIRAD (2010)

Las zonas de inundación por tsunami

El objetivo del estudio ha sido determinar el peligro relacionado con la ocurrencia de un maremoto (o tsunami) producto de un sismo de gran magnitud. Una forma de determinar las zonas de inundación de un posible maremoto local o distante y, a partir de eso, estimar el potencial daño, es usar la simulación numérica. La metodología ha consistido en utilizar el modelo numérico TIME (Tsunami Inundation Modelling Exchange), el cual requiere como datos de entrada, el modelo digital de elevación (topografía y batimetría) de Lima y Callao y el modelo de la fuente sísmica que proporciona la condición inicial del maremoto. La salida

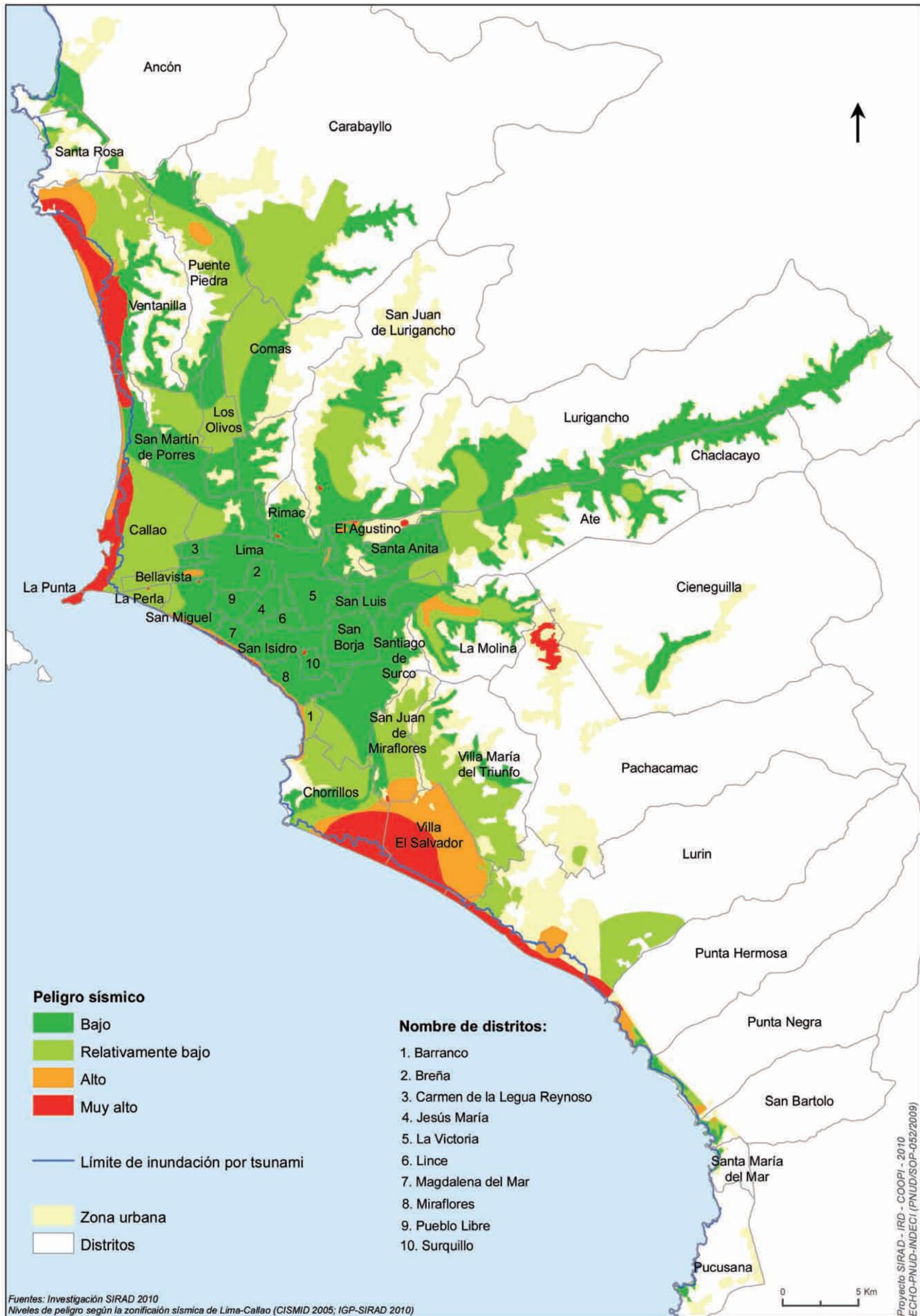
corresponde a la altura de la ola en la línea de costa, mareograma sintético, tiempo de arribo y permite el mapeo de zona de inundación. Sin embargo se deben considerar las limitaciones del modelo numérico debido a la resolución del modelo digital de elevación, así como de la dificultad de dar cuenta de la transferencia de energía del medio sólido (corteza terrestre) al medio líquido (océano).

En este estudio se han tomado dos escenarios sísmicos de referencia:

a) un escenario para un terremoto hipotético (magnitud = 8.5 Mw), con epicentro en el mar, frente al Callao, que corresponde al terremoto más probable que podría ocurrir en Lima;



Mapa 1: Zonas de peligro sísmico y de inundación por tsunami en Lima y Callao



b) un escenario análogo al terremoto de 1746 (magnitud = 9.0 Mw), con área de ruptura desde Chimbote (al norte de Lima) hasta el sur de Pisco. Es el peor escenario sísmico que ha ocurrido en el Perú y uno de los peores que podría ocurrir. En materia de gestión de riesgo y preparación ante desastre, se considera el maremoto provocado por el terremoto más probable, es decir, el terremoto de 8.5 Mw (los mapas de vulnerabilidad por exposición a tsunamis realizados por el equipo SIRAD consideran las zonas inundables por tal evento). Sin embargo, un evento de mayor tamaño como el del 1746, aunque excepcional y poco probable a la escala de una vida humana, podría ocurrir de nuevo.

Las zonas de mayor impacto, según el evento más probable, de 8.5 Mw, son (ver límites de zonas inundables en el mapa 1):

- Al norte: Ventanilla (2.0 km de máxima inundación horizontal), Callao Puerto (0.7 km de inundación). La presencia de la isla San Lorenzo no supone una barrera natural de defensa ante el embate del maremoto, debido a que la longitud de onda es comparable a las dimensiones de la isla (fenómeno de difracción de ondas). Dichas ondas se desviarán y bordearán a la isla, atacando al distrito de la Punta desde 2 frentes: norte y sur.
- Al sur, resaltan las zonas de Villa – Chorrillos (1.2 km de inundación) y Lurín (1.5 km de inundación). La zona menos vulnerable está comprendida desde Punta Hermosa hasta Pucusana.

Para un maremoto local en la zona de Lima y Callao, el tiempo de arribo de la primera ola sería de alrededor de 20 minutos (al Callao), lo cual proporciona poco tiempo para realizar una evacuación, mientras que la máxima altura de la ola en la línea de costa, para la zona del Callao (Chuchito) es de alrededor de los 7m (en el escenario sísmico más probable).

Para la prevención de desastres en esta zona (Chucuito y La Punta), tiene que tomarse en cuenta la llamada evacuación vertical.

2.4.2. Problemas de accesibilidad de los recursos

La problemática de la accesibilidad de los recursos en situación de emergencia

La vulnerabilidad de los recursos de emergencia no solo está ligada a la exposición a los peligros sísmicos y de tsunami, sino también a factores como la calidad de su accesibilidad. De manera general, tratándose de zonas de población potencialmente afectadas o de lugares donde se encuentran los recursos para el manejo de emergencias, el hecho de tener una mala accesibilidad representa una forma de vulnerabilidad: el difícil acceso reduce la posibilidad de socorrer a la población o de movilizar los recursos para el manejo de la emergencia. Por ello, calificar la accesibilidad de los diferentes lugares del territorio permite también calificar la accesibilidad de los recursos de emergencia que se encuentran en estos lugares, información indispensable para dar cuenta de las potenciales dificultades de desplazamiento, de la vulnerabilidad de los recursos, de las consecuencias en términos de eficacia de la atención de emergencia y, por lo tanto, de la vulnerabilidad del territorio en caso de tsunami o sismo de gran magnitud.

Para calificar la accesibilidad, es necesario tomar en cuenta dos grandes escenarios: una situación de noche (sin congestión vehicular) y una situación de día (con congestión vehicular). Los mapas de exposición a los peligros resultaron del cruce de información entre la localización de los peligros y la de los recursos. De igual manera se han realizado mapas de accesibilidad de los recursos de emergencia, resultantes del cruce de información entre la calidad de la accesibilidad definida por zonas y la localización de los recursos.



A continuación se presenta la metodología de delimitación de las zonas de accesibilidad, de la calificación de su accesibilidad y los mapas de accesibilidad de día y de noche (ver mapas 2 y 3).

Metodología de calificación de la accesibilidad de los lugares en Lima y Callao

La metodología general aplicada para calificar la accesibilidad de los lugares siguió dos pasos. El primero fue la delimitación de las denominadas “zonas de accesibilidad”. El segundo consistió en caracterizar la accesibilidad de cada una de esas zonas.

Las **zonas de accesibilidad** son una división del territorio urbano basada en la idea de cuenca hidrográfica, pero aplicada a la red vial. El objetivo es la delimitación de zonas geográficas que tienen sentido desde el punto de vista de los desplazamientos. Con este fin, se ha dividido el territorio en 39 zonas

internamente homogéneas, considerando elementos físicos que constituyen frenos para la fluidez de los desplazamientos. Así, los límites de cada una de las zonas corresponden a elementos que son obstáculos físicos a la movilidad y que dificultan los desplazamientos entre sectores de la urbe: ríos, cerros, grandes espacios cerrados que cortan la ciudad (tales como los aeropuertos Jorge Chávez y Las Palmas, los Pantanos de Villa, la planta de agua de La Atarjea), vías a desnivel (Vía Expresa, Avenida Grau) y otras grandes avenidas difíciles de cruzar (Av. Evitamiento, una parte de la Panamericana Sur). La delimitación de estas zonas de accesibilidad no consideró los límites administrativos, puesto que se ha privilegiado una lógica espacial de desplazamiento.

En una segunda etapa, se ha determinado el **nivel de accesibilidad de las zonas**, tanto de noche como de día, utilizando las variables presentadas en la tabla 5.

Tabla 5: Variables consideradas para caracterizar la accesibilidad de las zonas

| Accesibilidad de noche | |
|--|--|
| Caracterización interior de la zona | Permeabilidad de la zona: cálculos en relación al perímetro de la zona |
| Densidad de la red vial (Km./superficie) | Número de entradas y salidas de la zona |
| Densidad de la red principal (Km./superficie) | Indicador de permeabilidad del perímetro de la zona considerando: |
| % superficie a más de 500 m. de la red principal | - % del perímetro con obstáculos totales: cerro, mar, espacios cerrados |
| % superficie de cerros | - % del perímetro con obstáculos parciales: río y vías a desnivel (función del número de puentes/km) |
| Ancho promedio de las vías | - % del perímetro sin obstáculos |
| Accesibilidad de día | |
| Las variables anteriores más el número de puntos de congestión vehicular por kilómetro de vías principales | |



El enfoque es doble: se trata de identificar tanto los problemas potenciales de accesibilidad internos de cada zona (la facilidad con la cual se circula al interior de la zona), como los posibles problemas de conexión vial entre zonas, que significan dificultades de accesibilidad a ciertos sectores de la ciudad. Así, el primer grupo de variables permite calificar la **accesibilidad interna**. Considera la densidad de la red vial y la de la red principal, el porcentaje del territorio de la zona situado a más de 500m de la red principal, el ancho promedio de las vías y el porcentaje del territorio de la zona ocupado por cerros. Cada variable tiene cinco clasificaciones, de la peor a la mejor situación. Los mayores valores corresponden a la mayor vulnerabilidad en materia de accesibilidad interna.

El segundo grupo califica la **permeabilidad de cada zona (o accesibilidad externa)** en relación a las zonas contiguas. Se considera el número de vías de entradas y salidas (excluyendo los puentes y pasos a desnivel) de cada zona y se otorga un valor de “permeabilidad” en función a la naturaleza de los obstáculos que delimitan el perímetro de la zona: permeabilidad nula para los límites tipo “cerro”, “espacio cerrado” y “mar”; permeabilidad limitada para los límites tipo “río” y “vía a desnivel”, en función de la cantidad de puentes y de pasos a desnivel por kilómetro; y totalmente permeable cuando no se presenta un obstáculo en particular.

De igual manera que para la accesibilidad interna, cada variable tiene cinco clasificaciones, de la peor a la mejor situación. La suma de los valores permite clasificar la accesibilidad de cada zona en relación al resto de la ciudad.

Sumando los valores de cada grupo de variables, accesibilidad interna y permeabilidad, se logra una calificación sintética de accesibilidad en cinco niveles (muy buena, buena, regular, mala, muy mala) que permite

apreciar la accesibilidad de noche e identificar las zonas de vulnerabilidad debida a esta problemática.

Por su parte, la accesibilidad de día ha sido calculada a partir de la accesibilidad de noche, añadiéndole una variable referida a la congestión vehicular (número de puntos de congestión por kilómetro de vías principales en la zona) que disminuye el nivel de accesibilidad, pues toma en cuenta las dificultades planteadas por el tráfico vehicular. Se obtiene también una calificación sintética de accesibilidad de día donde aparecen solo tres clases (regular, mala, muy mala)²².

En la base de datos, se ha agregado un atributo a cada uno de los recursos para manejo de emergencia con la calificación correspondiente al nivel de accesibilidad, tanto de día como de noche.

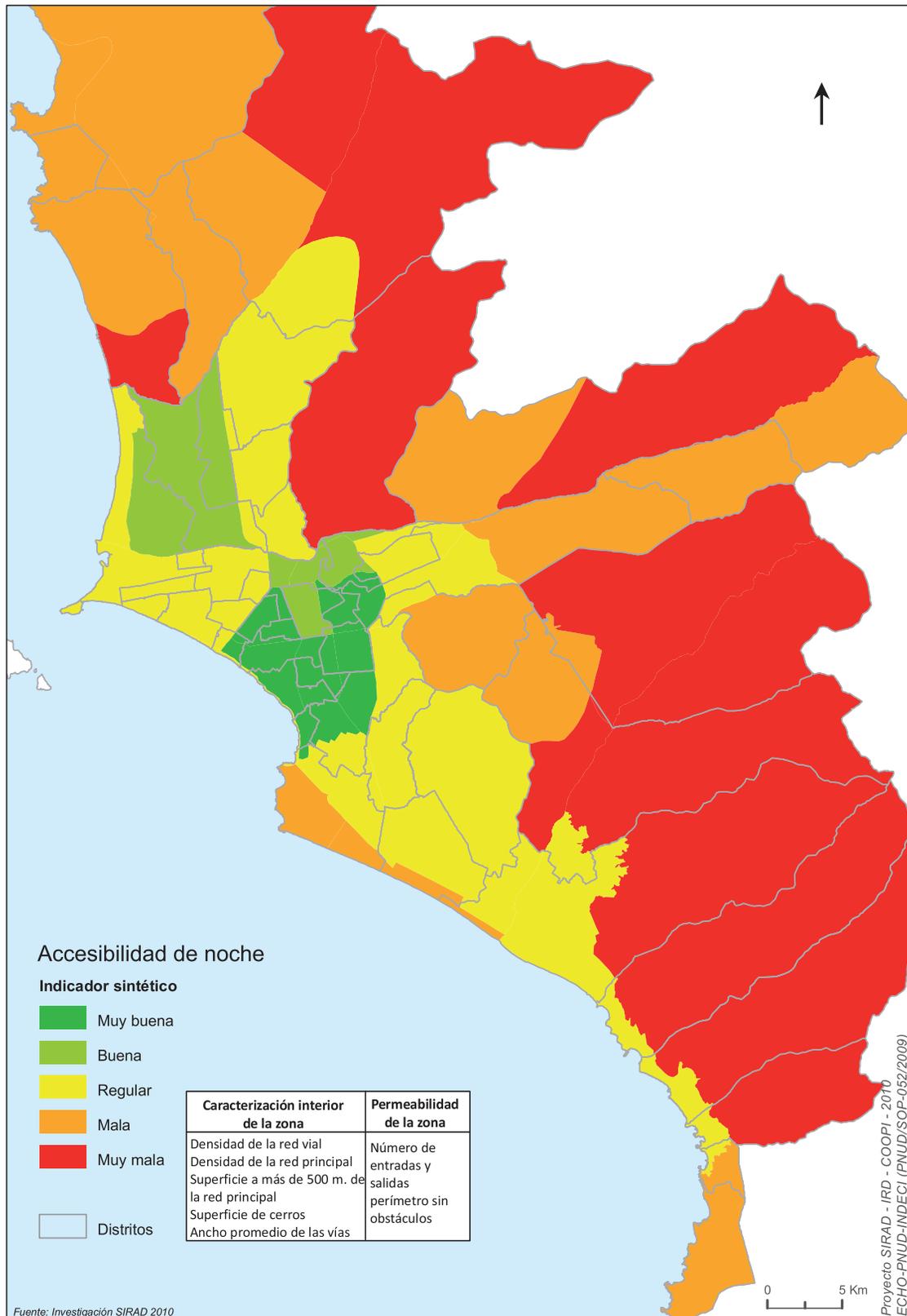
En situación de noche, 20 zonas (más de 50% de la zona urbana) presentan una accesibilidad muy buena a regular, principalmente en la parte central de Lima. 10 zonas presentan una mala accesibilidad y ocho una muy mala (29% y 14% de la zona urbana respectivamente). Se trata del extremo norte de la aglomeración (Pachacutec, Ancón, Puente Piedra), de San Juan de Lurigancho, de la parte alta de la valle del Rímac, y de La Molina hacia Pachacamac y Cieneguilla. También se considera la franja litoral al sur de Chorrillos y en Villa El Salvador, en particular por la falta de alternativa a la Panamericana Sur (pocas entradas y salidas).

De día, el panorama es bien distinto, en particular en la parte central que pasa de una accesibilidad buena a una mala o muy mala por los problemas de congestión vehicular. De hecho, ninguna zona presenta buena accesibilidad, y sólo 10 siguen con un nivel regular pero solo representan el 30% de la zona urbana. El 44% del territorio pasa a ser de mala accesibilidad, y el 23% de muy mala accesibilidad.

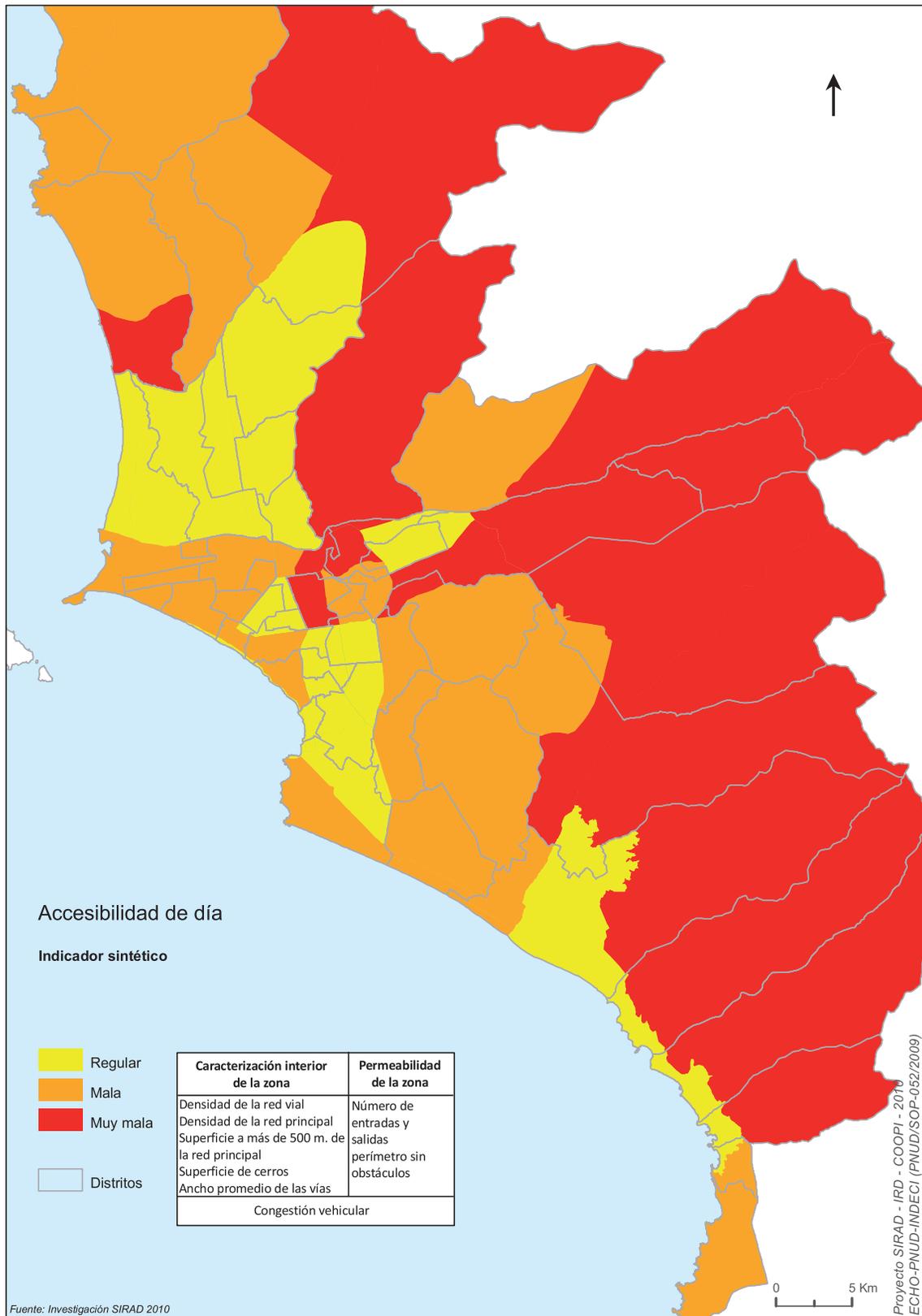
22. Considerando los problemas de congestión vehicular de manera acumulativa, ninguna zona presenta una accesibilidad buena durante el día.



Mapa 2: Calidad de la accesibilidad de noche en Lima y Callao



Mapa 3: Calidad de la accesibilidad de día en Lima y Callao



2.4.3. Vulnerabilidad estructural y vulnerabilidad funcional

El tema de la vulnerabilidad estructural (comportamiento de las estructuras frente a sismo) de los recursos de emergencia y respuesta temprana no ha sido considerado prioritario, en este proyecto, por su corta duración. En teoría deberían realizarse sistemáticamente estudios de vulnerabilidad estructural de todos los recursos esenciales de emergencia que utilizan los edificios y otras infraestructuras físicas. Sin embargo, se ha realizado una evaluación básica (inspección visual) de los principales puentes y pasos a desnivel de la aglomeración y una evaluación más completa de la vulnerabilidad estructural de los principales hospitales de Lima y Callao. Para estos, además, se ha realizado un estudio de vulnerabilidad funcional que mide la capacidad de los hospitales para enfrentar grandes situaciones de emergencia.

Vulnerabilidad estructural de los principales puentes y pasos a desnivel

Los puentes, pasos a desnivel e intercambios viales seleccionados para el análisis de vulnerabilidad estructural son los siguientes:

- Puentes sobre el río Rímac: Faucett, Unión, Dueñas, Del Ejército (Avenida Ugarte), Santa Rosa (Avenida Tacna), Ricardo Palma (Avenida Abancay), Huánuco, Huáscar (Evitamiento), Ramiro Prialé;
- Puentes sobre el río Chillón: Ventanilla (Nestor Gambetta), Panamericana Norte;
- Puentes sobre el río Lurín: Panamericana Sur/Lurín, Antigua Panamericana Sur / Lurín;
- Pasos a desnivel: intercambio vial Atocongo (Santiago de Surco/San Juan de Miraflores), paso a desnivel Javier Prado/Arequipa (San Isidro).

La vulnerabilidad estructural de los puentes se hizo mediante una inspección visual, sin aparatos ni equipos especiales. Para ello se recopilaban datos descriptivos de la estructura con un enfoque especial en las señales e

indicios que permiten detectar rasgos en la fragilidad de la estructura. Los diferentes elementos a inspeccionarse fueron ordenados en tres grandes grupos: las cimentaciones, la superestructura y los dispositivos básicos de protección.

La inspección visual de cada puente o paso a desnivel ha permitido levantar los elementos descriptivos siguientes:

- Datos generales, como la longitud, el ancho, la altura, la antigüedad, el tipo de uso del puente (tipo de vehículos autorizados).
- Datos descriptivos relativos a las condiciones del terreno de asentamiento y las condiciones ambientales.
- Datos que describen la estructura del puente propiamente dicha, entre los que se encuentran:
 - el tablero, caracterizado por el material y su estado general,
 - las vigas, caracterizadas por tipo, número y material,
 - la subestructura, que contiene estribos y pilares,
 - los detalles como barandas, veredas, sardineles y las juntas de expansión, básicamente caracterizados por su material y estado general.

Para cada infraestructura se ha aplicado una valoración de 1 a 3 en función de los deterioros observados en las diferentes partes de la estructura como las grietas, la corrosión y los desplazamientos visibles. El valor 1 corresponde a la menor gravedad de los deterioros. Según esta evaluación, la vulnerabilidad de los puentes y pasos a desnivel analizados es reducida, excepto la de dos puentes que cruzan el río Rímac: el puente Unión y el puente Dueñas, que presentan una vulnerabilidad media (ver tabla 6). Sin embargo, se trata de una manera básica de apreciar la vulnerabilidad de los puentes y tendrían que realizarse otros estudios más profundos.



Tabla 6: Vulnerabilidad estructural de los puentes y pasos a desnivel

| NOMBRE | CONDICIÓN GLOBAL | VULNERABILIDAD | CONDICIONANTE | | |
|------------------------------|-------------------|----------------|---------------|--------------|---------------|
| | | | mantenimiento | mejoramiento | reforzamiento |
| Faucett | 2 | baja | X | | |
| Unión | 2 | media | | | X |
| Dueñas | 2 | media | | X | |
| Santa Rosa | 1 | baja | X | | |
| Ricardo Palma | 1 | baja | X | | |
| Huánuco | 1 | baja | X | | |
| Huáscar | 1 | baja | X | | |
| Ramiro Prialé | 1 | baja | X | | |
| Ventanilla | 1 | baja | X | | |
| Panamericana Norte | 1 | baja | X | | |
| Panamericana Sur | 1 | baja | X | | |
| Panamericana Antigua Sur | 1 | baja | X | | |
| Intercambio Vial Atocongo | 1 | baja | X | | |
| Paso a Desnivel Javier Prado | 1 | baja | X | | |
| Puente Ejercito | en rehabilitación | | | | |

Vulnerabilidad estructural y funcional de los principales establecimientos de salud

En cuanto a los establecimientos de salud, el objetivo principal del análisis detallado de vulnerabilidad ha sido doble: en primer lugar, determinar la vulnerabilidad de los establecimientos principales; en segundo lugar, generar información sobre el sistema de salud en su conjunto, a fin de ayudar a la priorización de acciones y a la preparación

del manejo de emergencia del sector salud en Lima y Callao.

El análisis de vulnerabilidad estructural ha sido realizado para 23 hospitales considerados como esenciales para el manejo de emergencia (los hospitales “bandera”). La evaluación de la vulnerabilidad funcional, en cambio, se ha hecho en un total de 111 establecimientos de salud (70 centros de salud y 41 hospitales e institutos, incluyendo los 23 hospitales “bandera”).



Tabla 7: Establecimientos de salud considerados para el análisis de vulnerabilidad

| | Establecimientos considerados |
|---|---|
| Evaluación de la vulnerabilidad estructural | <ul style="list-style-type: none"> • 23 hospitales esenciales (hospitales "bandera") |
| Evaluación de la vulnerabilidad funcional | <ul style="list-style-type: none"> • 70 centros de salud del MINSA • 41 hospitales e institutos (MINSA, Essalud, Sanidades) |

- *Metodología de análisis de la vulnerabilidad estructural*

El objetivo es evaluar la pérdida potencial del funcionamiento de un hospital por daño estructural. Para ello, se realizaron mediciones de la frecuencia fundamental de los edificios y del suelo en cada hospital basadas en el uso de microtrepidaciones²³. Dos tipos de medidas son necesarias para la evaluación de la vulnerabilidad estructural de los edificios:

- La primera atañe a la frecuencia fundamental de un edificio. Esta caracteriza las propiedades dinámicas de la estructura que resultan de sus propiedades internas (altura,

materiales de construcción, etc.). Si la frecuencia fundamental medida entra en el dominio del funcionamiento normal teórico -en función del número de pisos-, el edificio no presenta problemas. En el caso contrario, el edificio es vulnerable por ser demasiado rígido o demasiado flexible.

- La segunda medida concierne a la frecuencia del suelo. Permite evaluar la sensibilidad de los edificios a la resonancia del suelo. En efecto, si los edificios tienen el mismo orden de frecuencia que el suelo, existe un riesgo de sobreexcitación susceptible de provocar su colapso.



Foto 1: Toma de medida en el techo del Hospital Dos de Mayo – J. Chraibi, 2010

23. Las medidas han sido realizadas con dos estaciones de grabación dedicadas a estudios de las microtrepidaciones y dos velocímetros. Las estaciones de grabación de la señal sísmica son de tipo CityShark II, diseñadas especialmente para grabaciones de vibración ambiental en sitio y estudios de construcción. El tipo de sismómetro utilizado (Lennartz LE-3D 5s.) tiene 3 componentes ortogonales con un periodo natural de 5 segundos lo que es suficiente para trabajar en edificios.



Los hospitales son edificaciones complejas constituidas por varios bloques construidos en épocas distintas, remodelados, etc. Por ende, las medidas han sido realizadas a nivel de bloques, priorizando las áreas críticas (emergencias, salas de operaciones, etc.) y áreas asistenciales (hospitalización).

Para cada bloque se generó un índice de vulnerabilidad física (comportamiento del edificio) y un índice de sensibilidad a la resonancia del suelo para llegar, finalmente, a un índice sintético de vulnerabilidad estructural (por bloque). En base a este último se estimó un porcentaje de pérdida por daño estructural. La vulnerabilidad global del hospital se calculó en base a la superficie potencialmente perdida por daño estructural por cada hospital, obtenida a partir de la suma de la superficie perdida de cada bloque²⁴.

Las medidas realizadas han permitido la determinación de la frecuencia fundamental de las estructuras y de los suelos, así como la determinación de otros parámetros dinámicos de estructuras tal como el amortiguamiento global. También podrían ser útiles para evaluaciones de daños post desastre y rehabilitaciones de estructuras. La integración de los resultados en un SIG ha sido realizada en esta perspectiva (entre otras).

- *Metodología de análisis de la vulnerabilidad funcional*

La vulnerabilidad funcional considera los principales factores capaces de afectar el funcionamiento del establecimiento, pero también es útil como un diagnóstico de las capacidades de organización, de adaptación y de autonomía de los establecimientos

frente a una emergencia masiva. Se consideraron tres aspectos:

- El nivel de organización para el manejo de emergencia (presencia de un comité de operación de emergencia, plan de emergencia, simulacros, equipos de radio). Se refiere a la organización de la institución para atender una emergencia masiva.
- La capacidad de expansión (índice de ocupación de camas, camas adicionales, áreas libres). Refleja la capacidad del establecimiento para extender sus servicios, habilitar espacios en caso de daños estructurales o adaptarse a una llegada masiva de pacientes.
- La autonomía de los servicios básicos (autonomía en agua, demanda de energía cubierta por el grupo electrógeno y almacenes de alimentos) en la hipótesis de cortes en el abastecimiento de estos servicios hasta su rehabilitación.

Para cada variable, se realizó una clasificación en tres clases a las cuales se les otorgó valores de 1 a 3 (1 a la clase inferior, 3 a la clase superior). El índice de vulnerabilidad funcional corresponde a la suma de los valores (10 en total), dividido por el número de variables.

Se utilizó como referencia la metodología de la Organización Panamericana de la Salud para la evaluación de Índice de Seguridad Hospitalaria - ISH (OPS, OMS, 2008), la cual se adaptó y se simplificó. En efecto, la metodología del ISH es mucho más detallada y tiene como objetivo llegar a recomendaciones a corto, mediano y largo plazo. Sin embargo, necesita también más tiempo y un presupuesto mayor.

24. La superficie total perdida de cada bloque es calculada en base a superficie perdida al suelo multiplicada por el número de pisos.



En este proyecto se priorizó la evaluación de un mayor número de establecimientos capaces de tener un papel en el manejo de una emergencia en Lima y Callao, con el objetivo de obtener un panorama de las capacidades y de las vulnerabilidades del sistema de respuesta. Evidentemente, la información producida es totalmente compatible con los estudios de ISH según la metodología de la OPS y es valorizable como insumo para priorizar los establecimientos a evaluar con más detalle.

Los principales resultados se presentan en la tercera parte del documento (punto 3.4. La atención médica en situación de desastre, y en particular la tabla 16: Vulnerabilidad estructural y funcional de los 23 hospitales “bandera” de Lima y Callao).

2.4.4. Acceso a los recursos y vulnerabilidad de la población

Vulnerabilidad ligada al acceso a los recursos (articulación recurso / población)

Una mala adecuación (cuantitativa, cualitativa o espacial) entre los recursos (ej. atención médica) y quienes los necesitan tiene por consecuencia una gestión problemática de la emergencia. Además, para una mejor preparación de Lima y Callao ante un sismo o tsunami de gran magnitud, es importante tener un conocimiento previo de la localización de la población más vulnerable. Por esta razón, a los recursos de emergencia y a los peligros fue indispensable añadirles en la base de datos informaciones sobre la población y su vulnerabilidad.

La cuestión del acceso a los recursos de emergencia de la población, específicamente de la más vulnerable, ha sido considerada en algunos temas como el agua, el abastecimiento de alimentos, el abastecimiento de energía, los establecimientos de salud y las áreas potenciales para albergues. En efecto, en estos casos, la proximidad del recurso parece de gran importancia para la eficacia de la

respuesta; constituye un factor positivo y facilita la gestión de la emergencia. Así, se puede considerar que mientras más alejados estén los que lo necesitan, más vulnerables se encuentran.

Por ejemplo, el hecho de estar alejado de un establecimiento de salud es una vulnerabilidad. Esta se incrementa cuando la población presenta vulnerabilidades adicionales (exposición al peligro sísmico, vulnerabilidad socioeconómica, etc.).

En cuanto al acceso al agua, la proximidad del recurso también puede ser considerada como pertinente. Es, por ejemplo, el caso de los pozos y de los reservorios que constituyen fuentes de abastecimiento. Sin embargo, hay que considerar la existencia de equipamientos (grifos, surtidores, etc.) que permitan, tanto a los camiones cisternas como a la población, tener acceso efectivo al agua.

En el tema referido al abastecimiento de alimentos, se ha reflexionado sobre la articulación entre el recurso “Centros de acopio de PRONAA” y la repartición de la población, considerando que la proximidad de estos centros donde se encuentran raciones alimentarias puede ser una ventaja para la población damnificada más cercana.

Los datos de población que permiten reflexionar acerca de la articulación entre los recursos y la población, en particular la más vulnerable, provienen por un lado del XI Censo Nacional de población y del VI Censo Nacional de Vivienda, realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en 2007. Estos datos permiten conocer la distribución de la población (número de personas, de viviendas, densidades, etc.) y proceder a una estimación de su vulnerabilidad socioeconómica. Por otro lado, las investigaciones sobre los peligros y la accesibilidad de los lugares aportan más información sobre la vulnerabilidad de la población. A partir de esta información se han construido los indicadores de vulnerabilidad poblacional presentados a continuación.



Vulnerabilidad de la población en Lima y Callao

Se considera que la vulnerabilidad de la población es la resultante de varias formas de vulnerabilidad: la que depende de factores socioeconómicos, la causada por problemas de accesibilidad y la proveniente de la exposición a los peligros²⁵.

A. LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA DE LA POBLACIÓN

La vulnerabilidad socioeconómica de la población es construida sintetizando una decena de variables extraídas del censo poblacional a nivel de manzana. Estas variables traducen características de vulnerabilidad debidas a la edad y a condiciones sociales y económicas. La vulnerabilidad por edad considera a la población más joven (menor a 10 años) y a la población anciana (mayor a 65 años), por su baja autonomía y alta necesidad de ayuda. Por lo tanto, los lugares cuya población presenta mayor concentración de jóvenes o

de ancianos indican la presencia de población con mayor vulnerabilidad. La vulnerabilidad económica, por su parte, se ha construido con seis variables que corresponden a características relativas al acceso a los servicios urbanos, al equipamiento y la tenencia de la vivienda. Estas han sido tomadas en cuenta por el hecho de constituir indicadores de pobreza, elemento relevante en relación a la vulnerabilidad. La vulnerabilidad social se basa en otras dos variables: por un lado, la antigüedad de la instalación de la población en un distrito, considerando que una familia recién llegada al lugar, por su conocimiento todavía limitado de la zona y sus peligros, presenta una mayor vulnerabilidad que las personas asentadas por más tiempo. Por otro lado, se consideró vulnerable la población de bajo nivel de educación por tener menos acceso y entendimiento de la información sobre la prevención y el modo de actuar al momento de ocurrir un desastre.

Tabla 8: Variables de vulnerabilidad socioeconómica

| Variables | Tipo de vulnerabilidad | |
|--|--------------------------|-------------------------------|
| Población menor de 10 años (%) | Vulnerabilidad por edad | Vulnerabilidad socioeconómica |
| Población mayor de 65 años (%) | | |
| Hogares sin ningún servicio (%) | Vulnerabilidad económica | |
| Viviendas sin energía eléctrica (%) | | |
| Número de habitantes por habitación (promedio) | | |
| Viviendas con piso de tierra (%) | | |
| Viviendas por invasión (%) | | |
| Viviendas sin desagüe (%) | | |
| Población recién llegada al distrito (%) | Vulnerabilidad social | |
| Población con bajo nivel de educación (%) | | |

25. La evaluación de la vulnerabilidad de la población se elaboró con una metodología adaptada de la investigación realizada por el IRD en Quito entre 1999 y 2004. Ver D'ERCOLE R. & METZGER P. (2002) (2004).



Globalmente se nota una repartición espacial centro/periferia del grado de vulnerabilidad socioeconómica, encontrándose la población más vulnerable principalmente en las márgenes exteriores de la ciudad, que corresponden en particular a los lugares de reciente crecimiento urbano. Las más destacadas son las márgenes de los distritos de San Juan de Lurigancho, Lurigancho-Chosica, Puente Piedra, Ventanilla y Carabayllo al norte del río Rímac; Pachacamac, Villa el Salvador, Villa María del Triunfo al sur.

B. LA VULNERABILIDAD POR MALA ACCESIBILIDAD

Como lo hemos visto antes, la accesibilidad de los lugares es considerada una forma de vulnerabilidad extremadamente relevante en caso de desastre. En efecto, el difícil acceso reduce la posibilidad de socorrer a la población o de movilizar los recursos para el manejo de emergencia. Cruzando la distribución de la población con el mapa de accesibilidad de los lugares, se nota que el 26% de la población (más de dos millones de personas) residen en áreas con mala accesibilidad de noche, esencialmente en zonas periféricas. Considerando la situación de día, casi el 80% de la población se encuentra en zonas de difícil acceso, sea por la localización periférica, que presenta problemas de accesibilidad, sea de noche, o ya sea por su ubicación más central, cuya accesibilidad se deteriora de día por la congestión vehicular. En este panorama, la situación de San Juan de Lurigancho es crítica, dadas las condiciones geográficas del lugar y los pocos puntos de entrada que posee. Se trata del distrito más poblado de Lima y Callao, con más de 800,000 habitantes.

C. LA VULNERABILIDAD POR EXPOSICIÓN A PELIGROS

La población que se encuentra directamente expuesta al peligro sísmico²⁶ representa un total de 638,000 habitantes, o sea el 7,6% del total de la población de Lima y Callao²⁷. El distrito más expuesto al peligro sísmico tanto en términos de superficie como en términos de población es Villa El Salvador: la casi totalidad de la población de este distrito, o sea más de la mitad de toda la población expuesta al peligro sísmico en Lima y Callao (más de 360,000 habitantes), está en riesgo. En la zona inundable por tsunami viven aproximadamente 90,000 personas, de las cuales más de 10,000 presentan un nivel de vulnerabilidad socioeconómica alto o muy alto. Los principales distritos expuestos son el Callao Cercado, con casi 65,000 habitantes expuestos, seguido de Ventanilla con aproximadamente 6,000 personas. En el distrito de La Punta el número de personas expuestas es menor (4,343) pero la vulnerabilidad alcanza al 100% de la población. Casi 60,000 personas están expuestas al mismo tiempo al peligro sísmico y de tsunami, especialmente en los distritos de Callao, Ventanilla, Chorrillos y La Punta. Globalmente, la población con alta vulnerabilidad socioeconómica está, en proporción, más expuesta al peligro que el conjunto de la población. En efecto, el 8,7% de la población total de la aglomeración está expuesta a un peligro sísmico alto o muy alto, mientras que es la situación del 15% de la población que presenta una alta vulnerabilidad socioeconómica.

26. Como se ha presentado anteriormente, el peligro sísmico fue evaluado en función del comportamiento dinámico del suelo frente a sismos.

27. Cabe resaltar que no se tiene datos de zonificación sísmica en lugares ocupados por más de 1 millón de personas (o sea el 12% de la población total de Lima y Callao), en particular en las zonas periféricas recientemente urbanizadas y en los cerros donde la población es vulnerable desde el punto de vista socioeconómico



D. SÍNTESIS SOBRE LA VULNERABILIDAD DE LA POBLACIÓN

Considerando toda la información recogida en relación a la vulnerabilidad de la población, se ha construido un indicador sintético apoyándose tanto en las características socioeconómicas, como en la accesibilidad y la exposición a los peligros sísmicos y de tsunami²⁸. Así, se encuentran zonas de población vulnerable por sus características socioeconómicas; otras, por sus condiciones de mala accesibilidad; otras, por su exposición a los peligros sísmicos o de tsunami, además de las diversas combinaciones posibles entre estas diversas formas de vulnerabilidad (ver mapa 4). Obviamente, la población más vulnerable es la que acumula más de estas malas condiciones y es susceptible, por lo tanto, de sufrir el mayor impacto en caso de desastre. La población que presenta una vulnerabilidad calificada de extrema es indudablemente una población que requiere la mayor atención en caso de desastre, si bien representa solamente 1.5% del total de la población de la aglomeración. La población con muy alta vulnerabilidad corresponde a aproximadamente 327,000 personas que también van a necesitar apoyo prioritario.

El mapa subraya la vulnerabilidad de la población en unos sectores al sur de la aglomeración, parte de Chorrillos y Villa El Salvador, el distrito de La Punta, parte del Callao, y algunas manzanas en Ventanilla, que registran una vulnerabilidad extrema. La población de vulnerabilidad muy alta se encuentra básicamente en lugares próximos a los precedentes, además de zonas geográficas periféricas en los distritos de Puente Piedra, San Juan de Lurigancho, Lurigancho-Chosica, Ate, Chaclacayo y Cieneguilla.

De manera general, la vulnerabilidad de la población es más elevada en los sectores de reciente y rápido crecimiento en los márgenes de la ciudad, que corresponden a las zonas de asentamiento de los más pobres. Sin embargo, en estos sectores precisamente, se carece a menudo de datos relativos a la exposición al peligro sísmico. La distribución espacial de la población vulnerable apunta a las zonas de más probables necesidades de socorro. Es entonces un aspecto importante a tomar en cuenta al momento de reflexionar sobre la asignación de los recursos de manejo de la emergencia en el territorio.

28. Los resultados habrían sido más relevantes con datos de vulnerabilidad estructural de las viviendas, pero estos son datos no disponibles. Las informaciones relativas a las características de la vivienda en el censo no son suficientes para una evaluación correcta de la vulnerabilidad estructural de las viviendas.



Mapa 4: Vulnerabilidad de la población - síntesis

