

MODELACIÓN PROBABILISTA DEL RIESGO SÍSMICO PARA LA CIUDAD DE DAVID

Resumen Ejecutivo



PROYECTO DE ASISTENCIA TÉCNICA CAPRA

COMPREHENSIVE APPROACH FOR PROBABILISTIC RISK ASSESMENT



Instituciones Participantes

Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MIVIOT)

Coordinación, Exposición

Rodrigo Guardia Dall'Orso

Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá

Amenaza Sísmica

Eduardo Camacho Astigarrabia

Respuesta de Sitio

Néstor Luque

Arkin Tapia

Yadira Echeverría Durán

Vulnerabilidad Estructural

Eberto Anguizola

Exposición

Yadira Echeverría Durán

Ministerio de Educación

Adilia de Pérez

Arnold Guillén

Ministerio de Salud

Ricardo Connolly Hill

Banco Mundial

Diana Rubiano

Jeannette Fernández

Haris Sanahuja

ERN-América Latina

Omar Darío Cardona

Gabriel Bernal

Mario Andrés Salgado

*PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ
JULIO DE 2012*

INTRODUCCIÓN

El riesgo sísmico de los asentamientos humanos está íntimamente ligado a diversos elementos, entre ellos, la degradación ambiental, los procesos sociales que allí se desarrollan, la fragilidad, la susceptibilidad o la falta de resistencia de los elementos expuestos, ante amenazas de diferente índole y un rápido crecimiento demográfico. Muchas veces estos factores contribuyen a transformar un fenómeno natural en un desastre de gran envergadura. Los desastres son acontecimientos sociales y políticos, mitigables y muchas veces evitables (Wijkman y Timberlake, 1984).

En las últimas décadas ha ocurrido un aumento considerable de las pérdidas por desastres, relacionadas con el incremento de la población a nivel mundial y el crecimiento de ciudades en zonas de alta amenaza sísmica.

Tradicionalmente el impacto de los desastres ha sido absorbido por los gobiernos, en la actualidad se pretende que esos costos sean compartidos y con tal propósito procuran identificar diversos mecanismos, como por ejemplo los sistemas de seguros y reaseguros, prestamos contingentes, fondos emergentes, y otros que puedan ser implementados de acuerdo a las capacidades de los países. La estimación de las pérdidas probables asociadas con eventos adversos es por tanto necesaria para poder definir las mejores políticas para reducir ese riesgo y diseñar los mejores instrumentos de protección financiera. En este ejercicio se estiman las pérdidas máximas probables y las pérdidas anuales esperadas para los sectores de vivienda, salud y educación causadas por un terremoto en la ciudad de David.

El desarrollo de un modelo de estimación de pérdidas por terremoto también interesa para mitigar y gestionar el riesgo sísmico, verificar los códigos sismo-resistentes, ofrecer una respuesta adecuada ante la emergencia, además de crear conciencia entre los tomadores de decisiones.

Hay diversas definiciones sobre el riesgo, pero la más ampliamente utilizada es que el riesgo sísmico se entiende como una convolución entre la amenaza o peligrosidad sísmica, la exposición y la vulnerabilidad. En la Figura 1 aparece un diagrama que ilustra este concepto.



Figura 1. Diagrama de los diferentes factores que contribuyen al riesgo

En el presente trabajo se estiman las pérdidas por terremoto en la Ciudad de David, provincia de Chiriquí, para múltiples escenarios sísmicos.

La Ciudad de David se encuentra al norte del punto triple de Panamá, una de las zonas sísmicas más activas de América Central. La misma ha sido afectada por sismo fuertes ($M > 7.0$) en 1879 y el 18 de julio de 1934. Por tal motivo en 1999 se realizó un proyecto de microzonación sísmica (Camacho et al., 2000), bajo los auspicios del CEPREDENAC y la cooperación noruega que se denominó RESIS 1. Como resultado de este estudio se encontró que la ciudad de David es la zona urbana expuesta a la mayor amenaza sísmica del país y debido a su acelerado crecimiento, muchas veces sin tomar en cuenta las mínimas medidas de construcción sismo-resistentes su grado de vulnerabilidad y exposición es elevado.

En este trabajo se mejoraron los resultados del RESIS I anteriores y se han evaluado las pérdidas estructurales por terremoto haciendo uso del programa de evaluación de daños CAPRA-GIS (ERN-AL 2009). Los resultados de esta evaluación se presentan en forma de mapas desarrollados haciendo uso de sistemas de información geográfica. El alcance del proyecto, en su capa de exposición incluye examinar los denominados ‘portafolios’ de vivienda, educación y salud.

Para este estudio se logró obtener una buena base de datos de estructuras y de población, la misma contaba con información geográfica y tabular, cuantitativa y cualitativa, logrando una alta

precisión de datos a nivel de predio. Estos datos fueron integrados, manipulados y analizados en un sistema de información geográfica (SIG).

MARCO TEÓRICO.

Amenaza Sísmica

Generalmente la amenaza se define como “el peligro latente que representa la posible manifestación de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antropogénico, que puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes y servicios y/o el medio ambiente expuesto” (ERN-AL 2009).

Ahora bien la Amenaza Sísmica consiste en la probabilidad de exceder un nivel determinado de movimiento del terreno durante un periodo de tiempo establecido, la misma puede presentarse en forma de aceleración máxima del terreno o PGA. Su evaluación es el primer paso en la estimación del riesgo sísmico.

Sismos fuertes en áreas remotas causan una amenaza sísmica alta, pero no representan ningún riesgo, debido a que no hay estructuras que puedan verse afectadas significativamente; por otro lado sismos moderados en zonas densamente pobladas y urbanizadas puede que representen una amenaza pequeña pero un alto grado de riesgo, debido a la alta densidad de la población y de las edificaciones.

Efecto de Sitio

Estos efectos corresponden a la modificación que sufre la señal sísmica a su paso por las capas del suelo hasta que alcanza la superficie. Esta modificación se traduce en la amplificación de la señal sísmica en un rango de frecuencia determinado, que puede afectar directamente a un asentamiento humano si éste está establecido sobre un terreno blando, a diferencia de aquellos asentados sobre roca.

Debido al aumento considerable de daños que puede darse en un lugar debido a la influencia del suelo durante un movimiento sísmico, los efectos de sitio son estudiados y considerados como parte de la amenaza en los análisis de riesgo sísmico.

Exposición

No es más que el conjunto de elementos o activos, como las edificaciones, infraestructura y/o la población, que pueden verse afectados por la ocurrencia de un fenómeno natural determinado.

Como el enfoque principal de este proyecto era el cálculo de las pérdidas físicas por terremoto, es decir de las edificaciones, se procedió a organizar una base de datos georreferenciada que contenía las características de cada una de las edificaciones de los sectores de vivienda, salud y educación de la ciudad de David.

Entre las características básicas consideradas para realizar el cálculo del riesgo tenemos el valor de la estructura, su número de pisos y el sistema estructural.

Vulnerabilidad de las Edificaciones

La vulnerabilidad se refiere susceptibilidad de un elemento a sufrir daños frente a una amenaza, que para este caso es la amenaza sísmica.

La forma de cuantificar esta vulnerabilidad en la metodología CAPRA es por medio de la generación de funciones de vulnerabilidad, las cuales se asignan a cada una de las edificaciones expuestas de acuerdo a su sistema estructural. Estas funciones relacionan a través de una curva el nivel de intensidad de la amenaza con el porcentaje de daño asociado al elemento con un sistema estructural determinado.

Los sistemas estructurales más comunes en la ciudad de David son los de Mampostería Reforzada, No Reforzada, Confinados; Marcos Estructurales, Marcos de Acero, Muro de Cortes, entre otros.

Metodología CAPRA y el Riesgo Sísmico

La iniciativa CAPRA comenzó en el año 2008 a través de una alianza estratégica entre CEPREDENAC, EIRD, el Banco Mundial y el BID con el fin de generar un conjunto de herramientas que permitieran mejorar el entendimiento del riesgo de los eventos naturales adversos de la región. El resultado fue el desarrollo de la Plataforma CAPRA por el Consorcio ERN-América Latina, la cual constituye una herramienta integral que permite hacer análisis multi-amenaza y cálculos probabilísticos de riesgo de diferentes tipos (sismos, volcanes, huracanes, deslizamientos, inundaciones, otros).

La metodología CAPRA se compone de tres módulos: la amenaza (sísmica para este caso), exposición (elementos expuestos o edificaciones) y la vulnerabilidad, que darán como resultado el riesgo sísmico asociado.

Un análisis probabilista permite incluir los elementos necesarios para evaluar el riesgo que presentan los eventos sísmicos de una forma más comprensiva que los análisis deterministas; un análisis probabilista incluye numerosos eventos posibles de diferentes magnitudes y originados en diferentes puntos, con lo cual se considera un rango amplio de todos los eventos que podrían ocurrir, y no solamente uno.

En un análisis probabilista, por otro lado, se pueden obtener resultados que consideran todos los eventos posibles y por lo tanto proveen un panorama general de lo que se podría esperar en el caso de la ocurrencia de cualquier evento. (Zuloaga Romero, 2011)

La plataforma CAPRA cuantifica las pérdidas económicas de cada uno de los elementos expuestos a partir de una valoración económica dada y unas funciones de vulnerabilidad que relacionan los elementos expuestos con la amenaza, y así calcula el nivel de daño o pérdidas esperadas; resultados que permitirán identificar las zonas y los sistemas estructurales más propensos a sufrir daño en un determinado lugar, y a su vez, gestionar el riesgo y tomar decisiones a tiempo.

Métricas Probabilistas del Riesgo.

Los resultados del análisis probabilístico del riesgo son expresados en términos de las siguientes métricas:

- **Pérdida Máxima Probable (PML):** (Probable Maximum Loss) es el valor de la mayor pérdida para un período de retorno dado. Según esto, es común que se utilice como un indicador de la máxima pérdida que puede esperar un gobierno una vez ha determinado un período de retorno a partir de la probabilidad de ocurrencia que se defina. Se trata de una pérdida que ocurre poco frecuentemente, es decir, que está asociada a un periodo de retorno muy largo (o, alternativamente, a una tasa de excedencia muy baja).
- **Pérdida Anual Esperada (PAE):** (o prima pura de riesgo) es el valor promedio de la pérdida anual. Indica el costo que debe ser pagado anualmente para cubrir las pérdidas esperadas en un evento futuro.
- **Curva de excedencia de pérdidas (LEC):** (Loss of Exceedance Curve) es una curva construida a partir de las tasa de excedencia calculadas y representa la frecuencia anual con la que se excede un nivel de pérdida, ya sea incluyendo sólo el evento mayor en un año o todos los eventos en un año.

RESULTADOS

La Tabla 1 presenta un resumen de los valores físicos totales de las edificaciones de acuerdo a su portafolio o sector y las pérdidas anuales esperadas (PAE) obtenidas en el análisis probabilístico del riesgo sísmico utilizando la plataforma CAPRA.

Tabla 1. Valor Físico Expuesto, prima pura y porcentaje de pérdida anual esperada con respecto al valor expuesto según portafolio.

Portafolios	Valor Físico Expuesto (Millones de Dólares)	Prima Pura o Pérdida Anual Esperada (Millones de Dólares)	% PAE respecto al Valor Expuesto
Educación	95.09	0.238	0.25
Salud	271.46	0.546	0.20
Vivienda	3475.46	45.527	1.31
Los tres portafolios	3842.01	46.310	1.21

El valor físico más alto de las edificaciones existentes en la Ciudad de David se concentra en el portafolio de Vivienda, ya que es el más numeroso.

RESULTADOS DEL PORTAFOLIO DE SALUD:

El portafolio de instalaciones de Salud es el de menor número de edificaciones, sin embargo en valor expuesto es mayor que el de Educación. El alto costo de reposición de las instalaciones se destaca por lo costoso de su equipamiento. Por esta razón y por lo importante de que pueda funcionar la atención de salud pública, después de ocurrir un evento sísmico, es importante considerar este portafolio y su dimensión de riesgo

Valor Expuesto:	B/. 271.459 millones
Pérdida Anual Esperada:	B/. 545,773.27

En la Tabla 2 se listan los valores de reposición y pérdidas físicas de las instalaciones de salud en la Ciudad de David y en la Figura 2 se observa una curva que indica las Pérdidas Máximas Probables (PML) para el sector en mención a 500 años de retorno.

Tabla 2. Valores de Reposición y Pérdidas Físicas de las edificaciones del Portafolio de Salud de la Ciudad de David.

PORTAFOLIO DE SALUD DE LA CIUDAD DE DAVID	Codigo	Barrio	VALFIS (Millones \$)	Perdidas Físicas (\$)	Perdidas Físicas % en el Portafolio	% de Perdida respecto al VALFIS
Hospital Materno Infantil José Domingo De Obaldía	C1M	Correg. San Pablo Viejo	163.496	360879.6	66.12	0.22
Hospital Regional Dr. Rafael Hernández	C2M	Correg. San Pablo Viejo	83.954	129753.16	23.77	0.15
Policlínica Gustavo A. Ross	C1M	David	16.545	35369.22	6.48	0.21
Centro de Salud de Barrio Bolívar	CBri	I.V.U. Cementerio	1.801	4716.55	0.86	0.26
Centro de Salud de San Cristóbal	CBri	San Cristóbal	1.376	3700.05	0.68	0.27
Centro de Salud San Mateo	CBri	San Mateo	1.038	2751.76	0.50	0.27
ULAPS de Nuevo Vedado	CBri	El Vedado o Nuevo Vedado	3.247	8602.93	1.58	0.26
TOTAL			271.459	545773.27	100	

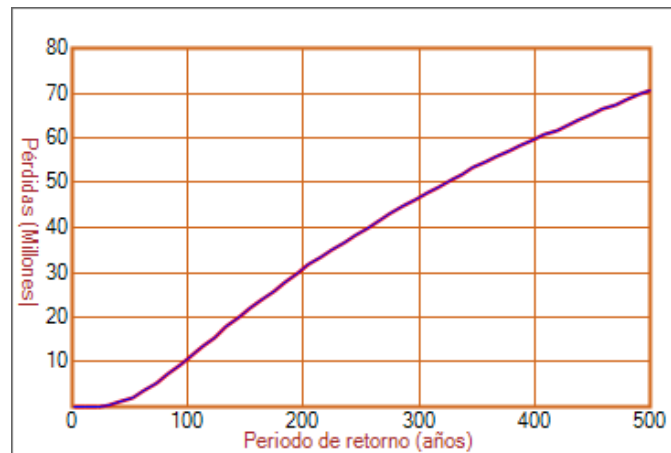


Figura 2. Curva de Pérdidas Máximas Probables (PML) para el portafolio de Salud, a 500 años de retorno.

Esta curva permite prever las pérdidas máximas probables causadas por un sismo, para el sector de salud, a diferentes años de retorno

(Ver mapa de Riesgo Sísmico para el Portafolio de Salud, adjunto al documento.)

RESULTADOS DEL PORTAFOLIO DE EDUCACIÓN:

El Portafolio de Educación no representa un gran número de estructuras ni son estas muy costosas relativamente. Sin embargo por su naturaleza conlleva una importante ocupación

humana concentrando muchos niños y esto es lo que se debe tomar en cuenta a la hora de evaluar y formular programas de refuerzo de infraestructura.

Las escuelas son importantes agentes para construir resiliencia en las comunidades y su funcionamiento en un escenario post-desastre es importante para retomar el funcionamiento de la sociedad.

Valor Expuesto:	B/. 95.094 millones
Pérdida Anual Esperada:	B/. 237,654.31

En la Tabla 3 se listan los valores de reposición y pérdidas físicas de los centros educativos en la Ciudad de David y en la Figura 3 se indican Curva de Pérdidas Máximas Probables (PML) para el portafolio de Educación, a 500 años de retorno.

Tabla 3. Valores de Reposición y Pérdidas Físicas de las edificaciones del Portafolio de Educación de la Ciudad de David.

PORTAFOLIO DE EDUCACION DE LA CIUDAD DE DAVID	Código	Barrio	VALFIS (Millones \$)	Pérdidas Físicas (\$)	Pérdidas Físicas % en el Portafolio	% de Pérdida respecto al VALFIS
Centro Básico San Mateo	CBri	San Mateo	3.674	9745.97	4.10	0.27
Centro Educativo Nuevo Vedado	CBri	El Vedado o Nuevo Vedado	2.167	5733.88	2.41	0.26
Colegio Félix Olivares	CIL	Barrio Estudiante	12.071	25289.25	10.64	0.21
Colegio Francisco Morazán	CIL	Urbanizacion Altos de Morazan	9.325	20187.23	8.49	0.22
Escuela Antonio José de Sucre	CBrc	Barrio Sucre	2.641	5675.01	2.39	0.21
Escuela Arnulfo Arias	CBri	Barriada La Libertad	8.739	23501.19	9.89	0.27
Escuela El Varital	CBri	El Varital	1.629	4210.31	1.77	0.26
Escuela Estados Unidos de América / Elisa Chiari	CBri	Barrio Bolivar	6.100	16001.51	6.73	0.26
Escuela José María Roy	CBri	El Carmen	3.013	8016.91	3.37	0.27
Escuela La Medalla Milagrosa	CBrc	Barrio Bolivar	3.889	8273.00	3.48	0.21
Escuela Loma Colorada	CBri	Loma Colorada	4.435	11595.37	4.88	0.26
Escuela Los Abanicos	CBri	Los Abanicos	0.863	2331.84	0.98	0.27
Escuela María Olimpia	CBri	Barriada Don Bosco o Revolución	2.014	11118.15	4.68	0.55
Escuela Nuevo Amanecer	CBri	Barriada Nuevo Amanecer	0.601	1624.79	0.68	0.27
Escuela Primaria B. Lassonde	CBri	Barriada Lassonde	2.593	6956.83	2.93	0.27
Escuela Primaria San Cristóbal	CBri	San Cristobal	2.807	7498.67	3.16	0.27
Escuela Republica de Francia	CBri	Barrio Manuel Quintero Villareal	5.049	13239.53	5.57	0.26
Escuela Verbo Divino	CBri	Villa San Cristobal	0.514	1384.87	0.58	0.27
Escuela Victoriano Lorenzo	CBri	Barriada Victoriano Lorenzo	1.630	4367.7	1.84	0.27
Instituto David	CIL	Barriada Lassonde	10.377	22598.43	9.51	0.22
Instituto Profesional y Técnico de David	CBri	Barrio Estudiante	10.964	28303.87	11.91	0.26
TOTAL			95.094	237654.31	100	

La columna del porcentaje de pérdidas en el portafolio nos permite identificar aquellas escuelas que tendrían pérdidas más cuantiosas, entre estas el Félix Olivares, Arnulfo Arias y el I. P.T. de David, pero si se considera el porcentaje de pérdida respecto al valor físico o expuesto de una edificación, la escuela María Olimpia de Obaldía presentaría las pérdidas más significativas o el riesgo más elevado, por lo que se considera que esta debe ser reforzada.

El hecho de que en el mapa de riesgo del portafolio de vivienda se prevean que en el entorno de la escuela habría afectaciones significativas, hace pensar que la escuela reforzada puede servir a hacer frente a un escenario post desastre.

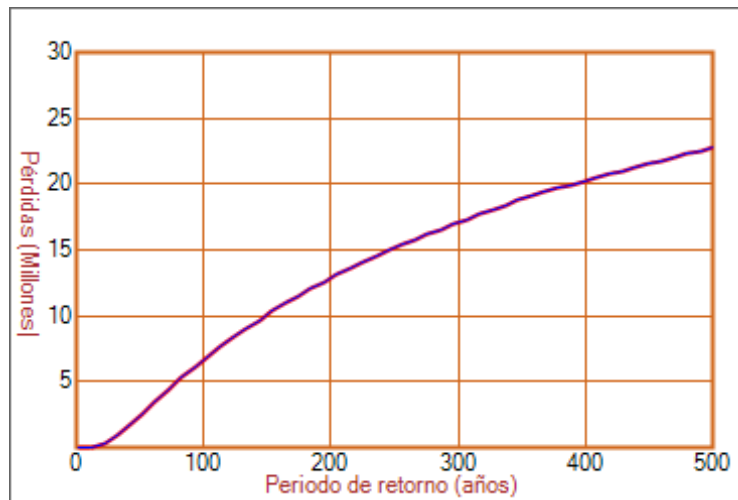


Figura 3. Curva de Pérdidas Máximas Probables (PML) para el portafolio de Educación, a 500 años de retorno.

(Ver mapa de Riesgo Sísmico para el Portafolio de Educación, adjunto al documento.)

RESULTADOS DEL PORTAFOLIO DE VIVIENDA:

El portafolio de Vivienda presenta el mayor número de edificios, el valor expuesto y el porcentaje de pérdidas esperadas más significativo. Además la probabilidad de daños aumenta marcadamente en las viviendas de mampostería sin reforzar, las cuales se encuentran en mayor concentración en algunas zonas de la ciudad formando grandes áreas que indican que requieren atención.

Valor Expuesto: B/. 3475.46 millones

Pérdida Anual Esperada: B/. 45,526,805.47

En la Tabla 4 se listan los valores de reposición y pérdidas físicas de las viviendas en la Ciudad de David. En la Figura 4 se presenta la Curva de Pérdidas Máximas Probables (PML) para el portafolio de Vivienda, a 500 años de retorno.

Tabla 4. Valores de Reposición, de Ocupación y Pérdidas Físicas de acuerdo al Sistema Estructural del Portafolio de Vivienda.

Sistemas Estructurales del Portafolio de Vivienda	Código	Nº Edificaciones	VALFIS (Millones \$)	VALHUM (Hab.)	Perdidas Físicas (Millones \$)	Perdidas Físicas Relativas %
Mampostería (Bloques de Concreto Confinado con Marcos de CR)	CBrc	289	56.019	775	0.122	0.27
Mampostería (Bloques de Concreto Reforzado con barras de acero)	CBri	12030	1975.352	35232	6.129	13.5
Mampostería (Bloques de Concreto No Reforzados)	CBu	8250	1073.054	26599	38.452	84.5
Marco Estructural de 1-3 pisos	C1L	779	320.101	2197	0.675	1.48
Marco de Concreto Reforzado con relleno de muros de mampostería sin reforzar (1-3 pisos)	C3L	121	25.335	367	0.068	0.15
Marco de Acero con rellenos de muros de mampostería sin reforzar (1-3 pisos)	S5L	30	12.455	135	0.020	0.04
Madera	W1	329	13.145	1205	0.061	0.13
TOTAL		21828	3475.460	66510	45.527	100

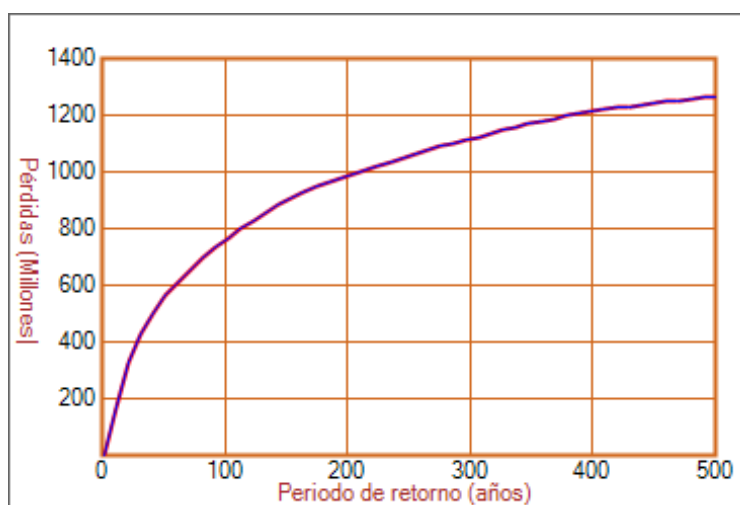


Figura 4. Curva de Pérdidas Máximas Probables (PML) para el portafolio de Vivienda, a 500 años de retorno.

Al superponer algunos mapas se notó que las zonas de vivienda de mampostería sin reforzar coinciden con los estratos económicos bajos y medio bajos, lo que indica que la población más vulnerable económicamente, también habita en condiciones de mayor riesgo (Ver Figura 5).

Esto apunta a la urgencia de acciones correctivas hacia las viviendas de mampostería sin reforzar y la importancia de tomar acciones orientadas a mitigar los riesgos en las reforzadas, sea a través de un código sísmico específico para la Ciudad de David o de otras acciones que describiremos en la sección de recomendaciones.

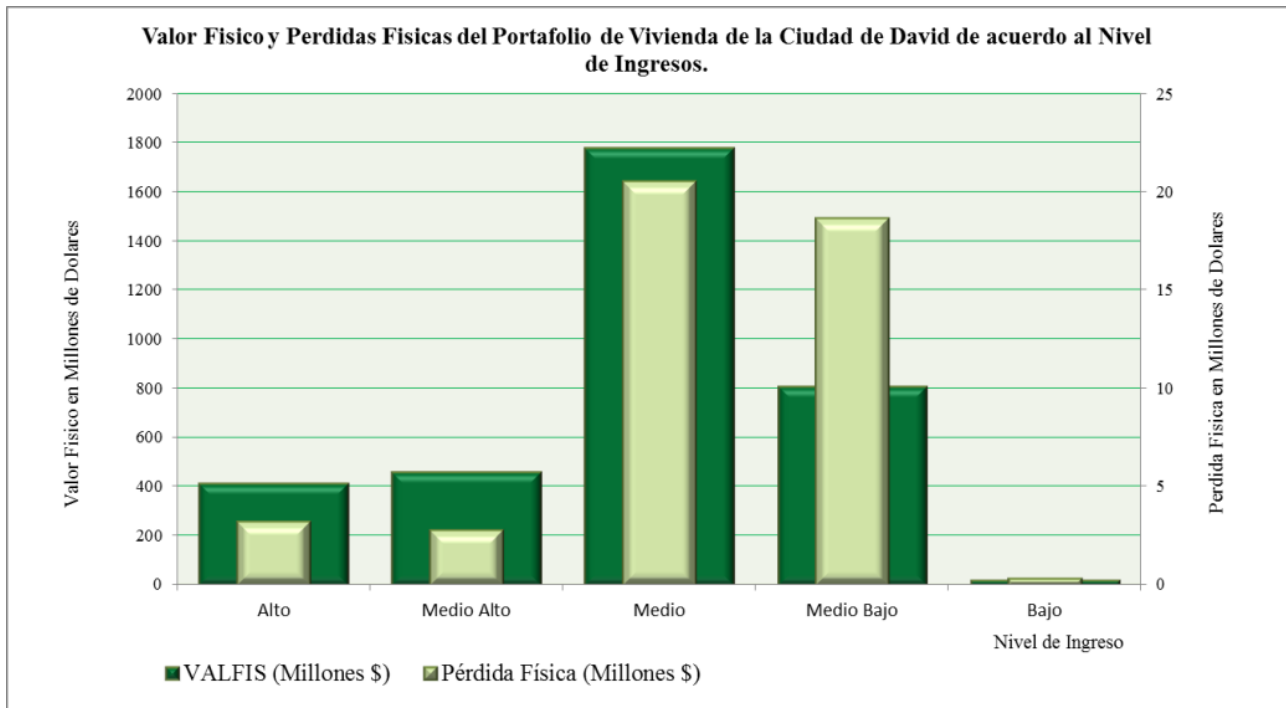


Figura 5. Valor de Reposición y Pérdidas Físicas del Portafolio de Vivienda de acuerdo al Nivel de Ingresos.

Esta figura nos permite ver de forma simultánea el valor de las edificaciones expuestas (en color más fuerte) y la pérdida (en color más tenue), también en millones de dólares, de acuerdo al nivel de ingreso de los habitantes de la ciudad.

(Ver mapa de Riesgo Sísmico para el Portafolio de Vivienda, adjunto al documento.)

RESULTADOS DE LOS TRES PORTAFOLIOS JUNTOS:

Valor Expuesto:	B/. 3,842.01 millones
Pérdida Anual Esperada:	B/. 46, 310, 233.05

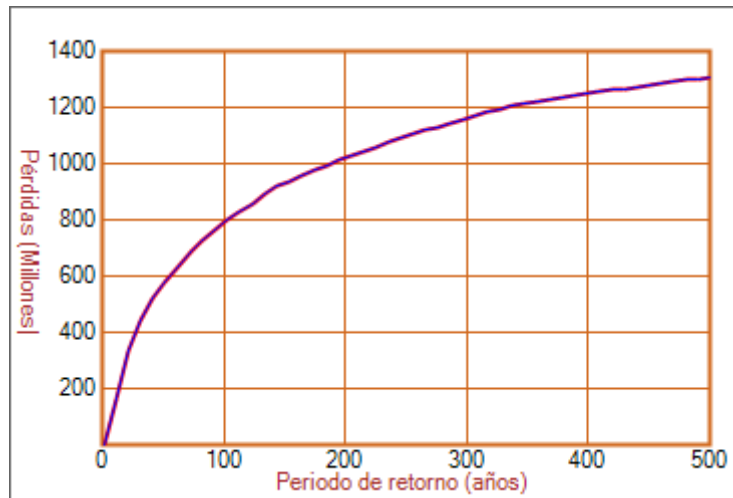


Figura 6. Curva de Pérdidas Máximas Probables (PML) para los Tres portafolios (500 años de retorno).

RESULTADOS PARA LOS DOS ESCENARIOS SÍSMICOS MÁS IMPORTANTES

A continuación se muestran los resultados para los dos escenarios sísmicos que causaron mayores pérdidas.

Resultado para escenario de sismo (300), Magnitud 7.1 en la misma zona epicentral del sismo del 17 de Julio de 1934.

Valor Expuesto:	B/. 3,842.01 millones
Pérdida:	B/. 2,555.22 millones

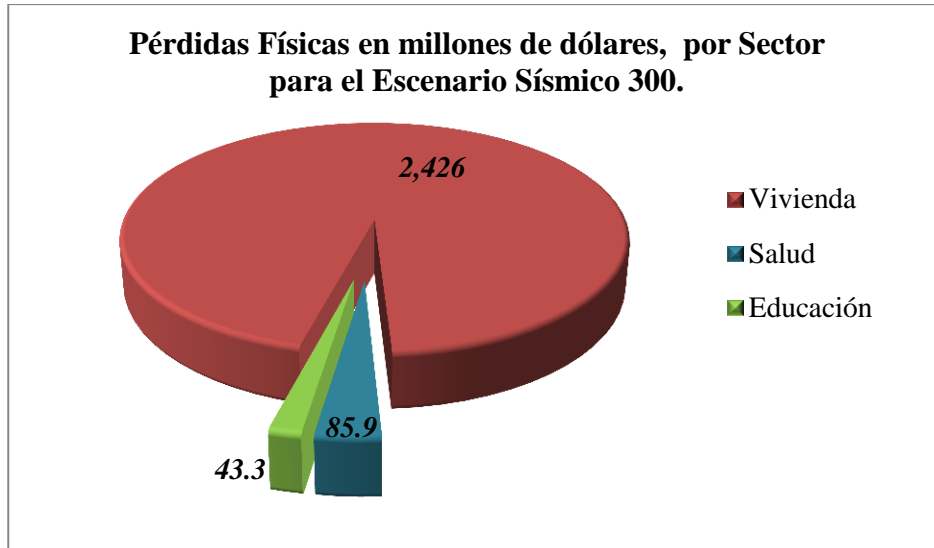


Figura 7. Pérdidas Físicas en millones de dólares por sector estudiado, para escenario Sísmico con magnitud 7.1

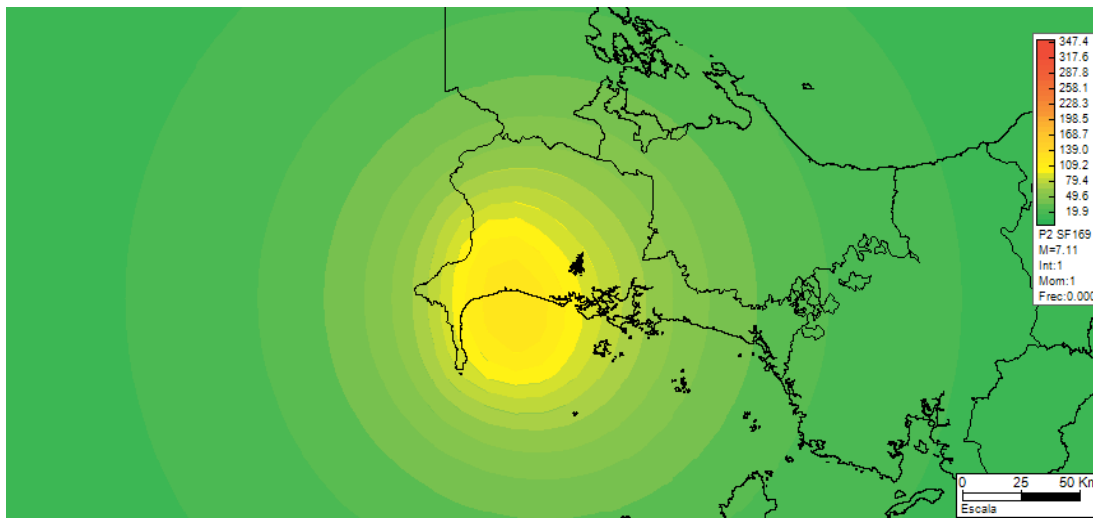


Figura 8. Diagrama de Amenaza Sísmica, escenario 300.

(Ver mapa de Riesgo Sísmico para el Escenario 300, adjunto al documento.)

Resultado para escenario de sismo (174), Magnitud 7.3 en la misma zona epicentral del sismo del 25 de Diciembre de 2003.

Valor Expuesto:	B/. 3,842.01 millones
Pérdida:	B/. 1,715.35 millones

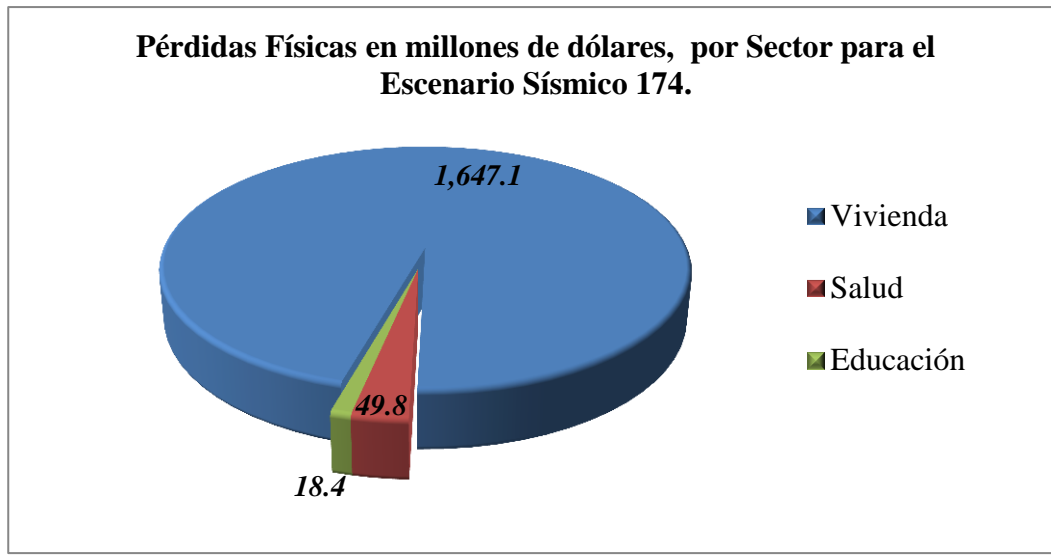


Figura 9. Pérdidas Físicas en millones de dólares por sector estudiado, para escenario Sísmico con magnitud 7.3

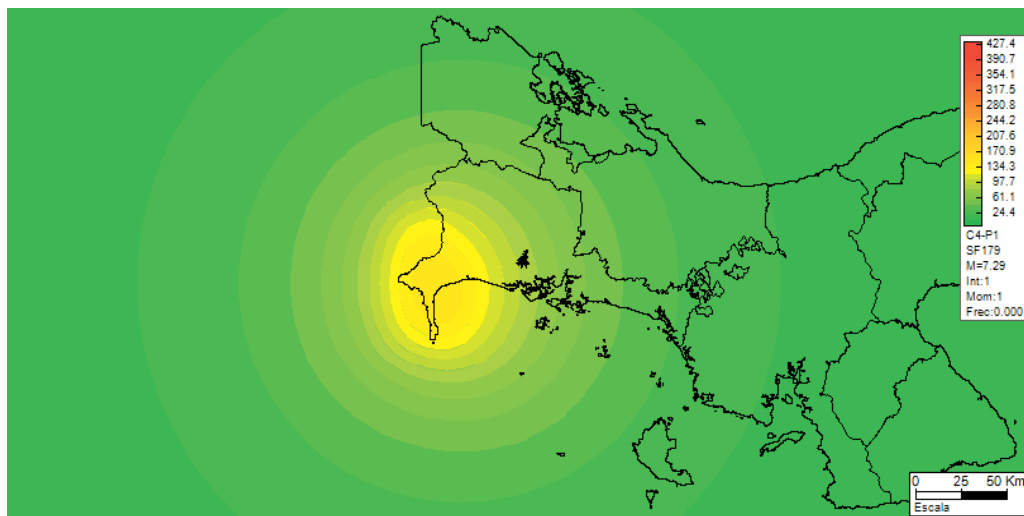


Figura 10. Diagrama de Amenaza Sísmica, escenario 174

(Ver mapa de Riesgo Sísmico para el Escenario 174, adjunto al documento.)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En este trabajo se logró estimar el riesgo sísmico para la Ciudad de David a través de un análisis probabilista, en el cual se cuantificó la pérdida física o económica para tres sectores importantes: Salud, Educación y Vivienda. Los resultados también pudieron ser expresados en métricas probabilísticas como la prima pura (o PAE) y la pérdida máxima probable, y en mapas que muestran los porcentajes de pérdidas de cada estructura considerando los sectores en conjunto, por separado y en escenarios sísmicos específicos.
- Los resultados arrojan una pérdida en conjunto de los tres sectores, de unos 46.3 millones de dólares, donde el portafolio o sector de vivienda sería el más afectado, la pérdida anual esperada de este sector oscilaría entre 45.5 millones de dólares, ya que es el más numeroso en edificaciones. Estas cuantiosas sumas de dinero o primas se refieren al fondo del que se debería disponer anualmente para poder cubrir en el futuro las pérdidas generadas por un sismo ya sea pequeño o de gran magnitud.
- Con respecto al Sector Salud debería prestarse mayor atención a los hospitales José Domingo de Obaldía (Materno Infantil) y al Regional Dr. Rafael Hernández, que aunque sus pérdidas no representan un porcentaje muy alto respecto a su costo o valor físico, sus pérdidas absolutas si ascienden a cientos de miles de dólares. Las pérdidas máximas probables para este sector y en un tiempo de retorno de 100 años serian de unos 10 millones de dólares, cifra que se eleva a unos 70 millones de dólares para 500 años de retorno.
- En el Sector Educación los resultados apuntaron a que la Escuela María Olimpia de Obaldía presentaría el porcentaje de pérdida más alto respecto a su valor físico, esta cifra es de apenas un 0.55%, pero muy sobresaliente entre todas las demás escuelas de la Ciudad. Los Colegios Profesional y Técnico de David, el Félix Olivares y la Escuela Arnulfo Arias, no presentan altos porcentajes de pérdidas respecto a su valor físico, pero las mismas ascienden a más de 20 mil dólares. Las pérdidas máximas probables a 100 años de retorno constituyen más de 7 millones de dólares, mientras que a 500 años suman unos 22 millones.
- El Sector Vivienda concentra las mayores pérdidas físicas en las construcciones de Mampostería sin Reforzar, las cuales suman unas 8250 edificaciones y 38.4 millones de

pérdidas específicamente. Esto para el cálculo probabilístico que considero la ocurrencia de sismos grandes y pequeños en una determina ventana de tiempo. A 100 años de retorno la pérdida máxima probable sumaría más de 700 millones de dólares, mientras que a 500, ascendería a unos 1300 millones.

- En uno de los análisis de riesgo por escenario se simuló el sismo de julio de 1934 de 7.1 de magnitud, pero considerando el tipo de construcciones que se tienen hoy día, este escenario N° 300 arrojó resultados importantísimos, ya que del valor expuesto de todas las edificaciones de los tres portafolios, se perdería el 65.8 %, es decir más de 2,500 millones de dólares.

Este estudio es un primer paso tendiente a mejorar la mitigación del riesgo sísmico en la Ciudad de David. El mismo servirá de base o fundamento a las autoridades locales y nacionales, tomadores de decisiones y actores o grupos interesados para implementar políticas y acciones a corto y mediano plazo para reducir el riesgo por terremotos.

Como recomendaciones podemos mencionar las siguientes:

- **Mejorar los mecanismos y alcances de la identificación de riesgos.**

Este trabajo ha sido realizado con la mejor información disponible. Sin embargo, se hace necesario profundizar y actualizar estudios de Respuesta de sitio y mejorar la evaluación de la Vulnerabilidad y Exposición.

- **Reducción de Riesgo.**

Dos de las acciones fundamentales conducentes a reducir el riesgo sísmico para la ciudad de David en general son:

- Definir y aprobar un nuevo Plan de Ordenamiento Territorial que considere la vocación de los suelos y la información de este estudio como insumo y los coordine con los usos, densidades y volumetrías establecidos por norma para cada zona.
- Realizar un programa de información pública y concienciación ciudadana.

Adicionalmente, se hace necesario el fortalecimiento estructural de las edificaciones construidas de mampostería sin refuerzo y de las instalaciones de salud y educación, así como, los cuarteles

de bomberos y policía en consideración a que son edificaciones utilizadas para la atención de emergencia y por lo tanto, las que deben permanecer en pie después de un sismo. Priorizando de manera inicial las de mayor nivel de riesgo encontrado por el estudio.

Para este propósito se pueden estudiar distintos enfoques como orientar préstamos a refuerzo estructural y mejora de viviendas existentes por medio de los bancos estatales o a través de cooperativas por medio de programas similares al Fondo de Ahorro Habitacional (FONDHABI) del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial MIVIOT. Estos programas podrían hacerse extensivos a las viviendas de mampostería reforzada que también presentan un porcentaje importante de daños en el modelo, estas viviendas.

La mejora de condiciones de viviendas también se puede impulsar a través de programas de apoyo directo como sería el caso de la introducción de alguna variación al programa de Piso y Techo, también del MIVIOT, especial para la ciudad de David, con miras a tomar en cuenta su propensión a los eventos sísmicos comparada con el resto de las ciudades del país.

Para las viviendas de nueva construcción, las dos maneras de reducir la vulnerabilidad son las siguientes:

- Revisar el REP (Reglamento estructural panameño) y considerar hacer una versión especial para David, siendo esta una zona de particular sismicidad en un contexto amplio.
- Por otra parte, impulsar programas de capacitación para que los maestros de obra y la mano de obra calificada que construye gran parte de las edificaciones, no solo en David sino en general en el territorio nacional fuera de las partes urbanas del distrito de Panamá.

Las medidas de mitigación y reducción, como por ejemplo, revisión del código estructural, en cuyo caso se propone desarrollar uno específico para David por su elevada proclividad a eventos sísmicos comparando con el resto del país. Para esto se debe considerar como hacer las viviendas más resistentes a sismos con un diseño agradable (sin encarecerlas). Actualmente el código exige

una serie de elementos y refuerzos para puertas y ventanas que no se pueden considerar como aporte a la estructura. Consideramos que se debe revisar todos estos aspectos para que el código no obligue a las estructuras a ser innecesariamente pesadas sin aumentar sus capacidades sismo-resistentes.

- **Protección Financiera y Gestión de Riesgo.**

Los valores físicos expuestos por portafolio y las proyecciones de pérdida anual esperada (PAE) y de pérdida máxima probable (PML) ayudan a dimensionar el problema del riesgo sísmico en estos tres portafolios en Ciudad de David, lo que constituye una importante herramienta para una estrategia financiera y de gestión por parte de las autoridades del Ministerio de Economía y Finanzas y por el Municipio de David.

Dimensionar la exposición ayuda a saber a cuales eventos debe hacerseles frente con fondos locales y ahorros, cuales son las dimensiones aproximadas del riesgo a transferir a través de políticas de seguros privadas para el sector público o programas para asegurar colectivamente a la ciudad a través de programas de seguros colectivos organizados por las entidades públicas.

También se comprenderá mejor la dimensión que alcance el rango de riesgo residual o no transferible (no asegurable) para atenderlo a través de la emisión de bonos de desastre, préstamos de desembolso diferido, el Fondo de Ahorro Nacional y otros instrumentos financieros.

Esto nos conduce a recomendar la siguiente acción:

- Formular una estrategia de retención y transferencia de riesgo

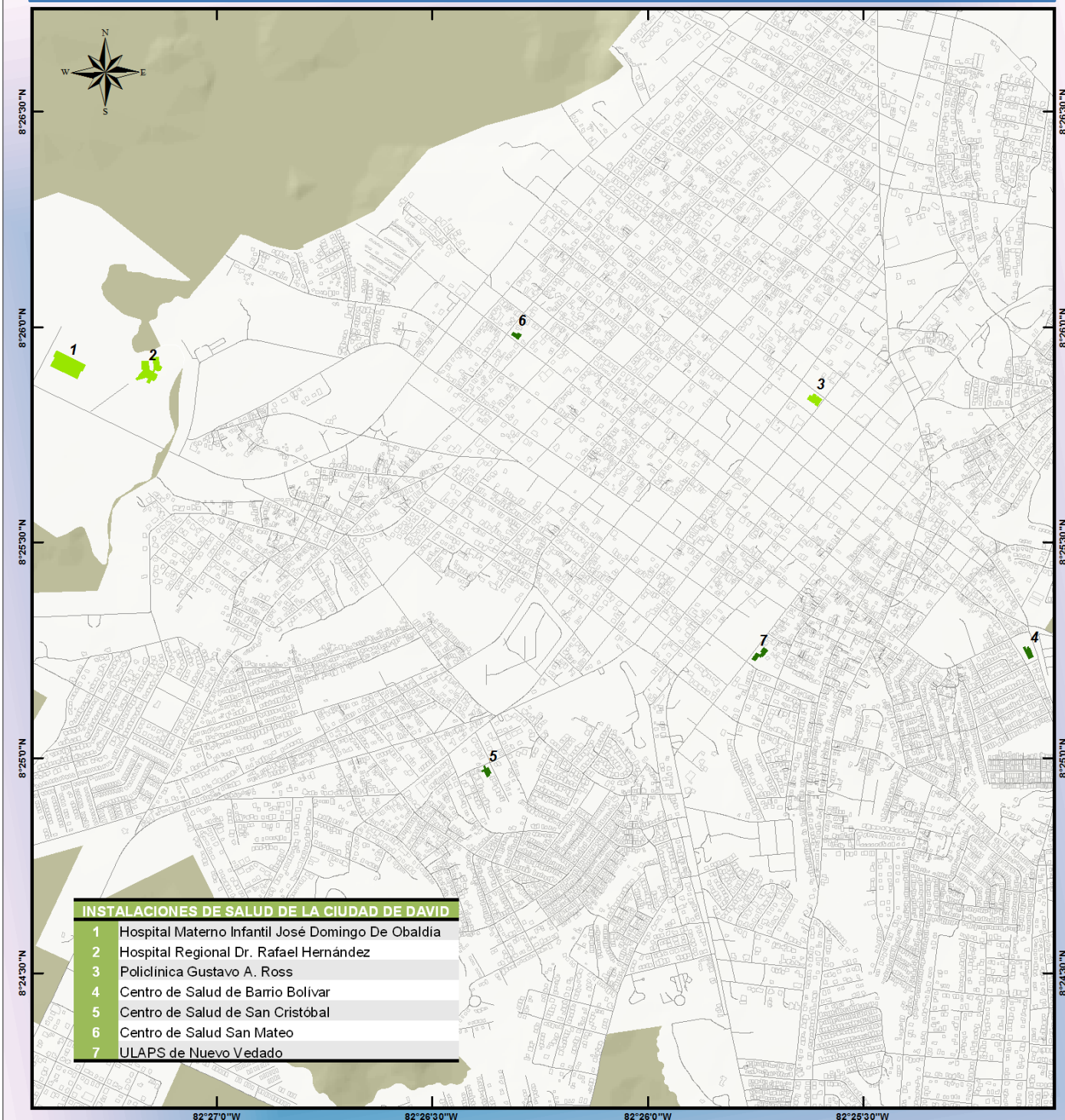
- **Mejorar la capacidad de respuesta a eventos**

Recomendamos las siguientes acciones para las autoridades locales del componente de respuesta a emergencias del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC):

- Elaboración de planes de emergencia y contingencia
- Entrenamiento de grupos especializados para respuesta ante sismo
- Mejoramiento de infraestructura que apoya la respuesta de emergencias

Coordinar con el alcance del programa de Alerta Temprana y priorizar su implementación en David.

MAPA DE RIESGO SÍSMICO DEL PORTAFOLIO DE SALUD DE LA CIUDAD DE DAVID. PÉRDIDAS FÍSICAS RELATIVAS DE CADA EDIFICACIÓN.




INSTALACIONES DE SALUD DE LA CIUDAD DE DAVID	
1	Hospital Materno Infantil José Domingo De Obaldia
2	Hospital Regional Dr. Rafael Hernández
3	Policlínica Gustavo A. Ross
4	Centro de Salud de Barrio Bolívar
5	Centro de Salud de San Cristóbal
6	Centro de Salud San Mateo
7	ULAPS de Nuevo Vedado

LEYENDA

% Pérdida Física respecto al VALFIS

-  0.15 - 0.22 %
-  0.23 - 0.27 %
-  Otras Edificaciones
-  Red Vial

**MODELACIÓN PROBABILISTA DEL RIESGO SÍSMICO PARA LA CIUDAD DE DAVID.
PORTAFOLIOS DE VIVIENDA, SALUD Y EDUCACIÓN.
BAJO LA INICIATIVA CAPRA.**



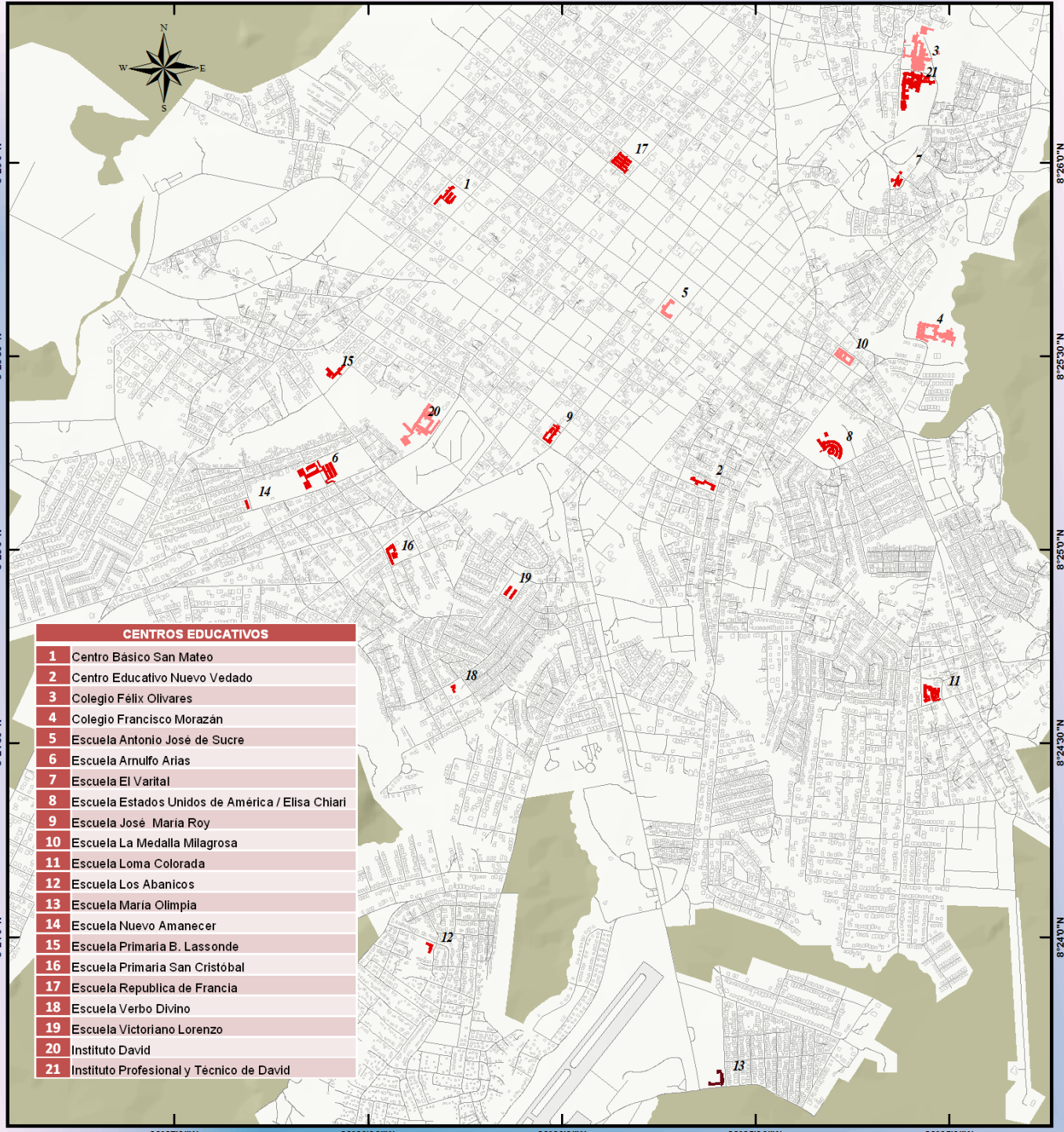
0 0.5 1 Km

1:11,000

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum WGS 1984
Creación Julio 2012



MAPA DE RIESGO SÍSMICO DEL PORTAFOLIO DE EDUCACIÓN DE LA CIUDAD DE DAVID. PÉRDIDAS FÍSICAS RELATIVAS DE CADA EDIFICACIÓN.



LEYENDA

% Pérdida Física respecto al VALFIS

- 0.21 - 0.22 %
- 0.23 - 0.27 %
- 0.28 - 0.55 %
- Red Vial
- Otras Edificaciones
- Pista de Aterrizaje

**MODELACION PROBABILISTA DEL RIESGO SISMICO PARA LA CIUDAD DE DAVID.
PORTAFOLIOS DE VIVIENDA, SALUD Y EDUCACION.
BAJO LA INICIATIVA CAPRA.**

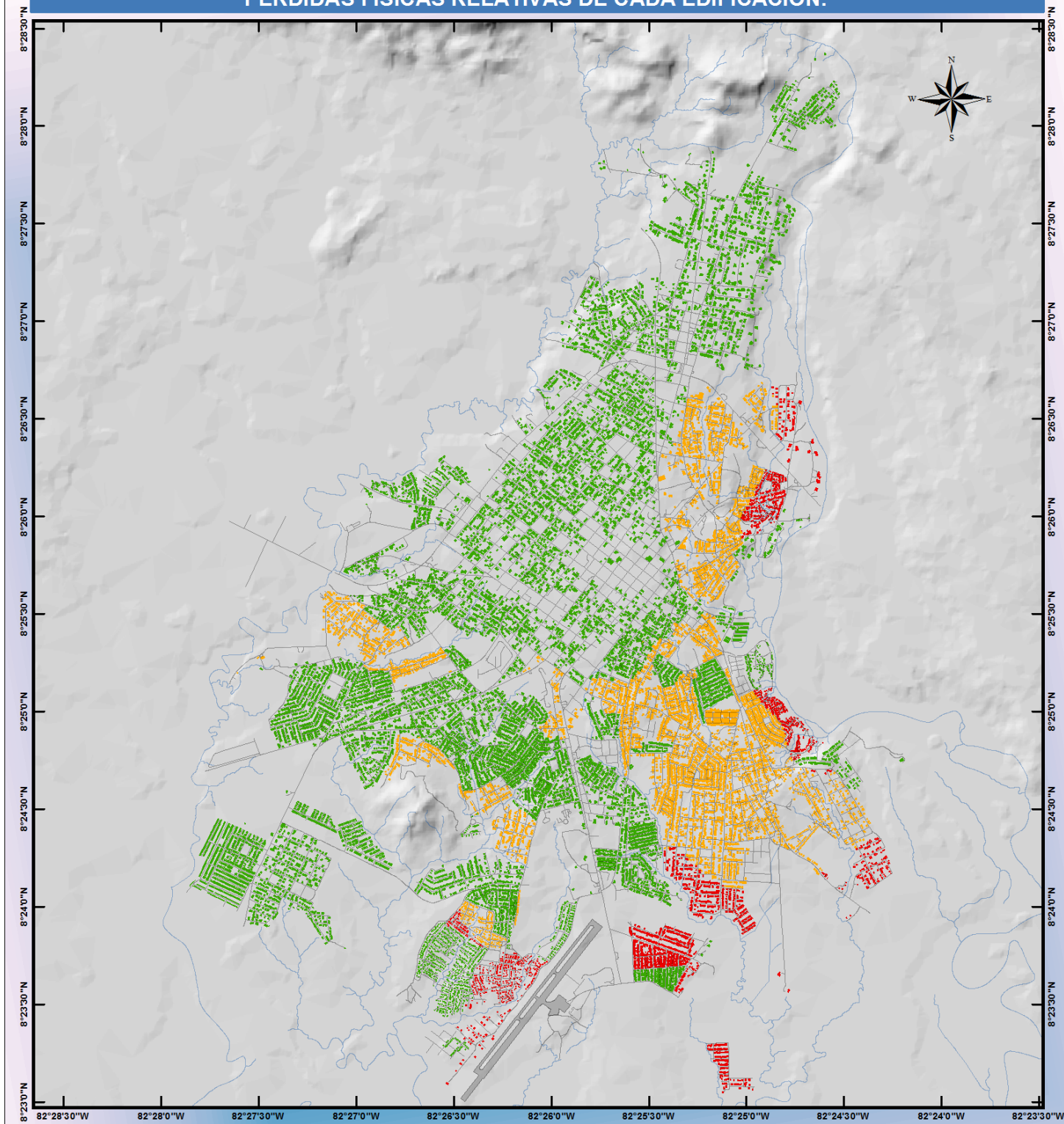
0 0.6 1.2 Km

1:12,500

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum WGS 1984
Creación Julio 2012



MAPA DE RIESGO SÍSMICO DEL PORTAFOLIO DE VIVIENDA DE LA CIUDAD DE DAVID. PÉRDIDAS FÍSICAS RELATIVAS DE CADA EDIFICACIÓN.



LEYENDA

% Pérdida Física respecto al VALFIS

- Menos de 1 %
- 1 - 10 %
- 11 - 12 %

~ Ríos
~ Red Vial

**MODELACION PROBABILISTA DEL RIESGO SISMICO PARA LA CIUDAD DE DAVID.
PORTAFOLIOS DE VIVIENDA, SALUD Y EDUCACION.
BAJO LA INICIATIVA CAPRA.**

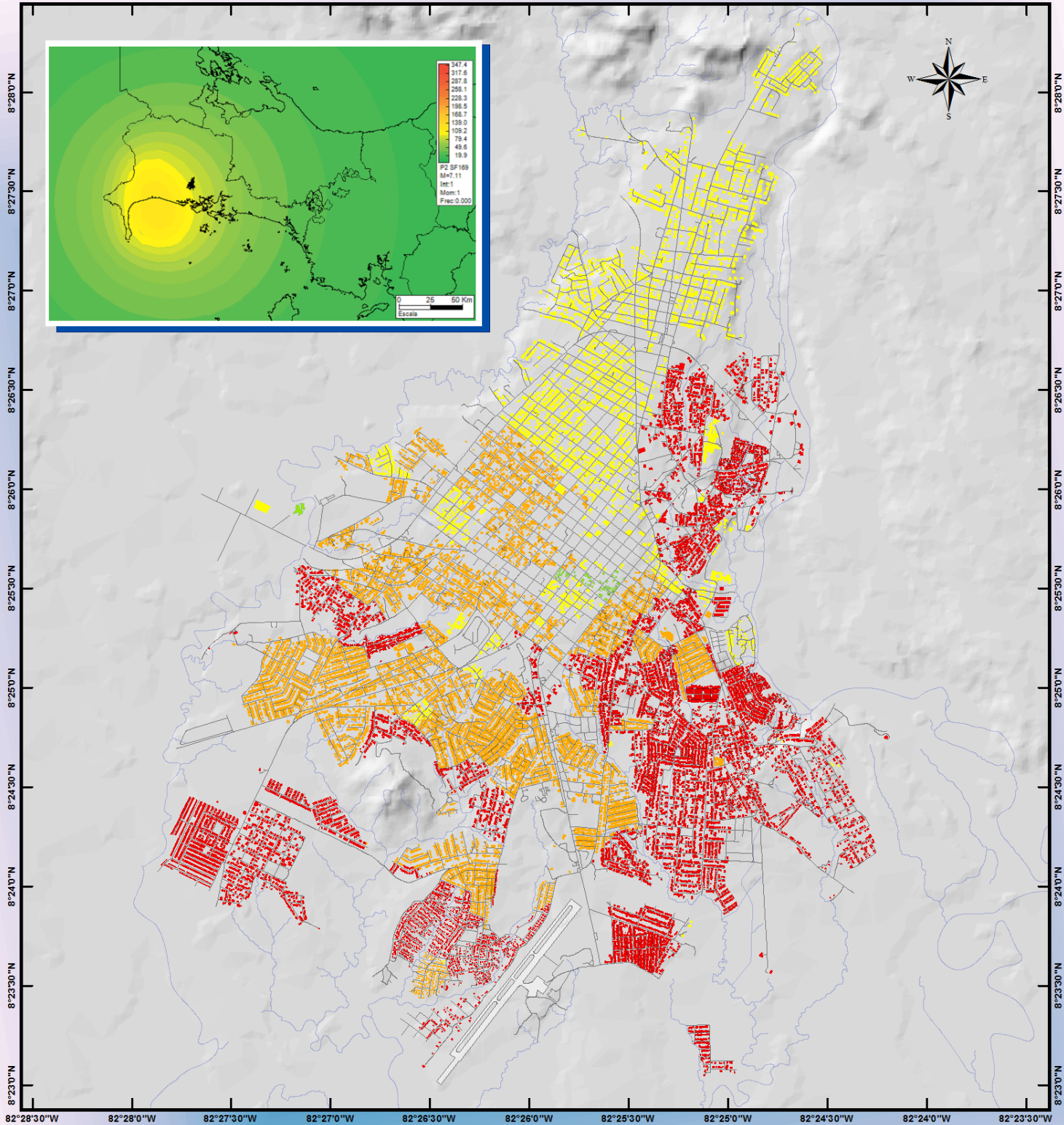
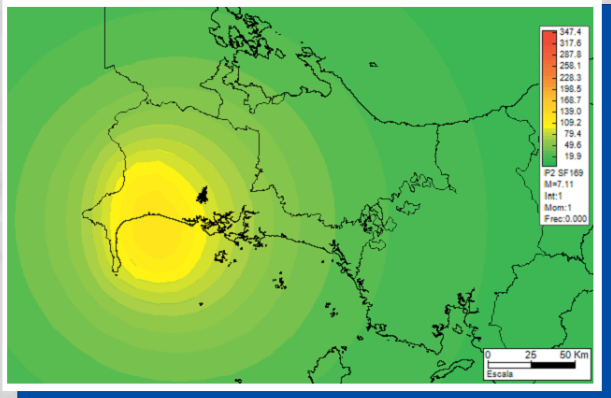
0 1 2 Km

1:24,000

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum WGS 1984
Creación Julio 2012



**MAPA DE RIESGO SÍSMICO PARA ESCENARIO 300.
PÉRDIDAS FÍSICAS RELATIVAS PARA UN SISMO PROBABLE DE M= 7.1 ORIGINADO EN LA ZONA DE
FRACTURA DE PANAMÁ.**



LEYENDA

- % de Pérdida Física respecto al VALFIS
- Menos de 25 %
 - 25 - 49 %
 - 50 - 74 %
 - 75 - 100%
 - Red Vial
 - Ríos

**MODELACIÓN PROBABILISTA DEL RIESGO SÍSMICO PARA LA CIUDAD DE DAVID.
PORTAFOLIOS DE VIVIENDA, SALUD Y EDUCACIÓN.
BAJO LA INICIATIVA CAPRA.**



0 1 2 Km

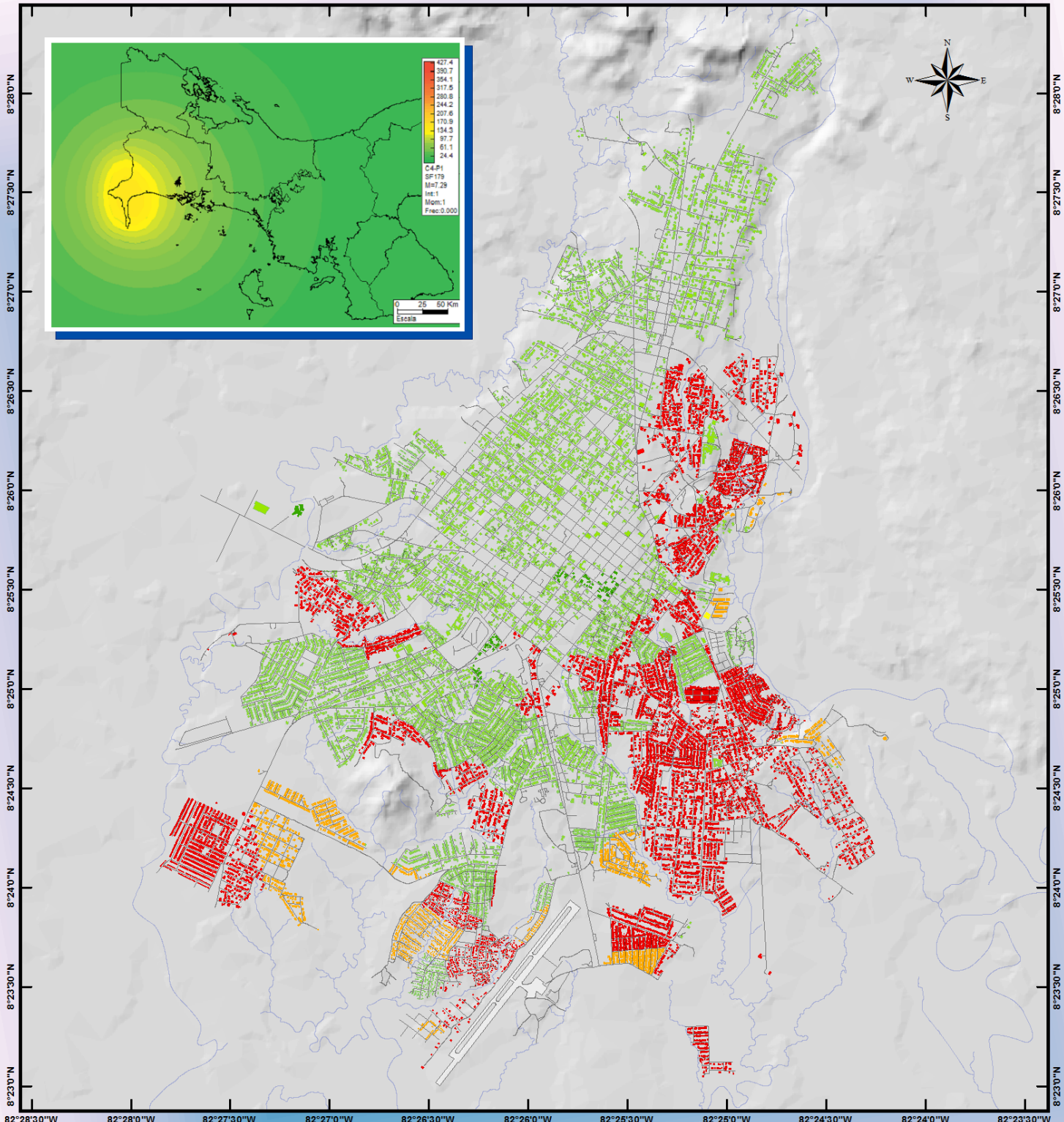
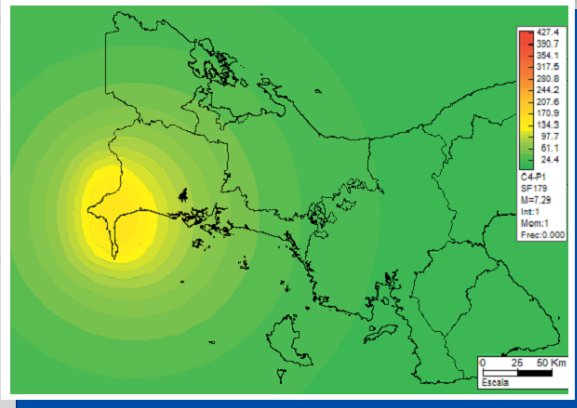
1:24,000

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum WGS 1984
Creación Julio 2012

LOCALIZACIÓN REGIONAL



**MAPA DE RIESGO SÍSMICO PARA ESCENARIO 174.
PÉRDIDAS FÍSICAS RELATIVAS PARA UN SISMO PROBABLE DE M= 7.3 ORIGINADO EN LA ZONA DE
FRACTURA DE PANAMÁ.**



LEYENDA

% de Pérdida Física respecto al VALFIS

- Menos de 10 %
- 10 - 24 %
- 25 - 49 %
- 50 - 74 %
- 75 - 100%

— Red Vial

— Ríos

**MODELACIÓN PROBABILISTA DEL RIESGO SÍSMICO PARA LA CIUDAD DE DAVID.
PORTAFOLIOS DE VIVIENDA, SALUD Y EDUCACIÓN.
BAJO LA INICIATIVA CAPRA.**

0 1 2 Km

1:24,000

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum WGS 1984
Creación Julio 2012





Equipo Técnico Participante.



Con el apoyo de:

