

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ARTES

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN URBANISMO MENCIÓN
PLANIFICACIÓN URBANA CON ENFOQUE
AL CAMBIO CLIMÁTICO

GESTIÓN DE LA EDIFICABILIDAD VULNERABLE EN LA
PREVENCIÓN Y ADAPTACIÓN DE LOS SISMOS ANTE
EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE UNA CIUDAD
SEGURA. CASO DE ESTUDIO: CANTÓN PORTOVIEJO.

Volumen I

ROMERO GUARANDA CRISTHIAN HUMBERTO

DIRECTOR: CESAR FERNANDO PALIZ Arq. Mgtr.

PORTOVIEJO – ECUADOR

2023

Presentación

Este estudio surge por la necesidad de analizar la gestión de la edificabilidad ante la vulnerabilidad física presente en la ciudad de Portoviejo; considerando el cumplimiento de la normativa de construcción, el control de los permisos municipales y la dirección técnica profesional, como aspectos esenciales, a fin de generar seguridad a la comunidad y de concientizar a los organismos de control, sobre la importancia de una gestión urbana que permita la mitigación y adaptación a los sismos.

Dedicatoria

Dedico esta investigación a Dios, por brindarme salud y bienestar, por darme la sabiduría y las ganas de aportar a mi comunidad, por medio de mi profesión. Este trabajo lo dedico con mucho cariño, a mi familia, por brindarme el apoyo necesario para lograr este objetivo.

Agradecimiento

Agradezco a mi esposa e hijos, por apoyarme en todo momento, además, expreso mi gratitud a mis amigos técnicos, que me apoyaron con la obtención de la información. Agradezco a mis docentes de maestría, que me brindaron su conocimiento, de manera especial, al tutor de mi tesis, el Arq. César Páliz, por guiarme en el desarrollo del estudio, con su experiencia y profesionalismo, además, por hacerme entender el verdadero aporte que estoy generando a través de esta investigación. Mil gracias.

ÍNDICE

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES.....	10
JUSTIFICACION.....	11
OBJETIVOS	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
MARCO TEÓRICO	13
METODOLOGÍA.....	18
CAPÍTULO 1. Normativa	24
1.1 Código Nacional de Construcciones de 1951	24
1.2 Código Ecuatoriano de la Construcción de 1977	31
1.3 Código Ecuatoriano de Construcciones de 2001	35
1.4 Código Ecuatoriano de Construcciones de 2011	39
1.5 Código Ecuatoriano de Construcciones de 2015	43
1.6 Calidad en la edificación	47
CAPÍTULO 2. Suelo	50
2.1 Vulnerabilidad sísmica	66
CAPÍTULO 3. Edificación.....	70
3.1 Estado de la edificación	86
CAPÍTULO 4. Análisis multivariable	89
Conclusiones.....	97
Recomendaciones.....	98
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.....	20
Tabla 3.....	22
Tabla 4.....	23
Tabla 5.....	23
Tabla 6.....	24
Tabla 7.....	26
Tabla 8.....	29
Tabla 9.....	33
Tabla 10.....	37
Tabla 11.....	41
Tabla 12.....	45
Tabla 13.....	48
Tabla 14.....	52
Tabla 15.....	54
Tabla 16.....	56
Tabla 17.....	58
Tabla 18.....	60
Tabla 19.....	62
Tabla 20.....	64
Tabla 21.....	67
Tabla 22.....	70
Tabla 23.....	72
Tabla 24.....	74
Tabla 25.....	78
Tabla 26.....	82
Tabla 27.....	87
Tabla 28.....	90
Tabla 29.....	92
Tabla 30.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	19
Tabla 1.....	19
Figura 2.....	21
Figura 3.....	27
Figura 4.....	30
Figura 5.....	34
Figura 6.....	38
Figura 7.....	42
Figura 8.....	46
Figura 9.....	49
Figura 10.....	53
Figura 11.....	55
Figura 12.....	57
Figura 13.....	59
Figura 14.....	61
Figura 15.....	63
Figura 16.....	65
Figura 17.....	68
Figura 18.....	73
Figura 19.....	75
Figura 20.....	76
Figura 21.....	77
Figura 22.....	79
Figura 23.....	80
Figura 24.....	81
Figura 25.....	83
Figura 26.....	84
Figura 27.....	85
Figura 28.....	88
Figura 29.....	91
Figura 30.....	92
Figura 31.....	93

Figura 32.....	94
Figura 33.....	95

RESUMEN

El análisis de la vulnerabilidad física en la ciudad de Portoviejo ha carecido tradicionalmente de estudios. Tras el sismo del 2016, se realizó el estudio de la microzonificación sísmica, sin embargo, no existe, en la actualidad, indicio de una gestión urbana que reduzca el riesgo sísmico. El análisis de la vulnerabilidad física, aborda, además del peligro sísmico, la calidad en la edificación en función de la vigencia de la normativa de construcción, y, el estado de la edificación, producto de su regulación en los permisos municipales de construcción y de ejecutarse bajo dirección técnica. El presente estudio busca determinar la vulnerabilidad física para la prevención y adaptación de los sismos ante el desarrollo sostenible de una ciudad segura en el cantón Portoviejo, a través del software ArcGIS 10.5. La metodología empleada consistió en el diagnóstico de las variables: normativa, suelo y edificación, para luego, generar un análisis multivariable; el cual, determinó que, el 51.21% de superficie edificada en Portoviejo, se encuentra en muy alta y alta vulnerabilidad física; por lo que, se discute la necesidad de sensibilizar y concientizar a los organismos de control, a fin de que exista una gestión eficiente de la edificabilidad vulnerable, que contribuya a la reducción de riesgos de desastres, y, por ende, a la reducción de pérdidas humanas y materiales.

Palabras clave: ciudad sostenible, vulnerabilidad física, informalidad en la construcción, permiso de construcción.

INTRODUCCIÓN

Las catástrofes consecuentes a los sismos, afectan integralmente a las ciudades, con mayor énfasis, en su capacidad de desarrollo económico, lo que destaca la urgente necesidad de tomar medidas correctivas para reducir las pérdidas humanas y materiales post-terremoto. Las ciudades que pretenden apuntar al desarrollo sostenible deben invertir en sus zonas vulnerables ante sismos, a la protección de sus sistemas urbanos, con un enfoque de gestión de la edificación vulnerable, puesto que, esta es la infraestructura que alberga a la parte más importante, las personas. Una ciudad es sostenible, siempre y cuando, sea segura para sus habitantes y edificaciones, y, permita la mitigación de la peligrosidad de los sismos. Muchas urbes se han desarrollado en tecnología o en conceptos de sostenibilidad a nivel macro, sin embargo, no han considerado los efectos posibles ante una actitud solo preventiva ante sismos; Su objetivo es reparar después del daño, pero no antes, gracias a la adaptación humana a las condiciones sísmicas locales (Petrovski, 1978). Como menciona Maskrey (1989), de manera tradicional, los programas de mitigación del riesgo, llevados por los gobiernos latinoamericanos, agencias y ONG, solo buscan mitigar los efectos de fenómenos naturales específicos (como los sismos) y no reducir la vulnerabilidad (Ordóñez-Díaz et al., 2017).

En el Ecuador, tanto el gobierno nacional como los autónomos descentralizados, no cuentan con una política pública de prevención y adaptación de sismos, para la gestión de la edificación. El apoyo frente a los desastres naturales inició desde el surgimiento de las Fuerzas Armadas, con una configuración resolutiva más no preventiva, donde se respondía a la crisis como producto del desastre, pero no se generaban estudios; un ejemplo clave fueron todas las etapas del terremoto de 1998 en Bahía de Caráquez, que evidenciaron la desarticulación del Estado como agente de planificación (A. Carrión et al., 2017). Posteriormente, el terremoto del 2016 que afectó mayormente las provincias costeras (como Manabí), demostró que el país no contaba aun con políticas públicas adecuadas, pese a lo sucedido anteriormente, exponiendo la fragilidad de las entidades de gestión de riesgo, la carencia de resiliencia de la ciudadanía y la dificultad para recuperar infraestructura importante (Castillo Peñaherrera & Santillán Berrones, 2021; Lanas Medina & Espinoza Santeli, 2018).

La gestión de la edificación en Portoviejo, a pesar de las graves consecuencias, como resultado de los eventos sísmicos, no ha priorizado desarrollar un hábitat seguro, en razón de que, existe aún el incumplimiento de la normativa de construcción, debido al escaso control por parte de los organismos pertinentes, además, continua presente un gran índice de informalidad en la construcción, puesto que se construye sin dirección técnica, sin permiso de construcción. Las consecuencias de todas estas irregularidades, ante el riesgo sísmico, han provocado que la ciudad se encuentre en alta vulnerabilidad física, donde el mayor riesgo lo vive la población.

Por otro lado, a parte del estudio de la microzonificación sísmica, no se han generado más investigaciones que contribuyan a la disminución de la vulnerabilidad física en Portoviejo; por esa razón, el presente estudio pretende ser ese punto de partida, para concientizar sobre la seguridad de las ciudades mediante una gestión eficiente de la edificación vulnerable.

La ciudad de Portoviejo requiere información territorial sobre su vulnerabilidad física, que permita generar líneas de investigación y, ser una guía para los organismos competentes, a fin de ejercer una planificación urbana orientada a la mitigación y adaptación de los sismos.

Actualmente, los análisis realizados con herramientas digitales, contribuyen a la gestión de la ciudad, determinando el desenvolvimiento del territorio a través del tiempo; mediante esta técnica, se pueden evidenciar zonas edificadas con mayor vulnerabilidad física, que requieran de pronta intervención de la municipalidad y, de esta manera, generar información territorial sobre el estado vulnerable de la ciudad. Así mismo, el análisis de estas zonas aportaría con conocimientos claves para los ciudadanos acerca de la vulnerabilidad física presente, ya que existe desconocimiento sobre la gravedad del tema, lo cual provoca, que la prevención de desastres no se realice de manera eficiente (Villamarín Mosquera & Grunauer Zambrano, 2017).

Por medio de la herramienta SIG, este estudio establece una metodología que logra estimar, de forma práctica, la vulnerabilidad física. De este modo, propone un método que consiste en primer lugar el diagnóstico de tres variables: normativa, suelo y edificación, y, por último, un análisis multivariable. El desarrollo de la metodología se realiza por medio de cuatro capítulos: el primer capítulo, acerca del cumplimiento de la normativa vigente de construcción,

identificando la calidad en la edificación; el segundo capítulo, sobre las características del suelo en base a las microzonificación de Portoviejo, evidenciando la vulnerabilidad sísmica; el tercer capítulo, con respecto al cumplimiento de la aprobación de planos, permisos y actualización de construcción, analizando el estado de la edificación; y, finalmente, el cuarto capítulo, sobre el análisis multivariable, que determinará la vulnerabilidad física de Portoviejo.

ANTECEDENTES

Ecuador es un país con varias amenazas a desastres naturales, con mayor énfasis, a los sismos (Fernández et al., 2018). Durante los últimos 460 años, en Ecuador se han detectado una gran cantidad de sismos de magnitud considerable (Cabezas, 2016). Forma parte del llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico” que se encuentra ubicado entre las costas del Océano Pacífico donde existe interacción de dos placas tectónicas, la placa de Nazca y placa Sudamericana (Rivadeneira et al., 2007).

La susceptibilidad del Ecuador ante fenómenos sísmicos se vio evidenciada en el terremoto registrado el 16 de abril del 2016, de magnitud 7.8 en la escala de Richter, cuyo hipocentro se produjo frente al cantón Pedernales (Instituto Geofísico, 2016), a 150 km del cantón Portoviejo (provincia de Manabí), el cual causó graves daños en las infraestructuras existentes y provocó la muerte de 657 personas (Plan Reconstruyo Ecuador, 2016). Una de las ciudades más afectadas fue Portoviejo, donde el área de mayor destrucción fue la zona centro, en la que colapsaron alrededor de 40 edificaciones de hormigón armado, área que concentraba una intensa actividad económica, comercial y administrativa (Aguiar & Mieles, 2016); así mismo, según datos oficiales del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, se hicieron 3667 inspecciones a edificaciones de las cuales se determinaron: 1394 habitables, 1340 recuperables y 933 irreparables (Plan Reconstruyo Ecuador, 2016).

De acuerdo a Shigeru Ban (2013) “Los sismos no matan personas, las edificaciones sí” (Valencia, 2017); considerando este argumento se conoce que las edificaciones son vulnerables ante sismos a pesar de que existe una Normativa de Construcción con exigencias antisísmicas, al igual que leyes y ordenanzas que especifican su aplicación; sin embargo, no se realiza un debido control de cumplimiento; así mismo otro factor de vulnerabilidad es la informalidad en la construcción, puesto que varias personas autoconstruyen sus edificaciones, sin dirección técnica y en zonas de alto riesgo sísmico, ignorando permisos y requisitos que garantizarían una construcción segura (Quizhpi Gómez & Arévalo Barba, 2017).

JUSTIFICACION

Portoviejo, al ser una ciudad expuesta al peligro sísmico permanente, implica la exposición a eventos que pueden conllevar la pérdida de vidas humanas, pérdidas materiales y económicas; por lo tanto es necesario tomar medidas que permitan reducir los efectos negativos de un evento sísmico, entre ellos, generar estudios que permitan reconocer los índices de vulnerabilidad física de la edificación en el territorio, considerando la normativa de construcción, la microzonificación sísmica y la informalidad en la construcción y, de esta forma, evidenciar el estado actual de las edificaciones del área urbana de Portoviejo (González-Muzzio, 2015; Torres, 2017).

De acuerdo al área de investigación de sostenibilidad, a la línea de investigación de la AIU: Gestión de riesgos, vulnerabilidad y resiliencia y, a la línea de investigación de la PUCE: Hábitat, infraestructura y movilidad, la gestión de la edificabilidad vulnerable en la prevención y adaptación de los sismos ante el desarrollo sostenible de una ciudad segura, caso de estudio Portoviejo, sería un punto de interés, puesto que ha sido poco estudiada en el país, dentro del contexto urbano y territorial, siendo una debilidad de la gestión de la edificación y planificación urbana (Khamis et al., 2012; UNISDR, 2010). Así mismo, en base a los objetivos de desarrollo sostenible, el objetivo 11. Ciudades y comunidades sostenibles, numeral 11.b promueve la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar la vulnerabilidad física para la prevención y adaptación de los sismos ante el desarrollo sostenible de una ciudad segura en el cantón Portoviejo.

Objetivos específicos

- Identificar la calidad en la edificación en base al cumplimiento del periodo de vigencia de la normativa de construcción mediante un análisis espacio temporal.
- Evidenciar la vulnerabilidad sísmica de acuerdo a la microzonificación sísmica de Portoviejo por medio de un análisis cartográfico.
- Analizar el estado de la edificación en razón del cumplimiento de la aprobación de planos, permisos y actualización de construcción a través de un análisis cartográfico.

MARCO TEÓRICO

En la actualidad, el objetivo de las ciudades es desarrollarse de forma sostenible, reconociendo las dinámicas complejas que la caracterizan y generando un equilibrio entre estas. El desarrollo sostenible permite satisfacer las necesidades de los ciudadanos sin afectar los posibles requerimientos del futuro. De esta forma, destacan sus tres componentes, los cuales son: económico, social y ambiental (CEPAL, 2015). Para generar un desarrollo sostenible en las ciudades, se requiere de políticas públicas que permitan el cumplimiento de este enfoque, mediante un constante control y seguimiento de sus estipulaciones. Estas políticas son instrumentos de control urbano, relacionados con los mecanismos de regulación del crecimiento físico de la ciudad, con la finalidad de normar la edificación y los cambios de uso de suelo (Collazos, 2006).

Por otro lado, debido a la necesidad que presentan las ciudades de analizar temáticas territoriales, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en una herramienta fundamental, puesto que ejecutan varias operaciones como la edición, almacenamiento y gestión de datos espaciales; los datos resultantes se ven expresados como mapas y gráficos, que permiten el análisis de un área en específico (Olaya, 2020). Gracias a esta herramienta SIG se puede generar un método cartográfico de investigación, que consiste en la aplicación de mapas para la descripción y estudio de fenómenos, con la finalidad de obtener conocimientos nuevos de las interrelaciones espaciales (Lizmová, 2007). Dentro de un análisis cartográfico es posible desarrollar un análisis espacio temporal, en razón de que existen fenómenos geográficos que se encuentran expuestos a cambios a través del tiempo, convirtiéndose en un escenario atractivo para investigaciones; determina lugares, sus transformaciones, las causas y efectos, además de sus velocidades (Auza & Sanabria, 2012).

Dentro del análisis del área de estudio, la ciudad de Portoviejo evidencia varias problemáticas territoriales, de las cuales destaca su vulnerabilidad sísmica, en las zonas edificadas con predisposición intrínseca a sufrir daños ante la ocurrencia de movimientos sísmicos, siendo determinantes sus condicionantes naturales (Barbat, 1998). La vulnerabilidad ante sismos relacionada con las edificaciones vulnerables, determinan una vulnerabilidad física, que se refiere a

aquella vulnerabilidad presente en los asentamientos humanos situados en zonas de riesgo y, al nivel de daño que están expuestas sus edificaciones, por posibles deficiencias en su estructura física debido al incumplimiento de la normativa vigente, lo cual no permite la mitigación del impacto de los diversos eventos (Alva Velasquez & Bendezú Carranza, 2015; UNGRD, 2020).

Normas Sísmicas

Las normas sísmicas brindan recomendaciones y proporcionan requerimientos para la construcción de ciudades seguras ante la ocurrencia de sismos; siendo una forma de sistematizar la incorporación de avances tecnológicos en temas correspondientes a la vulnerabilidad física. Cabe destacar que, para mantener su aplicabilidad, estos reglamentos requieren de una revisión, actualización y renovación periódica (Lafuente, 2014). La correcta aplicación y control de las normas sísmicas dan como resultado edificios alineados a la prevención y adaptación de los sismos. Al ejecutarse de forma técnica las obras de construcción, las ciudades se vuelven seguras y la comunidad enfrenta la vulnerabilidad mediante la prevención; reducir la vulnerabilidad incrementa la sostenibilidad de las ciudades (Mendes, 2016).

Desde un contexto internacional, para los ingenieros en California, la historia del código sísmico en Estados Unidos se remonta al terremoto de San Francisco en 1906, desde este año las recomendaciones de diseño sísmico se modificaron. La primera publicación del Uniform Building Code (UBC), es decir, el Código Uniforme de Construcción, se realizó en 1927 y, tenía la intención de promover la seguridad pública, mediante requisitos estandarizados para una construcción segura, que no variaría de una ciudad a otra, como había sido el caso anteriormente (International Conference of Building Off, 1998). A mediados de 1940, el Seismology Committee of the Structural Engineers Association of Carolina (SEAOC), publicó por primera vez la “Recommended Lateral Force Requirements”, también conocido como el Blue Book, que, desde su primera edición hasta los años 70, fue principal precursor de la UBC. Estas disposiciones marcaron como base para disposiciones contemporáneas, a nivel nacional e internacional (Diebold et al., 2008).

El cumplimiento de la normativa de construcción vigente es necesario puesto

que determina la calidad en la edificación; las edificaciones que actualmente no cumplen con las estipulaciones constructivas correspondientes no podrán responder favorablemente ante los sismos, con el fin de disminuir pérdidas humanas y materiales. Las normas sísmicas se actualizan de acuerdo a las condicionantes locales del suelo, a fin de que las edificaciones de la misma manera sean actualizadas para brindar seguridad a sus usuarios (Iglesias Asenjo et al., 2006).

Microzonificación sísmica

Los condicionantes locales del suelo son evidenciados gracias al estudio de la microzonificación sísmica, ya que permite reconocer las verdaderas necesidades de las ciudades, para el desarrollo de una gestión de la edificación vulnerable ante sismos. Consiste en evaluar los niveles de amenaza sísmica y los probables efectos en base a las condicionantes del área de estudio, y, mediante un enfoque multidisciplinario, genera insumos territoriales esenciales para la implementación de estrategias que conlleven a la modificación de la respuesta sísmica en una ciudad (Sánchez, 2011). Como lo explica Bard (1999), el análisis de microzonificación sísmica es basado en el hecho de que la geología y topografía del área de estudio y su contexto inciden directamente en el movimiento del suelo y las afectaciones en las edificaciones (Escuela Politécnica Nacional, 2017). Además, según Cornell (1968) y Bard (1999), la estimación del movimiento del suelo en zonas específicas de la ciudad es una información fundamental para la mitigación del riesgo sísmico, sus características y fuerza dependen de varios actores como: 1) la característica de la fuente sísmica, 2) la atenuación y cambio de su contenido de frecuencias que sufre la onda sísmica entre la fuente y el sitio, 3) la amplificación en el sitio (Escuela Politécnica Nacional, 2017). Esta categorización por microzonas de acuerdo al movimiento sísmico es compleja, debido a la diversidad de condicionantes geológicas locales (Escuela Politécnica Nacional, 2017).

En cuanto a referentes internacionales, Japón es uno de los países con mayor avance en los temas de prevención y mitigación de desastres de tipo sísmico y tsunamis, debido a su larga trayectoria en estos eventos. Existen registros de análisis de sucesos sísmicos que se remontan al año 599, siendo un país pionero

en instrumentación sísmica, estudios y la implementación de medidas correctivas y adaptativas a desastres, tanto a nivel de edificaciones como del comportamiento social ante una crisis sísmica (Correa & Alfaro, 2011).

En Ecuador, tras los graves daños ocasionados por el terremoto del 16 de abril del 2016 en la costa ecuatoriana, en especial en las costas Centro-Norte de Manabí y Sur de Esmeraldas, el Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo, buscó orientar el proceso de reconstrucción de la ciudad en base a un informe técnico para el desarrollo sostenible de Portoviejo. Este organismo de control consideró este estudio como esencial componente para la gestión de riesgo de desastres, siendo la microzonificación sísmica una herramienta necesaria para la gestión del territorio; cumpliendo a su vez lo establecido por la NEC-15, las poblaciones con más de 100.000 habitantes deberán disponer de estudios de microzonificación sísmica y geotécnica (Escuela Politécnica Nacional, 2017).

Estado de la Edificación

Otro detonante de la vulnerabilidad física en las ciudades, en especial Portoviejo, es el incumplimiento de los permisos de construcción, denominados en otras ciudades como «licencia de construcción»; documento otorgado por la autoridad municipal competente, que fiscaliza si un proyecto de obra cumple con lo establecido en la norma de construcción y ordenanzas municipales vigentes, para ser ejecutado (Portal Único de Tramites Ciudadanos, 2020).

El permiso de construcción tiene su origen en relación con el derecho urbanístico, como lo explica García de Enterría (2007). Este ordenamiento de la ciudad y su edificabilidad tuvo inicio desde el ámbito político, con la figura del técnico de administración pública, y, desde el ámbito privado, a través del desarrollo de instituciones profesionales, universidades y grupos especializados, que generaron teorías y técnicas de construcción del espacio. Además, el derecho urbanístico se vio influenciado por intervenciones públicas en aspectos como sanidad o reglamentaciones sobre alineaciones de edificios y licencias urbanísticas y constructivas (Roa Muñoz & Rodríguez Zárate, 2015).

El origen del urbanismo moderno históricamente se sitúa en la creación de las

leyes del urbanismo sanitario del siglo XIX, que surgieron debido a la mala calidad de vida como resultado de la ciudad industrial; estas leyes fueron enfocadas en proteger a la población urbana de pestes y enfermedades, así como en incorporar servicios básicos como el abastecimiento de agua potable, saneamiento, normas sobre alineación de calles, ventilación de viviendas, etc. Un referente es Inglaterra, donde se creó la Public Health Act, norma cabecera de la legislación urbanística que aprobó los primeros reglamentos de carácter sanitario, y que, en base a esta se urbanizó la ciudad sin considerar principios orgánicos o de especialización funcional (Roa Muñoz & Rodríguez Zárate, 2015). Durante el siglo XIX, de acuerdo a Larrodera (1982), el urbanismo se convierte no tan solo en un tema científico, sino, en una técnica para la organización de los espacios públicos y privados, sus usos y actividades. Y, tras la necesidad de esta técnica en el contexto jurídico, se originó el Derecho urbanístico actual, compuesto de normativas y planes que regulan el ejercicio del derecho de propiedad, la actividad urbanizadora y edificatoria sobre el suelo (Roa Muñoz & Rodríguez Zárate, 2015).

Con respecto a la regulación y estado de la edificación, desde hace varios años atrás, se ha detectado una tendencia antitécnica de construir, incluso, esta fue la primera razón por la que se reguló el ámbito de la construcción, pero a pesar de esto, hoy en día se sigue presentando la informalidad en la construcción; Estas edificaciones informales usualmente no han pasado por la revisión de un profesional y fueron construidas solo por maestros de obra sin dirección técnica (Vizúete, 2011).

Vulnerabilidad Física

Finalmente, al reconocerse las variables que inciden en la vulnerabilidad física de Portoviejo, como son: normativa, suelo y edificación, es importante evidenciar datos que se pueden analizar cartográficamente, por medio de un análisis multivariable, el cual es una técnica estadística que, simultáneamente analiza múltiples resultados en los individuos u objetos de estudio; estas variables se relacionan de tal modo que el efecto que producen es interpretado en conjunto, es decir, mediante esta metodología se determinará la vulnerabilidad física de la ciudad de Portoviejo (Aldas Manzano & Uriel Jimenez, 2017).

METODOLOGÍA

Las serias consecuencias de una gestión deficiente de la edificabilidad vulnerable en la prevención y adaptación de los sismos, hacen necesario evidenciar los índices de vulnerabilidad generados en el tiempo. Por ende, el área de estudio se desarrolla en el límite urbano del cantón Portoviejo, que consta de 51,46 km², está ubicado en el centro oeste del cantón, coordenada 560 000 E y 9 883 000 N. Su población es de 206 682 habitantes, lo que representa el 73,80% del total en el cantón (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010); población evidenciada en el Anexo 1: *Mapa de la distribución de la población en el límite urbano de Portoviejo*.

Para la recopilación de datos, se procedió a solicitar información territorial edilicia, al GAD del cantón Portoviejo, contenido que corresponde a superficies construidas, tipologías de edificación por año de construcción, materiales, aprobación de planos, permisos de construcción, entre otros, en formatos de excel y shape.

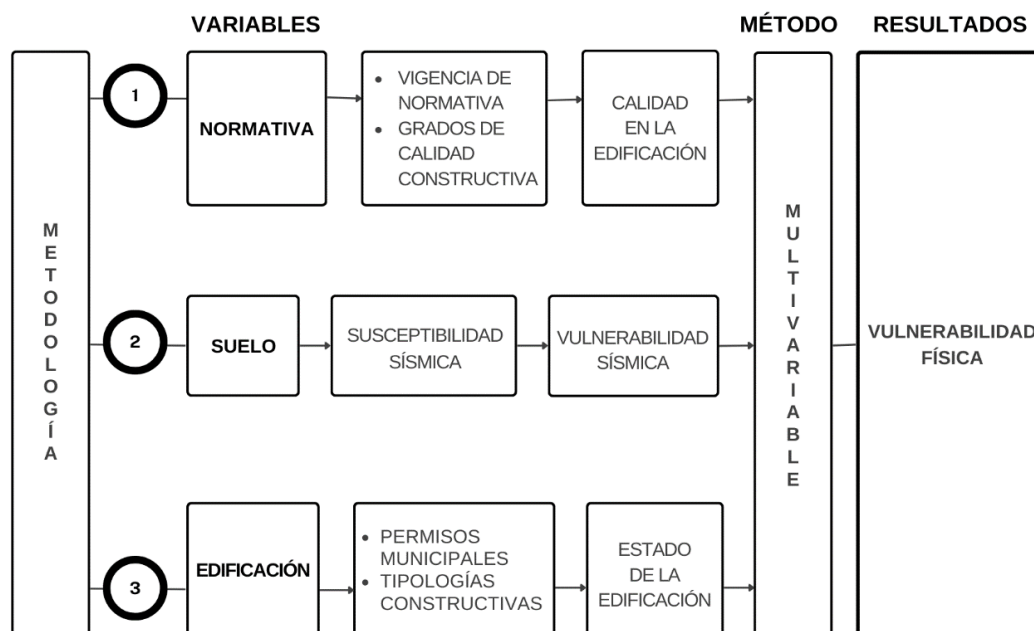
La metodología del presente estudio se desarrollará a través del análisis de tres variables: Normativa, Suelo y Edificación, para luego, por medio de un análisis multivariable, identificar la vulnerabilidad física de la ciudad de Portoviejo, como lo explica la Para realizar el análisis de la variable Normativa, se desarrollará cartografía que identifique por periodo de vigencia, la cantidad de edificaciones vulnerables, demostrando el desarrollo de la superficie construida en el límite urbano de Portoviejo. Para ello, se adaptará la metodología de Iglesias Asenjo et al. (2006) para determinar la calidad en la edificación. Se calificarán los códigos y reformas de construcción de años anteriores en base a su periodo de vigencia, como lo demuestra la Tabla 1, mediante los grados de calidad constructiva: muy baja, baja, media, alta y muy alta, considerando el grado más probable o posible. Cabe recalcar que, la normativa de 2015 tendrá el grado de calidad constructiva muy alta, puesto que continúa en vigencia y estipula los requerimientos actuales para una eficiente respuesta sísmica de las edificaciones. De ese modo, el grado de calidad constructiva de las normativas anteriores a la del 2015, será calificado en base al periodo y características de la normativa actual.

Figura 1.

Para realizar el análisis de la variable Normativa, se desarrollará cartografía que identifique por periodo de vigencia, la cantidad de edificaciones vulnerables, demostrando el desarrollo de la superficie construida en el límite urbano de Portoviejo. Para ello, se adaptará la metodología de Iglesias Asenjo et al. (2006) para determinar la calidad en la edificación. Se calificarán los códigos y reformas de construcción de años anteriores en base a su periodo de vigencia, como lo demuestra la Tabla 1, mediante los grados de calidad constructiva: muy baja, baja, media, alta y muy alta, considerando el grado más probable o posible. Cabe recalcar que, la normativa de 2015 tendrá el grado de calidad constructiva muy alta, puesto que continúa en vigencia y estipula los requerimientos actuales para una eficiente respuesta sísmica de las edificaciones. De ese modo, el grado de calidad constructiva de las normativas anteriores a la del 2015, será calificado en base al periodo y características de la normativa actual.

Figura 1

Diagrama metodológico del análisis multivariable de la vulnerabilidad física de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Adaptación del artículo: Análisis del riesgo sísmico en zonas urbanas mediante Sistemas de Información Geográfica. Elaborado por Iglesias Asenjo, S., Irigaray Fernández, C., Chacón Montero, J. (2006).

Tabla 1

Calidad en la edificación en función de la vigencia de la normativa de construcción.

Vigencia de Normativas de construcción	Grados de calidad constructiva				
	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Anterior a 1951					
1951 a 1977					
1977 a 2001					
2001 a 2011					
2011 a 2015					
Posterior a 2015					

Más probable
 Posible

Nota. Adaptación del artículo: Análisis del riesgo sísmico en zonas urbanas mediante Sistemas de Información Geográfica. Elaborado por Iglesias Asenjo, S., Irigaray Fernández, C., Chacón Montero, J. (2006).

Además, en base a esos intervalos de tiempo, se reconocerán las tipologías constructivas de entrepiso, denotando la aplicación de la normativa de construcción y sus actualizaciones en las tipologías empleadas.

a continuación, se desarrollará el estudio de la variable Suelo, que evidenciará la incidencia del tipo de suelo en la vulnerabilidad de la edificación urbana de Portoviejo, por lo que, se realizará un análisis en relación a las microzonas sísmicas (Figura 2) con las edificaciones, identificando la cantidad de superficie construida vulnerable por microzona y la cantidad de superficie construida por rango de susceptibilidad sísmica. Además, se adoptará el método de Iglesias Asenjo et al. (2006), que categoriza las **microzonas** sísmicas en grados de susceptibilidad sísmica muy baja, baja, media, alta, muy alta; siendo la microzona M1, de suelo rígido y roca, calificada con grado de susceptibilidad sísmica muy baja, por ser el suelo más favorable para las edificaciones y la población, como se denota en la Tabla 2.

Tabla 2

Valoración de la variable Suelo.

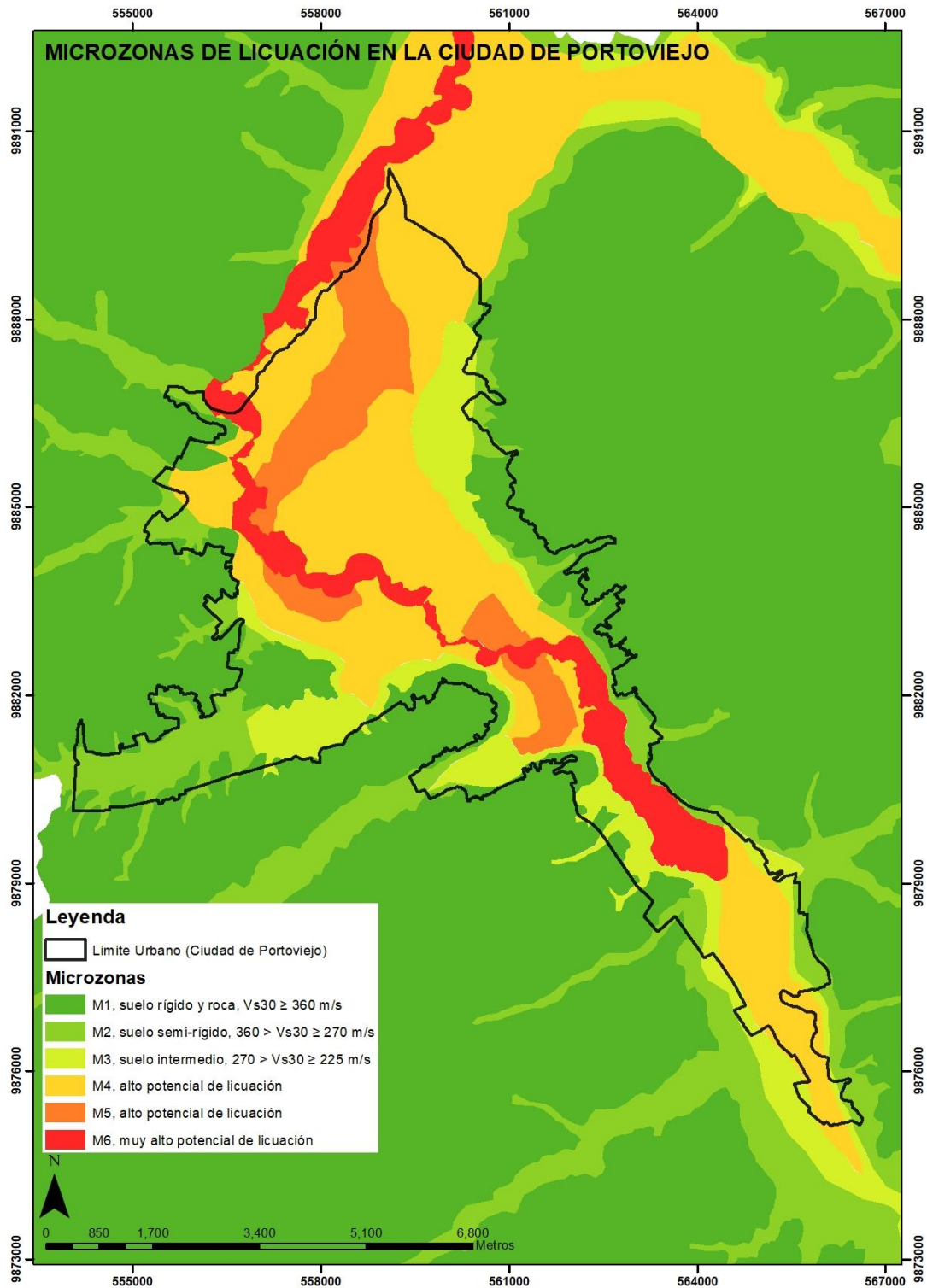
Microzonas	Susceptibilidad sísmica
------------	-------------------------

M1, suelo rígido y roca	Muy baja
M2, suelo semi-rígido	Baja
M3, suelo intermedio	Media
M4, alto potencial de licuación	Alta
M5, alto potencial de licuación	
M6, muy alto potencial de licuación	Muy Alta

Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Posteriormente o finalmente, se procederá a determinar la vulnerabilidad sísmica, variable necesaria para posteriormente realizar el análisis multivariable. La vulnerabilidad sísmica se determinará a través de una matriz que relacionará la susceptibilidad sísmica y la calidad de la edificación, como lo explica la Figura 2

Mapa de Microzonas de licuación en la ciudad de Portoviejo.

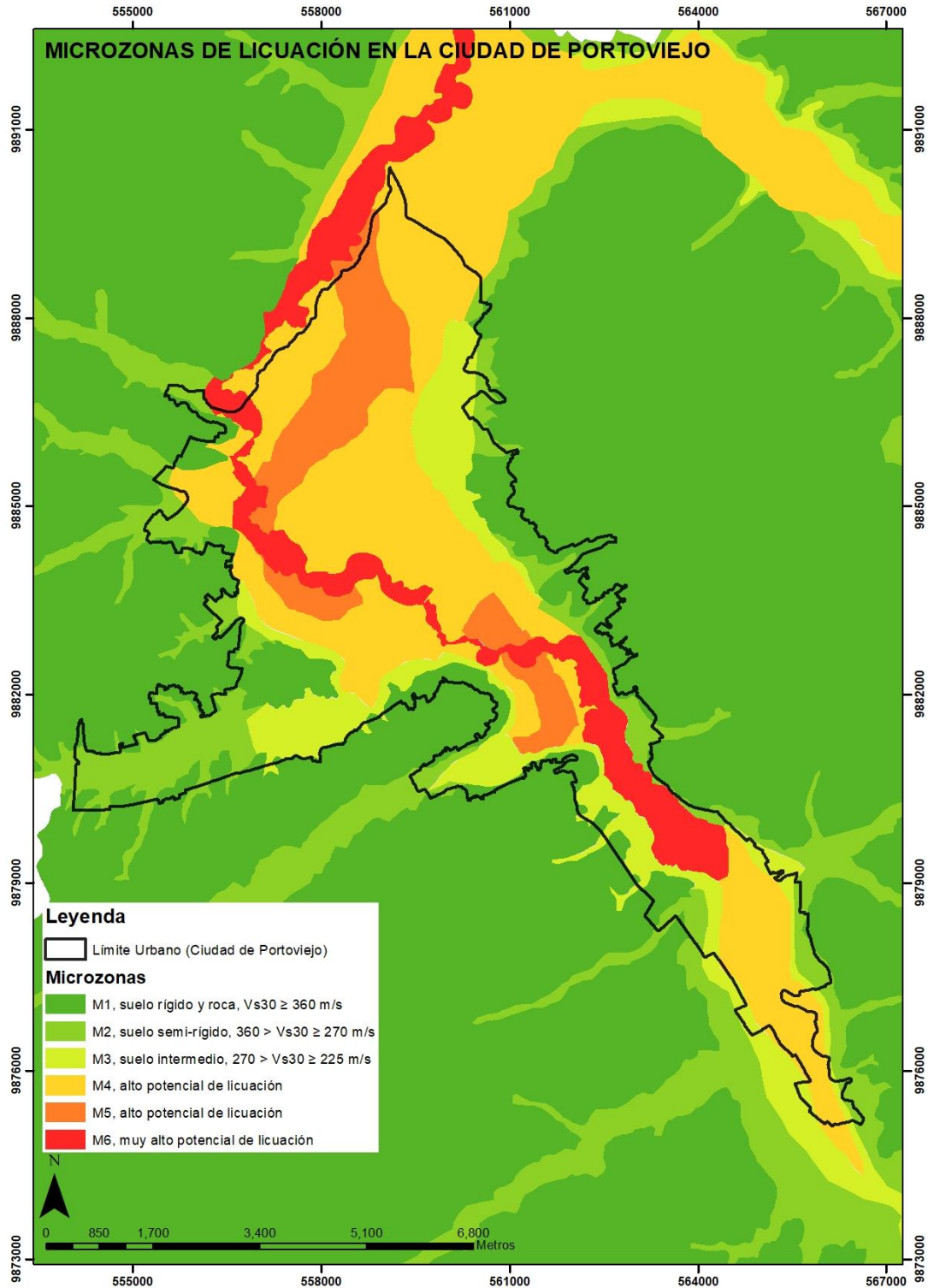


Nota. Adaptado para el formato de estudio, de la *Microzonificación de Portoviejo*, elaborado por la Escuela Politécnica Nacional. (2017).

Tabla 3.

Figura 2

Mapa de Microzonas de licuación en la ciudad de Portoviejo.



Nota. Adaptado para el formato de estudio, de la *Microzonificación de Portoviejo*, elaborado por la Escuela Politécnica Nacional. (2017).

Tabla 3

Matriz de vulnerabilidad sísmica

Susceptibilidad sísmica	Calidad en la edificación				
	<i>Muy baja-baja</i>	<i>Baja-media</i>	<i>Media</i>	<i>Media-Alta</i>	<i>Muy alta-alta</i>
<i>Muy alta</i>	Extremadamente alta	Muy alta	Muy alta	Media	Baja
<i>Alta</i>	Extremadamente alta	Alta	Alta	Media	Baja
<i>Media</i>	Muy alta	Media	Media	Media	Baja
<i>Baja</i>	Muy alta	Media	Media	Baja	Muy baja
<i>Muy baja</i>	Alta	Baja	Baja	Muy baja	Muy baja

Nota. Adaptación del artículo: Análisis del riesgo sísmico en zonas urbanas mediante Sistemas de Información Geográfica. Elaborado por Iglesias Asenjo, S., Irigaray Fernández, C., Chacón Montero, J. (2006).

De igual manera, se generará el diagnóstico en cuanto a la valoración de la edificación, que demostrará la cantidad de edificaciones que cumplen e incumplen los permisos de aprobación de planos y actualización de construcción, además, la superficie construida como respuesta a la informalidad en la construcción. Este análisis se realizará mediante la elaboración de cartografía, considerando los periodos analizados en la variable normativa, puesto que los permisos de aprobación de planos también están basados en la normativa vigente en cada periodo. Por otro lado, se estudiará el estado en función al desarrollo de los permisos de aprobación y actualización de construcción como lo denota la

Tabla 4, mediante los grados del estado de la edificación: muy baja, baja, media, alta y muy alta, considerando el grado más probable o posible. Estos grados específicamente están basados en periodos de cambio en el registro de los permisos de construcción; a partir del año 2018 se aprobó el Plan de implementación para la regulación de procesos constructivos, lo cual mejoró en gran medida el estado de las edificaciones, por ese motivo, a partir del 2018 se calificó con un grado muy alto.

Conjuntamente, se determinarán las edificaciones con las distintas tipologías

constructivas de entrepiso que poseen o no permiso de construcción, para así, reconocer la tipología constructiva que destaca en la construcción informal.

Tabla 4

Estado de la edificación en función del desarrollo de los permisos y actualizaciones de construcción.

Permiso de construcción	Grados del estado de la edificación				
	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
No tiene					
Anterior a 2011					
2011 a 2015					
2015 a 2018					
Posterior a 2018					

■ Más probable ■ Posible

Nota. Elaborado por el autor basándose en la metodología del: Análisis del riesgo sísmico en zonas urbanas mediante Sistemas de Información Geográfica. Elaborado por Iglesias Asenjo, S., Irigaray Fernández, C., Chacón Montero, J. (2006).

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos en cuanto a: calidad en la edificación, vulnerabilidad sísmica y estado de la edificación, se generará un criterio multivariable con la finalidad de evidenciar la vulnerabilidad física, para ello, como se expone en la Tabla 5, se valorará cada categoría entre los valores de -1 a 1, que permitirán fraccionar adecuadamente el mapa resultante. Adicionalmente, se utilizará el Método de Rupturas Naturales (Jenks) del software ArcGIS 10.5, para demostrar las valoraciones en un mapa de calor, con el que se podrán reconocer los sectores con mayor vulnerabilidad física de la ciudad de Portoviejo; así mismo se realizará la relación entre las edificaciones y la población, para identificar la cantidad de edificaciones y superficie construida con mayor vulnerabilidad física y, la cantidad de población vulnerable.

Tabla 5

Multivariable para identificar la Vulnerabilidad física.

Valoración	Calidad en la edificación	Vulnerabilidad sísmica	Estado de la Edificación
-1	Muy baja	Extremadamente alta + Muy alta	Muy baja
-0,5	Baja	Alta	Baja

0	Media	Media	Media
0,5	Alta	Baja	Alta
1	Muy alta	Muy baja	Muy alta

Nota. Elaborado por el autor del estudio.

CAPÍTULO 1. Normativa

El Ecuador, desde el evento sísmico de 1541 en Napo, cuenta con una sucesión de sismos que ha permitido reconocer un periodo de tiempo aproximado de 12 años entre cada evento de alta intensidad (Rivadeneira et al., 2007). Además de los terremotos, el tsunami suscitado el 31 de enero de 1906 en Esmeraldas, fue catalogado como uno de los más destructivos que se ha detectado en el límite de la plaza de Nasca y Sudamericana, siendo de gran afectación para Ecuador y Colombia (Pulido et al., 2020), también, el terremoto de Ambato de 1949 creó un punto de inflexión entre la informalidad en la construcción y la construcción moderna de las ciudades ecuatorianas (Quinotoa, 2022).

El Ecuador ha presentado varias actualizaciones de su cuerpo legal de construcción, lo que denota la Tabla 6, marcando una síntesis de cada periodo de vigencia.

Tabla 6

Resumen histórico de las Vigencias de los códigos y normas de construcción en el Ecuador.

#	Norma	Fecha de registro	Vigencia
1	Código Nacional de Construcciones	12 de febrero de 1951	30 de junio de 1977
2	Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-1977)	30 de junio de 1977	2 de agosto de 2001
3	Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2001)	2 de agosto de 2001	6 de abril de 2011
4	Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11)	6 de abril de 2011	10 de enero de 2015
5	Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15)	10 de enero de 2015	continúa

Nota. Elaborado por el autor del estudio.

1.1 Código Nacional de Construcciones de 1951

En la década de los 40, se introdujo en Ecuador teorías de urbanismo moderno. Planificación llevada por arquitectos uruguayos mediante estilos como el funcionalista y tecnocrático, consensuados en el Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (Bermúdez et al., 2016). Este idealismo no involucraba aún la gestión de la edificación vulnerable ante sismos.

El 5 de agosto de 1949 en Ambato, un sismo catastrófico de $MW = 6.8$ con hipocentro a 15 km de profundidad, la ciudad de Pelileo fue destruida a tal punto que fue necesario reconstruirla en otro sitio. Después del terremoto se publicó de manera urgente el primer Código Nacional de la Construcción (Aguiar, 2010). Se elaboró basándose en disposiciones internacionales como las de Estados Unidos (Uniform Building Code), Chile (Ordenanza General de Urbanismo y Construcción) e Italia (Pachano et al., 1951).

Para esta época, el Ecuador se encontraba dinamizado nuevamente por las exportaciones nacionales con el desarrollo de la plantación costeña del banano, recuperándose parcialmente de la crisis que venía enfrentando. La demanda de la producción bananera y la reestructuración del modelo de agro-exportación incidió en el crecimiento exponencial de la urbanización en todo el país, especialmente en las ciudades intermedias de la Costa ecuatoriana, debido al auge económico de la plantación bananera (F. Carrión, 1987); en contraste con la Sierra y su estancamiento económico por la crisis de la hacienda tradicional (Larrea, 1983).

El nuevo Código Nacional de la Construcción sería promulgado el 12 de febrero de 1951 y sería catalogado como norma de uso obligatorio para todo el país en 1952. Uno de los principales aspectos presentados en el Código Nacional de Construcciones de 1951 fue la introducción del uso de concreto armado para la construcción de viviendas. El concreto armado al combinarse con otros materiales presenta unas buenas características de resistencia ante fuerzas estáticas, pero es poco elástico. Este aspecto se detectó en los efectos producidos en las construcciones por el sismo de Esmeraldas de 1976, es decir, cuando se superó las resistencias últimas (Quinotoa, 2022).

Portoviejo, siendo una ciudad costera, estuvo influenciada gradualmente sobre los nuevos estilos de urbanismo moderno, desarrollo económico y normativas, los que no involucraban todavía una gestión de edificabilidad vulnerable y

sostenible. Por lo que, enfrentó terremotos de alta intensidad en 1942 y 1956 (Molina, 2009) sin ninguna gestión preventiva o adaptativa a los sismos, evidenciando la vulnerabilidad física a la que estaba expuesta la ciudad en ese proceso de crecimiento gradual.

De acuerdo a los datos oficiales del GAD Portoviejo, la Tabla 7 explica que, en 1951, la ciudad de Portoviejo contaba con un destacado número de edificaciones de madera, siendo el 45.56% de su total superficie construida, en cambio, las edificaciones de una sola planta «no tiene», ocupaban la menor superficie con un 6.10%, relación evidenciada en la

Figura 3.

Tabla 7

Registro de Edificaciones urbanas de Portoviejo hasta el año 1951.

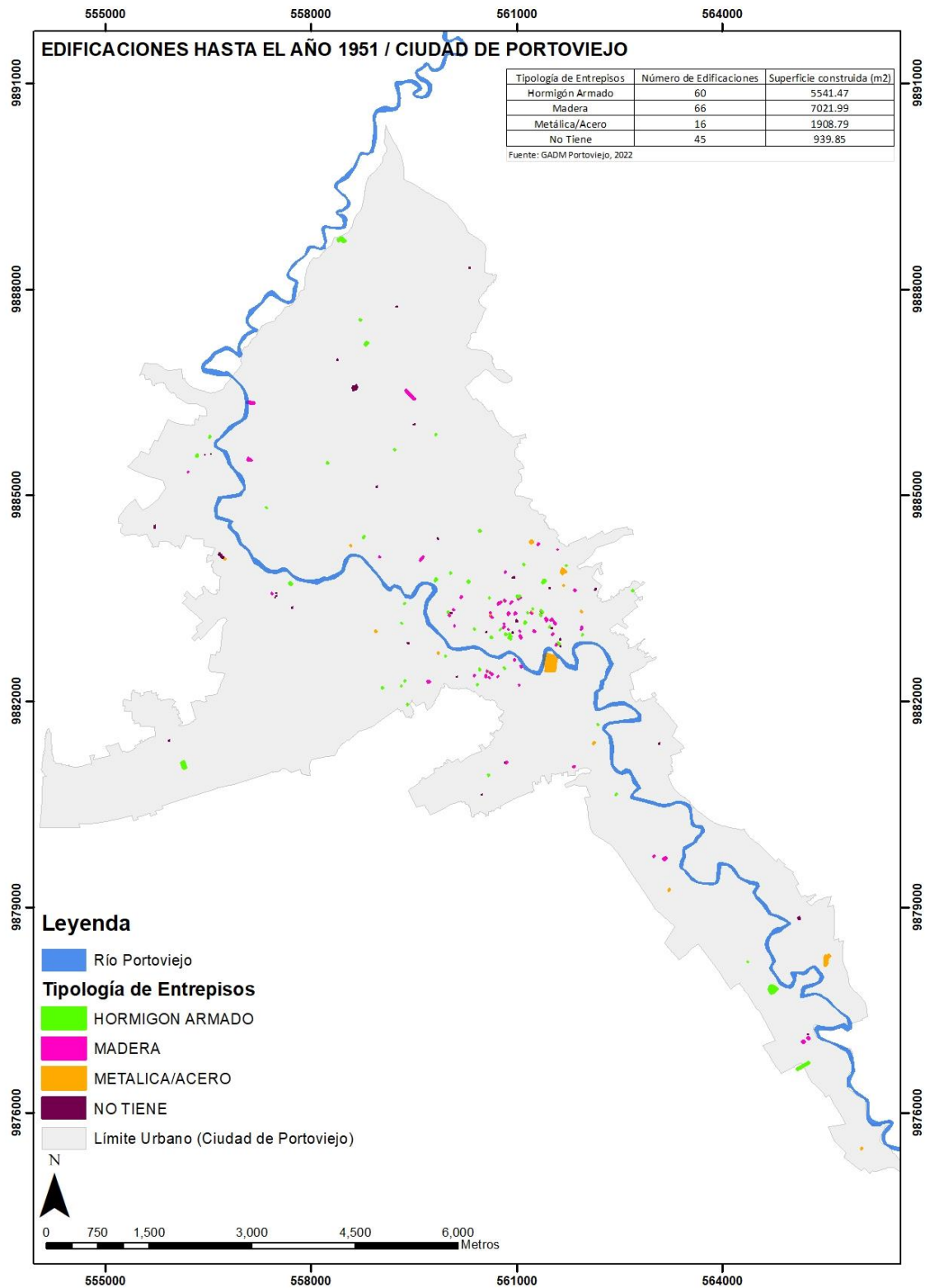
Tipologías (entrepiso)	Número de edificaciones	Superficie construida (m²)	Porcentaje de superficie construida (%)
Hormigón armado	60	5541.47	35.96
Madera	66	7021.99	45.56
Metálica/Acero	16	1908.79	12.39
No tiene	45	939.85	6.10
Total	187	15412.10	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

De igual manera, el Anexo 2: *Mapa de edificaciones construidas hasta el año 1951 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo* demuestra la ubicación de las edificaciones urbanas existentes hasta 1951, con una mayor concentración de superficie construida en el casco central de la ciudad de Portoviejo. Para este periodo, destacaban las edificaciones con un rango de área construida entre 0 y 94.65 m².

Figura 3

Mapa de tipologías construidas en base al entrepiso hasta el año 1951 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

En la década de los 70, en el Ecuador, se desarrollaron programas de construcción de viviendas “llave en mano”, cuyo fin era solventar la necesidad de construir viviendas económicas en periodos reducidos, de tal forma que las

empresas contratadas se responsabilizaban de los trámites y permisos demandados para la construcción, así como de todas las etapas de obra de las viviendas (Salgado, 1995); dando una respuesta parcial a las necesidades habitacionales de la época, en la que, se destacaban las construcciones informales. Para esto, el cuerpo legal vigente, el Código Nacional de Construcciones de 1951, contenía las reglas de construcciones sismo resistentes, pero por razones desconocidas, estas disposiciones no se aplicaron por la mayoría de los técnicos constructores e instituciones gubernamentales (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1976), constatando el alto grado de vulnerabilidad que presentaba la gestión de la edificación en esta época, por ende, no cumpliendo con los requerimientos de un territorio sostenible.

Conjuntamente, la

Tabla 8 expone los cambios significativos de la construcción en el periodo 1951-1977, siendo la tipología de hormigón armado el mayor porcentaje de superficie construida con el 40.89%, rebasando por poco a la cantidad de superficie de madera, que ocupó el 40.56%; visto de otra forma, en cuanto al número de edificaciones, la tipología de madera continúa predominante con 866 edificaciones frente a 637 de hormigón armado, demostrando que, probablemente la aplicación del hormigón armado haya permitido construir edificaciones de mayor superficie, lo que no se construía con madera; este cambio denota la influencia del primer Código Nacional de Construcciones, que estipulaba edificar con hormigón armado, cambiando la costumbre de la tipología de madera. Además, para este periodo, menor porcentaje ocupó la tipología metálica/acero con un 7.13%, lo que a su vez evidenció que las viviendas de una sola planta «no tiene» aumentaron su ocupación en la ciudad, esta relación se puede revisar en la

Figura 4.

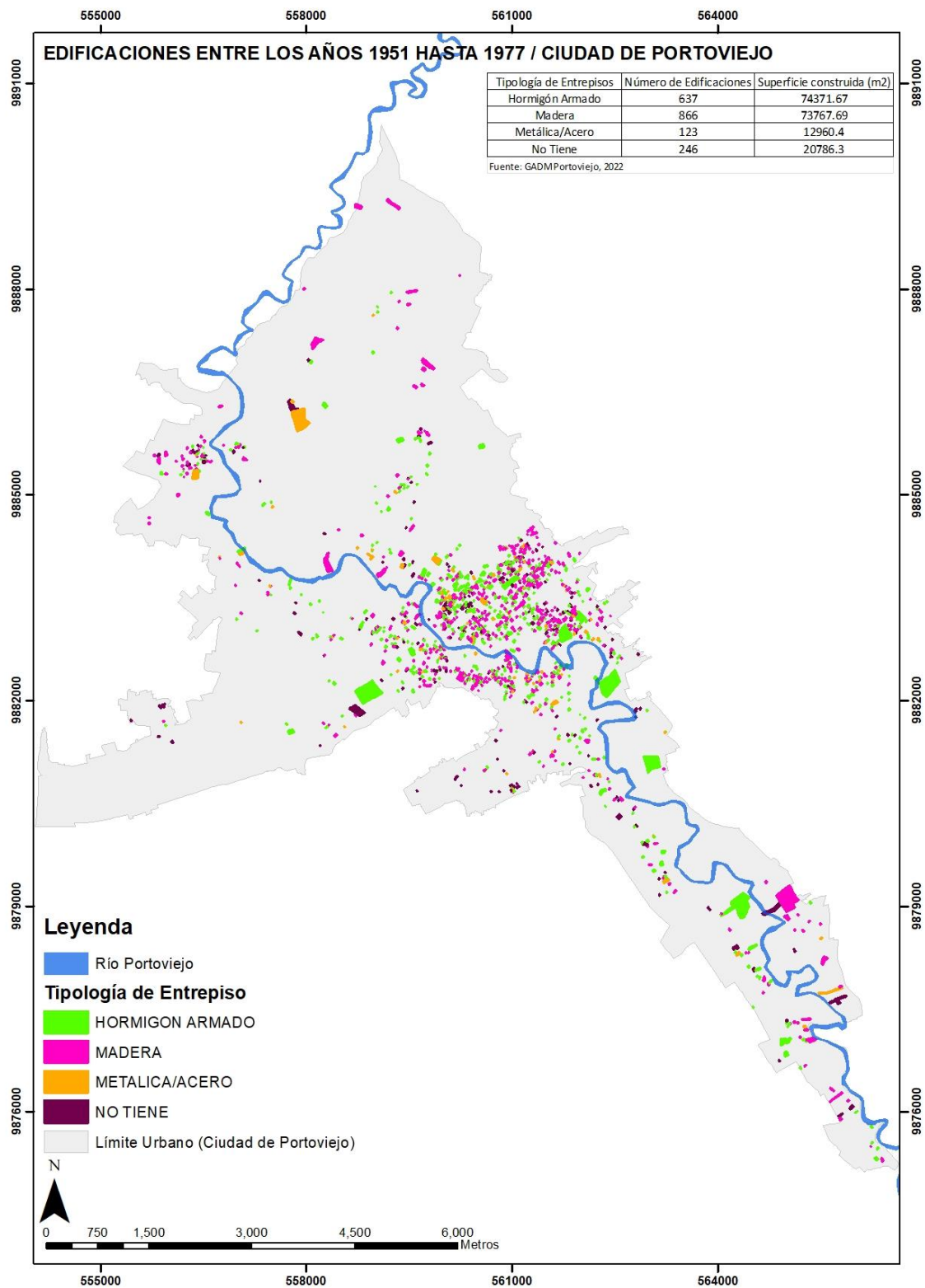
Cuadro sobre las edificaciones urbanas de Portoviejo de 1951 a 1977

Tipologías (entrepiso)	Número de edificaciones	Superficie construida (m²)	Porcentaje de superficie construida (%)
Hormigón armado	637	74371.67	40.89
Madera	866	73767.69	40.56
Metálica/Acero	123	12960.40	7.13
No tiene	246	20786.30	11.43
Total	1872	74371.67	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Todas estas edificaciones de 1951 a 1977 continúan situándose, en su mayoría, en el casco central, pero ahora, también se distribuyen hacia el noroeste y sureste del actual límite urbano de Portoviejo, como lo demuestra el Anexo 3: *Mapa de edificaciones construidas desde el año 1951 a 1977 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo*, donde destaca el aumento del rango de superficie construida por edificación, siendo el de mayor número de edificaciones el rango entre 0 y 112.25 m², en cambio, el que obtuvo tan solo 2 edificaciones fue el rango de 1032 a 2850 m².

Mapa de tipologías construidas en base al entrepiso desde el año 1951 a 1977 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

1.2 Código Ecuatoriano de la Construcción de 1977

En 1976, dos sismos de alto impacto se produjeron en Ecuador, el de Esmeraldas en abril y el de Cotopaxi en octubre, dejando varias personas sin vida (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1976). El primer sismo fue de gran interés para el análisis de las edificaciones, los de tipología de hormigón armado presentaron deficiencias estructurales en razón de que el evento superó sus resistencias últimas, mientras que de menor daño las mixtas de mampostería y madera (Instituto Geofísico, 2013).

Debido a estos eventos, el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN (1976) reconoció que existieron aspectos constructivos no considerados en el Código Nacional de Construcciones de 1951 y que, era necesario preparar un nuevo documento en base a las experiencias resultantes de estos dos sismos.

En diciembre de 1976, el INEN publicó la Guía Popular de Construcciones Sismo Resistentes, documento basado en las 2 partes del proyecto de Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC): Requisitos del Diseño y Requisitos de la Construcción de Hormigón Armado. Se centra en las viviendas de hasta 3 pisos y no considera elementos preesforzados o elementos con prefabricados. Este informe se elabora puesto que la mayoría de viviendas del campo son autoconstruidas por los campesinos, en cambio las viviendas y sus ampliaciones en ciudades grandes y pequeñas son realizadas por microempresas y obreros. Se necesitaba un documento que facilite el entendimiento de la norma (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1976). La Guía se desarrolló basándose en el ACI 31871, Blue Book de 1973 y diferentes investigaciones realizadas en varios países. Posteriormente, en 1978, se publicaría la Guía de Práctica de Mampostería Reforzada por parte del INEN debido a la difusión empírica de este método alternativo de construcción en el país (Quinatoa, 2022).

En cuanto al desarrollo de las ciudades en el Ecuador, para la década del 70, se consolida el proceso de los ingresos de la producción y comercialización petrolera; dentro de este contexto, las relaciones urbano-rurales, y en general la estructura territorial de la producción, tienden a adaptarse en función de las nuevas necesidades económicas imperantes. El crecimiento de la urbanización en esta etapa, no tan solo resulta de la estructura agraria, sino también por una política deliberada de descentralización del estado, acorde a la modernización (F. Carrión, 1987). Con respecto a la ciudad de Portoviejo, de acuerdo con el

mapa censal de la Jurisdicción de Portoviejo de 1974, demuestra que no existían zonas residenciales consolidadas, sino pequeños puntos de localidades, donde el cauce del río generó los asentamientos en cercanía, probablemente de manera informal y con alto riesgo ante desastres naturales.

Posterior a 1979, el Ecuador fue sacudido por varios sismos, como el de 1987 en Napo, con un saldo de 1000 muertos, 4000 desaparecidos, 800 edificios y 3000 viviendas colapsadas y 12,000 viviendas afectadas; el de 1995 en Morona Santiago con el colapso de un puente de 135 metros; y el terremoto del 4 de agosto de 1998, en Bahía de Caráquez. Eventos que demostraron la necesidad de trabajar en el nuevo Código Ecuatoriano de la Construcción CEC-2001 incorporando la zonificación sísmica y formas espectrales en base a investigaciones locales (Aguilar, 2010).

Con respecto a la situación urbana, para la década de 1980, el Ecuador presentaba un creciente proceso de urbanización, constituyéndose lo urbano en problema de interés nacional con nuevos actores sociales; que trajo consigo problemáticas como la crisis económica, el deterioro de la calidad de vida, el incremento de la deuda externa y el auge de los barrios populares autoconstruidos o los barrios deteriorados y subequipados. Más adelante, en la década de 1990, se empezaron a sentir varios shocks por la inestabilidad política, la dolarización, la caída de los precios del petróleo; esta situación generó un elevado costo social con el incremento de desigualdad y persistencia de pobreza y desempleo. Y es a partir de 1995, que se considera al escenario sísmico dentro de la planificación urbana para incrementar la sostenibilidad de las ciudades ecuatorianas, mediante estudios realizados en Quito, pero que, lastimosamente, se generaron muy poco en otras ciudades del país (Bermúdez et al., 2016).

Para la ciudad de Portoviejo, en este intervalo de tiempo entre los años 1980 y 2000, se destacaron varias conformaciones de barrios, ciudadelas, y construcciones de viviendas unifamiliares y colectivas (Couret & Párraga, 2019; Molina, 2009). Como por ejemplo la ciudadela Los Tamarindos, donde las Fuerzas Armadas construyó 40 viviendas dúplex pareadas de 100 m²; por otro lado, las urbanizaciones iniciadas como la cooperativa de vivienda por el Banco Ecuatoriano de la Vivienda (BEV), pero que, a diferencia del caso anterior, las

familias que conseguían los terrenos autoconstruían progresivamente sus viviendas, desarrollando asentamientos informales (Couret & Párraga, 2019).

Según los registros municipales del año 1977 al 2001, como lo resume la Tabla 9, las edificaciones urbanas tuvieron un desarrollo exponencial y acelerado pasando de 1872 edificaciones construidas en el periodo anterior, a 28013 construidas en el intervalo de 1977 a 2001. Además, destaca la tipología de hormigón armado con el 51.72%, teniendo un aumento considerable en este intervalo de tiempo, lo que establece a más de la mitad de la superficie construida de la ciudad de Portoviejo con esta tipología; además, se denota la disminución de la tipología de madera, siendo solo el 22.46% de superficie construida, y, por otro lado, la tipología metálica/acero ocupó la menor superficie construida, correspondiente al 12.63%, estos datos pueden observarse en la Figura 5.

Tabla 9

Cuadro sobre las edificaciones urbanas de Portoviejo de 1977 a 2001

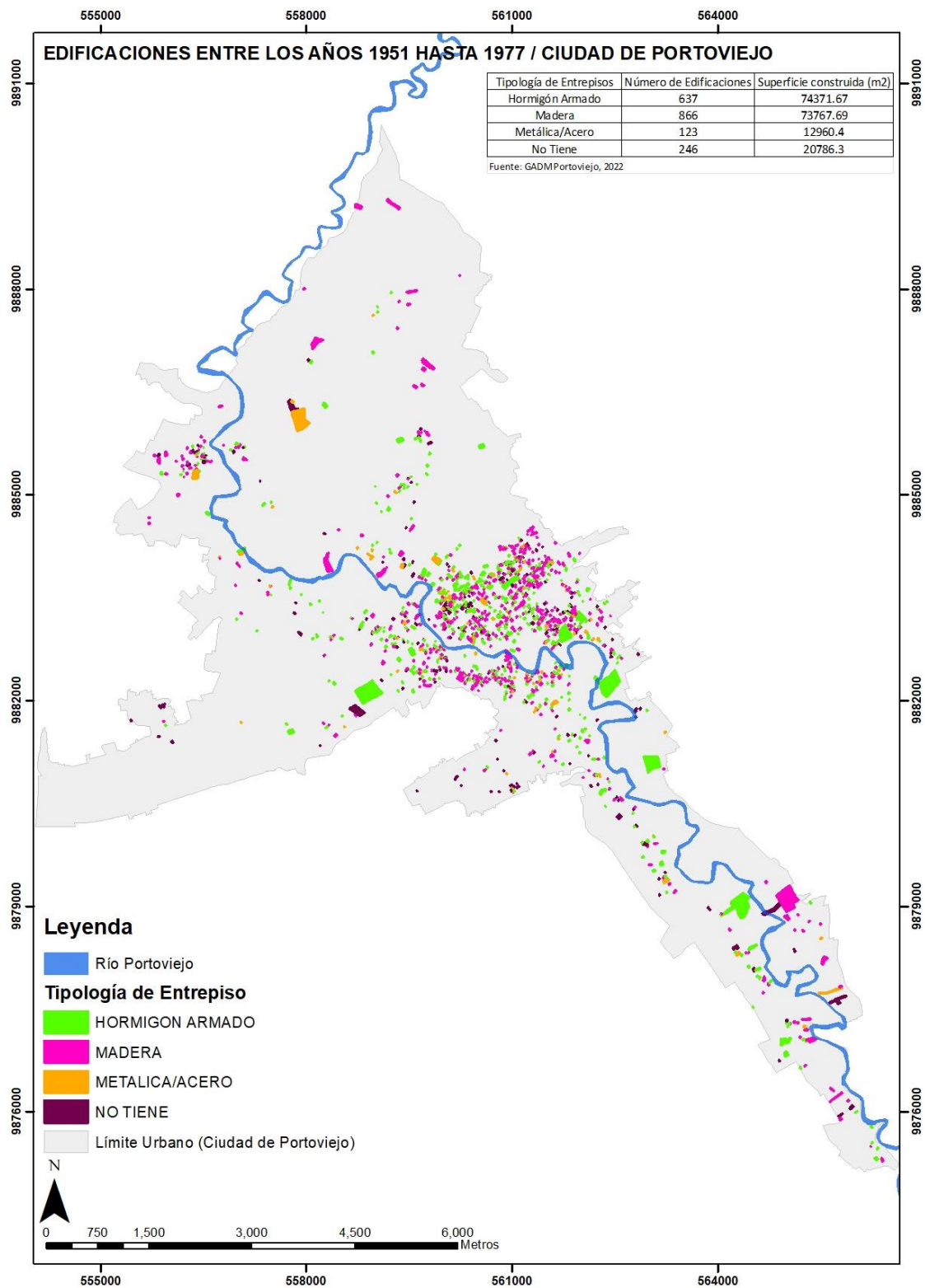
Tipologías (entrepiso)	Número de edificaciones	Superficie construida (m²)	Porcentaje de superficie construida (%)
Hormigón armado	12571	1241723.44	51.72
Madera	7903	539113.17	22.46
Metálica/Acero	3157	303215.86	12.63
No tiene	4382	316700.44	13.19
Total	28013	2400752.91	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Las edificaciones construidas en el periodo de 1977 a 2001 denotan el gran crecimiento urbano de Portoviejo, como se puede apreciar en el Anexo 4: *Mapa de edificaciones construidas desde el año 1977 al 2001 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo*, donde se reconoce una superficie construida, pareciéndose al área del actual límite urbano. Para este periodo, se observan con mayor número de edificaciones las que poseen entre 0 a 129.83 m² de superficie construida; además, se demuestra el incremento de superficie por edificación, donde 2 edificaciones comprendieron entre 5042 a 16000 m², un rango mayor al anterior periodo.

Figura 5

Mapa de tipologías construidas en base al entrepiso desde el año 1977 a 2001 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

1.3 Código Ecuatoriano de Construcciones de 2001

El CEC 2001 se planificó desde el mandato del presidente Sixto Duran Ballen, que, mediante Decreto Ejecutivo N. 3 crea el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), el 10 de agosto de 1992. Esta entidad nace de las constantes viviendas requeridas por familias, en razón de la alta tasa de crecimiento poblacional, la migración rural hacia los centros urbanos, entre otros. Posteriormente, el 15 de julio de 1996 se creó el Comité Ejecutivo del CEC precedido por el MIDUVI e integrado por actores públicos y privados con el objetivo de actualizar el código y determinar las nuevas estipulaciones constructivas en base a los avances tecnológicos y constructivos (Quinatoa, 2022).

Luego de años de arduo trabajo, el Comité Ejecutivo del CEC redactó el documento “Peligro Sísmico, espectros de diseño y requisitos mínimos de cálculos para diseño sismo resistente” de CPE INEN 5 Parte 1 Capítulo 12, que fue aprobado el 13 de octubre del 2000 y presentado a consulta popular a lo largo de un año. Se instituiría de carácter vinculante por medio del Acuerdo Ministerial N. 1243 el 13 de junio del 2001 y se publicaría en el Registro Oficial N. 381 el 2 de agosto del mismo año (Quinatoa, 2022).

Para la década del 2000 las transformaciones urbanas en el Ecuador, consistían en la ralentización del éxodo rural y la explosión de las grandes metrópolis, además del auge del desarrollo sostenible, la gobernanza, la globalización, y las nuevas tecnologías de la información y la comunicación que se generaban a nivel mundial; con problemáticas urbanas relevantes tales como: la segregación y fragmentación social, las disputas por el espacio público y la dinámica de una ciudad a escala humana, la interacción entre los contextos urbano-rural, las relaciones de género, donde las soluciones estaban orientadas a la regeneración urbana y el derecho a la ciudad (Bermúdez et al., 2016).

En el transcurso del tiempo, según el Instituto Geofísico Militar, eventos naturales sin consecuencias catastróficas suscitaron después del lanzamiento del CEC-2001, es decir, terremotos de baja consideración se produjeron en el territorio ecuatoriano. Países vecinos como Perú se vieron afectados por terremotos en el 2001, 2005 y 2008 al igual que Chile en 2005 y 2010 dejando graves consecuencias. Dichos eventos alertaron al país y considerando además que Ecuador se encuentra localizado en una zona de alto riesgo sísmico, se llevó

a cabo un proceso de actualización de la normativa de acuerdo con los avances tecnológicos a fin de mejorar los procesos de control en la construcción. Se celebró varios convenios entre el MIDUVI y la Cámara de Construcción de Quito con el fin de elaborar y desarrollar once capítulos con la ayuda de la gestión y coordinación de Comités Técnicos Especializados. Así la NEC inicia sus primeros pasos en el 2008 con la participación de empresas públicas y privadas, universidades, representantes de la industria privada y de los diferentes colegios profesionales de la industria. Para el eje de Seguridad Estructural, los documentos se realizarían conjuntamente con la Cámara de la Industria de la Construcción CAMICON (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

En cuanto a la ciudad de Portoviejo, para la década del 2000 se evidencia la evolución demográfica, con un desarrollo acelerado de población urbana, tiempo en el que también el Banco Central del Ecuador, evidenció la concentración de generación de valor agregado bruto en sectores económicos, de los cuales en primer lugar destacó la construcción de edificaciones urbanas y obras públicas. La ciudad en esta década es el resultado evidente del exponencial desarrollo que empezó en los años 70 (Bermúdez et al., 2016).

En base a los registros municipales expuestos en la Tabla 10, del intervalo del 2001 al 2011, las edificaciones construidas disminuyeron, se construyeron tan solo 16209 edificaciones. En este periodo destacó la ocupación predominante de la tipología de hormigón armado, con el 58.79%; en cuanto a la tipología de madera, tuvo una disminución considerable al pasar de 22.46%, en el periodo anterior, a 11.68% de 2001-2011, convirtiéndose en la segunda tipología con menos superficie construida. Entre otros cambios, se evidencia que las edificaciones metálicas incrementaron su ocupación a 20.82%, y que, las edificaciones de planta baja «no tiene» fueron las de menor ocupación con el 8.53%. Este escenario se muestra en la

Figura 6.

Tabla 10

Cuadro sobre las edificaciones urbanas de Portoviejo de 2001 a 2011

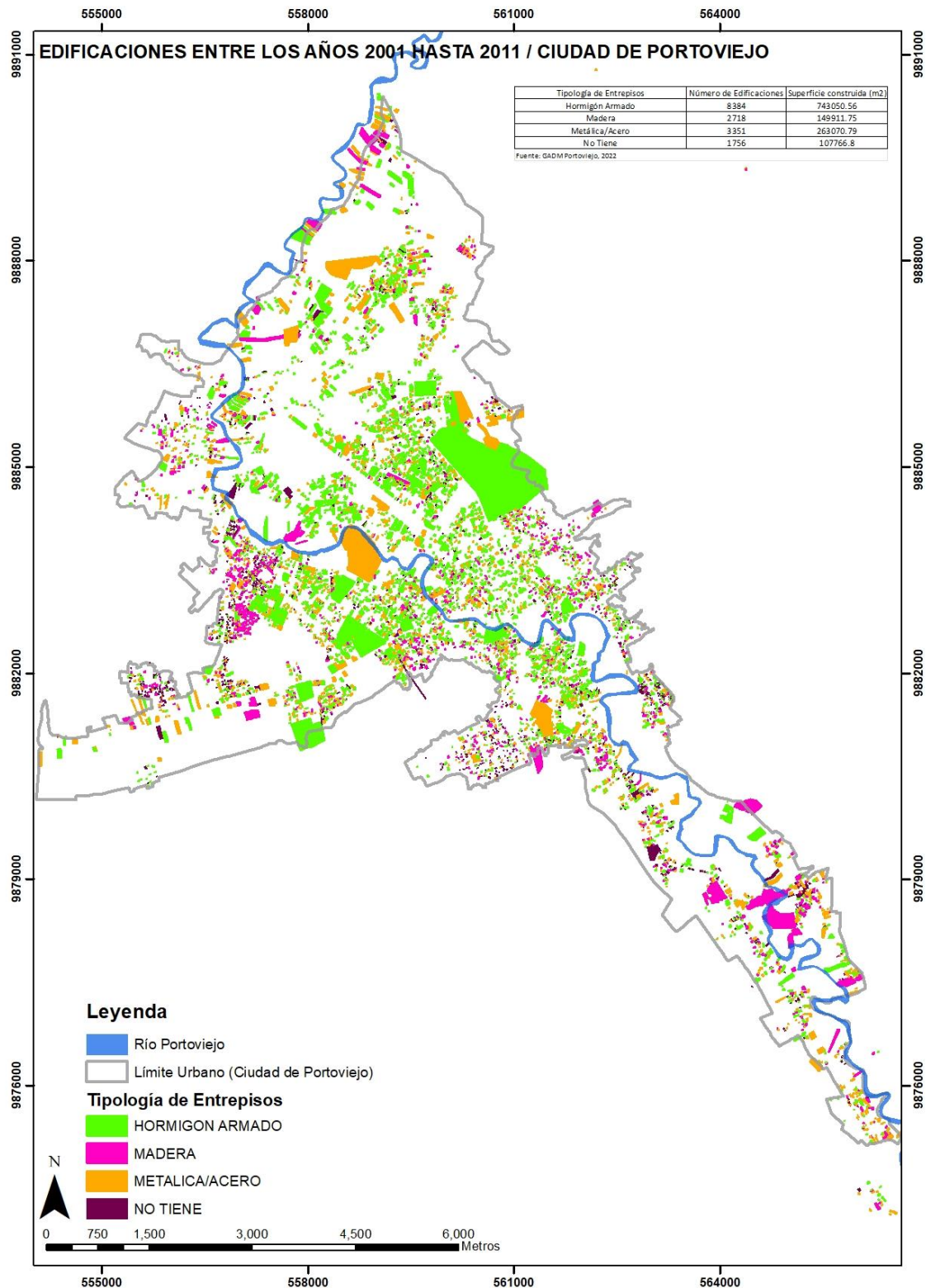
Tipologías (entrepiso)	Número de edificaciones	Superficie construida (m²)	Porcentaje de superficie construida (%)
Hormigón armado	8384	743050.56	58.79
Madera	2718	149911.75	11.86
Metálica/Acero	3351	263070.79	20.82
No tiene	1756	107766.80	8.53
Total	16209	1263799.90	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Las edificaciones de este intervalo de tiempo reflejan un crecimiento menos acelerado al periodo anterior, por lo que en el Anexo 5: *Mapa de edificaciones construidas desde el año 2001 al 2011 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo*, se denota menor superficie construida de manera general; destacándose el rango de 0 a 92.60 m² con mayor número de edificaciones y el rango de 1587.25 a 6800 m² con el menor número de edificaciones. Conjuntamente se evidencian nuevas edificaciones que incidieron en la creación y consolidación de sectores urbanos.

Figura 6

Mapa de tipologías construidas en base al entreciso desde el año 2001 a 2011 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

1.4 Código Ecuatoriano de Construcciones de 2011

El 24 de marzo del 2011, mediante Decreto Ejecutivo N. 705, publicado el 6 de abril del mismo año en el Registro Oficial N. 421, se conformó el Comité Ejecutivo de la NEC el cual sería encargado de expedir y socializar la Norma Ecuatoriana de la Construcción del 2011, entre ellos el capítulo “Cargas Sísmicas. Diseño Sismo Resistente” o NEC-SE-DS (Quinatoa, 2022).

Desde el 2008, a raíz de la vigencia de la última Constitución de la República del Ecuador, se desarrolló el primer sistema nacional de planificación, la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades), que incorporó el ordenamiento territorial mediante las unidades de administración territorial, y obligó a los diferentes niveles de gobierno a elaborar sus respectivos Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) (Bermúdez et al., 2016; López Sandoval, 2015). Este suceso influyó a que la red urbana del Ecuador se vuelva más compleja debido a las fuertes inversiones públicas realizadas (Castro & Miranda, 2021; Viscarri, 2017).

Años posteriores al 2011, las ciudades ecuatorianas presentaron un shock exógeno en las cadenas productivas, para lo cual se generaron 3 ejes conceptuales para la gobernanza: la equidad, sostenibilidad y competitividad, con el objetivo de articular el gobierno local con la transformación productiva de la ciudad. Para este tiempo, se priorizaron los aspectos ambientales urbanos por el gran costo de la contaminación (Bermúdez et al., 2016). Las ciudades del Ecuador continuaron en desarrollo, pero con un enfoque de consolidación y de desarrollo sostenible.

Entre el año 2013 y 2014 existió un auge de emprendimientos y proyectos inmobiliarios, en razón de la cantidad de planos constructivos presentados, además de la dolarización, lo cual permitió que el mercado inmobiliario lograra dinamizarse y ser un factor determinante para el crecimiento del Ecuador (Viscarri, 2017). Otro aspecto que contribuyó al crecimiento del mercado de la construcción-inmobiliaria, fueron las facilidades de préstamos hipotecarios que otorgó El Banco del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (Biess) a partir del 2010, llegando a cubrir el 43% de créditos a escala nacional, con tasas menores y plazos mayores, motivo por el que más ciudadanos tuvieron acceso a la

construcción de edificaciones (Viscarri, 2017).

La situación urbana de la ciudad de Portoviejo en esta época se centraba en la informalidad como principal actividad económica, consecuencia de que las personas que viven en la informalidad no tienen ingresos estables y su economía tiene que ver mucho con las decisiones del gobierno central para pasar de sus condiciones de informalidad a formal (Bermúdez et al., 2016). Y, de acuerdo a Sánchez (2015) los ciclos económicos, la agudización de la pobreza, una legislación urbana elitista y una política pública habitacional incapaz de cubrir las necesidades sociales, son las causas de los asentamientos informales (Bermúdez et al., 2016). Para este escenario, la administración pública intentó mediante la inversión la disminución del desempleo, y por ende generar una mejor calidad de vida, de lo cual, según el estudio de Palacios et al. (2019) sobre La inversión pública y la reducción de la pobreza en la ciudad de Portoviejo, demuestra que más de la mitad de la población opina que los proyectos públicos permitieron reducir sus necesidades económicas.

Considerando las actividades generadas en este periodo de forma nacional como local, la ciudad de Portoviejo se vio influenciada por distintas actividades para impulsar su desarrollo económico y social, pero dejando a un lado todavía, una gestión eficiente de la edificación vulnerable, para lo que ya en el 2015 se empezó a considerar a nivel mundial gracias a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

De acuerdo a los datos municipales de 2011 a 2015, la superficie construida disminuyó, se construyeron solo 8742 edificaciones en este intervalo de tiempo, como se puede observar en la Tabla 11. Además, se percibe un alto porcentaje de edificaciones de hormigón armado representado con el 59.69% de superficie construida, en cambio la tipología metálica/acero en este periodo se convirtió en la segunda tipología con mayor ocupación con el 29.32%, por último, la tipología madera es una de las menos edificadas con el 6.10%, así como la tipología de planta baja «no tiene» obtuvo el 4.89%, esta relación se denota en la Figura 7.

Tabla 11

Cuadro sobre las edificaciones urbanas de Portoviejo de 2011 a 2015.

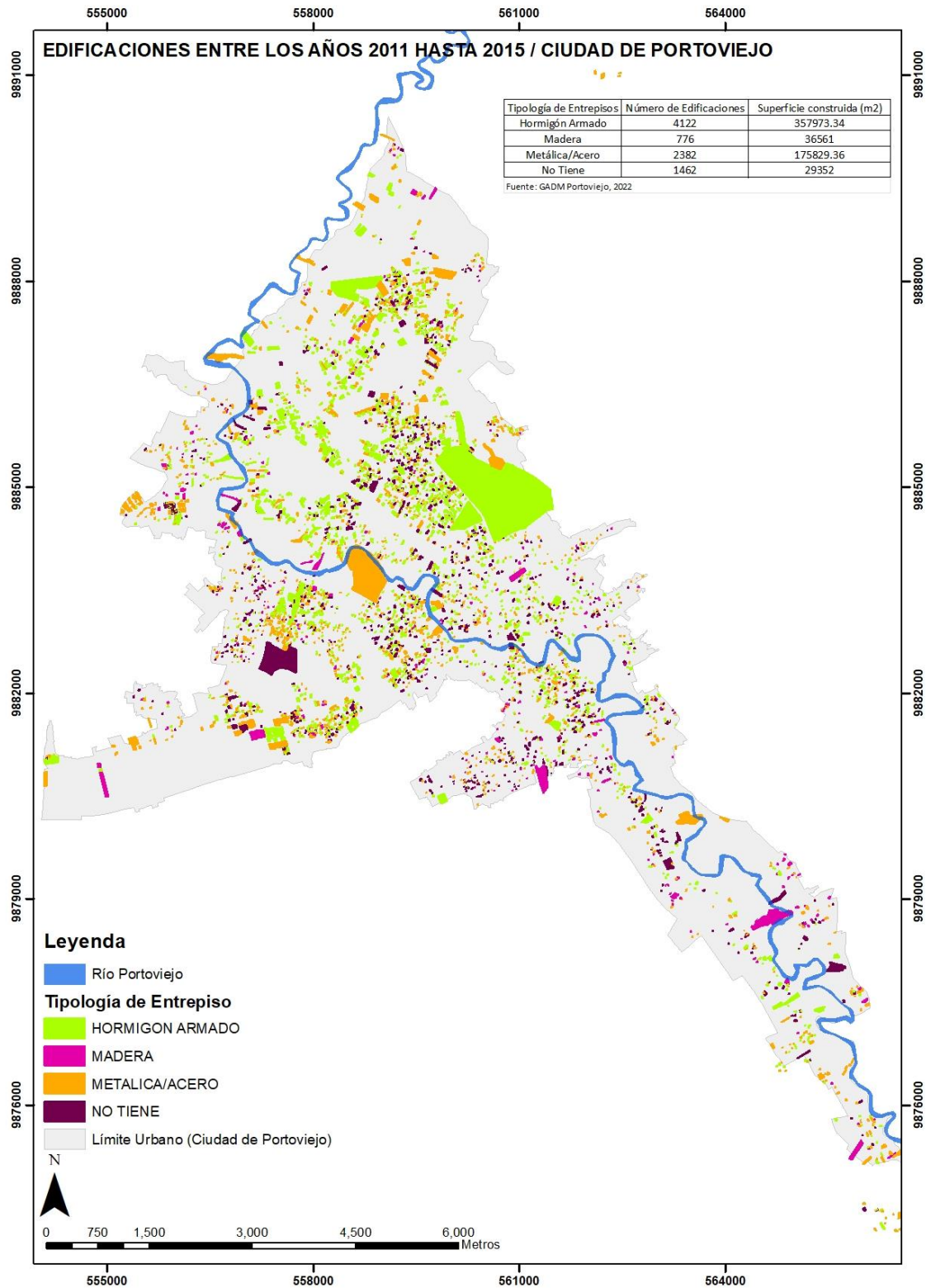
Tipologías (entrepiso)	Número de edificaciones	Superficie construida (m²)	Porcentaje de superficie construida (%)
Hormigón armado	4122	357973.34	59.69
Madera	776	36561.00	6.10
Metálica/Acero	2382	175829.36	29.32
No tiene	1462	29352.00	4.89
Total	8742	599715.70	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

La superficie construida en el periodo de 2011 a 2015 evidencia edificaciones construidas de forma distribuida en el límite urbano de Portoviejo, a pesar de la disminución de la construcción en comparación con periodos anteriores. Además, se puede observar en el Anexo 6: *Mapa de edificaciones construidas desde el año 2011 al 2015 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo*, que el rango de 0 a 57.75 m² posee mayor número de edificaciones, revelando una disminución de área construida por edificación, y que, de menor número se sitúan las edificaciones en el rango de 425 a 2383 m².

Figura 7

Mapa de tipologías construidas en base al entrepiso desde el año 2011 a 2015 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

1.5 Código Ecuatoriano de Construcciones de 2015

Años después, por medio del Acuerdo Ministerial N. 0028 del 19 de agosto del 2014, la NEC-SE-DS y otras normas adicionales serían oficializadas mediante su publicación en el Registro Oficial N. 0319 el 26 de agosto del mismo año. La última actualización a este capítulo y que se encuentra vigente hasta la actualidad se la daría mediante Acuerdo Ministerial N. 047 del 15 de diciembre del 2014 y sería oficializada mediante su publicación en el Registro Oficial N.413 el 10 de enero de 2015 (Quinatoa, 2022).

Según Jurado Amaluisa (2016), en su estudio aplicado al edificio “Manuela Sáenz” para comparar la NEC2011 y la NEC-2015, concluye que la Norma Ecuatoriana de la Construcción del 2015 reduce el costo de la construcción de la edificación en un -10.64% con respecto a la norma del 2011. Además, menciona que el margen de seguridad obtenido no se ve afectado a pesar de la disminución del costo de la estructura.

La NEC-SE-DS oficializada en el 2015 supone una actualización al CEC-2001, las nuevas disposiciones se encuentran respaldadas por investigaciones recientes de sismicidad de la Escuela Politécnica Nacional – Instituto Geofísico (EPN IG) en donde se amplía el contenido del reglamento y se incrementan factores para el cálculo de diseño sísmo resistente que anteriormente no estaban contemplados. Entre los factores recientes se encuentra la clasificación de los suelos y estudios geotécnicos, una nueva correlación entre diferentes tipos de estructuras (madera, mampostería, acero, concreto), incluso se amplió los alcances de varios criterios incluyendo los de habitabilidad y funcionalidad en las estructuras (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015). La NEC-15 se basa fundamentalmente en diversos capítulos y secciones de normas extranjeras como el ASCE-10, documentos de VISION 2000, elaborado por la SEAOC en 1995, la guía NEHRP, FEMA 440, la norma colombiana NSR-10, entre otros (Quinatoa, 2022).

En el 2015 las ciudades ecuatorianas continuaban enfrentando un crecimiento desordenado y con escaso control del cumplimiento de la normativa de construcción. Pero, tras el sismo del 16 de abril de 2016, el tema de la vulnerabilidad de las ciudades ecuatorianas a amenazas de origen natural y

antrópico sorpresivamente tuvo mayor importancia para los organismos de control. Por este motivo, el Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo, luego de este suceso, generó el Plan Maestro Urbano, con un enfoque de sostenibilidad; sin embargo, no consideró a la gestión de la edificación vulnerable ante sismos de forma correctiva, más bien preventiva y a nivel macro, por lo que la Ordenanza que hace vinculante este plan no ha evidenciado un avance en cuanto a adaptar a las personas e infraestructura a la naturaleza sísmica que presenta la ciudad. Actualmente, la Ordenanza vigente es la que incorpora al Plan 2035, aprobada el año 2022, la cual, tampoco genera un avance con respecto a la gestión de la edificación vulnerable, por lo que es evidente la necesidad actual de políticas correctivas que permitan el desarrollo de Portoviejo como una ciudad segura sostenible (Bermúdez et al., 2016).

Por otra parte, la ciudad de Portoviejo experimentó graves daños tras el sismo del 16 de abril del 2016, para lo que, se necesitó de políticas públicas que orientaran a la ciudad hacia transformaciones urbanas requeridas, es así como mediante la normativa del Plan Maestro Urbano, se ejecutó la regeneración urbana del casco histórico de Portoviejo y varios espacios públicos; además, posteriormente la normativa vigente del Plan 2035, que no ha generado mayores cambios de la normativa local anterior. Estos cuerpos legales anteriormente mencionados, sin duda ayudaron a dinamizar parcialmente a la ciudad, pero no han establecido una cultura de adaptación y prevención ante sismos y, no han enfocado a Portoviejo como una ciudad segura ante la vulnerabilidad física, lo que no permite un desarrollo sostenible de la misma.

El registro de construcciones del año 2015 al 2022 expuesto en la Tabla 12, indica la estable tendencia de construcción con la tipología de hormigón armado, siendo el 51.93%, que continúa con mayor ocupación urbana. En cambio, las edificaciones de madera se convirtieron en la tipología con menor superficie construida en este periodo. También, destaca el incremento de la edificación metálica/acero con el 35.49%, lo que demuestra el auge por construir con esta tipología, estos resultados se perciben en la Figura 8.

Tabla 12

Cuadro sobre las edificaciones urbanas de Portoviejo de 2015 a 2022.

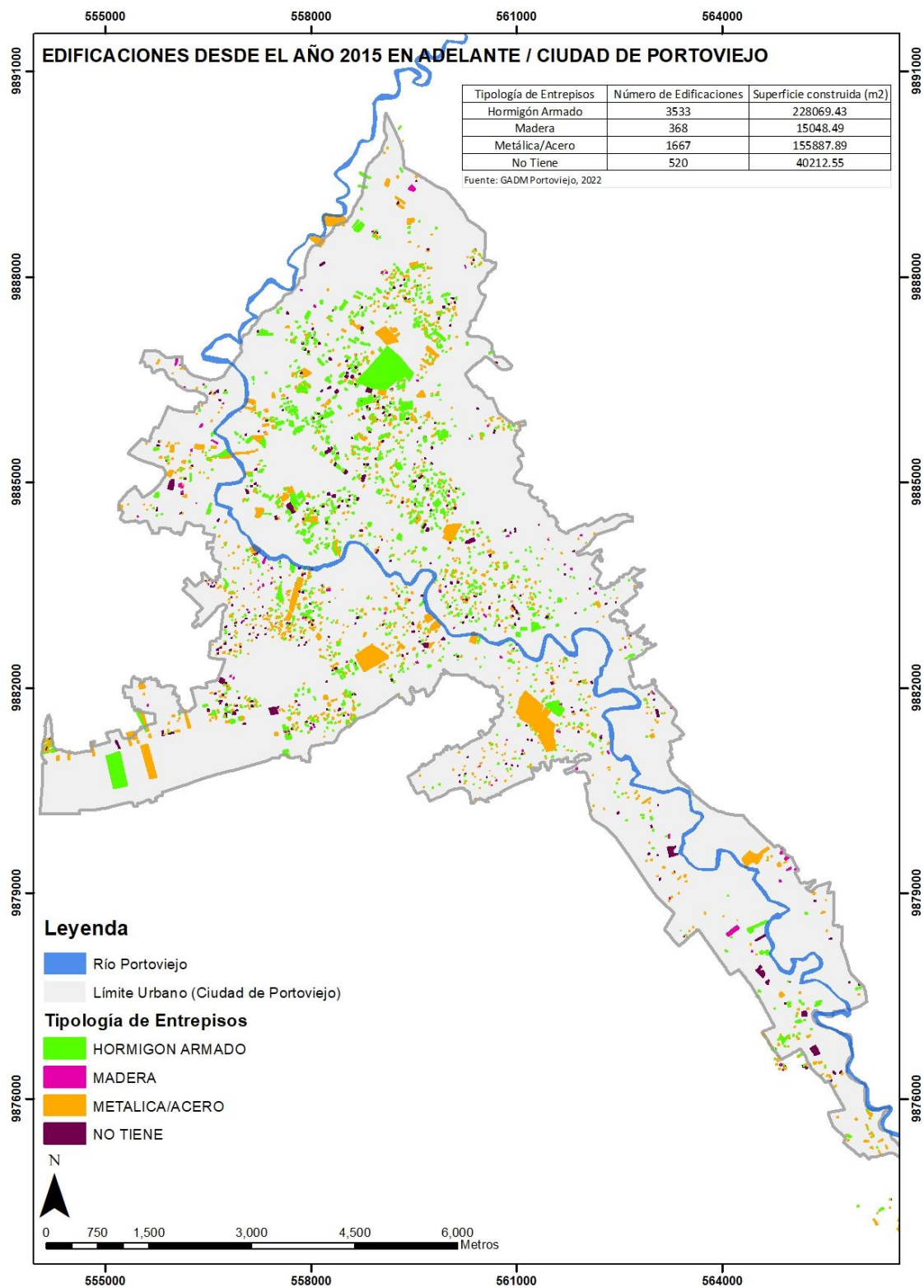
Tipologías (entrepiso)	Número de edificaciones	Superficie construida (m²)	Porcentaje de superficie construida (%)
Hormigón armado	3533	228069.43	51.93
Madera	368	15048.49	3.43
Metálica/Acero	1667	155887.89	35.49
No tiene	520	40212.55	9.16
Total	6088	439218.36	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Las edificaciones construidas entre los años 2015 a 2022 denotan su construcción en sitios cada vez más consolidados en el límite urbano de Portoviejo. Además, se demuestra en el Anexo 7: *Mapa de edificaciones construidas desde el año 2015 al 2022 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo*, que el rango de 0 a 75.44 m² tuvo mayor número de construcciones, al contrario del rango de 1226.85 a 4180.32 m², que obtuvo la menor ocupación.

Figura 8

Mapa de tipologías construidas en base al entrepiso desde el año 2015 a 2022 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

1.6 Calidad en la edificación

De acuerdo a la metodología adaptada de Iglesias Asenjo et al. (2006), se determinó la calidad en la edificación mediante el análisis del periodo de vigencia de las normativas de construcción del Ecuador. De esa forma, hasta el año 1951, tiempo en que la construcción no se había regulado, y que por ende existía una calidad constructiva muy baja, se construyeron 187 edificaciones, predominando la tipología de madera en superficie construida con el 45.56% y de menor superficie la tipología no tiene (entrepiso), con el 6.10%. Seguidamente, de 1951 a 1977, entró en vigencia el primer código nacional de construcción, que, en comparación a los actuales requerimientos para la respuesta sísmica, posee una calidad constructiva baja; en este periodo se construyeron 1872 edificaciones y predominaron, casi a la par, las tipologías de hormigón armado (40.89%) y de madera (40.56%), por lo que se evidenció el efecto de la aplicación de la norma en comparación al anterior periodo, y, desde otra perspectiva, la tipología de menor superficie construida fue la metálica/acero con 7.13%. De igual forma, de 1977 a 2001, estuvo vigente el código ecuatoriano de la construcción, el cual, también posee una calidad constructiva baja, en comparación con los actuales requerimientos; en este intervalo de tiempo, se construyeron 28013 edificaciones, siendo de mayor superficie construida la de hormigón armado con el 51.72% y de menor ocupación la tipología metálica/acero con el 12.63%. Posteriormente, de 2001 a 2011, entró en vigencia el CEC, que, de acuerdo a sus características, en relación a la necesidad actual, posee una calidad constructiva media; en este periodo se construyeron 16209 edificaciones, el 58.79% de superficie construida fue de hormigón armado, demostrando un mayor auge de construcciones con esta tipología, y, en menor ocupación la tipología no tiene (entrepiso) con el 8.53%. En el periodo de 2011 a 2015, se hizo vigente la NEC-11, que tiene una calidad constructiva alta, y, con la cual, se construyeron tan solo 8742 edificaciones, denotando una disminución en la urbanización, periodo en que el 59.69% de la superficie construida fue de hormigón armado y el 4.89% de no tiene (entrepiso). Finalmente, desde el año 2015, con la NEC-15, que, continua en vigencia por responder favorablemente a los requerimientos sísmicos actuales y poseer una calidad constructiva muy alta,

se han construido 6088 edificaciones hasta el año 2022, de las cuales, el 51.93% ha sido de hormigón armado, denotando una ligera disminución en la utilización de esta tipología, probablemente por el aumento progresivo de las construcciones metálicas/acero que obtuvo el 35.49% de superficie construida, en este periodo, en cambio, la tipología con menos ocupación fue la de madera, con el 3.43%. Estos resultados demuestran el cambio notable entre las tipologías de construcción, anteriormente la más construida era la de madera, sin embargo, para el último periodo analizado, fue la menos utilizada en la construcción.

En síntesis, con respecto a la calidad en la edificación, resultado del análisis realizado con los grados de calidad constructiva, se ha evidenciado una gran cantidad de edificaciones con una calidad baja, siendo el 56.49% y, con calidad muy baja el 0.34%. En cambio, en cuanto a la calidad deseada, es decir alta y muy alta, en calidad alta se reconoce el 10.78% y en muy alta el 6.73%; estos resultados, como lo demuestra la Tabla 13 y la Figura 9, son la consecuencia del incumplimiento de la normativa vigente de construcción por parte de los propietarios de las edificaciones, y, el escaso control de la municipalidad en la actualización de las construcciones con los nuevos requerimientos de la NEC-15, por lo que, se amerita más rigurosidad en la actualización y aplicación, para disminuir el riesgo de la población.

Tabla 13

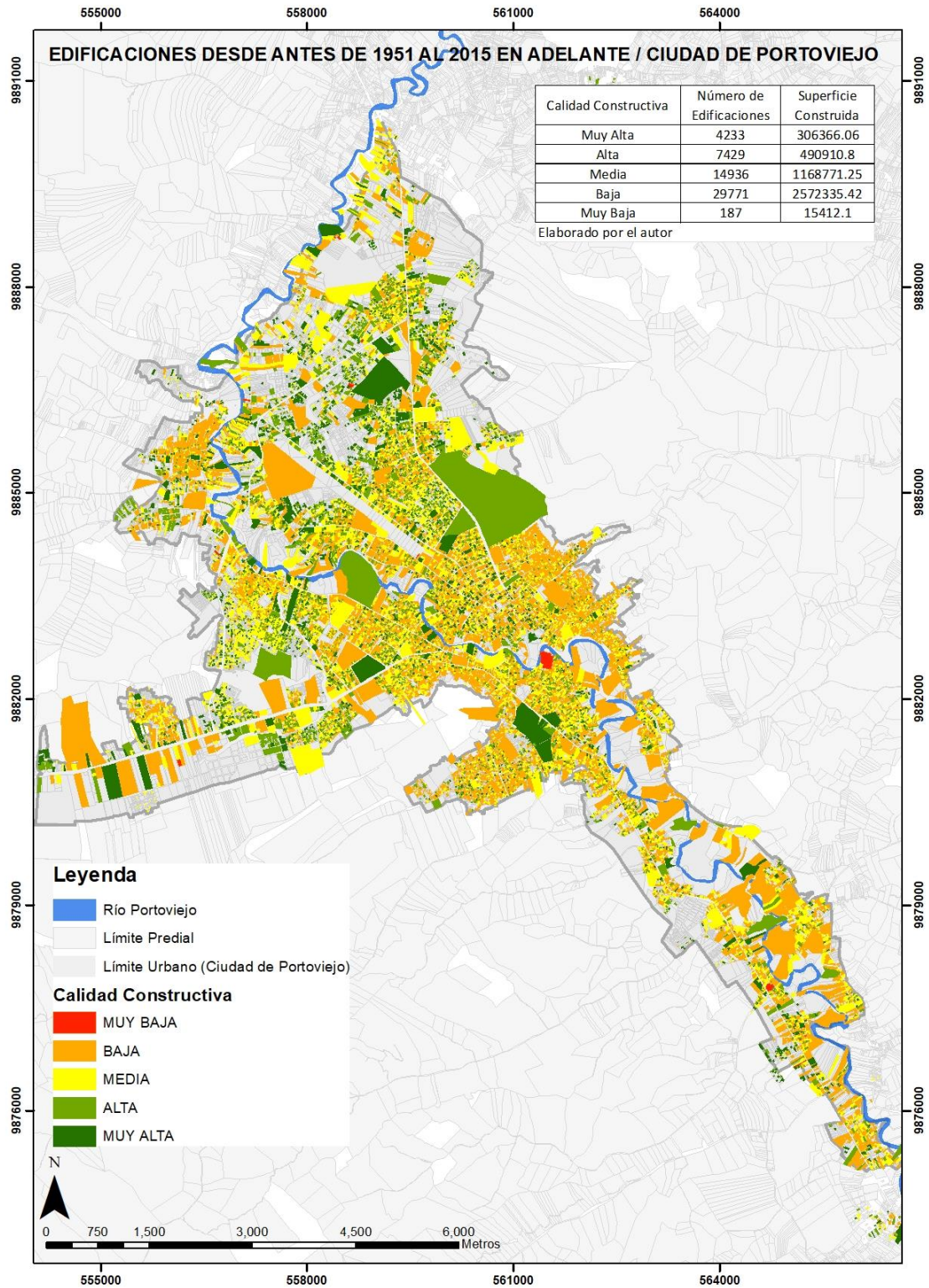
Calidad en la edificación.

Calidad en la edificación	Número de Edificaciones	Superficie construida (m2)	Porcentaje de superficie construida (%)
Muy alta	4233	306366.06	6.73
Alta	7429	490910.80	10.78
Media	14936	1168771.25	25.67
Baja	29771	2572335.42	56.49
Muy baja	187	15412.10	0.34
Total	6088	4553795.63	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 9

Mapa de Calidad en la edificación



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

CAPÍTULO 2. Suelo

Portoviejo es una ciudad costera del Ecuador, que, de acuerdo a Trenkamp et al. (2002), está ubicada en una cuenca sedimentaria asociada a la geodinámica del proceso de subducción entre las placas Nazca y Sudamericana, posee 60 mm por año; y, como lo explica Yepes et al. (2017) fue afectada fuertemente producto a un sismo de Mw 7,8 (Escuela Politécnica Nacional, 2017).

Las afectaciones se presentaron en mayor medida en el casco central de Portoviejo, donde más de 2500 edificaciones y viviendas fueron derribados en el suceso y posterior a este, en otros casos, un número similar de edificaciones presentaron daños graves (Escuela Politécnica Nacional, 2017).

El análisis de microzonificación realizado necesariamente luego del sismo, consistió de un estudio de registros de 111 estaciones sismológicas en diversos puntos de Portoviejo, realizado en base a lo requerido por la NEC-15, con la mayor precisión y detalle. Resultaron 6 microzonas del estudio, como se observan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** En base a lo analizado el objetivo principal era “determinar y entender los daños producidos por el terremoto del 2016 de magnitud 7.8 Mw en las edificaciones y así disminuir la vulnerabilidad en un futuro próximo” (Escuela Politécnica Nacional, 2017). Y los objetivos secundarios fueron:

- Sistematizar los diferentes procesos de depuración desarrollados para adecuar la información.
- Determinar los parámetros más relevantes para clasificar las estructuras presentes en el Cantón de Portoviejo.
- Relacionar las estructuras tipo con los daños observados.
- Comprender la dispersión espacial del daño sufrido en edificaciones y estructuras.
- Determinar qué parámetros son más relevantes a la hora de evaluar la vulnerabilidad en edificaciones a partir de los datos disponibles.
- Trabajar a escalas muy detalladas para entender las características de los núcleos poblacionales y su vulnerabilidad ante terremotos.

- Elaborar las curvas de fragilidad y vulnerabilidad, con fines a la gestión del riesgo.
- Facilitar la generación de escenarios de vulnerabilidad ante el impacto de terremotos, considerando a las características y problemáticas que se dan en el contexto del GAD de Portoviejo.

Dentro de los resultados de la microzonificación sísmica se demostró que Portoviejo es una ciudad vulnerable debido al movimiento permanente de la placa oceánica de Nazca por debajo de Sudamérica. También la amenaza sísmica en roca determinó un valor de aceleración pico de 0,38 g con un periodo medio de retorno de 475 años, menor al valor definido por la NEC-15; evidenciando que el caso de cumplirse, las edificaciones responderían positivamente ante sismos (Escuela Politécnica Nacional, 2017).

Para este capítulo, se realizó un diagnóstico de las edificaciones y se analizó los resultados (Microzonas) de la microzonificación sísmica, realizando una comparación de acuerdo a los intervalos de tiempo resultantes de la vigencia de cada normativa de construcción, además es importante precisar que hay dos tipos de mapas planteados en este análisis, los mapas que indican el número de edificaciones que intervienen en cada microzonas y los mapas que indican la susceptibilidad sísmica que se plantea como anexos en este estudio, de acuerdo a lo antes mencionado iniciamos con el análisis. Para lo cual, hasta el año 1951, como lo demuestra la Tabla 14, se evidenció que la mayor concentración se encontraba en la microzona M4 con alto potencial de licuación, siendo 73 edificaciones y el 40.88%, y, por otro lado, la microzona M6 con muy alto potencial de licuación presentó la menor ocupación con 3 edificaciones con el 0.84%, como denota en la Figura 10.

De igual manera, la susceptibilidad sísmica resultante de las microzonas sísmicas categorizadas por el estudio, comprueba la presencia de edificaciones con alta susceptibilidad, puede observarse en el Anexo 8: *Mapa de Susceptibilidad sísmica de las edificaciones hasta el año 1951 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.*

Tabla 14

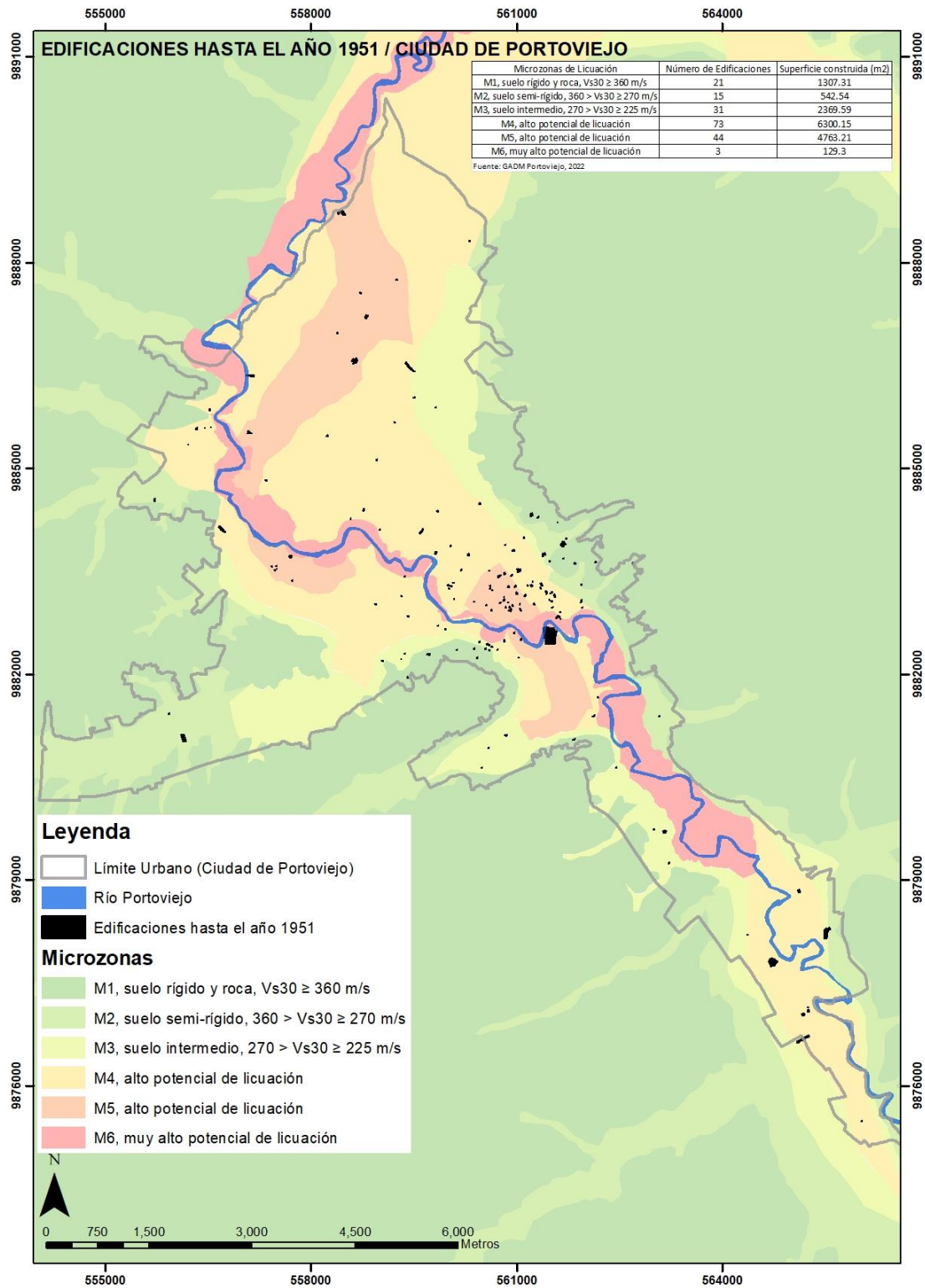
Cuadro sobre las edificaciones urbanas de Portoviejo en las microzonas sísmicas hasta 1951.

Microzonas de Licuación	Número de Edificaciones	Superficie construida (m²)	Porcentaje de superficie construida (%)
M1, suelo rígido y roca, $V_{s30} \geq 360$ m/s	21	1307.31	8.48
M2, suelo semi-rígido, $360 > V_{s30} \geq 270$ m/s	15	542.54	3.52
M3, suelo intermedio, $270 > V_{s30} \geq 225$ m/s	31	2369.59	15.37
M4, alto potencial de licuación	73	6300.15	40.88
M5, alto potencial de licuación	44	4763.21	30.91
M6, muy alto potencial de licuación	3	129.30	0.84
Total	187	15412.10	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Figura 10

Mapa de edificaciones hasta el año 1951 en relación a las microzonas sísmicas de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Continuando con el periodo de 1951 a 1977, la microzona M4, de alto potencial de licuación, continúa teniendo mayor superficie construida con el 49.33%, en cambio en la microzona M3, de suelo intermedio, se incrementaron las edificaciones obteniendo el 15.93%, a la par, en la microzona M5, de alto potencial de licuación, disminuyó la superficie construida, con el 16.11%, estos resultados también se perciben en la Tabla 15 y la Figura 11.

Conjuntamente, en este periodo, el mapa de susceptibilidad sísmica, del Anexo 9: *Mapa de Susceptibilidad sísmica de las edificaciones desde el año 1951 a 1977 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo*, denota el continuo incremento de las edificaciones con alta susceptibilidad.

Tabla 15

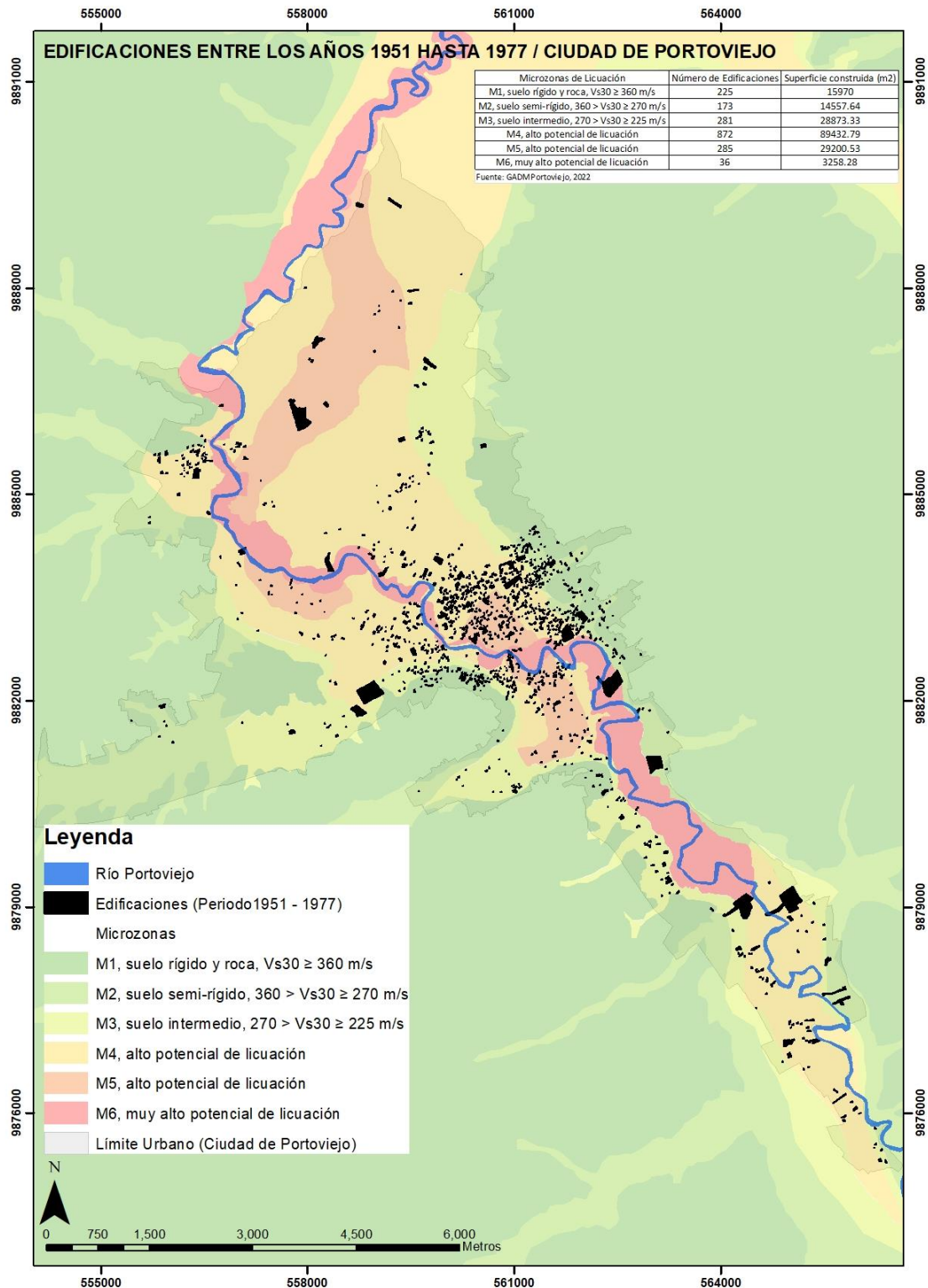
Cuadro sobre las edificaciones urbanas de Portoviejo en las microzonas sísmicas de 1951 a 1977.

Microzonas de Licuación	Número de Edificaciones	Superficie construida (m2)	Porcentaje de superficie construida (%)
M1, suelo rígido y roca, $V_{s30} \geq 360$ m/s	225	15970.00	8.81
M2, suelo semi-rígido, $360 > V_{s30} \geq 270$ m/s	173	14557.64	8.03
M3, suelo intermedio, $270 > V_{s30} \geq 225$ m/s	281	28873.33	15.93
M4, alto potencial de licuación	872	89432.79	49.33
M5, alto potencial de licuación	285	29200.53	16.11
M6, muy alto potencial de licuación	36	3258.28	1.80
Total	1872	181292.57	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Figura 11

Mapa de edificaciones desde el año 1951 a 1977 en relación a las microzonas sísmicas de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

En el periodo de 1977 a 2001, continua la mayor área construida en la microzona M4, con el 44.37%, seguidamente, con un incremento de edificaciones, la microzona M3, obtuvo el 19.03% de superficie construida, como se plantea en la Tabla 16 y Figura 12. En este periodo, de acuerdo al Anexo 10: *Mapa de Susceptibilidad sísmica de las edificaciones desde el año 1977 a 2001 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo*, las edificaciones continuaron siendo en su mayoría de alta susceptibilidad sísmica, por lo que se reconoce la necesidad de una gestión eficiente ante la edificación vulnerable que controle el cumplimiento de la normativa.

Tabla 16

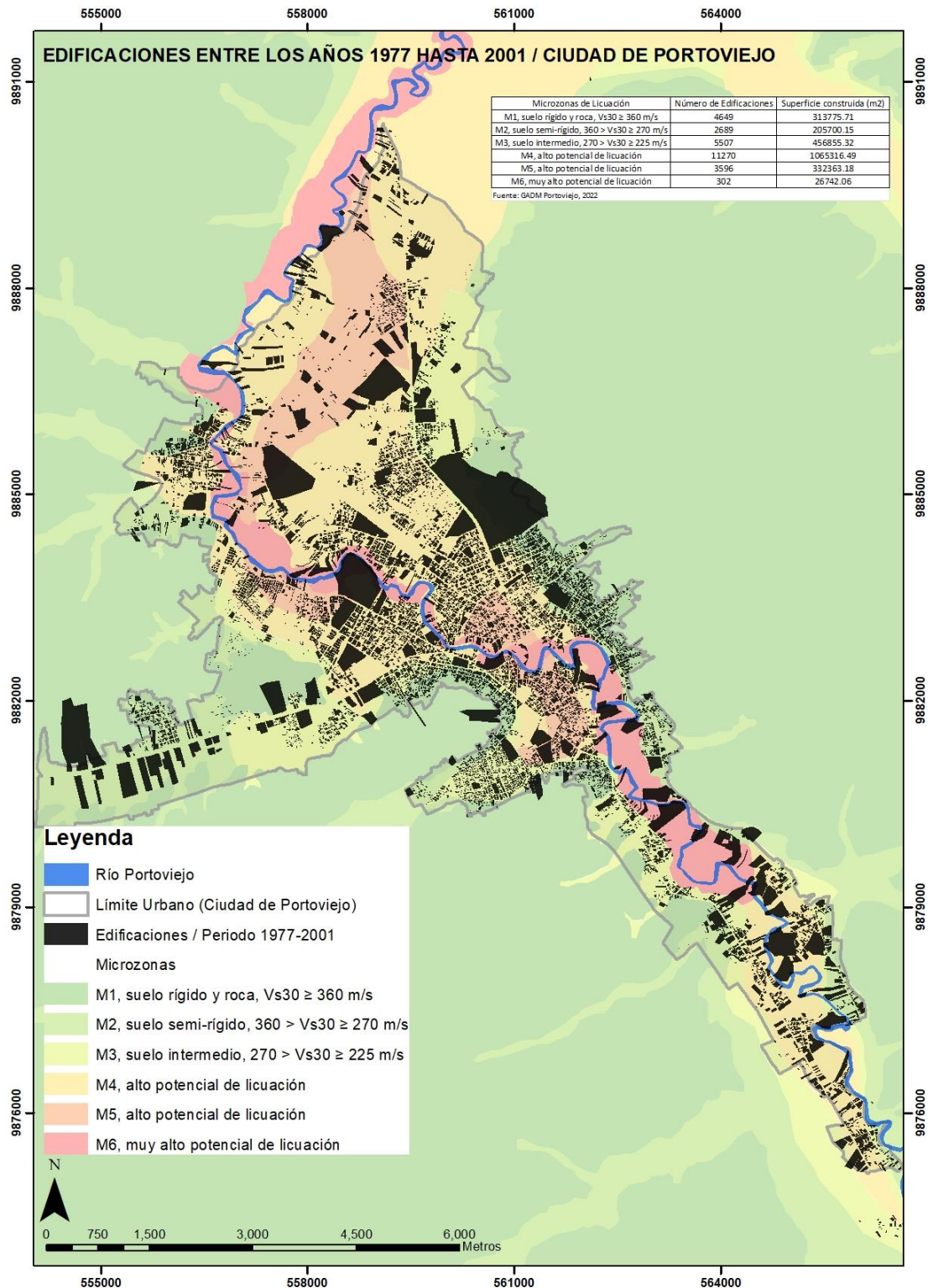
Cuadro sobre las edificaciones urbanas de Portoviejo en las microzonas sísmicas de 1977 a 2001.

Microzonas de Licuación	Número de Edificaciones	Superficie construida (m2)	Porcentaje de superficie construida (%)
M1, suelo rígido y roca, $V_{s30} \geq 360$ m/s	4649	313775.71	13.07
M2, suelo semi-rígido, $360 > V_{s30} \geq 270$ m/s	2689	205700.15	8.57
M3, suelo intermedio, $270 > V_{s30} \geq 225$ m/s	5507	456855.32	19.03
M4, alto potencial de licuación	11270	1065316.49	44.37
M5, alto potencial de licuación	3596	332363.18	13.84
M6, muy alto potencial de licuación	302	26742.06	1.11
Total	28013	2400752.91	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Figura 12

Mapa de edificaciones desde el año 1977 al 2001 en relación a las microzonas sísmicas de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Para el intervalo de tiempo de 2001 a 2011, de acuerdo a lo que se percibe en la Figura 13, la microzona M4, de alto potencial de licuación presenta el 45.91% de las edificaciones construida, y, según los datos analizados en la Tabla 17, esta zona sigue siendo ocupada a pesar de su alta susceptibilidad sísmica también como lo demuestra el Anexo 11: *Mapa de Susceptibilidad sísmica de las edificaciones desde el año 2001 a 2011 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo*, evidenciando un escaso control en cuanto a la vulnerabilidad de la superficie construida.

Tabla 17

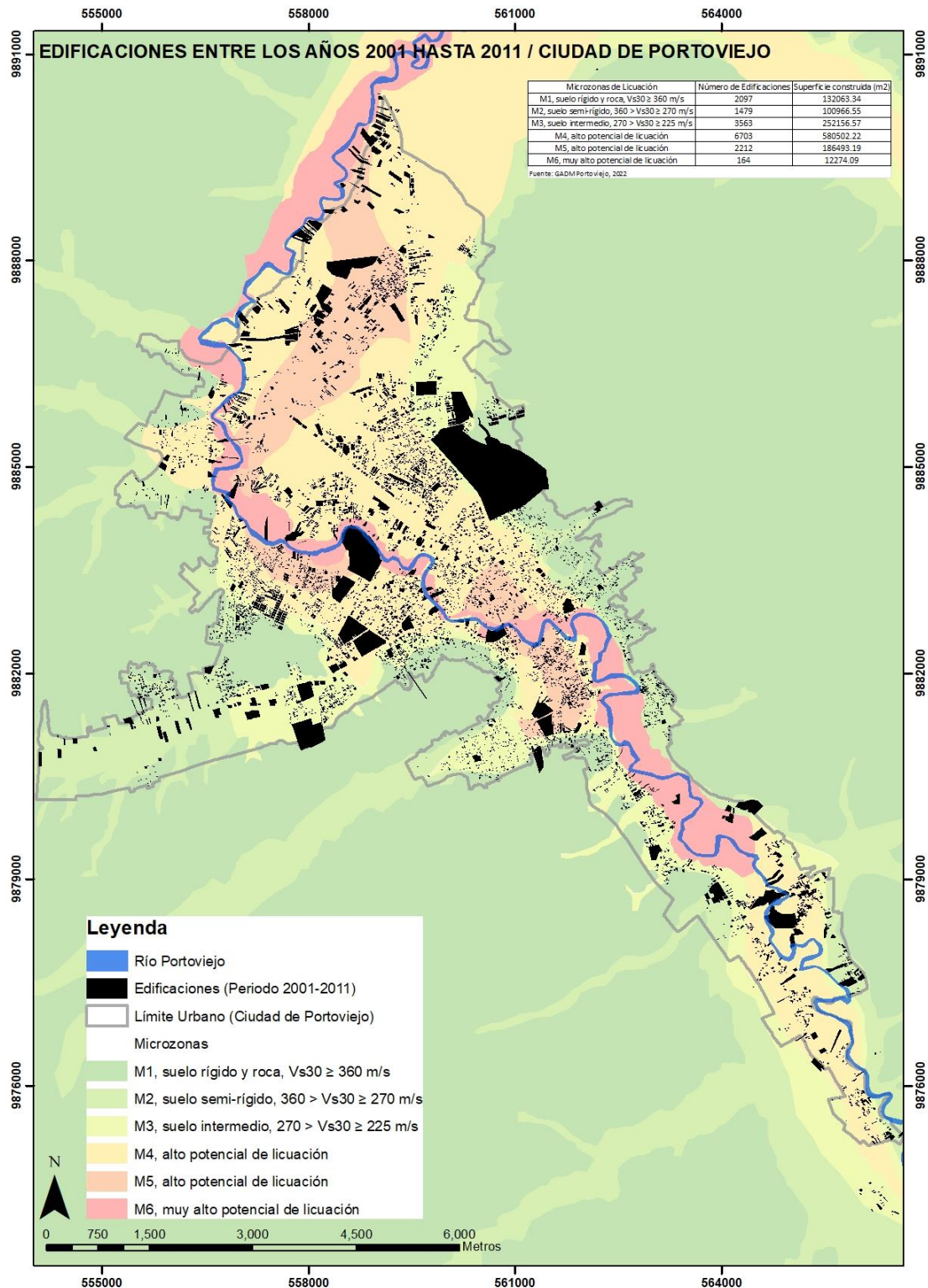
Cuadro sobre las edificaciones urbanas de Portoviejo en las microzonas sísmicas de 2001 a 2011.

Microzonas de Licuación	Número de Edificaciones	Superficie construida (m2)	Porcentaje de superficie construida (%)
M1, suelo rígido y roca, $V_{s30} \geq 360$ m/s	2097	132063.34	10.44
M2, suelo semi-rígido, $360 > V_{s30} \geq 270$ m/s	1479	100966.55	7.98
M3, suelo intermedio, $270 > V_{s30} \geq 225$ m/s	3563	252156.57	19.94
M4, alto potencial de licuación	6703	580502.22	45.91
M5, alto potencial de licuación	2212	186493.19	14.75
M6, muy alto potencial de licuación	164	12274.09	0.97
Total	16218	1264455.96	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Figura 13

Mapa de edificaciones desde el año 2001 al 2011 en relación a las microzonas sísmicas de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

En el análisis del periodo de 2011 a 2015, se reconoció un incremento notable de la superficie construida en las microzonas M3, de suelo intermedio, con el 20.85%, y, la M5, de alto potencial de licuación, con el 21.15%; a diferencia de la ligera disminución de edificaciones en la microzona M4, datos que se pueden revisar en la Tabla 18 y la Figura 14. En cuanto a la susceptibilidad sísmica, la mayor superficie construida para este periodo se continuó evidenciando en una alta susceptibilidad, como se observa en el Anexo 12: *Mapa de Susceptibilidad sísmica de las edificaciones desde el año 2011 a 2015 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.*

Tabla 18

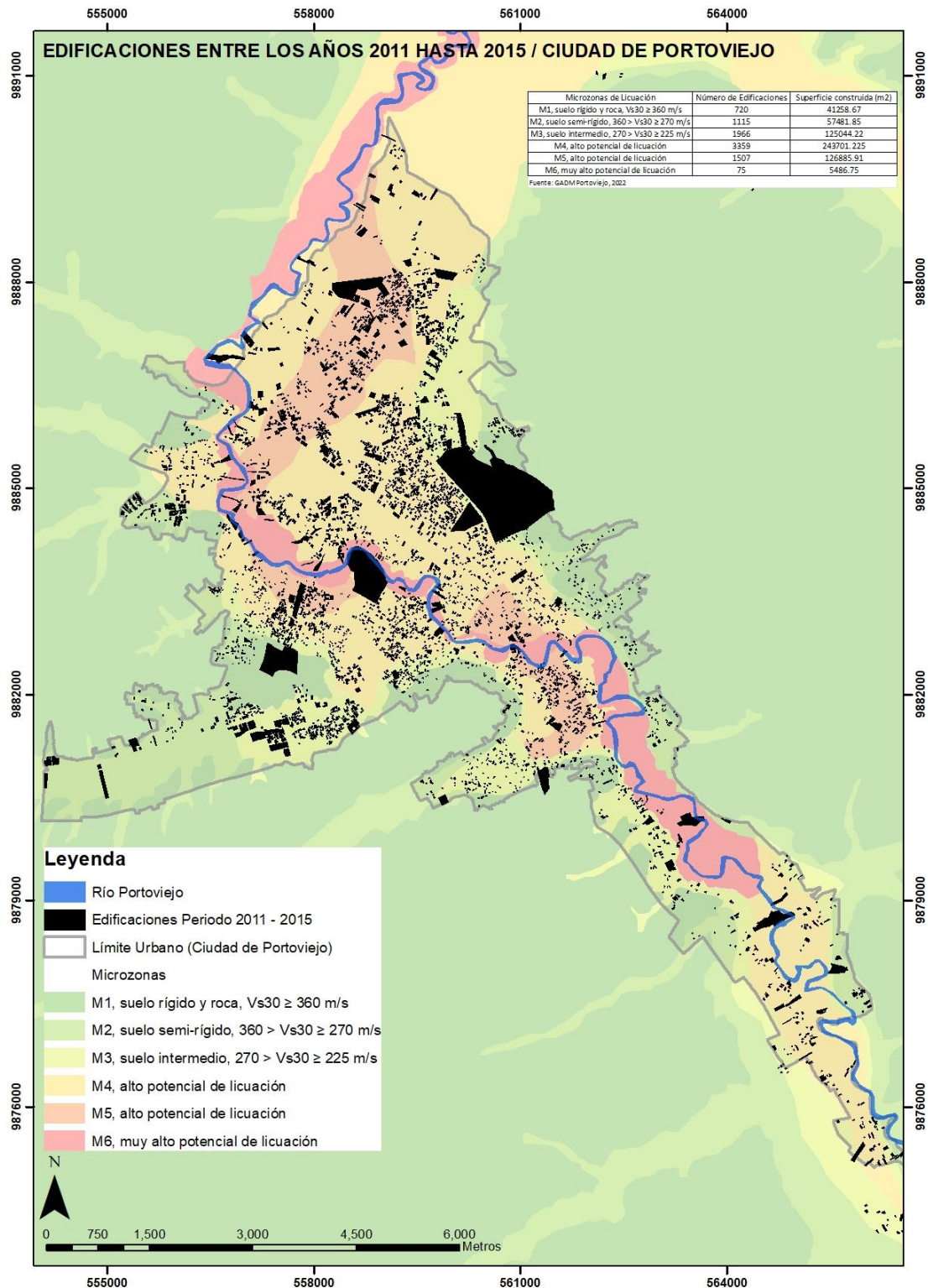
Cuadro sobre las edificaciones urbanas de Portoviejo en las microzonas sísmicas de 2011 a 2015.

Microzonas de Licuación	Número de Edificaciones	Superficie construida (m2)	Porcentaje de superficie construida (%)
M1, suelo rígido y roca, $V_{s30} \geq 360$ m/s	720	41258.67	6.88
M2, suelo semi-rígido, $360 > V_{s30} \geq 270$ m/s	1115	57481.85	9.58
M3, suelo intermedio, $270 > V_{s30} \geq 225$ m/s	1966	125044.22	20.85
M4, alto potencial de licuación	3359	243701.23	40.63
M5, alto potencial de licuación	1507	126885.91	21.15
M6, muy alto potencial de licuación	75	5486.75	0.91
Total	8742	181292.57	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Figura 14

Mapa de edificaciones desde el año 2011 al 2015 en relación a las microzonas sísmicas de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Con respecto al intervalo de 2015 a 2022, según la Tabla 19, se mantienen los porcentajes de forma similar, destacando la superficie construida en la microzona M4, de alto potencial de licuación, continuando las microzonas M3 y M5. Por otro lado, también se denota una disminución de edificaciones en la microzona M6, de muy alto potencial de licuación, como se puede revisar en la

Figura 15. En efecto, la susceptibilidad sísmica muy alta disminuyó en su superficie construida en este periodo, sin embargo, se mantuvo el mayor porcentaje en la susceptibilidad alta, como se define en el Anexo 13: *Mapa de Susceptibilidad sísmica de las edificaciones desde el año 2015 a 2022 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.*

Tabla 19

Cuadro sobre las edificaciones urbanas de Portoviejo en las microzonas sísmicas de 2015 a 2022.

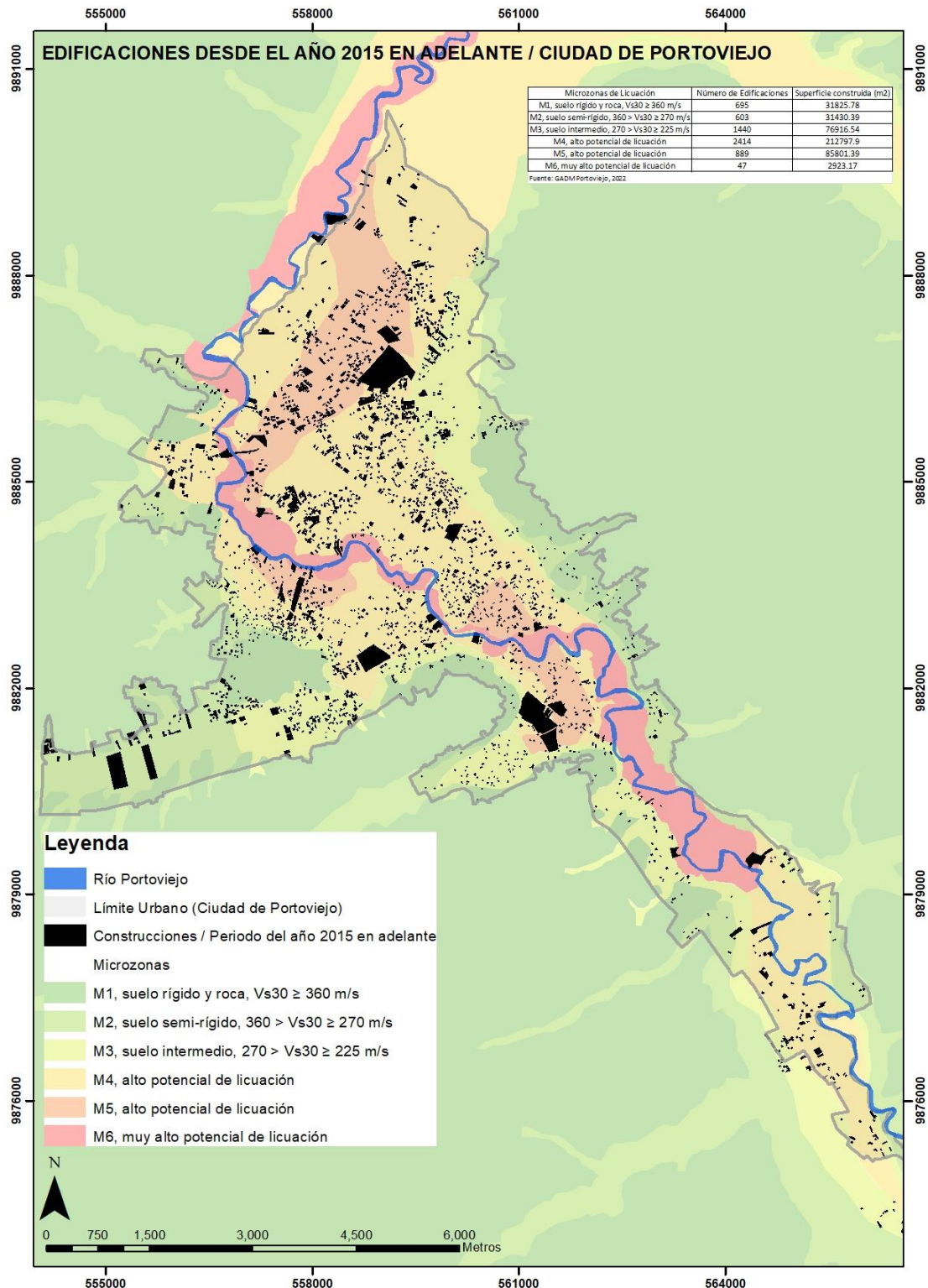
Microzonas de Licuación	Número de Edificaciones	Superficie construida (m²)	Porcentaje de superficie construida (%)
M1, suelo rígido y roca, $V_{s30} \geq 360$ m/s	695	31825.78	7.21
M2, suelo semi-rígido, $360 > V_{s30} \geq 270$ m/s	603	31430.39	7.12
M3, suelo intermedio, $270 > V_{s30} \geq 225$ m/s	1440	76916.54	17.41
M4, alto potencial de licuación	2414	212797.90	48.18
M5, alto potencial de licuación	889	85801.39	19.43
M6, muy alto potencial de licuación	47	2923.17	0.66
Total	6088	441695.17	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de

Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Figura 15

Mapa de edificaciones desde el año 2015 al 2022 en relación a las microzonas sísmicas de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Por otro lado, en la Tabla 20 y la Figura 16, se evidencia el estado actual de la susceptibilidad sísmica en la ciudad de Portoviejo, donde la zona con grado de susceptibilidad muy alta se sitúa en sectores cercanos al río Portoviejo con el

7.11% de superficie construida, de forma continua, bordeando a la anterior, la zona de grado de susceptibilidad alta con el 54.20% de superficie construida, y de la misma forma la de grado media con el 19.15% de construcciones; en los sectores este y oeste cercanos al límite urbano de la ciudad se sitúa las zonas de grado de susceptibilidad baja y muy baja con el 8.42% y 11.12% respectivamente, de superficie construida. Estos resultados demuestran que el río Portoviejo y sus afluentes son elementos determinantes sobre la susceptibilidad sísmica.

Tabla 20

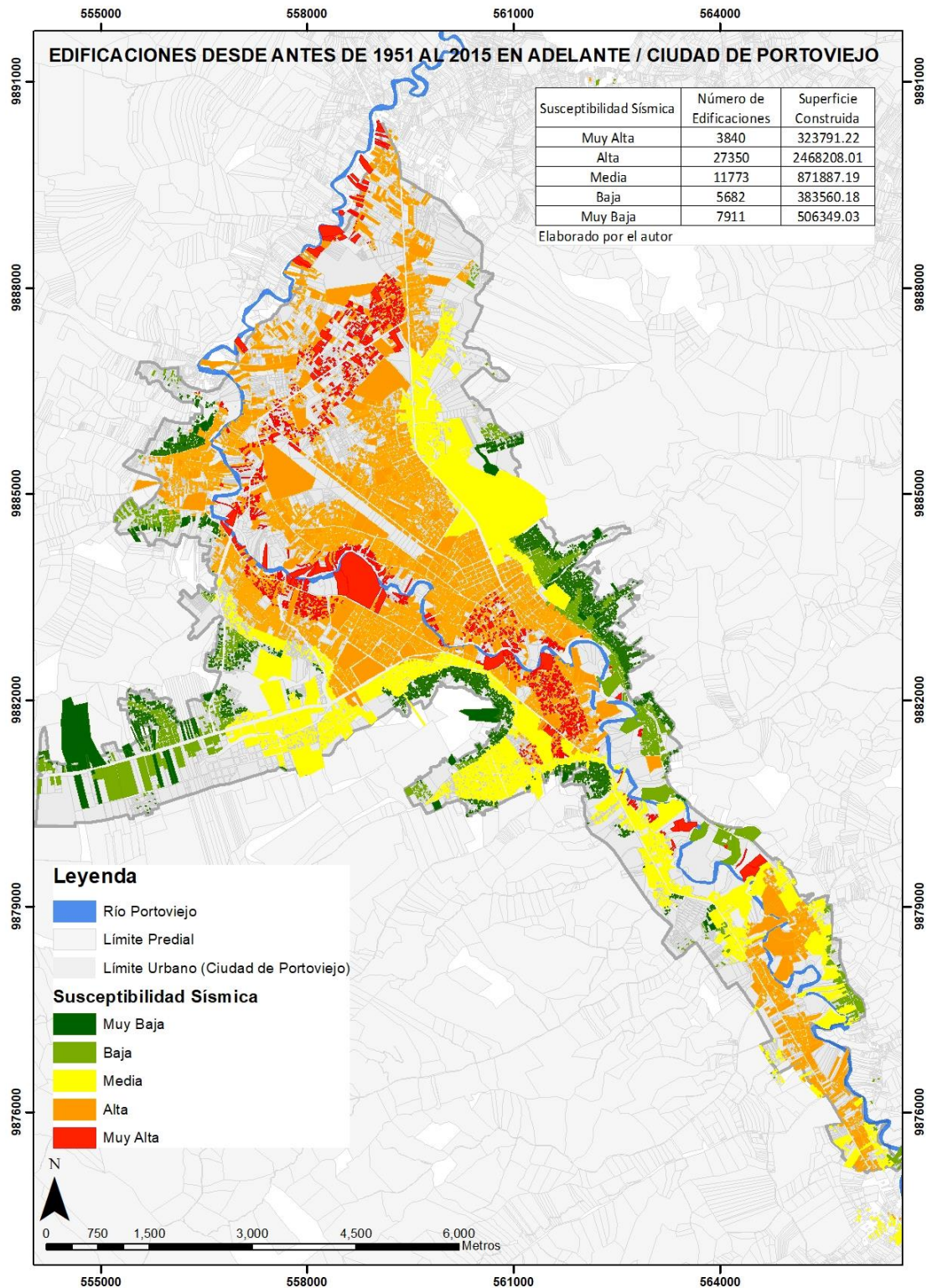
Susceptibilidad sísmica

Susceptibilidad sísmica	Número de Edificaciones	Superficie construida (m2)	Porcentaje de superficie construida (%)
Muy Alta	3840	323791,22	7,11
Alta	27350	2468208,01	54,20
Media	11773	871887,19	19,15
Baja	5682	383560,18	8,42
Muy Baja	7911	506349,03	11,12
Total	52716	4553795,63	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de construcciones de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Figura 16

Mapa de Susceptibilidad sísmica en la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

2.1 Vulnerabilidad sísmica

Continuando con la metodología de Iglesias Asenjo et al. (2006), luego de haber

analizado la variable Normativa, se procedió a estudiar la variable Suelo. Para esta variable, en primer lugar, se determinó la susceptibilidad sísmica mediante la categorización de las microzonas sísmicas de Portoviejo según el tipo de suelo en los grados de susceptibilidad sísmica, considerando los periodos utilizados en la variable Normativa. Siendo la microzona M1 de suelo rígido y roca de grado de susceptibilidad sísmica muy baja, la microzona M2 de susceptibilidad baja, la microzona M3 de susceptibilidad media, las microzonas M4 y M5 de alto potencial de licuación de grado de susceptibilidad sísmica alta y por último, la microzona M6 de muy alto potencial de licuación de grado de susceptibilidad sísmica muy alta.

En el periodo hasta 1951, destacó la microzona M4, de alto potencial de licuación, con mayor superficie construida, siendo el 40.88%, en cambio, la menor superficie construida se situó en la M6, de muy alto potencial de licuación, con el 0.84%. Para el periodo de 1951 a 1977, la microzona M4 continuó siendo la de mayor superficie construida, con el 49,33%, y, la de menor superficie también continuó siendo la M6 con el 1.80%. En el periodo de 1977 a 2001, donde se presentó el crecimiento urbano acelerado, el escenario se mostró igual, la mayor superficie construida destacó en la microzona M4 con el 44.37% y la de menor superficie en la microzona M6 con 1.11%. De igual manera en el periodo de 2001 a 2011 continuó con esta tendencia, teniendo la microzona M4 el 45.91% de ocupación, y la M6 el 0.97%. Para el periodo de 2011 a 2015 nuevamente fueron las microzonas M4 y M6 las más destacadas, con la mayor ocupación siendo el 40.63% y la menor ocupación con el 0.91% respectivamente. Por último, el periodo de 2015 a 2022 no estuvo exento de esta tendencia de ocupación, siendo la microzona M4 la de mayor superficie construida con el 48.18% y la microzona M6 la de menor superficie construida con el 0.66%. Todos estos resultados denotan que, en principio, la microzona M4, de alto potencial de licuación ha sido, con el pasar del tiempo, la microzona con mayor superficie construida, y, por su alto grado de licuación, se evidencia una gran cantidad de edificaciones que son vulnerables debido a esta condicionante, por otro lado, también se denota que la microzona M6 de muy alto potencial de licuación, favorablemente no se ha ocupado en gran medida su superficie, a pesar de su leve crecimiento urbano.

Para el estudio de la susceptibilidad sísmica, se estableció, de acuerdo a la metodología, los grados de susceptibilidad sísmica en relación con el nivel de licuación de las microzonas. De ese modo, el mapa resultante de la susceptibilidad sísmica en la ciudad de Portoviejo denota que, la mayor cantidad de edificaciones se encuentra en el grado de susceptibilidad alta, siendo el 54.20%, en cambio, con menor cantidad y ocupación se sitúa el grado de susceptibilidad muy alta, con el 7.11%.

Siguiendo la metodología de Iglesias Asenjo et al. (2006), luego de identificar la susceptibilidad sísmica (de la variable suelo), se la relacionó con la calidad en la edificación (de la variable normativa) mediante una matriz cualitativa, lo cual permitió determinar la vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Portoviejo.

En el análisis de la vulnerabilidad sísmica se denotó que la mayor parte de las edificaciones se encuentran en una alta vulnerabilidad sísmica, siendo el 46.86%, en segunda instancia se identificó el 30.25% con la categoría media. Además, la categoría Baja obtuvo el 15.96% y la muy baja el 1.41%, lo cual demuestra una problemática que amerita que los organismos pertinentes incrementen el control de las edificaciones, para garantizar una ciudad segura para sus habitantes. Estos resultados se pueden observar en la Tabla 21 y la Figura 17.

A pesar de las graves afectaciones luego del terremoto del 2016, y de contar con un estudio de microzonificación sísmica desde el año 2017, no se ha generado una política pública dirigida a mitigar esta condicionante, es decir, un plan de adaptación integral ante la vulnerabilidad sísmica evidenciada; se percibe un quemeimportismo en cuanto a convertir a Portoviejo en una ciudad segura.

Tabla 21

Vulnerabilidad sísmica.

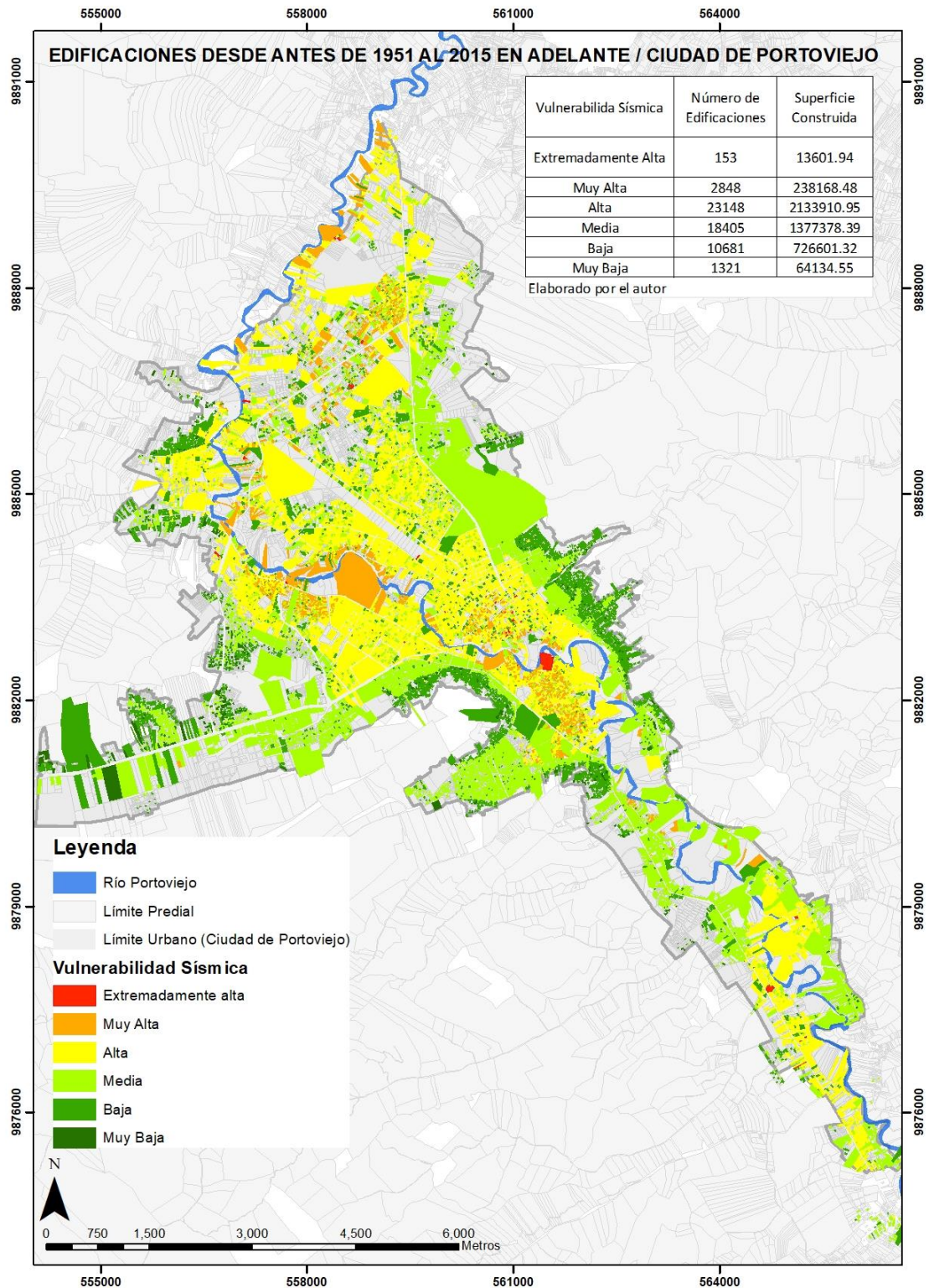
Vulnerabilidad sísmica	Número de	Superficie	Porcentaje de
------------------------	-----------	------------	---------------

	Edificaciones	construida (m2)	superficie construida (%)
Extremadamente Alta	153	13601.94	0.30
Muy alta	2848	238168.48	5.23
Alta	23148	2133910.95	46.86
Media	18405	1377378.39	30.25
Baja	10681	726601.32	15.96
Muy baja	1321	64134.55	1.41
Total	6088	4553795.63	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 17

Mapa de Vulnerabilidad sísmica



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

CAPÍTULO 3. Edificación

En atención a los requerimientos del Ecuador sobre información actualizada y completa para la planificación y evaluación de adecuadas políticas de desarrollo se realizó el Primer Censo de Construcción en 1966, como lo plantea la Tabla 22; siendo el objeto de estudio las empresas que se dedicaban a la construcción en uno o varios lugares del país. En 1967, la recopilación de información sobre permisos de construcción inicia con el nombre de Estadísticas de Permisos de Construcción, anuario que fue elaborado en base a la información proporcionada por cada municipio del país (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2016).

En 1976, comienza de manera formal la Encuesta de Edificaciones, que consideraba los permisos de construcción, mediante el ejercicio de las diferentes municipalidades de las provincias y cabeceras cantonales. Desde este año la encuesta se replicó anualmente, teniendo como resultado, datos estadísticos sobre el crecimiento del ámbito de la construcción e inversiones locales; lo que generó a su vez, información como el número de viviendas proyectadas, áreas de lotes y de construcción, número de espacios y pisos, tipología de materiales, fuente de financiamiento, valor de la edificación y del metro cuadrado, entre otros (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2016).

Tabla 22

Cronología de la Encuesta Anual de Edificaciones

Año	Principales hitos
1966	Primer Censo de Construcción
1967	Primera publicación de la Encuesta de Edificaciones (Permisos de Construcción)
1972	Inserción de cálculo de índice de metros cuadrados
1978	Inserción de tabulación en computadora
1987	Inserción de la información cantonal
1989	Inserción de la información de área rural
2000	Dolarización en el Ecuador
2009	Incremento de variables de investigación relacionadas al financiamiento
2011	Incremento de variables de investigación sobre el tiempo de ejecución de la obra

2015	Modificación del formulario
2018	Diferenciación de series “Permisos de construcción” y “Edificaciones a construir”
2019	Inclusión de la sección VII “Segmento de crédito” y variable “región” dentro de la base de datos de publicación. Actualización de etiquetas de las variables dentro de la base de datos. Se realiza mejoras en el método de cálculo de las variables como: Número total de viviendas calculado, Área a construir residencial en m2, Valor total de la edificación calculado, Superficie del terreno en m2 y Área para espacios verdes en m2.
2020	Se actualiza el formulario de levantamiento de información como resultado de identificación de necesidades de información de los principales usuarios, generados durante la Comisión Técnica de Estadística desarrollada durante el año 2019.

Nota. Resumen histórico de Cambios de la Encuesta de Edificaciones. Tomada del informe: Evolución histórica de la Encuesta Nacional de Edificaciones (ENED) elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2021).

En consideración a las modificaciones del Gobierno Nacional con respecto a los permisos de construcción, la municipalidad de Portoviejo acogió este dictamen, realizando inicialmente el cobro de la tasa de aprobación de planos, con la presentación de proyectos mediante un archivo físico municipal. Pero, es desde el año 2001 que estos trámites de aprobación de planos, empezaron a archivar de forma digital, y, desde el 2011, el proceso se convirtió en híbrido, con trámites digitalizados o físicos opcionalmente. Luego del terremoto del 16 de abril del 2016, los permisos de construcción se convirtieron completamente digitalizados. A partir del año 2018 se crea el Plan de implementación para la regulación de procesos constructivos por parte del GAD Portoviejo, con el objetivo de construir ciudades seguras y resilientes contra desastres por terremotos y tsunamis, permitiendo mejorar el proceso de aprobación de planos y permisos de construcción. Este plan consistió en incorporar el control de edificaciones con un formato específico de acuerdo a la tipología de edificación, siendo obligatorio

que cada etapa de avance de obra sea dirigida por el profesional técnico correspondiente. Además, la solicitud de aprobación de planos es totalmente digitalizada, y, se desarrolla a través del sitio web del GAD Portoviejo. Por último, en el plan se especificaron sanciones de acuerdo a los tipos de infracción que se ejecuten.

Considerando los periodos de vigencia de las normativas de construcción, se evidenció que las edificaciones anteriores a 2001 no contaron con permiso de construcción, posiblemente solo fueron censadas mediante el cobro de la tasa de aprobación de planos. Por otra parte, gracias al registro de construcciones de las edificaciones se reconoce que, en mayor medida, estas construcciones fueron de hormigón armado, ocupando el 50.87% de superficie construida, al contrario de la tipología metálica que obtuvo el 12.24%, todos estos datos se denotan en la Tabla 23 y la

Figura 18.

Tabla 23

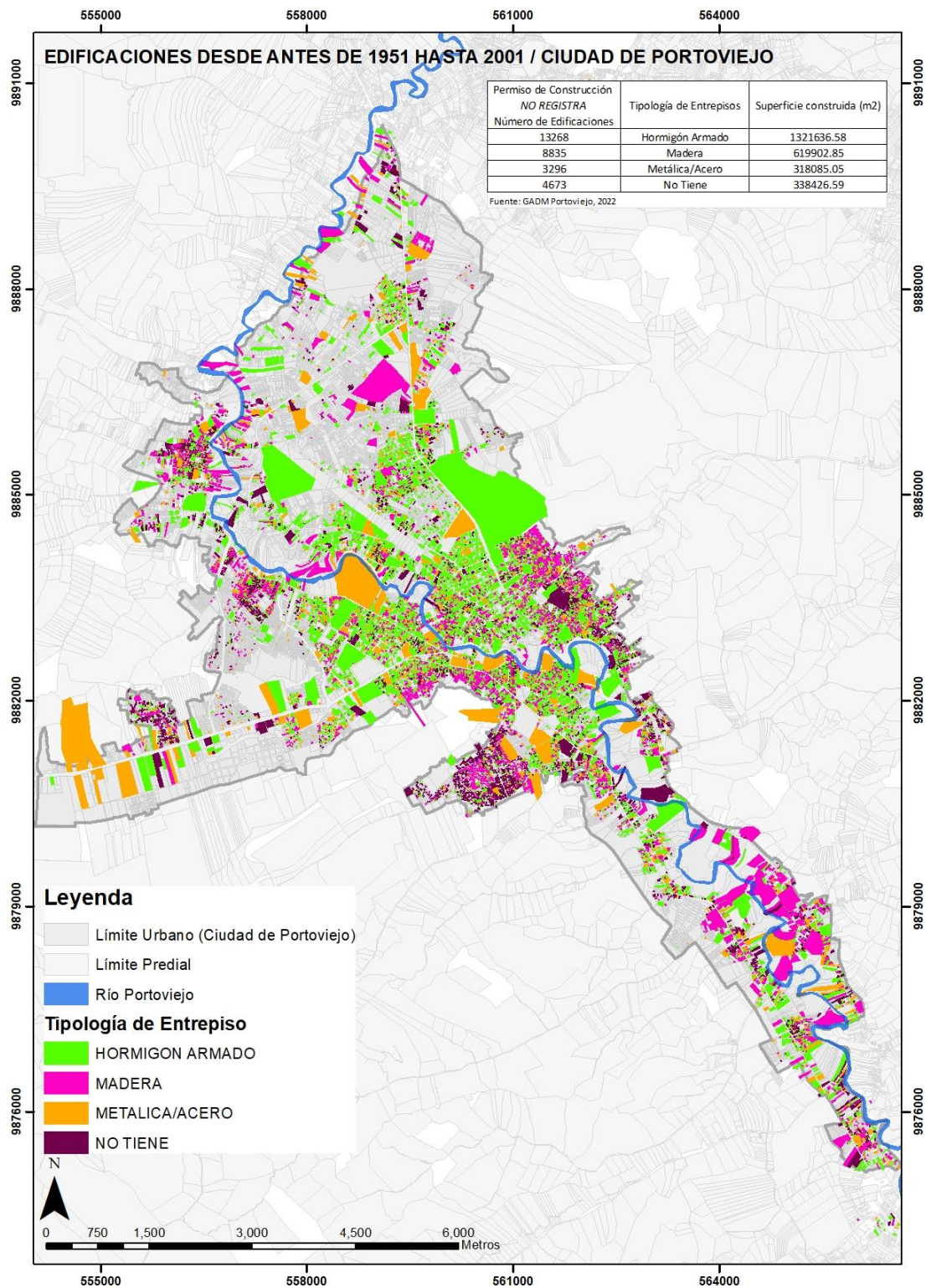
Cuadro sobre las edificaciones desde antes 1951 a 2001 que no poseen permiso de construcción en relación con la tipología de entrepiso.

Tipo de entrepiso	Número de Edificaciones	Superficie construida (m2)	Porcentaje de superficie construida (%)
Hormigón Armado	13268	13601.94	50,87
Madera	8835	238168.48	23,86
Metálica/Acero	3296	2133910.95	12,24
No Tiene	4673	1377378.39	13,03
Total	30072	2598051.07	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 18

Mapa de edificaciones que NO registran Permiso de construcción desde antes de 1951 al 2001 en el actual límite urbano de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Para el periodo de 2001 a 2011, se percibe un alto índice de informalidad en la

construcción, en razón de que el 81.34% de las edificaciones no contaron con permisos de construcción, a diferencia de las que sí cumplieron con tan solo 18.66%, datos definidos en la Tabla 24 y Figura 19. La tipología de entrepiso que destacó fue la de hormigón armado en las dos condiciones, como se puede revisar en la Figura 20 y Figura 21.

Tabla 24

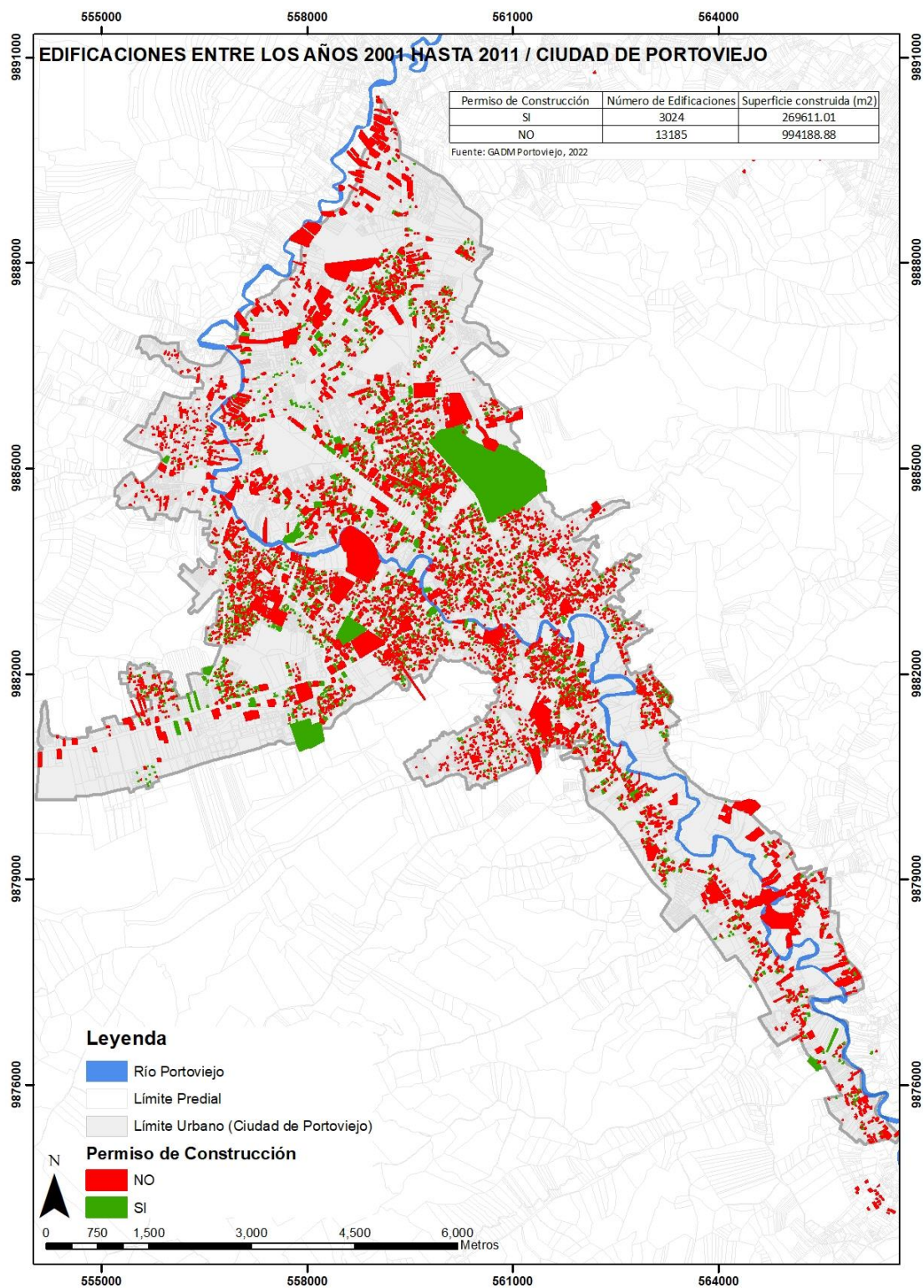
Cuadro sobre las edificaciones del 2001 a 2011 que poseen o no permiso de construcción en relación con la tipología de entrepiso.

Tipo de entrepiso	SI	%	NO	%
Hormigón Armado	1653	10,20	6731	41,53
Madera	286	1,76	2432	15,00
Metálica/Acero	727	4,49	2624	16,19
No Tiene	358	2,21	1398	8,62
Total	3024	18.66	13185	81.34

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de permisos de construcción de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Figura 19

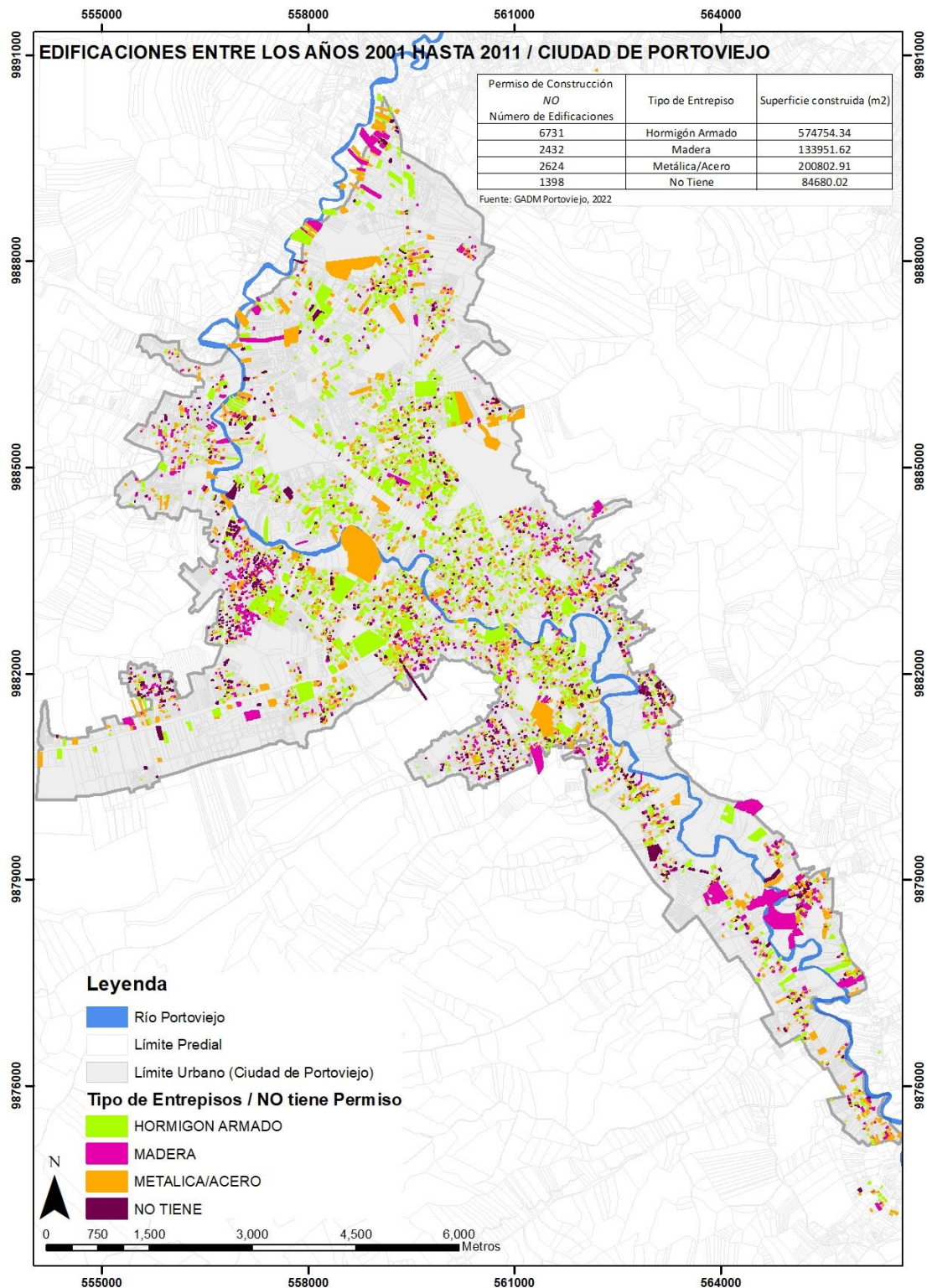
Mapa de edificaciones desde el año 2001 al 2011 en relación con el registro de permisos de construcción.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 20

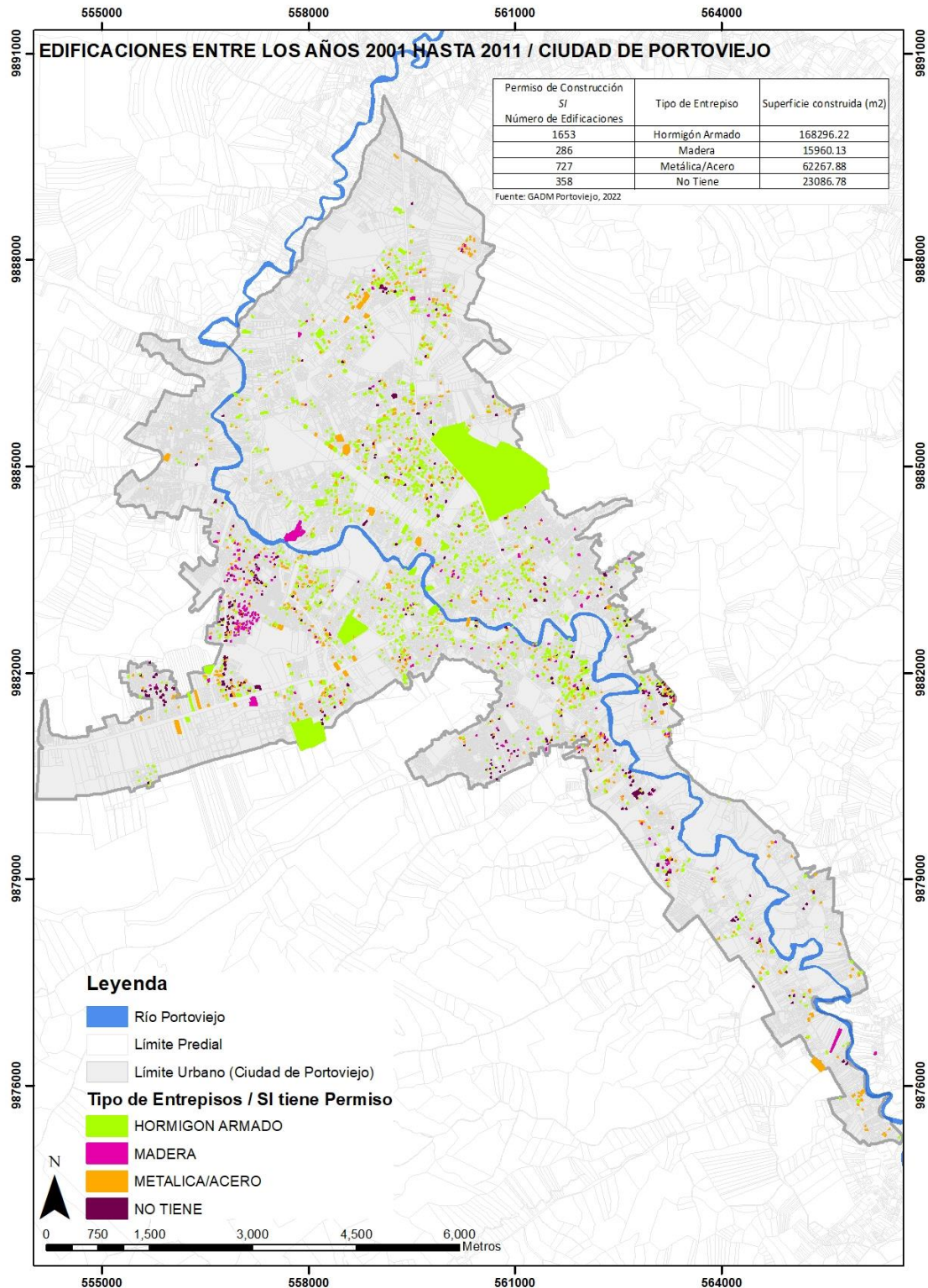
Mapa de edificaciones, Tipología de entrepiso que NO registran Permiso de construcción desde el año 2001 al 2011 en el actual límite urbano de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 21

Mapa de edificaciones, Tipologías de entrepiso que SÍ registran Permiso de construcción desde el año 2001 al 2011 en el actual límite urbano de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Con respecto al intervalo de 2011 a 2015, aumentaron las edificaciones sin

permiso de construcción, siendo el 84.37%, en cambio, disminuyeron las que cumplían con el permiso, con el 15.63%, lo que demuestra un alto índice de informalidad en la construcción que continúa en esta etapa, como se observa en la Tabla 25 y la Figura 22. También la tipología que destaca sin permiso de construcción es la de hormigón armado con el 36.22%, siguiendo la tipología metálica/acero con el 24.02%, como se detalla en la Figura 23, y, con mayor ocupación con permiso de construcción destaca también la de hormigón armado, como se evidencia en la Figura 24.

Tabla 25

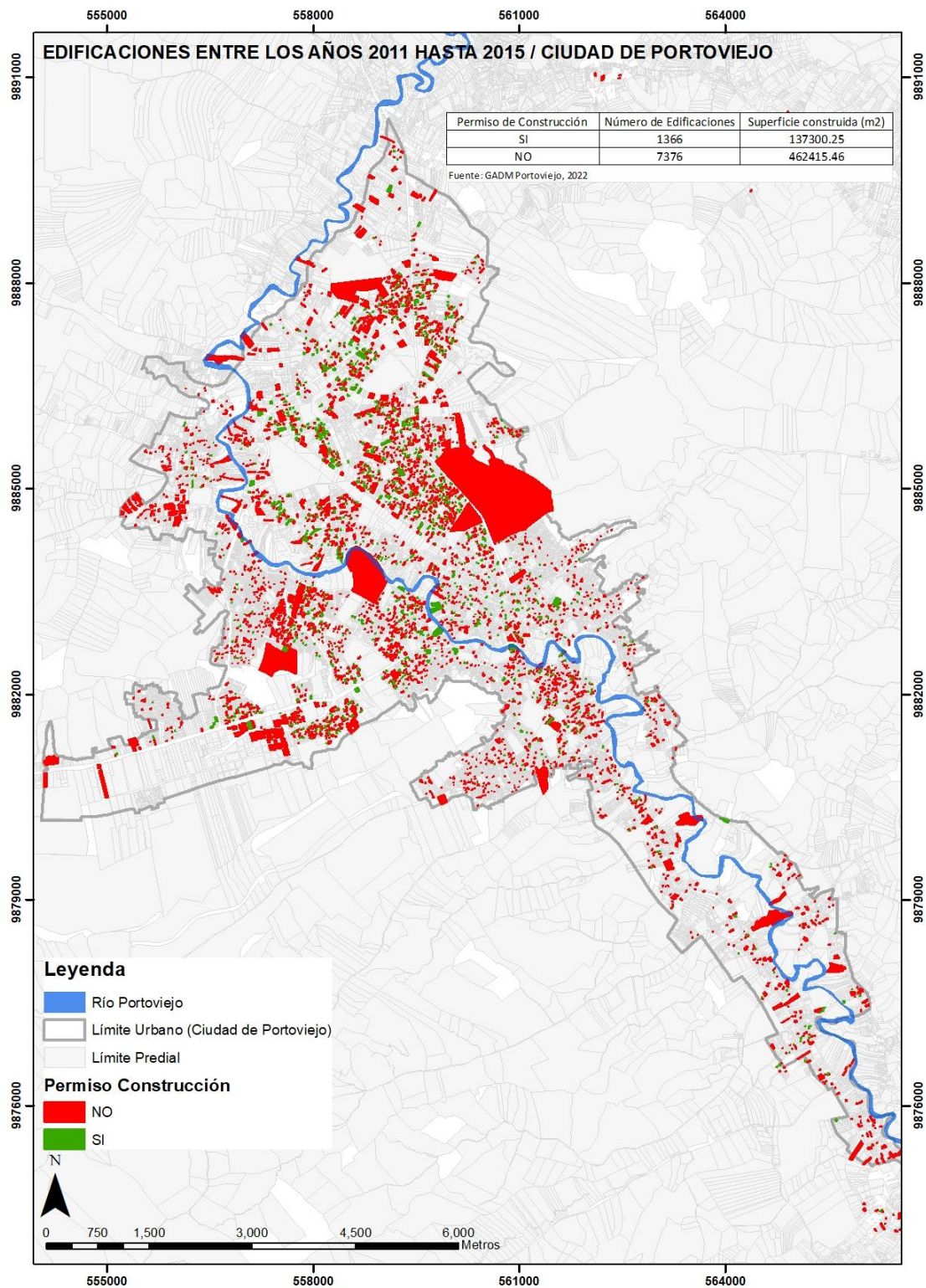
Cuadro sobre las edificaciones del 2011 a 2015 que poseen o no permiso de construcción en relación con la tipología de entrepiso.

Tipo de entrepiso	SI	%	NO	%
Hormigón Armado	956	10.94	3166	36.22
Madera	26	0.30	750	8.58
Metálica/Acero	282	3.23	2100	24.02
No Tiene	102	1.17	1360	15.56
Total	1366	15.63	7376	84.37

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de permisos de construcción de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

Figura 22

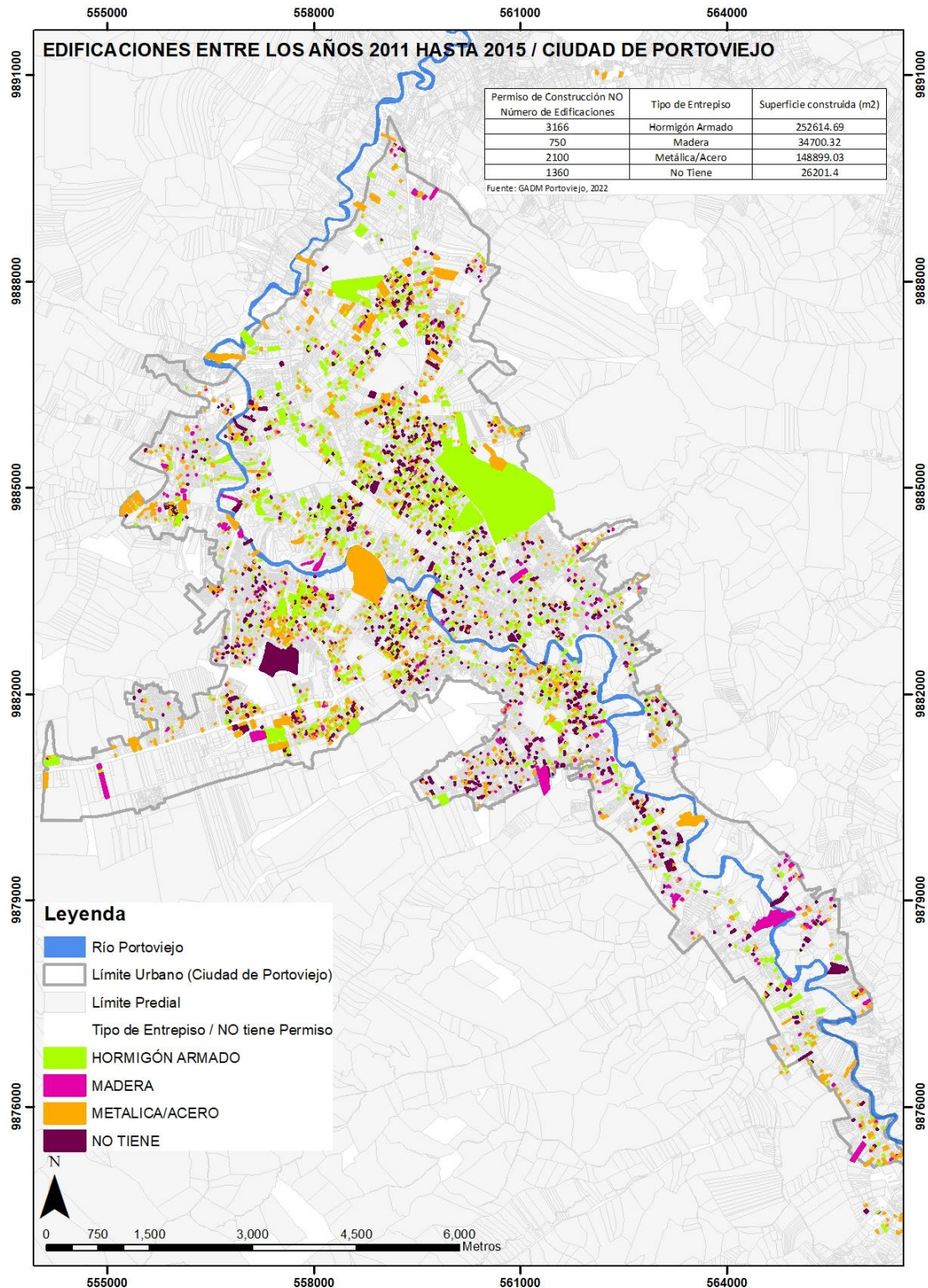
Mapa de edificaciones desde el año 2011 al 2015 en relación con el registro de permisos de construcción.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 23

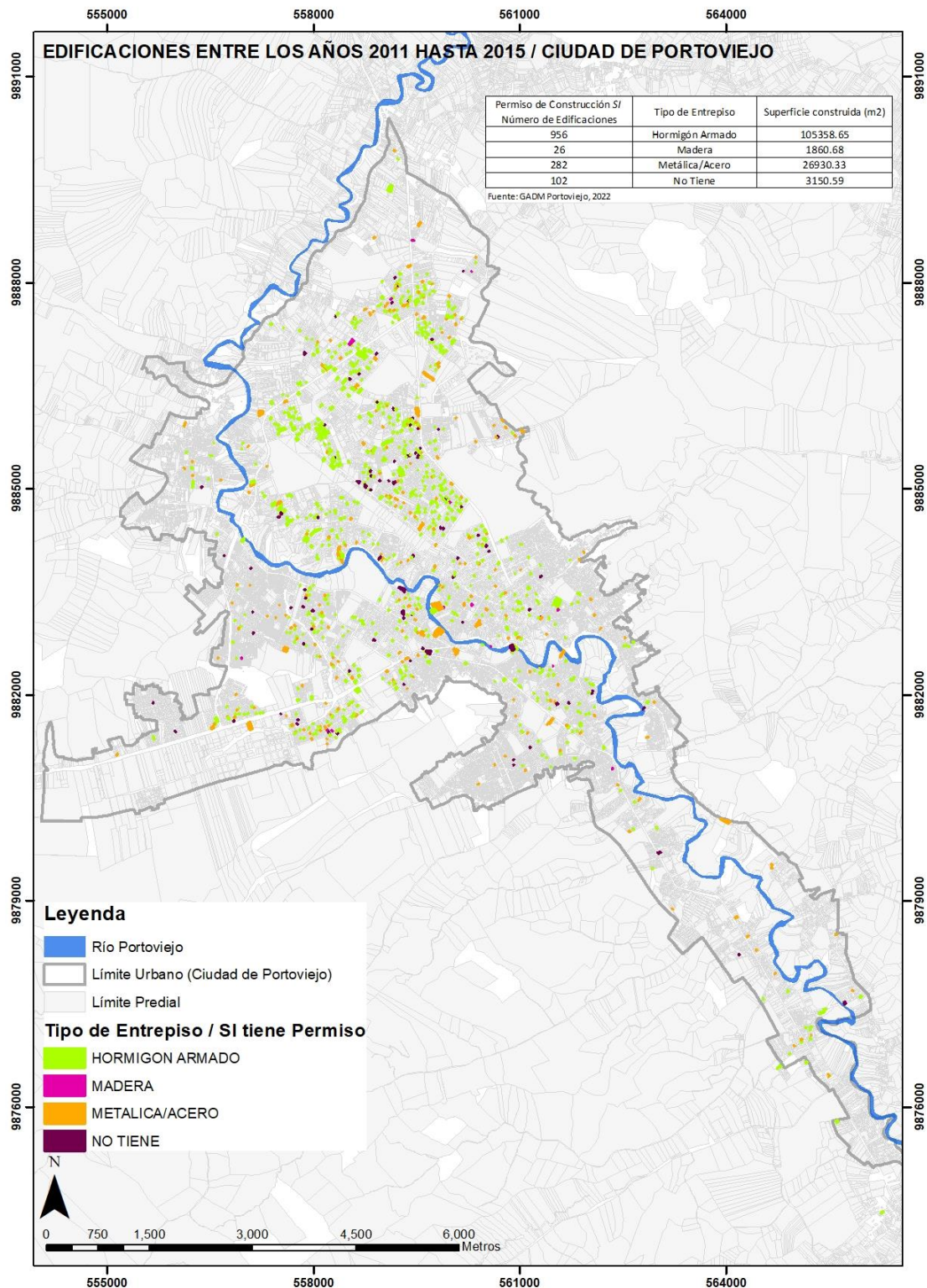
Mapa de edificaciones, Tipologías de entrepiso que NO registran Permiso de construcción desde el año 2011 al 2015 en el actual límite urbano de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 24

Mapa de edificaciones, Tipologías de entrepiso que **SÍ** registran Permiso de construcción desde el año 2011 al 2015 en el actual límite urbano de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

En cuanto al periodo de 2015 a 2022, disminuyeron las edificaciones sin permiso

de construcción, siendo el 74.24%, en cambio, aumentaron las que cumplían con el permiso, con el 25.76%, lo que denota una ligera mejoría con respecto al control del cumplimiento de permisos de construcción, como se percibe en la Tabla 26 y la Figura 25, probablemente por el Plan de implementación para la regulación de procesos constructivos, aprobado en el año 2018. Conjuntamente, la tipología que destaca sin permiso de construcción es la de hormigón armado con el 43.07%, siguiendo la tipología metálica/acero con el 20.91%, como se muestra en la Figura 26, y, con mayor ocupación con permiso de construcción destaca también la de hormigón armado, como se denota en la Figura 27.

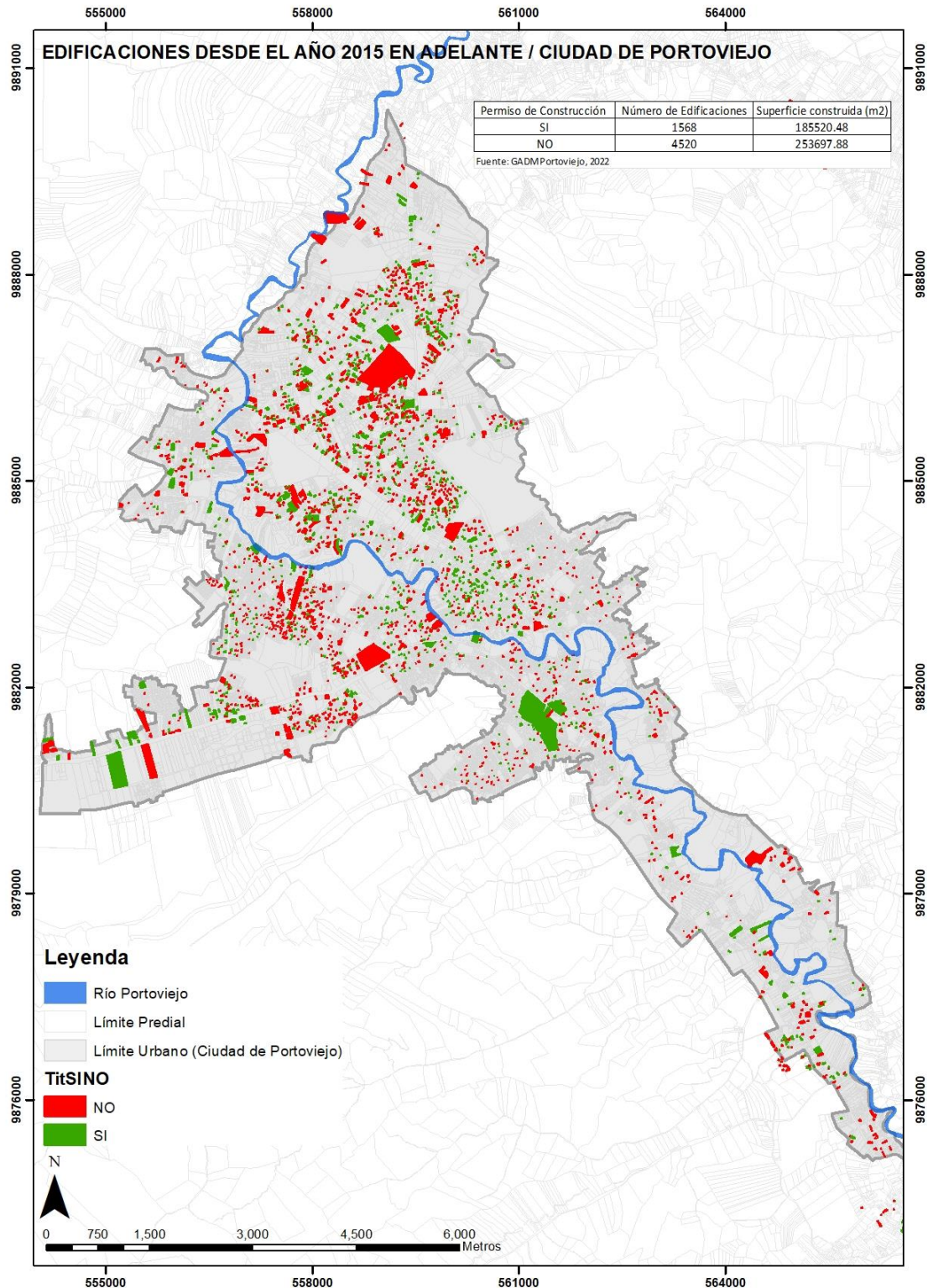
Tabla 26

Cuadro sobre las edificaciones del 2015 a 2022 que poseen o no permiso de construcción en relación con la tipología de entrepiso.

Tipo de entrepiso	SI	%	NO	%
Hormigón Armado	911	14.96	2622	43.07
Madera	15	0.25	353	5.80
Metálica/Acero	394	6.47	1273	20.91
No Tiene	248	4.07	272	4.47
Total	1568	25.76	4520	74.24

Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al registro de permisos de construcción de Portoviejo. Gobierno Descentralizado Municipal de Portoviejo. (2022).

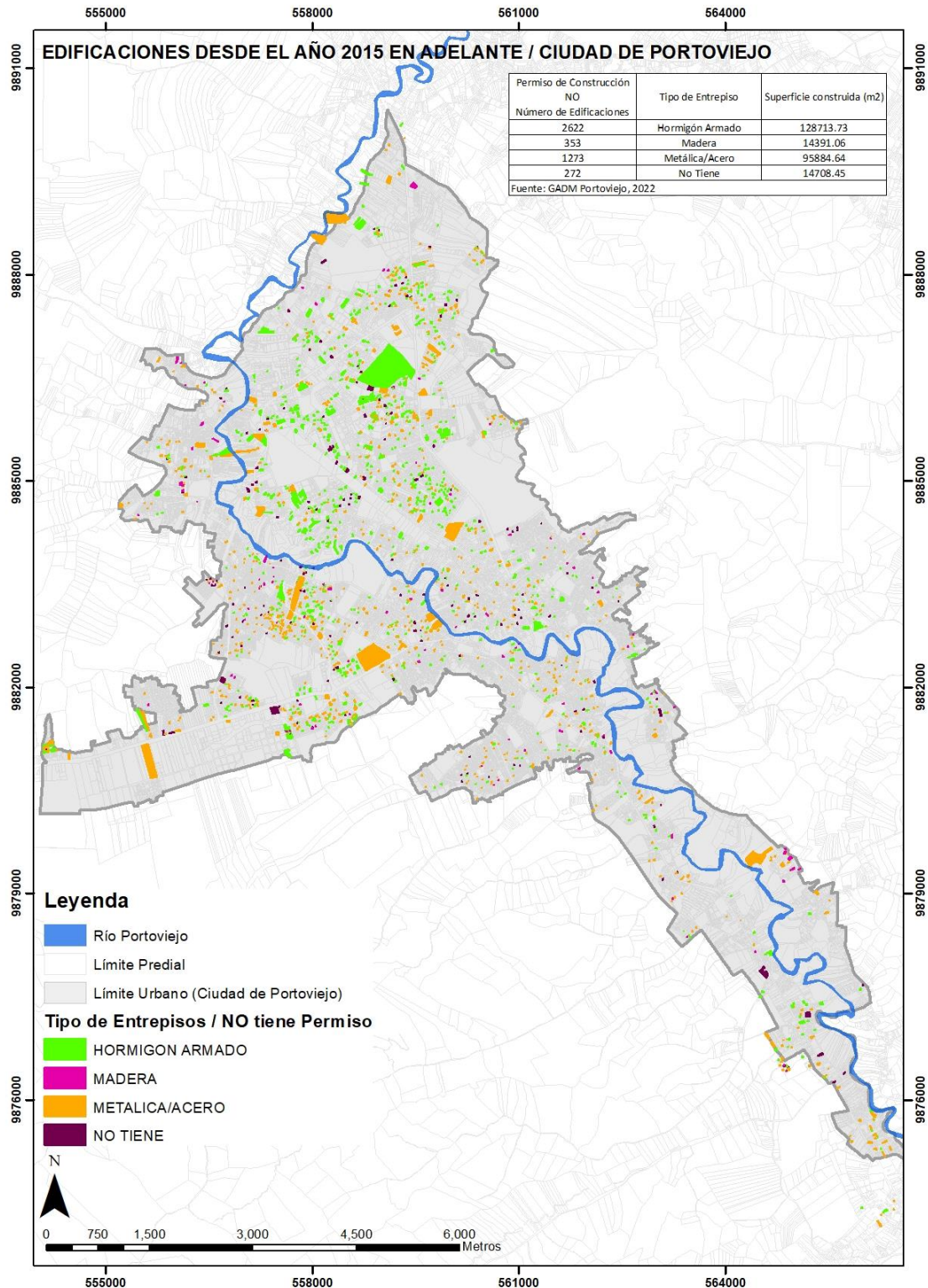
Mapa de edificaciones desde el año 2015 al 2022 en relación con el registro de permisos de construcción.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 26

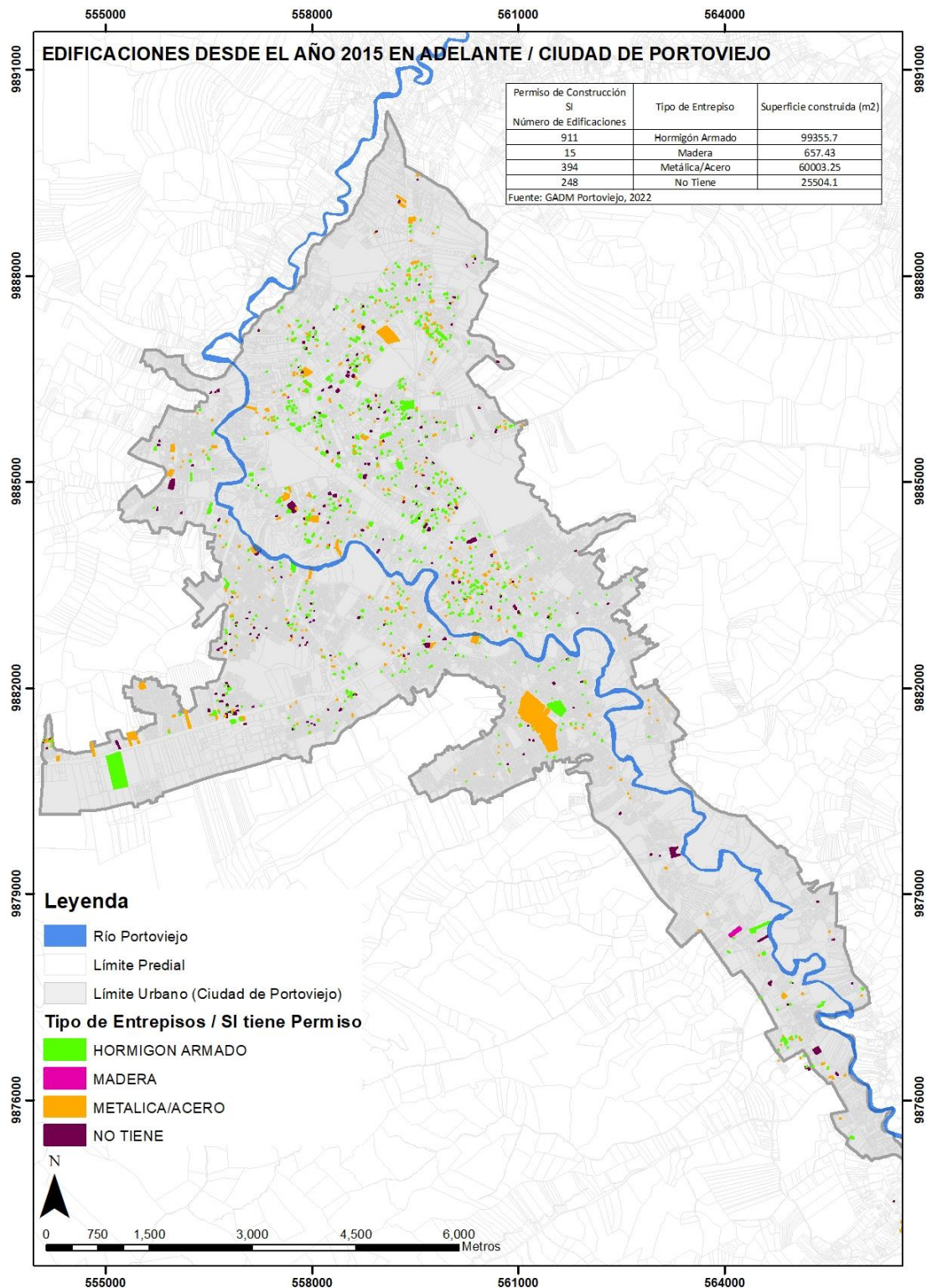
Mapa de edificaciones, Tipologías de entrepiso que NO registran Permiso de construcción desde el año 2015 al 2022 en el actual límite urbano de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 27

Mapa de edificaciones, Tipologías de entrepiso que SÍ registran Permiso de construcción desde el año 2015 al 2022 en el actual límite urbano de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

3.1 Estado de la edificación

En base a la metodología planteada en este estudio, luego de haber analizado las variables normativa y suelo, se procedió a diagnosticar la variable edificación, mediante el análisis de cada periodo planteado, considerando las edificaciones que han cumplido con los permisos de construcción y las que no, además, se consideraron las tipologías constructivas. Por lo que, en el periodo hasta el año 2001 se reconoce que las edificaciones no registraron permiso de construcción, y, destacó la tipología de hormigón armado. En cambio, para el periodo de 2001 a 2011, cuando ya existía el proceso digitalizado de aprobación de planos, el 81.34% de las edificaciones no cumplieron con el proceso, mientras que el 18.66% sí cumplieron, entre los dos resultados destacó la tipología de hormigón armado. En el periodo de 2011 a 2015, aumentó levemente la informalidad en la construcción, siendo el 84.37% de las edificaciones que no cumplieron con el proceso, y el 15.63% que sí cumplieron; predominaron las edificaciones de hormigón armado. Por último, en el periodo de 2015 a 2022, mejoró levemente el cumplimiento de los permisos de construcción, puesto que el 74.24% de las edificaciones no cumplieron con el proceso, pero el 25.76% sí cumplieron, destacando la tipología de hormigón armado, este último porcentaje es mayor al porcentaje del periodo anterior, más no lo suficiente para erradicar la informalidad en la construcción. De esa forma, se evidencia el constante incumplimiento de los permisos de construcción, lo cual, es un aspecto bastante negativo para la vulnerabilidad de las edificaciones, y, por ende, para la población, lastimosamente el control urbano debe mejorar si es que realmente se desea que Portoviejo sea una ciudad segura sostenible.

Con respecto al análisis del Estado de la edificación, se identificó que el 52.51%, es decir, la mayoría de edificaciones, se encuentran en una condición baja en base al cumplimiento de los permisos de construcción del GAD Portoviejo, para lo cual, le continua el 25.67% de las edificaciones, con una condición media, como puede observarse en la Tabla 27 y la Figura 28. Mientras que, la categoría de muy alta solo se reconoció en el 6.73% de las edificaciones y la categoría alta en el 10.78%. Por lo que, se denota un gran incumplimiento de la normativa local por parte de la comunidad, situación que, probablemente, sea consecuente de que aún se presenta un escaso control de la construcción por parte de la municipalidad, y, de no generarse oportunidades de construir correctamente

debido a una baja capacidad adquisitiva presente en el país.

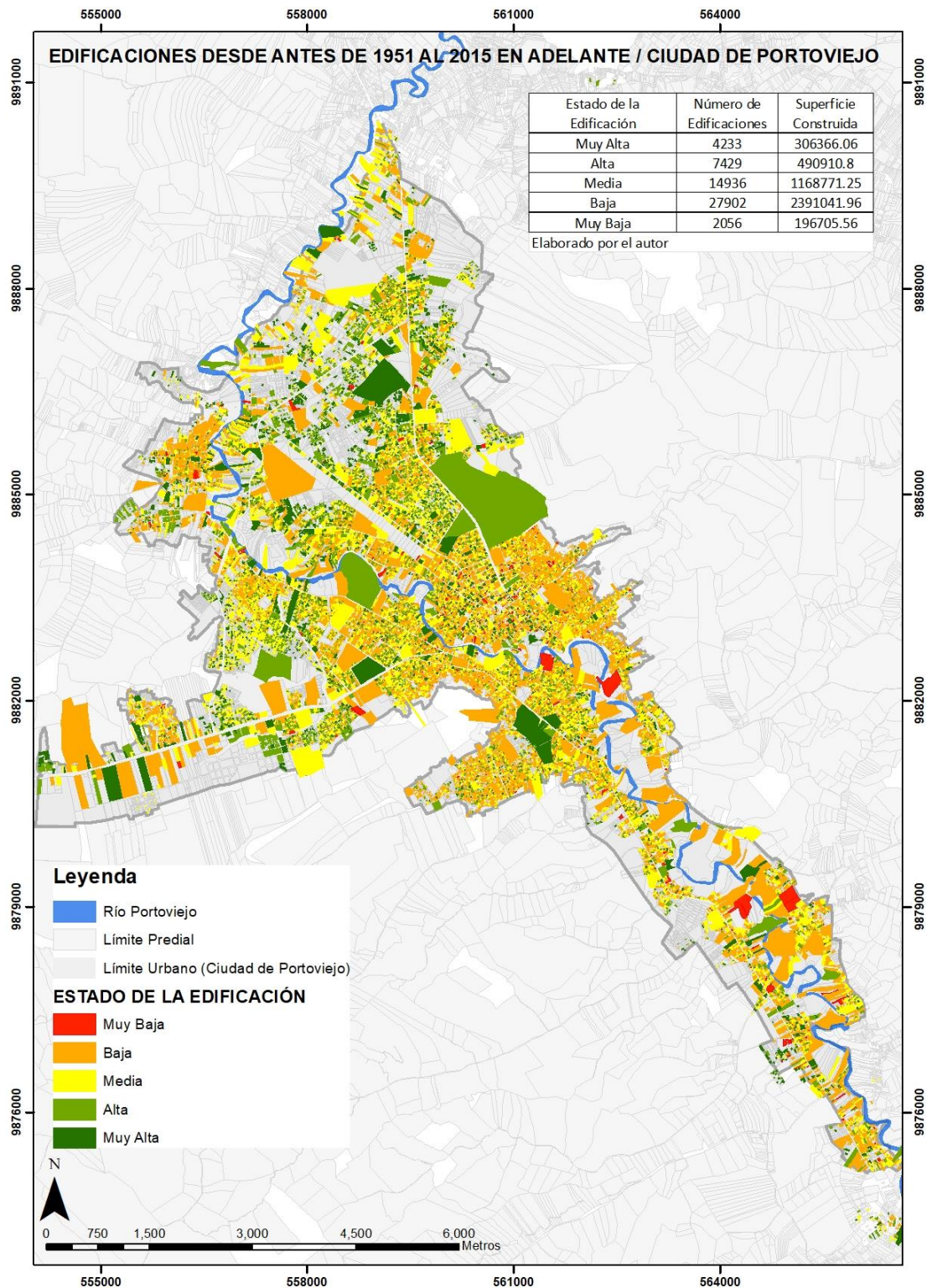
Tabla 27

Estado de la edificación.

Estado de la edificación	Número de Edificaciones	Superficie construida (m2)	Porcentaje de superficie construida (%)
Muy alta	4233	306366.06	6.73
Alta	7429	490910.80	10.78
Media	14936	1168771.25	25.67
Baja	27902	2391041.96	52.51
Muy baja	2056	196705.56	4.32
Total	6088	4553795.63	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Mapa del Estado de la edificación



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

CAPÍTULO 4. Análisis multivariable

Conforme a la metodología de este estudio, donde se plantean tres variables: normativa, suelo y edificación, se procedió a diagnosticar el estado actual desde el punto de vista de cada variable; en primer lugar, mediante la metodología adaptada de Iglesias Asenjo et al. (2006), se identificó la calidad en la edificación con la normativa de construcción, los periodos de vigencia de sus actualizaciones y los grados de calidad constructiva, en la cual destacó que el 56.49% de la superficie construida en Portoviejo posee una baja calidad en la edificación, debido a que existe un escaso control en la actualización de las construcciones con los requerimientos de la normativa de construcción vigente; en cambio, con la calidad deseada, es decir, de grado muy alta y alta, solo se evidenció el 6.73% de superficie construida con calidad muy alta y el 10.78% con calidad alta.

Con respecto a la variable suelo, se analizó, en primera instancia, la susceptibilidad sísmica, de acuerdo a las microzonas sísmicas de Portoviejo y su tipo de suelo; en este aspecto, se reconoció que el 54.20% de superficie construida se encuentra con susceptibilidad sísmica alta, de esta forma, se denota la urgente necesidad de adaptación y mitigación ante sismos. Seguidamente, en función de la metodología adaptada de Iglesias Asenjo et al. (2006), se relacionó la calidad en la edificación y la susceptibilidad sísmica a través de una matriz, lo que permitió determinar la vulnerabilidad sísmica; en este resultado predominó el 46.86% de superficie construida con un grado de vulnerabilidad sísmica alta, siendo un dato preocupante que amerita mayor regulación en las edificaciones; por otra parte, en condiciones más favorables, como los grados de vulnerabilidad sísmica muy baja y baja, solo se evidenciaron el 1.41% y el 15.96% de superficie construida respectivamente.

En cuanto a la variable edificación, se determinó el estado de la edificación en relación a los permisos municipales y tipologías constructivas. En este sentido, predominó la superficie construida con estado de la edificación de grado baja, con el 52.51%, lo que demuestra la informalidad en la construcción al no cumplirse los permisos municipales, al presentarse un escaso control municipal, y, probablemente una baja capacidad adquisitiva para construir formalmente. En cambio, en los resultados deseados, es decir, los grados de estado de edificación muy alta y alta, tan solo se identificó el 6.73% de superficie construida con grado

muy alta y el 10.78% con grado alta.

Luego de haber estudiado cada variable, se procedió a realizar un análisis multivariable, para ello, cada grado o categoría que se definió, es decir: muy alta, alta, media, baja y muy baja, se valoró en el rango de -1 a 1, de ese modo, se fraccionó favorablemente la cartografía. Mediante este método se determinó la vulnerabilidad física. Esos resultados, como lo detalla la Tabla 28 y la

Figura 29, demostraron que, en primer lugar, destacó el 29.93% de la superficie urbana con grado de vulnerabilidad física alta, consecutivamente, el 25.74% obtuvo la condición media, y el 21.28% con condición muy alta; denotando la predominante vulnerabilidad física con la que vive la comunidad portovejense, y, para lo que, es necesario que los organismos de control prioricen la creación de política pública que estipule la adaptación y mitigación inmediata ante sismos.

Tabla 28

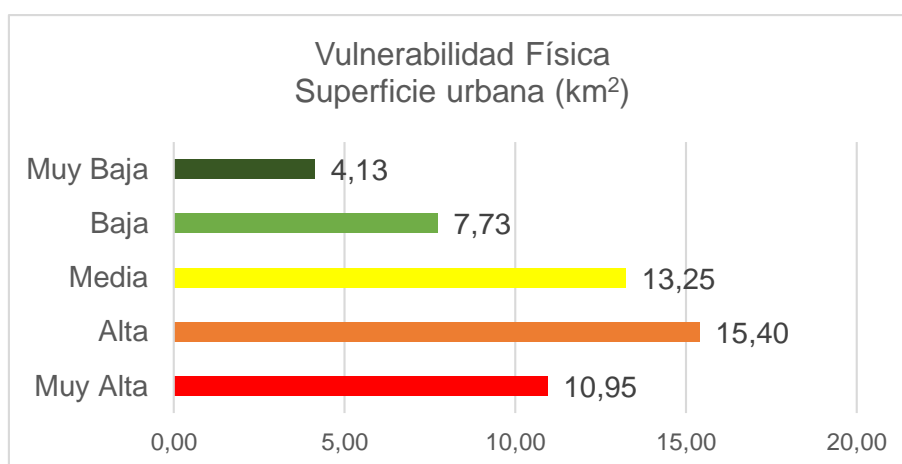
Vulnerabilidad física.

Rangos	Vulnerabilidad Física	Superficie urbana (Km2)	Porcentaje de superficie urbana (%)
-2.34 - -0.89	Muy Alta	10.95	21.28
-0.89 - -0.24	Alta	15.40	29.93
-0.24 - 0.47	Media	13.25	25.74
0.47 - 1.41	Baja	7.73	15.03
1.41 - 3.00	Muy baja	4.13	8.02
	Total	51.46	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 29

Cuadro estadístico de la Superficie urbana con Vulnerabilidad física.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Conjuntamente, en cuanto a las edificaciones, destaca el 35.46% de superficie construida con una muy alta vulnerabilidad física, continuando el 30.63% en condición alta. A diferencia del rango de vulnerabilidad física baja, que presenta la menor cantidad, el 4.94%. Los resultados obtenidos en este análisis, que se pueden revisar en la Tabla 29 y la Figura 30, identifican que la vulnerabilidad física alta que existe en Portoviejo ha sido un aspecto que los organismos de control no han considerado para las políticas públicas y su seguimiento. Se reconocen datos relevantes que, desde las consecuencias del terremoto del 2016 debieron priorizarse en la administración de la ciudad. Se evidencia que Portoviejo requiere una urgente mejora en la gestión de la edificabilidad vulnerable, puesto que no se está desarrollando como una ciudad segura y sostenible en el tiempo.

Tabla 29

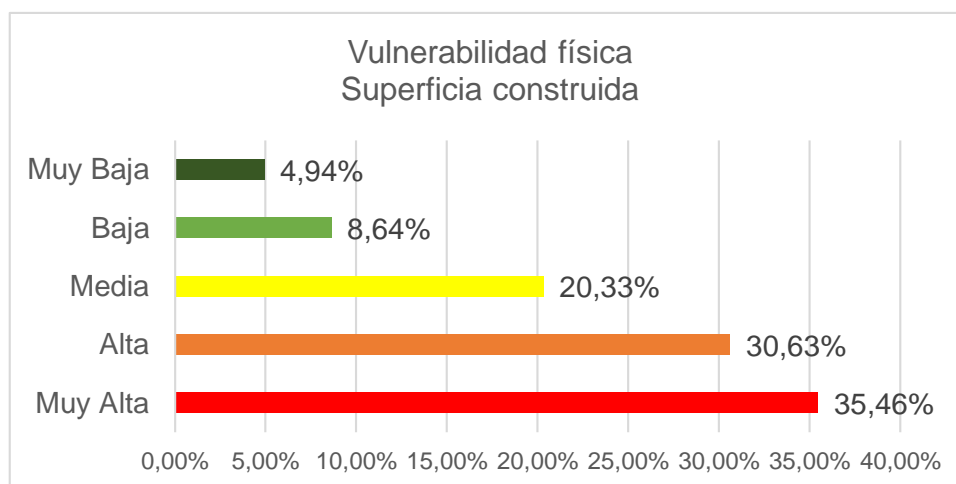
Edificaciones con Vulnerabilidad física.

Vulnerabilidad Física	Número de edificaciones	Superficie construida (m2)	Porcentaje de superficie construida (%)
Muy Alta	18657	1614968.92	35.46
Alta	17885	1394665.65	30.63
Media	11938	925968.82	20.33
Baja	4887	393436.32	8.64
Muy baja	3188	224755.92	4.94
Total	56556	4553796.00	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 30

Cuadro estadístico de la Superficie construida con Vulnerabilidad física.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Por otro lado, el aspecto con mayor relevancia en este estudio es reconocer la situación de la población, puesto que es en base a esta que se evalúa la

vulnerabilidad. Para lo cual, en la

Tabla 30 y la Figura 31 destaca que, la mayor parte de la población es altamente vulnerable ante sismos, siendo el 29.44% de la población que vive con vulnerabilidad alta y el 26.41% en el rango muy alta, lo cual determina una población vulnerable que necesita de una ciudad mucho más segura.

Tabla 30

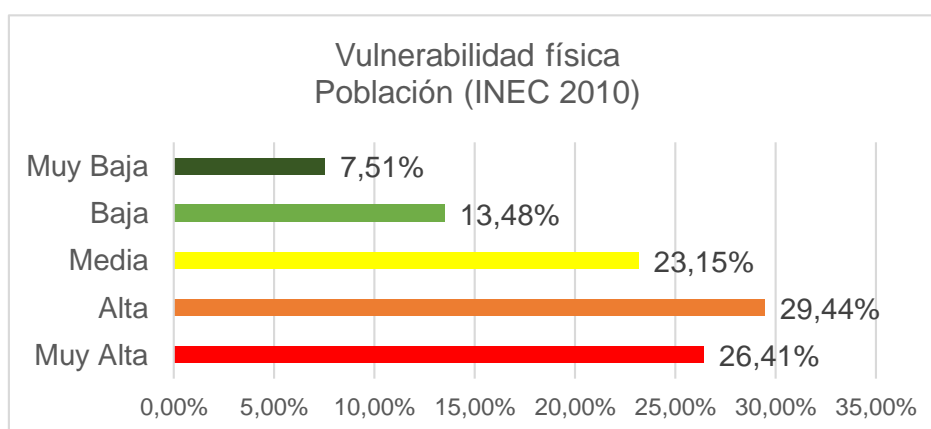
Población vulnerable.

Rangos	Vulnerabilidad Física	Población Vulnerable (INEC 2010)	Porcentaje de población vulnerable (%)
-2.34 - -0.89	Muy Alta	54917	26.41
-0.89 - -0.24	Alta	61224	29.44
-0.24 - 0.47	Media	48138	23.15
0.47 - 1.41	Baja	28039	13.48
1.41 - 3.00	Muy baja	15609	7.51
Total		207926	100.00

Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 31

Cuadro estadístico de la Población con Vulnerabilidad física.



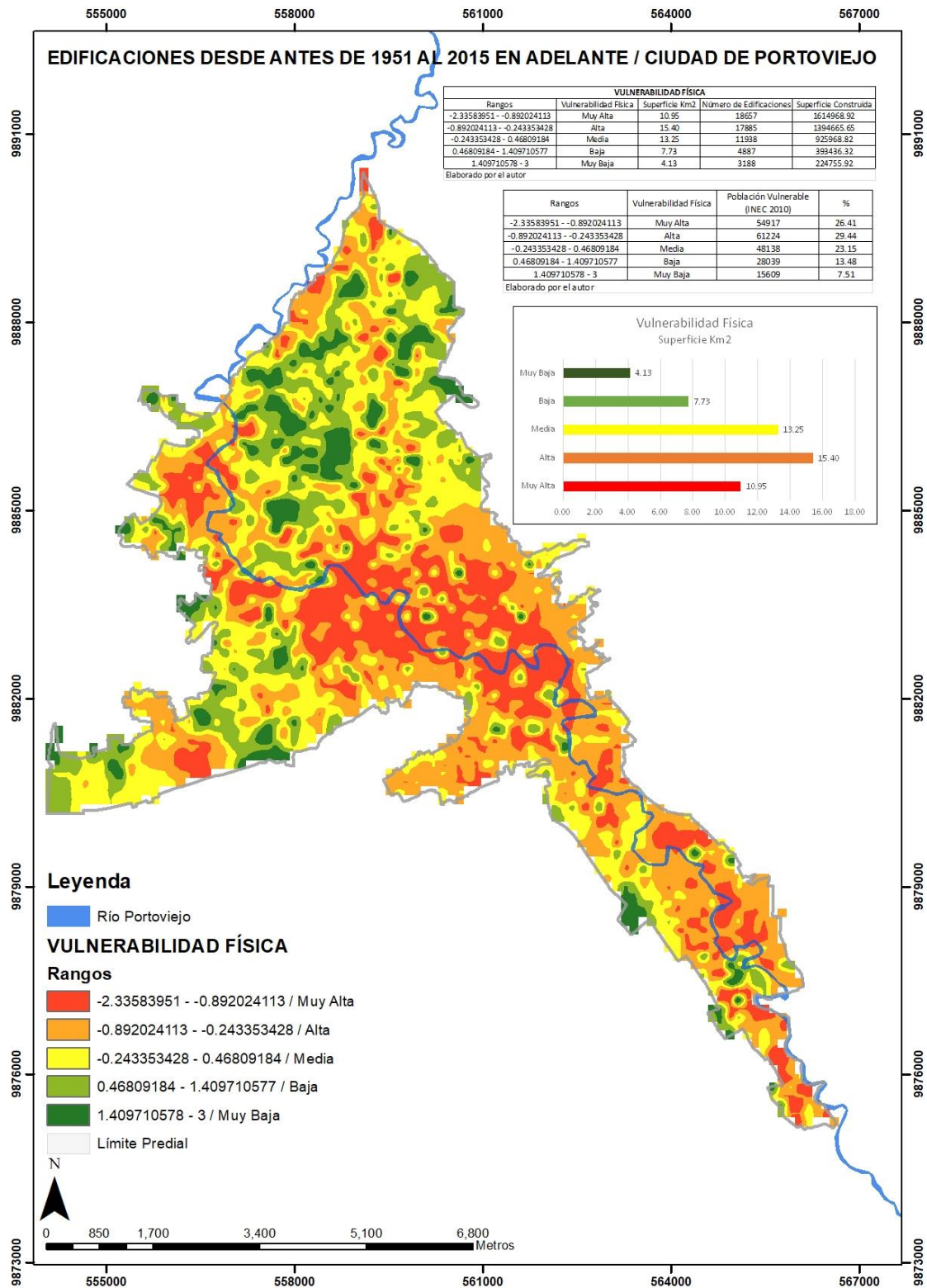
Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Continuando con los resultados finales de este análisis multivariable, el mapa resultante de vulnerabilidad física en el área total de estudio, como se muestra

en la Figura 32, denota que el rango de vulnerabilidad física muy alta está situado en el casco central de la ciudad, y, se distribuye en varios sectores, desarrollándose a partir de este centro. De igual manera, se determina el rango de vulnerabilidad física alta en la parte sureste de la ciudad, rodeando los bordes del río Portoviejo, en cambio, la zona norte, presenta una mejor condición, siendo de un rango de vulnerabilidad física baja y muy baja. Estos rangos identificados se muestran por separado en la Figura 33, donde se evidencia el territorio que ocupa cada uno.

Figura 32

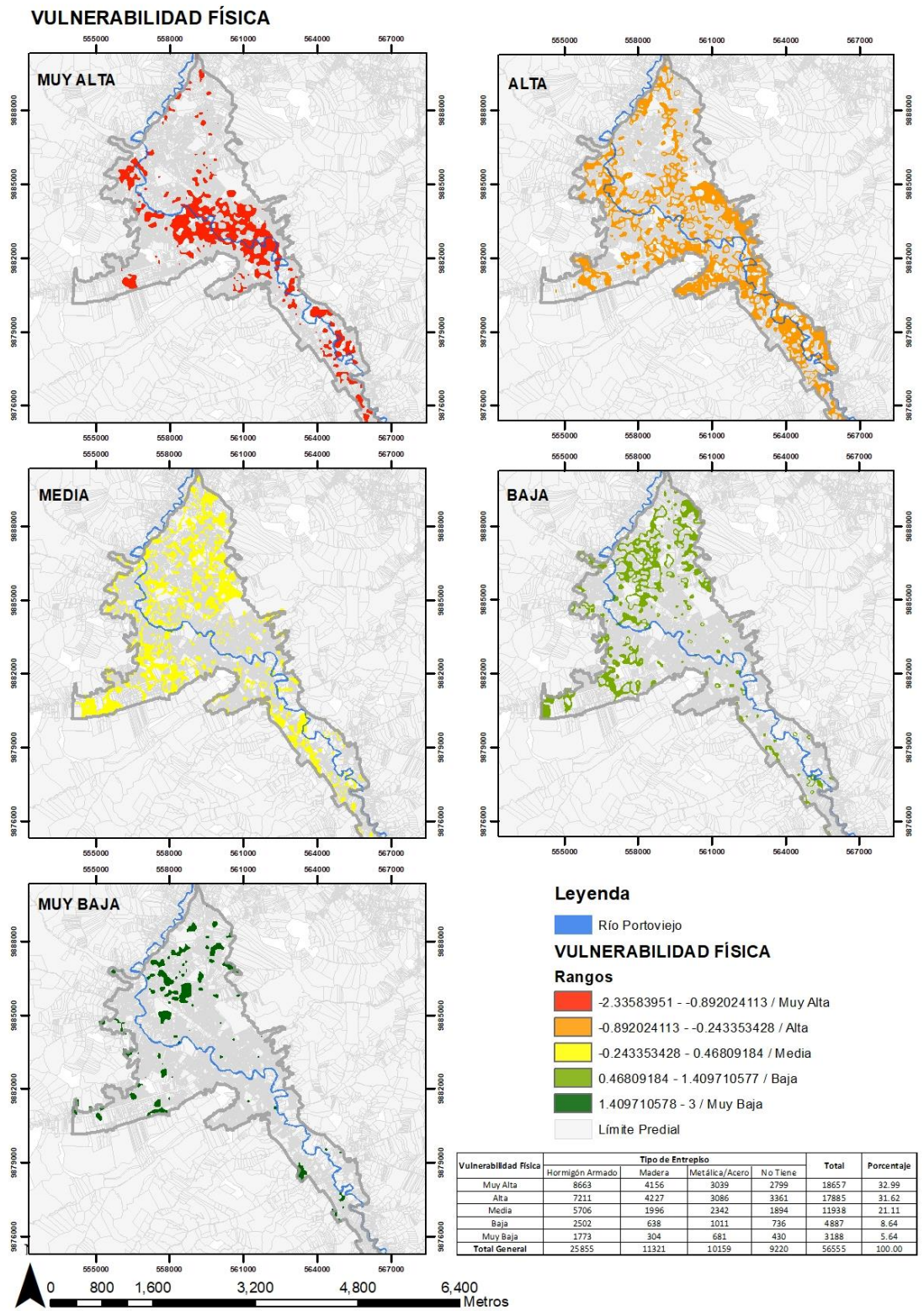
Mapa de Vulnerabilidad física.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Figura 33

Mapa de Rangos de vulnerabilidad física



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

De acuerdo a los rangos de vulnerabilidad física, también se estudió la tipología constructiva (entrepiso) que abarca cada uno de estos. En los cuales, se denota que, en el Anexo 14: *Mapa de Vulnerabilidad física muy alta en relación a las*

tipologías construidas, destaca la tipología de hormigón armado, con el 46.43%, en segundo lugar, predominó la tipología de madera, con el 22.28%, de forma seguida, la tipología metálica/acero con el 16.29%, y, por último, la tipología «no tiene», con el 15.00%. Por otro lado, en el Anexo 15: *Mapa de Vulnerabilidad física alta en relación a las tipologías construidas*, se demuestra que la tipología con mayor superficie construida también fue la de hormigón armado, siendo el 40.32%, de esta manera, la tipología de madera fue la segunda con mayor superficie construida, con el 23.63%, en cambio, la tipología «no tiene» abarcó el 18.79% y la metálica/acero el 17.25%. En el Anexo 16: *Mapa de Vulnerabilidad física media en relación a las tipologías construidas*, se identificó, la mayor superficie construida con hormigón armado, siendo el 47.80%, y, a diferencia de los demás rangos, en este destacó en segundo lugar la superficie construida con la tipología metálica/acero con el 19.62%, continuando, la tipología de madera con el 16.72% y la de «no tiene» con el 15.87%. Según el Anexo 17: *Mapa de Vulnerabilidad física baja en relación a las tipologías construidas*, predominó también la superficie construida con hormigón armado, con el 51.20%, además, la tipología metálica/acero con el 20.69%, por otro lado, la tipología «no tiene» abarcó el 15.06%, y, por último, la tipología de madera el 13.06%. En el último Anexo 18: *Mapa de Vulnerabilidad física muy baja en relación a las tipologías construidas*, destacó la tipología de hormigón armado, siendo el 55.61% de la superficie construida en este rango, con respecto a la tipología metálica/acero abarcó el 21.36%, así mismo la tipología «no tiene» con el 13.49%, y, finalmente, la tipología de madera, siendo el 9.54% de superficie construida en este rango. Estos resultados contribuyeron a reconocer específicamente las edificaciones, superficie construida y superficie urbana que predominaron en el análisis por cada rango de vulnerabilidad física.

Conclusiones

Una vez que hemos obtenido los resultados del análisis, se concluye que:

- Se evidencia que el 56.83% de las edificaciones urbanas de Portoviejo

poseen una calidad baja y muy baja, debido a las condiciones de incumplimiento de normativas constructivas (NEC-15).

- La relación estudiada entre la susceptibilidad sísmica y la calidad en la edificación, se denota que el 52.09% de las edificaciones se encuentran en alta y muy alta vulnerabilidad sísmica, como consecuencia de las condicionantes de las microzonas sísmicas, como la licuación.
- Se demuestra que el 56.83% se encuentra en una condición baja y muy baja, en cuanto al cumplimiento de los permisos de construcción. Además, se identifica que desde el año 2001 hasta el 2022, el 80.8% de edificaciones fueron construidas sin los permisos municipales respectivos, lo que demuestra un alto porcentaje de la comunidad que evita realizar los trámites de aprobación de planos y un deficiente control de edificaciones.
- Con respecto al análisis multivariable, se determinan tres aspectos de vulnerabilidad física: superficie urbana, superficie construida y población. Para lo cual, la superficie urbana de muy alta y Alta vulnerabilidad física representó el 51.21%, por otra parte, las edificaciones con muy alta y Alta vulnerabilidad física representaron el 66.09%, y, por último, con respecto a la población vulnerable, el 55.85% se encuentra con muy alta y alta vulnerabilidad física.
- De acuerdo a la línea de investigación de la AIU: Gestión de riesgos, vulnerabilidad y resiliencia, y, de la PUCE: Hábitat, infraestructura y movilidad; este estudio tuvo la finalidad de evidenciar a la ciudadanía que se debe construir respetando las normas de edificación vigentes; a su vez, haciendo un llamado a la sensibilización y concientización por parte de la municipalidad, para que exista una gestión eficiente de la edificabilidad vulnerable, que permita establecer la prevención de pérdidas humanas como materiales, y mediante la adaptación ante sismos, edificar una ciudad segura y sostenible en el tiempo, como lo establece el objetivo 11 de desarrollo sostenible.

Recomendaciones

- Mejorar los procesos y tramitología en las municipalidades para agilizar los permisos de construcción, evitando tantos obstáculos en la revisión,

generando procesos tecnológicos para la comunidad.

- Generar un plan de reforzamiento para mejorar la condición de las edificaciones, cambiando su rango de vulnerabilidad física, mediante el cumplimiento de la normativa vigente.
- Incluir a los profesionales técnicos en arquitectura e ingenierías, para que sean parte de la gestión de la edificabilidad, disminuyendo la vulnerabilidad física.
- Generar un plan comunicacional para la comunidad indicando la importancia de construir técnicamente, incentivando a que la ciudadanía obtenga los permisos de construcción respectivos.
- Las municipalidades deben trabajar en conjunto con los gremios profesionales técnicos para que los procesos de aprobación de planos sean revisados de acuerdo a cada realidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, R. (2010). Peligrosidad sísmica del Ecuador y descripción de los puentes construidos sobre el estuario del río Esmeraldas, con aisladores de base FPS. . *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 15.
- Aguiar, R., & Miele, Y. (2016). Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras.*, 21(3), 257–282.
- Aldas Manzano, J., & Uriel Jimenez, E. (2017). *Análisis multivariante aplicado con R*. (S. A. Ediciones Paraninfo, Ed.; 2nd ed.).
- Alva Velasquez, G., & Bendezú Carranza, R. (2015). *Diagnóstico de vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada de la zona PPJJ la Libertad - Chimbote* [Grado, Universidad Nacional del Santa].
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2720>
- Auza, M., & Sanabria, N. (2012). *Análisis Multi-temporal* (Universidad Mayor de San Simón, Ed.). Maestría en Ciencias de la Geo-Información y Observación de la Tierra.
- Barbat, A. (1998). *El riesgo sísmico en el diseño de edificios* (Calidad siderúrgica, Ed.). Cuadernos técnicos.
- Bermúdez, N., Cabrera, S., Carrión, A., del Hierro, S., Echeverría, J., Godard, H., & Moscoso, R. (2016). La investigación urbana en Ecuador (1990-2015): cambios y continuidades. In P. Metzger, J. Rebotier, J. Robert, P. Urquieta, & P. Vega-Centeno (Eds.), *La cuestión urbana en la región andina: miradas sobre la investigación y la formación* (pp. 117–173). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Cabezas, J. (2016). *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Edificio de la Facultad de Comunicación Social, de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-RE, 2015)*. Universidad Central del Ecuador.
- Carrión, A., Giunta, I., Mancero, A., & Jiménez, G. (2017). *Posterremoto, gestión de riesgos y cooperación internacional: Ecuador*. Instituto de Altos Estudios Nacionales.
https://books.google.com.ec/books/about/Posterremoto_gesti%C3%B3n_de_riesgos_y_cooperaci%C3%B3n_internacional:_Ecuador_.html?id=fjHTvQEACAAJ&redir_esc=y

- Carrión, F. (1987). La urbanización ecuatoriana. *Mondes En Développement*, 15(60), 113–127.
- Castillo Peñaherrera, C., & Santillán Berrones, J. (2021). ¿Qué aprendimos del terremoto de abril de 2016? Respuesta del Gobierno ecuatoriano a la emergencia. *Estudios de La Gestión. Revista Internacional de Administración*, 1(10), 33–53. <https://doi.org/10.32719/25506641.2021.10.2>
- Castro, M. P., & Miranda, H. (2021). La urbanización en Ecuador y la importancia de la planificación estatal en la creación de una ciudad intermedia (2007-2017): el caso de Milagro. *Territorios*, 44, 113–141. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.9202>
- CEPAL. (2015). *Organización de Naciones Unidas*. Acerca de Desarrollo Sostenible. <https://www.cepal.org/es/temas/desarrollo-sostenible/acerca-desarrollo-sostenible>
- Collazos, E. (2006). *Escenarios de crecimiento urbano en el municipio de Tiquipaya a partir de evaluación espacial multicriterio*.
- Correa, M., & Alfaro, A. (2011). Necesidad de la revisión de los estudios de amenaza sísmica a raíz del sismo de Tohoku de 2011. *Tecnura*, 15(30), 82–92.
- Couret, D. G., & Párraga, J. F. V. (2019). Evolución de la vivienda de interés social en Portoviejo. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 12(23). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu12-23.evis>
- Diebold, J., Moore, K., Hale, T., & Mochizuki, G. (2008, October 12). SEAOC Blue Book: Seismic Design Recommendations 1959 to 2008. *The 14 Th World Conference on Earthquake Engineering*.
- Escuela Politécnica Nacional. (2017). *Estudio de la microzonificación sísmica del área urbana de Portoviejo y sus cabeceras parroquiales rurales*.
- Fernández, I., Gómez, A., Carchipulla, N., Bonucci, & Pavón, M. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de 97 edificaciones de la “Comuna Santa Clara de San Millán.” *EÍDOS UTE Revista*.
- González-Muzzio, C. (2015, October). Metodologías para evaluación rápida de la vulnerabilidad de instalaciones esenciales y edificios patrimoniales. *Workshop Ciudades En Transformación: Cambio Climático Global, Desastres Naturales y Resiliencia Urbana*.
- Iglesias Asenjo, S., Irigaray Fernández, C., & Chacón Montero, J. (2006). Análisis

- del riesgo sísmico en zonas urbanas mediante Sistemas de Información Geográfica. Aplicación a la ciudad de Granada. *Cuadernos Geográficos*, 39(1), 147–166. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17103909>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1976). *Guía Popular de Construcción Sismo Resistente*.
- Instituto Geofísico. (2013). *Un día como hoy*.
- Instituto Geofísico. (2016, April 17). *Informe técnico del sismo de Pedernales*. <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1317-informe-sismico-especial-n-13-2016>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). *Base de Datos – Censo de Población y Vivienda*. INEC.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2016). *Síntesis Metodológica Encuesta de Edificaciones 2015 (Permisos de Construcción)*.
- International Conference of Building Off. (1998). *Handbook to the Uniform Building Code: an Illustrative Commentary*. .
- Jurado Amaluisa, L. (2016). *Comparación entre la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 aplicadas al análisis estructural del edificio “Manuela Sáenz” mediante el uso del programa CYPECAD*. Universidad Técnica de Ambato.
- Khamis, M., Osorio, C., & UNESCO Office Santiago and Regional Bureau for Education in Latin America and the Caribbean. (2012). *Análisis de riesgos de desastres en Chile: VII Plan de Acción DIPECHO en Sudamérica, 2011-2012*.
- Lafuente, M. (2014). *Las normas sísmicas de edificaciones en Venezuela y otros países de América Latina*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Lanas Medina, E., & Espinoza Santeli, G. (2018). Lineamientos para una propuesta de política pública de recuperación productiva: Manabí 2016. *Revista de Derecho*, 1(30), 81–105. <https://doi.org/10.32719/26312484.2018.30.5>
- Larrea, C. (1983). *El sector agro-exportador y su articulación en la economía ecuatoriana*.
- Lizmová, N. (2007). Análisis de mapas como un método de investigación de fenómenos naturales y socioeconómicos. *Luna Azul*, 24, 74–80. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321727226010>

- López Sandoval, M. F. (2015). El sistema de planificación y el ordenamiento territorial para Buen Vivir en el Ecuador. *Geosp – Espaço e Tempo*, 19(2), 297–312.
- Mendes, K. (2016). *Ciudad segura frente a desastres* (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas FUNVISIS, Ed.; Vol. 7). Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología FONACIT. https://issuu.com/anarosamassieu/docs/fasc_7_sin_logos_final_04-06-19_corr
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Preguntas y Respuestas. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC.* .
- Molina, R. (2009). *Historia de Portoviejo* (Ediciones La Tierra, Ed.; 1st ed.). Municipalidad de Portoviejo.
- Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. CreateSpace Independent Publishing. <https://volaya.github.io/libro-sig/>
- Ordóñez-Díaz, M. M., Montes-Arias, L. M., & Garzón-Cortes, G. D. P. (2017). Importancia de la educación ambiental en la gestión del riesgo socio-natural en cinco países de América Latina y el Caribe. *Revista Electrónica Educare*, 22(1), 1. <https://doi.org/10.15359/ree.22-1.17>
- Pachano, W., Durán Ballén, S., & Moreno Loor, L. (1951). *Plan regulador de Ambato*. (Memoria del proyecto del plan regulador de Ambato., S. Durán-Ballén, L. Moreno Loor, & Ecuador, Eds.). Talleres Gráficos Nacionales.
- Palacios, N. M., Zambrano, J. L., & Ubillus, M. A. (2019). La inversión pública y la reducción de la pobreza en la ciudad de Portoviejo. *ECA Sinergia*, 10(2), 7. https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v10i2.1423
- Petrovski, J. (1978). Microzonificación sísmica y problemas conexos. In Editorial Blume (Ed.), *Terremotos: evaluación y mitigación de su peligrosidad* (1st ed., pp. 48–65).
- Plan Reconstruyo Ecuador, C. P. (2016). *Informe Trimestral de Gestion (mayo-agosto de 2016)*.
- Portal Único de Tramites Ciudadanos. (2020). *Emisión de Permiso de Construcción*. <https://www.gob.ec/gadmcr/tramites/emision-permiso-construccion>
- Pulido, N., Yoshimoto, M., & Sarabia, A. (2020). Broadband wavelength slip model of the 1906 Ecuador-Colombia megathrust-earthquake based on

- seismic intensity and tsunami data. *Tectonophysics*, 774.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tecto.2019.228226>
- Quinatoa, J. (2022). *Evolución histórica de las Normativas de diseño sismo resistente en América Latina. Casos de estudio: Colombia, Ecuador, Perú y Chile* [Grado]. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Quizhpi Gómez, R. M., & Arévalo Barba, J. P. (2017). *Análisis de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC_2015 y Verificación Física y Normativa en la Ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.
- Reyes, M. (2017, October 3). *Seguridad de las construcciones en una ciudad sísmica*.
- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). *Breves Fundamentos sobre los Terremotos en el Ecuador* (Corporación Editora Nacional, Ed.; 1st ed.).
- Roa Muñoz, F., & Rodríguez Zárate, G. (2015). *Compendio histórico legal de las Licencias Urbanísticas y/o de Construcción* [Grado]. Universidad Militar Nueva Granada.
- Salgado, G. (1995). *Del desarrollo al espejismo: El tránsito de la economía ecuatoriana en los años 60 y 70* (Corporación Editora Nacional, Ed.).
- Sánchez, R. (2011). La microzonificación sísmica para la reducción del riesgo sísmico. *Revista de La Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 26(2), 3–6.
- Torres, J. (2017). *Estado central, gobierno local y población ambateña en la reconstrucción de la urbe tras el terremoto del 5 de agosto de 1949* [Posgrado]. Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador.
- UNGRD. (2020, May 22). *Mitigar la vulnerabilidad es responsabilidad de todos*. Gobierno de Colombia. <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2020/Mitigar-la-vulnerabilidad-es-responsabilidad-de-todos.aspx#:~:text=Vulnerabilidad%20f%C3%ADsica%3A%20Est%C3%A1%20asociada%20con,el%20impacto%20de%20diversos%20eventos>.
- UNISDR. (2010). *Diagnóstico de la Situación de Reducción de Desastres en Chile*.
- Valencia, N. (2017, July 17). *Shigeru Ban en TED: los terremotos no matan*

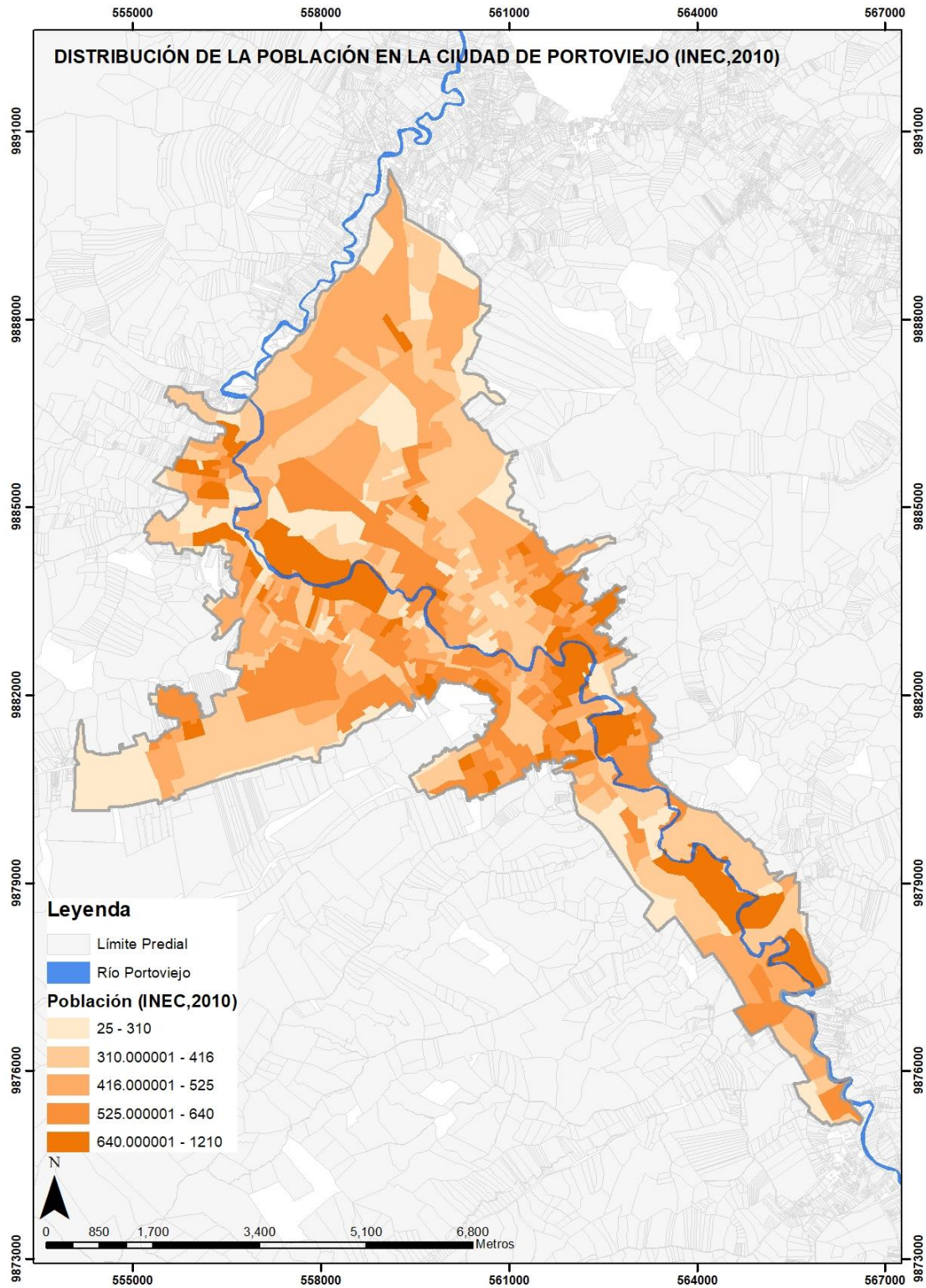
gente, pero el colapso de los edificios sí. Plataforma Arquitectura.

- Villamarín Mosquera, L., & Grunauer Zambrano, J. (2017). Ecuador, políticas públicas ante desastres naturales: análisis de caso. *Conference Proceedings UTMACH*, 1(1), 210–213. <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach>
- Viscarrí, J. (2017). *Tendencias del Mercado de la Construcción en Quito-Ecuador* [Posgrado]. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Vizúete, V. (2011, March 21). *La informalidad en la construcción es el mayor riesgo en un terremoto.* Instituto Geofísico.

ANEXOS

Anexo 1

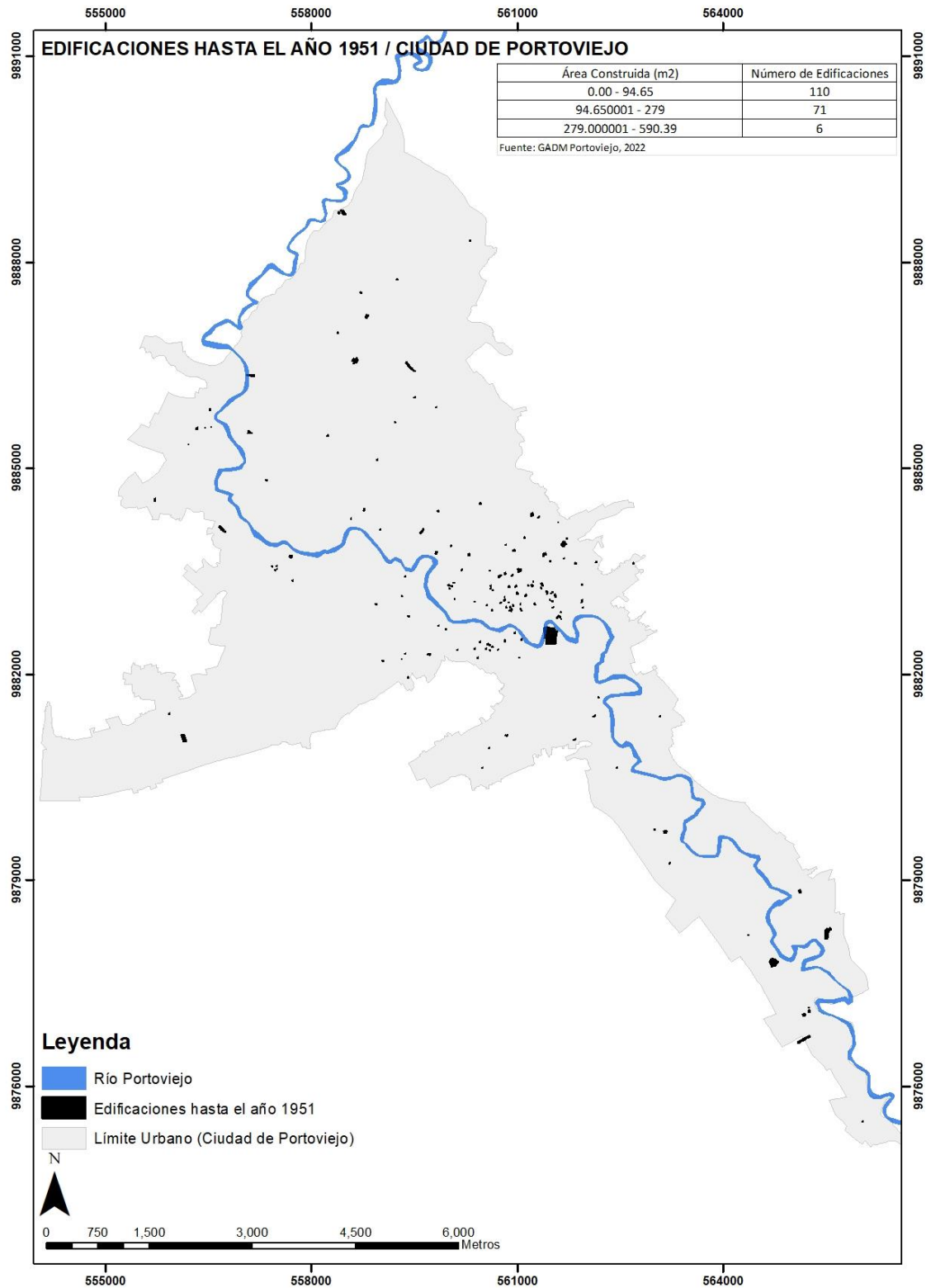
Mapa de la distribución de la población en el límite urbano de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio en base al INEC (2010).

Anexo 2

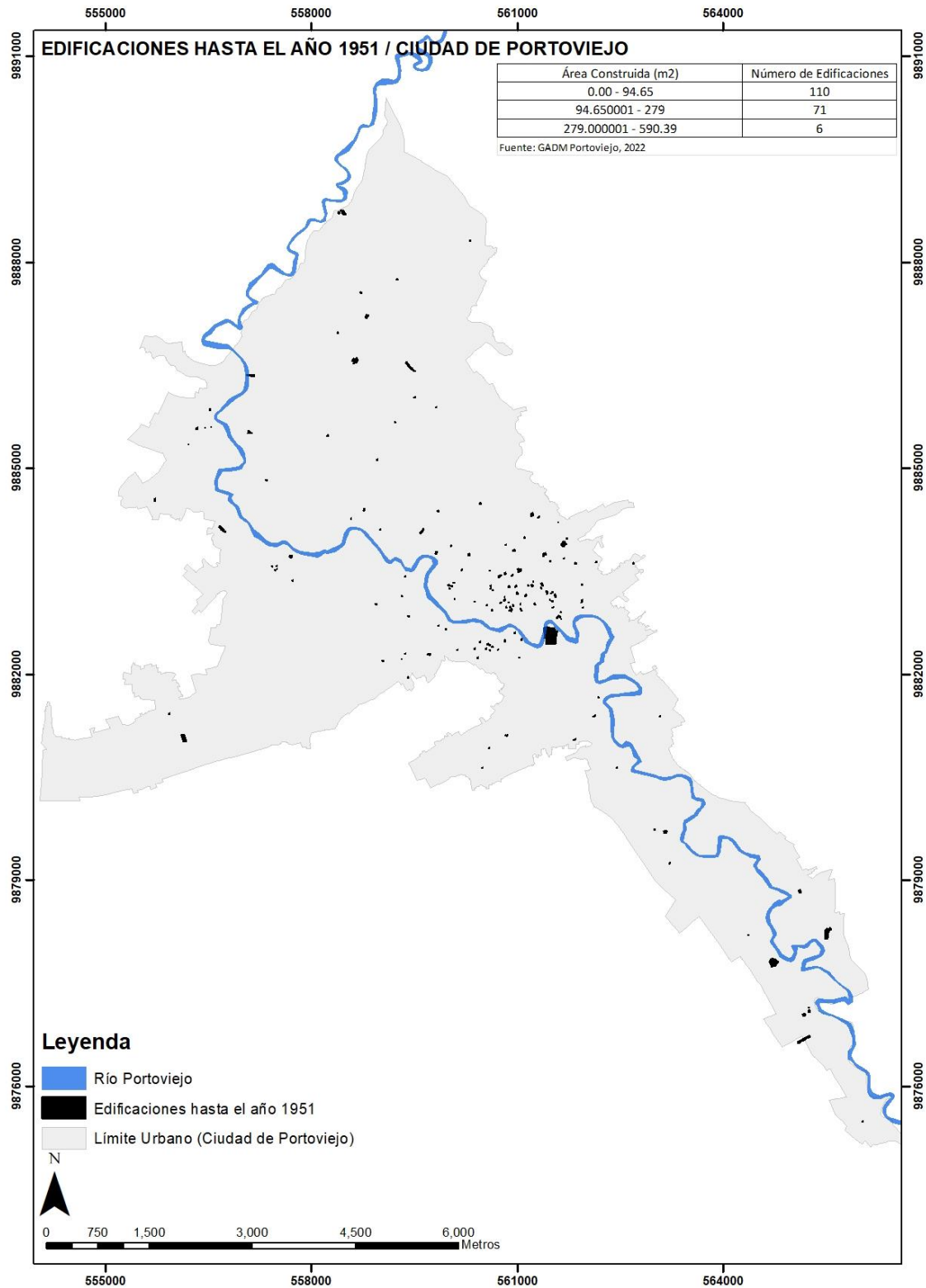
Mapa de edificaciones construidas hasta el año 1951 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 3

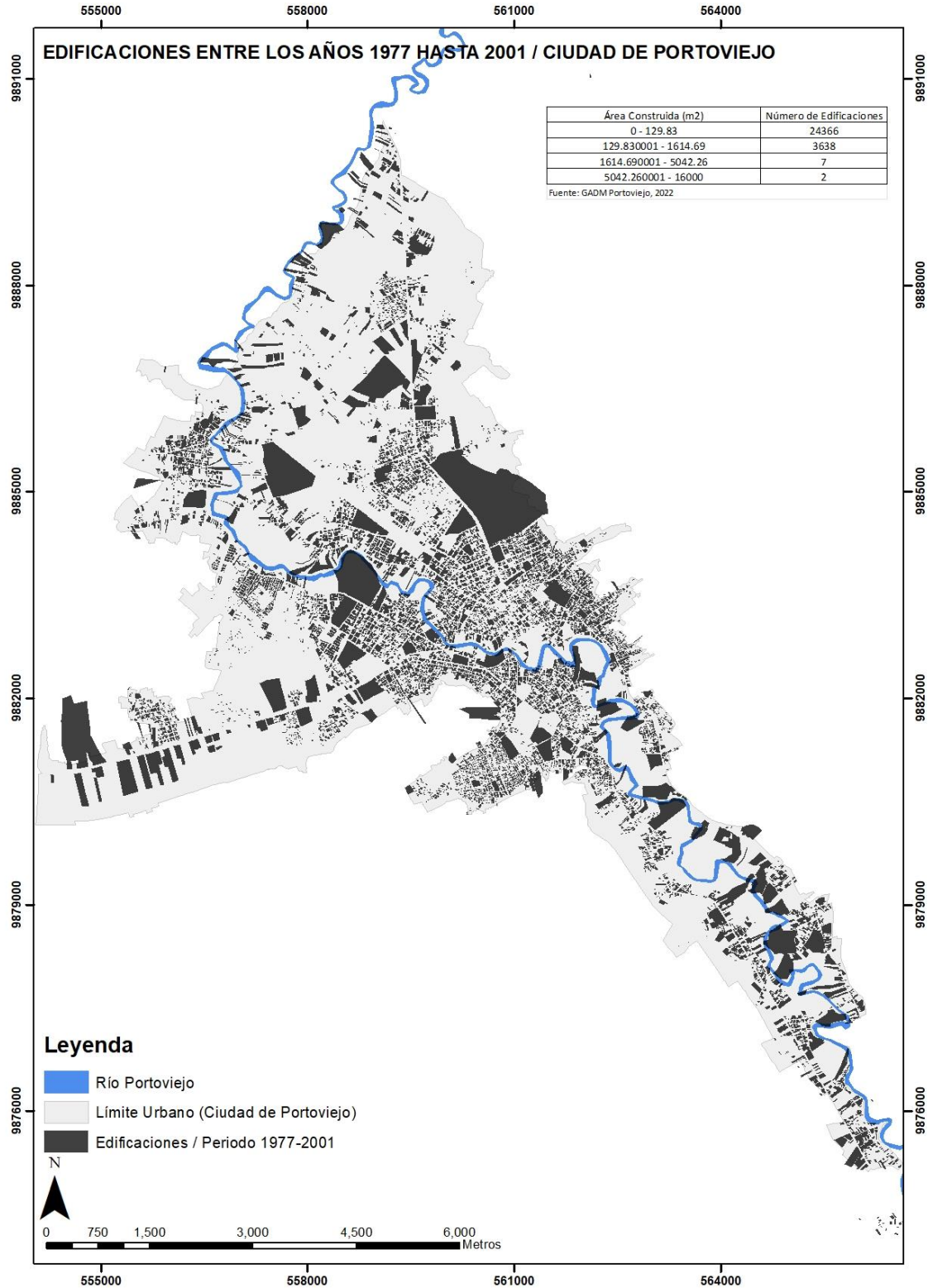
Mapa de edificaciones construidas desde el año 1951 a 1977 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 4

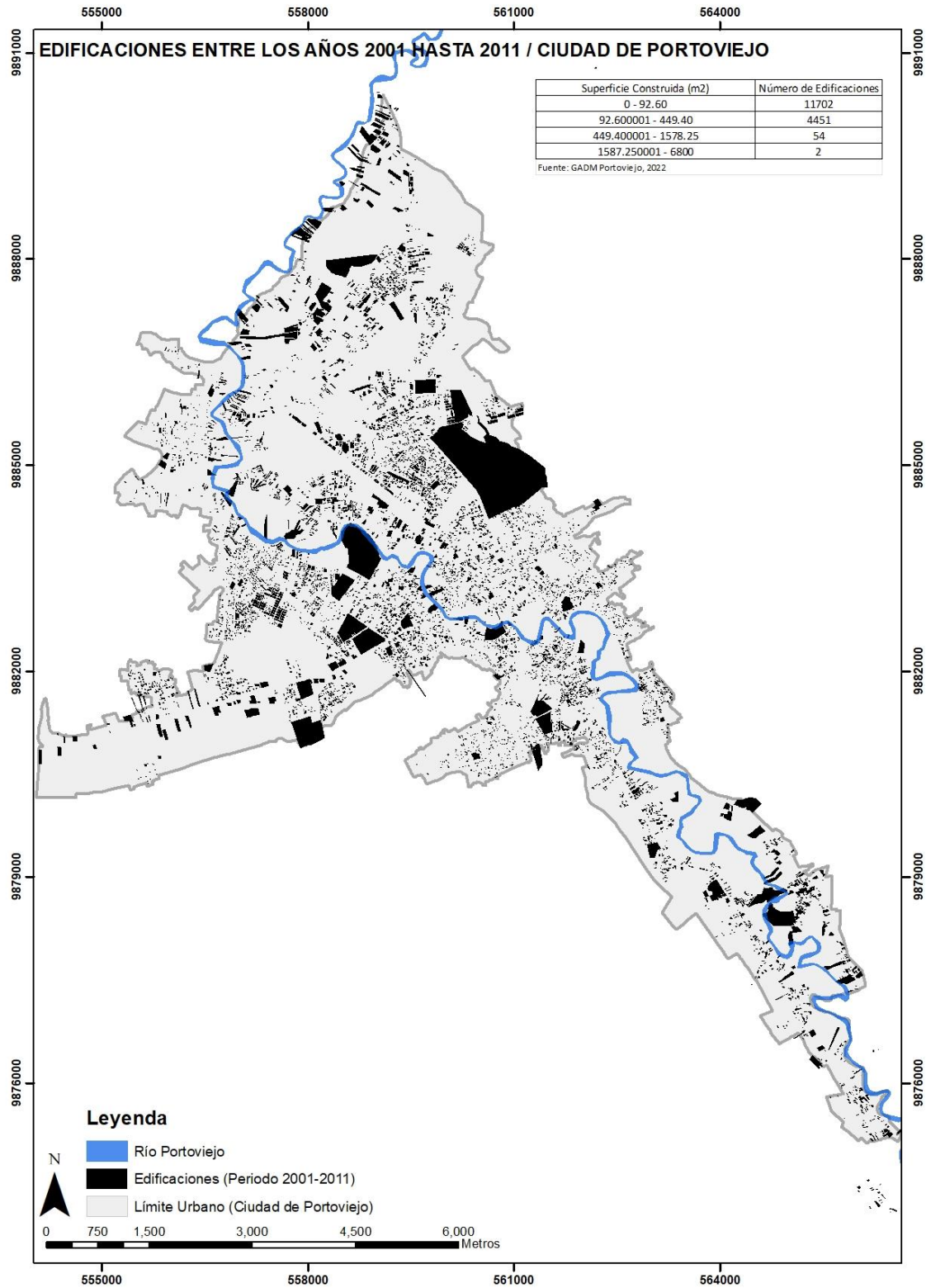
Mapa de edificaciones construidas desde el año 1977 al 2001 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 5

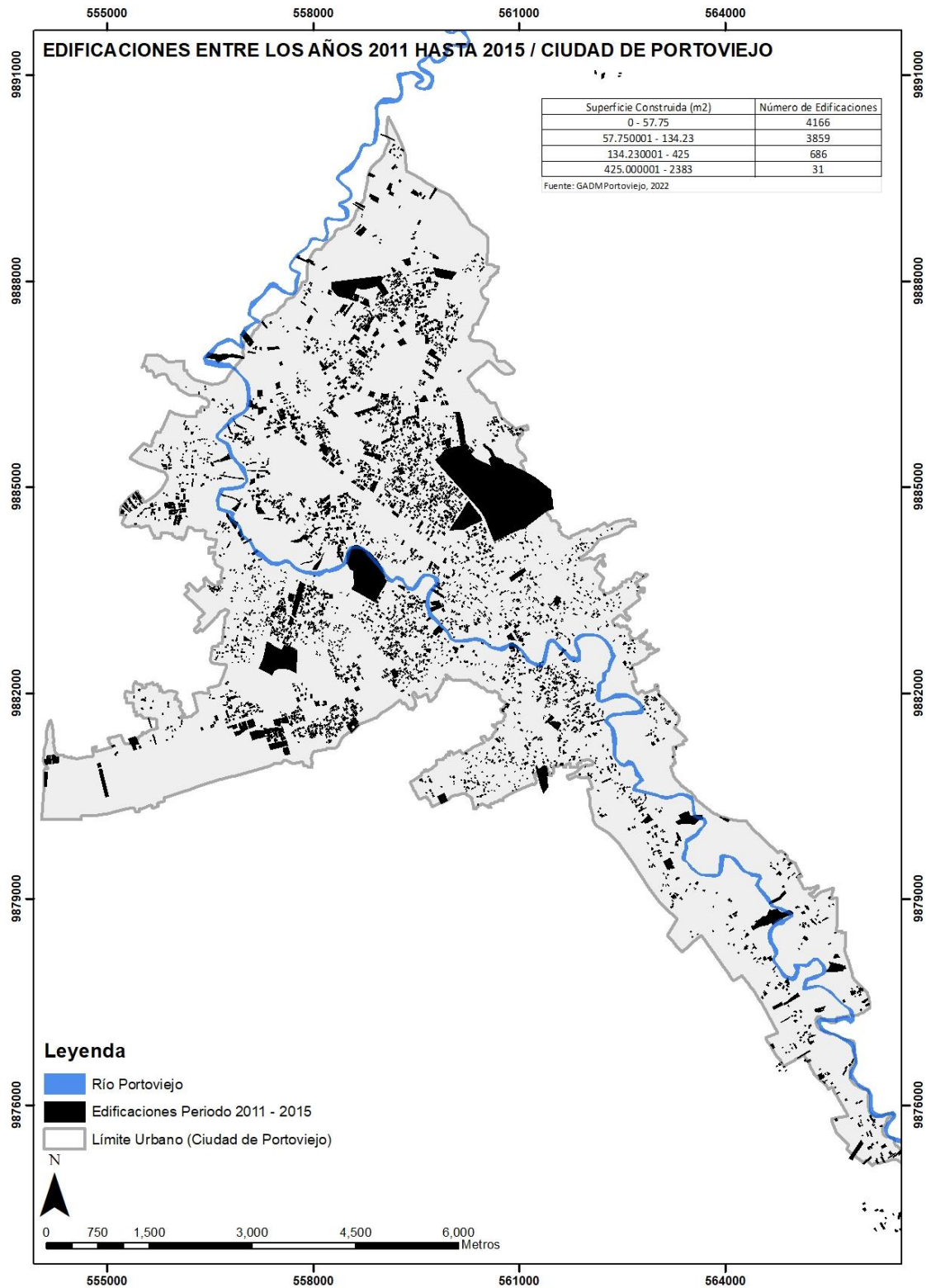
Mapa de edificaciones construidas desde el año 2001 al 2011 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 6

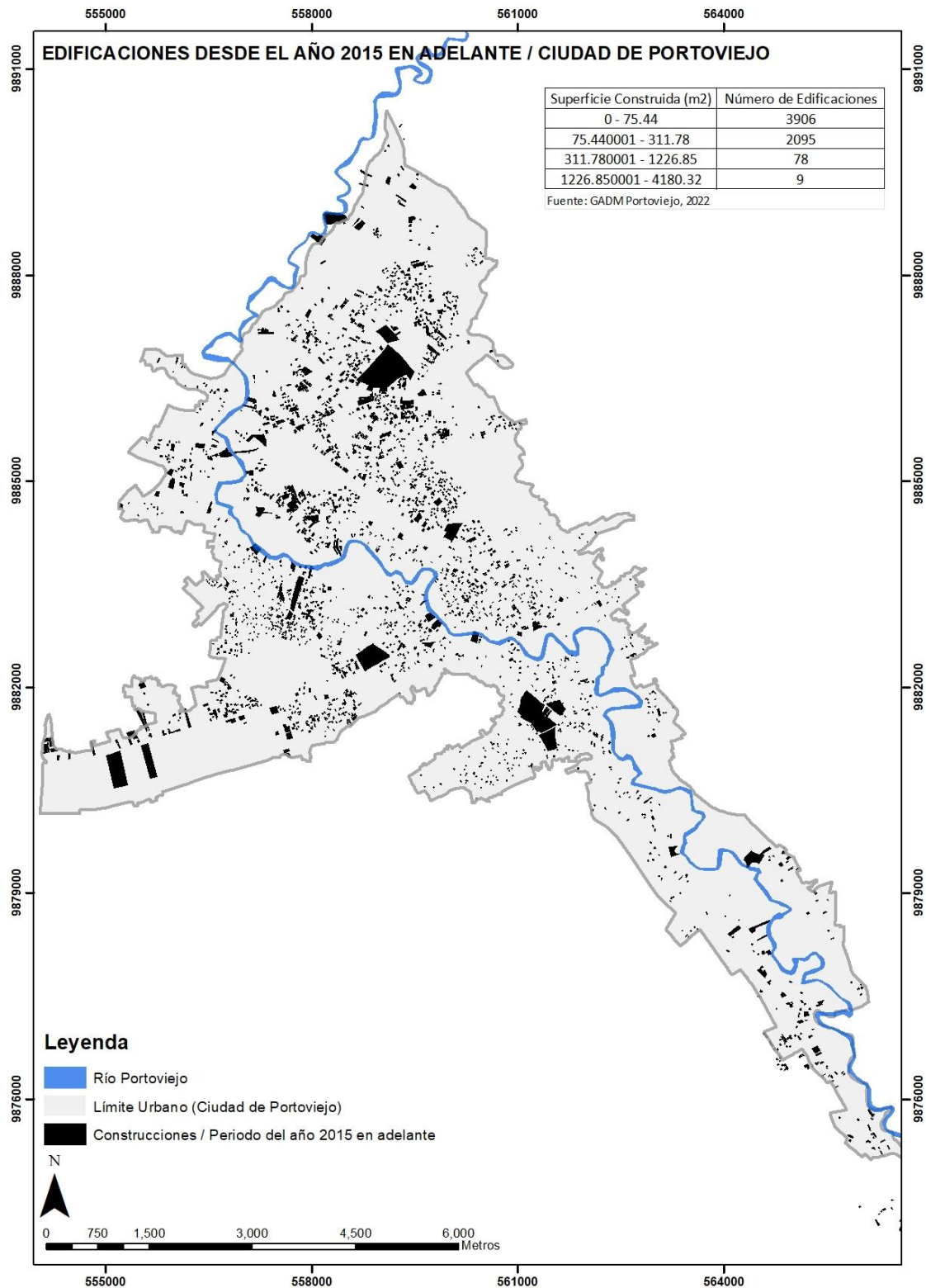
Mapa de edificaciones construidas desde el año 2011 al 2015 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 7

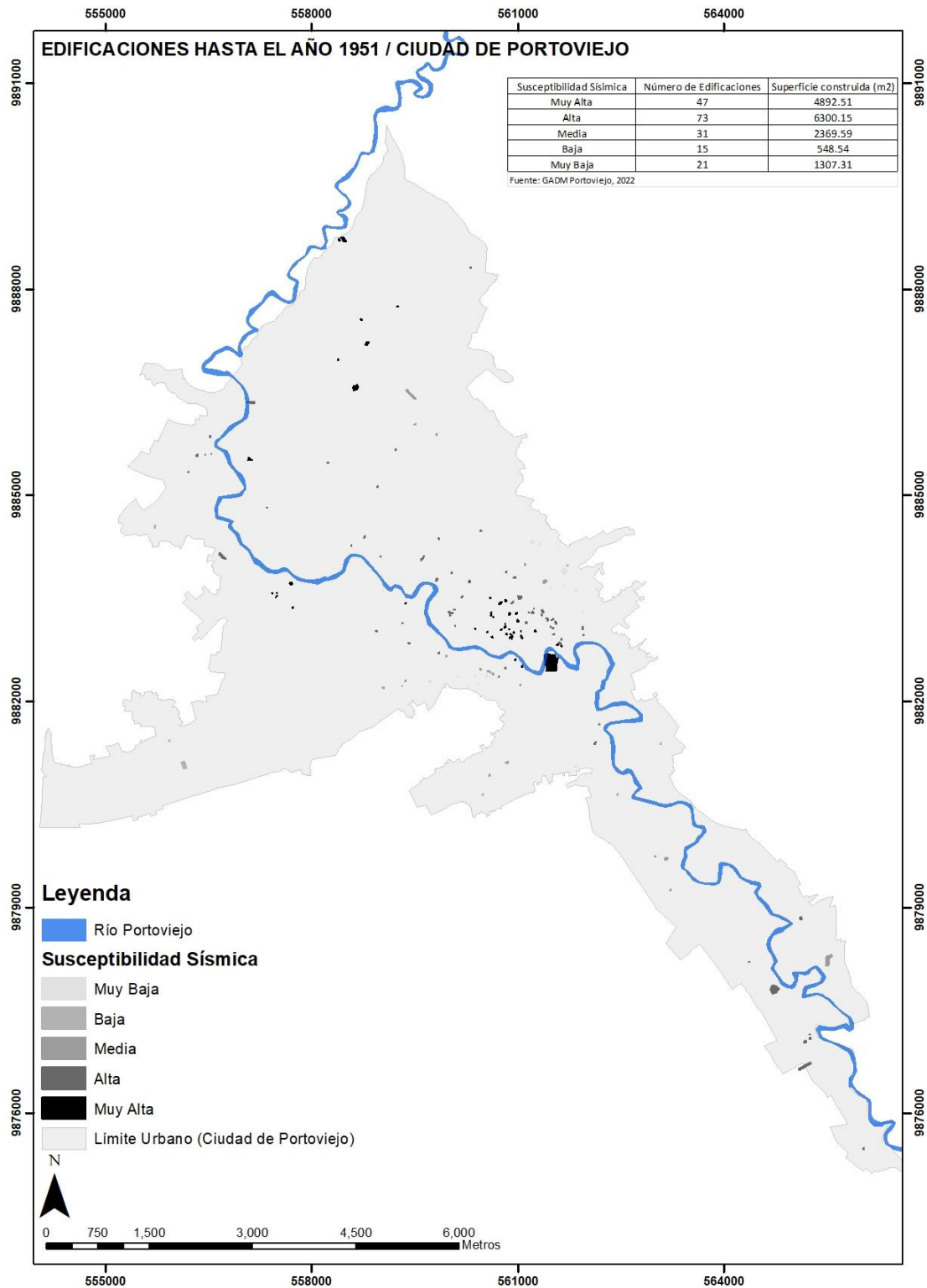
Mapa de edificaciones construidas desde el año 2015 al 2022 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 8

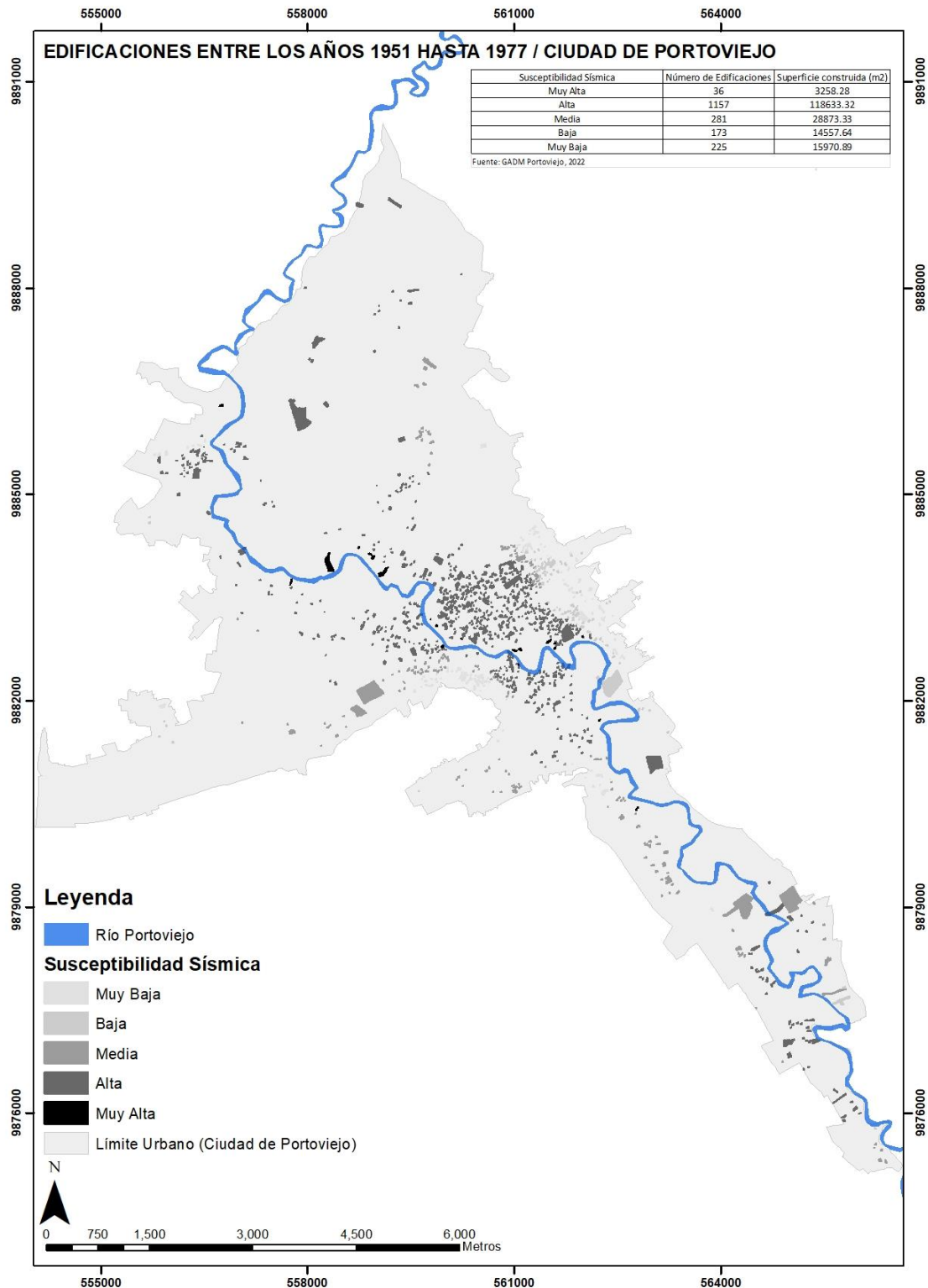
Mapa de Susceptibilidad sísmica de las edificaciones hasta el año 1951 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 9

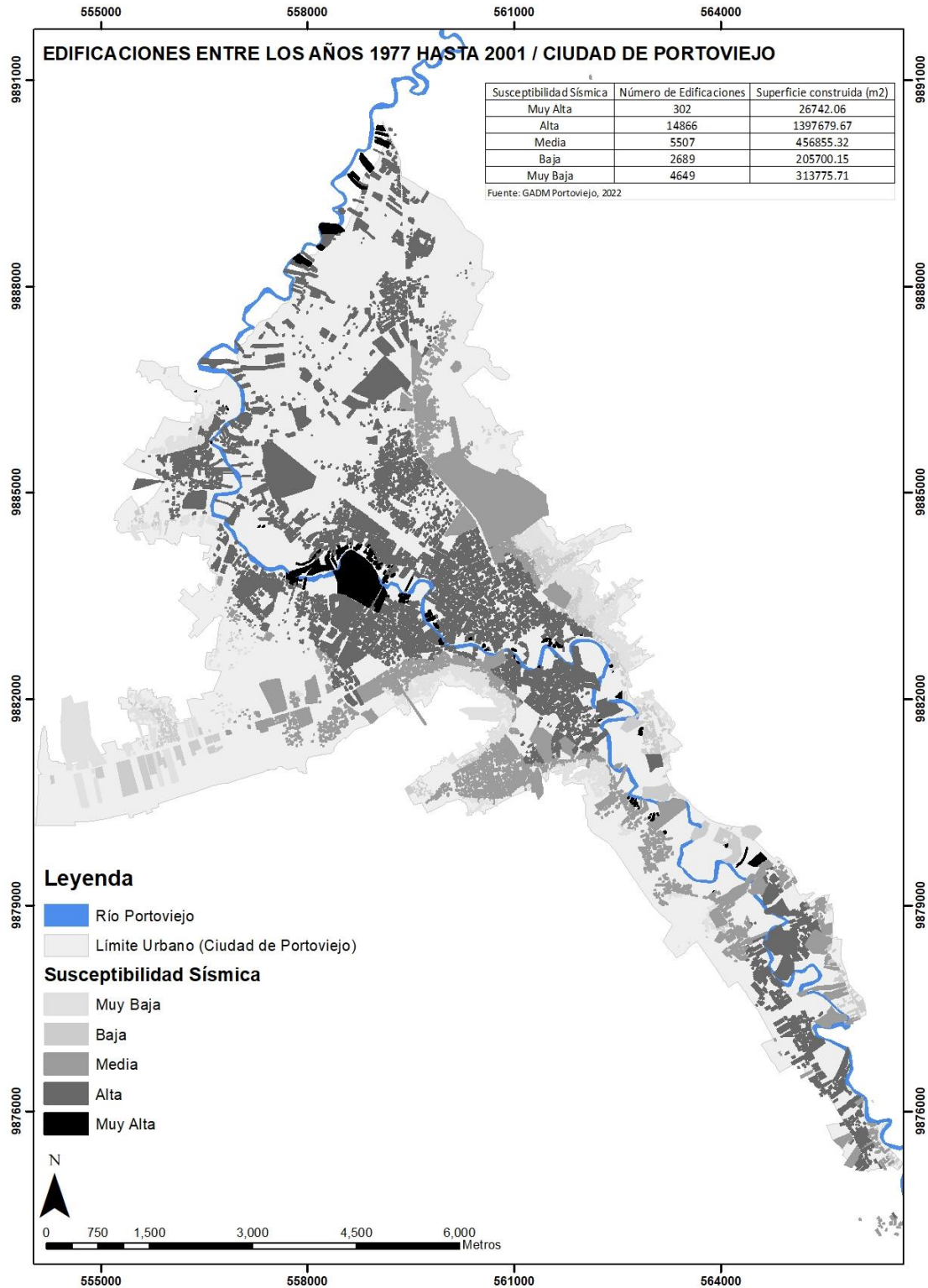
Mapa de Susceptibilidad sísmica de las edificaciones desde el año 1951 a 1977 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 10

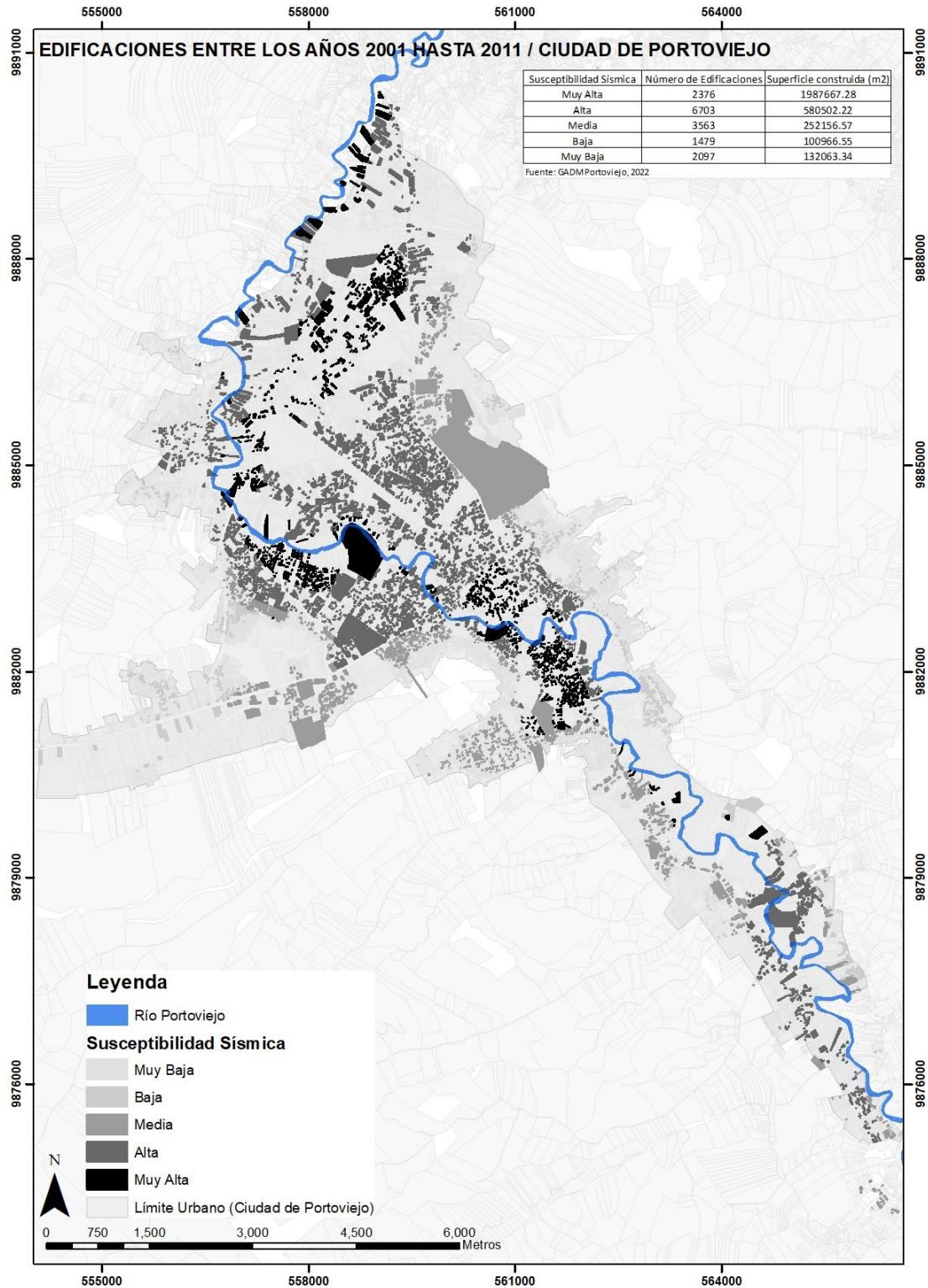
Mapa de Susceptibilidad sísmica de las edificaciones desde el año 1977 a 2001 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 11

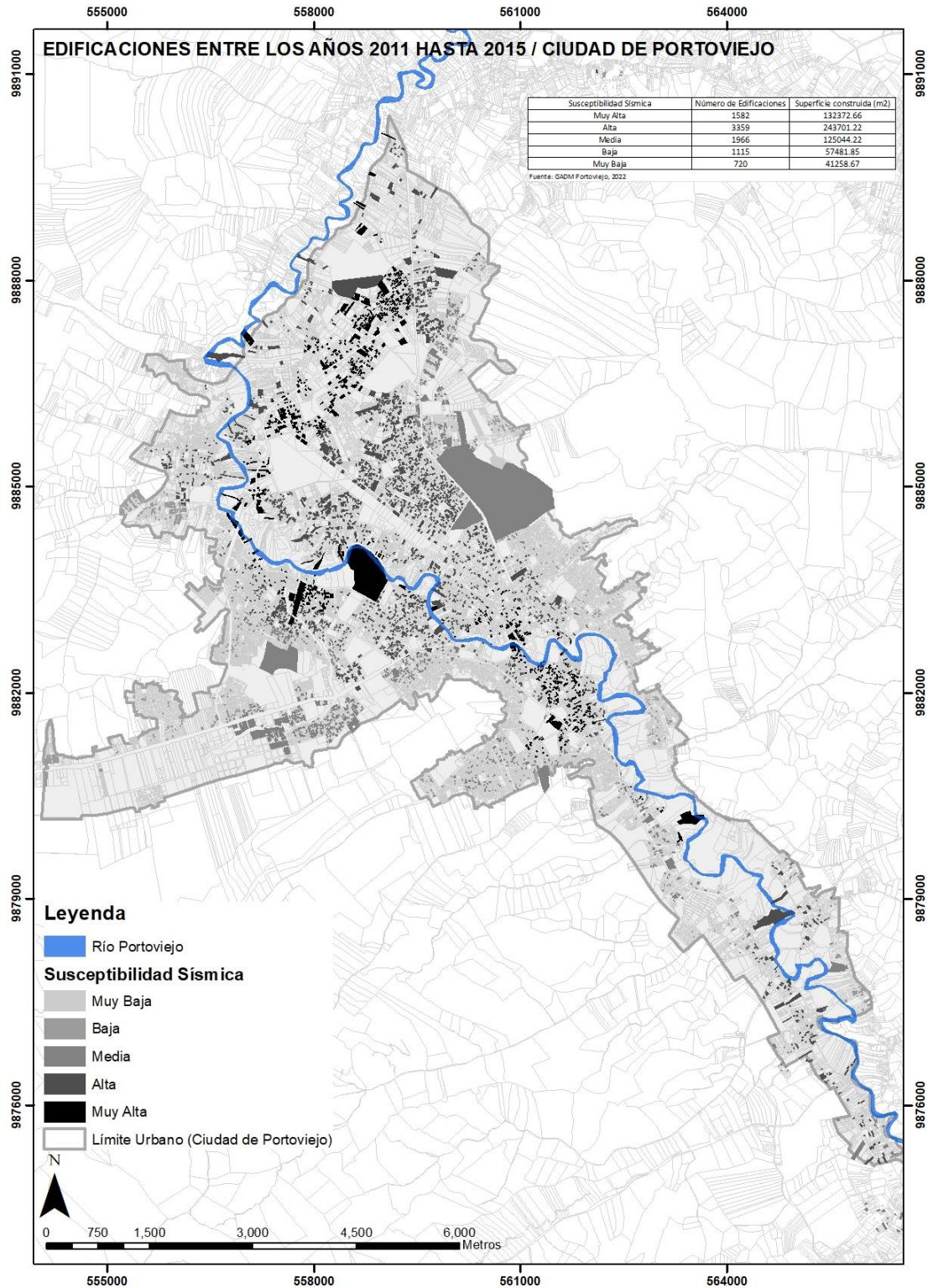
Mapa de Susceptibilidad sísmica de las edificaciones desde el año 2001 a 2011 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 12

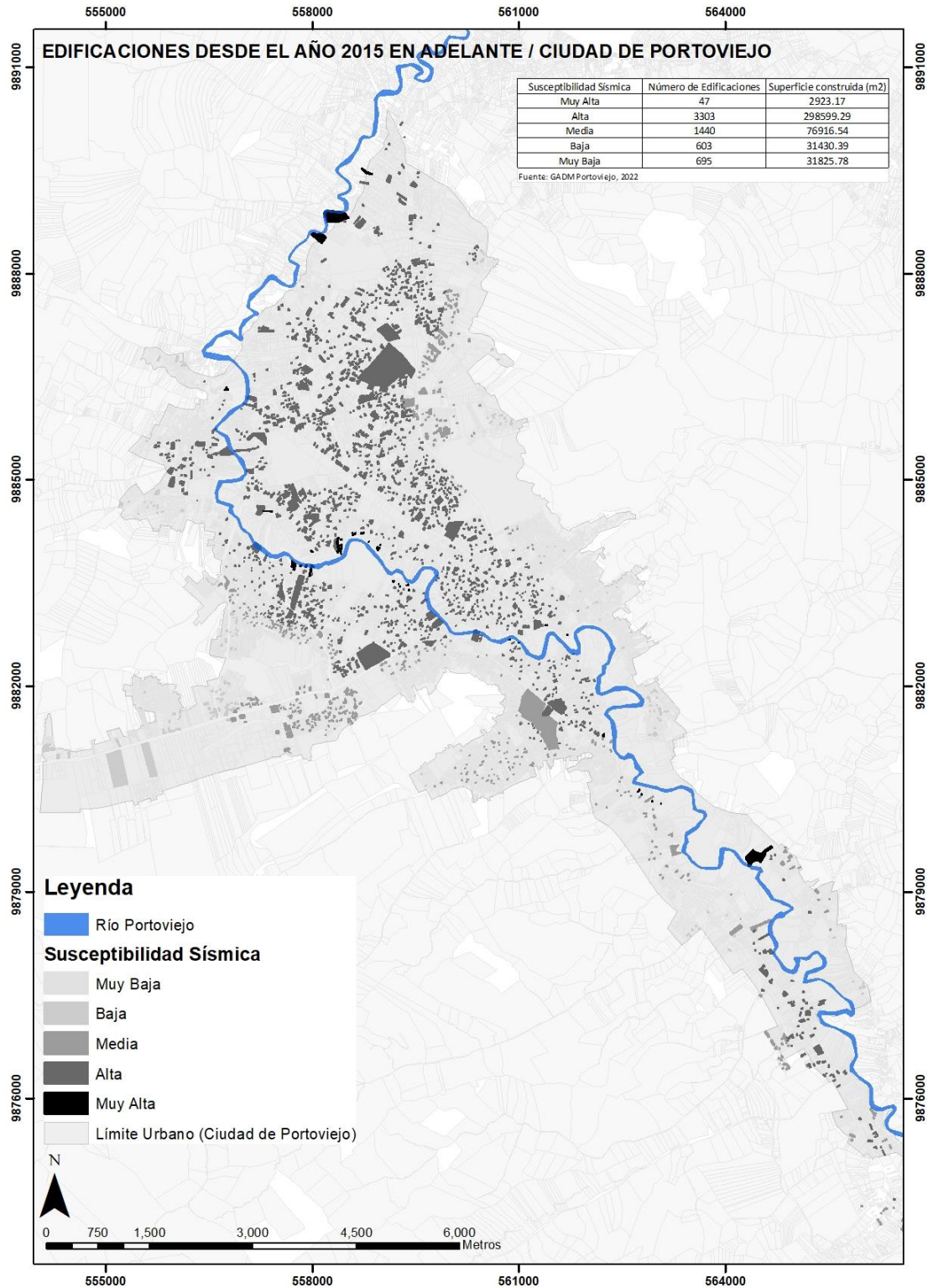
Mapa de Susceptibilidad sísmica de las edificaciones desde el año 2011 a 2015 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 13

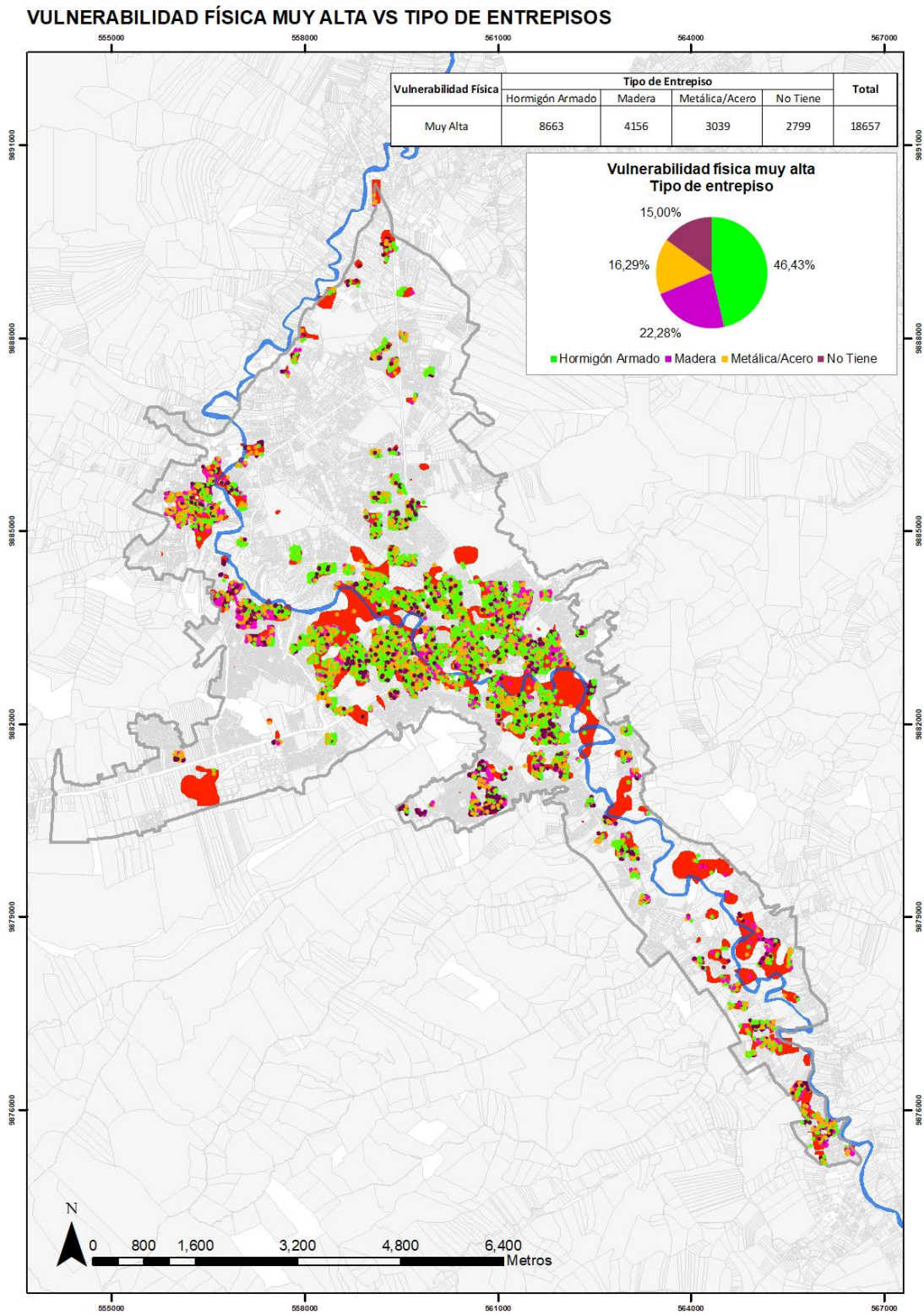
Mapa de Susceptibilidad sísmica de las edificaciones desde el año 2015 a 2022 en el límite urbano actual de la ciudad de Portoviejo.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 14

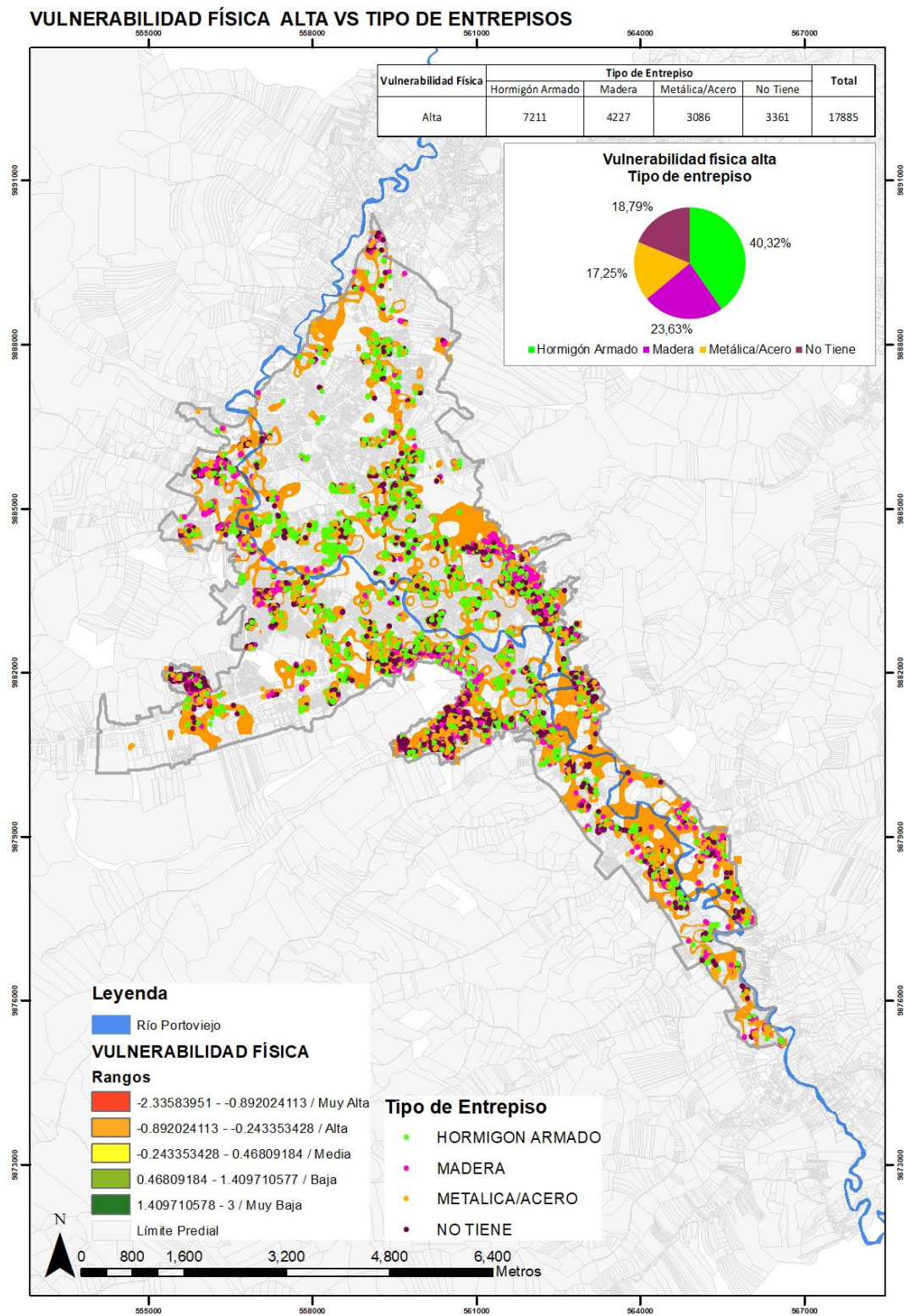
Mapa de Vulnerabilidad física muy alta en relación a las tipologías construidas.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 15

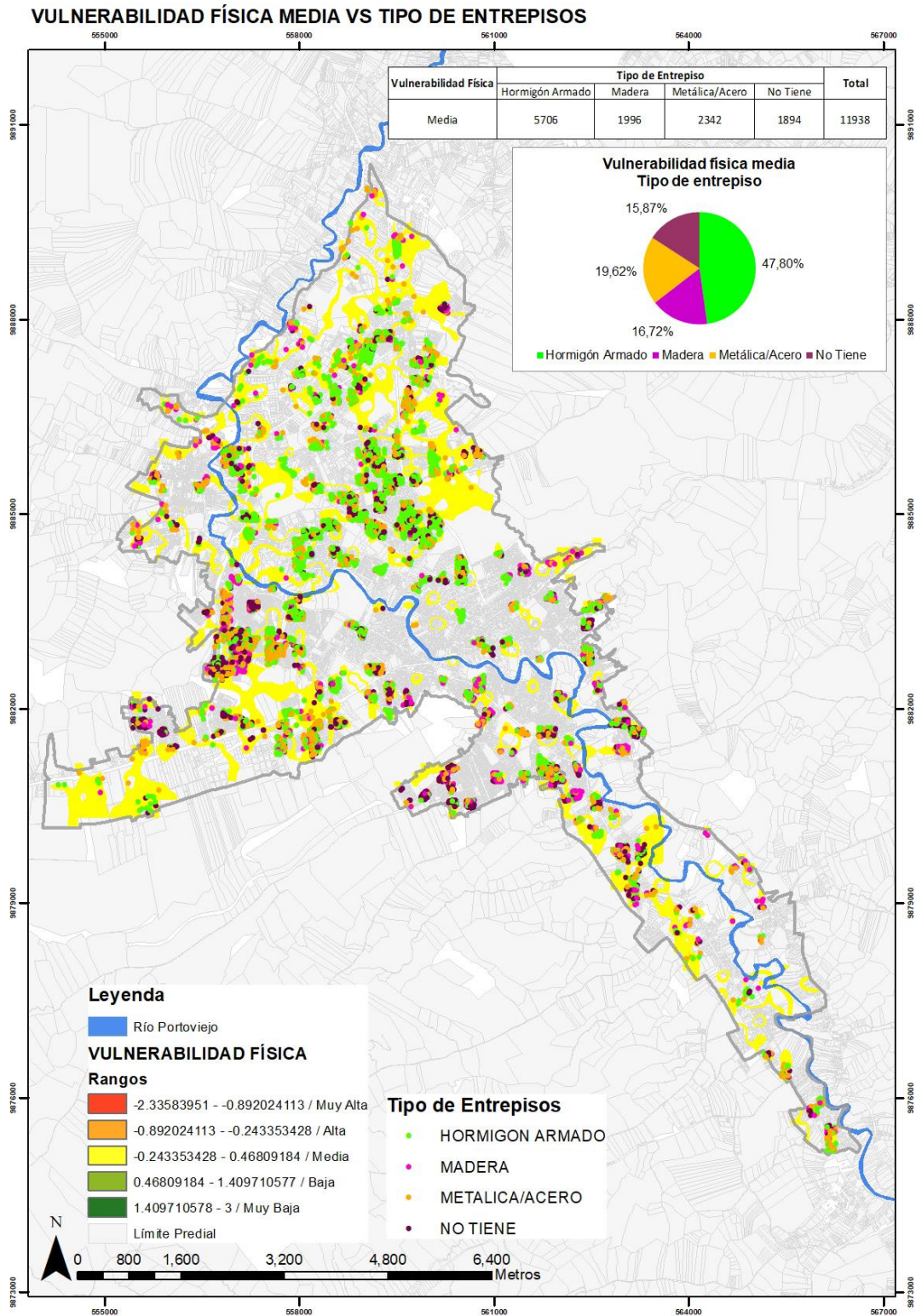
Mapa de Vulnerabilidad física alta en relación a las tipologías construidas.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 16

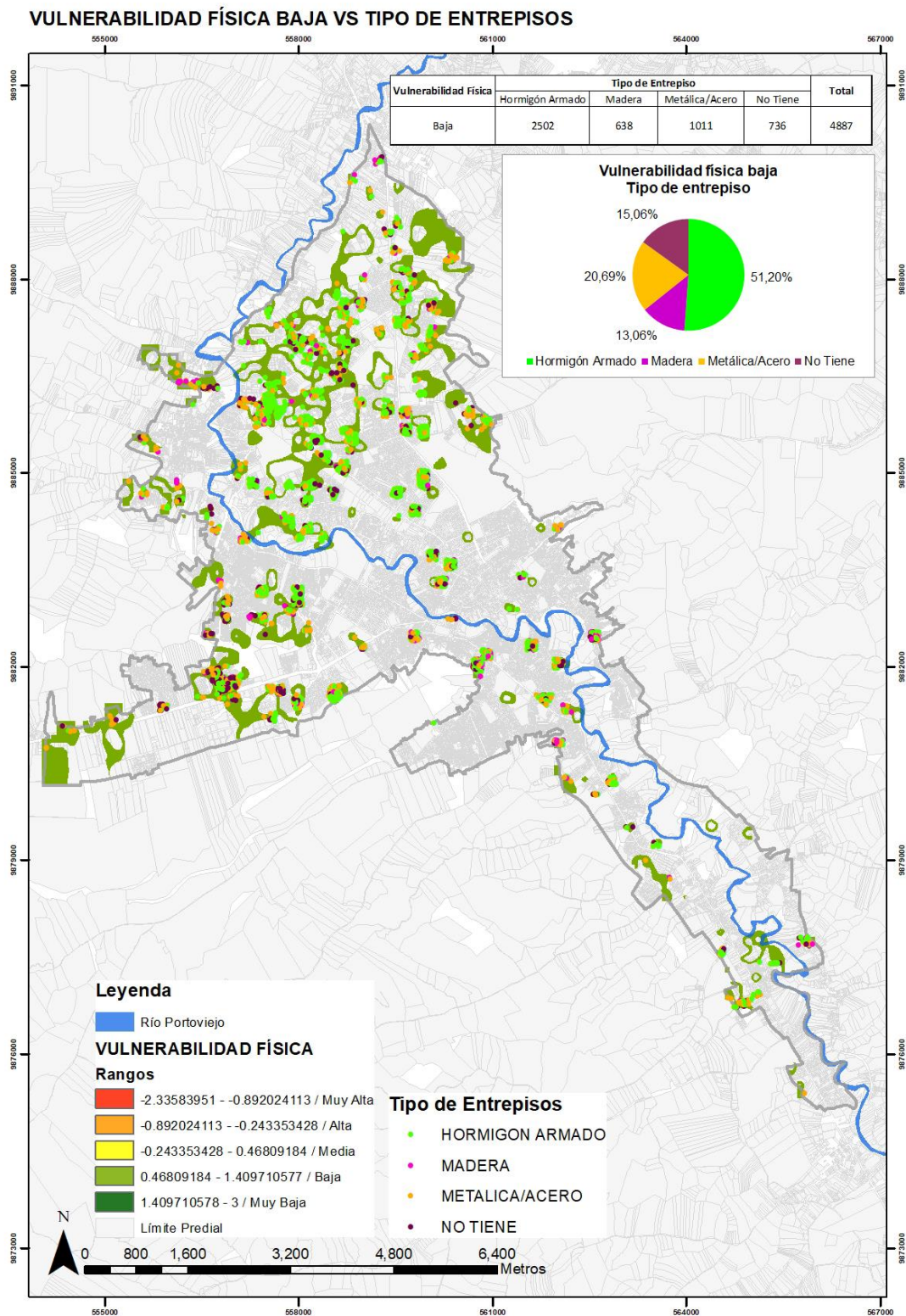
Mapa de Vulnerabilidad física media en relación a las tipologías construidas.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 17

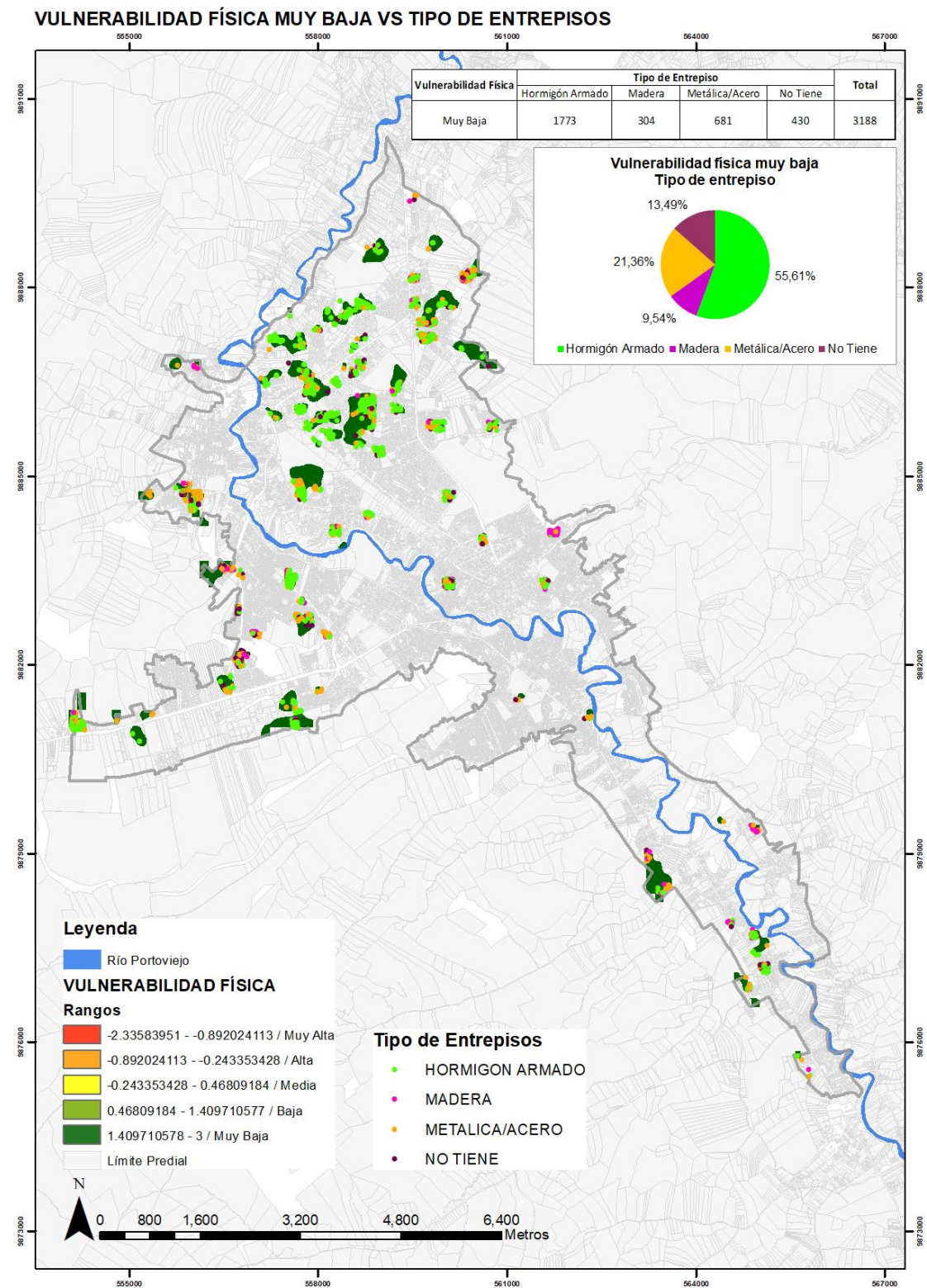
Mapa de Vulnerabilidad física baja en relación a las tipologías construidas.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.

Anexo 18

Mapa de Vulnerabilidad física muy baja en relación a las tipologías construidas.



Nota. Elaborado por el autor del estudio.