



Autor: Arquitecto Cristián Solano Muñoz.  
Correo E: [cristiansolanomunoz@gmail.com](mailto:cristiansolanomunoz@gmail.com)  
Director: Dr. Carlos Marmolejo Duarte.  
Septiembre de 2019.

... a Camilo, un canto a la resiliencia.



## 1. Prólogo

La literatura, entrega por lo regular, investigaciones en el campo de los desastres naturales que guardan relación con la predicción de su ocurrencia, el tratamiento de la contingencia, o bien, de cómo abordar efectos post traumáticos en la población. En efecto, la Organización Interamericana de la Salud, publicó en septiembre de 2000, "Impacto de los desastres en la salud pública", donde en una serie de artículos editados por Erick K. Noji, del Centro de Control y Prevención del Desastre de Atlanta, Estados Unidos, se analizan daños en la salud pública provocados por fenómenos como; huracanes, terremotos, inundaciones, incendios, oleadas de calor, ambientes fríos, etc.

En la citada publicación de la OIS, Ellen T. Gerrity y Brian W. Flinn, señalan que las afecciones psicológicas derivadas de los desastres naturales se pueden agrupar en; 1) sicofisiológicas, 2) de comportamiento, 3) emocionales y 4) cognitivas, señalando que éstas últimas son dificultades para la toma de decisiones, confusión, falta de concentración y tiempo de atención reducido.

Dado que la ocurrencia de desastres naturales conlleva un efecto en la toma de decisiones de la población que ha sido afectada luego de ocurrido un evento, y que eso supondría por tanto un efecto en la estructura del valor de suelo (sobretudo del de la vivienda), la investigación que se presenta, busca ser un aporte en el conocimiento del comportamiento de los mercados de suelo, en economías altamente liberalizadas, cuando ellos se han visto enfrentados a eventos traumáticos. Para su análisis, se ha tomado como caso de estudio, la ciudad de Copiapó, en el desierto de Atacama en Chile, que fue azotada por un aluvión de grandes proporciones en marzo del año 2015.

La economía chilena es una de las más liberalizadas del planeta. Su regulación urbana se caracteriza desde la década de los 70' en el siglo pasado, por ser laxa en cuestiones como la fijación del límite urbano o de las densidades de ocupación planificadas para sus distintos usos. Además, se identifican en ella, las nulas reservas de espacios dedicados a las viviendas de dotación pública o la dificultad para generar afectaciones de suelo destinados a espacios de contención de crecidas cuyo objeto sea la seguridad pública.

En materia de riesgos, un ejemplo de suelo liberalizado en la regulación chilena, lo constituye el Decreto Supremo N° 609 del año 1978 del Ministerio de Tierras y Colonización. Este fijó el período de retorno de los cauces naturales en 5 años, dejando así en manos de los privados y, por tanto, expuesto a su ocupación con distintos tipos de uso (entre ellos el de vivienda), todo aquel suelo que supere esta crecida, aunque su exposición a la inundación sea evidente.

El siguiente documento, se estructura con una Introducción extendida que explica la relevancia del tema y lugar a tratar y seguido de eso plantea el problema mediante la exposición de objetivos e hipótesis. Luego, en un apartado específico, desarrolla la metodología empleada (análisis de precios hedónicos y sistemas de información geográfica) y explica las tareas realizadas. Termina exponiendo las conclusiones y planteando desafíos en el caso chileno, a la luz del conocimiento alcanzado.

El trabajo que aquí se muestra, busca abrir un ciclo mayor, donde se puedan analizar otros fenómenos naturales en una o más investigaciones posteriores, en otras ciudades que se desarrollen bajo el mismo modelo económico y con las mismas normas.

El lugar donde se ha anclado esta investigación es el Centro de Política de Suelo y Valoraciones de la Escuela Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña, fundado en 1986 y que entre otras cosas, se ha especializado a la fecha en materias como Gestión y Administración del Urbanismo y Técnicas de Sistemas de Información Geográfica. Se ha contado también con la colaboración del Departamento Jurídico de la Ilustre Municipalidad de Copiapó y con aportes de privados dedicados al Desarrollo Urbano en Chile.



<b>2. Índice</b>	<b>Página</b>
<b>1. Prólogo</b>	<b>2</b>
<b>2. Índice</b>	<b>3</b>
<b>3. Introducción y Relevancia</b>	<b>4</b>
<b>4. Planteamiento del Problema y Objetivos por alcanzar</b>	<b>8</b>
<b>5. Hipótesis</b>	<b>10</b>
<b>6. Marco Teórico</b>	<b>11</b>
<b>7. Estado del Arte</b>	<b>14</b>
<b>8. Metodología y Desarrollo</b>	<b>18</b>
8.1 Resumen de la Metodología	18
8.2 Construcción de la base de Datos	19
8.3 Atributos registrados en el Conservador de Bienes Raíces	20
8.4 Atributos de Calidad	21
8.5 Revisión de Tendencias por Gráficos de Dispersión	39
8.6 Definición de Outliers	42
8.7 Pearson y Correlación de Variables	47
8.8 Modelos en Sistemas de Información Geográfica	50
8.9 Regresión lineal múltiple – Incorporación de la variable Inundación	58
8.10 Análisis de Multicolinealidad	61
8.11 Análisis de Heterocedasticidad	64
8.12 Corrección de Heterocedasticidad	65
8.13 Test de Chow	68
<b>9. Análisis finales de la muestra</b>	<b>69</b>
<b>10. Conclusiones y aportaciones</b>	<b>72</b>
<b>11. Bibliografía</b>	<b>74</b>
<i>Agradecimientos</i>	75



### 3. Introducción y Relevancia

El desarrollo de las ciudades debe hacerse cargo de los efectos traumáticos acaecidos por fenómenos de distinta naturaleza. La resiliencia de la ciudad y de su población, se relaciona entre otras cosas, con la existencia en el sistema urbano, de herramientas que le permitan *“mantener continuidad después de impactos o de catástrofes, al mismo tiempo que contribuye positivamente a la adaptación y transformación”*<sup>1</sup>. Para colaborar con la construcción de esas herramientas desde el campo del urbanismo en las ciudades donde opera el mercado liberalizado, es fundamental conocer el modo en que se comporta la estructura de precios frente a estos acontecimientos, detectando así oportunidades de cambio o mejora.

Existe consenso en que la exposición de las personas a desastres naturales, tiene un efecto importante en su salud mental. La afectación se produce “de forma directa, debido a la pérdida de un familiar o a la destrucción de su vivienda; o en forma indirecta, por los efectos inmediatos del suceso...”<sup>2</sup>. A la par con la afectación, la resiliencia de los seres humanos, entendida como Tenacidad Cognitiva, es discimil dependiendo de cada grupo social, y decanta por ende en diversas percepciones de riesgo.

Según la Organización Panamericana de la Salud, tal como está señalado en su informe de 1995 “Impacto de los desastres en la Salud Pública”, entre 1980 y 1990 las inundaciones fueron el tipo de desastre estadísticamente más frecuente, responsable a nivel mundial de más de un tercio de los desastres de esa década. Los terremotos por su parte, fueron los que causaron más pérdidas de vidas y significaron mayor pérdida monetaria.

Un terremoto, un huracán o una inundación, no constituyen desastres en sí. Requieren de un territorio “caracterizado por una estructura social vulnerable a sus impactos donde la diferenciación interna de la sociedad influye de forma importante en los daños sufridos”<sup>3</sup>. Esta vulnerabilidad tiene una componente importante que deriva de la gobernanza y el modo en cómo determinado territorio ha sido planificado en post del bien común o no.

En las economías más liberalizadas, la administración posee herramientas muy acotadas para planificar e invertir en la ciudad en tanto se entiende que dichas funciones estarían eventualmente amenazando al desarrollo económico. En estos casos, conocer el comportamiento del mercado inmobiliario es fundamental para detectar brechas económicas (entendidas como oportunidades en un cierto marco de tiempo) donde la administración pueda actuar con mejores resultados en la obtención de beneficios sociales.

Eventualmente, empresas o promotores dedicados al desarrollo de vivienda subsidiada, podrían aprovechar depreciaciones temporales de terrenos que fueron inundados y que estén bien localizados, para disponer en ellos vivienda de estratos socioeconómicos bajos, con una mejor situación de conectividad urbana maximizando así la rentabilidad social de esos recursos públicos.

Como se ha dicho, en los últimos años, los desastres naturales han estado en la palestra en el marco de la discusión del Cambio Climático principalmente por aquellos eventos que tienen como origen la alteración del régimen hídrico de determinados lugares. Sin embargo, las causas de otros fenómenos de la naturaleza, tan traumáticos como aquellos relacionados con los sistemas hídricos, pueden ser de un orden muy distinto a los del clima. Entre ellos están los terremotos, los tsunamis o las erupciones volcánicas. En esos casos, la ciudad debe ser igualmente resiliente que en los primeros y es probable que las herramientas que requiera para ello sean análogas.

Una de las razones para definir el caso donde se aplicará la metodología, es la exposición de determinado territorio a distintos riesgos naturales. A lo largo de su historia, Chile ha sido golpeado por distintos desastres. Cuentan entre ellos, tres de los 10 terremotos de mayor magnitud registrada (el terremoto de Valdivia, es el mayor en la historia con 9,6<sup>o</sup> en magnitud de

<sup>1</sup> Guía de Resiliencia Urbana. ONU – HÁBITAT 2018.

<sup>2</sup> Bambarén C. 2011. “Salud mental en desastres naturales”.

<sup>3</sup> Lavell A. 1993. “Ciencias Sociales y Desastres Naturales en América Latina; Un encuentro inconcluso”.



momento), erupciones volcánicas (en Chile van 6 sólo en el siglo XXI), tsunamis e inundaciones por crecidas de ríos. Justamente en materia de credidas, su desierto es hoy uno de los lugares más expuestos a fenómenos derivados del cambio climático y por tanto de las condiciones del régimen hídrico de sus distintas cuencas.

Además, en economías como la chilena, donde el suelo está altamente liberalizado, la vivienda social (normbre que recibe aquella subsidiada por el Estado para los habitantes más vulnerables), se ha ido localizando en sectores cada vez más distantes de los centros urbanos y menos provistos de servicios. Este fenómeno se aprecia con claridad ya sea en ciudades altamente pobladas (Santiago de Chile, Concepción o Valparaíso), como en otras de tamaño intermedio (Melipilla, Los Andes o Copiapó entre otras). Ésta, ha sido una preocupación central en toda política de vivienda implementada en los años post dictadura, ejemplo de ello, es la del año 2006 que mediante el Decreto 226 del 22 de noviembre de 2006 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, permitió sumar subsidios por adición de atributos de localización e integración social, cuestión que opera hasta nuestros días.

Pero, ante un subsidio fijo y suelo liberalizado (sin límites urbanos rígidos), el esfuerzo fiscal de aumentar por condiciones el monto del subsidio, ha sido rápidamente traspasado al valor del suelo en permanente alza. En este escenario, si no es por una crisis económica, la otra posibilidad cierta de que se alteren las lógicas vigentes de jerarquización de suelo, podría ser la concurrencia de desastres naturales. Esto, porque además, en un marco regulatorio con baja participación del ente regulador, la percepción del riesgo podría ser determinante en el costo de una propiedad.

El caso específico de estudio es la ciudad de Copiapó, capital de la Región de Atacama en el desierto con el mismo nombre en el norte de Chile. Se trata de un centro urbano con una población al día de hoy de más de 150.000 hab. (según el censo de 2017), cuyo mayor crecimiento se asocia al desarrollo de la minería desde las guerras mundiales del siglo XX hasta nuestros días.

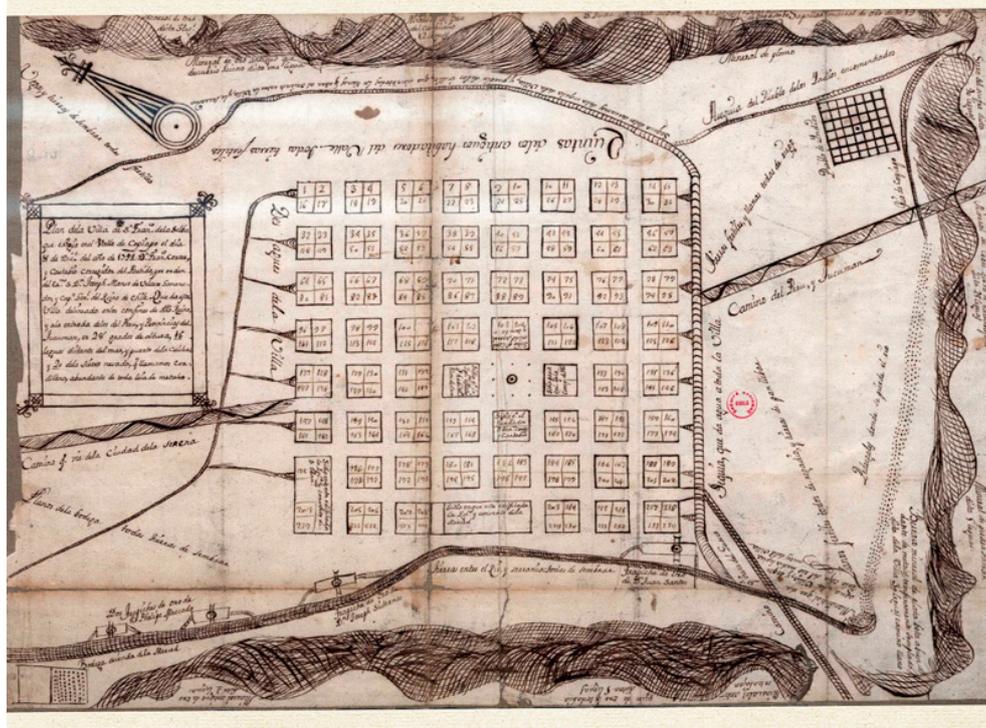


Figura 1. Plano histórico de Copiapó. Fuente: Archivo Nacional de Chile.



## ¿Por qué Copiapó?

Según las crónicas de Bibar, Pedro de Valdivia toma posesión del Reino de Chile en Copiapó, el 26 de Octubre de 1540. Su data, por tanto, es anterior a la fundación de Santiago de Chile o de Buenos Aires, en Argentina. Como se dijo, su población (sobre los 150.000 habitantes), es mayor a la de Girona (100.266 hab al 2018), o la de Lleida (137.856 hab al 2018). Según el Banco Central de Chile, el PIB per cápita anual de Copiapó se ubicó el 2015, sobre los 29.000 USD, mayor al de Chile promedio, que estuvo el mismo año en los 22.060 USD. Sin embargo, su pobreza multidimensional el mismo año, fué 6 puntos porcentuales superior a la del país. Si la desigualdad es una de las caras de la economía chilena, la pobreza de Copiapó en relación a su aporte al PIB nacional es el epítome de esta realidad.

Los eventos hidrometeorológicos extremos de precipitación ocurridos entre el 24 y 26 de marzo de 2015 en la Región de Atacama (26-29°S) fueron desencadenados por un sistema de baja presión atmosférica, atrapado frente a las costas del océano Pacífico alrededor de los 25°S. Este sistema amplificó el flujo de vientos desde las costas de Perú hacia Atacama, trayendo consigo un alto contenido de agua precipitable sobre la Región. Según registros de 13 estaciones pluviométricas, se acumularon en promedio más de 45 mm en la Cuenca del Río Copiapó durante el periodo de duración del evento<sup>4</sup>.

De acuerdo a los análisis del Ministerio de Obras Públicas, en la región hiperárida del desierto de Atacama se registraron intensidades de lluvia de más de 10 (mm/h), lo que generó una importante crecida del caudal del Río Copiapó, la cual fue parcialmente contenida por el Embalse Lautaro, logrando minimizar el impacto en el sector de Tierra Amarilla. Sin embargo, aguas abajo en la misma subcuenca, la Quebrada Paipote que confluye al Río Copiapó y que bajo condiciones normales se encuentra seca, registró un aumento significativo de su caudal directo (más de 1500 m<sup>3</sup>/s), el cual arrastró a su paso un gigantesco volumen de arena, combinado con partículas de arcilla y limo. Otros elementos antrópicos como por ejemplo escombros de viviendas, vehículos, y bienes muebles, también fueron arrastrados durante la crecida. Dicho flujo de detritos inundó gran parte de la ciudad de Copiapó. Según la Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI), el paso de dicho evento hidrometeorológico dejó 31 fallecidos, 86 desaparecidos y casi 30.000 damnificados con más de 5000 casas dañadas.



Figura 2. Fotografía esquina en Plaza de Armas de Copiapó, marzo de 2015. Fuente: soycopiapo.cl

<sup>4</sup> Datos extraídos de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas.



Según las autoridades de la propia Región de Atacama, el coste de reconstrucción del evento mencionado, alcanza al día de hoy, los 1.500 millones de dólares. Eso es lo que ha significado volver a parar las redes viarias, sistemas de parques y de equipamientos públicos como hospitales y establecimientos educacionales.

En consideración con lo anterior, quedan expuestas las siguientes preguntas: ¿Qué ha pasado con el mercado inmobiliario?, ¿Cómo han dado respuesta los promotores de vivienda a la reconstrucción de la ciudad?, ¿Se alteró el esquema de valores con que se componía el coste de la vivienda en Copiapó?, ¿Existen estigmas sobre tipologías de vivienda o sobre sectores de la ciudad?. Si bien es cierto, Chile tiene experiencias traumáticas análogas (como pueden ser los terremotos), el comportamiento de los mercados de suelo ante éstos eventos, no ha sido suficientemente analizado y las preguntas que nacen después de la tragedia permanecen sin una respuesta en estas y otras latitudes.



#### 4. Planteamiento del Problema y Objetivos por alcanzar

No existe en la normativa chilena, la posibilidad de volver a calificar el suelo urbano como rústico, hayan sido éstos urbanizados o no. La idea que prima es que no se puede afectar el patrimonio particular al ser entendido como propiedad privada y que parte de este patrimonio es el uso potencial del suelo bajo el dominio de una persona natural o jurídica.

En este sentido, al no haber obligaciones para el particular de urbanizar o construir un terreno planificado como urbano, la posibilidad de especular con su precio va construyendo una estructura del mercado de suelos muy difícil de predecir o sistematizar, cuestión que se presta para planificaciones deficientes, desintegración urbana y por ende, segregación espacial y aumento de las desigualdades.

La ciudad de Copiapó no está ajena a esa regla. Durante su desarrollo ha ido localizando en terrenos alejados y desprovistos de servicios de calidad a su población más vulnerable. Así lo muestran distintos estudios de usos de suelo e ingresos que se han basado en datos del Instituto Nacional de Estadísticas de Chile.

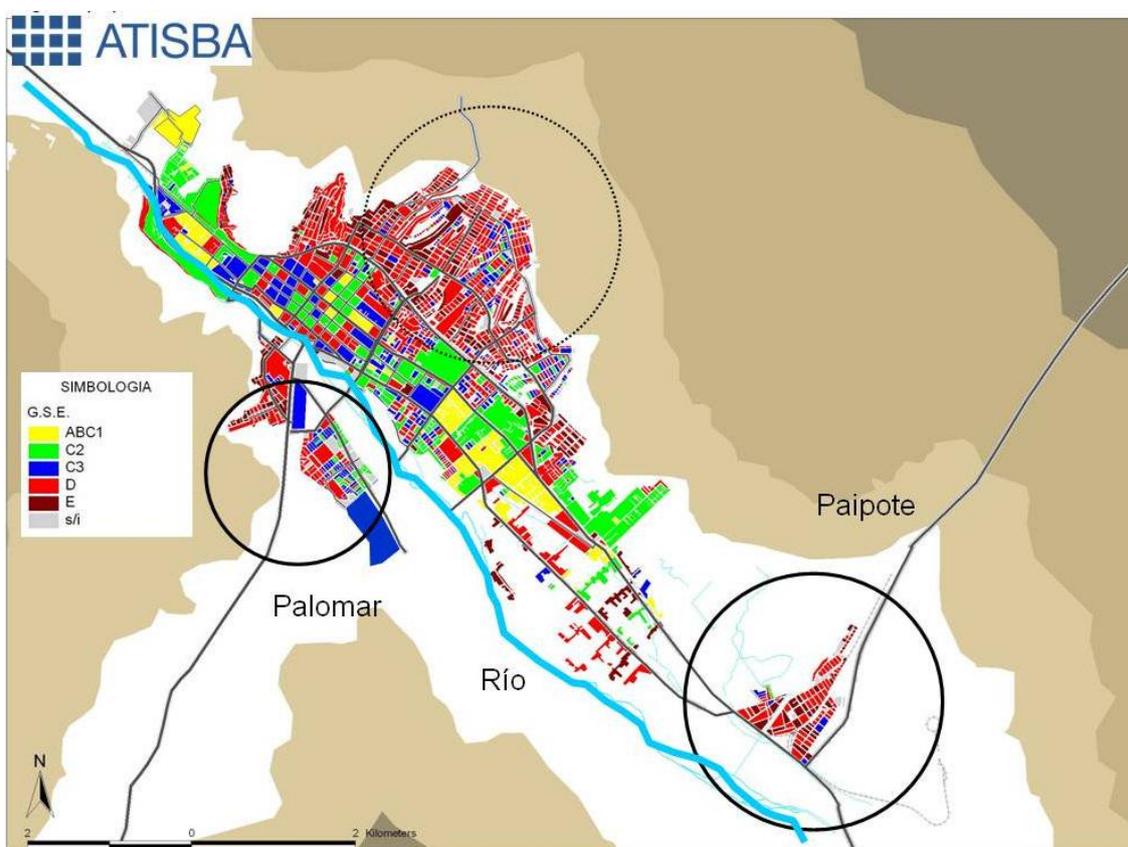


Figura 3. Mapa de localización geográfica de quintiles según censo de 2002. Fuente: Consultora Atisba.

La Figura 3, independientemente de que muestre datos extraídos del censo del 2002, expresa como claramente la ciudad presenta una espina central de ingresos altos, de forma paralela al río, por el eje de calle Copayapu, dejando los sectores de ingresos bajos, hacia los cerros en el norte, o alejados de la ciudad (Paipote o Palomar) y por tanto, del centro de servicios. El centro histórico por su cuenta alberga principalmente zonas de ingresos medios. Es importante destacar que en los sectores de Palomar o Paipote se disponen además, bodegas e industrias que ciertamente bajan la plusvalía de los suelos residenciales circundantes mientras la salida norponiente (a la costa), contiene Centros de Estudios y otros servicios que los valorizan.

#### Objetivos Generales

Como se ha dicho, la investigación que aquí se presenta, busca primeramente aportar conocimiento respecto del comportamiento de los mercados inmobiliarios frente a un efecto



traumático producido por un desastre natural. Para ello se toma como caso de estudio, una ciudad cuyas lógicas de desarrollo se encuentran fuertemente vinculadas al modelo de mercado liberalizado según se ha visto.

También se busca corroborar si existe una brecha temporal donde la estigmatización de algunas zonas de la ciudad (entendida como grado de riesgo), altere la estructura del mercado de suelos. Para esto, se analizarán transacciones antes y después de ocurrido un evento natural de grandes magnitudes como lo es el aluvión de Copiapó de marzo de 2015.

Se pretende sumar elementos de análisis para una mejor toma de decisiones respecto de la inversión pública en la ciudad, tanto de actores públicos como privados. Así también, para el desarrollo de los instrumentos de planificación que deben proyectar ciudades cada vez más expuestas a nivel global. Además, siendo el comportamiento y adaptación del mercado inmobiliario mejor caracterizados, la rentabilidad social de inversiones como la vivienda social o la construcción de equipamientos públicos, será también más eficiente.

En el caso particular de las ciudades chilenas, encontrar espacios de tiempo donde por razones de percepción temporal, los terrenos mejor localizados bajen de precio y por tanto, permitan la colocación de vivienda social más integrada a los centros urbanos, sería un aporte considerable. Estos nuevos desarrollos podrían ser llevados adelante tanto por privados que actúan como promotores de vivienda subsidiada o bien, por los Servicios de Vivienda y Urbanización (SERVIUs), dependientes del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que junto a los municipios, están facultados para comprar suelo a valores de mercado.

En síntesis, se tiene como objetivo en términos generales, ampliar el conocimiento respecto de la estigmatización de territorios, de las respuestas del mercado inmobiliario frente a riesgos de desastres naturales y de la transformación en la estructura del mercado de suelos ante el fenómeno estudiado, para así, dotar de mejores herramientas a los tomadores de decisiones en ciudades de alta vulnerabilidad.

### **Objetivos Específicos**

Para avanzar sobre lo antes planteado, se busca primeramente consolidar una base de datos de transacciones residenciales, representativa para la zona. Se estima que esta representatividad la podría aportar un número superior a las 450 muestras (150 por período bianual). Esto, considerando por un lado que los permisos de edificación autorizados promedio por año, no superan para el período 2013-2019 los 1500<sup>5</sup>, y que en los portales de compraventa, el total de viviendas de oferta, bordea las 400 unidades.

Otro objetivo específico es consolidar indicadores de calidad que permitan diferenciar las muestras, que dado el contexto geográfico, tienden a verse muy homogéneas. Analizar datos como tipos de calzada, o equipamiento de áreas verdes, solo se hace posible caso a caso en el desierto chileno.

Un tercer objetivo específico es contar con resultados comparables de los distintos años, antes y después de producido el evento meteorológico estudiado, para así poder extraer conclusiones con mayor precisión o mejor caracterización de lo observado. Con esto, se podrá a su vez, conocer los límites de la metodología empleada para analizar otros fenómenos naturales que puedan afectar la estructura del mercado de suelos en economías altamente liberalizadas.

---

<sup>5</sup> Datos extraídos del informe anual de la Cámara chilena de la construcción.



## 5. Hipótesis

La hipótesis planteada para ser analizada, confirmada o rechazada, es que, **en un suelo fuertemente liberalizado, ante un efecto traumático provocado por un desastre natural, la estructura del mercado inmobiliario de precios de suelo tiende a alterarse, agregando valor a algunas variables en detrimento de otras. Consecuentemente, si el mercado responde alterando los atributos de la oferta, parte de las variables que debieran modificar su peso relativo son aquellas vinculadas con localización o tipología de vivienda.**

Es de interés abordar la formación del valor de suelo en el caso chileno, porque al existir una regulación más laxa, son las percepciones de los habitantes las que otorgan más directamente el peso explicativo de las distintas variables. Se espera por ejemplo que después de ocurrido el fenómeno climático estudiado, se otorgue mayor valor a tipologías de vivienda más resistentes a la inundación como pueden ser los bloques plurifamiliares, por sobre otras más expuestas como la vivienda unifamiliar aislada, cuestión que en el caso chileno, sería contracultural toda vez que históricamente, se le ha dado más valor a ésta última. Así también que baje el valor de localización en relación al CBD en contraposición con otras ubicaciones que estando más distantes sean percibidas como más seguras ante riesgos naturales.

Resulta efectivamente necesario, partir por demostrar si la estructura del mercado inmobiliario de precios de suelo está o no sujeta a alteraciones en una economía fuertemente liberalizada ante un evento como los señalados. Aunque una respuesta afirmativa parezca obvia, si se considera entre otras cosas, que por ejemplo, la localización (en tanto cercanía a los centros de servicios), es un atributo altamente cotizado y que por ende, al inundarse el CDB se deprecia esa localización, también es probable, que el estigma de ese suelo asociado a un desastre natural, sea marginal en relación a otras variables del paraguas que otorga valor a un determinado suelo o a una determinada vivienda.

Se debe considerar que la falta de obligación del particular de construir suelos con calificación de urbanos en el caso chileno, atenta seriamente con la predictibilidad de la oferta, pues somete paños importantes de terrenos a lógicas especulativas que podrían impedir el traspaso a precio de una determinada depreciación temporal y por ende, a la estructura de valor de suelo.

Esta participación marginal del riesgo de inundación, ha sido a veces constatada, como se verá más adelante en el Estado del Arte, por algunas publicaciones recientes en otros países y no sólo por el efecto especulativo, a veces también por una cuestión cultural. En el caso chileno, se han dado situaciones donde frente a la posibilidad de trasladar la vivienda a zonas seguras, los habitantes han preferido permanecer en sectores afectados por desastres naturales, como ocurrió con las erupciones de los volcanes Chaitén o Calbuco en la Región de Los Lagos en los años 2008 y 2015 respectivamente, o también, con el aluvión provocado por el derretimiento de un glaciar que arrasó con la Villa Santa Lucía en la Provincia de Palena.

La segunda parte de la hipótesis busca analizar si habiendo una resignificación de valor en las variables que explican el precio de determinado suelo, es el mercado elástico o no a dichas alteraciones de atributos de valor y, si esa nueva oferta de mercado de suelo, es sostenible en cierto marco de tiempo. En otros casos de estudio como se verá igualmente en el estado del Arte, transcurrido cierto período, dadas algunas transformaciones de la demanda, no se han detectado modificaciones de la oferta que marquen nuevas tendencias.

Constatar o no la elasticidad del mercado, entendida como la capacidad de respuesta del mismo ante un evento traumático, supondrá entonces, la identificación de una brecha económica temporal cuya duración podría determinar nuevas tendencias en el mercado inmobiliario asociadas a los riesgos naturales de las características estudiadas.



## 6. Marco Teórico

Esta investigación se desarrolla a partir de tres ideas fuerza, la “Elasticidad” de valores inmobiliarios de suelo, los “Precios Hedónicos” y su utilidad para descomponer el precio de un bien, y finalmente, las “Ventanas o Temporales” que abren espacios de oportunidad.

### *Elasticidad*

La Elasticidad como concepto aplicado a la economía, fue introducido por el economista inglés Alfred Marshall<sup>6</sup>. El término deriva de la física y lo utilizó para cuantificar la variación experimentada por una variable al cambiar otra. Se puede definir entonces como la variación porcentual de una variable X en relación con una variable Y.

***“Hemos visto, que la única ley universal relacionada con el deseo de una mercancía por parte de una persona, es aquella que establece que éste disminuye, en igualdad de circunstancias, con cada aumento de su provisión de dicha mercancía; pero esta disminución puede ser lenta o rápida. Si es lenta, el precio que la persona dará por la mercancía no bajará... mucho a consecuencia de un aumento considerable en la provisión del mismo, y una pequeña baja del precio originará un aumento comparativamente grande en sus compras. En el primer caso, su disposición a comprar la cosa se expansiona bajo la acción de un pequeño aliciente: la elasticidad de sus necesidades, podemos decirlo así, es grande. En el segundo caso, el aliciente adicional que le proporciona la baja en el precio, apenas es causa para que su deseo de comprar aumente: la elasticidad de la demanda es pequeña. Si una baja del precio, por ejemplo, de 16 a 15 peniques por libra de té, aumentase mucho sus compras, un alza en el precio de 15 a 16 peniques, las disminuirá también mucho. Es decir, que cuando la demanda es elástica ante una baja del precio, también es elástica ante un alza. Y lo mismo que ocurre con la demanda de una persona, tiene lugar con la de un mercado. Podemos pues, decir de modo general: la elasticidad (o correspondencia) de la demanda en un mercado es grande o pequeña según que la cantidad demandada aumente mucho o poco frente a una baja de precios dada, o disminuya poco o mucho frente a un alza de precios dada”<sup>7</sup>***

Esa capacidad de adaptación y para ello, de modificación de las características de la oferta o de la demanda en el mercado inmobiliario, ha sido también explicada como “Plasticidad” de este mercado desde la segunda mitad del siglo XX. Probablemente el primero que modeló la oferta inmobiliaria fue Muth (1960)<sup>8</sup>, concluyendo que ésta era perfectamente elástica. Lo hizo empleando datos nacionales de Estados Unidos entre los años 1917 y 1934 de construcción de viviendas nuevas y los precios de venta de éstas.

Desde la perspectiva de las variables, la importancia del suelo para comprender la dinámica del sector inmobiliario ha sido resaltada por numerosos autores en las última décadas, comenzando por los aportes de DiPasquale y Wheaton (1999) y Mayer y Somerville (2000), quienes encuentran fundamento en el modelo de ciudad monocéntrica desarrollado por Capozza y Helsley (1989).

Estos autores son los primeros en incorporar el precio del suelo o la cantidad disponible de este en un modelo explicativo de la inversión residencial, de tal manera que el ajuste del precio de la vivienda se realiza a través del precio del suelo. **“Ante un shock de demanda que genere alzas en el precio de las viviendas, habrá mayor interés por producir nuevas viviendas con lo cual aumentará el stock de estas, esto provoca que aumente el precio del suelo al haber menos disponible, lo que a su vez será un freno a la nueva construcción ya que desaparece el incentivo a producir nuevas unidades”<sup>9</sup>.**

<sup>6</sup> “Principios de la Economía”. Marshall, A. 1890.

<sup>7</sup> Extracto de “Principios de la Economía. Marshall, A. 1890.

<sup>8</sup> “Optimal Properties of Exponentially Weighted Forecasts”. Muth, J. 1960.

<sup>9</sup> “Dinámicas del mercado inmobiliario y el futuro de los precios de la vivienda”. DiPasquale, D. 1994.



### *Precios Hedónicos*

El concepto de Precios Hedónicos por su parte, y como lo señala la etimología de la palabra, deviene de suponer que la disposición a pago (el precio), se obtiene de la suma de valor que se les asigna a diversos atributos relacionados con la satisfacción de una compra.

A pesar de las discrepancias, algunos autores señalan que fue Court, en 1939, quien elaboró el primer índice precios hedónicos, trabajando para la industria automotriz en General Motors. Para Hidano, (2002), el autor pionero fue Waught (1929) para un estudio de espárragos en Boston. Perza, G. (2010), señala además, otras posibilidades durante el siglo XX de precursores en la aplicación de precios hedónicos<sup>10</sup>.

En el campo del Urbanismo, la aplicación de las teorías hedónicas se remonta al estudio realizado por Ridker y Hennig (1967), quienes analizaron para St. Louis, Estados Unidos, el efecto de la contaminación del aire sobre el precio de mercado de las viviendas junto a otras características propias de los inmuebles y su entorno. Luego, en 1974, S. Rosen, enunció formalmente un modelo de precios hedónicos en dos etapas, la primera para obtener precios y la segunda para obtener la demanda de cada atributo o característica implícito en determinado bien.

Desde la perspectiva de la expresión del modelo de los precios hedónicos, la metodología estándar proporciona una ecuación de precios que capta el efecto de los distintos atributos individuales de, por ejemplo, un inmueble en la determinación de su valor de mercado, y es;

$$P = f(i, v, u, z, e; w)$$

En ella, la variable P que corresponde al precio del bien raíz, está determinada por los argumentos de la función f. En general, se tiende a usar esta variable (P), como el precio por metro cuadrado en lugar del precio total de todo el inmueble, dada la evidencia empírica de que la superficie de un bien inmueble ejerce una fuerte influencia como variable explicativa del valor total de él.

El trabajo de Rosen, es particularmente relevante pues define el equilibrio de mercado para el tipo de bienes heterogéneos, y con ello la fundamentación teórica de los modelos de precios hedónicos. Considera que existen mercados competitivos implícitos porque definen los precios implícitos de equilibrio de cada una de las características que componen un bien. Que por lo tanto, los consumidores evalúan estas características implícitas cada vez que deciden comprar ese bien que las incluye en su composición. Con ello, dedujo que el precio de un bien es la suma (ponderada) de los precios de equilibrio de sus atributos.

Los procedimientos estadísticos y econométricos exponen que las variables exógenas **explican** a la variable endógena. La forma en que se aborda el tema se debe seguramente al deseo de evitar connotaciones de causa-efecto para el modelo.

Es decir, con el modelo matemático desarrollado, no se puede afirmar que las variables exógenas determinen causalmente el nivel de la variable endógena. Más que una relación causa efecto, el modelo se limita a describir una *relación de influencia observable*.

Así, unas variables exógenas tales como las características de la vivienda o el entorno del barrio influyen sobre el precio unitario de acuerdo con las observaciones manejadas por el analista. Pero no se puede afirmar por ello que dichas variables exógenas sean una causa de dicho precio en un marco general o universal.”<sup>11</sup>

<sup>10</sup> “Una primera estimación de un modelo de precios hedónicos para el vino Catalán”. Perza G, 2010.

<sup>11</sup> “Tasación Urbana: Una metodología para informes de tasación masiva”. Lozano J, 1996.



### *Ventanas Temporales*

Otro concepto que se ha querido abordar desde su teoría, ha sido el de las “Ventanas Temporales” o también llamadas “Ventanas de Oportunidad”. Éstas son definidas en distintos artículos de prensa como un período de tiempo durante el cual, una acción puede ser realizada con un resultado previsto. Una vez que este período termina o la ventana ha sido cerrada, el resultado previsto no es posible.

El término es usado en diversas disciplinas para referirse a un período acotado de tiempo donde ciertas condiciones permanecen dispuestas de tal forma que potencialmente pueden ser usadas en beneficio de una acción, siendo esta expresión válida para la psicología, la biología, el derecho penal o la medicina entre otras.

Por nombrar alguna, en derecho penal existe la figura de privación temporal de la razón, que se aplica para eximir de su responsabilidad a imputados de ciertos delitos, por entre otras cosas, haber estado expuestos a un estado emocional intenso de angustia o ansiedad<sup>12</sup>. En el campo de la psicología por su parte, se han desarrollado estudios (Bardeen, Tull, Stevens & Cratz, 2015; Orsillo & Batten, 2005), que afirman que uno de los factores que tiene más peso en el desarrollo de un estrés post trauma, la evitación experiencial, que consiste entre otras cosas, en que el individuo evita recuerdos o cualquier elemento relacionado con el suceso, siendo los lugares uno de ellos, y que puede ser superado después de un período determinado de tiempo.

En términos económicos, se puede decir que una Ventana Temporal donde por baja en el valor de algún atributo implícito de determinado bien, éste baja su coste, ella podría implicar una Depreciación Temporal.

Siendo la ecuación típica de Depreciación;

$$VD = (VRN - Vr) * K$$

Donde; VD = Valor de depreciación, VRN = Valor de reposición nuevo, Vr = Valor residual o de salvamento y K = Coeficiente que relaciona los datos de antigüedad con la vida útil<sup>13</sup>;

Siendo así, la Depreciación Temporal es *el lapso de tiempo donde el Valor residual es menor al Valor de reposición nuevo, ya que, cuando es mayor, esto implicaría que se ha salido del espacio de la Depreciación para entrar al de la Valorización del bien.*

---

<sup>12</sup> “La eximente responsabilidad contenida en el artículo 10 N°1 del Código Penal y la eximente incompleta del artículo 11 N° 1 en relación con la locura o demencia” Villaroel M, 2016.

<sup>13</sup> “Los modelos de depreciación aplicados en la evaluación de bienes inmuebles” Artavía D, 2012.



## 7. Estado del Arte

### *Generalidades*

Con relación al tema de investigación se han desarrollado en el último tiempo una serie de investigaciones. Para contar con una muestra representativa de todas ellas, se realizaron dos selecciones. De la primera de ellas, extraídas de distintos repositorios científicos como Web Of Science, Science Direct o el Repositorio de la Universidad Pompeu Fabra, se han seleccionado 6 que parecen relevantes a la hora de determinar el estado de avance en el conocimiento de estas materias.

Luego, en una segunda selección, se analizaron cerca de 20 publicaciones que se sintetizaron en tabla adjunta (Tabla 1); de ellas, se han descrito 3 que presentan mayor relevancia para el entendimiento de este trabajo.

### PRIMERA SELECCIÓN

Se cuenta, por un lado, con investigaciones que han usado una metodología cualitativa para caracterizar aquellos lugares donde se presentan condiciones de riesgo de grandes desastres naturales, y por otro, con publicaciones que se han valido de metodologías cuantitativas para analizar composiciones de precios de suelo o modelar desastres naturales.

### *Aproximaciones cualitativas*

David Dodman, experto en Cambio Climático, vulnerabilidad y resiliencia de los centros urbanos, junto a Harley Leck, María Rusca y Sarah Colembrander (2017), investigadores de la Escuela de La Tierra y el Medioambiente de la Univeridad de Leeds, en Leeds, Gran Bretaña, desarrollaron una investigación denominada “African Urbanization and Urbanism: Implications for Risk Accumulation and Reduction”. Aquí, por metodología de observación participante, exponen la situación de los países en vías de desarrollo y sus estándares de urbanización y describen los riesgos asociados al crecimiento no planificado y las lógicas propias de la ciudad que se expande por demandas de mercado.

El interés de la investigación de Dodman, radica en haber encontrado un patrón que relaciona las actuaciones de los gobiernos con la dotación de herramientas para enfrentar los distintos escenarios de riesgo. Si lo pensamos desde el caso de estudio propuesto, el aprovechamiento de las ventanas de oportunidad que se detecten en el territorio podría entonces, multiplicar las posibilidades de respuesta exitosa ante futuros desastres.

Así también, en 2017, los arquitectos Sadia Subrina y Farahnaz Khadiza, de la Universidad de BRAC, Bangladesh, publicaron la investigación “Urban Dynamics: An undervalued issue for wáter logging disaster risk managment in case of Dhaka City, Bangladesh”. Mediante una metodología también cualitativa, basada en entrevistas a expertos, se analizan estrategias de diseño que pueden ayudar a mitigar desde las infraestructuras públicas o privadas, los impactos recibidos por la ciudad luego de una inundación.

Se revisan particularmente parques inundables o estanques urbanos como alternativas de contención de crecidas. En el presente caso de estudio, este análisis aporta la caracterización de un tipo de respuesta que sí ha estado presente en las estrategias urbanas de las ciudades chilenas para enfrentar riesgos aluvionales. Ejemplo de ello, son el Parque inundable de la Aguada en la comuna de San Miguel, Santiago, el Parque la Hondonada en la comuna de Cerro Navia, también en Santiago, o el Parque Kaukari, en Copiapó (este ultimo inaugurado justo antes del aluvión del 2015).



Figura 4. Esquemas de solución de terrenos expuestos a inundaciones en Dhaka.

### Aproximaciones cuantitativas

Desde el punto de vista cuantitativo, el método empleado por excelencia en el análisis del comportamiento de los mercados es el de los Precios Hedónicos. Como se ha visto en el marco teórico, esta metodología permite descomponer el precio de un bien, identificando las variables que participan de su valor. Así, se puede aislar una variable de otra y mediante el análisis de regresión, definir el porcentaje que cada una explica respecto del precio de mercado.

Dentro de este tipo de investigaciones, encontramos la de Okmyung Bin y Craig E. Landry (2011), radicada en la Universidad de Carolina del Este, y que se titula "Changes in implicit flood risk premiums; Empirical evidence from housing market". En ella, mediante la metodología de precios hedónicos, se busca establecer el comportamiento del mercado en relación con la concurrencia de huracanes en Carolina del Norte. Después de desarrollada la investigación, se concluye que el impacto en los valores de mercado desaparece al año 5, y que dentro de los factores que contribuyen a este fenómeno está el cambio en el perfil de la demanda, dado principalmente por población migrante que no vivía en el lugar al minuto de la ocurrencia de los fenómenos climáticos analizados.

La relevancia para esta investigación del citado estudio radica en poder contrastar esa recuperación de los valores existentes antes del desastre natural, con lo que ocurre en Copiapó, donde no se tiene migración significativa para poder cambiar el perfil de la demanda.

El Geólogo griego, Athanasios Votsis (2016), doctor en Geografía de la Universidad de Helsinki, ha publicado otra investigación titulada "Planning for Green Infrastructure; The spatial effects of parks, forests and fields on Helsinki's apartment prices". En esta investigación, concluye después de aplicar el método de precios hedónicos, que las variables estudiadas en relación con las áreas verdes son poco significantes en comparación con las tradicionalmente valoradas como, por ejemplo, la ubicación respecto del CBD.

La relevancia del estudio de Votsis, es que demuestra que la proximidad de un atributo entendido como positivo, como lo son justamente los parques, bosques o campos abiertos, cuestión que podría ser equivalente a un suelo seguro en términos de riesgos naturales, no es relevante en términos del valor asignado al suelo por los finlandeses, como si lo es el hecho de encontrarse más cerca del CBD.

Por otro lado, el profesor Martin Cupal (2016), doctor en Ingeniería, con su investigación titulada "Flood risk as a price setting factor in the market value of real property", donde ha tomado como caso de estudio la ciudad de Praga en la República Checa, ha concluido luego de aplicar el método de precios hedónicos y análisis de regresiones, que no es determinante el factor de riesgo de inundación para los futuros compradores checos.

En el estudio de Cupal, se han tomado retornos hidráulicos de hasta 100 años para evaluar las zonas de afectación por inundación del Moldava. Sin embargo, no se ha considerado la existencia de ventanas de oportunidad, solo se ha establecido una tendencia atemporal de localización de residencia.



Otro estudio que se ha rescatado, lo han desarrollado recientemente los Ingenieros Hidráulicos Valdés-Pineda, Valdés J. B. y García Chévesich (2017), desde la Universidad de Arizona en Estados Unidos. El trabajo se titula “Modelación de crecidas aluvionales en la cuenca del río Copiapó, Chile”. Se trata de una investigación teórica sobre la aplicación del modelo RAMMS para estimar los efectos de este tipo de fenómenos.

Si bien el modelo RAMMS no ha sido aún completamente validado por la comunidad científica, el desarrollo del estudio ha caracterizado con precisión el modo en que la crecida del río Copiapó en el evento climático de marzo de 2015 fue abarcando el territorio urbano.

## SEGUNDA SELECCIÓN

Se han separado según su aproximación (cuantitativa o cualitativa), pero además, por palabras clave, sean estas; Precios Hedónicos, Desastres Naturales o Salud y Desastres Naturales. Así se han obtenido los tres siguientes ejemplos;

### Precio Hedónico / Cuantitativo

El año recién pasado, los investigadores, Jung, Eunah y Yoon, Heeyeun, de Corea del Sur, analizaron por metodología de precios hedónicos, el efecto de la inundación en el precio de la vivienda. La investigación se tituló “Is flood risk capitalized into real estate market value? A mahalnobis-metric matching approach to the housing market in Gyeonggi, South Korea.

La relevancia de ese trabajo para esta investigación, es que se determinó que el efecto de la inundación en el valor de la vivienda no se ve sólo en la proximidad a las áreas inundadas, sino también en el tiempo transcurrido desde el evento. Esto para el caso de inundaciones en la provincia de Gyeonggi, de 2008 a 2013. Se logró concluir que los valores de mercado de las viviendas ubicadas de 0–100, 100–200 y 200–300 m de áreas inundadas fueron menor en 11.0%, 7.4% y 6.3%, respectivamente, comparadas con las contrapartes en el grupo fuera de la zona identificada. Este efecto duró solo por 12 meses después del desastre y luego desapareció. Lo que constituyó ciertamente una depreciación temporal de esos inmuebles en los porcentajes señalados.

### Desastres Naturales / Cuantitativo

También el año pasado, la Doctora en economía de la Universidad de París, Céline Grislain-Letremy, publicó “Natural Disasters, Land-Use, and Insurance”. Aquí, por métodos de estadísticas comparadas para dos casos, demuestra que, desde el punto de vista de los costos materiales de un desastre, las políticas de uso de suelo, tanto por su imprecisión como por su obsolescencia, acarrear peores efectos de exposición que el propio cambio climático.

Para este trabajo la mirada es relevante, pues no radica sólo en los cambios del clima los efectos catastróficos, sino también en la gestión de los instrumentos de planificación y gestión del suelo, que exponen a las poblaciones por su deficiente diseño o implementación, cuestión fundamental también en otro tipo de riesgos como volcanes o terremotos.

### Salud / Cualitativo

En la investigación del Doctor en Riesgo y Desastres, Allan Lavell Thomas, titulada “Ciencias sociales y desastres naturales en América latina: un encuentro inconcluso”, mediante un análisis bibliográfico, nos invita a entender que los desastres naturales se constituyen como tal sólo al producirse en un territorio social vulnerable a ellos.

Puesto así, no todas las ciudades son vulnerables a los disntitos eventos. De hecho, es eso lo que hace de la inundación un riesgo de proporciones en el desierto. Sus ciudades son particularmente vulnerables con precipitaciones que podrían considerarse bajas en otros climas.



N°	Tema	Título	Autor	Lugar	Hipótesis	Metodología	Conclusiones	Año publicación
1	Precio hedónico / Cuantitativo	Verificación hedónica de la vivienda. Una aplicación con variables ambientales.	Ramirez Ojeda, Duán Emilio (Economista), Larzo, Valerica Soto (Economista)	Ciudad de Manizales	Las zonas de riesgo afectan en el avalúo de una vivienda en la zona estudiada.	Base de datos sacada del Municipio de Manizales, datos sobre las viviendas estructurales, de calidad y materiales. Se dispone de 67.802 unidades de vivienda, con un total de 110.350 personas. Datos utilizados para un análisis Económico.	Las viviendas cercanas a áreas de riesgo reducen su precio en hasta un 17%, las viviendas próximas a una selva en un 37% y el encastillamiento de patrimonio geográfico hasta en 53%.	2013
2	Precio hedónico / Cuantitativo	Hedonic housing prices and the demand for clean air.	Harrison, David - Rudnik, Daniel	Boston	Los valores de las viviendas caen considerablemente cuando existe percepción de contaminación ambiental.	Mediante el modelo hedónico de precios de la vivienda y datos del área de Boston, se analizaron y estimaron cuantitativa	De estos resultados se puede observar que los beneficios de los planes de acción ambiental no son más despreciables, en términos monetarios, para los propietarios.	1978
3	Precio hedónico / Cuantitativo	Does flood affect property values? A hedonic analysis of residential property values in peninsular Malaysia	Nur Haziqah Imani - Mohd Zairi Aidi Karim - Bakht Hasan Basri	Malasia	Las propiedades que frecuentemente experimentan inundaciones en Malasia tienden a tener un efecto en el valor de estas propiedades.	Se utilizó un modelo hedónico con la información obtenida del Departamento de Regio y Diagrama de Malasia. Se incluyó en el análisis a 1500 personas víctimas de las inundaciones. Sin embargo, solo 380 participantes respondieron a las solicitudes de entrevistas.	Los resultados muestran que el precio de venta de la propiedad se redujo significativamente en un 0,015 por ciento debido a las inundaciones y que aumentan los valores de reparación.	2014
4	Precio hedónico / Cuantitativo	Una aproximación al comportamiento de un agente en la vivienda. Caso Hermasillo	Pacheco, Jesús, (Ingeniero civil en masas)	Hermasillo, Estado de Sonora, México	La ausencia de criterios objetivos que defina un valor de los elementos, generan incertidumbre en la realización de compra y venta de un inmueble.	Recopilación de información de operaciones de vivienda directamente en campo, precios, porches electrónicos, con profesionales de valuación como (precio oferta, superficie terreno y construcción, n° baños y dormitorios, calidad de servicios, cercanías, etc.)	El atractivo de una zona suele estar ligado a diferentes fenómenos económicos y sociales que generan atracción y desdoblamiento del comprador a pagar más por la vivienda. En los sectores bajos el valor de las propiedades se reduce y en los sectores altos el valor se incrementa con la superficie construida de la vivienda.	2013
5	Precio hedónico / Cuantitativo	Una aproximación hedónica al efecto de las propiedades por segregación en el precio del suelo urbano en Bogotá	Santana, Leonardo (economista), Echeverri I.R., Urb G.O., Obregón J.A.C.	Bogotá, Colombia	La búsqueda de estacionamiento entre las distintas clases sociales genera la segregación social en el espacio urbano.	Se realizó una investigación económica según como se socializan los diferentes grupos sociales, diferenciados por su estatus social, político y económico.	Existe una relación entre la preferencia por segregación y el valor del suelo urbano. Este fenómeno se encuentra en las zonas de alto precio por metro cuadrado del suelo.	2011
6	Precio hedónico / Cuantitativo	Using Hedonic price model to estimate the effect of flood on real property value in Lokja, Nigeria	Egemen I.R., Koen, Fikayo, Talamu, Bin, Okyung	Lokja, Nigeria	El objetivo del estudio es evaluar los efectos de la inundación en el valor de la propiedad en Lokja, utilizando el modelo de precio hedónico.	Utilizar el modelo de precio hedónico, utilizando datos que se obtuvieron de encuestas de campo y datos documentados sobre análisis de inundaciones del Ministerio de Desarrollo Físico y Medio ambiente. Las distancias se midieron con un GPS.	El resultado del estudio muestra que una casa promedio ubicada en un área inundada tiene un descuento de 6,8% del valor de la propiedad, mientras que el valor de la poliza de seguro representa un 10% del valor de la propiedad.	2015
7	Precio hedónico / Cuantitativo	Imposes methods for predicting property price in hazard prone dynamic markets	Jung, Eunah - Yoon, Heeyun	Corea del Sur	El efecto de la inundación en el valor de la vivienda no se ve afectado por el tipo de mercado inmobiliario.	Se utilizaron datos de transacciones del mercado, que fueron recopilados por el gobierno de Gyeonggi-do, para analizar el efecto de la inundación en el precio de la vivienda en el área de estudio.	Los valores de mercado de las viviendas ubicadas a 0-100 y 100-200 y 200-300 metros de las zonas de riesgo disminuyeron significativamente, que las propiedades en el grupo fuera de la zona. El efecto duró solo por 12 meses después del desastre y luego desapareció.	2016
8	Precio hedónico / Cuantitativo	Non-market valuation in the economic analysis of natural hazards	Gibson, Fiona (Economista), Paron, David (Economista), Burton, Michael (Economista)	Australia	Los desastres naturales no solo afectan los bienes materiales, también generan daños intangibles que tienen relación con el bienestar y estos no se pueden vender ni comprar en el mercado.	Distinción y diferencia entre tipos de mercado que no poseen precio o valor monetario (preferencia revelada, Preferencia declarada)	Para algunos tipos de impactos, es probable que la evidencia del desastre sea suficiente para llevar a cabo la llamada "transferencia de beneficios", mientras que para otros desastres, se necesitan estudios adicionales para completar la información.	2016
9	Precio hedónico / Cuantitativo	Non-market valuation in the economic analysis of natural hazards	Gibson, Fiona (Economista), Paron, David (Economista), Burton, Michael (Economista)	Australia	Los desastres naturales no solo afectan los bienes materiales, también generan daños intangibles que tienen relación con el bienestar y estos no se pueden vender ni comprar en el mercado.	Distinción y diferencia entre tipos de mercado que no poseen precio o valor monetario (preferencia revelada, Preferencia declarada)	Para algunos tipos de impactos, es probable que la evidencia del desastre sea suficiente para llevar a cabo la llamada "transferencia de beneficios", mientras que para otros desastres, se necesitan estudios adicionales para completar la información.	2016
10	Precio hedónico / Cuantitativo	Non-market valuation in the economic analysis of natural hazards	Gibson, Fiona (Economista), Paron, David (Economista), Burton, Michael (Economista)	Australia	Los desastres naturales no solo afectan los bienes materiales, también generan daños intangibles que tienen relación con el bienestar y estos no se pueden vender ni comprar en el mercado.	Distinción y diferencia entre tipos de mercado que no poseen precio o valor monetario (preferencia revelada, Preferencia declarada)	Para algunos tipos de impactos, es probable que la evidencia del desastre sea suficiente para llevar a cabo la llamada "transferencia de beneficios", mientras que para otros desastres, se necesitan estudios adicionales para completar la información.	2016
11	Desastres / Cuantitativo	Climate change, natural disasters, and human development	African Development Bank Group, Odoornot, and IZA.	Malawi	La gestión de desastres no es solo la gestión del proceso, durante el desastre, sino que es la gestión que hace posible la recuperación y el desarrollo.	Más los desarrollos de personas por medio del "natural displacement" (desplazamiento natural) y "natural migration" (migración natural)	El cambio climático y sus desastres naturales hacen que las personas obligadas a moverse debido al shock y deben pagar los costos.	2017
12	Desastres / Cuantitativo	The Capacity Building in the Natural Disaster Management of Thailand	Boonemong, Ekawat (Economista)	Tailandia	La gestión de desastres no es solo la gestión del proceso, durante el desastre, sino que es la gestión que hace posible la recuperación y el desarrollo.	Recopilación de datos sobre la gestión de desastres en Tailandia, como revistas académicas, libros e informes del Banco Mundial	Las leyes y gestiones de prevención y mitigación de desastres son la clave para enfrentar los desastres naturales y sus impactos en las vidas humanas y la producción.	2015
13	Desastres / Cuantitativo	The Capacity Building in the Natural Disaster Management of Thailand	Boonemong, Ekawat (Economista)	Tailandia	La gestión de desastres no es solo la gestión del proceso, durante el desastre, sino que es la gestión que hace posible la recuperación y el desarrollo.	Recopilación de datos sobre la gestión de desastres en Tailandia, como revistas académicas, libros e informes del Banco Mundial	Las leyes y gestiones de prevención y mitigación de desastres son la clave para enfrentar los desastres naturales y sus impactos en las vidas humanas y la producción.	2015
14	Salud / Cuantitativo	Salud mental en desastres naturales	Barrabien, Celso (Médico)	Varios	Los desastres afectan la salud mental de una gran parte de la población, tanto directa como indirectamente.	Comparación y diferencia los tipos de desastres naturales (inundaciones, terremotos, volcanes) y sus efectos en la salud.	Las personas afectadas por los desastres tienen diferentes tipos de respuestas psicológicas y esto depende de la vulnerabilidad de cada una.	2011
15	Salud / Cuantitativo	Salud mental en desastres naturales	Barrabien, Celso (Médico)	Varios	Los desastres afectan la salud mental de una gran parte de la población, tanto directa como indirectamente.	Comparación y diferencia los tipos de desastres naturales (inundaciones, terremotos, volcanes) y sus efectos en la salud.	Las personas afectadas por los desastres tienen diferentes tipos de respuestas psicológicas y esto depende de la vulnerabilidad de cada una.	2011
16	Salud / Cuantitativo	Salud mental en desastres naturales	Barrabien, Celso (Médico)	Varios	Los desastres afectan la salud mental de una gran parte de la población, tanto directa como indirectamente.	Comparación y diferencia los tipos de desastres naturales (inundaciones, terremotos, volcanes) y sus efectos en la salud.	Las personas afectadas por los desastres tienen diferentes tipos de respuestas psicológicas y esto depende de la vulnerabilidad de cada una.	2011
17	Salud / Cuantitativo	Salud mental en desastres naturales	Barrabien, Celso (Médico)	Varios	Los desastres afectan la salud mental de una gran parte de la población, tanto directa como indirectamente.	Comparación y diferencia los tipos de desastres naturales (inundaciones, terremotos, volcanes) y sus efectos en la salud.	Las personas afectadas por los desastres tienen diferentes tipos de respuestas psicológicas y esto depende de la vulnerabilidad de cada una.	2011

Tabla 1 Resumen Segunda Selección. Fuente; Elaboración Propia.



## 8. Metodología y Desarrollo.

### 8.1 Resumen de la Metodología.

Siendo la formación del valor de suelo un proceso complejo con variables múltiples, se ha propuesto para esta investigación aplicar el método de precios hedónicos y el análisis por regresiones lineales, acompañado de modelos de información geográfica.

Primeramente, se levantó una base de datos de transacciones residenciales a partir del registro del Conservador de Bienes Raíces de Copiapó, donde se reflejaron algunas de las variables que pueden incidir en la composición del precio de un inmueble como; superficie techada, precio de transacción, metros cuadrados construidos, superficie de terreno, antigüedad, etc. La base de datos se complementó con atributos de Calidad de la Vivienda, algunos de ellos relacionados con su entorno y localización, y otros con características propias de la edificación.

Teniendo la base de datos, se desarrollaron gráficos de dispersión y se determinó el grado de representación o  $R^2$  de la línea de tendencia para Valor de la Vivienda y luego para Valor del Metro cuadrado edificado (M2T). Posteriormente, se constató la presencia de outliers y se comenzó el cálculo de la Desviación estándar para poder identificarlos y retirarlos de la base.

A continuación, se calculó Pearson para poder dar con aquellas variables que estuvieran más correlacionadas con las variables señaladas en el párrafo anterior e identificar cambios de unos atributos sobre otros, en los periodos y años analizados.

Se desarrolló un modelo SIG de información geográfica, para representar en capas, las zonas de inundación según profundidad y correlacionarlas con cada uno de los puntos analizados. Para localizar dichos puntos, se georreferenció una a una, cada una de las transacciones catastradas menos los outliers.

Una vez hecho el análisis SIG, se incorporó a la base de datos mediante herramientas de Arcgis, la variable *Inundación* y se desarrolló el modelo de regresiones lineales múltiples. La definición de profundidades se consiguió llevando a formato vectorial, los polígonos de inundación extraídos del estudio de Valdés-Pineda, Valdés J. B. y García Chévesich (2017)<sup>14</sup>. Se identificaron así, 5 niveles de inundación, se testeó lo ocurrido cuando se aplicaron los grados de inundación (es decir con los 5 niveles más la clasificación de “no inundado”, que se representó con un “0”, y además, cuando se trabajó con resultados binarios, donde 0 y 1 correspondían a “no afectados”, y de 2 a 5 como “afectados”).

Luego, se analizaron fenómenos de multicolinealidad con el objeto de constatar si una variable estaba contenida en otra. La forma de hacerlo fue desarrollar regresiones lineales entre las variables independientes y entonces constatar los  $R^2$  y  $R^2$  ajustados que se obtuvieran buscando su VIF o Factor de Inflación de Varianza.

Se buscó a continuación establecer si existía o no heterocedasticidad en la muestra. Y así al determinar si las varianzas de error eran constantes o no, corroborar la homogeneidad de la muestra. Al encontrar que el valor crítico de F, presentaba heterocedasticidad, hubo que corregirla en STATA para ponderar de manera diferenciada las variables con mayor distancia de la medida de sus errores y así correr nuevamente regresiones lineales múltiples por año con mayor precisión. Con esos datos, se aplicó el test de Chow que permite en tres regresiones lineales, determinar que existe o no cambios estructurales en el tiempo analizado.

Finalmente, se ha desarrollado un análisis de tendencias, comparando la participación porcentual de distintas tipologías y segmentos de valores de vivienda. Esto se ha trabajado para las zonas afectas por la inundación y las que no, de tal forma de identificar a cuatro años de la tragedia, modificaciones en la tendencia de producción y adquisición de viviendas.

---

<sup>14</sup> “Modelación de crecidas aluvionales en la cuenca del río Copiapó, Chile”, Valdés-Pineda, Valdés J. B. y Gracia Chévesich (2017). Universidad de Arizona, Estados Unidos.



## 8.2 Construcción de la Base de datos

Para la construcción de la Base de datos primeramente se extrajo información del Conservador de Bienes Raíces de Copiapó. En Chile, el artículo 446 del Código Orgánico de Tribunales se refiere a esta materia, conjuntamente con el Reglamento del registro conservatorio de bienes raíces y define a los Conservadores, como los “ministros de fe encargados de los registros conservatorios de bienes raíces, comercio, minas, accionistas de sociedades propiamente mineras y los registros de Aguas”<sup>15</sup>. De ahí se recogieron datos como; dirección, tipo de propiedad, rol de avalúo fiscal, superficie de terreno, superficie construida, número de estacionamientos, año de transacción y antigüedad de la vivienda.

Se debe relevar que el sistema registral chileno, es autofinanciado por aranceles fijados por ley. No obstante, los documentos que contiene son sumamente fidedignos, antecedentes de respaldo, por ejemplo, de créditos hipotecarios, certificaciones de capacidad económica y dominio entre otras cosas, carece de plataformas digitales que sean adquiribles de manera telemática en todo el país. Esto supuso en la investigación, contar con la colaboración de abogados del departamento jurídico de la Ilustre Municipalidad de Copiapó, que revisaron en libros de registro, cada inscripción extrayendo para los años solicitados, las primeras 100 compraventas habitacionales.

Se consolidó así una base de datos de 600 casos divididos en tres períodos según fecha de transacción; 2013-2014, que corresponden a compraventas del período anterior al aluvión de 2015, 2015 – 2016, que corresponden a inscripciones del período del aluvión o inmediatamente posteriores y finalmente 2018-2019, que se sitúan temporalmente como mínimo, a tres años de ocurrida la tragedia. Se dejó fuera el año 2017 para que el último período, tuviera un espacio equivalente a los anteriores, pero con mayor distancia al fenómeno climático estudiado. Se levantaron entonces, 200 casos para cada corte temporal, luego, con la dirección y apoyándose de Google Maps, se obtuvo la imagen de cada propiedad y las coordenadas para su georreferenciación.

El paso siguiente, fue la determinación de atributos de calidad que pudieran agregarse a la base de datos y que pudieran objetivarse por medio de la imagen o las imágenes obtenidas de cada georreferenciación y de la función “Street View” de Google Maps. Así se definieron atributos de la vivienda y otros del contexto o barrio. Entre los primeros se registró; Materialidad, Tipología de Vivienda y Equipamiento de la Vivienda, mientras en los relacionados con el contexto, se pudo levantar; tipo de Calzada, tipo de acera (o vorera), calidad del área verde más cercana, paisaje urbano, Jerarquía de calle que enfrenta y distancia al transporte público (entendida como la distancia en tiempo a la parada de bus urbano más cercano).

La parte final de la construcción de la Base de datos, fue la inclusión de una columna asociada al grado de inundación de cada registro. Esto se hizo operando los datos con herramientas de Arcgis. Se dibujaron polígonos de inundación según profundidad, extraídos del estudio de Valdés-Pineda et, al 2017, que ya se había mencionado. Luego, se creó un nuevo campo en la tabla de atributos de la capa de compraventas georreferenciadas, relacionando cada punto con uno de los polígonos de inundación. Así los puntos que no estaban afectados quedaron con un registro 0 en ese campo, que fue creciendo hasta 5 en la medida que el punto quedó en una zona de inundación más profunda.

La complejidad en la estructuración de la Base de datos fue la geolocalización de las direcciones registradas por el Conservador de Bienes Raíces. Al tratarse de transcripciones que originalmente estaban en manuscritos, el nombre de una calle puede estar escrito distinto al nombre enrolado en el plan regulador o al que reconoce Google Maps. Así también algunos nombres de calles podían corresponder en la misma ciudad a dos vías distintas, debiendo en ese caso, contrastar el valor de la transacción con las características de cada ubicación reconocida por Street View.

---

<sup>15</sup> Extracto del Código Civil de Chile, artículo 446.



### 8.3 Atributos Registrados en el Conservador de Bienes Raíces

Como se ha dicho en el numeral anterior, del Conservador de Bienes Raíces se extrajeron los siguientes datos; Año de Transacción, Rol de Avalúo, Dirección, Tipo de Propiedad, Superficie de Terreno, Superficie construida, Antigüedad y Precio del Inmueble. La descripción de cada uno se encuentra a continuación;

**Año de Transacción;** Se refiere al año donde la inscripción fue efectivamente realizada en el Conservador de Bienes Raíces. El recorrido que efectúa cualquier transacción de alguna propiedad en Chile es primero la suscripción del contrato de compraventa ante notario por escritura pública (pueden concurrir comprador, vendedor y eventualmente, el tercero en favor de quien pueda quedar inscrita alguna hipoteca), y luego, es el notario quien envía a inscribir en el Conservador de Bienes Raíces respectivo y así se constituye el dominio de la propiedad.

**Rol de Avalúo;** Corresponde a la identificación fiscal de la propiedad. Se mantiene a lo largo del tiempo y pasa de propietario en propietario. Es análogo a la matrícula de un vehículo. Vincula a un bien con sus límites y características, pero no con un dueño específico. En Chile, el Rol de Avalúo permite además, saber el valor del impuesto territorial o *contribución* que debe pagar cada propiedad.

**Dirección;** Se registró la Avenida, Calle o Pasaje según correspondiera y la numeración. En algunas ocasiones cuando se trata de viviendas colectivas, las direcciones van acompañadas de una segunda numeración y de una letra o de ambas. Por lo general, el orden correcto de una dirección inscrita en el Conservador de Bienes Raíces en Chile es la siguiente;

Avenida Calle o Pasaje – Número – Block – Departamento / Casa

**Tipo de Propiedad;** En este atributo, se identificó si la transacción se hacía por una casa habitación o por un departamento (piso). Los registros del conservador no permiten inducir de la sola redacción de la compraventa, si se trata de una vivienda aislada, pareada, continua, etc.

**Superficie de Terreno;** La superficie del terreno siempre queda registrada en metros cuadrados. Los solares originales, medidos con la tecnología que existía al tiempo de comenzar las inscripciones en el Conservador de Bienes Raíces pueden contener errores arrastrados en el tiempo pero que no son significativos.

**Superficie Construida;** En Chile se conoce como superficie construida a aquella que, estando techada, tiene a lo menos, tres de cuatro caras cerradas. Las terrazas de los departamentos que tienen solo una o dos caras cerradas se cuentan como media superficie. En la legislación española lo más cercano es lo que se conoce como “metro cuadrado de techo”.

**Antigüedad;** La antigüedad del inmueble se refiere a la primera inscripción del bien tal como lo señala el Reglamento del Registro Conservatorio de Bienes Raíces publicada en 1857. Existe a veces confusión con el año de construcción de un inmueble, que tiende a ser el mismo en propiedades que derivan de una urbanización o de la partición de roles producto de la edificación de un edificio pero que no supone lo mismo en propiedades antiguas que se edificaron en terrenos inscritos con anterioridad, o simplemente que no estaban inscritos por estar con dominios constituidos antes de la promulgación del citado cuerpo legal.

**Precio del Inmueble;** Este es el valor de transacción de una compraventa. Está expresado en pesos chilenos y la correlación aproximada es que un euro equivale a setiembre de 2019 a 780 pesos aproximadamente. Existe la posibilidad de que algunas escrituras se expresen en Unidades de Fomento (UF), que es un valor de transacción de viviendas en Chile que se usa principalmente para los créditos hipotecarios, no obstante, la expresión de valor en el Conservador de Bienes Raíces es usualmente en pesos.



## 8.4 Atributos de Calidad

Como se ha dicho, parte de estos atributos están relacionados con la vivienda misma y otros con el barrio o contexto urbano y son; Materialidad, Tipología de Vivienda, Equipamiento de la Vivienda, tipo de Calzada, tipo de acera (o vorera), calidad del área verde más cercana, paisaje urbano, Jerarquía de calle que enfrenta y distancia al transporte público (entendida como la distancia en tiempo a la parada de bus urbano más cercano).

**Materialidad;** Se utilizó para completar este campo, la información que arrojó el Street Viewer de Google Maps. Se analizó el método constructivo predominante como lo muestra la figura siguiente.

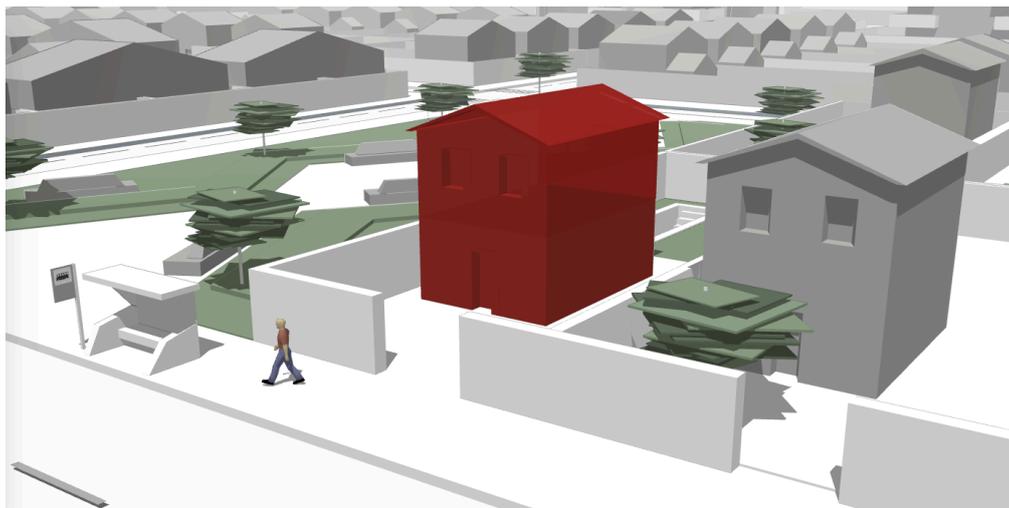


Figura 5; En rojo, el atributo analizado. Fuente propia.

Las clasificaciones trabajadas son;

**Vernácula:** este tipo de construcción se refiere a aquellas donde las soluciones adoptadas son un ejemplo de adaptación al medio y están ejecutadas por el mismo usuario apoyado en su conocimiento de diversos sistemas constructivos.

**Madera:** este tipo de construcción utiliza la madera y sus derivados como material principal para la elaboración de la vivienda. Pueden ser prefabricadas o diseñadas de manera específica por profesionales de la construcción.

**Albañilería:** es el tipo de edificación donde se utilizan principalmente materiales pétreos, tales como ladrillos de arcilla, bloques de cemento, piedras, cal, yeso y otros similares de igual o similar origen a los ya mencionados.

**Hormigón:** El concreto u hormigón es el material resultante de unir áridos con la pasta que se obtiene al añadir agua a un conglomerante. Una característica importante del hormigón armado es poder adoptar formas distintas, a voluntad del proyectista y en el caso chileno estar internamente estructurado por armaduras de fierro.

Se les asignó numeración de acuerdo a la siguiente tabla:

Correlación numérica			
Materialidad			
1	2	3	4
Vernácula	Madera	Albañilería	Hormigón

Tabla 2. Correlación numérica para atributo Materialidad.



A continuación, se muestran algunos ejemplos para el atributo identificado:



Figura 6. Ejemplo de vernácula. Calle Borgoño, Copiapó. Fuente; Google Maps.



Figura 7. Ejemplo de madera. Calle Isabel Riquelme, Copiapó. Fuente; Google Maps.

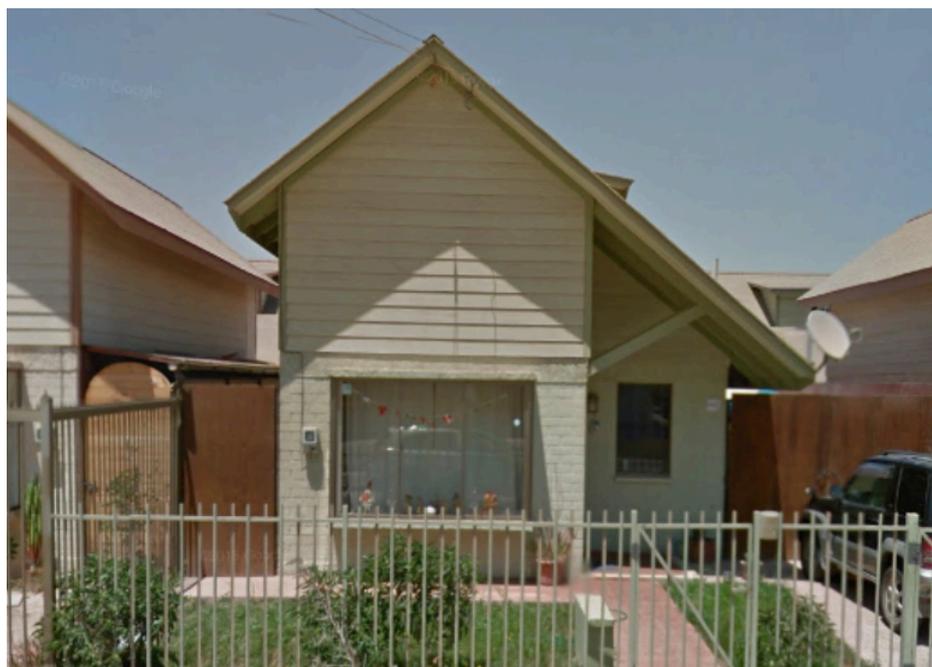


Figura 8. Ejemplo de albañilería. Calle Manuel Cortázar, Copiapó. Fuente; Google Maps.<sup>16</sup>



Figura 9. Ejemplo de hormigón. Calle Granada, Copiapó. Fuente; Google Maps.

---

<sup>16</sup> Es frecuente en la construcción chilena de algunas viviendas de dos pisos, que tengan uno en albañilería y otro en estructura metálica. Para estos casos, se les consideró parte de la clasificación “Albañilería”.



**Tipología de Vivienda;** Para completar este campo, se utilizó la imagen aérea de Google Maps una vez localizada la vivienda con Street Viewer. Las tipologías mismas no corresponden a una definición específica de la norma sino a clasificaciones desarrolladas en este mismo trabajo y que son;

**Plurifamiliar:** se refiere a los edificios residenciales que poseen varias viviendas en su interior.

**Pareada:** corresponde a dos edificaciones emplazadas a partir de un deslinde común, ejecutadas de manera simultánea manteniendo una misma línea de fachada, altura y longitud de pareo.

**Agrupación continua en manzana abierta:** se emplaza a partir de los deslindes laterales opuestos de un mismo predio ocupando todo el frente de éste, manteniendo el plano de fachada con la edificación colindante y se caracteriza porque la unidad de cada borde es sólo pareada hacia uno de sus lados.

**Agrupación continua en manzana cerrada o tradicional:** cada vivienda colinda con dos edificaciones cuyas fachadas exteriores se alinean con las calles que conforman la manzana, quedando así un espacio libre en el interior de la edificación delimitado por las fachadas interiores de la misma.

**Aislada:** Es aquella vivienda que no está en contacto físico con otras edificaciones. Normalmente están rodeadas en todos sus lados por un terreno perteneciente a la vivienda en el que se suele instalar un jardín privado.

Para efectos de la base de datos, se les asignó número de acuerdo a la siguiente tabla sin que ello constituyera a priori una categoría de valor.

Correlación numérica				
Tipología				
1	2	3	4	5
Plurifamiliar	Pareada	Agrupación continua en manzana abierta	Agrupación continua en manzana cerrada o tradicional	Aislada

Tabla 3. Correlación numérica para atributo Tipología.

Para mayor entendimiento, se muestran a continuación, esquemas 3D de cada tipología.

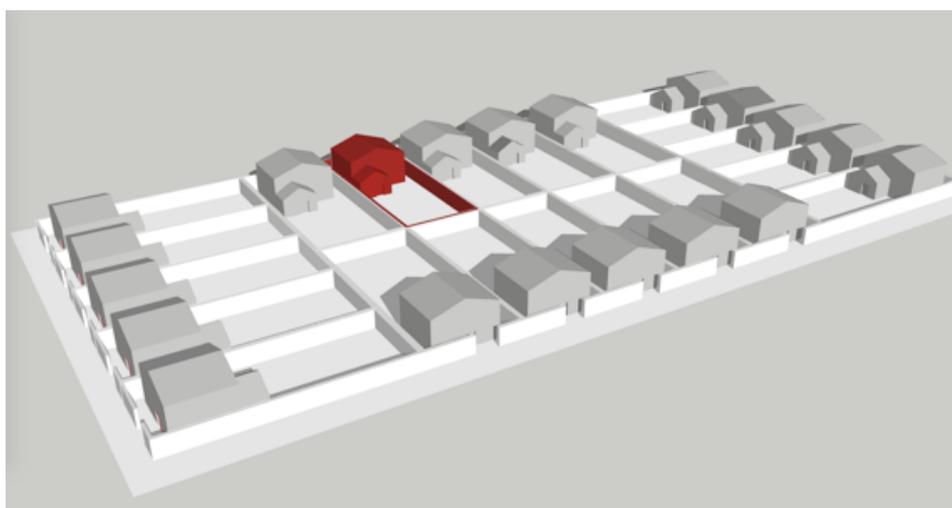


Figura 10. Vivienda aislada. Fuente; Elaboración propia.

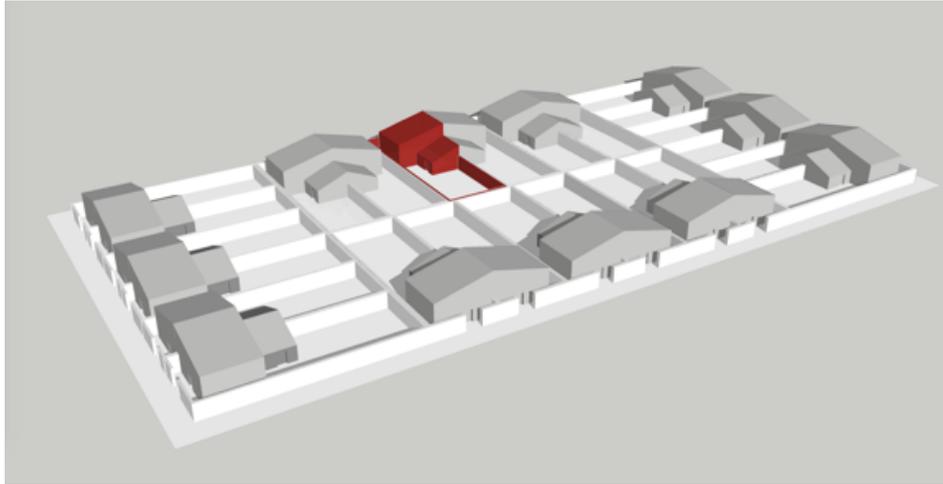


Figura 11. Vivienda pareada. Fuente; elaboración propia.

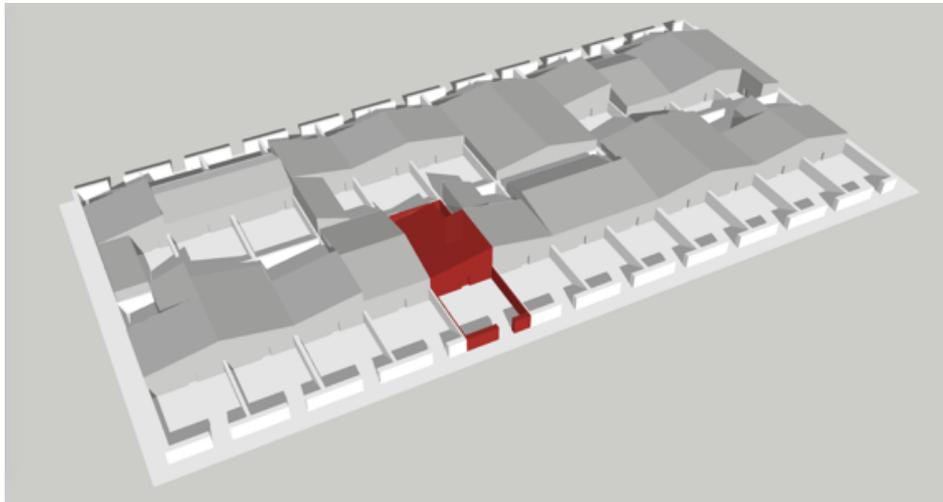


Figura 12. Agrupación continua de manzana abierta. Fuente; elaboración propia.

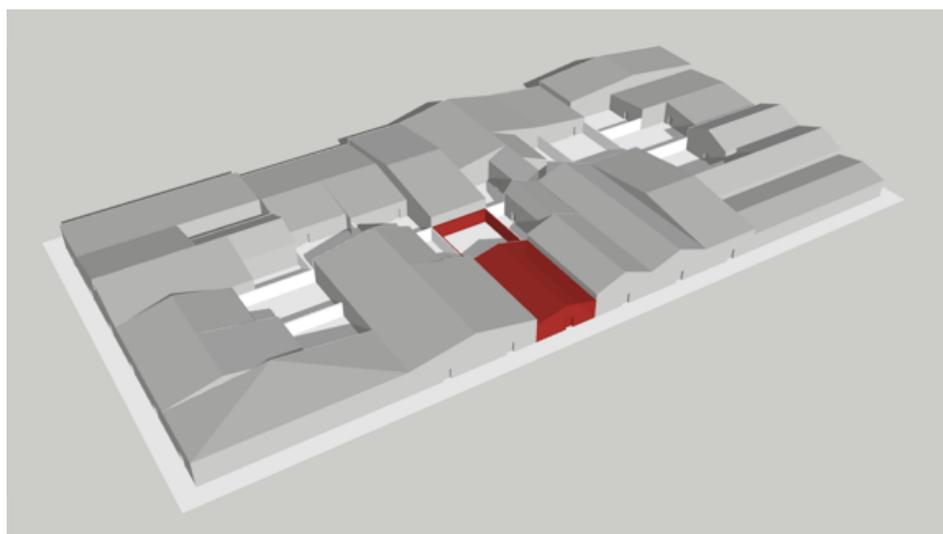


Figura 13. Agrupación continua de manzana tradicional. Fuente; elaboración propia.



Figura 14. Ejemplo de vivienda plurifamiliar. Fuente; elaboración propia.

**Equipamiento de la Vivienda;** Este atributo se refiere a la calidad del espacio privado de terreno, que no es ocupado por la vivienda. Se relaciona con lo que comúnmente se llama jardín o patio privado y lo grafica el siguiente esquema.

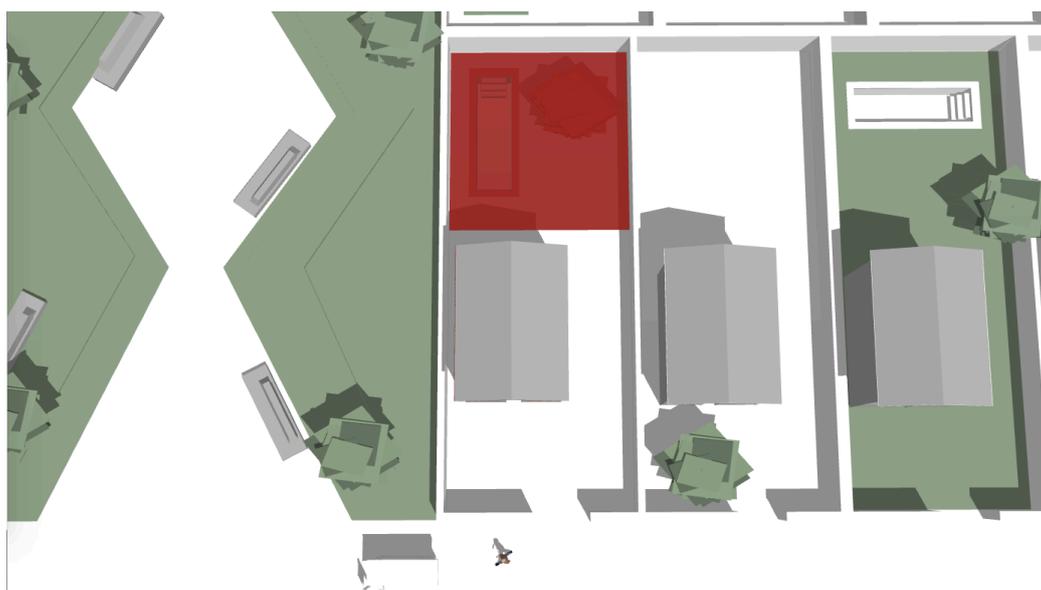


Figura 15. En rojo atributo analizado. Fuente; elaboración propia.

Las clasificaciones que se usaron son;

**Eriazo:** Son aquellas viviendas en las cuales los espacios sin construir son de tierra y/o no tienen vegetación alguna.

**Jardín consolidado:** Viviendas donde se pueden encontrar especies vegetales, tales como pasto, flores, árboles, etc, en las zonas no edificadas del terreno.

**Jardín consolidado con piscina:** se refiere a aquellas viviendas que poseen jardinería y además, piscina.



Se les asignó número de acuerdo a la siguiente tabla.

Correlación numérica		
Equipamiento		
1	2	3
Eriazo	Jardín	Jardín con piscina

Tabla 4. Correlación numérica para atributo Equipamiento.

Se muestran ejemplos para mejor entendimiento;



Figura 16. Ejemplo de eriazo. Calle Calavacino Porcile, Copiapó. Fuente: Google Maps.



Figura 17. Ejemplo de jardín. Calle Torres del Paine, Copiapó. Fuente: Google Maps.



Figura 18. Ejemplo de jardín con piscina. Sector La Colina, Copiapó. Fuente: [www.yapo.cl](http://www.yapo.cl)



**Tipo de Calzada;** En este atributo se revisó la carpeta de rodado del paquete de estructura de pavimentos de la vía que enfrenta a cada uno de los casos de la base de datos tal como lo grafica el siguiente esquema.

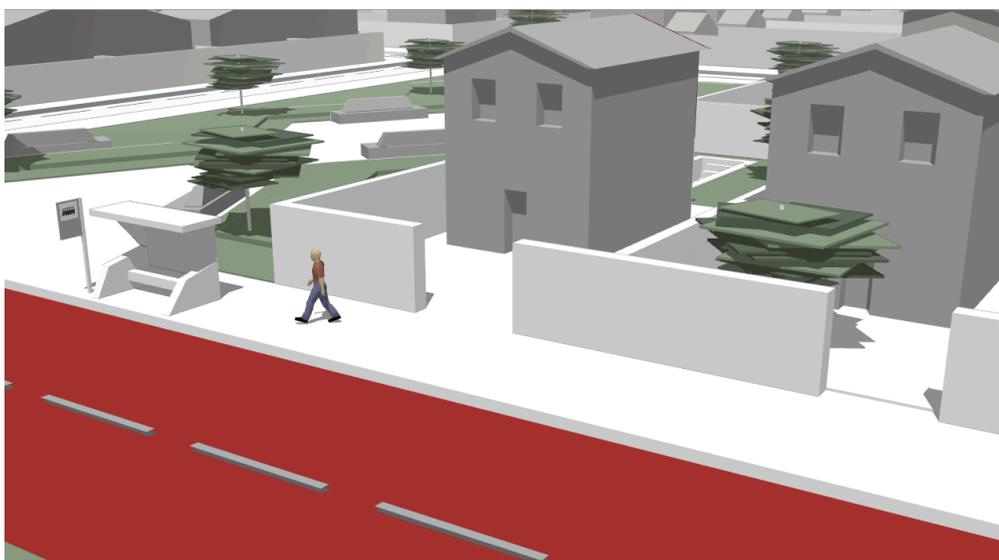


Figura 19. En rojo atributo analizado. Fuente; elaboración propia.

Se establecieron cuatro clasificaciones distintas y son:

**Tierra:** Carpeta de base estabilizada compactada. En superficie presenta sólo material árido de distintos diámetros.

**Tratamiento simple:** Carpeta de rodado que tuvo la aplicación de uno o dos riegos de sello en base a materiales derivados del petróleo (también denominados riegos asfálticos), sobre una capa granular para proveer una superficie de rodado económica y duradera a caminos con niveles de tránsito medios a bajos.

**Asfalto:** Carpeta de rodado construidas con materiales asfálticos derivados del petróleo y materiales granulares de granulometrías mas bien pequeñas. En general se componen de una capa asfáltica sobre una capa base y una sub-base que suelen estar compuestas por material granular y que descansan sobre una capa de suelo compactado. Los espesores de la carpeta de asfalto varían entre 5 y 10 milímetros.

**Concreto:** Este tipo de calzadas se integran por una capa (losa) de concreto u hormigón que se apoya en una capa de base, constituida por grava que descansa sobre una capa de suelo compactado.

Se muestra en la siguiente tabla, la correlación numérica empleada para la base de datos.

Correlación numérica			
Calzada			
1	2	3	4
Tierra	Tratamiento simple	Asfalto	Hormigón

Tabla 5. Correlación numérica para atributo Calzada.



Se muestran a continuación, ejemplos para cada tipo de calzada;



Figura 20. Ejemplo de tierra. Calle Candelaria, Copiapó. Fuente: Google Maps.



Figura 21. Ejemplo de tratamiento simple. Calle Independencia, Copiapó. Fuente: Google Maps.



Figura 22. Ejemplo de asfalto. Avenida Circunvalación Borgoño, Copiapó. Fuente: Google Maps.



Figura 23. Ejemplo de concreto. Calle Volcán Doña Inés, Copiapó. Fuente: Google Maps.



**Tipo de Acera;** Puede haber distintas configuraciones de Acera. Generalmente ellas muestran el estándar del barrio. Mientras en las zonas más tradicionales y de mayores ingresos hay baldosas, las más desprovistas las tienen solo en tierra, a veces con suerte con alguna delimitación de solera o solerilla<sup>17</sup>.



Figura 24. En rojo el atributo analizado. Fuente; elaboración propia.

Se clasificó el atributo en 4 alternativas según calidad. Para constatarlo se usó principalmente el Street Viewer de Google Maps:

**Sin acera:** Se refiere a los caminos, calles o pasajes, que no tienen habilitado un espacio para el tránsito de peatones.

**Acera de tierra:** En este caso se pueden encontrar soleras a los costados de caminos o calles que delimitan el espacio del uso para tránsito vehicular, pero poseen vereda del material propio del lugar en que se encuentra, sea éste arena, tierra o grava.

**Acera de cemento:** Son aquellas veredas que poseen solera y además una superficie de cemento o losa de hormigón para tránsito peatonal.

**Acera con baldosa:** Esta vereda en particular posee solera y sobre la capa de mortero de cemento, se encuentran baldosas decorativas.

Se muestra en la tabla, la correlación numérica del atributo según su calidad.

Correlación numérica			
Acera			
1	2	3	4
Sin acera	Solera con acera de tierra	Solera con acera de cemento	Solera con acera de baldosas

Tabla 6. Correlación numérica para atributo Acera.

<sup>17</sup> Nombre que recibe la pieza que separa acera de calzada, antiguamente eran de piedra y hoy de concreto.



A continuación, ejemplos de las clasificaciones señaladas;



Figura 25. Ejemplo de sin vereda. Calle José Cisterna, Copiapó. Fuente; Google Maps.

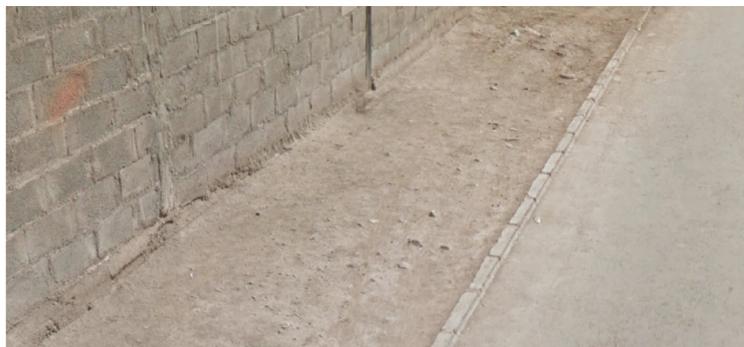


Figura 26. Ejemplo de solera con vereda de tierra. Calle Sergio Soto, Copiapó. Fuente; Google Maps.



Figura 27. Ejemplo de solera con vereda de cemento. Calle Diego Portales, Copiapó. Fuente; Google Maps.



Figura 28. Ejemplo de solera con baldosas. Calle Colipi, Sector Centro, Copiapó. Fuente; Google Maps.



**Calidad de área verde cercana;** Área verde es una superficie de terreno destinada preferentemente al esparcimiento o circulación peatonal, conformada generalmente por especies vegetales y otros elementos, según la definición de área verde de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC)<sup>18</sup> y en este trabajo se clasificó en tres tipos:

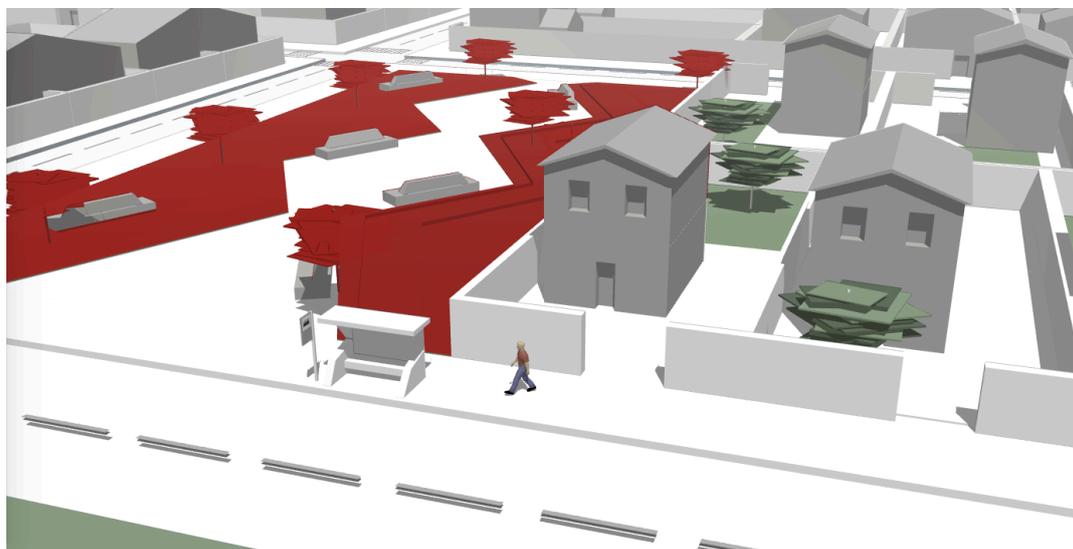


Figura 29. En rojo atributo analizado. Fuente; elaboración propia.

**Eriazo con mobiliario y luminaria;** Son lugares de uso público, calificados como Areas verdes pero que solo poseen el equipamiento básico de mobiliario e iluminación sin contar con vegetación alguna.

**Arboles con mobiliario y luminaria:** En este caso las áreas cercanas a la vivienda, calificadas como Areas verdes, poseen luminaria y mobiliario, pero además, árboles.

**Pasto con arboles, mobiliario y luminaria:** Es la clasificación que le corresponde a los espacios públicos calificados como Areas Verdes, y que están más consolidados, incluso con carpetas de césped.

Las áreas verdes cercanas a una propiedad, en las condiciones de clima de esta localización geográfica, son de alto costo de mantención y ciertamente tienen un correlato con el tipo de barrio. Se estableció la calificación pensando que sería un atributo altamente valorado.

Correlación numérica		
Áreas verdes		
1	2	3
Eriazo con mobiliario y luminaria	Arboles con mobiliario y luminaria	Pasto con arboles, mobiliario y luminaria

Tabla 7. Correlación numérica para atributo Áreas verdes.

<sup>18</sup> Cuerpo normativo en Chile, elaborado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y que complementa a la Ley General de Urbanismo y Construcciones.



Algunos ejemplos según calificaciones son;



Figura 30. Ejemplo de eriazo con mobiliario y luminaria. Parque Benjamín Figueroa, Copiapó. Fuente; Google Maps



Figura 31. Ejemplo de arboles con mobiliario y luminaria. Calle El Chañar esq Calcopirita, Copiapó. Fuente; Google Maps



Figura 32. Ejemplo de pasto con arboles, mobiliario y luminaria. Parque Schneider, Copiapó. Fuente; Google Maps



**Paisaje urbano;** Aquí se clasificó el grado de homogeneidad que, a simple vista, tuviera el sector de la ciudad donde se emplaza la vivienda analizada. Se parte del supuesto, que aquellos paisajes más homogéneos corresponden a lugares con mejor calidad de planificación y que por tanto podrían tener una mejor asignación de valor por los usuarios.

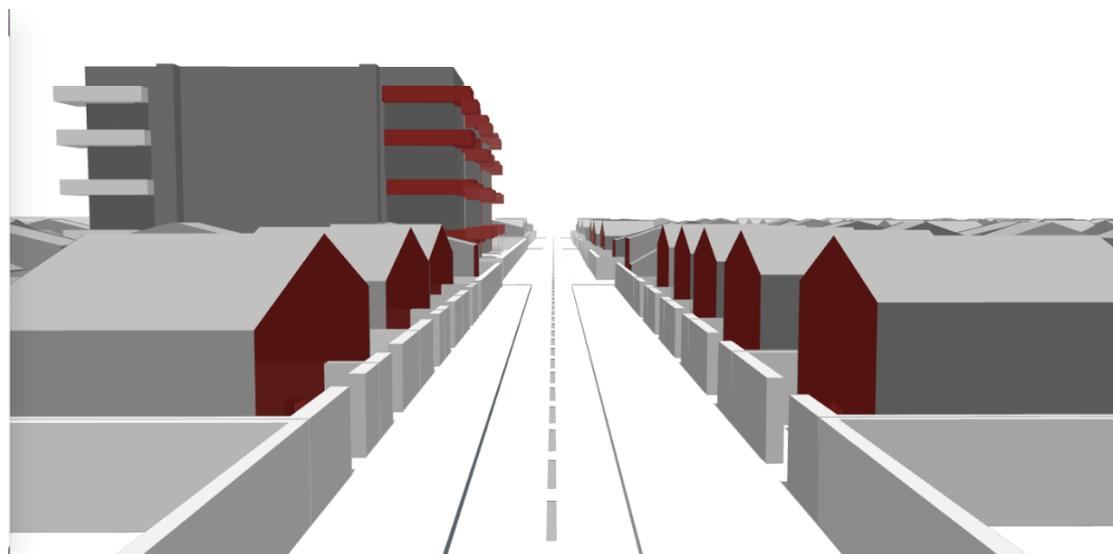


Figura 33. En rojo parte de los indicadores del atributo estudiado. Fuente; elaboración propia.

**Altamente Heterogéneo:** Se trata de sectores de la ciudad que a falta de una norma rígida o de un solo desarrollador que haya edificado un barrio, se ha compuesto por una suma de unidades disímiles entre ellas.

**Heterogéneo:** Es un sector con una norma que da como resultado distintas tipologías de vivienda, pero con ciertos elementos de regularidad, como por ejemplo, una misma línea predial. También podría ser una misma tipología con distintos antejardines.

**Homogéneo:** Se trata de un paisaje con la misma tipología de vivienda, pero con diversa calidad de espacio público y varios diseños de unidades habitacionales probablemente ejecutadas por varios desarrolladores.

**Altamente Homogéneo:** Generalmente desarrollados por una misma inmobiliaria que hace parecer se contara con una norma rígida, tanto para predios particulares como para espacio público.

La correlación numérica se expresa a continuación y su orden de prelación no representa necesariamente mayor valor en términos de calidad.

Correlación numérica			
Paisaje Urbano			
1	2	3	4
Altamente heterogeneo	Heterogeneo	Homogeneo	Altamente Homogeneo

Tabla 8. Correlación numérica para atributo Paisaje urbano.



Algunos ejemplos para el atributo analizado;



Figura 34. Ejemplo de altamente heterogéneo. Calle Carlos Villalobos, Copiapó. Fuente; Google Maps.



Figura 35. Ejemplo de heterogéneo. Calle Candelaria Goyenechea, Copiapó. Fuente; Google Maps.



Figura 36. Ejemplo de homogéneo. Calle Llanos de Maipú, Copiapó. Fuente; Google Maps.

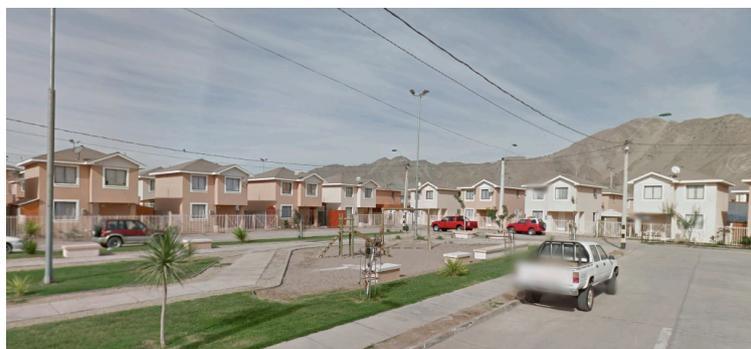


Figura 37. Ejemplo de altamente homogéneo. Calle Pedro Arenas, Copiapó. Fuente; Google Maps.



**Jerarquía de la Calle;** En la legislación urbanística chilena, las vías que enfrentan el acceso de una vivienda están divididas según su jerarquía. De ellas, la más pequeña, por donde, por ejemplo, no puede transitar el transporte público, son los pasajes, le siguen las calles y luego las avenidas.



Figura 38. En rojo, avenidas, calles y pasajes. Fuente; elaboración propia.

Se definieron cinco categorías en este atributo.

**Pasaje:** Entre calles de circulación vehicular permanente estos constituyen la vía de acceso público a las propiedades que la enfrentan con una faja vehicular de 3 metros de ancho promedio.

**Pasaje sin salida:** Se refiere a los pasajes que en un extremo tienen acceso a calles o pasajes de circulación vehicular permanente y en el otro un ensanche que permita el giro de los vehículos para retornar por la misma vía de ingreso. Tienen 3 metros de faja vehicular promedio.

**Calle:** Su misión principal es canalizar el tránsito hacia otras vías más importantes y de acceso a las edificaciones colindantes. Sirven al propósito primario de recoger y distribuir el tránsito con calzadas de 7 a 12 metros.

**Calle sin salida:** Son las calles que inician en la conexión con una avenida u otra calle pero que no poseen conexión en su otro extremo con otra vía de tránsito vehicular.

**Avenida:** Vías principales que enlazan las autopistas y que sirven al tránsito de largo desplazamiento dentro o a través del área urbana uniendo los diferentes sectores de la ciudad. Se proyectan con doble calzada de un ancho mínimo de 7 metros cada una, generalmente con posibilidades de estacionamiento limitado.

La asignación de números para la base de datos fue la siguiente.

Correlación numérica				
Calle				
1	2	3	4	5
Pasaje sin salida	Pasaje	Calle sin salida	Calle	Avenida

Tabla 7. Correlación numérica para atributo Calle.



Algunos ejemplos de las jerarquías de vías en Copiapó.



Figura 39. Ejemplo de pasaje sin salida. Pasaje Padre Cesla, Copiapó. Fuente; Google Maps



Figura 40. Ejemplo de calle. Manuel Rodríguez, Copiapó. Fuente; Google Maps



Figura 41. Ejemplo de calle sin salida. Calle Guacolda, Copiapó. Fuente; Google Maps



Figura 42. Ejemplo de avenida. Avenida Copayapu, Copiapó. Fuente; Google Maps



**Distancia al Transporte Público;** Este atributo registra el tiempo que toma una persona en caminar desde el acceso a la vivienda hasta el paradero del transporte público más cercano. Esta medida se obtuvo a través de la plataforma Moovit. Se trata de una aplicación disponible para Android e ISO, y es de uso gratuito ayuda para los usuarios. Ayuda a encontrar el paradero de transporte público más cercano según su ubicación actual o algún punto elegido. Esto es lo que se hizo teniendo la georreferenciación de cada punto y analizándolo caso a caso.

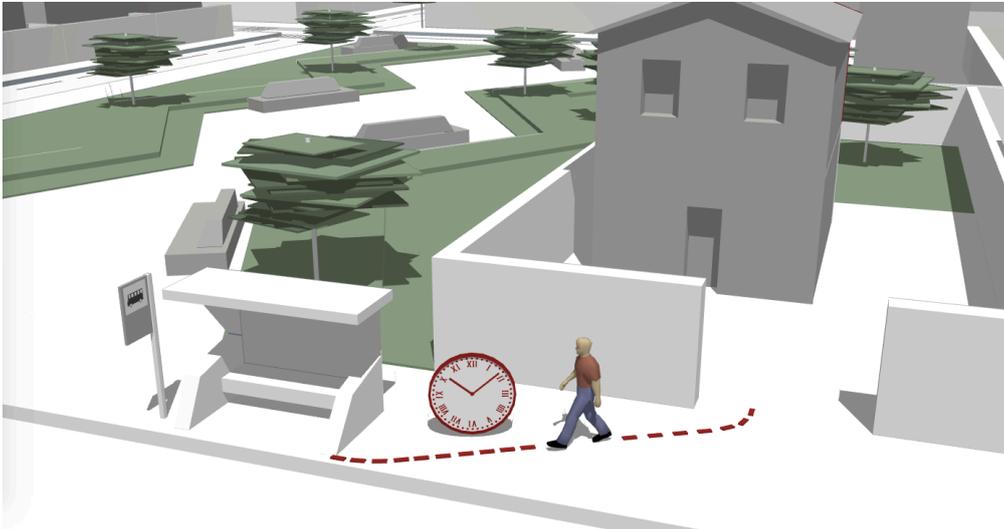


Figura 43. El tiempo al transporte público. Fuente; Elaboración propia.

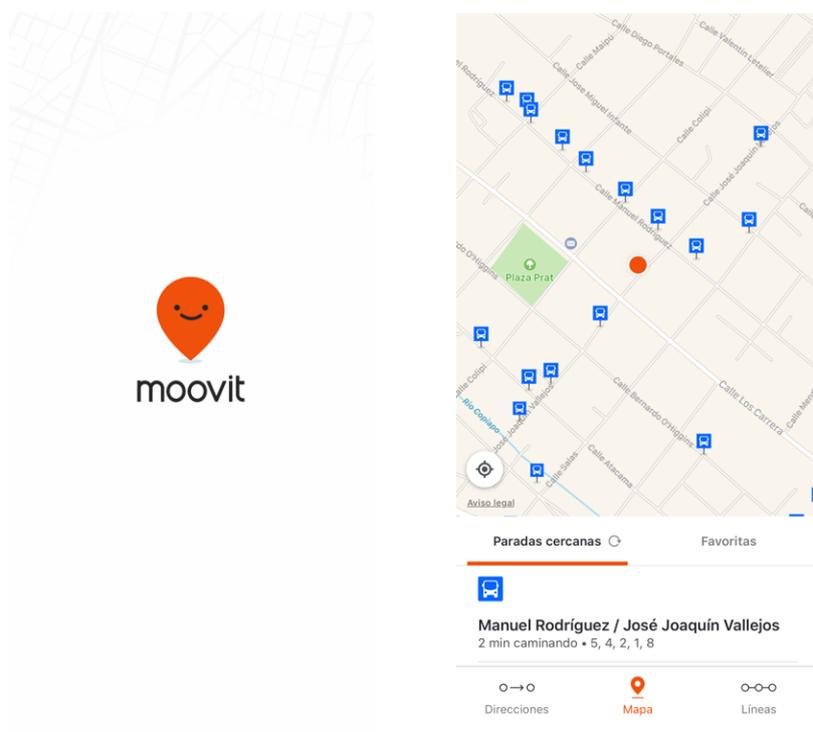


Figura 44. Captura de pantalla con aplicación Moovit en uso. Fuente; aplicación móvil Moovit.



### 8.5 Revisión de Tendencias por Gráficos de Dispersión

Las líneas de tendencia son una de las herramientas más simples dentro del análisis gráfico. Permite representar la relación existente entre dos variables en un primer acercamiento. En este caso se desarrollaron gráficos de dispersión por períodos, siendo las variables dependientes, el Valor de la Vivienda y el Valor del Metro cuadrado construido, y la variable independiente, la Cantidad de metros cuadrados construidos o de techo. Se extrajo además el R<sup>2</sup> de cada línea de tendencia que explica el coeficiente de determinación de la línea de tendencia, es decir, cuanto explica Y a X, donde 0 es “no lo explica” y 1 “lo explica absolutamente”.

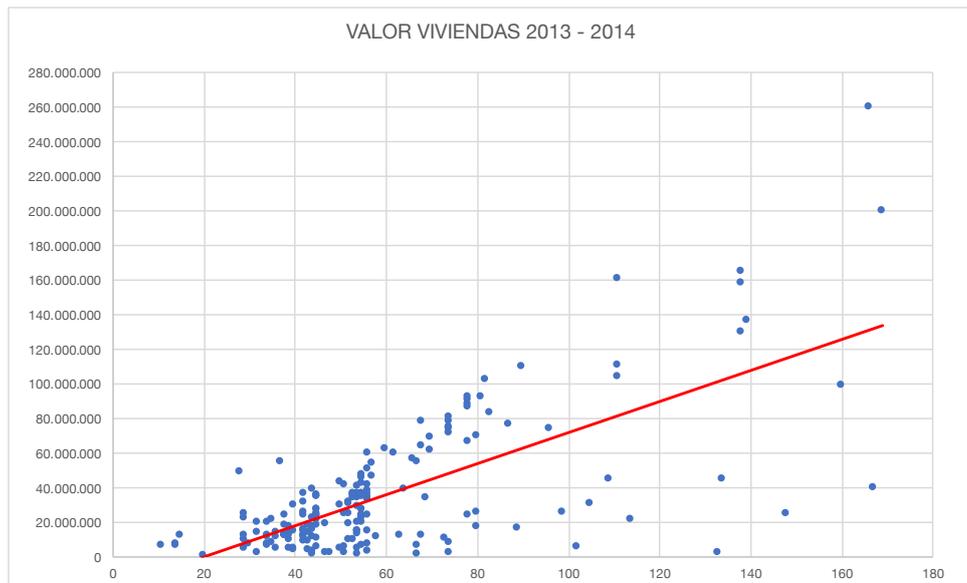


Figura 45. Valor de viviendas en función de la cantidad de M2T. R<sup>2</sup>= 0,4859. Fuente; Elaboración Propia.

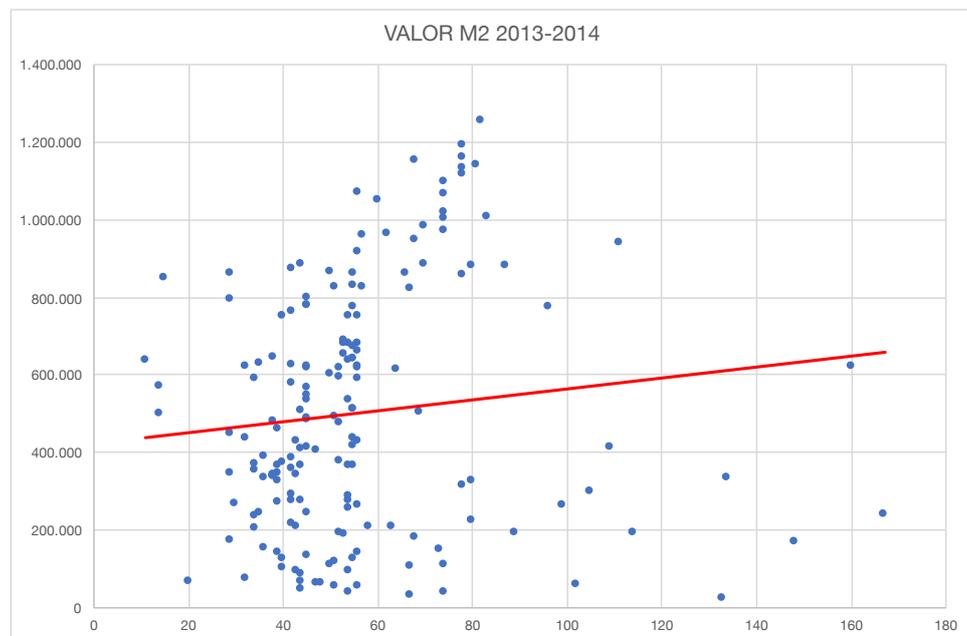


Figura 46. Valor del M2T construido en función de la cantidad de M2T. R<sup>2</sup>= 0,078. Fuente; Elaboración Propia.

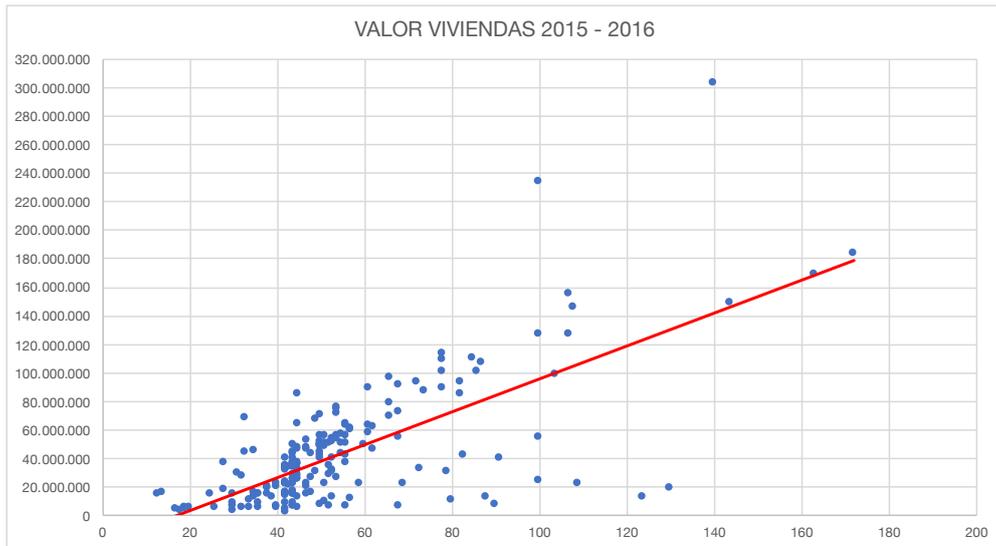


Figura 47. Valor de viviendas en función de la cantidad de M2T.  $R^2= 0,4868$ . Fuente; Elaboración Propia.

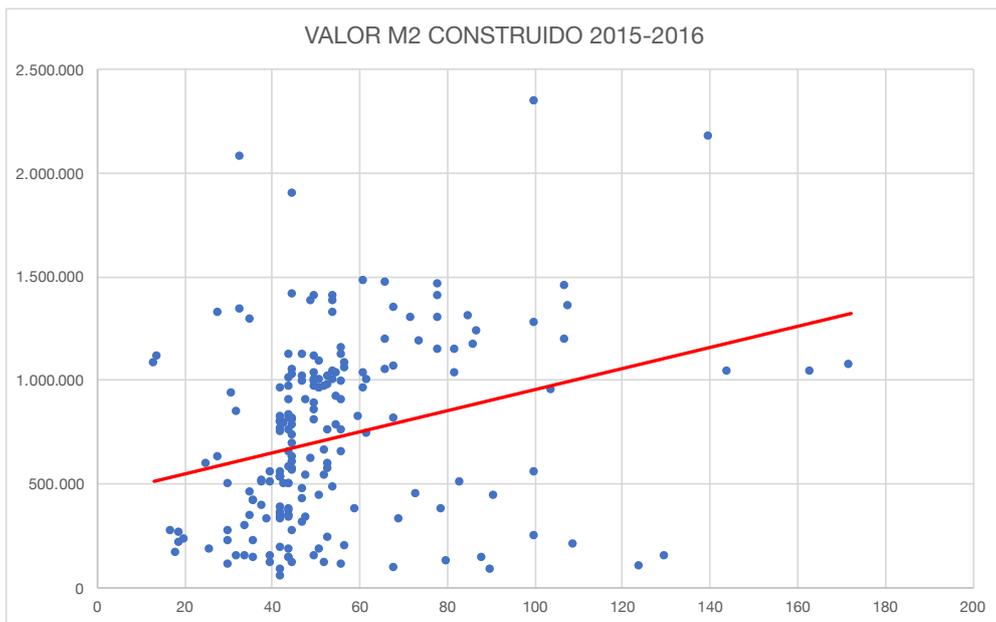


Figura 48. Valor del M2T construido en función de la cantidad de M2T.  $R^2= 0,0807$ . Fuente; Elaboración Propia.

Los graficos, muestran que para el período anterior al aluvión, el metraje de la vivienda en la muestra, explica su valor en cerca de un 48%. A su vez, se puede ver que cerca de la mitad de la muestra se encuentra bajo los \$60.000.000 (equivalente a 75.000 euros), y también bajo los 60 M2T. A su vez, que el precio del metro cuadrado practicamente no se explica en función del metraje de la vivienda, obteniendo un  $R^2$  que no alcanza a explicar el 1% del valor en análisis.

Para el período inmediatamente después del aluvión (2015-2016), se comporta en ambos gráficos de manera muy similar al período pre aluvión para la muestra estudiada en el período. Siguen siendo predominante las compraventas de viviendas bajo los 60 M2T.

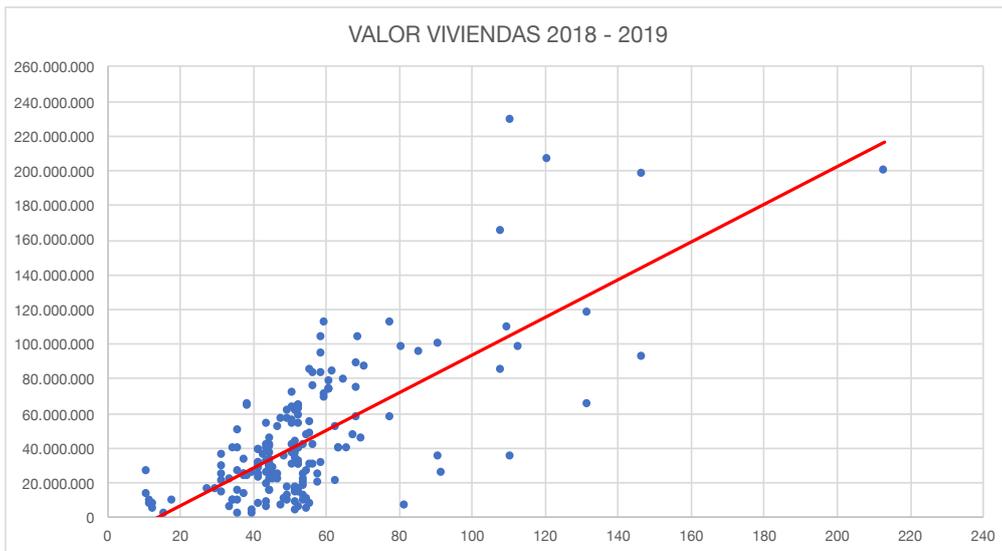


Figura 49. Valor de viviendas en función de la cantidad de M2T. R2= 0,5233. Fuente; Elaboración Propia.

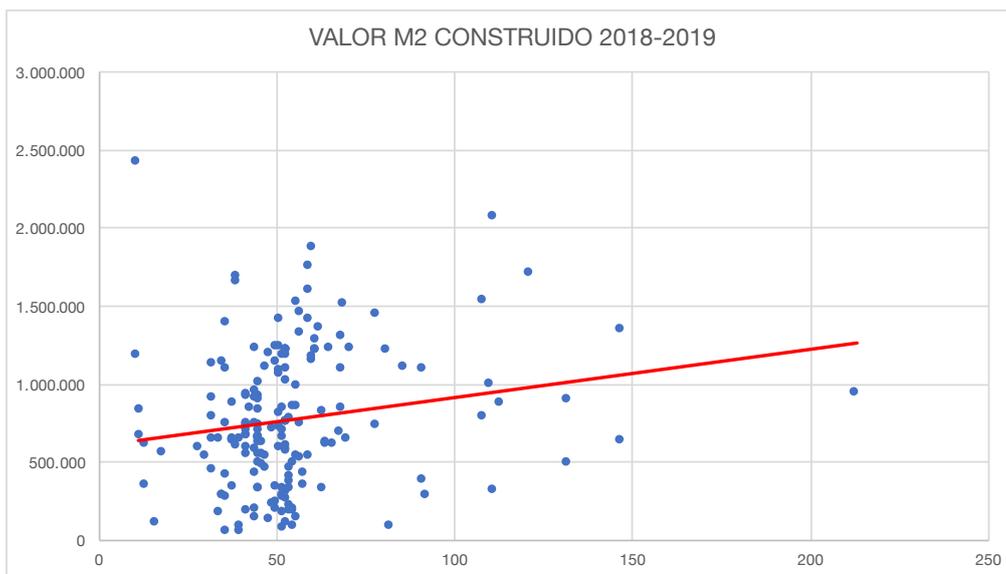


Figura 50. Valor del M2T construido en función de la cantidad de M2T. R2= 0,0312. Fuente; Elaboración Propia.

Para el período 2018-2019, la relación de M2T en el precio de la vivienda, en la muestra analizada, aumentó respecto de los períodos anteriores superando el 52%. El coste del MT2 tuvo una correlación más baja aún con el metraje mismo de la vivienda, lo que hace suponer que no por tener mayor metraje, el costo del metro baja.

Analizados todos los casos, constatamos que la muestra es heterogénea por lo menos desde el punto de vista del valor de la vivienda y más aún analizados los valores por metro cuadrado de la muestra.

Para proseguir con el análisis deberemos entonces identificar outliers y tener así una muestra más compacta con valores promedio de vivienda más bajos y probablemente también de coste por M2T.



## 8.6 Definición de Outliers

Para poder generar en adelante el modelo de precios hedónicos y extraer el peso de distintos atributos en el valor de las viviendas para cada año, es necesario realizar un sondeo en busca de casos anómalos, los cuales, debido a su lejanía con el promedio de la muestra, afectarían el resultado final del análisis. Para encontrarlos se decidió utilizar los parámetros de desviación estándar.

La desviación estándar es la medida de dispersión más común usada para medir la fiabilidad de las conclusiones estadísticas, ya que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media, tal y como lo muestra la Figura 51, donde cada banda tiene el ancho de una desviación estándar y el color azul oscuro se extiende desde la media hasta una desviación estándar donde se encuentra el 68% de casos de la muestra y alejándose de la media considerando dos desviaciones estándar se obtendría un total de 95% del conjunto de casos y así sucesivamente según la regla empírica.

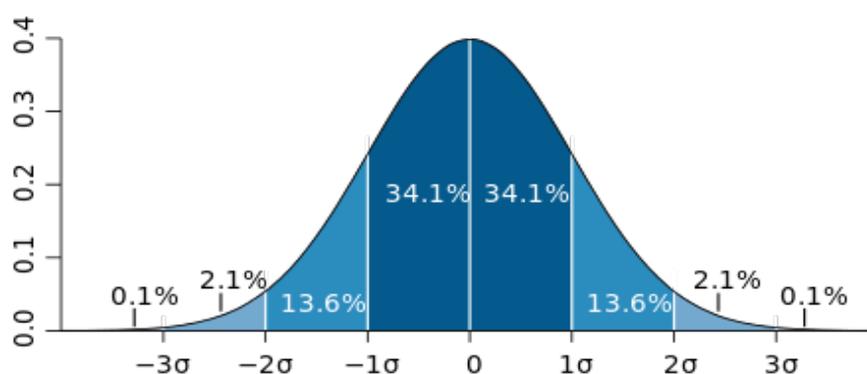


Figura 51. Curva de Gauss donde cada banda tiene el ancho de una desviación estándar. Fuente; Bhaumik, H., Bhattacharyya, S y Chakraborty, S. 2014<sup>19</sup>.

Para calcular la desviación estándar de los valores de vivienda y valores m<sup>2</sup> construido o M2T, en primer lugar, se calcularon los promedios de valor de las viviendas y también, los promedios de valor del m<sup>2</sup> construido para cada año. Con eso, las desviaciones estándar para los mismos periodos con la fórmula de Excel =DESVESTA y luego, a los promedios se les sumaron una, dos y tres desviaciones estándar para saber cuántos casos se encontraban dentro de cada uno de los segmentos.

*Es importante señalar que antes de aplicar la desviación estándar, se habían sacado de la base de datos algunas transacciones de terrenos que habían quedado incorporadas desde el levantamiento de datos del Conservador de Bienes Raíces de Copiapó. Así también algunos casos de viviendas que bajo la circunscripción de dicho registro, no pertenecían a la comuna y que estaban en la muestra porque el nombre de su calle y a veces, la misma numeración, coincidía.*

Una vez hecho el cálculo se procedió a revisar los datos llegando a la conclusión de que los casos anómalos se encontraban sobre las dos desviaciones estándar, ya que representaban hasta un 5% de cada muestra y se encontraban muy alejados de la media, por lo que dos desviaciones estándar fue establecido como el valor máximo de cada período y todos los casos que estuvieran sobre él serían considerados outliers y retirados de la muestra.

<sup>19</sup> "An unsupervised Method for Real Time Video Shot Segmentation". Bhaumik, H. et, al. 2014. Igualmente, en otras fuentes de internet, se adjudica el esquema a Kemp, J. 2005.



		Valor Vivienda	Valor M2
2013	Promedio	37.799.893	589.963
	Desviación Estandar	39.409.499	372.783
	Valor Máximo	116.618.890	1.335.529
	Valor Mínimo	0	0
	Outliers	4	3
2014	Promedio	32.760.099	503.685
	Desviación Estandar	36.003.861	336.316
	Valor Máximo	104.767.820	1.176.318
	Valor Mínimo	0	0
	Outliers	5	3
2015	Promedio	43.890.614	702.509
	Desviación Estandar	40.194.084	453.272
	Valor Máximo	124.278.782	1.609.053
	Valor Mínimo	0	0
	Outliers	6	2
2016	Promedio	41.326.175	751.998
	Desviación Estandar	41.505.130	424.130
	Valor Máximo	124.336.435	1.600.257
	Valor Mínimo	0	0
	Outliers	3	2
2018	Promedio	41.369.274	747.676
	Desviación Estandar	38.109.756	442.167
	Valor Máximo	117.588.786	1.632.010
	Valor Mínimo	0	0
	Outliers	4	5
2019	Promedio	46.233.869	793.572
	Desviación Estandar	36.500.710	428.860
	Valor Máximo	119.235.289	1.651.293
	Valor Mínimo	0	0
	Outliers	2	2

Tabla 7. Desviación estándar por año para Valor Vivienda y Valor de M2T. Fuente Propia.

Valores Promedio Totales				
	Con outliers		sin outliers	
	Vivienda	M2T	Vivienda	M2T
2013	37.799.893	589.963	31.091.664	537.650
2014	32.760.099	503.685	26.720.477	467.562
2015	43.890.614	702.509	36.072.447	643.774
2016	41.326.175	751.998	35.470.691	713.890
2018	41.369.274	747.676	34.409.433	673.544
2019	46.233.869	793.572	41.828.119	761.679

Tabla 8. Valores Promedio Totales con y sin Outliers. Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenida la desviación estándar, se identificó en los gráficos de dispersión, la localización de los casos que habían quedado fuera por año respecto de la línea de tendencia. En general, como se muestra a continuación, se trató de transacciones de alto valor para el promedio de la muestra. Es importante destacar, que la desviación estándar permite identificar como se dijo antes, la lejanía con los promedios, éstos pueden darse cerca o no de la línea de tendencia.

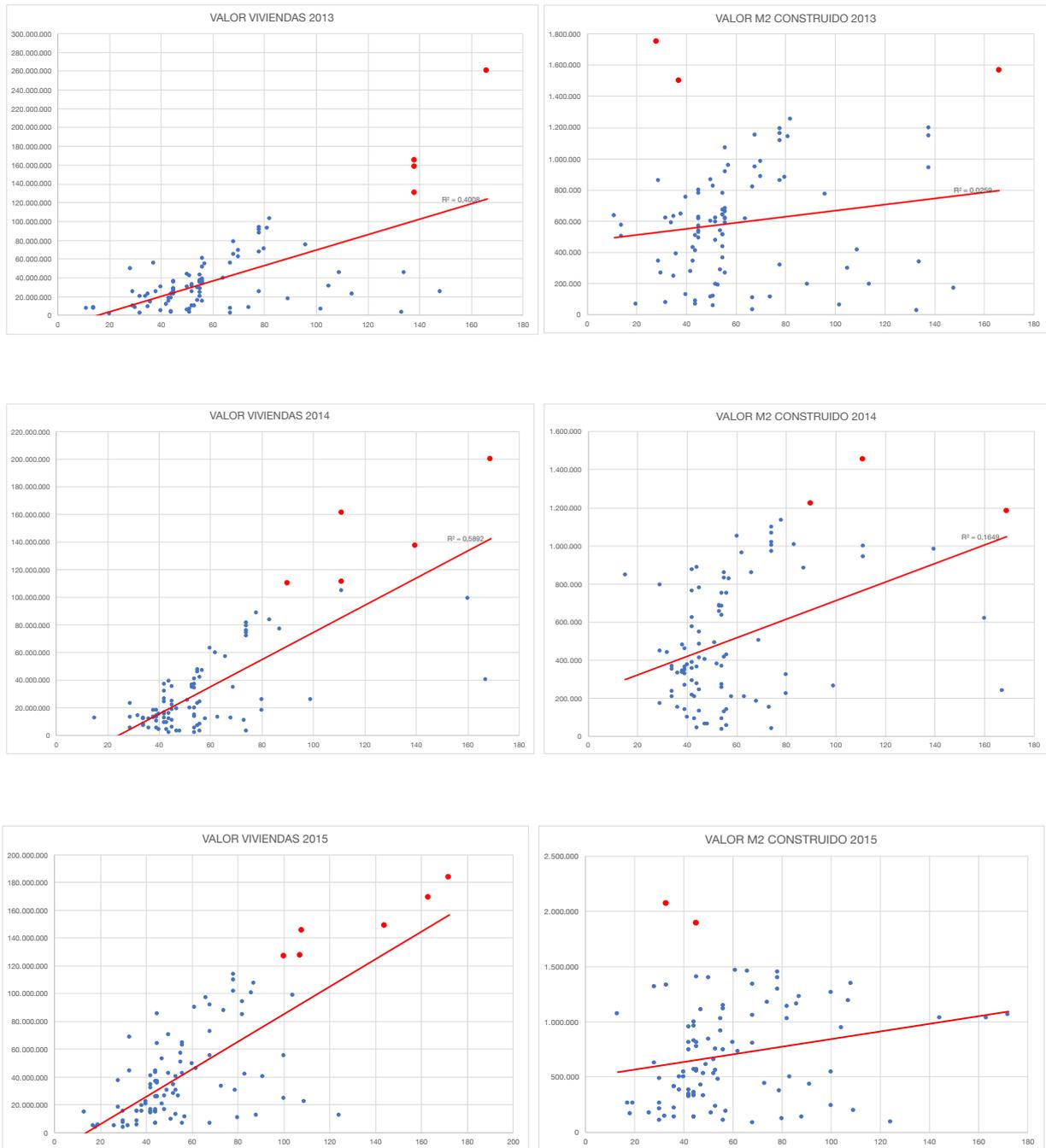


Figura 52. Graficos de Identificación de Outliers obtenidos por Desviación estándar para los años 2013, 2014, 2015 y 2016. Fuente: Elaboración propia.

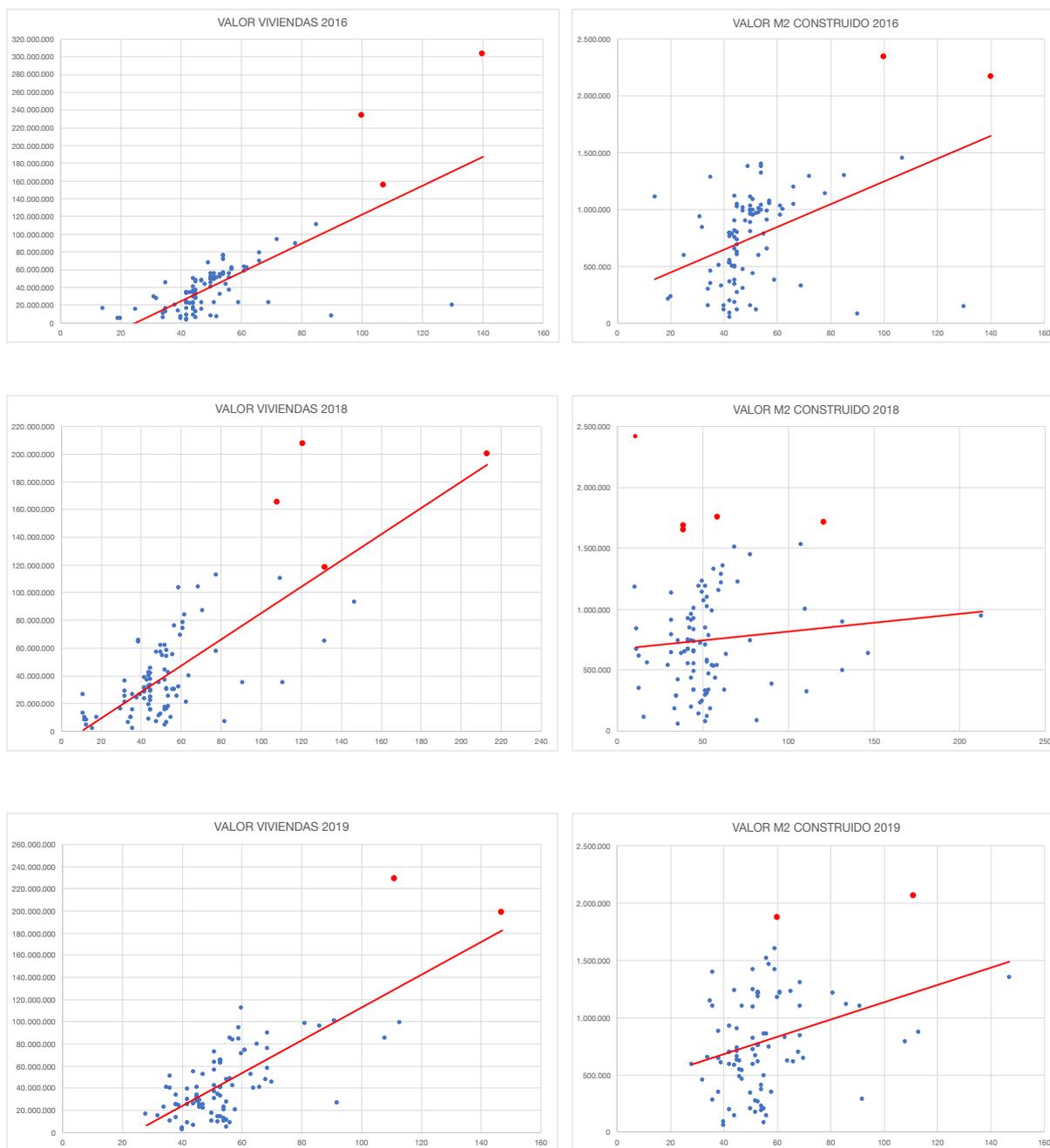


Figura 53. Graficos de Identificación de Outliers obtenidos por Desviación estándar para los años, 2016, 2018 y 2019. Fuente: Elaboración propia.

Analizados los resultados de la definición de outliers, se puede constatar que la muestra presenta ahora, promedios de Valor de Vivienda y de M2T más bajos, no obstante, la complejidad de la muestra sigue dada porque año tras año, se constata una diferencia de hasta un 1000% en el Valor del M2 construido o de techo, inclusive retirando outliers sobre dos desviaciones estándar. Esto retrata una heterogeneidad evidente en la composición socioeconómica de las familias que están detrás de las transacciones registradas, aspecto que deberá tener efectos econométricos más adelante.



### 8.7 Pearson y correlación de variables

El coeficiente de relación de Pearson es un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables y es de fácil ejecución e, igualmente, de fácil interpretación. Se puede plantear en primera instancia, que sus valores absolutos oscilan entre 0 y 1. Esto es, si se cuenta con dos variables X e Y, y se define el coeficiente de correlación de Pearson entre estas dos variables como  $r_{xy}$  entonces siempre,

$$0 \leq r_{xy} \leq 1$$

Hemos especificado los términos "valores absolutos" ya que en realidad si se contempla el signo el coeficiente de correlación de Pearson oscila entre  $-1$  y  $+1$ . No obstante ha de indicarse que la magnitud de la relación viene especificada por el valor numérico del coeficiente, reflejando el signo, la dirección de tal valor. En este sentido, tan fuerte es una relación de  $+1$  como de  $-1$ . En el primer caso la relación es perfecta positiva y en el segundo perfecta negativa.

Decimos que la correlación entre dos variables X e Y es perfecta positiva cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra y a su vez se dice que la relación es perfecta negativa cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra. Además en el caso de que Pearson sea 0, se entiende que la relación es nula y que las variables no tienen relación alguna.

Para obtener el coeficiente de Pearson se utilizó Excel; en un primer caso, se tomó como variable X (dependiente) el Valor de vivienda, siendo entonces las variables Y; Material, Tipología, Equipamiento, Calzada, Vereda, Áreas verdes, Paisaje Urbano, Calle, Distancia al Transporte Público, M2 terreno, M2 construido, Estacionamiento y Antigüedad. La complejidad radica en que se deben obtener resultados utilizando cada vez una variable independiente porque se trata de un test univariable respecto de la dependiente. En análisis se hizo para todos los años y períodos.

Como lo muestra la Tabla 9, en el período 2013 - 2014, los tres atributos más relacionados fueron Equipamiento, Material y M2 construidos; En el período 2015 – 2016, los tres más relacionados fueron M2 construidos, Material y Equipamiento, mientras en el período 2018-2019, fueron M2 construidos, Equipamiento y Áreas verdes.

Luego, se hizo el mismo ejercicio (Tabla 10), pero esta vez, se tomó como variable X (dependiente), el Precio del M2 construido, dejando como variables Y; Material, Tipología, Equipamiento, Calzada, Vereda, Áreas verdes, Paisaje Urbano, Calle, Distancia al Transporte Público, M2 de Terreno, M2 construido, Estacionamiento y Antigüedad.

En el período 2013 - 2014, los tres atributos más correlacionados fueron; Material, Equipamiento y Antigüedad; En el período 2015 – 2016, fueron; Equipamiento, Material y Estacionamiento, y en el período 2018 – 2019; Equipamiento, Material y Antigüedad.

Al margen de constatar la jerarquización de los atributos, es de interés reparar que existieron valores de correlación particularmente bajos, como en el año 2013 y 2014, donde para el Valor de la vivienda, el coeficiente de correlación de Estacionamiento es 0,00. Lo mismo pasa si se toman los valores de Vereda (Acera) para el período 2015 – 2016.

Los datos obtenidos, indican que es necesario primeramente localizar las muestras en el territorio y luego, contar con análisis multivariantes que expliquen de mejor manera los cambios en las correlaciones de atributos con el precio de la Vivienda o del M2 construido.



		Valor Vivienda												
Variable independiente (x)		MATERIAL	TIPOLOGÍA	EQUIPAMIENTO	CALZADA	VEREDA	ÁREAS VERDES	PAISAJE URBANO	CALLE	DISTANCIA AL TRANSPORTE PÚBLICO	M2 DE TERRENO	M2 CONSTRUIDOS	ESTACIONAMIENTO	ANTIGÜEDAD
2013	Coefficiente de correlación de Pearson	0,50	0,51	0,48	0,28	0,19	0,41	0,55	0,01	0,45	0,12	0,37	0,00	-0,54
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,50	0,51	0,48	0,28	0,19	0,41	0,55	0,01	0,45	0,12	0,37	0,00	0,54
	Jerarquía	4	3	5	9	10	7	1	12	6	11	8	13	2
2014	Coefficiente de correlación de Pearson	0,52	0,24	0,57	0,06	0,12	0,46	-0,01	0,12	0,12	0,41	0,62	0,00	-0,29
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,52	0,24	0,57	0,06	0,12	0,46	0,01	0,12	0,12	0,41	0,62	0,00	0,29
	Jerarquía	3	7	2	11	10	4	12	8	9	5	1	13	6
2013 - 2014	Coefficiente de correlación de Pearson	0,51	0,39	0,53	0,16	0,16	0,44	0,29	0,07	0,28	0,24	0,50	-0,07	-0,42
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,51	0,39	0,53	0,16	0,16	0,44	0,29	0,07	0,28	0,24	0,50	0,07	0,42
	Jerarquía	2	6	1	10	11	4	7	12	8	9	3	13	5
2015	Coefficiente de correlación de Pearson	0,52	0,24	0,50	0,31	0,13	0,39	0,37	0,10	0,16	0,11	0,51	0,13	-0,17
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,52	0,24	0,50	0,31	0,13	0,39	0,37	0,10	0,16	0,11	0,51	0,13	0,17
	Jerarquía	1	7	3	6	11	4	5	13	9	12	2	10	8
2016	Coefficiente de correlación de Pearson	0,47	-0,12	0,49	0,07	-0,03	0,44	0,23	0,31	0,25	0,01	0,46	0,48	-0,54
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,47	0,12	0,49	0,07	0,03	0,44	0,23	0,31	0,25	0,01	0,46	0,48	0,54
	Jerarquía	4	10	2	11	12	6	9	7	8	13	5	3	1
2015 - 2016	Coefficiente de correlación de Pearson	0,49	0,08	0,46	0,22	0,06	0,40	0,31	0,19	0,20	0,07	0,49	0,28	-0,35
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,49	0,08	0,46	0,22	0,06	0,40	0,31	0,19	0,20	0,07	0,49	0,28	0,35
	Jerarquía	2	11	3	8	13	4	6	10	9	12	1	7	5
2018	Coefficiente de correlación de Pearson	0,21	0,27	0,38	0,24	0,15	0,44	0,19	0,13	0,13	0,13	0,60	0,07	-0,03
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,21	0,27	0,38	0,24	0,15	0,44	0,19	0,13	0,13	0,13	0,60	0,07	0,03
	Jerarquía	6	4	3	5	8	2	7	11	10	9	1	12	13
2019	Coefficiente de correlación de Pearson	0,30	0,16	0,62	0,16	0,29	0,35	0,21	0,36	0,16	0,22	0,60	-0,06	-0,33
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,30	0,16	0,62	0,16	0,29	0,35	0,21	0,36	0,16	0,22	0,60	0,06	0,33
	Jerarquía	6	11	1	12	7	4	9	3	10	8	2	13	5
2018 - 2019	Coefficiente de correlación de Pearson	0,27	0,20	0,49	0,21	0,23	0,41	0,20	0,25	0,15	0,15	0,59	0,13	-0,16
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,27	0,20	0,49	0,21	0,23	0,41	0,20	0,25	0,15	0,15	0,59	0,13	0,16
	Jerarquía	4	8	2	7	6	3	9	5	11	12	1	13	10

Tabla 9. Pearson y Jerarquización de Variables para Valor Vivienda. Fuente: Elaboración propia.



		Valor m2 construido												
Variable independiente (x)		MATERIAL	TIPOLOGÍA	EQUIPAMIENTO	CALZADA	VEREDA	ÁREAS VERDES	PAISAJE URBANO	CALLE	DISTANCIA AL TRANSPORTE PÚBLICO	M2 DE TERRENO	M2 CONSTRUIDOS	ESTACIONAMIENTO	ANTIGÜEDAD
2013	Coeficiente de correlacion de Pearson	0,48	0,41	0,45	0,20	0,18	0,36	0,45	0,04	0,41	-0,04	-0,01	0,08	-0,59
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,48	0,41	0,45	0,20	0,18	0,36	0,45	0,04	0,41	0,04	0,01	0,08	0,59
	Jerarquía	2	5	3	8	9	7	4	12	6	11	13	10	1
2014	Coeficiente de correlacion de Pearson	0,53	0,12	0,54	0,00	-0,03	0,45	-0,12	0,00	0,13	0,06	0,22	0,00	-0,35
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,53	0,12	0,54	0,00	0,03	0,45	0,12	0,00	0,13	0,06	0,22	0,00	0,35
	Jerarquía	2	8	1	12	10	3	7	11	6	9	5	13	4
2013 - 2014	Coeficiente de correlacion de Pearson	0,51	0,29	0,50	0,10	0,08	0,41	0,19	0,03	0,27	0,01	0,11	-0,05	-0,47
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,51	0,29	0,50	0,10	0,08	0,41	0,19	0,03	0,27	0,01	0,11	0,05	0,47
	Jerarquía	1	5	2	9	10	4	7	12	6	13	8	11	3
2015	Coeficiente de correlacion de Pearson	0,52	-0,26	0,56	0,11	-0,03	0,41	0,24	0,34	0,23	-0,10	0,17	0,56	-0,59
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,52	0,26	0,56	0,11	0,03	0,41	0,24	0,34	0,23	0,10	0,17	0,56	0,59
	Jerarquía	4	7	2	11	13	5	8	6	9	12	10	3	1
2016	Coeficiente de correlacion de Pearson	0,52	-0,26	0,56	0,11	-0,03	0,41	0,24	0,34	0,23	-0,10	0,17	0,56	-0,59
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,52	0,26	0,56	0,11	0,03	0,41	0,24	0,34	0,23	0,10	0,17	0,56	0,59
	Jerarquía	4	7	2	11	13	5	8	6	9	12	10	3	1
2015 - 2016	Coeficiente de correlacion de Pearson	0,48	-0,06	0,51	0,21	0,00	0,35	0,23	0,21	0,19	0,05	0,15	0,41	-0,38
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,48	0,06	0,51	0,21	0,00	0,35	0,23	0,21	0,19	0,05	0,15	0,41	0,38
	Jerarquía	2	11	1	8	13	5	6	7	9	12	10	3	4
2018	Coeficiente de correlacion de Pearson	0,23	0,04	0,36	0,13	0,11	0,30	0,02	0,11	0,18	0,02	0,07	0,13	-0,22
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,23	0,04	0,36	0,13	0,11	0,30	0,02	0,11	0,18	0,02	0,07	0,13	0,22
	Jerarquía	3	11	1	6	8	2	12	9	5	13	10	7	4
2019	Coeficiente de correlacion de Pearson	0,39	0,01	0,61	0,11	0,37	0,28	0,15	0,46	0,03	0,03	0,20	-0,05	-0,45
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,39	0,01	0,61	0,11	0,37	0,28	0,15	0,46	0,03	0,03	0,20	0,05	0,45
	Jerarquía	4	13	1	9	5	6	8	2	12	11	7	10	3
2018 - 2019	Coeficiente de correlacion de Pearson	0,32	0,01	0,48	0,13	0,25	0,30	0,09	0,28	0,10	0,01	0,13	0,12	-0,31
	Raíz (Pearson <sup>2</sup> )	0,32	0,01	0,48	0,13	0,25	0,30	0,09	0,28	0,10	0,01	0,13	0,12	0,31
	Jerarquía	2	12	1	7	6	4	11	5	10	13	8	9	3

Tabla 10. Pearson y Jerarquización de Variables para Valor M2T. Fuente: Elaboración propia.



## 8.8 Modelos en Sistemas de Información Geográfica

Por medio de ArcGis y QGis, se desarrollaron distintos modelos. Lo primero que se buscó, fue delimitar la zona de estudio y localizar los puntos georreferenciados de todas las transacciones comerciales de vivienda que fueron levantadas de los registros del Conservador de Bienes Raíces de Copiapó.

Para esto, se solicitó a la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo de Atacama<sup>20</sup>, la capa en Shape correspondiente al límite urbano vigente, se confirmó que es el mismo que existía antes del aluvión del 2015, y posteriormente se superpuso en la fotografía satelital de Copiapó.

La georreferenciación de cada punto se obtuvo, como se ha dicho anteriormente, de la búsqueda en Google Maps, de cada dirección levantada en el CBR desde donde se extrajeron las coordenadas X e Y que luego fueron llevadas a ArcGis.

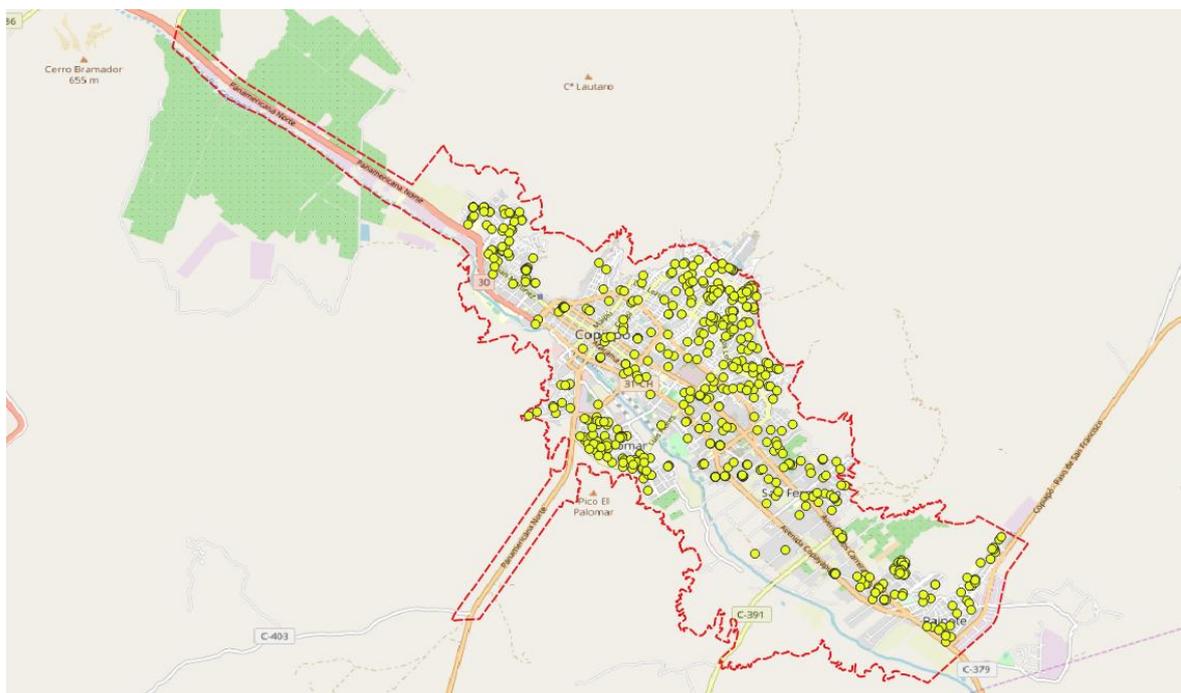


Figura 54. Modelo SIG donde se indica Limite Urbano y localización de las muestras. Fuente: Elaboración Propia.

Luego de constatada la localización de los casos y que ellos se distribuyeron en todo el territorio de la ciudad, se comenzó el trabajo espacial específico que incluyó los siguientes análisis;

- Localización territorial de la inundación con distintas profundidades.
- Localización de las transacciones por año, de la zona afectada por la inundación e identificación por quintiles de las muestras de casos según precios de vivienda para cada año.

Para modelar las distintas profundidades, se pasó a polígono de Autocad, la información obtenida del estudio de Inundación de la cuenca del Río Copiapó, de Valdés-Pineda, et al. (2017), de la Universidad de Arizona donde se identificaron también las profundidades del fenómeno. Luego se pasó la información a capas de archivo SIG.

<sup>20</sup> Las Secretarías Regionales Ministeriales, son las delegaciones regionales de cada Ministerio. El Secretario Regional Ministerial representa al Ministro de la cartera de su competencia en la Región.



Figura 55. MAPA 1. Localización Territorial de la Inundación en distintas profundidades.

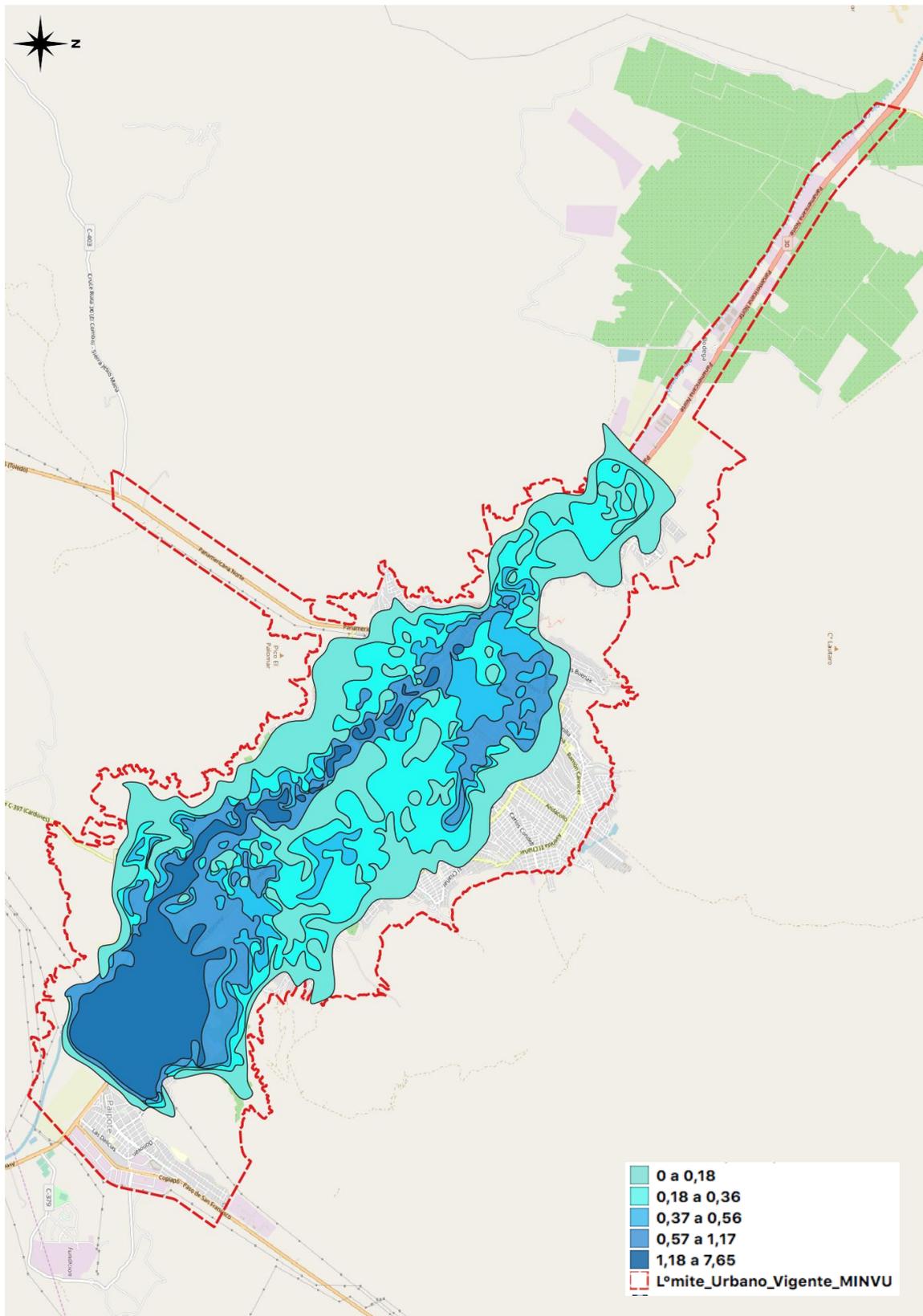




Figura 56. MAPA 2. Transacciones 2013 por quintiles y con zona de inundación graficada.

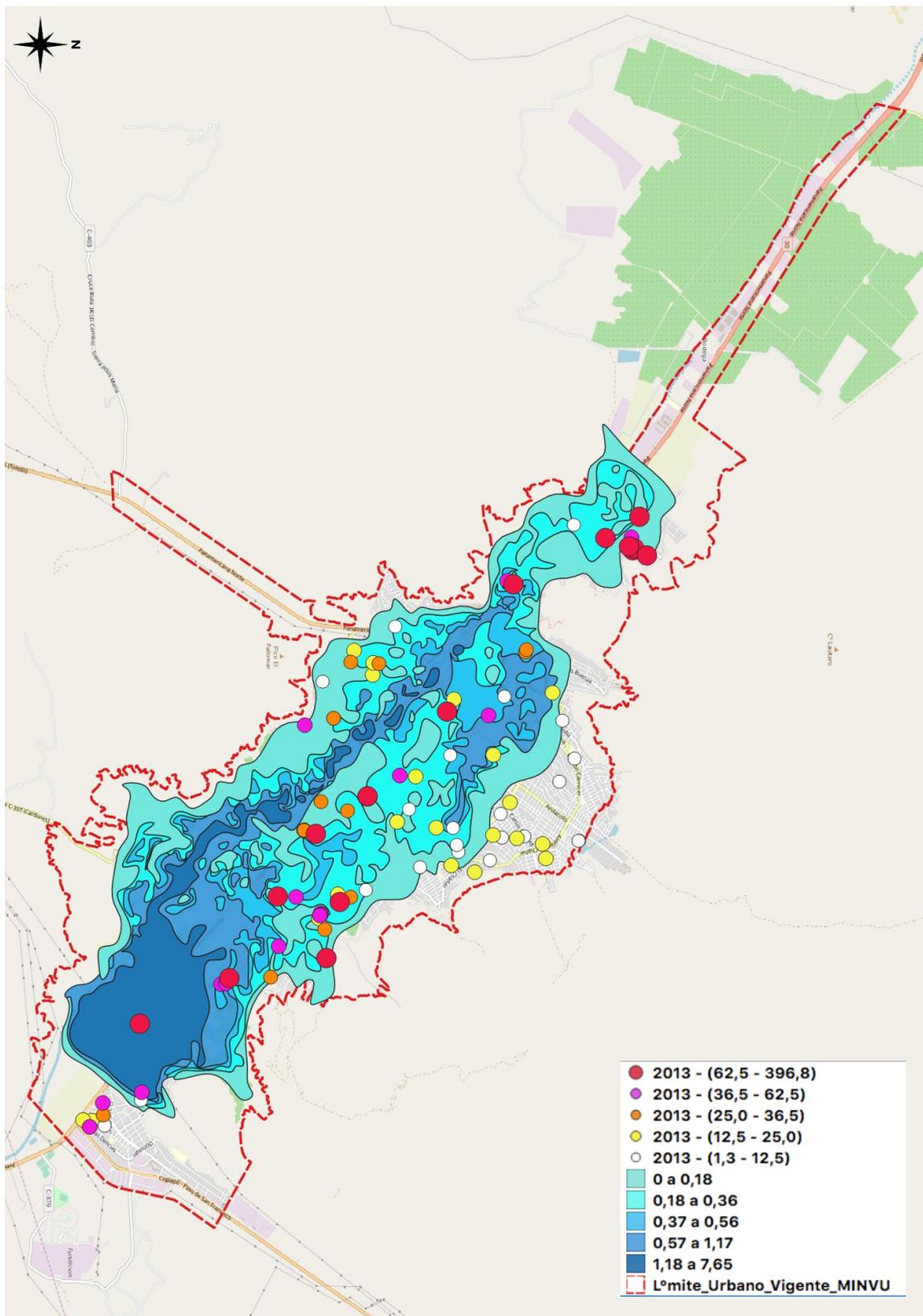




Figura 57. MAPA 3. Transacciones 2014 por quintiles y con zona de inundación graficada.

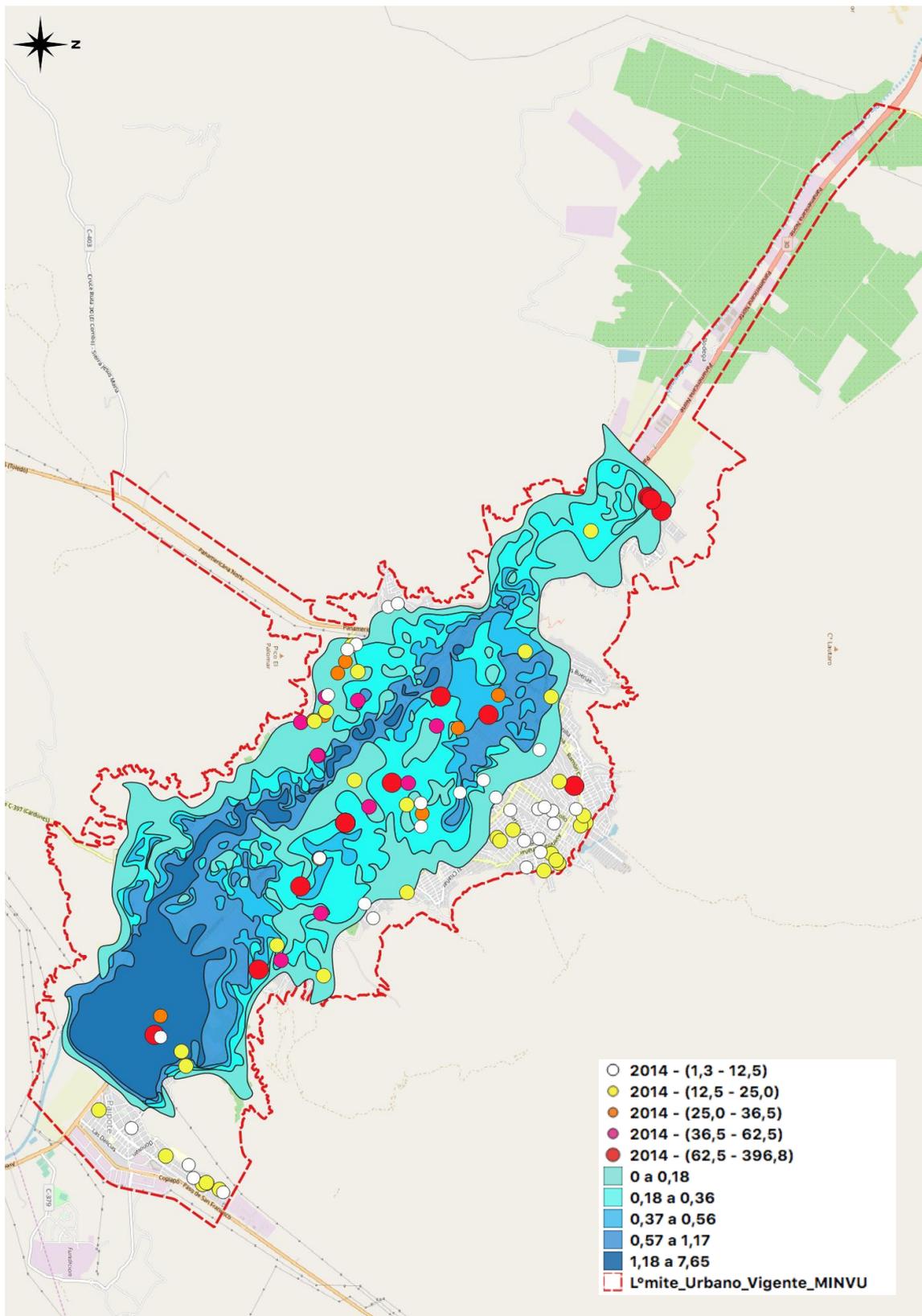




Figura 58. MAPA 4. Transacciones 2015 por quintiles y con zona de inundación graficada.

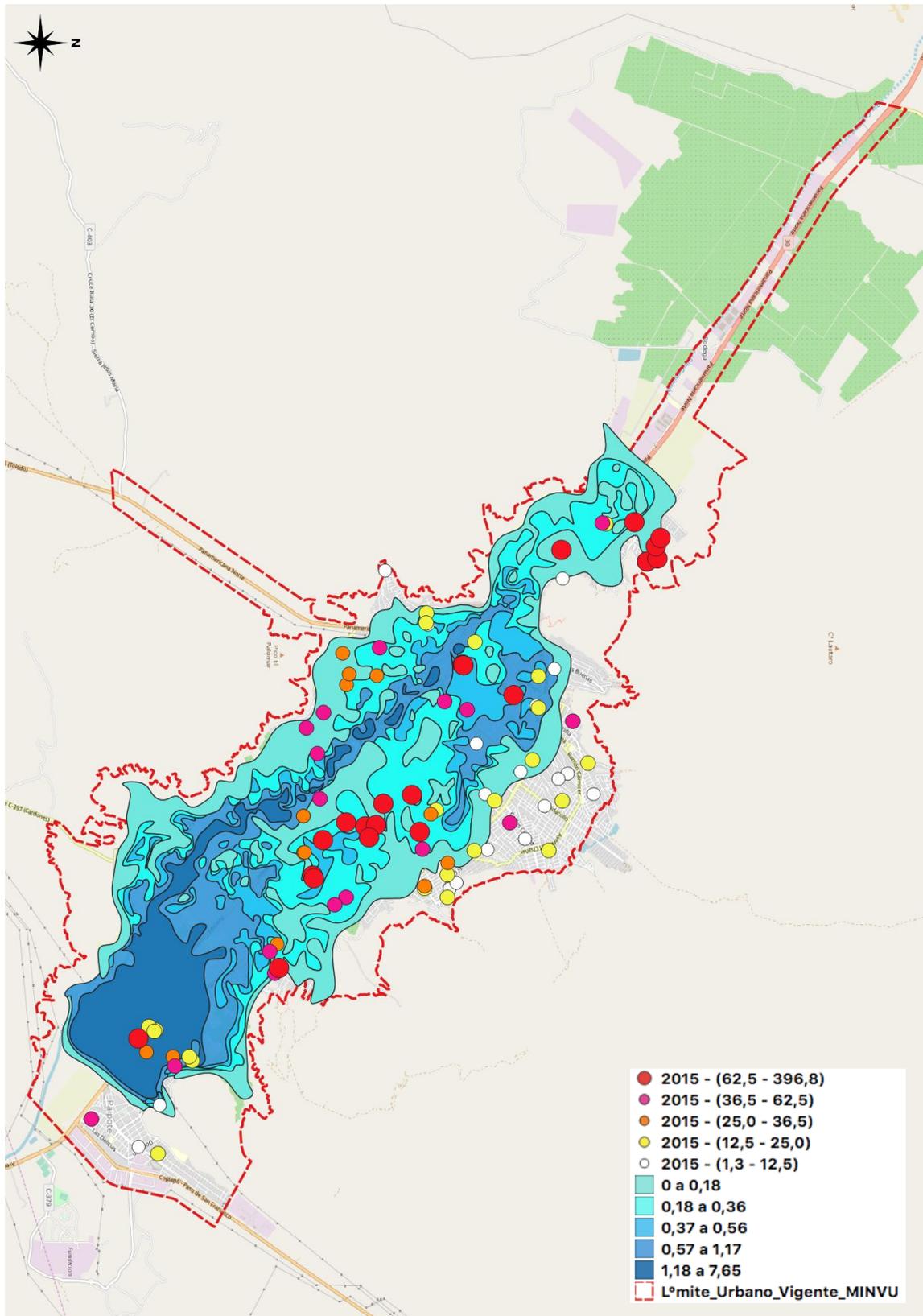




Figura 59. MAPA 5. Transacciones 2016 por quintiles y con zona de inundación graficada.

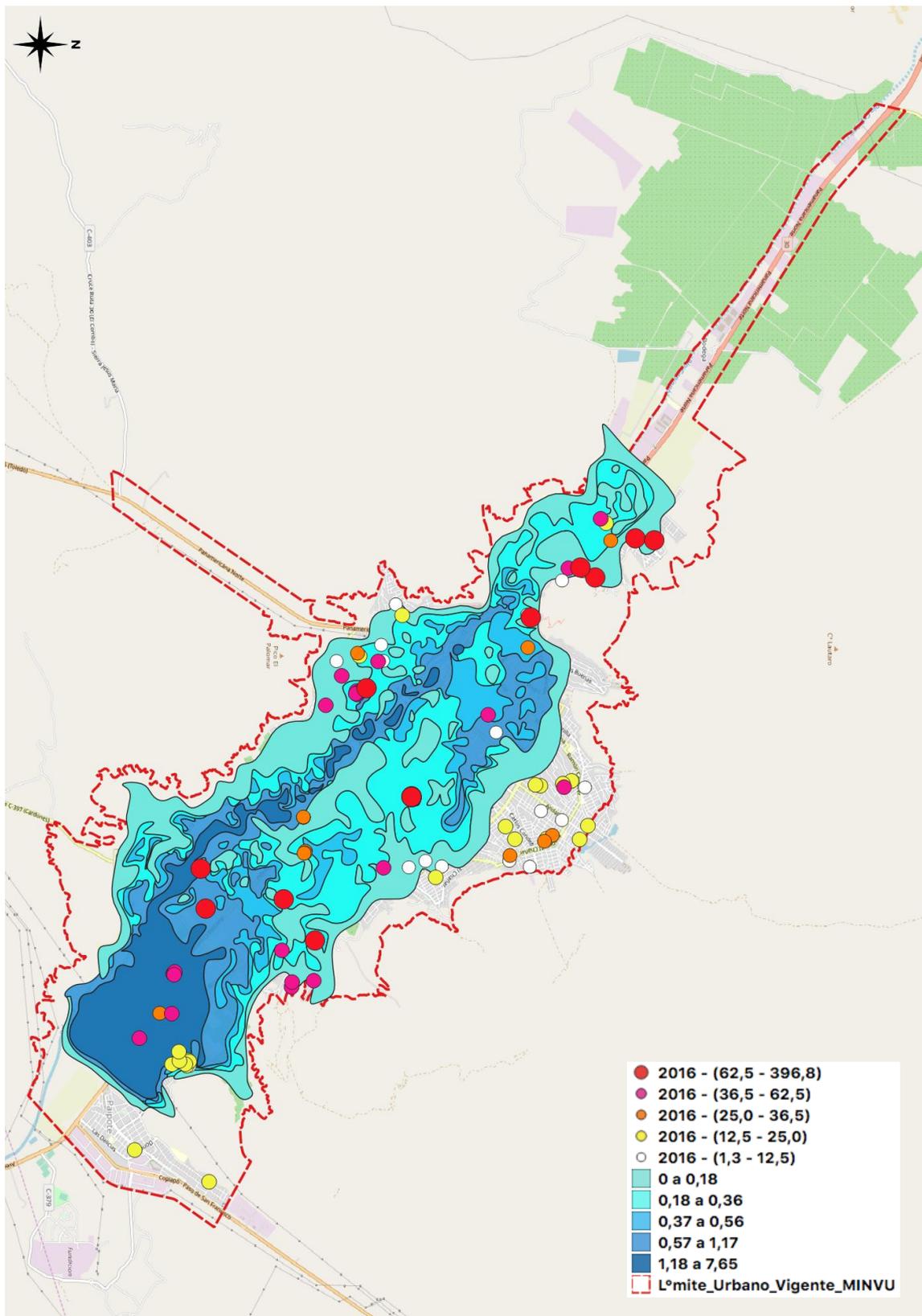




Figura 60. MAPA 6. Transacciones 2018 por quintiles y con zona de inundación graficada.

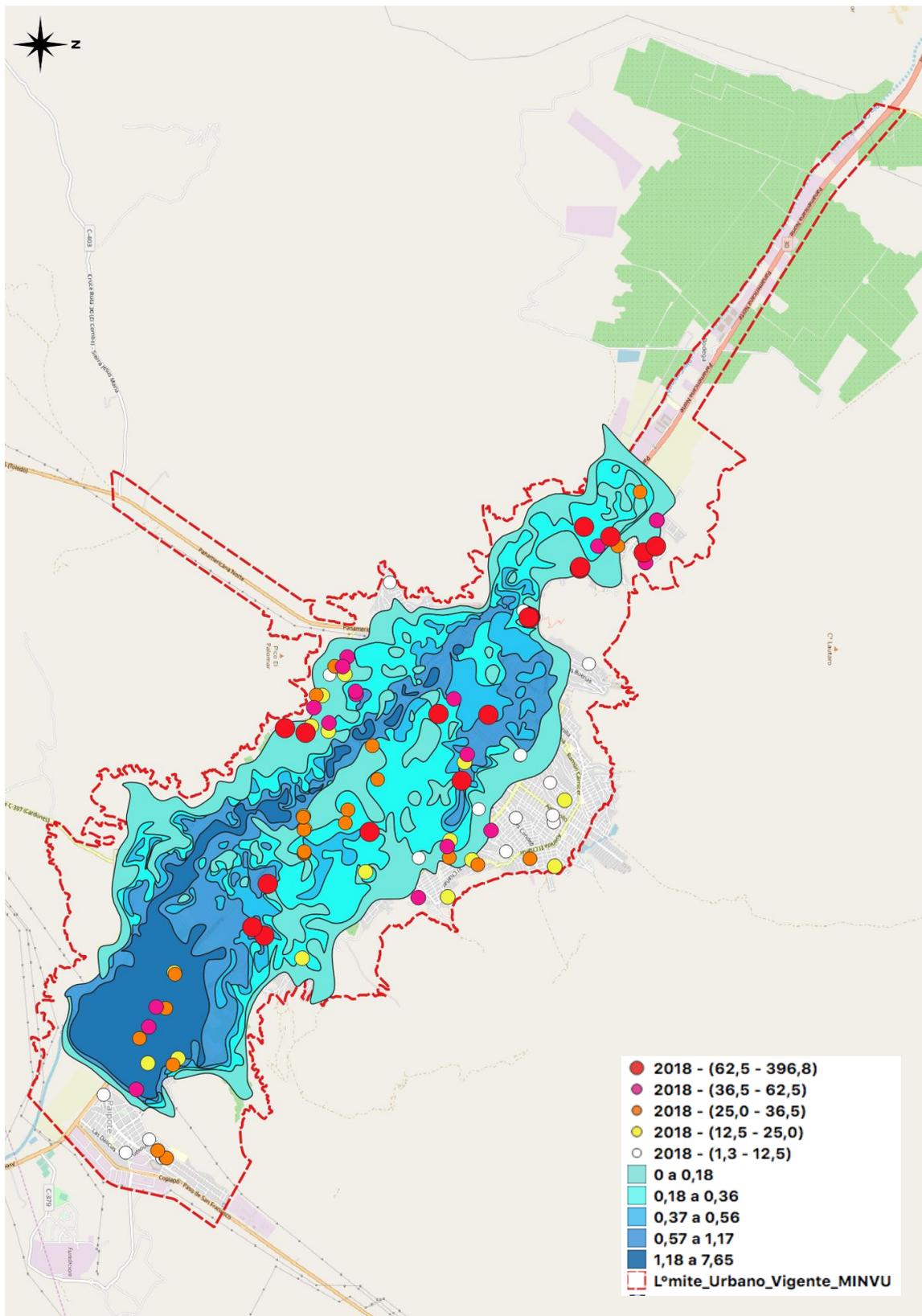
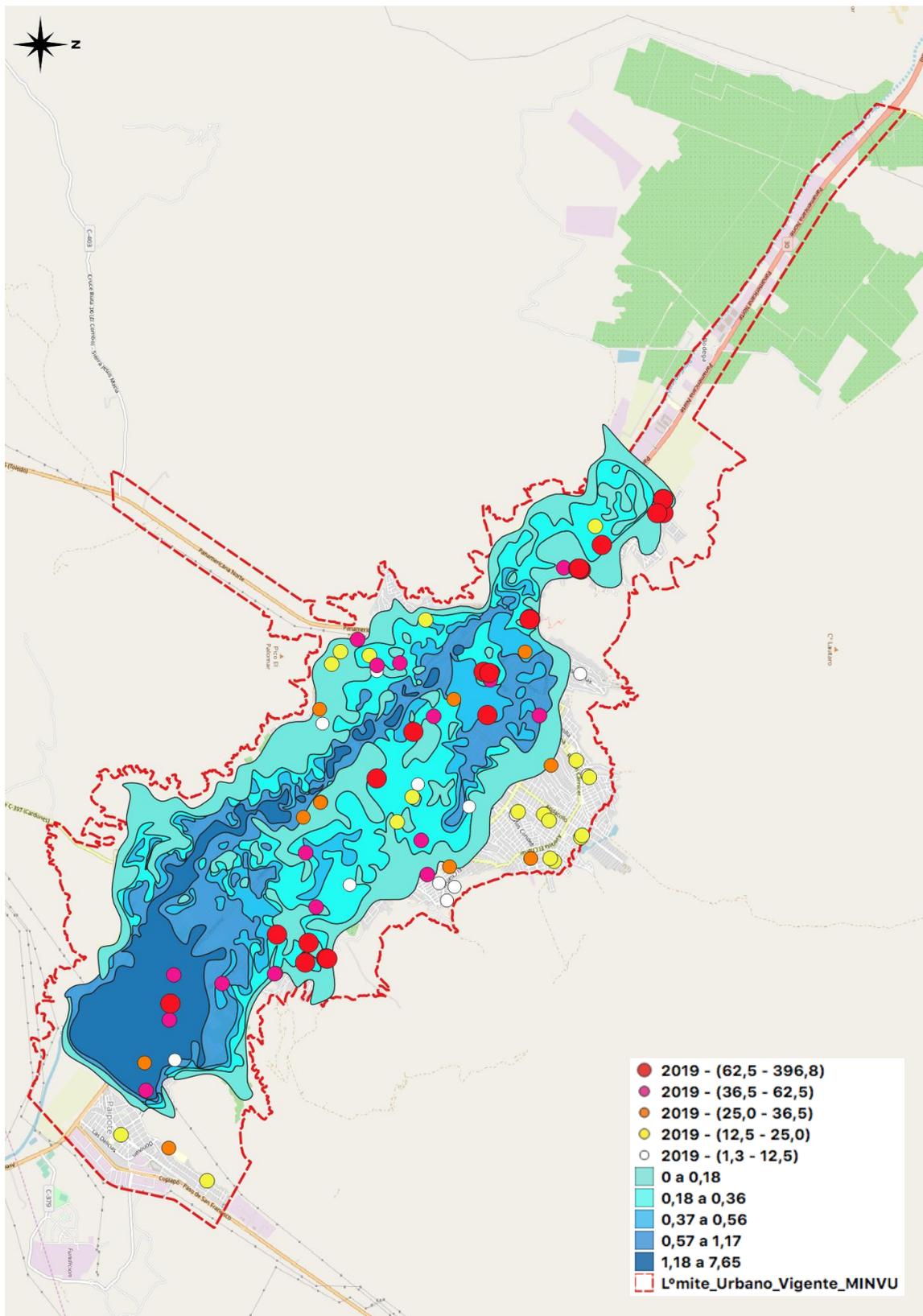




Figura 61. MAPA 7. Transacciones 2019 por quintiles y con zona de inundación graficada.





### 8.9 Regresión lineal múltiple – Incorporación de la variable Inundación

Una vez hecho en análisis espacial en SIG, se pudo constatar que la muestra total se localizó de forma homogénea en el territorio, para tener una nueva explicación respecto de la estructura de valores de suelo para los distintos años, se realizó una serie de regresiones múltiples, pero usando esta vez, como otra variable explicativa, la variable “Inundación”.

*¿Cómo se incorpora la Variable “Inundación”?*

Revisados los análisis territoriales, y en particular, el estudio de inundación se constató que existen distintos niveles registrados y que, por tanto, también distintos grados de afectación o de impacto del fenómeno aluvional.

El análisis hidráulico, arroja 5 profundidades de inundación. Si se considera que toda la muestra debiera tener una clasificación en ese atributo, se debe agregar una clasificación de “No inundación” para los sectores no afectados. Así se dejaron un total de 6 clasificaciones donde 0 es lo menos afectado y 5 lo más afectado.

Sin embargo, se tomó la decisión de unir algunas de las clasificaciones por no condecirse con grados de inundación que significaran impactos considerablemente distintos entre ellos para las viviendas. Hasta profundidades de 18 centímetros, se consideró que la afectación es “0”, porque el agua, no ingresa a la vivienda misma (en general los sobre cimientos son mayores), de 19 cm hasta 57 cm es “1”, de 58 cm a 117 cm es “2” y de 118 cm hasta 765 cm es “3”.

El método para incluir la variable inundación fue abrir un nuevo campo de atributos en SIG y asignar clasificaciones al cumplirse la condición de estar en determinado polígono. Luego, se trabajó la tabla de atributos en Excel para unir polígonos, como fue señalado en el párrafo anterior, obteniendo entonces las clasificaciones definitivas de inundación.

*Consideraciones previas a las Regresiones lineales*

A diferencia de las correlaciones de Pearson o de dos variables, donde no existe dependencia de una sobre otra, sino correlación de X en Y, en las regresiones lineales múltiples o multivariantes, lo que se busca es, ante una Variable Dependiente, identificar cuánto explican las independientes en conjunto su valor. Para determinar qué tan explicado está, se puede calcular en Excel, el valor de determinación ( $R^2$  y el  $R^2$  ajustado) de la regresión.

Es necesario considerar que el valor del coeficiente de determinación aumenta cuando se incluyen nuevas variables en el modelo, incluso cuando éstas son poco significativas o tienen poca correlación con la variable dependiente, es por eso, que sólo se toma en cuenta el coeficiente de determinación ajustado o  $R^2$  ajustado, ya que mide el porcentaje de variación de la variable dependiente (al igual que el coeficiente de determinación) pero tiene en cuenta además, el número de variables incluidas en el modelo, siendo neutral frente a la adición de variables independientes adicionales.

*Primeras Regresiones Lineales*

Primeramente, considerando Variables Dependientes, al Valor de Vivienda y al Valor M2 construido (metro cuadrado de techo o M2T), y como independientes a todas las otras que comparecían en el análisis Pearson (Materialidad, Tipología, Antigüedad, Distancia al Transporte Público, etc.), se corrieron dos modelos de regresión para el período 2015 – 2016. Se diferenciaron uno de otro porque en el primer caso, no se incorporó como variable independiente la “Inundación”, y en el segundo sí.

Luego de eso, se revisaron las regresiones con y sin inundación de los distintos años para extraer de ellas, el  $R^2$  y el  $R^2$  ajustado. Con esa información se tomó la decisión de avanzar hacia el análisis de Heterocedasticidad con una de las dos variables.



REGRESIÓN VALOR VIVIENDA

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,746637947
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,557468224
R <sup>2</sup> ajustado	0,524214392
Error típico	18041610,6
Observaciones	187

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	13	7,09369E+16	5,45669E+15	16,76402919	1,91655E-24
Residuos	173	5,63115E+16	3,255E+14		
Total	186	1,27248E+17			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-54182990	10477192	-5,171518412	0,00	-74862570	-33503409	-74862570	-33503409
MATERIAL	4854853	2634718	1,84264582	0,07	-345479	10055184	-345479	10055184
TIPO	1507431	1392111	1,082838758	0,28	-1240277	4255139	-1240277	4255139
EQUIP	9373894	2809675	3,336291397	0,00	3828239	14919550	3828239	14919550
CALZADA	1677837	1951197	0,859901549	0,39	-2173380	5529055	-2173380	5529055
VEREDA	-501458	2358526	-0,212615036	0,83	-5156649	4153733	-5156649	4153733
AV	5864910	2447146	2,39663215	0,02	1034802	10695017	1034802	10695017
PU	5091901	2339389	2,176594552	0,03	474482	9709319	474482	9709319
CALLE	-1499824	1892418	-0,792543526	0,43	-5235024	2235377	-5235024	2235377
DTP	773717	509266	1,519278824	0,13	-231458	1778891	-231458	1778891
TERRENO M2	73582	20623	3,567970395	0,00	32877	114287	32877	114287
CONSTRUIDO M2	446835	82334	5,427128768	0,00	284327	609343	284327	609343
ESTACIONAMIENTO	2834022	5225613	0,542332902	0,59	-7480143	13148187	-7480143	13148187
ANTIGUEDAD	-220637	134864	-1,635998708	0,10	-486827	45553	-486827	45553

Tabla 11. Regresión lineal múltiple para período 2015-2016, sin variable Inundación. Fuente: Elaboración propia.

RESUMEN REGRESION VIVIENDA

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,754944474
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,569941159
R <sup>2</sup> ajustado	0,53493637
Error típico	17837165,55
Observaciones	187

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	14	7,25241E+16	5,18029E+15	16,28180513	7,84319E-25
Residuos	172	5,47243E+16	3,18164E+14		
Total	186	1,27248E+17			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-54159369,67	10133321,69	-5,34468078	2,84591E-07	-74161048,68	-34157690,67	-74161048,68	-34157690,67
MATERIAL	5151510,819	2608028,005	1,975251342	0,049839624	3649,08234	10299372,56	3649,08234	10299372,56
TIPO	1407838,189	1383056,158	1,017918312	0,310146454	-1322110,208	4137786,586	-1322110,208	4137786,586
EQUIP	9370428,383	2773941,955	3,378018912	0,000903024	3895077,037	14845779,73	3895077,037	14845779,73
CALZADA	1954390,897	1933359,194	1,010878321	0,313494613	-1861774,343	5770556,138	-1861774,343	5770556,138
VEREDA	69186,53532	2362604,91	0,029284006	0,976672034	-4594246,292	4732619,362	-4594246,292	4732619,362
AV	5646359,553	2437915,177	2,316060709	0,021734712	834275,3926	10458443,71	834275,3926	10458443,71
PU	4569728,373	2324709,809	1,965719917	0,050940801	-18905,12731	9158361,873	-18905,12731	9158361,873
CALLE	-1482767,702	1850897,258	-0,801107515	0,424174663	-5136165,27	2170629,866	-5136165,27	2170629,866
DTP	789542,2797	504943,5428	1,563624867	0,1197437	-207141,6277	1786226,187	-207141,6277	1786226,187
TERRENO M2	79205,89001	20564,14422	3,851650191	0,000165337	38615,30932	119796,4707	38615,30932	119796,4707
CONSTRUIDO M2	429942,9096	81847,16645	5,252996875	4,3813E-07	268388,7025	591497,1167	268388,7025	591497,1167
ESTACIONAMIENTO	1109196,819	5256637,058	0,211008827	0,833130173	-9266627,642	11485021,28	-9266627,642	11485021,28
ANTIGUEDAD	-345525,5738	128708,1918	-2,684565521	0,007972808	-599576,5174	-91474,63032	-599576,5174	-91474,63032
INUNDACION	694227,2501	1449301,341	0,479008216	0,632541192	-2166479,346	3554933,846	-2166479,346	3554933,846

Tabla 12. Regresión lineal múltiple para período 2015-2016, con variable Inundación. Fuente: Elaboración propia<sup>21</sup>.

A continuación, se muestran cuadros resumen de resultados del coeficiente de determinación ajustado para todos los años y períodos analizados, con y sin la variable de Inundación incorporada.

<sup>21</sup> En ambas tablas se identificó con verde el R2 Ajustado. Se pudo constatar que fue levemente superior al incorporar la Variable inundación, no obstante, la probabilidad de error de dicha variable fue superior a 0,6.



La segunda tabla muestra sólo del año 2015 en adelante pues no se puede aplicar variable inundación antes de ese año.

	Valor Vivienda	Valor m <sup>2</sup> construido
2013	0,71709	0,57209
2014	0,67272	0,78553
2013-2014	0,66513	0,50583
2015	0,54477	0,33462
2016	0,63524	0,85462
2015-2016	0,52421	0,41045
2018	0,40402	0,09372
2019	0,61854	0,46671
2018-2019	0,50838	0,28090

Tabla 13. Tabla resumen de coeficientes de determinación sin Variable Inundación. Fuente: Elaboración propia

	Valor Vivienda	Valor M <sup>2</sup> Construido
2015	0,56397	0,39381
2016	0,64720	0,56097
2015-2016	0,53494	0,42119
2018	0,39602	0,08148
2019	0,61854	0,46671
2018-2019	0,51231	0,28860

Tabla 14. Tabla resumen de coeficientes de determinación con Variable Inundación. Fuente: Elaboración propia

Habiendo revisado los resultados de las primeras regresiones, se pudo constatar que, en términos generales, la variable dependiente Valor de Vivienda, resultaba mejor explicada por los atributos analizados respecto de la variable dependiente Valor m<sup>2</sup> construido. Para la primera, el año más crítico o con menos R<sup>2</sup> fue el 2018, con un 0,40402, no obstante, ese mismo año incorporado en el período 2018-2019, arroja un R<sup>2</sup> ajustado de 0,50838.

Por otro lado, Valor m<sup>2</sup> construido, presenta para todos los períodos, R<sup>2</sup> ajustados menores a Valor Vivienda, y contiene asimetrías importantes de año en año, siendo la más baja el 2018, donde no alcanza a 0,1.

Se pudo determinar además, que los R<sup>2</sup> ajustados con inundación, son en general mayores que sin inundación. Para Valor Vivienda, solo el año 2018, presenta una baja en su coeficiente de determinación ajustado, no obstante, para el período 2018 – 2019, dicho coeficiente es mayor al obtenido en el análisis sin inundación.

Finalmente, también se pudo constatar, que los atributos analizados, explican de mejor forma (con mayor r<sup>2</sup>), el período antes del aluvión (2013 – 2014), y después de él (2018 – 2019), que no el período 2015 – 2016, el más inmediato del fenómeno climático. Se verá más adelante en el trabajo, si esto formó o no parte de un cambio estructural parcial.

Pero antes de determinar Heterocedasticidad, se decidió analizar si existía o no Multicolinealidad de los atributos estudiados.



## 8.10 Análisis de Multicolinealidad

El análisis por regresiones busca encontrar la relación entre una o más variables independientes y una variable dependiente. Algunos métodos utilizados de regresión tienen propiedades favorables si sus suposiciones subyacentes se cumplen para los datos estudiados, pero pueden dar resultados engañosos si esas suposiciones no son ciertas. Una suposición del método es que los atributos independientes siguen comportamientos disímiles entre ellos, es decir, que no están contenidos uno en otro. Si esto fuera así, se estaría frente a un fenómeno de multicolinealidad.

La multicolinealidad se presenta cuando hay correlación lineal entre las variables independientes X1 y X2, de modo que ambas variables, en el fondo, están midiendo el mismo fenómeno. La presencia de alta colinealidad entre las variables explicativas X1 y X2 impide que se pueda estimar con precisión los coeficientes de la regresión, es decir, el efecto de cada una de estas variables sobre Y, debido a que no se puede "separar" el efecto de X1 sobre Y del efecto de X2 sobre Y.

No existe un test estadístico que determine en términos absolutos la presencia o no de Multicolinealidad. Sin embargo, podemos determinar por Regresiones múltiples, dejando como variable dependiente, cada una de las independientes, el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) y la tolerancia (1-R<sup>2</sup>), y con ello el VIF o Factor de Inflación de Varianza (1/tolerancia).

A continuación, el ejemplo de la regresión de la variable Materialidad, considerada esta vez como variable dependiente.

### REGRESIÓN MATERIALIDAD PARA MULTICOLINEALIDAD

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,876955282
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,769050567
R <sup>2</sup> ajustado	0,731086277
Error típico	0,448991452
Observaciones	86

### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	12	49,00461755	4,083718129	20,25720912	1,31261E-18
Residuos	73	14,71631268	0,201593324		
Total	85	63,72093023			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	2,123328847	0,460603699	4,609882314	1,67509E-05	1,205346998	3,041310696	1,205346998	3,041310696
TIPO	-0,066571784	0,050532924	-1,317394259	0,191826479	-0,167283756	0,034140188	-0,167283756	0,034140188
EQUIP	0,31081382	0,110115218	2,822623658	0,006133967	0,091354507	0,530273134	0,091354507	0,530273134
CALZADA	0,068884474	0,079988106	0,861183964	0,391956609	-0,090531592	0,22830054	-0,090531592	0,22830054
VEREDA	0,026504897	0,096559583	0,27449266	0,784481353	-0,165938075	0,218947868	-0,165938075	0,218947868
AV	0,026814643	0,090040539	0,297806333	0,766696898	-0,152635894	0,206265179	-0,152635894	0,206265179
PU	0,282411515	0,09840832	2,869793059	0,005369514	0,086284015	0,478539014	0,086284015	0,478539014
CALLE	0,109553137	0,07167575	1,528454694	0,130721426	-0,033296427	0,252402701	-0,033296427	0,252402701
DTP	-0,02395969	0,022290254	-1,074895306	0,285961594	-0,068384103	0,020464723	-0,068384103	0,020464723
TERRENO M2	-0,002319627	0,000541521	-4,283540809	5,2529E-05	-0,003398877	-0,001240377	-0,003398877	-0,001240377
CONSTRUIDO M2	0,005367484	0,002268056	2,366557182	0,020609201	0,000847255	0,009887713	0,000847255	0,009887713
ESTACIONAMIENTO	0,101830316	0,143364862	0,710287824	0,479788668	-0,183895442	0,387556074	-0,183895442	0,387556074
ANTIGUEDAD	-0,025098967	0,005358861	-4,683638149	1,27165E-05	-0,035779163	-0,014418772	-0,035779163	-0,014418772

Tabla 15. Tabla resumen de regresión de Materialidad para búsqueda de multicolinealidad. Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de determinación de Materialidad es 0,76905, eso significa que su Tolerancia es 0,23095, y que por ende su VIF es 4,32995. Diremos por tanto que su coeficiente de determinación está altamente explicado por las otras variables y que, como su tolerancia es baja, su VIF es alto. En términos simples, si una variable independiente está muy explicada por las otras, es altamente probable que esté contenida en ellas.

En las tablas que se presentan a continuación, se analizó r<sup>2</sup>, tolerancia y VIF de todas las variables explicativas para todos los años. Ha de haber multicolinealidad, es decir, ha de estar representada una variable en otras, cuando su VIF sea superior a 5.



	VIF 2013		
	R <sup>2</sup>	Tolerancia	VIF
MATERIALIDAD	0,76905	0,23095	4,32995
TIPOLOGIA	0,63564	0,36436	2,74457
CALZADA	0,23988	0,76012	1,31558
VEREDA	0,60411	0,39589	2,52594
AREAS VERDES	0,30018	0,69982	1,42894
PAISAJE URBANO	0,65603	0,34397	2,90724
CALLE	0,62534	0,37466	2,66910
DTP	0,28235	0,71765	1,39343
M <sup>2</sup> DE TERRENO	0,55007	0,44993	2,22256
M <sup>2</sup> CONSTRUIDO	0,32880	0,67120	1,48987
ESTACIONAMIENTO	0,38629	0,61371	1,62943
ANTIGUEDAD	0,68939	0,31061	3,21950
EQUIPAMIENTO	0,61950	0,38050	2,62815

Tabla 16.- Factor de inflación de varianza 2013.

	VIF 2014		
	R <sup>2</sup>	tolerancia	VIF
MATERIALIDAD	0,54055	0,45945	2,17653
TIPOLOGIA	0,44711	0,55289	1,80868
EQUIPAMIENTO	0,62718	0,37282	2,68224
CALZADA	0,23167	0,76833	1,30153
VEREDA	0,73042	0,26958	3,70946
AREAS VERDES	0,33755	0,66245	1,50955
PAISAJE URBANO	0,51694	0,48306	2,07011
CALLE	0,75145	0,24855	4,02332
DTP	0,21187	0,78813	1,26882
M <sup>2</sup> DE TERRENO	0,51930	0,48070	2,08031
M <sup>2</sup> CONSTRUIDO	0,55362	0,44638	2,24027
ESTACIONAMIENTO	0,42159	0,57841	1,72888
ANTIGUEDAD	0,21866	0,78134	1,27985

Tabla 17.- Factor de inflación de varianza 2014.

	VIF 2015		
	R <sup>2</sup>	tolerancia	VIF
MATERIALIDAD	0,67703	0,32297	3,09626
TIPOLOGIA	0,63184	0,36816	2,71622
EQUIPAMIENTO	0,41205	0,58795	1,70083
CALZADA	0,35343	0,64657	1,54662
VEREDA	0,65367	0,34633	2,88741
AREAS VERDES	0,46235	0,53765	1,85994
PAISAJE URBANO	0,63535	0,36465	2,74236
CALLE	0,67749	0,32251	3,10070
DTP	0,18324	0,81676	1,22435
M <sup>2</sup> DE TERRENO	0,41070	0,58930	1,69694
M <sup>2</sup> CONSTRUIDO	0,32300	0,67700	1,47710
ESTACIONAMIENTO	0,29786	0,70214	1,42422
ANTIGUEDAD	0,22195	0,77805	1,28526
INUNDACION	0,30331	0,69669	1,43536

Tabla 18.- Factor de inflación de varianza 2015.



	VIF 2016		
	R <sup>2</sup>	tolerancia	VIF
MATERIALIDAD	0,70367	0,29633	3,37459
TIPOLOGIA	0,64224	0,35776	2,79520
EQUIPAMIENTO	0,84442	0,15558	6,42736
CALZADA	0,30485	0,69515	1,43853
VEREDA	0,36722	0,63278	1,58032
AREAS VERDES	0,36722	0,63278	1,58032
PAISAJE URBANO	0,56209	0,43791	2,28358
CALLE	0,61297	0,38703	2,58377
DTP	0,51176	0,48824	2,04816
M <sup>2</sup> DE TERRENO	0,51176	0,48824	2,04816
M <sup>2</sup> CONSTRUIDO	0,32928	0,67072	1,49094
ESTACIONAMIENTO	0,83277	0,16723	5,97983
ANTIGUEDAD	0,70516	0,29484	3,39162
INUNDACION	0,43792	0,56208	1,77911

Tabla 19.- Factor de inflación de varianza 2016.

	VIF 2018		
	R <sup>2</sup>	tolerancia	VIF
MATERIALIDAD	0,62698	0,37302	2,68084
TIPOLOGIA	0,66739	0,33261	3,00655
EQUIPAMIENTO	0,61785	0,38215	2,61680
CALZADA	0,25658	0,74342	1,34513
VEREDA	0,69657	0,30343	3,29561
AREAS VERDES	0,41041	0,58959	1,69611
PAISAJE URBANO	0,53366	0,46634	2,14434
CALLE	0,73043	0,26957	3,70967
DTP	0,32635	0,67365	1,48446
M <sup>2</sup> DE TERRENO	0,43670	0,56330	1,77524
M <sup>2</sup> CONSTRUIDO	0,43231	0,56769	1,76153
ESTACIONAMIENTO	0,32243	0,67757	1,47586
ANTIGUEDAD	0,23628	0,76372	1,30938
INUNDACION	0,23628	0,76372	1,30938

Tabla 20.- Factor de inflación de varianza 2018.

	VIF 2019		
	R <sup>2</sup>	tolerancia	VIF
MATERIALIDAD	0,64941	0,35059	2,85232
TIPOLOGIA	0,83104	0,16896	5,91855
EQUIPAMIENTO	0,67143	0,32857	3,04346
CALZADA	0,28386	0,71614	1,39637
VEREDA	0,69283	0,30717	3,25556
AREAS VERDES	0,29776	0,70224	1,42401
PAISAJE URBANO	0,71909	0,28091	3,55992
CALLE	0,73007	0,26993	3,70461
DTP	0,41660	0,58340	1,71409
M <sup>2</sup> DE TERRENO	0,63367	0,36633	2,72978
M <sup>2</sup> CONSTRUIDO	0,43601	0,56399	1,77308
ESTACIONAMIENTO	0,11701	0,88299	1,13251
ANTIGUEDAD	0,78994	0,21006	4,76054
INUNDACION	0,15538	0,84462	1,18397

Tabla 21.- Factor de inflación de varianza 2019.



### 8.11 Análisis de Heterocedasticidad

Además del análisis de multicolinealidad, se consideró hacer los análisis pertinentes para saber si existe o no heterocedasticidad en la muestra. En estadística se dice que un modelo de regresión lineal presenta heterocedasticidad cuando la varianza de los errores no es constante en todas las observaciones realizadas, lo que puede generar que nuestro modelo no sea tan fiable. Una de las formas de saber si existe heterocedasticidad es aplicando el Test de Goldfeld y Quandt (1972), en el que por medio de un test F se comparan los residuos de regresiones hechas con dos partes de la muestra para demostrar que las varianzas de los errores en la regresión no son constantes y que por lo tanto, hay heterocedasticidad. *Se trabajó de aquí en adelante sólo usando como variable dependiente Valor de vivienda por ser la que más coeficiente r<sup>2</sup> ajustado presentó en los distintos años y períodos.*

Para aplicar el Test de Goldfeld y Quandt primero, se debió ordenar la muestra de manera creciente según la variable dependiente y posteriormente, separar la muestra en dos submuestras (algunos autores señalan que deben ser tres para trabajar con los extremos y evitar que tienda a ser homocedástica). En el caso de estudio, se ordenó la muestra por año, de Valor Vivienda, de menor a mayor, luego, se separó en dos partes la muestra, se hizo una regresión para cada grupo, guardando la tabla de análisis de varianza y así poder operar con la fórmula F del Test de Goldfeld y Quandt<sup>22</sup>.

$$F = \frac{\frac{SCErr_2}{gl_2}}{\frac{SCErr_1}{gl_1}}$$

De la tabla de Varianza se obtienen la Suma de los cuadrados, y los Grados de libertad para regresión y residuos. F se obtiene cuando SC<sub>Err2</sub> = Suma de los cuadrados de Error de Residuos de la segunda regresión, gl<sub>2</sub> = Grados de libertad de los residuos de la segunda regresión, SC<sub>Err1</sub> = Suma de los cuadrados de Error de Residuos de la primera regresión y, gl<sub>1</sub> = Grados de libertad de los residuos de la primera regresión.

Luego, se calculó el Valor Crítico de F mediante formula de Excel “=DISTR.F.INV(0,05;gl2;gl1). La hipótesis de Homocedasticidad se rechaza, si F > Valor crítico de F, siendo la muestra por tanto Heterocedástica.

A continuación, se muestran los resultados anualizados.

2013

ANÁLISIS DE VARIANZA		submuestra 1	
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	
Regresión	13	7,95711E+14	
Residuos	30	2,05539,E+15	
Total	43	2,85111E+15	

$$F = \frac{135434798201029}{68513155387458} = 1,9767707$$

Valor crítico de F(27,30) = 1,86182698

ANÁLISIS DE VARIANZA		submuestra 2	
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	
Regresión	13	1,49350E+16	
Residuos	27	3,65674,E+15	
Total	40	1,85917E+16	

RESULTADO: Heterocedasticidad

Tabla 22. Tabla resumen cálculo de Heterocedasticidad 2013. Fuente: Elaboración propia

<sup>22</sup> “Econometría práctica con Excel” Zúñiga P. 2004.



2014

ANÁLISIS DE VARIANZA		submuestra 1	
<i>Grados de libertad</i>		<i>Suma de cuadrados</i>	
Regresión	13	3,40990E+14	
Residuos	30	4,13157E+14	
Total	43	7,54147E+14	

$$F = \frac{217619445262780}{13771893505622} = 15,8017084$$

Valor critico de F(33,30) = 1,82334866

RESULTADO: Heterocedasticidad

ANÁLISIS DE VARIANZA		submuestra 2	
<i>Grados de libertad</i>		<i>Suma de cuadrados</i>	
Regresión	13	2,00620E+16	
Residuos	33	7,18144E+15	
Total	46	2,72434E+16	

Tabla 23. Tabla resumen cálculo de Heterocedasticidad 2014. Fuente: Elaboración propia.

2015

ANÁLISIS DE VARIANZA		submuestra 1	
<i>Grados de libertad</i>		<i>Suma de cuadrados</i>	
Regresión	14	1,31199E+15	
Residuos	29	6,32509E+14	
Total	43	1,9445E+15	

$$F = \frac{323428768334402}{21810667046331} = 14,828926$$

Valor critico de F(30,29) = 1,854293

RESULTADO: Heterocedasticidad

ANÁLISIS DE VARIANZA		submuestra 2	
<i>Grados de libertad</i>		<i>Suma de cuadrados</i>	
Regresión	14	2,09114E+16	
Residuos	30	9,70286E+15	
Total	44	3,06142E+16	

Tabla 24. Tabla resumen cálculo de Heterocedasticidad 2015. Fuente: Elaboración propia.

2016

ANÁLISIS DE VARIANZA		submuestra 1	
<i>Grados de libertad</i>		<i>Suma de cuadrados</i>	
Regresión	14	1,54893E+15	
Residuos	29	1,22391E+15	
Total	43	2,77284E+15	

$$F = \frac{85006026732128}{42203768292622} = 2,01418096$$

Valor critico de F(37,29) = 1,81764397

RESULTADO: Heterocedasticidad

ANÁLISIS DE VARIANZA		submuestra 2	
<i>Grados de libertad</i>		<i>Suma de cuadrados</i>	
Regresión	14	1,08406E+16	
Residuos	37	3,14522E+15	
Total	51	1,39858E+16	

Tabla 25. Tabla resumen cálculo de Heterocedasticidad 2016. Fuente: Elaboración propia.

2018

ANÁLISIS DE VARIANZA		submuestra 1	
<i>Grados de libertad</i>		<i>Suma de cuadrados</i>	
Regresión	14	1,52976E+15	
Residuos	29	1,48531E+15	
Total	43	3,01507E+15	

$$F = \frac{418318222535977}{51217560180191} = 8,16747657$$

Valor critico de F(29,29) = 1,86081144

RESULTADO: Heterocedasticidad

ANÁLISIS DE VARIANZA		submuestra 2	
<i>Grados de libertad</i>		<i>Suma de cuadrados</i>	
Regresión	14	1,06316E+16	
Residuos	29	1,21312E+16	
Total	43	2,27628E+16	

Tabla 26. Tabla resumen cálculo de Heterocedasticidad 2018. Fuente: Elaboración propia.



2019

ANÁLISIS DE VARIANZA		submuestra 1	
Grados de libertad		Suma de cuadrados	
Regresión	14	1,96827E+15	
Residuos	29	1,86591E+15	
Total	43	3,83418E+15	

$$F = \frac{206251112974717}{64341758177530} = 3,20555606$$

Valor critico de F(31,29) = 1,84815171

ANÁLISIS DE VARIANZA		submuestra 2	
Grados de libertad		Suma de cuadrados	
Regresión	14	1,00791E+16	
Residuos	31	6,39378E+15	
Total	45	1,64729E+16	

RESULTADO: Heterocedasticidad

Tabla 27. Tabla resumen cálculo de Heterocedasticidad 2019. Fuente: Elaboración propia.

### 8.12 Corrección de Heterocedasticidad

Dada la naturaleza de los datos registrados, era una posibilidad cierta la presencia de heterocedasticidad en el modelo de regresión lineal. Existían de hecho, asimetrías en varias variables regresoras aún habiendo retirado los outliers.

La principal implicancia de la heterocedasticidad es que la dispersión de errores no es regular, es decir, no se cumple uno de los principios de la regresión lineal. Se debe por tanto, corregir el fenómeno, dando menor peso a aquellas variables con mas distancia de la media de los errores y mayor a aquellas que están más cerca.

Se escogió para la corrección de heterocedasticidad aplicar el test de White (1980). A través de dicha corrección, es posible encontrar errores estándares robustos a heterocedasticidad para que las inferencias estadísticas sean asintóticamente validas sobre los verdaderos valores de los parámetros.

Para aplicar el test, se trabajó en STATA, programa estadístico distinto a Excel cuyas funciones se destinan básicamente a econometría. El resultado es el siguiente;

Resultados						
. *(14 variables, 86 observations pasted into data editor)						
. reg valorvivienda materialidad tipologia equipamiento calzada vereda areasverdes paisajeyurbano calle distanciaaltr						
> sportepublico m2deterreno m2construido estacionamiento antiguedad, robust						
Linear regression						
		Number of obs	=	86		
		F(13, 72)	=	14.06		
		Prob > F	=	0.0000		
		R-squared	=	0.7599		
		Root MSE	=	1.3e+07		
valorvivienda	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
materialidad	6455040	3450454	1.87	0.065	-423314.6	1.33e+07
tipologia	3269743	1543452	2.12	0.038	192928.9	6346558
equipamiento	6940243	3737133	1.86	0.067	-509594.7	1.44e+07
calzada	206943.5	2386268	0.09	0.931	-4549995	4963882
vereda	5209525	2705676	1.93	0.058	-184140.5	1.06e+07
areasverdes	2317112	2240583	1.03	0.305	-2149408	6783633
paisajeyurbano	5989619	2654617	2.26	0.027	697736.4	1.13e+07
calle	-3544001	2146341	-1.65	0.103	-7822653	734652
distanciaaltransportepublico	1460563	675836.3	2.16	0.034	113308.1	2807818
m2deterreno	52620.32	28343.43	1.86	0.067	-3881.288	109121.9
m2construido	102438.5	87470.93	1.17	0.245	-71931.61	276808.6
estacionamiento	-1172819	3748681	-0.31	0.755	-8645679	6300040
antiguedad	-416803.6	206861.4	-2.01	0.048	-829174.2	-4432.978
_cons	-4.08e+07	1.40e+07	-2.93	0.005	-6.87e+07	-1.30e+07

Tabla 28. Tabla Regresión por STATA con errores robustos para 2013. Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvieron, por tanto, coeficientes de determinación o R2 ajustados para cada año según las siguientes tablas.



R<sup>2</sup> ajustado: 0.7599

	Regresion 2013			
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Materialidad	6455040	3450454	1.87	0.065
Tipología	3269743	1543452	2.12	0.038
Equipamiento	6940243	3737133	1.86	0.067
Calzada	206943.5	2386268	0.09	0.931
Vereda	5209525	2705676	1.93	0.058
Areas verdes	2317112	2240583	1.03	0.305
Paisaje urbano	5989619	2654617	2.26	0.027
Calle	-3544001	2146341	-1.65	0.103
Distancia al transporte publico	1460563	675836.3	2.16	0.034
M2 de terreno	52620.32	28343.43	1.86	0.067
M2 construido	102438.5	87470.93	1.17	0.245
Estacionamiento	-1172819	3748681	-0.31	0.755
Antigüedad	-416803.6	206861.4	-2.01	0.048

Tabla 29. Tabla Resumen Regresión por STATA con errores robustos para 2013. Fuente: Elaboración propia.

R<sup>2</sup> ajustado: 0.7227

	Regresion 2014			
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Materialidad	7269546	2895833	2.51	0.014
Tipología	4867622	2149768	2.26	0.026
Equipamiento	1.28e+07	3651949	3.50	0.001
Calzada	-1863747	2573729	-0.72	0.471
Vereda	-3991857	2543159	-1.57	0.121
Areas verdes	5530301	3142706	1.76	0.082
Paisaje urbano	-5133493	4156258	-1.24	0.220
Calle	59956.06	2054417	0.03	0.977
Distancia al transporte publico	789778.5	523626.5	1.51	0.136
M2 de terreno	68638.17	26502.43	2.59	0.011
M2 construido	293421.2	125910.1	2.33	0.022
Estacionamiento	-3214781	4739497	-0.68	0.500
Antigüedad	-184251	142987.5	-1.29	0.201

Tabla 30. Tabla Resumen Regresión por STATA con errores robustos para 2014. Fuente: Elaboración propia.

R<sup>2</sup> ajustado: 0.6326

	Regresion 2015			
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Materialidad	1.15e+07	4093865	2.80	0.006
Tipología	-1710140	2182694	-0.78	0.436
Equipamiento	1.20e+07	4437884	2.71	0.008
Calzada	2475356	2862221	0.86	0.390
Vereda	7203066	3763155	1.91	0.059
Areas verdes	-2017515	4389692	-0.46	0.647
Paisaje urbano	9452003	4343565	2.18	0.033
Calle	-6299310	3163217	-1.99	0.050
Distancia al transporte publico	1054454	670947.3	1.57	0.120
M2 de terreno	100644.6	20931.64	4.81	0.000
M2 construido	345478.8	145794	2.37	0.020
Estacionamiento	9464135	1.08e+07	0.88	0.383
Antigüedad	-397296.8	295291.2	-1.35	0.183
Inundación	3596388	2630324	1.37	0.176

Tabla 31. Tabla Resumen Regresión por STATA con errores robustos para 2015. Fuente: Elaboración propia.



R<sup>2</sup> ajustado: 0.6988

	Regresion 2016			
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Materialidad	-314885	3713600	-0.08	0.933
Tipología	3548622	1643615	2.16	0.034
Equipamiento	5399899	4380477	1.23	0.221
Calzada	-4010391	2394771	-1.67	0.098
Vereda	-3300657	2279072	-1.45	0.151
Areas verdes	6840500	2283407	3.00	0.004
Paisaje urbano	655652.7	2729935	0.24	0.811
Calle	1048033	2049586	0.51	0.610
Distancia al transporte publico	424142.8	506940.1	0.84	0.405
M2 de terreno	118839.4	25621.95	4.64	0.000
M2 construido	429236.6	191841.1	2.24	0.028
Estacionamiento	5284990	6934426	0.76	0.448
Antigüedad	-872052.6	228783.6	-3.81	0.000
Inundación	-3044852	1293064	-2.35	0.021

Tabla 32. Tabla Resumen Regresión por STATA con errores robustos para 2016. Fuente: Elaboración propia.

R<sup>2</sup> ajustado: 0.4921

	Regresion 2018			
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Materialidad	1412839	4700991	0.30	0.765
Tipología	2606118	2573988	1.01	0.315
Equipamiento	7466978	4534163	1.65	0.104
Calzada	978510.8	3012309	0.32	0.746
Vereda	1670691	4641231	0.36	0.720
Areas verdes	6835296	3330614	2.05	0.044
Paisaje urbano	-3201828	4128866	-0.78	0.441
Calle	511012.8	3684649	0.14	0.890
Distancia al transporte publico	832771.3	1041589	0.80	0.427
M2 de terreno	23651.89	25075.49	0.94	0.349
M2 construido	491058	143053.6	3.43	0.001
Estacionamiento	721819.3	8477711	0.09	0.932
Antigüedad	7.231.947	254030.7	0.03	0.977
Inundación	-178974	2019022	-0.09	0.930

Tabla 33. Tabla Resumen Regresión por STATA con errores robustos para 2018. Fuente: Elaboración propia.

R<sup>2</sup> ajustado: 0.6844

	Regresion 2019			
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Materialidad	-725280	4596120	-0.16	0.875
Tipología	2108835	3455611	0.61	0.544
Equipamiento	1.43e+07	4523360	3.17	0.002
Calzada	2427628	2731795	0.89	0.377
Vereda	-1256488	3158951	-0.40	0.692
Areas verdes	322048.3	3815736	0.08	0.933
Paisaje urbano	4537127	3957952	1.15	0.255
Calle	5773122	3245796	1.78	0.079
Distancia al transporte publico	-1246090	712283.2	-1.75	0.084
M2 de terreno	52088.93	53948.97	0.97	0.337
M2 construido	741200.8	191905.9	3.86	0.000
Estacionamiento	-2869184	7587460	-0.38	0.706
Antigüedad	-215908.3	293458.3	-0.74	0.464
Inundación	3872246	2423765	1.60	0.114

Tabla 34. Tabla Resumen Regresión por STATA con errores robustos para 2019. Fuente: Elaboración propia.

Se pudo constatar que aplicando la corrección por test de White, los coeficientes de determinación para todos los años aumentaron en la variable dependiente analizada (Valor de Vivienda).



### 8.13 Test de Chow

Al estimar una regresión se asume que los coeficientes son estables a través del tiempo, sin embargo, el supuesto puede ser falso. La prueba para detectar cambio estructural es una F implementada por Chow (1960). Para esto, lo primero que se ha de hacer es tomar el período total, que contiene T observaciones, y ser descompuesto en 3 conjuntos independientes de datos, con tamaños T1, T2 y T3 (los que no tienen por qué cada uno sumar T/3).

Para calcular la F de Chow, se corren tres regresiones multivariadas en Excel, una para el período total, que permitió extraer la “Suma de cuadrados 2013-2019” o “SCErr Restr”, una para el período 2013-2014 y otra para el período 2015-2019, que permitió sacar la “Suma de los cuadrados de ambas muestras sumadas” o “SCErr No Restr”, y la “Suma de los grados de libertad de cada una de las regresiones de las submuestras” o “T – K”. Así, sabiendo m, que es el número de las variables (incluyendo la dependiente), se pudo aplicar la fórmula de la F de Chow que se muestra abajo.

$$F = \frac{(SCErr\ Restr - SCErr\ no\ Restr) / m}{SCErr\ no\ Restr / T - K} \approx F(m, T - K)$$

23

Con el resultado de F, se aplicó la fórmula de Excel “=DISTR.F(F de Show;M;T-K). Si el resultado arrojado era menor a 0,05, significaba que la muestra tenía un cambio estructural en el 2015. A continuación, se pueden ver los resultados obtenidos.

Test de Estabilidad	
2013-2019	
RESIDUOS	530
SUMA DE CUADRADOS	1,60477E+17
2013-2014	
RESIDUOS	163
SUMA DE CUADRADOS	3,17604E+16
2015-2019	
RESIDUOS	352
SUMA DE CUADRADOS	1,142E+17
M	15
T-K	515

$$F = \frac{1,1E+15}{3,1E+14} = 3,41462256$$

CHOW= 0,00001

Tabla 35. Tabla Resumen Test de CHOW en Excel para período total de la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Se ha constatado entonces que, a partir del 2015, la muestra presenta efectivamente un cambio estructural, Chow = 0,00001. Con estos datos, se cierran los análisis desarrollados a partir de regresiones.

23 “Econometría práctica con Excel” Zuñiga, P. 2004.



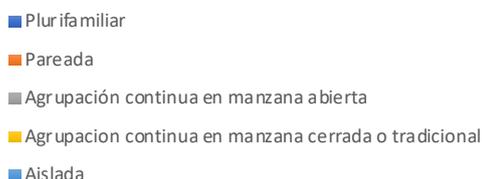
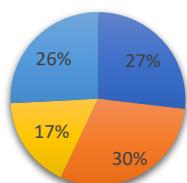
## 9. Análisis finales de la muestra

Como última fase de análisis de los casos levantados, se ha abordado la participación de tipologías de vivienda y de quintiles de ingreso, para de estos últimos, se han extraído datos de la zona inundada tomando como base, los sectores caracterizados en los mapas modelados en SIG.

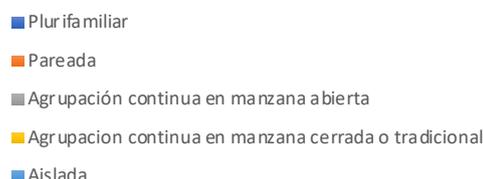
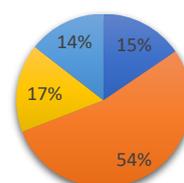
Para expresarlo, se han usado gráficos de torta, incorporando los porcentajes en cada caso. A continuación, los resultados.

Por tipologías:

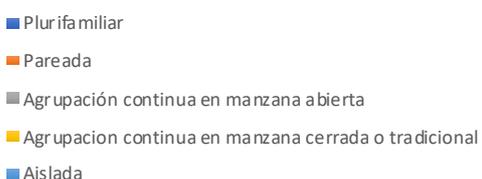
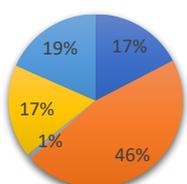
### Tipologías de Viviendas 2013



### Tipologías de Viviendas 2014



### Tipologías de Viviendas 2015



### Tipologías de Viviendas 2016

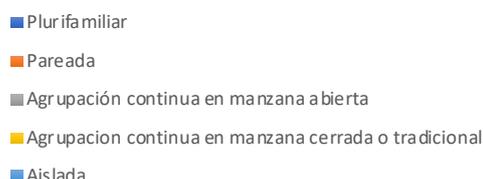
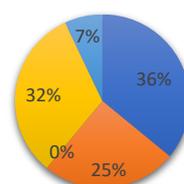
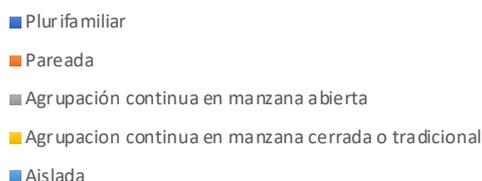
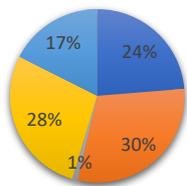


Figura 62. Gráficos 19, 20, 21 y 22. Participación porcentual de tipologías de vivienda desde el 2013 al 2016. Fuente: Elaboración propia.

Revisados los primeros cuatro años, se constata que, durante los tres primeros años, la tipología de Manzana Tradicional tuvo una participación de un 17% en la muestra, pero que en 2016 subió a casi el doble, con un 32%. La vivienda plurifamiliar también aumenta el 2016 de un 17% a un 36%, notándose una baja importante de la tipología Aislada. La Pareada que había ocupado una participación de casi un 50% en 2014 y 2015, baja a un 25% en 2016.



### Tipologías de Viviendas 2018



### Tipologías de Viviendas 2019

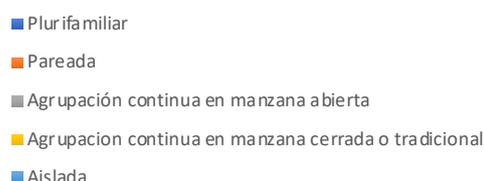
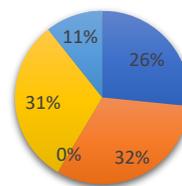
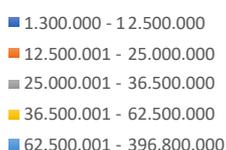
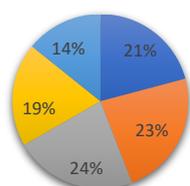


Figura 63. Gráficos 23 y 24. Participación porcentual de tipologías de vivienda 2018 y 2019. Fuente: Elaboración propia.

Los últimos dos gráficos de tipología muestran que la participación de cada tipo del 2016 es prácticamente idéntica (con pequeñas variaciones a la del 2019). El 2018 tuvo una participación mayor la tipología Aislada pero no en los órdenes de la Tradicional que se mantuvo en torno al 30%.

### Por quintiles de precios

#### Participación por Quintiles de viviendas en zona inundada pre aluvión



#### Participación por Quintiles de viviendas en zona no inundada pre aluvión

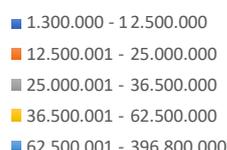
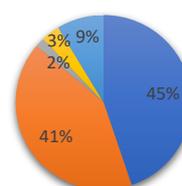
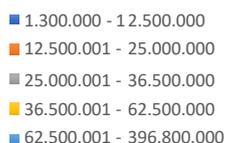
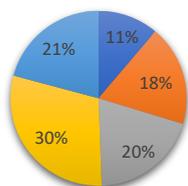


Figura 64. Gráficos 25 y 26. Participación porcentual por Quintiles de Precios de Vivienda, en relación con la zona inundada antes del aluvión. Fuente: Elaboración propia.

La participación por quintiles de la muestra antes del aluvión, presenta en la zona que después resultaría afectada, un 33% de transacciones de los dos quintiles más ricos. En cambio, en la zona que no iba a ser afectada, los mismos quintiles llegaban sólo al 12%.



Participación por Quintiles de viviendas en zona inundada post aluvión



Participación por Quintiles de viviendas en zona no inundada post aluvión

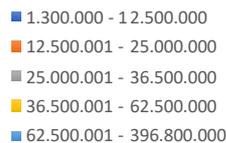
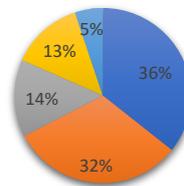


Figura 65. Gráficos 27 y 28. Participación porcentual por Quintiles de Precios de Vivienda, en relación con la zona inundada después del aluvión. Fuente: Elaboración propia.

Post aluvión, en la zona afectada, las transacciones de los dos quintiles más altos aumentaron en participación de la muestra, sumando un 51%. De hecho, las transacciones sólo del quintil más rico aumentaron de un 14% a un 21% mientras que el quintil más pobre bajó de un 21% a un 11%.

Sin embargo, esto no significó de manera alguna que la participación porcentual de transacciones de los quintiles más pobres aumentase en la zona no afectada. De hecho, también bajó, de un 45% a un 36%, mientras los dos quintiles más altos subieron de un 12% a un 18%.



## 10. Conclusiones y aportaciones

Respecto de la hipótesis planteada que decía; **“En un suelo fuertemente liberalizado, ante un efecto traumático provocado por un desastre natural, la estructura del mercado inmobiliario de precios de suelo tiende a alterarse, agregando valor a algunas variables en detrimento de otras. Consecuentemente, si el mercado responde alterando los atributos de la oferta, parte de las variables que debieran modificar su peso relativo son aquellas vinculadas con localización o tipología de vivienda”**, es necesario desglosar esa sentencia en a lo menos dos partes.

La primera de ellas diría **“En un suelo fuertemente liberalizado, ante un efecto traumático provocado por un desastre natural, la estructura del mercado inmobiliario de precios de suelo tiende a alterarse agregando valor a algunas variables en detrimento de otras”**.

En relación a esta primera parte de la hipótesis, los datos obtenidos permiten confirmar el supuesto. Lo anterior, aferrado a que los atributos analizados en relación a la variable dependiente “Valor de Vivienda”, luego de haber realizado la corrección de heterocedasticidad tuvieron coeficientes de determinación en general altos, y que sobre esos coeficientes, el test de Chow arrojó que sí había cambios en su estructura a partir del 2015.

¿Se agregó entonces valor a algunas variables en detrimento de otras?. Si se analizan los resultados de Pearson, antes, durante y después, siempre tuvo mucha correlación con el precio de la vivienda, y no cambió, el metraje construido de la misma y su equipamiento, entendido éste como áreas verdes privadas de la misma vivienda. También cabe notar, que la Calidad de áreas verdes colindantes, siempre tuvo una correlación significativa que fue permanente en el tiempo, con un Pearson en torno a 0,5. En cambio un aspecto que cambió y sí se valorizó, fue la jerarquía de la vía que enfrenta al bien raíz, porque mientras el 2013-2014 tenía una correlación de un 0,07, en 2018-2019 había aumentado a un 0,25.

Revisadas ahora las regresiones lineales múltiples corregidas en STATA, con ponderación de errores robustos, notamos primeramente que para los años 2013 y 2014, los coeficientes de determinación o R<sup>2</sup> ajustados, llegaron a valores altos de 0,75 y 0,72, que bajaron el 2015 y 2016 a 0,63 y 0,69, llegando al piso de los años estudiados el 2018, con un R<sup>2</sup> ajustado de 0,49, que repuntó el 2019 hasta llegar a 0,68.

Las probabilidades de error que arrojan esas regresiones, muestran que atributos como; Materialidad, Tipología, Equipamiento o Superficie de Terreno, presentaban indicadores inferiores a 0,1 los años anteriores al evento aluvional. Ya el 2015, la variable Tipología no tenía esa condición llegando a una probabilidad de error de 0,436, igual que Materialidad, que el 2016 arroja 0,933, es decir, una altísima probabilidad de error. En 2018, el año del coeficiente de determinación más bajo, Materialidad, Tipología y Superficie de Terreno, tuvieron probabilidades de error altas, 0,765, 0,315 y 0,349 respectivamente.

Durante el 2019, cuando el R<sup>2</sup> ajustado aumenta, no lo hace ni por materialidad, ni tampoco por tipología, que presentaron probabilidades de error de 0,875 y 0,544. Las variables más fiables para ese coeficiente de determinación fueron; Jerarquía de Vía, M<sup>2</sup> construido y Distancia al Transporte Público.

La otra parte de la hipótesis, dice entonces **“Consecuentemente, si el mercado responde alterando los atributos de la oferta, parte de las variables que debieran modificar su peso relativo son aquellas vinculadas con localización o tipología de vivienda”**. Aquí cabe detenerse porque no se trata de una sentencia que se pueda o no corroborar en un 100%.

En términos de tipología, efectivamente la participación de vivienda aislada y pareada, disminuyó tanto para zonas afectadas como para las no afectadas a lo largo de los años de la muestra. Dicho esto, la composición de la oferta efectivamente cambió. Y eso puede ser más contundente aún, si pensamos en que la participación de los quintiles más altos en la muestra de transacciones analizadas para determinadas tipologías, también subió. Es decir, que las viviendas plurifamiliares que aumentaron, especialmente el 2016, año siguiente al aluvión, fueron



compradas probablemente por familias de quintiles más altos que en otras circunstancias hubieran optado por viviendas aisladas.

Pero ¿qué pasó con la localización?. La revisión de regresiones lineales múltiples, indican que la variable inundación si bien, explica un poco más la estructura de conformación de valor de una vivienda, no lo hace de manera radical, el peso de su incorporación en el R2 ajustado para los distintos años es mínima respecto a las mismas regresiones sin inundación. Lo que sí sucede, es que existe un atributo, cuyo peso en el coeficiente de determinación sufrió un cambio evidente, y se trata de la Superficie del Terreno. Hasta antes del 2016, este atributo tenía una probabilidad de error bajísima, sin embargo el 2018 y 2019, supera el 0,3.

Una posibilidad para explicar el fenómeno, es que después del aluvión, se da un cambio en la participación de las tipologías de vivienda para las transacciones anuales. Aumentaron las plurifamiliares en quintiles de mayores ingresos, y eso puede hacer que la superficie del terreno pierda peso en la explicación del precio de la vivienda los años post aluvión.

Otro efecto que se pudo constatar, es que disminuyeron porcentualmente en la muestra las transacciones de viviendas en la zona afectada luego del aluvión, ellas tienen además menos participación de los quintiles más pobres que bajan de un 21% a un 11%. Luego, la componente inundación, en los hechos, no depreció el valor de la vivienda en la zona afectada. Lo que sí ocurrió, es que en la zona no afectada, aumentó la participación de los quintiles más ricos si sumamos los dos más altos, es decir, el valor medio de transacciones donde no llegó el aluvión, aumentó.

La pregunta entonces es ¿Cómo es posible, que los precios de la zona afectada, a 4 años de la tragedia, no bajaran? ¿Significa eso que no existió ventana temporal o depreciación temporal de los terrenos?. Se aventura una respuesta.

En una economía altamente liberalizada como la chilena, no falta suelo edificable dentro de los límites urbanos porque el límite siempre fue más extenso que lo requerido. En efecto, luego del desastre de Atacama, no fue necesario para enfrentar las nuevas demandas de vivienda, aumentar un solo metro cuadrado más el radio de la ciudad. Junto a eso, al no existir obligaciones de urbanizar para quienes tienen suelo calificado como urbano, no hay costo directo para el propietario por tener un terreno baldío sin uso. Si está inundado por ende, le resulta mejor esperar que pase el impacto de la inundación y que el suelo recupere su valor, que vender a precios más bajos.

La depreciación temporal como ventana de oportunidad, por lo menos para el caso de Copiapó, no existió. No si el interés era localizar vivienda social mejor posicionada. El efecto fue inverso, quienes valorizaron nuevas zonas fueron los quintiles de mayor ingreso, que son finalmente los que pueden elegir. Analizada la información territorial por quintiles en SIG, se puede establecer que si efectivamente hubo alguna baja de precios en las transacciones comerciales de la zona inundada, fue demasiado corta en tiempo como para que la administración pudiera aprovechar de invertir en Vivienda Social mejor localizada.

Si resulta positivo, que se valorizaron otras tipologías de vivienda en Copiapó luego de la tragedia y que ellas correspondan a las de menor consumo de suelo como son la Plurifamiliar o la de Agrupación continua tradicional. Unir este cambio en los patrones de consumo, con la necesidad de normar aspectos como los deberes de urbanización y así enfrentar la especulación, son tareas pendientes que quedan desveladas tras este trabajo.

Estas páginas han podido etregar elementos de análisis que permiten dar una segunda mirada a las facultades de la Administración en Chile cuando aplica la Ley 16.282 de Sismos y Catástrofes. Habiendo constatado que después de un desastre natural como el de Copiapó, las fallas de mercado que se busca revertir, se agudizan aún más, es deber del ente público, maximizar las exenciones allí contenidas para entre otros asuntos, resguardar suelo en dominio fiscal, con fines de relocalización de vivienda para la población más vulnerable.



## 11. Bibliografía

1. Noji, Erick K. (2000). "Impacto de los desastres en la salud pública". Organización Interamericana de la Salud. Centro de Control y Prevención del Desastre de Atlanta, Estados Unidos.
2. ONU – HÁBITAT (2018). Guía de Resiliencia Urbana.
3. Bambarén, C. (2011). "Salud mental en desastres naturales".
4. Lavell Thomas, Alan. (1993). "Ciencias Sociales y Desastres Naturales en América Latina; Un encuentro inconcluso".
5. Marshall, A. (1890). "Principios de la Economía".
6. Muth, John (1960). "Optimal Properties of Exponentially Weighted Forecasts".
7. DiPasquale, D. y W.C. Wheaton (1994). "Dinámicas del mercado inmobiliario y el futuro de los precios de la vivienda". *Journal of Urban Economics* 35 (1).
8. Perza, G. (2010). "Una primera estimación de un modelo de precios hedónicos para el vino Catalán".
9. Ridker, R. y J. Henning (1967). "The Determinants of Residential Property Values with Special Reference to Air Pollution", *Review Economic Statistic*, 4.
10. Rosen, S. (1974). "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition", *Journal Political Economy*, 82.
11. Lozano, J. (1996). "Tasación Urbana: Una metodología para informes de tasación masiva".
12. Villaroel, M. (2016). "La eximiente responsabilidad contenida en el artículo 10 N°1 del Código Penal y la eximiente incompleta del artículo 11 N° 1 en relación con la locura o demencia".
13. Artavía, D. (2012). "Los modelos de depreciación aplicados en la evaluación de bienes inmuebles".
14. Dodman, David; Harley Leck, María Rusca y Sarah Colembrander (2017). "African Urbanization and Urbanism: Implications for Risk Accumulation and Reduction". Universidad de Leeds, Leeds, Gran Bretaña.
15. Subrina, Sadia y Farahnaz Khadiza (2017). "Urban Dynamics: An undervalued issue for water logging disaster risk management in case of Dhaka City, Bangladesh". Universidad de BRAC, Bangladesh.
16. Okmyung Bin y Craig E. Landry (2011). "Changes in implicit flood risk premiums; Empirical evidence from housing market". Universidad de Carolina del Este.
17. Athanasios Votsis (2016). "Planning for Green Infrastructure; The spatial effects of parks, forests and fields on Helsinki's apartment prices". Universidad de Helsinki. *Ecological Economics*. Volume 132, February 2017. Pages 279-289. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.09.029>.
18. Cupal, Martin (2015). "Flood risk as a price setting factor in the market value of real property". *Procedia Economics and Finance*. Volume 23, 2015, Pages 658-664.
19. Valdés-Pineda, Juan B. Valdés y Pablo García Chévesich (2017). "Modelación de Crecidas Aluvionales en la Cuenca del Río Copiapó, Chile". *Ingeniería del agua, [S.l.]*, v. 21, n. 2, p. 135-152, abr. 2017. ISSN 1886-4996. Disponible en: <https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/7366>.
20. Jung, Eunah y Heeyeun Yoon (2018) "Is flood risk capitalized into real estate market value? A mahalnobis-metric matching approach to the housing market in Gyeonggi, South Korea". *Sustainability* 2018, 10, 4008; doi:10.3390/su10114008.
21. Grislain-Letrémy, C. & Villeneuve, B. *Geneva Risk Insur Rev* (2019) 44: 54. <https://doi.org/10.1057/s10713-018-0032-0>.
22. Código Civil de la República de Chile, Artículo 446, Extracto.
23. Bhaumik, Hrishikesh & Bhattacharyya, Siddhartha & Chakraborty, Susanta. (2014). An Unsupervised Method for Real Time Video Shot Segmentation. *International Journal of Computer Science & Information Technologies*. 6. 10.5121/csit.2014.4531.
24. Zúñiga, P. (2004). "Econometría práctica con Excel".
25. White, Halbert (1980). "A Heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity". *Econometrica*, Volumen 48. Número 4. Mayo, 1980.



Para el desarrollo de este trabajo se ha contado con la ayuda de entidades públicas y privadas. Entre ellas me gustaría destacar al equipo Jurídico de la Ilustre Municipalidad de Copiapó y en particular, a la Abogada Erika Portilla, ex Secretaria Regional Ministerial de Transportes de Atacama durante el Gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet. También a DHU SPA, empresa chilena dedicada al Desarrollo Urbano, y al apoyo invaluable y permanente de su fundadora, la Arquitecta y Urbanista Valeria Ortiz, ex Sub Jefa de la Unidad de Infraestructura de la Subsecretaría de Transportes de Chile, sin su compañía incondicional en cada trabajo emprendido, nada de esto sería posible.

También se ha contado con la colaboración constante de los afectos que siempre serán recordados al leer estas páginas. Gracias Laia por tu trabajo y cada café cargado de ánimo, gracias Juan por ser rostro de la función pública y entregar tus conocimientos sin miramientos y por cierto, gracias totales Florencia por cada trasnoche y por tener ese aire a norte, a Liceo y a arrojo que nunca se olvidará.

Finalmente gracias Carlos por el café en el Bar de la Escuela Superior de Arquitectura de la UPC, aquel día, cuando más se necesitaba.