



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ELABORACIÓN DE UN MODELO DE ESTIMACIÓN DE PLUSVALÍA DE SUELO
URBANO EN ÁREAS DE INFLUENCIA DE LAS LÍNEAS 3 Y 6 DEL METRO DE
SANTIAGO

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN Y POLÍTICAS
PÚBLICAS

MAURICIO JAVIER LEAÑO GONZÁLEZ

PROFESOR GUÍA:
RAIMUNDO UNDURRAGA RIESCO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MARÍA PÍA MARTIN MÜNCHMEYER
RONALD FISCHER BARKAN

SANTIAGO DE CHILE
2024

RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR
AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN
Y POLÍTICAS PÚBLICAS

POR: MAURICIO JAVIER LEAÑO
GONZALEZ

FECHA: 2024

PROF.GUÍA: RAIMUNDO UNDURRAGA
RIESCO

ELABORACIÓN DE UN MODELO DE ESTIMACIÓN DE PLUSVALÍA DE SUELO URBANO EN ÁREAS DE INFLUENCIA DE LAS LÍNEAS 3 Y 6 DEL METRO DE SANTIAGO

El precio del suelo está determinado por las rentas que se pueden obtener de él. En este sentido, las rentas del suelo urbano dependen de su localización y de los atributos que esta aporta. Por otra parte, la inversión pública en transporte como el Metro genera una mayor demanda de localización en las áreas de influencia de la red, por lo que se espera que esta tenga un efecto positivo sobre los precios, lo que se conoce como plusvalía.

Para medir el efecto causal de la instalación de las líneas 3 y 6 del Metro de Santiago sobre los precios de suelo, se analizó a través de una regresión con efecto fijo su impacto en las transacciones a nivel de manzanas en 4 etapas: antes del anuncio del proyecto, al momento del anuncio, al momento de la publicación del diseño y en la etapa de construcción y operación.

Los resultados muestran que en el caso de la línea 3 se produce un incremento de 11,7% al momento del anuncio, de un 21,3% cuando se publica el diseño y de un 68,1% en la etapa de construcción y operación. Mientras que para la línea 6 el efecto se produce solo al momento de la publicación del diseño donde hay un aumento de un 24,5% y en la etapa de construcción y operación donde aumenta un 72,8%.

Los resultados interactivos entre distancia y etapa, indican que en el caso de la línea 3 hay un alza de 1,4% por cada 100 metros hacia la estación más cercana al momento del anuncio y un incremento de un 1,5% al momento de la publicación del diseño. Para la línea 6 no se obtuvieron resultados estadísticamente significativos.

Esto aporta evidencia empírica para abrir un espacio de discusión en torno al impuesto a la renta del suelo en el país, en un contexto de crecimiento del déficit habitacional y problemas de acceso a la vivienda.

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| Introducción | 1 |
| 1. Marco Teórico | 3 |
| 1.1 Plusvalía y capitalización de la renta de suelo urbano..... | 6 |
| 2. Infraestructura pública de transporte y su impacto en la plusvalía | 8 |
| 3. Metro de Santiago | 11 |
| 4. Metodología..... | 12 |
| 5. Datos | 14 |
| 6. Estadística descriptiva | 16 |
| 7. Análisis y resultados..... | 19 |
| 8. Conclusiones | 21 |
| Bibliografía | 23 |
| Anexo..... | 26 |

Introducción

Las tendencias mundiales sobre el crecimiento de las ciudades dan cuenta que la población mundial urbana crecerá en un 13% a 2050 y que este crecimiento será más rápido en los países de ingresos bajos y medios (ONU, 2018).

Los procesos de urbanización y sus implicancias económicas han sido estudiadas desde la economía urbana. Dentro de sus principales hallazgos destacan el hecho de que las aglomeraciones propias de los asentamientos urbanos producen efectos económicos positivos como la reducción de los costos de transporte, mayor movilidad del factor trabajo y rendimientos crecientes a escala de empresas (Fujita, Krugman, & Venables, 2001). Sin embargo, a medida que las ciudades crecen aumentan los costos de la vivienda en las zonas más cercanas al centro o donde tienen lugar la producción y el consumo (Henderson, 1974).

Chile es uno de los países con las más altas tasas de urbanización de Latinoamérica (ONU-Habitat, 2016). En este sentido, el área urbana consolidada del Gran Santiago concentra un 35,4% de la población total del país según el censo 2017. Esta situación ha generado una fuerte demanda por suelo de uso residencial que ha significado un aumento sostenido tanto del valor de suelo como el de las viviendas.

La evolución del índice de precios de vivienda del Banco Central (IPV) ha mostrado un crecimiento de 147% en la región metropolitana entre los años 2004 y 2020 (Banco Central, 2021). Algunas razones que se esbozan para explicar este crecimiento está en el aumento de la demanda, el crecimiento del ingreso promedio de los hogares, la mayor tasa de formación de hogares producto del flujo migratorio reciente que duplicó la tasa de crecimiento vegetativo entre el 2002 y el 2017 acumulando un 36% en el período, la presión de demanda de vivienda para inversión, la mala planificación territorial y las restricciones normativas que limitan la oferta (Larraín & Razmilic, 2019).

El efecto de los precios de vivienda en la composición y distribución social ha provocado un fenómeno de segregación residencial. En este sentido, la segregación urbana en Chile es la más avanzada de Latinoamérica y las áreas metropolitanas chilenas son las más desiguales dentro de los países de la OECD (OECD, 2016). Respecto a la situación particular del Gran Santiago se ha observado un proceso de gentrificación de las zonas centrales y pericentrales de la ciudad, lo que ha significado la expulsión de los segmentos de menores ingresos de la población hacia la periferia, este proceso se ha visto intensificado con decisiones de política pública como las zonas de renovación urbana implementadas en la década del 90 y un sistema de producción de vivienda social que se materializa principalmente en zonas periféricas debido al alto costo del suelo (Lopez, 2015).

Dado que el mercado de suelo urbano está determinado por la renta que se puede extraer de su propiedad y que esta se relaciona directamente con los atributos de localización (Alonso, 1964), estudios sobre transporte público y precios de suelo, han encontrado una relación positiva entre la implementación de infraestructura pública de transporte y las rentas del suelo y las propiedades que se encuentran en su área de influencia (Grupta, Van Nieuwerburgh, & Kontokosta, 2021) (López, Sanhueza, Espinoza, & Órdenes, 2019) (Aguirre, Sandoval, & Alliende, 2018) (Agostini & Palmucci, 2008) (Debrezion, Pels, & Rietveld, 2003).

En este contexto, el metro de Santiago aparece como la vía estructurante del transporte público de la ciudad, es la mayor red de trenes subterráneos del país con un total de 140 km de red, 7 líneas, 136 estaciones, transportando aproximadamente 3 millones de pasajeros al día (Metro, 2020). La importancia estratégica de movilidad que ha adquirido el metro se ha reflejado también en el precio de las viviendas aledañas a la red, ya que su cercanía se traduce en una reducción de costos de tiempo y transporte hacia los centros laborales y comerciales de la ciudad.

Debido a las dificultades de financiar viviendas sociales en zonas bien localizadas de la ciudad, la presente investigación pretende contribuir al levantamiento de evidencia empírica en torno al impacto que han tenido la construcción de las líneas 3 y 6 del metro de Santiago sobre el valor de suelo urbano en áreas de influencia de dichas líneas, se eligieron estas líneas debido a que existen datos sistematizados de precios de transacción en todo el período que cubre este estudio. El supuesto que se plantea es que efectivamente la inversión en infraestructura de transporte público tiene un efecto positivo sobre el valor de suelo y que esta situación puede ser aprovechada por el Estado mediante la utilización de instrumentos de recuperación de plusvalías que sirvan como fuente complementaria para el financiamiento de viviendas sociales en zonas bien localizadas.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es estimar los efectos de las líneas 3 y 6 del metro de Santiago sobre la evolución de precios de vivienda y suelo en zonas aledañas. La metodología utilizada es de tipo cuantitativa, las fuentes de información serán la base de datos del Conservador de Bienes Raíces de Santiago que comprende las transacciones de bienes raíces entre los años 2004 y 2021.

El modelo para estimar plusvalías se realizará a partir del método de precios hedónicos que consiste en una técnica econométrica que permite explicar el valor de un bien a partir de un conjunto de atributos que lo conforman (Ridker & Henning, 1967).

La investigación se estructura de la siguiente manera: en la sección I se revisa el marco conceptual que fundamenta el análisis, en este sentido se revisa los aportes de la microeconomía neoclásica en el estudio del mercado de suelo urbano, luego en la sección II y III se revisa la relación entre infraestructura pública de transporte y plusvalía, enfocada en los hallazgos empíricos a nivel internacional y los estudios realizados en Chile. En la sección IV se explica la metodología empleada y el modelo econométrico. La

sección V da cuenta de los resultados y principales hallazgos y en la sección VI se exponen las conclusiones del estudio.

1. Marco Teórico

El mercado de suelo urbano está determinado por la renta que se puede extraer de su propiedad, y se caracteriza por dos aspectos principales: en primer lugar, su stock es fijo, es decir, no se puede producir más suelo y, en segundo lugar, la renta está asociada al tipo de uso el mismo (Ray, 1998). Estas características del suelo fueron estudiadas desde la economía urbana por Alonso (1964) quien apoyándose en el trabajo de Von Thünen sobre la distribución territorial de las producciones agrícolas, desarrolla una teoría de la renta de suelo urbano.

Esta teoría se basa en la localización y el uso del suelo en la ciudad, de esta forma los distintos agentes económicos que interactúan en el territorio, ya sean estos hogares, establecimientos comerciales o industrias compiten por la mejor localización de acuerdo a sus curvas de indiferencia de rentas y sus requerimientos de acceso al centro de la ciudad.

El centro de la ciudad constituye un área donde se ubica el distrito central de negocios (CBD por su sigla en inglés), donde se concentra el empleo y los servicios. Desde este enfoque la ciudad es monocéntrica y alrededor de este centro se genera un anillo periférico donde se encuentra la zona residencial (Ramírez, 2008).

La teoría propone una relación negativa entre la renta ofertada y la distancia al centro. Cada agente económico tiene una curva de renta ofertada, por lo que los agentes que se localicen más cerca del centro son los que tienen mayor disponibilidad a pagar por el uso de suelo que ocuparán, esta idea descansa sobre dos supuestos: existe homogeneidad del suelo y hay competencia perfecta (Ramírez, 2008).

Por otra parte, dado que existe una distribución de los agentes a distintas distancias del CBD, los costos de transporte se establecerán en función de la distancia al mismo. Por lo tanto, los terrenos que se encuentren más próximos al CBD serán más caros, ya que significan un ahorro en costos de transporte, en este punto no solo se consideran los gastos correspondientes a la movilidad sino también los costos de oportunidad (Jordaan, Drost, & Makgata, 2004). De este modo, el punto óptimo de localización residencial se produce cuando los beneficios son mayores o igual al precio máximo que se está dispuesto a pagar.

Siguiendo la teoría propuesta por Alonso, Muth (1969) desarrolla un modelo para comprender los patrones de localización residencial, el modelo establece que las condiciones de equilibrio se producen cuando un cambio marginal en el gasto de vivienda producto del cambio en la localización es igual al cambio marginal en los costos de

transporte. Por lo tanto, un cambio marginal positivo en los costos de transporte hace que los precios de vivienda disminuyan en función de la distancia al centro.

Mills (1972) incorpora el concepto de distrito comercial central (DCC) que se diferencia del CBD en el sentido en que no existe un único centro que aglutine las actividades comerciales en la ciudad. A partir de esta definición establece una función de renta ofertada que muestra una relación inversa entre precios de suelo y distancia al DCC.

Brueckner y Fansler (1983) unifican los modelos de Muth y Mills, este nuevo modelo asume que los consumidores comparten un mismo ingreso, tienen preferencias idénticas en relación a la vivienda y consumen una cantidad de bienes diferenciados.

El precio de la vivienda corresponde a una función de la distancia al CBD, además los consumidores enfrentan los costos de transporte y maximizan su utilidad de acuerdo a su restricción presupuestaria. En equilibrio todos los consumidores alcanzan el mismo nivel de utilidad, para diferenciar entre localizaciones distintas, el precio de la vivienda debe ser menor mientras más lejos esté del CBD.

Posteriormente, en el desarrollo de la economía urbana aparece el concepto de policentrismo, que deja de lado el supuesto de la existencia de un centro único, incluyendo la existencia de centros periféricos que están determinados por las decisiones de maximización de beneficios de los agentes económicos respecto a su localización, lo que deriva en una concentración o por el contrario en una dispersión en el territorio (White, 1999).

Esta teoría presenta dos tipos de modelos, endógenos y exógenos. Los modelos endógenos parten del estudio de la ciudad sin predeterminedar una estructura espacial, por lo tanto, no consideran la existencia de concentraciones de empleo. La modelación endógena tiene por objetivo analizar la forma en que las economías de aglomeración y los costos de transporte afectan la distribución espacial del empleo, cómo la transformación de la ciudad afecta el tamaño de la misma y el tamaño del CBD, que explica la decisión de las empresas de suburbanizarse. Por último, este modelo asume que las decisiones de localización de la población se producen en función de las concentraciones de empleo.

Uno de los principales modelos endógenos es el desarrollado por Fujita y Ogawa (1982). Este modelo se establece sobre los supuestos de hogares homogéneos con preferencias idénticas y una población fija. Los hogares maximizan su función de utilidad y cada hogar tiene solo un miembro que trabaja y percibe el ingreso del hogar.

Respecto a las empresas, el modelo plantea la existencia de economías de aglomeración las que son medidas por una función potencial de localización de las empresas determinadas por las variables de distancia, densidad y un parámetro que mide el grado de las economías de escala.

Las soluciones del modelo se realizan en base a simulaciones. La solución monocéntrica, es decir, donde existe un único CBD, se produce cuando el diferencial de localización potencial es mayor que los costos de transporte, los beneficios en esta solución del modelo se explican por la existencia de economías de aglomeración en el CBD.

Una segunda solución se produce de forma mixta entre concentración y dispersión espacial. Por lo tanto, empresas y hogares están uniformemente distribuidas dentro del área urbana, el supuesto de esta solución es que el lugar de trabajo coincide con el lugar de residencia, por lo que no hay costos de transporte.

La tercera solución corresponde a una configuración mixta incompleta que es una combinación de las soluciones anteriores. En este caso una porción de los trabajadores no incurre en gastos de transporte ya que se ubican dentro del CBD y además existe un porcentaje de trabajadores que se trasladan hacia otros subcentros.

Por otra parte, los modelos exógenos parten del supuesto de la existencia de un CBD, por lo que el foco de análisis está puesto en cómo afecta la localización de las empresas suburbanizadas en la localización residencial. El objetivo es analizar cómo los trabajadores deciden dónde vivir y trabajar y qué patrones espaciales resultan de la renta del suelo.

Uno de los principales autores de este tipo de modelos es Sullivan (1986) quien plantea una ciudad en la que en el centro se ubica el CBD y el sector de oficinas, además existe un subcentro distrital de negocios (SBD) en el que se concentra el sector manufacturero, el que se localiza fuera del CBD en una zona integrada por un sistema de carreteras urbanas.

Los hogares en este modelo tienen funciones de utilidad y productividad del trabajo idénticas y solo un miembro del hogar trabaja en uno de los dos distritos CBD o SBD.

Por otra parte, el mercado de suelo es competitivo y los propietarios arriendan los terrenos. En este modelo la renta del suelo estará determinada por la distancia al CBD que es el sector que concentra la mayor cantidad de empleo y una segunda aglomeración que constituye el SBD. El sector residencial se establece en relación a la distancia a estos centros de empleo y a los ingresos de los hogares, por lo que a menor distancia del CBD mayor es el costo de localización.

Hasta acá el desarrollo de la teoría neoclásica explica el valor del suelo urbano en base a la existencia de centros de empleo dado por economías de aglomeración que independientemente de su morfología (monocéntrica o policéntrica) determinan el uso y el precio del suelo. Sin embargo, aspectos sociales que influyen en las preferencias de localización no son consideradas en este marco.

Teniendo en cuenta los aspectos sociales que inciden en los precios de las viviendas Richardson (1971) y Evans (1985) sugieren que los precios están influenciados por externalidades positivas o negativas que dependen del entorno en el que estén situadas.

En este sentido, este marco interpretativo incorpora factores ecológicos como la disponibilidad de áreas verdes, factores culturales como la arquitectura y el equipamiento urbano y factores sociales como el estatus.

Por lo tanto, al incorporar estos factores se hace más comprensible el hecho de que existan zonas o barrios alejados del CBD que presentan precios relativamente mayores en comparación con las zonas residenciales más cercanas. La segmentación socioeconómica no solo se relaciona con el ingreso, sino que también con aspectos culturales que influyen en las preferencias. La localización residencial está influenciada entonces por los costos de transporte, por el espacio habitable, por el entorno barrial y por el vecindario.

Autores como Massey, Scott y Storper desarrollan una teoría desde la geografía urbana que pone énfasis en el sentido y significado del lugar más allá de su dimensión de producción económica. Desde esta perspectiva, la diferenciación residencial está relacionada a las diferencias en el ingreso y la emergencia de submercados que se basan en una subdivisión de ingreso, raza y etnia (Kauko, 2001).

Otro marco teórico que complementa esta perspectiva es el de análisis institucional, esta teoría asume que los factores institucionales y culturales influyen la relación entre oferta y demanda. La formación de precios, por lo tanto, dependen de los parámetros de negociación que son posibles dado el contexto institucional que regula los procesos de transacción. Estos parámetros se resumen en tres categorías: elección pública, derechos de propiedad y costos económicos de transacción.

El mercado de vivienda desde este enfoque se caracteriza por altos costos de transacción dados por la regulación de uso del suelo, las normas de construcción, regulación medioambiental e impuestos territoriales. Esto genera ineficiencias en el mercado las que pueden ser mayores cuando hay una débil definición de los derechos de propiedad (Kauko, 2001).

1.1 Plusvalía y capitalización de la renta de suelo urbano

El concepto de plusvalía del suelo se refiere al incremento de valor del mismo, producido por causas exógenas. En este sentido, dadas las características del mercado del suelo que se revisó anteriormente, la plusvalía está estrechamente relacionada con la renta del suelo.

Ricardo (1817) define la renta de la tierra como una forma específica de ganancia que adquiere valor en función de su transacción como mercancía y que es apropiada exclusivamente por los dueños. Para Ricardo, el valor de cambio de los bienes se puede obtener de la escasez o de la cantidad de trabajo requerido para obtenerlos, en el caso de la tierra, al no ser un producto, lo que se paga es el uso de las energías originarias e indestructibles del suelo (Ricardo, 1817). Por lo tanto, la renta está asociada a los rendimientos que se puedan obtener de ella dada sus características naturales.

Para Harvey (1982) lo que caracteriza al suelo como mercancía es que tanto el suelo y sus mejoras no pueden ser trasladados de lugar, por lo que su localización fija confiere privilegios monopolistas a quien posee el derecho de determinar el uso de esa localización. Además, el suelo no requiere mantenimiento para continuar poseyendo su potencial de uso.

En el caso del suelo urbano, se pueden identificar dos tipos de rentas: renta diferencial tipo 1 y renta diferencial tipo 2. La primera corresponde a las distintas condiciones de los terrenos, que hace que una inversión de la misma magnitud tenga distintos resultados, mientras que la segunda está asociada al máximo potencial de uso que se obtiene con la construcción en altura (Jaramillo, 2008).

Las condiciones que definen la renta tipo 1, son las características geomorfológicas, la pendiente, su anegabilidad, etc. Las que se encuentran distribuidas en distinta proporción en los distintos lotes, esto hace que para crear un producto con un valor de uso similar se deba incurrir en costos diferentes, este factor es muy importante para la construcción en altura. Otro aspecto relacionado es la localización que produce una renta diferencial en el sentido que los terrenos para ser construidos necesitan de infraestructura como vialidad y acceso a servicios básicos, por lo tanto, en la medida en que el suelo cuente con buenas condiciones de localización tendrá una mejor valorización.

La renta diferencial de tipo 2 también se relaciona con la localización, pero desde otra perspectiva. Si consideramos que los consumidores están dispuestos a pagar precios diferentes por inmuebles de similares características, se infiere que existe una diferencia en el proceso de consumo del espacio construido determinado por atributos de localización. Esto produce una diferencia entre el precio de producción del espacio construido y el precio en cada localización, lo que deriva en una sobre ganancia. La forma en que se captura la mayor cantidad de esta renta es a través de la construcción en altura, ya que permite multiplicar la cantidad de espacio construido para una misma localización.

De este modo, la forma en que se capitaliza la renta de suelo urbano está determinada por las posiciones de los agentes en el mercado de suelos. La renta diferencial de tipo 1 es capturada por los propietarios de inmuebles existentes que transan sus propiedades al valor del mercado, mientras que la renta diferencial tipo 2 es capturada por los desarrolladores inmobiliarios que cuentan con la capacidad técnica y financiera para para generar un redesarrollo inmobiliario en el terreno y obtener el máximo y mejor uso del mismo (López, Sanhueza, Espinoza, & Órdenes, 2019).

De acuerdo a Arriagada y Simioni (2002) existen tres tipos de acciones públicas que generan plusvalía urbana: el ordenamiento territorial, la construcción de obras públicas que permiten que se desarrollen proyectos en terrenos no edificados o que hasta ese momento no utilizaban de forma exhaustiva su potencial según la norma urbanística y la localización previa de actividad económica asociada al lugar de residencia según grupos socioeconómicos que genera una dinámica inmobiliaria.

2. Infraestructura pública de transporte y su impacto en la plusvalía

Los efectos de la intervención pública en las ciudades y su impacto en el mercado de suelos han sido estudiados por Smolka (2013) quien señala que existen dos fuentes de ganancias inmerecidas: cambios de uso de suelo e inversión en infraestructura urbana.

Respecto al cambio de uso de suelo, este corresponde a modificaciones en la normativa urbanística que ordena los usos de suelo. En este sentido, el autor señala que el cambio de uso genera lo que denomina el multiplicador urbano, que es la relación entre el precio por metro cuadrado de la tierra designada para usos urbanos con su valor anterior de uso rural en el borde urbano, a nivel global el valor de este multiplicador es de 4, lo que significa que el precio del metro cuadrado urbano es cuatro veces mayor que el metro cuadrado rural (Smolka, 2013).

La otra fuente corresponde a la inversión en infraestructura urbana, esta se refiere a inversión en redes de agua potable y alcantarillado, pavimentación, autopistas e infraestructura de transporte. Este tipo de inversión genera un efecto sobre los usos del suelo: cambio de uso, mayor densidad, ocupación, edificabilidad o cambios en las regulaciones de zonificación. Si bien este tipo de inversión ha demostrado tener efectos sobre el valor de suelo, en términos relativos, el cambio de uso tiene un impacto mayor en el precio (Smolka, 2013).

La evidencia empírica respecto al efecto de los trenes urbanos en el precio de las propiedades y el suelo en zonas de influencia indica que en su mayoría hay una relación positiva. En este sentido, Kahn (2007) descubre que el mayor impacto en los precios de bienes raíces se produce por la implementación de nueva infraestructura pública que conectan áreas con el centro de la ciudad.

Gupta, Nieuwerburgh y Kontokosta (2021) en un estudio sobre el impacto de la extensión de la línea de metro de la segunda avenida en Nueva York sobre el precio de venta y arriendo de bienes raíces y sobre los tiempos de traslado, realizan un análisis de tipo “difference in difference” donde definen áreas geográficas que son afectadas por la extensión del metro, luego se comparan las variaciones en los precios de bienes raíces de las áreas afectadas con áreas de control, además mediante información geolocalizada de smartphones se estiman los efectos sobre los tiempos de traslado producto de la extensión de la línea. Los principales resultados indican que en términos generales hubo una apreciación entre 5% y 10% de las propiedades y que sólo un 30% de estas ganancias se pueden recuperar vía impuesto, además los tiempos de traslado se redujeron entre 3 y 5 minutos.

Siguiendo esta misma línea Debrezion, Pels y Rietveld (2003) realizan un meta análisis sobre estudios de proximidad de estaciones de trenes y su efecto en los precios de bienes raíces en ciudades de Estados Unidos, dentro de sus hallazgos destacan el hecho de que el efecto en los valores de propiedades comerciales es en promedio 12,2% mayor

que en las propiedades residenciales cuando se evalúa a una distancia de $\frac{1}{4}$ de milla desde la estación. Por otra parte, señalan que las propiedades residenciales muestran un incremento 2,3% mayor a las comerciales cada 250 metros de cercanía a la estación.

Fesselmeyer y Liu (2018) analizan el impacto de la extensión del metro de Singapur en los precios de vivienda. Los resultados muestran que el aumento del precio es 1,8% mayor en las viviendas que se encuentran a una distancia de 0,5 kilómetros en comparación con las que están a una distancia superior. Las ganancias en plusvalía se estiman en un 9% del costo de la expansión de la red.

Por otra parte, Diao, Leonard y Sing (2017) estudian la línea circular de Singapur y sus efectos en los precios de vivienda. Mediante el uso de una regresión polinomial definen las zonas de afectación de la línea y comparan la discontinuidad en el gradiente de precios entre las zonas de afectación y las zonas de control. Los resultados indican que a una distancia de 600 metros de la estación los precios aumentaron en aproximadamente 7,8% en comparación con las zonas de control. Además, se apreció una dinámica de anticipación a la apertura de la línea que bordeó el período de un año y que los efectos sobre los precios disminuyeron al acercarse la fecha de inauguración.

Zhou, Chen, Han y Zhang (2020) en un estudio sobre la línea 6 del metro de Shangai, estiman cómo el mejoramiento del acceso a los centros de trabajo es capitalizado en los precios de vivienda. Los resultados encontrados señalan que se produce una apreciación de un 3,75% en promedio y que la apreciación total explicada por la disminución en los tiempos de traslado disminuye a medida que sube nivel socioeconómico de los barrios.

También en Shangai, Pan y Zhang (2008) analizan los efectos del tren urbano en los usos de suelo, los resultados son consistentes con la teoría clásica sobre economía urbana que señala que los suelos con un uso más intenso de capital se localizan cerca de zonas accesibles al transporte. Además, utilizando un modelamiento de precios hedónicos dan cuenta que el suelo aumenta su valor en aproximadamente 152 yuanes el metro cuadrado por cada 100 metros de cercanía a la estación de tren.

Perdomo (2010) estudia el cambio de valor de las propiedades en Bogotá de acuerdo a la proximidad a una estación del Transmilenio, empleando una metodología de precios hedónicos y propensity score matching encuentra resultados consistentes para cada metodología donde el valor por metro cuadrado aumenta en relación inversa a la distancia a la estación.

En Chile, Agostini y Palmucci (2008) estudian el grado de capitalización anticipada en el precio de las viviendas que tuvo la construcción de la línea 4 del metro de Santiago, utilizando la base de datos del Conservador de Bienes Raíces de Santiago que contiene todas las transacciones de viviendas entre diciembre de 2002 y marzo de 2004, estiman mediante regresiones hedónicas el average treatment effect que el acceso a la red de metro tiene sobre el precio en dos etapas (anuncio del proyecto y anuncio de ingeniería básica) los resultados indican que el valor promedio de los departamentos aumentó entre

3,3% y 4,4% en función del anuncio de la construcción de la línea 4 y entre 4,5% y 5,7% después de conocerse la ubicación de las estaciones.

Rivas (2015) estudia el impacto en el precio de los departamentos que tuvo la construcción de la línea 3 del metro de Santiago. Utilizando una base de datos de transacciones de viviendas en la comuna de Ñuñoa entre los años 2008 y 2014 utiliza un modelo de precios hedónicos para estimar el efecto de la distancia al metro en el precio de los departamentos, los resultados muestran que para los departamentos cercanos a alguna estación, la variación del precio fue de un 15,3% en promedio, mientras que los departamentos a una distancia media el promedio de aumento fue de 12,6% y los departamentos a una distancia mayor fue de 2,5%. Sin embargo, el modelo general no arrojó una relación estadísticamente significativa entre precio y distancia a la estación.

Aguirre, Sandoval y Alliende (2018) realizan un estudio similar para medir el impacto de la distancia a estaciones de metro sobre el precio de departamentos nuevos en Santiago, para esto analizaron a través de regresiones multivariadas el efecto sobre el precio de la distancia a las estaciones Parque Almagro, Matta e Irarrázaval de la línea 3, los resultados indican que el efecto de la distancia es inversamente proporcional el de los precios de venta.

López, Sanhueza, Espinoza y Ordenes (2019) estudian el efecto de la infraestructura del metro de Santiago y las regulaciones urbanas sobre la renta de suelo urbano. Utilizando una base de datos de departamentos nuevos vendidos entre el 2008 y 2011 estiman el aporte porcentual que las políticas públicas generan en la renta de suelo. Para esto generan un modelo que descuenta el costo de suelo y construcción sobre el precio de transacción para luego estimar mediante una regresión lineal múltiple con factores fijos el efecto del metro y las regulaciones urbanas sobre la renta. Los resultados muestran que la inversión del Metro aumenta en un 25,6% la ganancia de las inmobiliarias mientras que solo lo hace en un 5,5% en el caso de los propietarios individuales de suelo. Por otra parte, el coeficiente de constructibilidad que se encuentra en los Planos Reguladores, genera una valorización de la renta de 6,1% por cada punto de aumento en el coeficiente, lo que es absorbido en su totalidad por las inmobiliarias.

3. Metro de Santiago

El Metro de Santiago comenzó a operar en 1969, actualmente cuenta con seis líneas que abarcan 140 kilómetros con 136 estaciones ubicadas en 23 comunas.

La línea 3 tiene una extensión de 22 kilómetros, 18 estaciones y une las comunas de Quilicura, Conchalí e Independencia en el norte con Santiago en el centro y La Reina en el oriente.

Por su parte, la línea 6 tiene una extensión de 15 kilómetros, 10 estaciones y conecta el sector surponiente y centro sur con el sector nororiente de la ciudad de Santiago, pasando por las comunas de Cerrillos, Pedro Aguirre Cerda, San Miguel, San Joaquín, Santiago, Ñuñoa y Providencia.

El proyecto original de la línea 3 data de 1968 cuando se presenta el estudio del sistema de transporte metropolitano de Santiago, el que se aprueba en el Plan Regulador de Transporte de Santiago. En 1984 se presenta el anteproyecto técnico para la línea 3, sin embargo, tras el terremoto de 1985 que afectó a gran parte de la zona central de Chile, se anuncia la suspensión de la construcción de la línea 3.

En 2009 se retoma el proyecto, el que estaba contenido en las 15 propuestas que el Programa de Vialidad y Transporte Urbano (Sectra) tenía en consideración. Sin embargo, no hubo una definición clara por parte de la autoridad política que en ese entonces se encontraba bajo el mandato de Michelle Bachelet.

A fines de 2009 en plena campaña presidencial, el candidato Sebastián Piñera anuncia que la construcción de la línea 3 sería una de las prioridades de su eventual gobierno. Luego del resultado de las elecciones presidenciales, en 2010, se anuncia la construcción de la línea 3 y en julio de 2011 se publica el diseño que establece la ubicación de las futuras estaciones. El inicio de la construcción comenzó el año 2012 y su inauguración tuvo lugar el 2019.

Por otra parte, la línea 6 fue anunciada en diciembre de 2009 por parte del gobierno de Michelle Bachelet y la presentación del diseño ocurrió de manera simultánea al de la línea 3 en julio de 2011. El inicio de la construcción tuvo lugar en 2014 y su inauguración fue el año 2017.

4. Metodología

El objetivo de esta investigación es estimar el efecto causal de la construcción de las líneas 3 y 6 del Metro de Santiago sobre el precio de las viviendas en zonas aledañas a la red, para esto se utiliza la base de datos del Conservador de Bienes Raíces de Santiago. Esta base es de tipo catastral y contiene todas las transacciones de viviendas inscritas en el Conservador de Bienes Raíces para el periodo 2004 – 2021.

Además de esta información, se utilizó la cartografía digital del SII para poder calcular las distancias de las manzanas hacia la estación de Metro más cercana de las líneas en estudio.

La unidad de análisis es el valor transado en promedio por manzana, medida en Unidades de Fomento (U.F.) por metro cuadrado, en cuatro momentos distintos, antes del anuncio de la instalación del metro, después del anuncio de la construcción de las líneas, una vez publicado el diseño y la ingeniería básica, al inicio de la construcción y una vez entrada en operación.

El modelo utilizado es una regresión para datos de panel con efecto fijo, basada en la teoría de precios hedónicos. Esta teoría desarrollada por Ridker y Henning (1967) establece que el valor de una vivienda no solo está determinado por los atributos propios de la construcción, sino también por procesos económicos que se producen como consecuencia del crecimiento y desarrollo urbano, como la congestión por aumento de la población, la densificación residencial, etc.

El objetivo de la teoría de precios hedónicos es explicar el valor de un bien raíz a partir de un conjunto de atributos, como superficie, tipología, diseño, calidad constructiva, características del vecindario, ubicación, impuestos territoriales, bienes públicos, etc. Y en función de cada uno de ellos obtener sus valoraciones, es decir, identificar la importancia relativa de cada atributo sobre el precio de transacción (Rosen, 1974).

La forma general del modelo es la siguiente:

$$P=f(I,V,U,Z,S,E,w)$$

Donde (P) corresponde al precio, determinado por los argumentos de la función f.

I: corresponde a características inherentes al inmueble (superficie del terreno, superficie construida, arquitectura, calidad de materiales, número de habitaciones, etc.)

V: características del vecindario (nivel socioeconómico, seguridad, equipamiento, etc.)

U: características de la ubicación (área residencial comercial o industrial, distancia geográfica, accesibilidad a medios de transporte, infraestructura pública, etc.)

Z: características determinadas por el plano regulador (altura, densidad, usos de suelo, etc.)

S: características determinadas por el equipamiento urbano, servicios e infraestructura básica (agua potable, alcantarillado, electricidad, etc.)

E: externalidades presentes en el entorno (áreas verdes, industrias contaminantes, vertederos, sitios eriazos, etc.)

w: conjunto de parámetros que acompañan a cada atributo que no son observables

La evidencia empírica sugiere que la forma funcional de f no es lineal, ya que la relación entre precio y las variables explicativas no es constante, por lo que cada atributo presenta un aporte marginal diferente (Halvorsen & Pollakowski, 1981).

Para el caso de este estudio, la variable dependiente corresponde al logaritmo natural del precio promedio en UF por metro cuadrado, agregado a escala de manzana para el periodo 2004 – 2021, en las comunas de Santiago, Cerrillos, Conchalí, Estación Central, Huechuraba, Independencia, La Reina, Las Condes, Ñuñoa, Pedro Aguirre Cerda, Peñalolén, Providencia, Recoleta, Renca, San Joaquín y San Miguel.

Las variables independientes serán la etapa del proyecto según línea y la distancia en metros lineales entre el centroide de la manzana y las estaciones de las líneas 3 y 6 del Metro de Santiago.

Considerando que la estructura de los datos contiene el promedio del valor de las transacciones por manzana y año, se utilizará un modelo de regresión con efecto fijo, el modelo utilizado es el siguiente:

$$\bar{P}_{mct} = Y_t \beta DE_{mct} + X_{mt} \varepsilon_{mt}$$

Donde:

\bar{P}_{mct} = Precio promedio de la manzana (m) en la zona (z) en el tiempo (t)

Y = efecto fijo del tiempo (t)

β = Estimador causal de la interacción distancia etapa (DE) a la estación de mzt

X = Vector de factores que cambian para (m) y (t)

ε = nivel de error para (m) y (t)

5. Datos

Se utilizó una base de datos de tipo panel, agregada a nivel de manzana. Para esto se trabajó con tres fuentes de información: el Catastro del Conservador de Bienes Raíces de Santiago, la Cartografía del Servicio de Impuesto Internos y la Cartografía del Censo de Población y Vivienda 2017.

El Catastro del Conservador de Bienes Raíces contiene el valor transado en UF a nivel de predio. Para poder comparar las cifras, se dividió este valor por la superficie informada del inmueble, de este modo se obtuvo el valor transado en UF por metro cuadrado. Luego, para determinar la localización de las transacciones se desplegaron las coordenadas geográficas mediante la cartografía del SII.

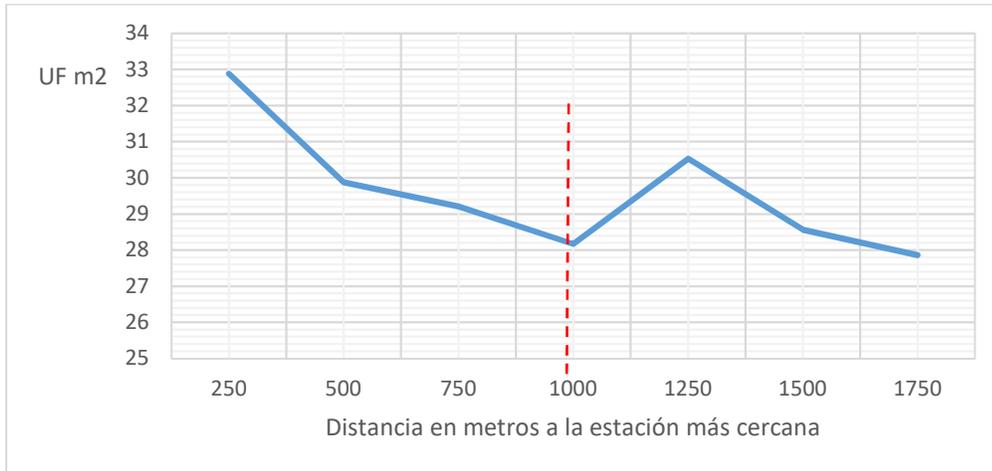
Para poder trabajar los datos a nivel de manzana, se intersectaron los puntos geográficos con la cartografía del Censo 2017 a escala de manzana y se promediaron las transacciones por etapa del proyecto según línea. Así para la línea 3 se obtuvieron los valores promedio por manzana antes del anuncio del proyecto (2004-2009), al momento del anuncio (2010), al momento de la publicación del diseño (2011) y en la etapa de construcción y operación de la línea (2012-2021).

Lo mismo se realizó para la línea 6, en donde se promediaron los valores por manzana antes del anuncio (2004-2008), al momento del anuncio (2009-2010), al momento de la publicación del diseño (2011-2013) y en la etapa de construcción y operación de la línea (2014-2021).

Por otra parte, para calcular las distancias de las manzanas a las estaciones de metro, se creó una matriz de distancias entre manzanas y estaciones, tomando como referencia el centroide de la manzana, se calculó la distancia en metros lineales por vías transitables y luego se seleccionó la menor distancia entre ambas.

Para determinar el área de influencia del metro sobre el precio de transacción, se tomaron los valores promedio según distancia y se definió 1.000 metros como el umbral del efecto (ver gráfico 1). Lo que es consistente con lo propuesto por Agostini y Palmucci (2008); por Lopez et.al (2019) y con el Sistema de indicadores y estándares de desarrollo urbano del Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (CNDU) y el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) que define como una accesibilidad óptima una distancia de hasta 800 metros.

Gráfico 1: Valores promedio UF metro cuadrado según distancia al metro

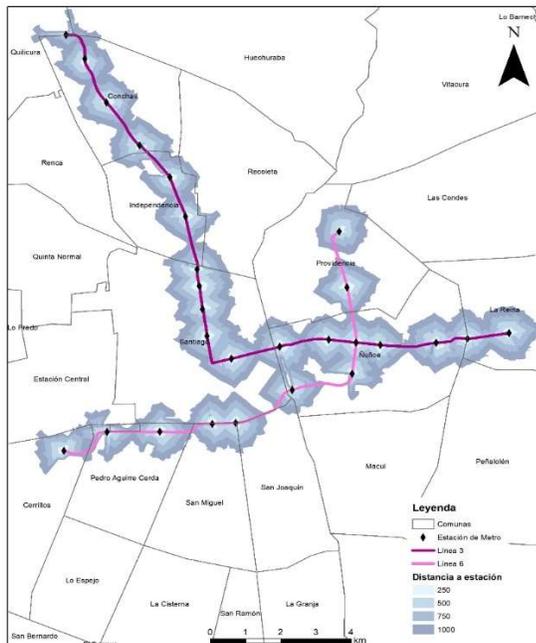


Fuente: Elaboración propia en base a Catastro del Conservador de Bienes Raíces de Santiago 2022.

De este modo, se filtraron solo las manzanas dentro de un radio de influencia de 1 km. Obteniendo un panel de datos a nivel de manzana de 3.612 registros en que se tiene el precio promedio de UF por metro cuadrado para las cuatro etapas del proyecto: antes del anuncio, después del anuncio, al momento de la publicación del diseño y durante la construcción y operación de la línea.

En la figura 1 se muestra el área en que se realizó el estudio, las líneas de metro consideradas y el área de influencia a partir de sus respectivas estaciones.

Figura 1: Área de influencia de las líneas 3 y 6 del metro de Santiago



Fuente: Catastro Conservador de Bienes Raíces 2022, Cartografía Censo 2017 y Red Metro 2021.

6. Estadística descriptiva

De acuerdo a los datos presentados en la tabla 1, se observa que el valor promedio del metro cuadrado aumenta conforme avanzan de etapa ambas líneas de metro. Se observa además una leve diferencia al momento de la publicación del diseño, en donde las manzanas en el área de influencia de la línea 6 alcanzan un promedio de 27,1 UF por metro cuadrado, valor que es mayor al del precio promedio de la línea 3 para esa misma etapa del proyecto, lo mismo ocurre al comparar la etapa de construcción y operación entre las líneas, en donde la línea 6 alcanza un promedio de 42,91 UF en comparación con 40,98 UF de la línea 3.

Tabla 1: UF por metro cuadrado según etapa del proyecto por línea

| <i>Variable</i> | <i>Media</i> | <i>Desv. Estándar</i> | <i>Mínimo</i> | <i>Máximo</i> | <i>Observaciones</i> |
|--------------------------|--------------|---------------------------|---------------|---------------|----------------------|
| Etapa Línea 3 | | | | | |
| Antes anuncio | 22,22 | 9,25 | 3,95 | 46,6 | 560 |
| Anuncio | 23,27 | 9,87 | 0,77 | 45,53 | 560 |
| Publicación diseño | 25,39 | 11,58 | 4,07 | 134,35 | 560 |
| Construcción y operación | 40,98 | 16,55 | 6,75 | 109,75 | 560 |
| Etapa Línea 6 | | | | | |
| Antes anuncio | 21,16 | 12,29 | 3,8 | 57,66 | 378 |
| Anuncio | 23,19 | 13,10 | 1,36 | 65,77 | 378 |
| Publicación diseño | 27,10 | 15,75 | 3,28 | 62,27 | 378 |
| Construcción y operación | 42,91 | 23,92 | 6,05 | 90,99 | 378 |

Fuente: Elaboración propia en base a Catastro del Conservador de Bienes Raíces de Santiago 2022.

Para explorar el comportamiento de los precios por distancia según etapa del proyecto, en la tabla 2 se muestran los valores promedio del metro cuadrado en distintos tramos de distancia.

En general, se observa que los precios promedio son mayores en el tramo de 250 metros de una estación, incluso antes del anuncio del proyecto y que esa diferencia se mantiene estable a medida que el proyecto avanza de etapa. Aunque en el caso de la línea 3 se observan precios similares hasta los 500 metros a partir del anuncio del proyecto.

Tabla 2: Promedio UF por m2 por tramo de distancia según etapa de la línea

| <i>Variable</i> | <i>Antes del anuncio</i> | <i>Anuncio</i> | <i>Publicación diseño</i> | <i>Construcción y operación</i> |
|--------------------------|--------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------------|
| Distancia Línea 3 | | | | |
| 250 metros | 24,12 | 25,67 | 27,37 | 43,49 |
| 500 metros | 22,71 | 24,65 | 27,59 | 43,59 |
| 750 metros | 23,15 | 23,48 | 26,29 | 41,95 |
| 1.000 metros | 20,68 | 21,72 | 22,78 | 37,92 |
| Distancia Línea 6 | | | | |
| 250 metros | 24,01 | 25,54 | 33,58 | 52,25 |
| 500 metros | 20,77 | 22,48 | 26,50 | 40,51 |
| 750 metros | 20,17 | 23,56 | 25,89 | 41,42 |
| 1.000 metros | 21,06 | 23,27 | 27,94 | 43,92 |

Fuente: Elaboración propia en base a Catastro del Conservador de Bienes Raíces de Santiago 2022.

Considerando que la extensión de ambas líneas atraviesa varias comunas de la capital y que existen diferencias de precios según comuna, a continuación (ver tabla 3) se presentan los precios promedio por comuna según etapa del proyecto. De esta forma, se observa en el caso de la línea 3 que las comunas de Ñuñoa y Providencia presentan los precios más altos en todas las etapas del proyecto, mientras que las comunas con los valores más bajos son Conchalí e Independencia.

Por otra parte, las comunas de la línea 6 que presentan los precios más altos son Las Condes y Providencia en todas las etapas del proyecto y las comunas con los precios más bajos son Pedro Aguirre Cerda y San Joaquín.

Tabla 3: Promedio UF por metro cuadrado por comuna según etapa de la línea

| <i>Variable</i> | <i>Antes del anuncio</i> | <i>Anuncio</i> | <i>Publicación diseño</i> | <i>Construcción y operación</i> |
|---------------------|--------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------------|
| Línea 3 | | | | |
| Santiago | 21,99 | 22,76 | 23,85 | 37,39 |
| Conchalí | 11,76 | 12,67 | 12,36 | 20,92 |
| Huechuraba | 16,28 | 15,03 | 14,48 | 28,48 |
| Independencia | 14,06 | 14,09 | 15,45 | 25,19 |
| La Reina | 22,53 | 26,03 | 31,22 | 47,74 |
| Ñuñoa | 28,37 | 29,13 | 32,54 | 54,06 |
| Peñalolén | 18,65 | 18,45 | 12,17 | 26,09 |
| Providencia | 28,18 | 30,41 | 32,76 | 51,44 |
| Recoleta | 18,88 | 23,20 | 21,32 | 29,69 |
| Línea 6 | | | | |
| Santiago | 9,67 | 11,72 | 13,04 | 23,95 |
| Cerrillos | 15,00 | 13,98 | 12,02 | 25,70 |
| Estación Central | 9,39 | 14,31 | 18,04 | 19,19 |
| Las Condes | 35,87 | 36,74 | 44,12 | 69,60 |
| Ñuñoa | 20,94 | 24,19 | 27,41 | 42,66 |
| Pedro Aguirre Cerda | 9,30 | 10,54 | 11,26 | 17,88 |
| Providencia | 31,61 | 34,90 | 42,53 | 65,76 |
| San Joaquín | 8,84 | 10,79 | 10,99 | 18,10 |
| San Miguel | 16,79 | 16,11 | 20,31 | 29,72 |

Fuente: Elaboración propia en base a Catastro del Conservador de Bienes Raíces de Santiago 2022.

Considerando que hay áreas de la ciudad donde se intersectan las líneas de metro en estudio con otras líneas del metro preexistentes, se determinó generar el análisis a partir de zonas según influencia (esperando que en las zonas donde ya existían estaciones de metro, el efecto de la instalación de las nuevas líneas sería menor) de esta forma, se generaron seis zonas:

- Zona norte línea 3: desde estación Los Libertadores hasta estación Hospitales
- Zona centro línea 3: desde estación Puente Cal y Canto hasta estación Matta
- Zona oriente línea 3: desde estación Irrazaval hasta estación Fernando Castillo Velasco.
- Zona poniente línea 6: desde estación Cerrillos hasta estación Biobío
- Zona oriente línea 6: desde estación Estadio Nacional hasta Los Leones
- Zona oriente intercambio: estación Ñuñoa.

A continuación, se presenta el promedio de precio por zona y etapa del proyecto según línea (ver tabla 4). De este modo, se observa que las zonas con un menor precio del metro cuadrado son la zona poniente de la línea 6 y la zona norte de la línea 3. En contrapartida, las zonas que en promedio presentan un mayor precio, son las zonas oriente en ambas líneas y la zona de intercambio.

Tabla 4: Promedio UF por metro cuadrado por zonas según etapa de la línea

| Variable | Antes del anuncio | Anuncio | Publicación diseño | Construcción y operación |
|--------------------------|--------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------------|
| Línea 3 | | | | |
| Zona norte | 13,24 | 13,76 | 14,05 | 23,02 |
| Zona centro | 21,47 | 22,40 | 23,43 | 36,78 |
| Zona oriente | 26,31 | 27,97 | 31,53 | 52,32 |
| Línea 6 | | | | |
| Zona poniente | 10,48 | 11,64 | 12,68 | 20,61 |
| Zona oriente | 26,33 | 29,30 | 34,84 | 55,45 |
| Intercambio L3-L6 | 31,18 | 30,94 | 36,10 | 54,44 |

Fuente: Elaboración propia en base a Catastro del Conservador de Bienes Raíces de Santiago 2022.

7. Análisis y resultados

El análisis está basado en una regresión con efecto fijo en donde la variable dependiente corresponde al logaritmo natural del precio promedio del metro cuadrado en UF¹ y las variables independientes son una dummy del estado de la línea y una variable interactiva entre distancia en metros lineales hacia la estación y etapa del proyecto con controles por zona.

La especificación de la ecuación se describe en (E2) donde \bar{p}_{mzt} corresponde al logaritmo natural del precio promedio de la manzana (m) en la zona (z) para el tiempo (t); γ_t , es el efecto fijo del tiempo (t); $\beta_1 E$, es una dummy de la etapa del proyecto; $\beta_2 DE$ mzt, es el estimador causal de la interacción entre distancia en escala de 100 metros hacia la estación (D) y la etapa del proyecto (E) para la manzana (m) de la zona (z) en el tiempo (t); X_{mt} , es un vector de factores que cambian para la manzana (m) y el tiempo (t); y ε_{mt} representa el nivel de error para la manzana (m) y el tiempo (t).

$$\bar{p}_{mzt} = \gamma_t + \beta_1 E + \beta_2 DE \text{ mzt} + X_{mt} + \varepsilon_{mt}$$

En la tabla 5, se presentan los resultados de las estimaciones para ambas líneas, el modelo explica más del 50% de la varianza del precio en ambos casos. Se puede apreciar, en el caso de la línea 3, que al momento del anuncio del proyecto se produce un efecto significativo sobre el precio, el cual se incrementa un 11,7% en relación a los precios antes del anuncio. Una vez publicado el diseño, el precio crece un 21,3% y en la etapa de construcción y operación un 68,1%.

Para las variables de interacción entre distancia y etapa, se ve un efecto significativo al momento del anuncio y de la publicación del diseño. Al momento del anuncio se observa un alza de un 1,4% por cada 100 metros hacia la estación más cercana y un incremento de un 1,5% al momento de la publicación del diseño.

Por otra parte, los controles por zona muestran que en el caso de la línea 3 existen diferencias significativas en todas las zonas respecto a la zona norte. Siendo las mayores en la zona oriente (80%) y en la zona oriente de intercambio (91,2%).

En el caso de la línea 6, se observa un efecto positivo y significativo de un 24,5% sobre el precio a partir de la publicación del diseño en comparación con el precio promedio antes del anuncio, luego en la etapa de construcción y operación también se observa un efecto significativo de un 72,8% sobre el precio.

¹ Se definió el logaritmo natural del precio como variable dependiente, ya que en términos interpretativos permite conocer la variación como porcentaje en relación a las variables independientes.

En relación a la variable interactiva de distancia por etapa, no se observan efectos significativos en ninguna etapa del proyecto. Mientras que los controles por zona, muestran diferencias estadísticamente significativas entre la zona oriente y la zona de intercambio en comparación con la zona poniente de dicha línea.

Tabla 5: Estimaciones del precio para línea 3 y línea 6

| | (1) Línea 3 | (2) Línea 6 |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Anuncio | 0.117* (0.0514) | 0.0642 (0.0747) |
| Publicación diseño | 0.213*** (0.0514) | 0.245** (0.0747) |
| Construcción y Operación | 0.681*** (0.0514) | 0.728*** (0.0747) |
| Interacción distancia-anuncio | 0.0140* (0.00721) | -0.00518 (0.0102) |
| Interacción distancia-diseño | 0.0153* (0.00721) | 0.00209 (0.0102) |
| Interacción distancia-construcción operación | 0.00973 (0.00721) | 0.00342 (0.0102) |
| Zona centro L3 | 0.487*** (0.0237) | |
| Zona oriente L3 | 0.808*** (0.0229) | |
| Zona oriente intercambio | 0.912*** (0.0389) | 1.080*** (0.0453) |
| Zona oriente L6 | | 0.949*** (0.0263) |
| Constant | 2.461*** (0.0236) | 2.234*** (0.0294) |
| Observations | 2240 | 1512 |
| R ² | 0.510 | 0.564 |

Errores estándar entre paréntesis.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

8. Conclusiones

Los resultados de la investigación arrojaron que efectivamente la instalación de las líneas 3 y 6 del metro de Santiago tuvieron un efecto sobre el precio de los inmuebles transados en el área de estudio.

Se pudo observar que se genera un efecto anticipatorio al conocerse el anuncio y la publicación del diseño y que este varía dependiendo de la línea. El anuncio del proyecto, solo tuvo resultados estadísticamente significativos en el caso de la línea 3, donde se produjo un incremento de un 11,7% sobre los precios. Mientras que, en el caso de la publicación del diseño, el efecto sobre la plusvalía ocurre en ambas líneas, mostrándose un aumento de un 21,3% en la línea 3 y de un 24,5% en la línea 6.

Considerando que la publicación del diseño establece la ubicación exacta de las estaciones, se puede concluir que esta información es utilizada por el mercado, lo que explica que los precios se incrementen en una mayor proporción en relación con el anuncio del proyecto, etapa en la cual existía una información vaga y gruesa sobre el trazado de la línea.

Estos resultados son consistentes con los presentados por (Agostini & Palmucci, 2008); (Aguirre, Sandoval, & Alliende, 2018); (Rivas, 2015) y (López, Sanhueza, Espinoza, & Órdenes, 2019). Y aportan una perspectiva de más largo plazo, dado el tamaño de la serie con la que se trabajó.

En este sentido, la mayor variación sobre los precios se produce una vez construidas las estaciones y con la puesta en marcha de sus operaciones. En el caso de la línea 3, el efecto sobre el precio es de un aumento de 68,1% en relación a los precios promedio antes del anuncio del proyecto. Y en el caso de la línea 6 este fue de un 72,8%.

Tal como plantea (Smolka, 2013) la inversión pública por parte del Estado en redes de transporte genera efectos sobre los precios de los inmuebles en el área en la que estas redes operan, y este efecto se traduce en plusvalía. Sin embargo, el grado en que los precios se incrementan no es homogéneo y esto tiene que ver con la distribución espacial de las zonas de concentración de comercio y servicio hacia donde las personas se trasladan a trabajar y también se relaciona con la planificación urbana que determina los usos de suelo y los tipos de construcción. Esto último, tiene claros efectos sobre las rentabilidades de la construcción en altura.

En el caso de la zona norte de la línea 3 y la zona poniente de la línea 6, si bien se observó un efecto positivo sobre los precios, estos son estadísticamente menores en comparación con zonas más céntricas o de alta concentración de servicios como lo son las zonas centro y las zonas orientes de ambas líneas.

Este fenómeno es consistente con los supuestos teóricos que indican que existe mayor disposición a pagar un precio más elevado en localizaciones donde existe una dinámica urbana de concentración de empleo y servicios. Las zonas norte de la línea 3 y la zona poniente de la línea 6 son áreas predominantemente residenciales, por lo que

comparativamente no son tan demandadas como la zona centro u oriente, que presentan usos mixtos y donde existe una mayor concentración de edificios, por lo que la llegada del metro hace de estas zonas, áreas más demandadas en el entendido que además de sus atributos de base, la llegada del metro genera un mejoramiento de su conectividad con el resto de la ciudad.

Otro aspecto que hay que tener en consideración, es el efecto en aquellas zonas donde ya existía una línea de metro como lo es el caso de la zona centro de la línea 3 que en algunos tramos se encuentra en el área de influencia de las líneas 1, 2 y 5. Acá el efecto solo se produce una vez que la nueva línea comienza su operación. Esta situación también ocurre en la zona oriente de la línea 3 que se intersecta en algunos tramos con la línea 4 y 5. En ambos casos, el efecto anticipatorio es contenido por la preexistencia de las otras líneas de metro.

Por último, se logró constatar empíricamente que la inversión pública en transporte genera externalidades positivas que se traducen en un aumento de los precios de suelo. Este hallazgo puede servir de base para la discusión sobre la incorporación de instrumentos de recuperación de plusvalías en la estructura tributaria territorial, que permitan financiar y gestionar de mejor manera la integración social de los sectores más vulnerables de la sociedad en el acceso a viviendas bien localizadas en un contexto de alto déficit habitacional y de dificultades de acceso a la vivienda adecuada.

Bibliografía

- Agostini, C., & Palmucci, G. (2008). Capitalización heterogénea de un bien semipúblico: el metro de Santiago. *Cuadernos de Economía*, Vol 45, 105-128.
- Aguirre, C., Sandoval, C., & Alliende, J. (2018). ¿Impacta la futura línea de metro en los precios de departamentos?: un estudio para Ñuñoa y Santiago Chile. *Urbano*, vol. 21, 84-95.
- Alonso, W. (1964). *Location and land use: toward a general theory of land rent*. Harvard University Press.
- Arriagada, C., & Simioni, D. (2002). *Dinámica de valorización del suelo en el área Metropolitana del Gran Santiago: desafíos del financiamiento urbano*. Santiago, Chile: Lincoln Institute of Land Policy.
- Banco Central. (30 de 09 de 2021). *bcentral.cl*. Obtenido de Banco Central Chile:
https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_BDP/MN_IND_SEC20/IS_PRECIOS_GEO_2008/IS64_b?cbFechaInicio=2004&cbFechaTermino=2020&cbFrecuencia=ANNUAL&cbCalculo=NONE&cbFechaBase=
- Brueckner, J., & Fansler, D. (1983). The economics of urban yard space: an 'implicit-market' model for housing attributes. *Journal of urban economics*, 216-234.
- Centro de Desarrollo Urbano Sustentable UC. (2023). *www.cedeus.cl*. Obtenido de <http://datos.cedeus.cl/>
- Debrezion, G., Pels, E., & Rietveld, P. (2003). The impact of railway station on residential and commercial property value: a meta analysis. *Department of Spatial Economics, Free University, Amsterdam*.
- Diao, M., Leonard, D., & Sing, T. F. (2017). Spatial difference in differences (SDID) models for impact of new rapid transit line on private housing values. *Regional sciences and urban economics*.
- Evans, A. (1985). *Urban Economics*. Blackwell: Oxford.
- Fesselmeier, E., & Liu, H. (2018). How much do users value a network expansion? evidence from the public transit system in Singapore. *Regional science and urban economics*, 46-61.
- Fujita, M., & Ogawa, H. (1982). Multiple equilibria en structural transition of non-monocentric urban configurations. *Regional sciences and urban economics*, 161-196.
- Fujita, M., Krugman, P., & Venables, A. (2001). *The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade*. The MIT Press.
- Grupta, A., Van Nieuwerburgh, S., & Kontokosta, C. (1 de Noviembre de 2021). *Take the Q train: value capture of public infrastructure projects*. Obtenido de Social Sciences Research Network:
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3466847
- Halvorsen, R., & Pollakowski, H. (1981). Choice of functional form for hedonic price equations. *Journal of urban economics*, 37-49.
- Harvey, D. (1982). *Urbanismo y desigualdad*. Madrid: Siglo veintiuno editores.
- Henderson, J. (1974). The Sizes and Types of Cities. *The American Economic Review* 64, n°4 , 640-656.

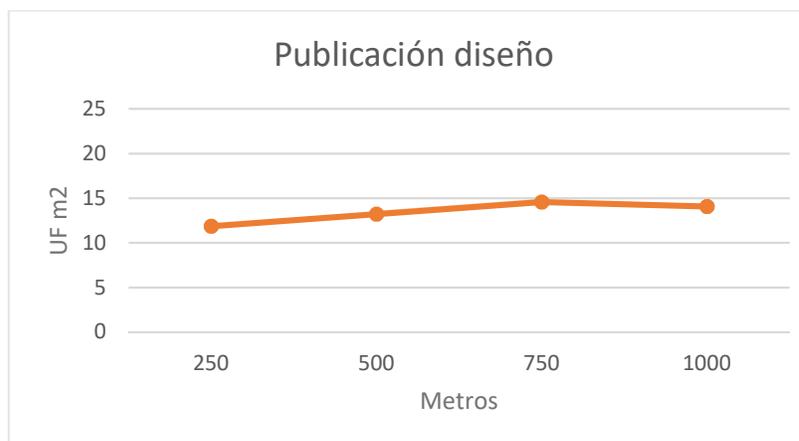
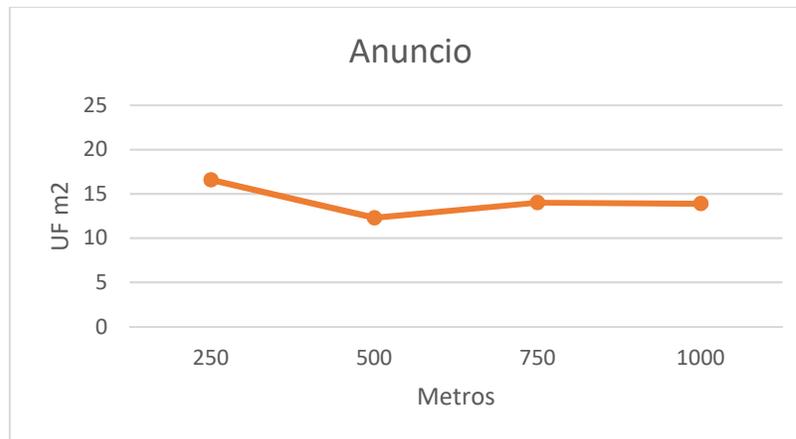
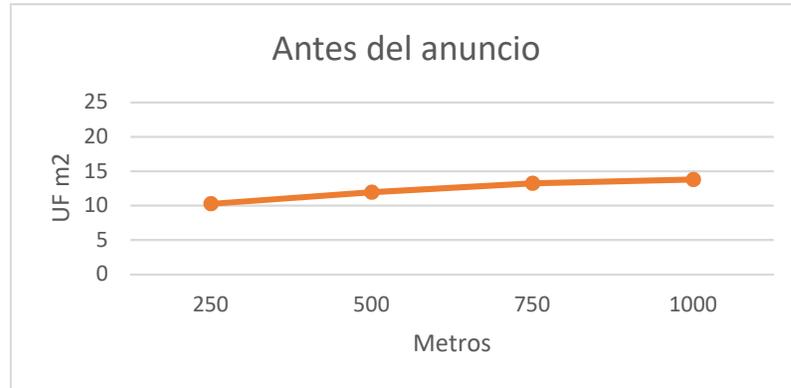
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2022). Obtenido de <https://www.ine.gov.cl/herramientas/portal-de-mapas/geodatos-abiertos>
- Jaramillo, S. (2008). *Hacia una teoría de la renta de suelo urbano*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Jordaan, A., Drost, B., & Makgata, M. (2004). Land value as a function of distance from the CBD: the case of eastern suburbs of Pretoria. *Sajems*, 532-541.
- Kahn, M. (2007). Gentrification trends in new transit oriented communities: evidence from fourteen cities. *Real estate economics*, 155-182.
- Kauko, T. (2001). Combining theoretical approaches: the case of urban land value and housing market dynamics. *Housing, theory and society*, 167-173.
- Larraín, C., & Razmilic, S. (2019). Precios de vivienda: ¿quién tiene la razón? *Puntos de Referencia*, 2-15.
- Lopez, E. (2015). Suelo urbano y segregación residencial: hacia una agenda de integración social para zonas centrales metropolitanas chilenas. *Ciudades*, 18(1), 197-213.
- López, E., Sanhueza, C., Espinoza, S., & Órdenes, F. (2019). Verticalización inmobiliaria y valorización de renta de suelo por infraestructura pública: un análisis econométrico del Gran Santiago, 2008-2011. *EURE*, 113-134.
- Lucas, R., & Rossi-Hansberg, E. (2002). On the internal structure of cities. *Econometrica*, 1445-1476.
- Metro. (2020). *Reporte de Sostenibilidad*.
- Mills, E. (1972). *Studies in the structure of the urban economy*. Baltimore: The John Hopkins Press.
- Muth, R. (1969). *Cities and Housing: The spatial pattern of urban residential land use*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- OECD. (2016). *Making Cities Work for All: Data and Actions for inclusive growth*. Paris: OECD Publishing.
- ONU. (16 de Mayo de 2018). Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en países en desarrollo. Nueva York, Estados Unidos.
- ONU-Habitat. (2016). *Urbanización y Desarrollo: Futuros Emergentes*. Nairobi.
- Perdomo, J. (2010). Una propuesta metodológica para estimar los cambios sobre el valor de la propiedad: un estudio para Bogotá aplicando propensity score matching y precios hedónicos espaciales. *Lecturas de economía*, 49-65.
- Ramírez, L. (2008). Revisión teórica de la estructura espacial y la identificación de subcentros de empleo. *Ensayos de Economía*, 141-178.
- Ray, D. (1998). *Economía del Desarrollo*. Antoni Bosch, editor.
- Ricardo, D. (1817). *On the principles of political economy and taxation*. London: John Murray.
- Richardson, H. (1971). *The new urban economics*. London.
- Ridker, R., & Henning, J. (1967). The determinants of residential property values with special reference to air pollution. *The Review of Economics and Statistics Vol. 49*, 246-257.

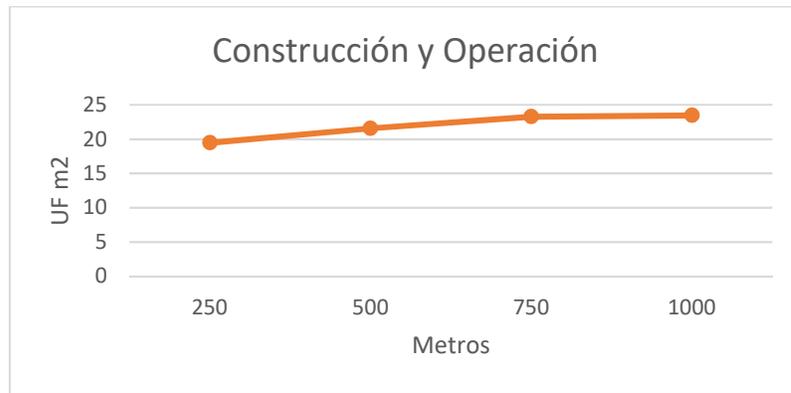
- Rivas, J. (2015). *Uso del método de precios hedónicos para estimar variación de precios de viviendas producto de nuevas líneas de metro*. Obtenido de Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/135053>
- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in perfect competition. *Journal of political economy*, 34-55.
- Servicio de Impuestos Internos. (2022). Obtenido de <https://www4.sii.cl/mapasui/internet/#/contenido/index.html>
- Smolka, M. (2013). *Implementación de la recuperación de plusvalías en América Latina, políticas e instrumentos para el desarrollo urbano*. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy.
- Sullivan, A. (1986). A general equilibrium model with agglomerative economies and decentralized employment. *Journal of urban economics*, 55-75.
- White, M. (1999). Urban areas with decentralized employment: theory and empirical work . En E. Mills, & P. Cheshire, *Handbook of regional and urban economics* (págs. 1375-1412). Amsterdam: North Holland.
- Zhou, Z., Chen, H., Han, L., & Zhang, A. (2019). The effect of a subway on house prices: evidence from Shanghai. *Real estate economics*.

Anexo

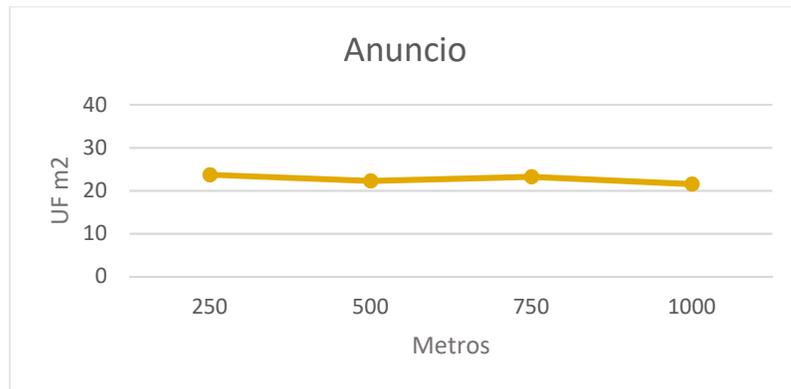
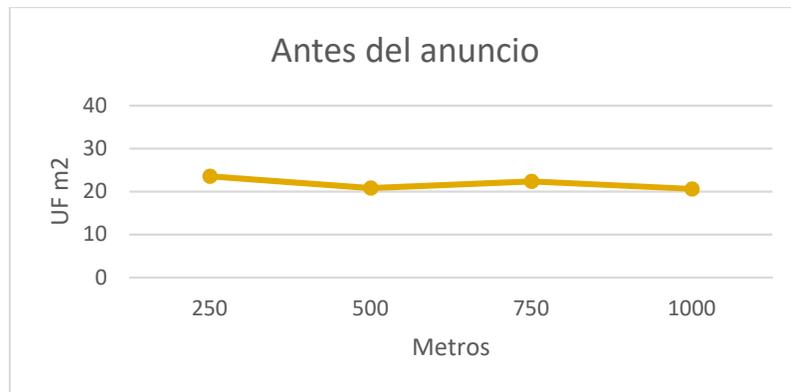
Promedio UFM2 por distancia y etapa según zona:

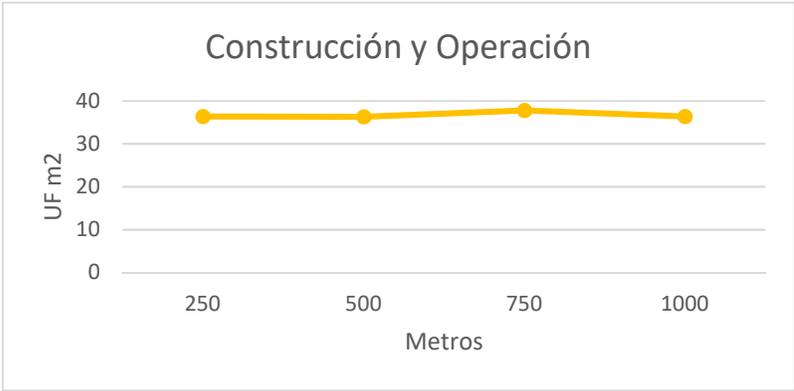
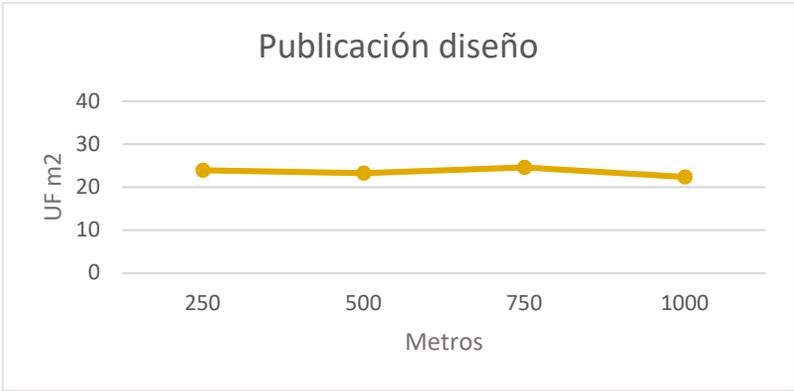
Zona norte línea 3



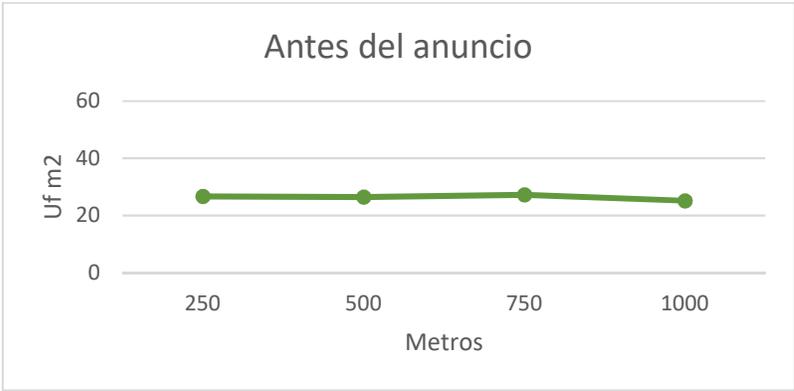


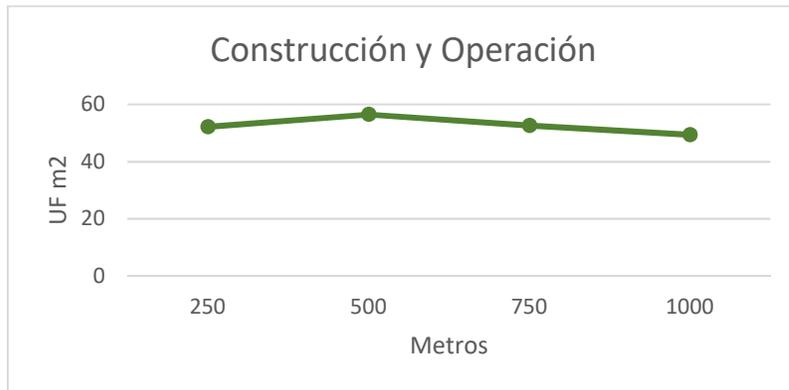
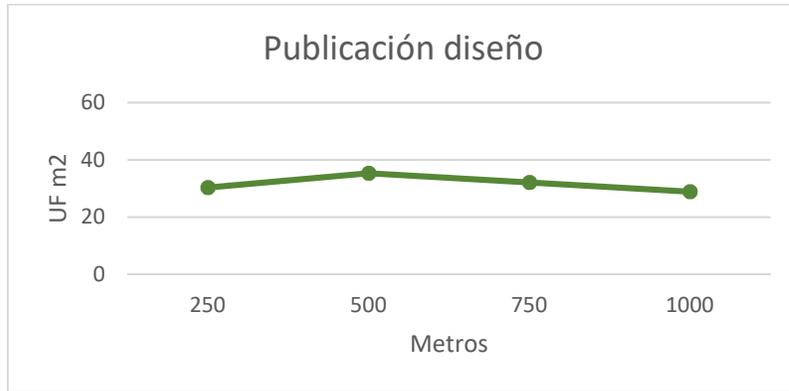
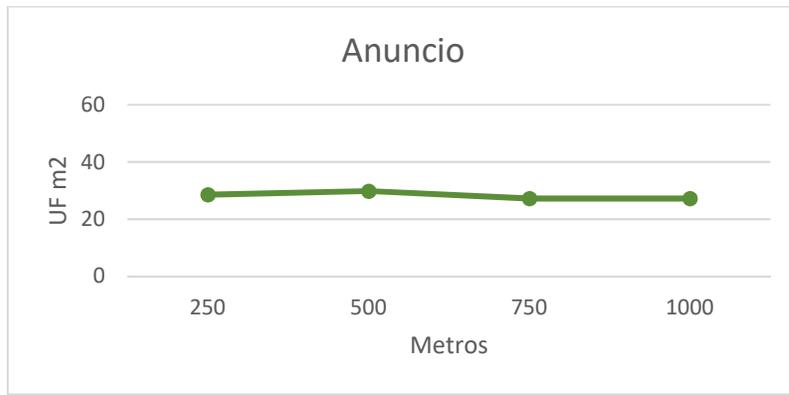
Zona centro línea 3



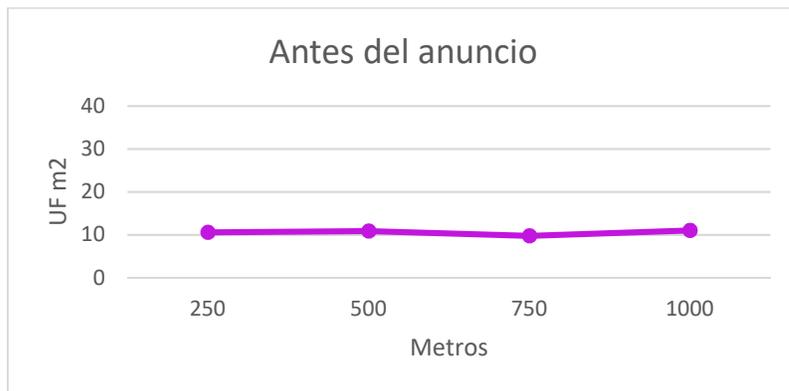


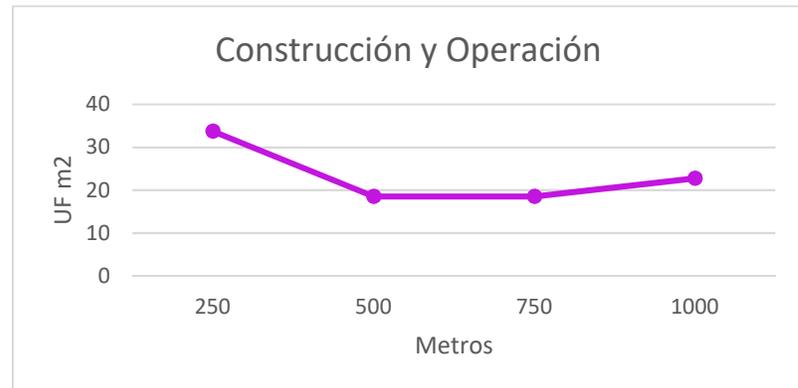
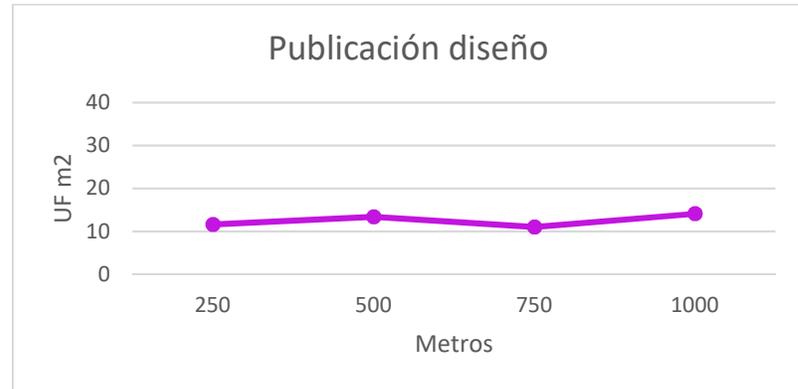
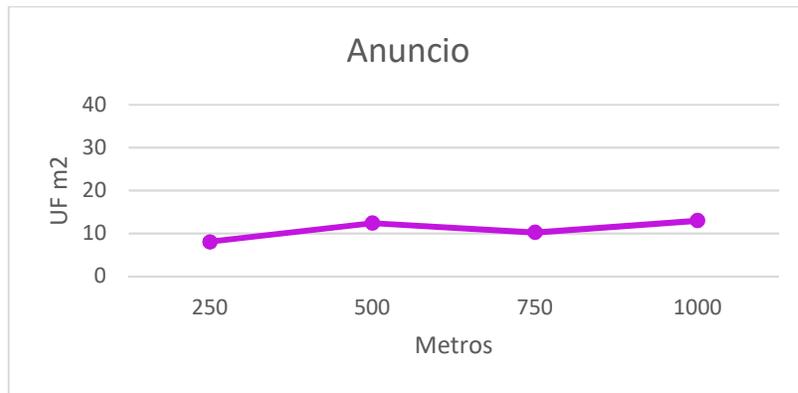
Zona oriente línea 3



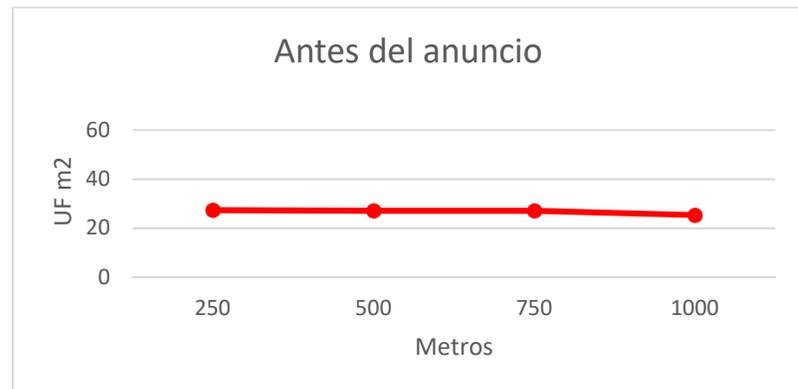


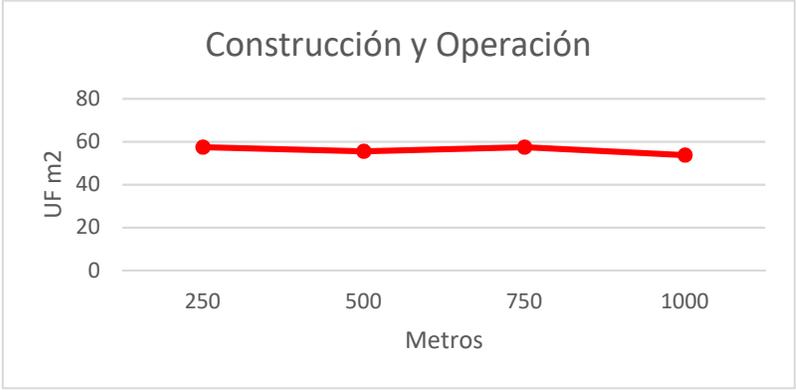
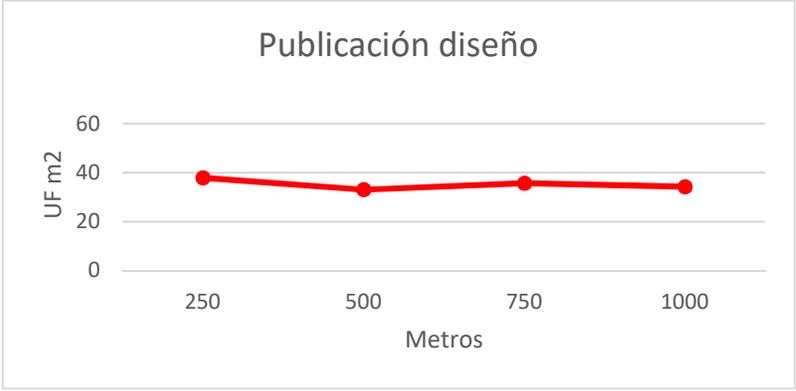
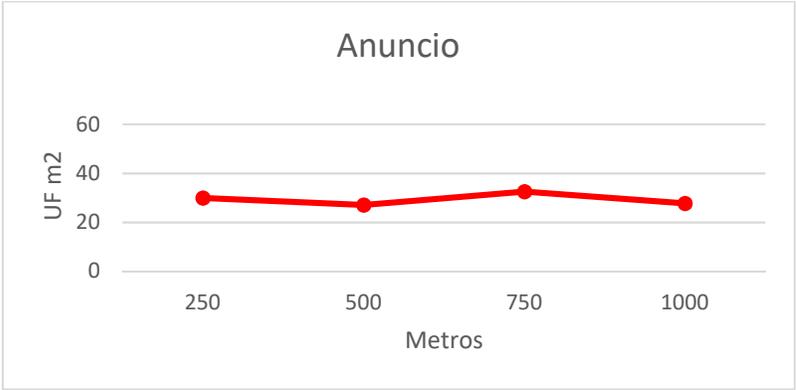
Zona poniente línea 6





Zona oriente línea 6





Zona intercambio línea 3 y línea 6

