

## **EDIFICACION Y PLUSVALIAS: IMPACTO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE MASIVO. REVISION CASO CALI, COLOMBIA, PERIODO 2006-2016.**

**Pretel, Alvaro José\*, Garza, Néstor+**

\*Candidato a Magister en Economía Universidad Eafit (Medellín, Colombia). Email: [apretel@eafit.edu.co](mailto:apretel@eafit.edu.co).

+Asesor, Ph.D. Cambridge University. Profesor Departamento de Economía Universidad del Norte (Barranquilla, Colombia). Email: [ngarza@uninorte.edu.co](mailto:ngarza@uninorte.edu.co)

Artículo enviado a revisión febrero 3 de 2017.

### **Contenido**

1. Introducción
2. Impactos sistemas de transporte público sobre el valor del suelo y la edificabilidad.
3. Experiencia en Cali: Sistema Integrado de Transporte Masivo.
  - a. Datos
  - b. Metodología.
  - c. Resultados.
4. Conclusiones
5. Bibliografía
6. Anexos

### **Abstract**

The article analyzes the effects of mass transit systems and buildable capital gains in Latin American cities, inspiring in a comprehensive review of land use theoretical literature and agglomeration economics. After the theoretical discussion identify its implications and possible outputs, and make's a study case over the city of Cali and it's Mass Transportation System -MIO, studying how to generate additional buildable areas and incomes trough value capture instruments, to finance public works.

### **Resumen**

Este artículo realiza un análisis de los efectos de los sistemas de transporte masivo sobre las plusvalías y edificabilidad en ciudades latinoamericanas, inspirando en una revisión integral de la literatura teórica sobre el uso de suelo y economías de aglomeración. Tras realizar una discusión de la teoría e identificar sus implicaciones, revisa el caso práctico de Cali y el Sistema Integrado de Transporte Masivo MIO, estudiando la posibilidad de generar mayores edificabilidades en la ciudad e ingresos adicionales a través de instrumentos de captura de valor para financiar obras públicas.

### **Palabras clave**

Plusvalía, edificabilidad, sistemas de transporte masivo, espacio público.

### **Clasificación JEL**

R31, R49.

## I. Introducción

Los sistemas de transporte son la columna vertebral de las ciudades, facilitan el desplazamiento de los residentes entre diferentes puntos origen-destino, y determinan la estructura espacial urbana, en conjunción con el perímetro y fuerzas de mercado. (Estupiñan, 2011).

Su trazado y la ubicación de sus estaciones genera aglomeraciones urbanas y centralidades acumulando la producción de bienes y servicios en determinados lugares (Viladecans, 2002). En la medida que estas áreas son más accesibles para los residentes, generan un Premium asociado a la reducción de costos y tiempos de desplazamiento (Small, 2007), que se capitaliza en mayores valores de suelo y costos de m<sup>2</sup> de construcción.

La forma estratégica como se localicen estos sistemas, determina el valor de este Premium y la espacialidad urbana. Si se sitúan en corredores de alta demanda, inducen poca adicionalidad de pasajeros y limitados efectos en política pública urbana, generando Premium de accesibilidad bajos. En cambio, si se ubican en zonas sin una demanda consolidada, se convierten en catalizadores de renovación urbana, constituyendo nuevos núcleos y zonas económicas, induciendo mayores Premium.

En cualquier caso, las inversiones en transporte masivo generan mayor accesibilidad en algunas zonas y predios, los cuales, dado que son limitados, pueden ser preferidos por firmas, industrias y familias para seleccionar su ubicación (Rodríguez, Targa, 2011). Las zonas más accesibles se convierten en “áreas de beneficio”, que tienen mayores rentas de suelo y edificabilidades.

Teniendo en cuenta los altos costos de infraestructura y operación en los sistemas de transporte masivo y el limitado presupuesto de los entes gubernamentales, es necesario encontrar mecanismos que los financien. Bajo el principio de que los beneficios de los proyectos de infraestructura están capitalizados en el valor del suelo, subyace la teoría de instrumentos de financiación de proyectos de infraestructura basada en el valor del suelo.

Siempre y cuando la distribución espacial de los beneficios de un proyecto pueda ser internalizada en “áreas de beneficios” bien definidas, es económicamente eficiente financiar proyectos de infraestructura a través la canalización de los incrementos en el valor del suelo resultantes de dichos proyectos (Peterson, 2009).

El siguiente artículo estudia el impacto de los sistemas de transporte en la plusvalía y la edificabilidad. Tras una revisión literaria sobre teorías de economía urbana, plusvalías y transporte, explica el caso de Cali y el efecto del Sistema Integrado de Transporte (MIO) en su área de influencia para los años 2004 y 2016. Con esto, analiza si la implementación del MIO hizo más accesibles las centralidades y zonas cercanas a él, generando aumento en el valor del suelo y metros cuadrados de construcción.

Teniendo en cuenta que este sistema de transporte se financió con inversión del gobierno nacional y municipal vía regalías e impuestos de pignoración a la sobretasa de gasolina, este artículo será útil para determinar nuevas formas de financiar futuros corredores del MIO o su operación.

## 2. Impactos sistemas de transporte público sobre el valor del suelo y la edificabilidad

El suelo urbano determina la configuración de las ciudades, la ubicación de sus centralidades, áreas económicas, residenciales y de ocio. Su espacialidad afecta el mercado de trabajo, la habilidad de las firmas para producir y adquirir productos, y la economía de sus residentes. (Schwab, Wallace, 1997).

Estos últimos, altamente heterogéneos en ingresos y demografía, enfrentan un trade-off entre accesibilidad y precio del suelo, ya que, dependiendo de la ubicación y proximidad de su vivienda favorita respecto a centralidades, mayor será su precio.

Los enfoques modernos de usos de suelo y accesibilidad han sido ampliamente estudiados en la economía. Alonso, Mills y Muth en la época de los 60's fueron los primeros en explicar la relación entre urbanismo, transporte y vivienda con la teoría del modelo Monocéntrico; mientras que en los últimos años Cervero y Rodríguez restringieron el problema de la accesibilidad como acceso a empleo, tratando la ubicación de viviendas u otros equipamientos como variables exógenas en mercados sin fricción. (Smith, Gihring, 2006).

Para explicar cómo los patrones de accesibilidad son afectados por las decisiones de ubicación de firmas y trabajadores determinadas por precios del suelo, a continuación, se hará una explicación del modelo Monocéntrico aplicado a sistemas de transporte.

El modelo Monocéntrico considera una ciudad lineal determinada de manera endógena, que posee una única centralidad donde ocurren transacciones comerciales, se producen bienes y servicios, y por tanto demanda empleos, denominada Distrito Central (punto donde  $x = 0$ ). Los residentes de esta ciudad siguen la función de preferencias  $U(A, u(h, z))$  escrita en términos del nivel de utilidad generado por los equipamientos de la ciudad ( $A$ ), y de sub-utilidad derivados de consumo individual de la vivienda,  $h$ , y del bien numerario,  $z$  ( $u(h, z)$ ). Para los residentes, los costos de desplazamiento aumentan linealmente con la distancia al Distrito Central, por lo tanto, un residente que viva a una distancia  $x$ , incurre en un costo de desplazamiento de  $tx$ . Esto deja  $w - tx$  para gasto en la vivienda y el bien numerario. Denotando  $P(x)$  como el precio de renta de vivir a una distancia  $x$  del Distrito Central, se pueden representar las preferencias como:

$$U(A, v(P(x)), w - tx) \tag{2.1}$$

Cuyas derivadas son:

$$\frac{\delta U}{\delta A} > 0, \frac{\delta U}{\delta v} > 0, \frac{\delta v}{\delta P(x)} < 0 \text{ y } \frac{\delta v}{\delta(w-tx)} > 0$$

La restricción presupuestaria a la que se enfrenta el residente es:

$$w - tx = P(x)h + z \quad (2.2)$$

Todos los residentes tienen ingresos y preferencias iguales, disfrutan del mismo nivel de equipamientos, y tienen libre movimiento en la ciudad, de manera que tienen un mismo nivel de utilidad  $\bar{u}$ . (Anas et al., 1998)<sup>1</sup>

El problema que enfrentan los residentes es: decidir la ubicación de su residencia, y asignar una disponibilidad de ingreso óptima para pagar por ella, la cual se encuentra entre el valor del bien numerario y la vivienda.

Para encontrar la distribución del presupuesto y el bien numerario es útil emplear el enfoque Marshalliano, que permite obtener precio óptimo de la vivienda, asegurando que, si cada consumidor asigna óptimamente su ingreso disponible, la utilidad se distribuirá equitativamente a través de las diferentes posibles ubicaciones en la ciudad.

Maximizando la utilidad  $U(h, z)$  respecto a  $h$  y  $z$ , sujeto a la restricción presupuestal, es posible obtener la demanda marshalliana óptima de vivienda para cada residente en una determinada ubicación  $h(x)$ :

$$P(x) = \frac{\frac{\delta u(\cdot)}{\delta h}}{\frac{\delta u(\cdot)}{\delta z}} \quad (2.3)$$

La cual indica que, el precio de la vivienda debe ser igual a su utilidad marginal.

Para encontrar el precio que un residente está dispuesto a pagar por una vivienda a una distancia  $x$  del Distrito Central, manteniendo una utilidad constante  $\bar{u}$ , y satisfaciendo su restricción presupuestal, se tiene el siguiente problema de maximización:

$$\Psi(x, u) = \max \left\{ P(x) \mid u(h, z) = \bar{u}, w - tx = P(x)h(x) + z(x) \right\} \quad (2.4)$$

Al resolver el problema, se encuentra:

$$\frac{\delta(h(x), \underline{u})}{\delta h(x)} = \frac{w - tx - z(h(x), \underline{u})}{h(x)} \quad (2.5)$$

De lado izquierdo la pendiente de la curva de indiferencia  $u(h, z) = \underline{u}$ , y del lado derecho la pendiente de la restricción presupuestaria. Poniendo de manifiesto que la oferta, prevalece para asignar viviendas en cada ubicación y asumiendo que la función de utilidad del residente sigue la forma Cobb-Douglas:

$$u(h, z) = h^\alpha z^{1-\alpha}, \text{ con } 0 < \alpha < 1, \quad (2.6)$$

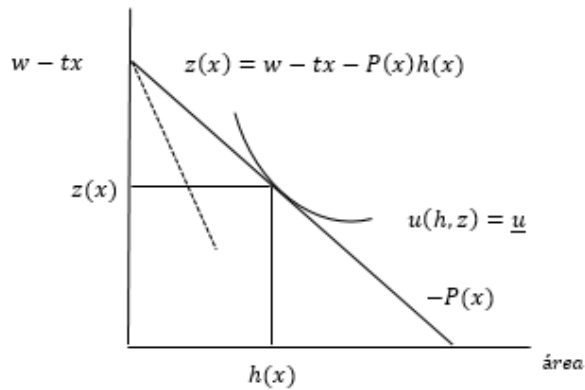
La demanda óptima de vivienda será:

$$h(x) = \alpha(1 - \alpha)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} \left( \frac{w - tx}{\underline{u}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (2.7).$$

---

<sup>1</sup> Esta condición se puede entender como la no-comparabilidad de las preferencias, más que su igualación propiamente dicha. Define una ciudad abierta (Anas, et al, 1998)

Gráfica I. Demanda óptima de vivienda

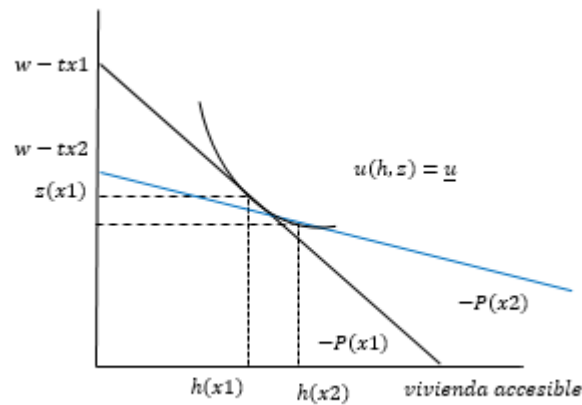


Fuente. Durantón y Puga, 2015.

¿Qué ocurre con el consumo de vivienda si un residente tiene una restricción presupuestaria inferior? En este caso, asignará un menor precio a la compra de vivienda, por lo tanto, demandará vivienda más económica y menos accesible, alejada del Distrito Central. La vivienda demandada tendrá mayores áreas, ya que, siguiendo el modelo Monocéntrico, en la medida que hay mayor distancia entre el Distrito Central y la vivienda, siendo esta última menos accesible, el valor del suelo por  $m^2$  tenderá a disminuir, mientras que el área demandada aumentará. Por su parte el consumo del bien numerario será inferior.

En la Gráfica 2 es posible apreciar esto. Considerando dos ubicaciones  $x_1$  y  $x_2$ , donde  $x_2 > x_1$ , los residentes cuentan con iguales preferencias (Cobb-Douglas) y distintas restricciones presupuestarias. El consumo del bien numerario  $z(x_1)$  y vivienda  $h(x_1)$  para el residente 1, se encuentra en el cruce de la curva de indiferencia y la restricción presupuestal  $w - tx_1$ , mientras que para el residente 2 se encuentra en el cruce entre la curva de indiferencia y la restricción presupuestaria  $w - tx_2$ .

Gráfica 2. Accesibilidad y demanda de vivienda



Fuente. Duranton & Puga, 2015.

Matemáticamente es posible sustentar esta hipótesis. Teniendo en cuenta que, para suplir la demanda de vivienda en una industria de construcción perfectamente competitiva, se usa suelo y capital bajo retornos constantes de escala, los cuales producen una cantidad  $f(x)$  de vivienda por unidad de suelo, a una distancia  $x$  del Distrito Central, si se denota el precio del suelo como  $R(x)$ , sabiendo que varía a lo largo de la ciudad en sus distintas ubicaciones; la condición de beneficios para el constructor se tendría:

$$P(x) = c(R(x)) \quad (2.8)$$

Al derivarlo respecto a  $x$  se encuentra:

$$\frac{dR(x)}{dx} = \frac{dP(x)}{dx} f(x) < 0 \quad (2.9)$$

Por lo anterior, se observa que una reducción en el precio de vivienda, dada en la medida que el residente se aleja del centro de la ciudad y pierda accesibilidad al Distrito Central, refleja una reducción en el precio del suelo, permitiéndole demandar mayores áreas de suelo por el mismo precio. Por lo tanto, la industria de construcción reacciona a precios de suelo bajo con ratios capital-tierra bajos, en la medida que se desplazan del Distrito Central. (Duranton & Puga, 2015).

Considerando que la tierra produce una renta  $R(x)$  para su propietario, este la destinará a un uso residencial, si la renta que le genera este uso, es al menos tan alta como la renta  $\underline{R}$  derivada a otro (ejemplo agricultura o comercio), por lo tanto, el borde de la ciudad se ubicará a una distancia  $\bar{x}$  del Distrito Central tal que

$$R(\bar{x}) = \underline{R} \quad (2.10)$$

Si la extensión física de una ciudad se define como el área suficiente para albergar a su población  $N$ , siendo  $n$  la densidad poblacional y  $x$  una distancia desde el Distrito Central, esta seguirá la siguiente fórmula.

$$N = \int_0^{\bar{x}} n(x) dx \quad (2.11)$$

Expresando la densidad poblacional como el cociente entre el número de habitantes y el área urbana,  $n(x) = \frac{f(x)}{h(x)}$ , usando la ecuación (2.9) se puede expresar la densidad poblacional como:

$$n(x) = \frac{f(x)}{h(x)} = \frac{\frac{dR(x)}{dx}}{-t \frac{dP(x)}{dx}} = -\frac{dR(x)}{t dx}, \text{ donde } \frac{dn(x)}{dx} < 0 \quad (2.12)$$

La cual implica que la intensidad de capital y la densidad poblacional disminuyen en relación a mayores distancias con el Distrito Central (Duranton & Puga, 2015).

Ahora bien, la densidad poblacional  $x$ ,  $n(x)$ , debe ser igual a la diferencia entre el gradiente de precio de la tierra,  $\frac{dR(x)}{dx}$ , respecto al costo marginal de los desplazamientos,  $t$ , ya que al igual que con el precio de la vivienda, los precios del suelo se ajustan para reflejar el mayor coste de los desplazamientos hacia el Distrito Central:  $\frac{dP(x)}{dw} > 0$ . (2.13)

Por lo tanto, una disminución en el costo de transporte aumentará el precio de las viviendas en cualquier lugar de la ciudad  $\frac{dP(x)}{dt} < 0$ , respuesta de la utilidad generada para los residentes por destinar menores costos de sus salarios a transporte. Como habrá mayores precios de vivienda la ciudad se expandirá hacia donde el valor del suelo es más económico (áreas sub-urbanas), aumentando el perímetro urbano. Por lo tanto, mejoras en el transporte amplían el perímetro urbano (aunque no necesariamente el perímetro legal) de una ciudad.

Alonso y Muth derivaron una condición que relaciona esta de demanda de vivienda respecto a  $x$ , y la variación en costo de transporte por unidad de distancia:

$$\frac{dP(x)}{dx} = -\frac{t}{h(x)} < 0 \quad (2.14)$$

1. En el equilibrio residencial, si un residente se desplaza marginalmente más allá del Distrito Central, el costo de su consumo por unidad de vivienda disminuirá en la misma proporción que el aumento en la distancia de su desplazamiento.
2. El precio de la vivienda es convexo en relación a la distancia con el Distrito Central: el precio de la vivienda disminuye en la misma proporción que el aumento del costo de desplazamiento entre la residencia y el Distrito Central, manteniendo a los residentes indiferentes.  $\frac{d^2P(x)}{dx^2} > 0$  (2.15)

3. Los Residentes reaccionan a precios bajos de vivienda consumiendo más de ella (demandando vivienda en hogares con más metros cuadrados) en lugares más alejados al Distrito Central.

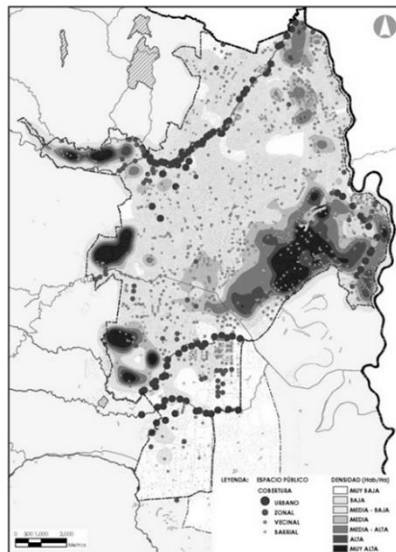
$$\frac{\partial hP(x,u)}{\partial x} = \frac{dhP(x,u)}{dh(x)} * \frac{dP(x)}{d(x)} \geq 0 \quad (2.16)$$

4. El consumo de viviendas aumenta con la distancia al Distrito Central. Este es un efecto sustitución, manteniendo la utilidad  $u$  constante (Duranton, Puga, 2015).

### 3. Experiencia en Cali: Sistema Integrado de Transporte Masivo

Cali es la tercera ciudad más importante de Colombia. Cuenta con 2.4 millones de habitantes (2016) distribuidos en 22 comunas, y posee una centralidad demarcada por zonas de actividades económicas en su centro financiero. Conforman, junto a tres municipios vecinos, un área metropolitana de aproximadamente 3.8 millones de habitantes, la cual contiene diferentes aglomeraciones urbanas y de industrias (Moreno-Monroy, García, 2015). Según datos de Planeación Municipal (2016), la mayor densidad poblacional se encuentra en el oriente, donde habita el 42% de la población, lo cual se observa en la Gráfica 3.

Gráfica 3. Densidad poblacional Cali



Fuente: Planeación Municipal Cali, 2014

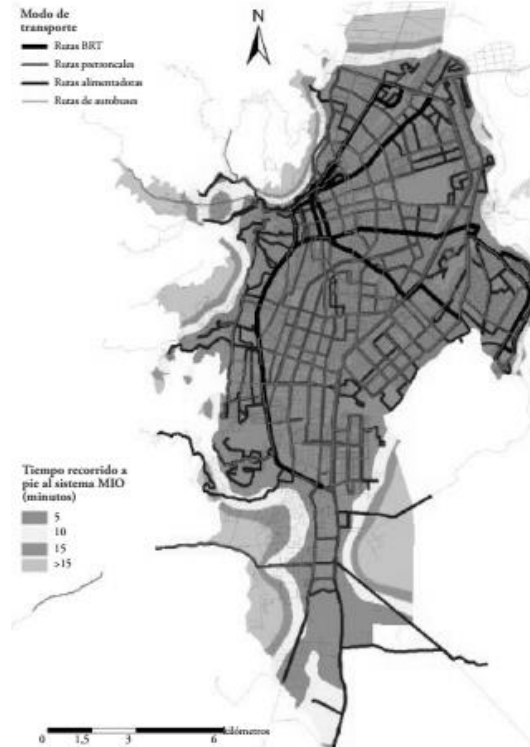
Según la encuesta Origen-Destino de MetroCali (2015), el 18% de los viajes de Cali se realizan en el sistema de transporte masivo MIO, originándose en su mayoría desde el oriente hasta el centro, y desde el oriente hacia el sur (lugares donde se ubican las centralidades).

El MIO se diseñó para cubrir los corredores de mayor demanda de la ciudad (Norte-Sur, Este-Oeste), con conexión radial por el centro. Su esquema original de planificación e implementación apuntaba a reemplazar gradualmente los autobuses tradicionales por servicios integrados de transporte público, ya que cubría las mismas rutas. Se proyectó para cubrir la mayor parte de la ciudad, aunque no por igual, quedando algunas zonas con una

gran oferta excedentaria de transporte público y otras, con opciones y rutas muy limitadas (Jaramillo, Lizárraga y Grindlay, 2012).

El Banco Interamericano de Desarrollo (2016) realizó un análisis de la accesibilidad desde las residencias por estrato hacia el MIO -incluyendo estaciones, rutas troncales y alimentadores-, reportando que el 92% de los residentes de estrato I están máximo a 15 minutos a pie (y el 90% a menos de 10 minutos a pie) del MIO; y, que el 98% de los residentes en estratos 2, 3, 4 y 5, están a máximo 20 minutos a pie del MIO.

Gráfica 4. Accesibilidad al MIO, Cali



Fuente: BID, 2016.

El MIO es el único medio de transporte masivo (formal y autorizado) en la ciudad de Cali, es responsable de suplir la demanda de viajes desde los hogares de los residentes hacia las centralidades anteriormente mencionadas (o en menor medida a otros destinos preferidos). Teniendo en cuenta los altos tiempos de desplazamiento a pie para acceder a él, demandar una vivienda cerca de una estación es atractivo para los residentes de la ciudad.

Este atractivo, mayor para los predios ubicados en el área de beneficio del MIO (las cuales cuentan con un tiempo de caminata desde la residencia hacia la estación de 500 metros o 5 minutos), se convierten en un Premium de accesibilidad, que debería verse traducido en mayores valores de suelo y de edificabilidades. Estos según el ordenamiento jurídico colombiano, pueden (y deben) ser recuperado a través de plusvalías

El Plan de Ordenamiento Territorial de Cali permite capturar plusvalías de dos maneras: (i) aportes por mayor edificabilidad y (ii) plusvalías asociadas a obras públicas, mayor

aprovechamiento, cambio de uso de suelo, densidades y edificabilidad. El primero es el pago de un metro cuadrado de suelo por cada siete metros cuadrados de construcción adicional (solicitados en la licencia de construcción); mientras que el segundo es el pago de la diferencia entre el avalúo de la residencia después de haber ocurrido el hecho generador de plusvalía respecto a un avalúo base.

La teoría sugiere que el transporte público aumenta la accesibilidad y la disposición a pagar por las propiedades cercanas a él. En términos generales, el incremento del valor del suelo es atribuible a nuevas infraestructuras de transporte, la distancia de la propiedad a la nueva infraestructura, el uso de la propiedad, la calidad del servicio, y alternativas de transporte. (Salon, 2014).

A continuación, se identificarán las plusvalías generadas por el MIO sobre los predios ubicados en su área de beneficio, estableciendo así su efecto sobre la edificabilidad y valor de las viviendas. De esta manera se determinará si después de la implementación del MIO, se dio el efecto esperado por la teoría y su magnitud. Así se identificará la posibilidad de aplicar instrumentos de captura de valor para financiar futuras obras del MIO, o proyectos públicos de la ciudad.

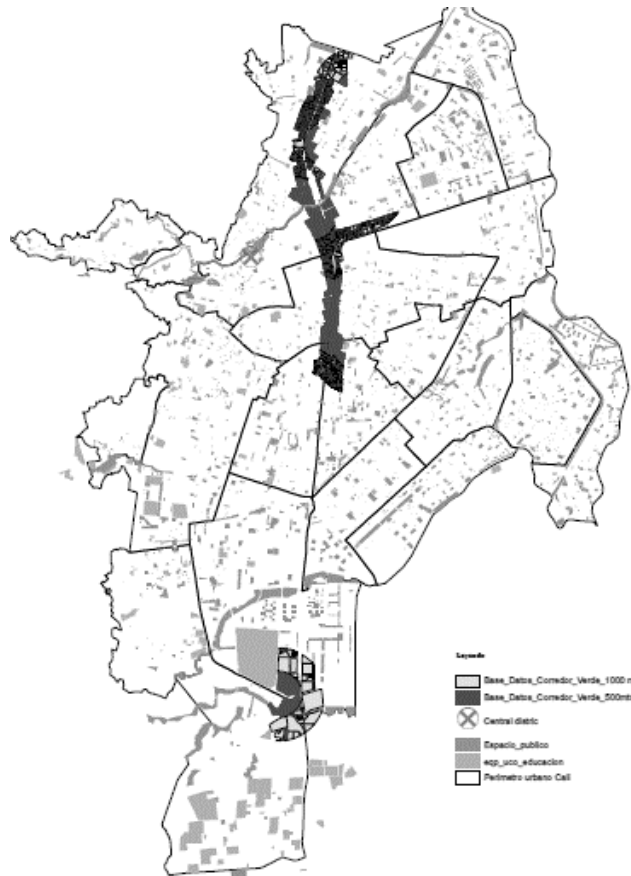
**a. Datos**

La Subdirección de Catastro municipal suministró una base de datos de 20.000 observaciones con información de avalúos catastrales totales de los predios, área de lote, área construida, estrato, m<sup>2</sup> de índice de construcción base, adicional y frente de predio. Como se observa en la Gráfica 5, los datos usados pertenecen a residencias ubicadas a 500 y 1000 metros de las estaciones del MIO en Cali, en las comunas 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 17 y 22, entre los años 2006, 2012 y 2016.

Como se busca encontrar la relación entre el sistema de transporte y la accesibilidad de la residencia, se calculó la distancia en metros más cercana entre las viviendas y estaciones del sistema de transporte masivo, equipamientos educativos, espacio público más cercano, y el distrito central de la ciudad (centro). A la vez, el efecto del paso del tiempo se controla por medio de variables dummy para cada año y su interacción con las variables de accesibilidad.

Teniendo en cuenta la inclusión de variables de precios (avalúo), el conjunto de información fue deflactado en base diciembre 2006. Finalmente, dado que se buscaba ver los cambios porcentuales de las variables de interés en el tiempo, se calcularon logaritmos naturales para cada una de ellas, facilitando así su análisis e interpretación como elasticidades.

Gráfica 5. Espacialidad datos estudio



Fuente: Elaboración propia con datos Catastro Cali

La Tabla I presenta las principales estadísticas de los datos analizados. Muestra que para los predios ubicados a una distancia máxima de 500 metros del MIO, en promedio se encuentran a 320 metros de distancia con las estaciones del sistema de transporte, 126 metros de los equipamientos educativos, 147 metros del espacio público y 2365 metros del Distrito Central; a la vez que su mínimo y máximo índice de ocupación, construcción base y adicional es de 0 y 1, 2 y 3, 1 y 4, respectivamente; por su parte indica que para los años 2006, 2012 y 2016, en promedio el área construida y avalúo de cada predio (en pesos colombianos) fue 218 y 90.394.826, 252 y 121.948.219, y 250.02 y 293.973.617 respectivamente.

En tanto para los predios ubicados a una distancia máxima de 1.000 metros del MIO, en promedio se encuentran a 721 metros de distancia con las estaciones del sistema de transporte, 79 metros de los equipamientos educativos, 140 metros del espacio público y 3074 metros del Distrito Central; su mínimo y máximo índice de ocupación, construcción base y adicional es de 0 y 1, 2 y 3, 1 y 4; y el promedio del área construida y avalúo de cada predio (en pesos colombianos) para los años 2006, 2012 y 2016 fue 231 y 101.034.056, 274 y 142.881.053, y 246 y 290.902.746, respectivamente.

Tabla I. Principales estadísticas datos analizados.

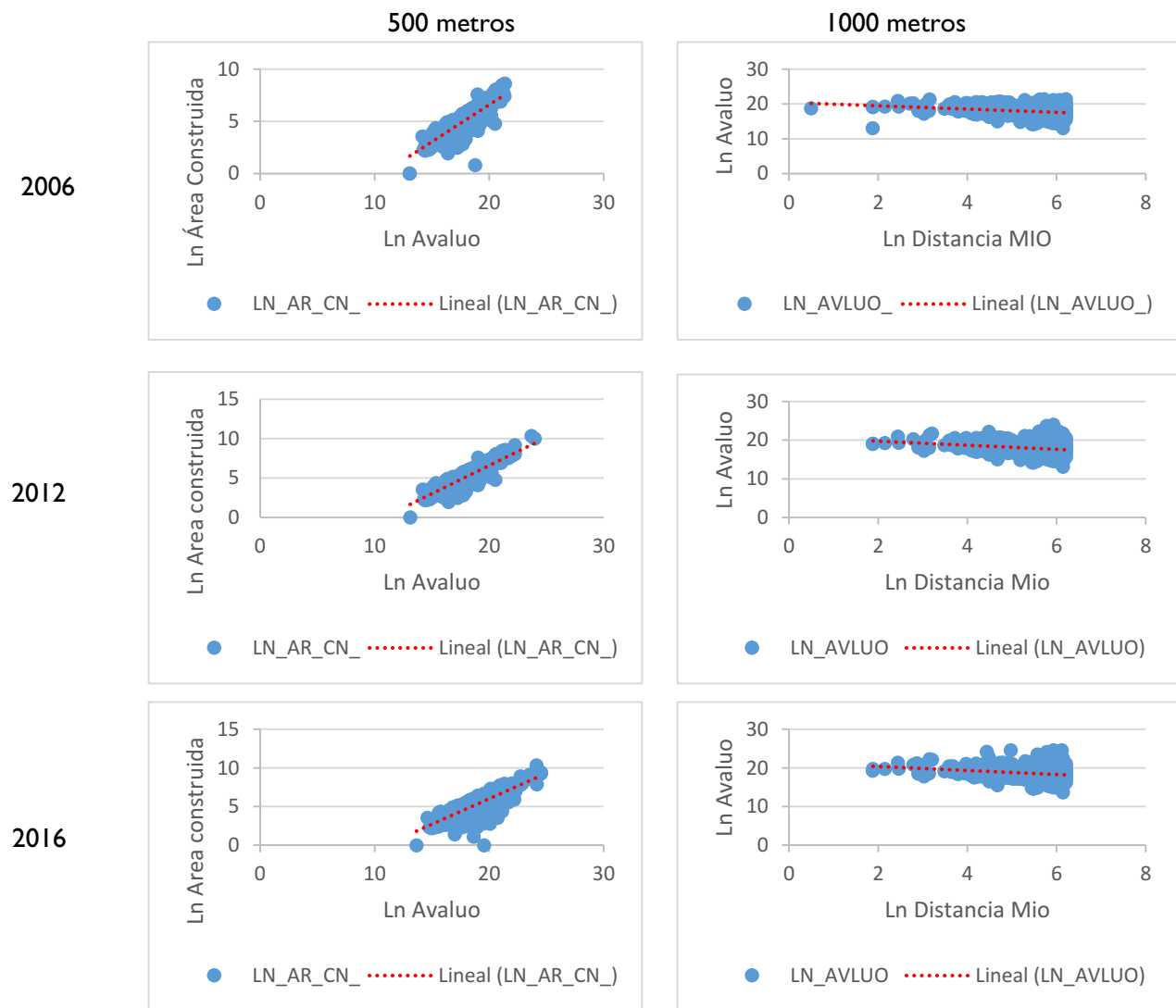
	500					1000				
	Media	Desviación estandar	Min	Max		Media	Desviación estandar	Min	Max	
Comuna	7	3.71	2	22	6	4.54	2	22		
Estrato	3	1.53	0	6	3	1.64	0	6		
Distancia MIO	320	111.74	7	500	721	136.133	500	1000		
Distancia equipamiento educativo	126	85.53	0	386	79	55.52	0	289		
Distancia Distrito Central	2365	938.891	1376	9879	3074	1380.02	1439	10395		
Distancia Espacio Público	147	99.825	2	390	140	101.43	0	469		
<b>2006</b> Índice de construcción Base	2	0.267	2	3	2	0.823	2	3		
Índice de construcción adicional	3	1.034	1	4	3	1.599	1	4		
Índice de ocupación	0	0.35	0	1	0	0.379	0	1		
Area de ocupación	191	333.771	9	8275	230	433.04	13	9277		
Area lote	5	0.782	2	11	5	0.732	3	10		
Avaluo	90394826	144302449	475000	19111802000	101034056	139511655	1393000	2072626000		
Area construida	218	305.33	1	5380	231	317.295	9	7212		
Comuna	7	3.71	2	22	6	4.54	2	22		
Estrato	2	1.53	0	6	3	1.64	0	6		
Distancia MIO	320	111.74	7	500	721	136.133	500	1000		
Distancia equipamiento educativo	126	85.53	0	386	79	55.52	0	289		
Distancia Distrito Central	2365	938.891	1376	9879	3074	1380.02	1439	10395		
Distancia Espacio Público	147	99.825	2	390	140	101.43	0	469		
<b>2012</b> Índice de construcción Base	2	0.835	2	3	2	0.823	2	3		
Índice de construcción adicional	3	1.65	1	4	3	1.599	1	4		
Índice de ocupación	0	0.36	0	1	0	0.379	0	1		
Area de ocupación	231	835.13	9	26498	230	433.04	13	9277		
Area lote	5	0.782	2	11	5	0.732	3	10		
Avaluo	121948219	692586032	489000	26141745000	142881053	927202060	584000	40067503000		
Area construida	252	856.441	1	31023	274	939.808	1	31023		
Comuna	7	3.71	2	22	6	4.54	2	22		
Estrato	2	1.55	0	6	3	1.64	0	6		
Distancia MIO	320	111.74	7	500	721	136.133	500	1000		
Distancia equipamiento educativo	126	85.53	0	386	79	55.52	0	289		
Distancia Distrito Central	2365	938.891	1376	9879	3074	1380.02	1439	10395		
Distancia Espacio Público	147	99.825	2	390	140	101.43	0	469		
<b>2016</b> Índice de construcción Base	2	0.835	2	3	2	0.823	2	3		
Índice de construcción adicional	3	1.65	1	4	3	1.599	1	4		
Índice de ocupación	0	0.36	0	1	0	0.379	0	1		
Area de ocupación	231	835.13	9	26498	230	433.04	13	9277		
Area lote	5	0.782	2	11	5	0.732	3	10		
Avaluo	293973617	2008987884	846364	45212551100	290902746	2518945567	927080	125966727000		
Area construida	250.02	845.18	1	31023	246	767	1	31023		

Fuente: Construcción propia con datos de Catastro Cali

Seguindo la teoría del modelo Monocéntrico se esperan dos cosas de los datos: (i) que el área de terreno sea mayor en aquellas propiedades con menor valor del suelo por M2, y/o (ii) que el avalúo total (construido) sea mayor en las unidades residenciales con el mayor precio por M2.

La Gráfica 6 muestra la relación entre los avalúos y el área construida, y los avalúos y la distancia de cada vivienda con el MIO, para predios ubicados a 500 y 1000 metros de distancia del sistema de transporte masivo. Se observa una relación positiva entre avalúo y área construida, y una relación negativa entre avalúo y distancia con el MIO. Esto indica que, siguiendo el modelo Monocéntrico, los predios más atractivos, y por tanto con mayor valor, son los más cercanos al sistema de transporte, y que cuentan con mayor área construida.

Gráfica 6. Avalúo vs área construida y Avalúo vs Distancia MIO, 500 y 1000 mts. 2006, 2012 Y 2012.



Fuente: Elaboración propia con datos Catastro Cali

Este artículo busca develar en mayor profundidad esta relación, evaluar el relacionamiento, y posible explicación de estas observaciones. En particular en referencia con el uso de la herramienta de recuperación de plusvalía en esta ciudad.

**b. Metodología**

Para estudiar esta relación, se utilizó un modelo Diff-in-Diff, que establece la existencia de cambios significativos en la edificabilidad y valor del suelo de las viviendas; determinando los posibles efectos del MIO sobre los predios en su área de influencia.

La información conseguida permitió diferenciar un grupo tratamiento, expuesto a los efectos del MIO (2012 y 2016), y un grupo control con información de los predios en el momento en que se puso en marcha el sistema (2006).

Empleando datos de corte transversal, se plantearon los modelos:

$$\begin{aligned}
 Area\_co_i = & \delta_0 + \delta_1 distancia\_predio_i + \delta_2 var\_ordenamiento_i \\
 & + \delta_3 caracteris\_predio_i + dummyañoj \\
 & + \delta_4 dummyañoj * areaconstruida_i + \varepsilon_i \\
 & i:2006,2012 \text{ y } 2016.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 avaluo_i = & \delta_0 + \delta_1 distancia\_predio_i + \delta_2 var\_ordenamiento_i \\
 & + \delta_3 caracteris\_predio_i + dummyañoi \\
 & + \delta_4 dummyañoi * avaluoañoj + \varepsilon_i \\
 & i:2006,2012 \text{ y } 2016.
 \end{aligned}$$

Donde *avaluo* y *área\_co* son las variables dependientes de cada modelo, *distancia\_predio<sub>i</sub>* captura las distancias en metros desde las viviendas hasta el MIO, espacio público, el distrito central y equipamiento educativo más cercano; *var\_ordenamiento<sub>i</sub>* encierra variables que determinan las características y normativas de la zona donde encuentra el predio, como índice de construcción base, adicional, área de ocupación, comuna y estrato; y *caracteris\_predio* enmarca las particularidades de cada predio, como área lote, área construida y avalúo.

A su vez las variables *dummyaño<sub>i</sub>* y *dummyaño<sub>j</sub>* reportan los períodos de tiempo y capturan factores agregados que pueden causar cambios en la variable dependiente ante la ausencia de la infraestructura de transporte. Mientras que las interacciones *dummyaño<sub>i</sub> \* avaluoañoj* y *dummyaño<sub>j</sub> \* areaconstruida<sub>i</sub>*, capturan las posibles diferencias entre los grupos de tratamiento y control generadas ante el efecto del MIO en el tiempo (Imbens, 2007).

Para mejorar el ajuste del modelo se empleó un método de selección por pasos (stepwise), que al incluir/excluir controles (*var\_ordenamiento* y *caracteris\_predio*) mejora el ajuste, y permite comprobar que los signos del Diff-in-Diff o su significancia no cambien, haciendo de este consistente. En total resultaron 4 modelos para cada de estudio, los cuales en

las Tablas 2 -5. Las dos primeras estimaciones de estas Tablas incluyen todas las variables de estudio, y los dos posteriores no introducen errores espaciales.

Para la estimación Diff-in-Diff se planteó la fórmula:  $\hat{\delta}_1 = (\bar{y}_{B,2} - \bar{y}_{B,1}) - (\bar{y}_{A,2} - \bar{y}_{A,1})$ , que establece la existencia de incrementos significativos en la edificabilidad y valor del suelo de los predios producido por los posibles efectos del MIO sobre las residencias. Para eliminar los sesgos en las comparaciones de los grupos de estudio, se calcularon las diferencias entre las estimaciones obtenidas en los grupos de tratamiento y control, dando como resultado las diferencias permanentes, y los sesgos de comparaciones en el tiempo que podrían ser el resultado de tendencias (Ashenfelter y Card, 1985).

Lo anterior se realizó para cada modelo, utilizando observaciones de predios ubicados a 500 y 1000 metros de MIO. Esto para comprobar la teoría del modelo Monocéntrico, de que los predios más cercanos al sistema de transporte masivo tienen mayores valores de suelo y área construida al ser más atractivos para los residentes. Por tanto, se espera que los estimadores y las diferencias calculadas, sean mayores para los predios más cercanos al MIO.

Finalmente, debido a que la base de datos cuenta con un tamaño de muestra considerable, la inferencia propuesta para este modelo es sencilla y robusta para diferentes variaciones de tiempo en el marco de regresión.

### c. Resultados

Las Tablas 2 a 5 reportan los resultados de los modelos econométricos para los predios ubicados a 500 y 1000 metros del MIO.

Analizando los avalúos de cada uno de los modelos planteados, se observa que los efectos de las *var\_ordenamiento<sub>i</sub>* -estrato, índice de ocupación, comuna- sobre los avalúos son significativos y positivos, mientras que índice de construcción base y adicional es negativo. Esto indica que para los individuos es más atractivo las viviendas con mejor ubicación, estrato y con posibilidad de ocupar mayores áreas, lo que genera un aumento del valor catastral de estas. En tanto al analizar las *caracteris\_predio*, se observa que a mayor área de lote y área construida mayores son los precios de los predios, reafirmando las teorías del modelo Monocéntrico. A su vez, las variables de *distancia\_predio* muestra que los avalúos responden positiva y significativamente a menores distancias con el distrito central, evidenciando que es más atractivo para los individuos vivir cerca a su lugar de trabajo; y al analizar las interacciones entre avalúo y el tiempo, se tiene que el efecto total del MIO sobre los predios ubicados a 500 metros es significativo y positivo, mostrando que en su totalidad generó aumentos en los valores catastrales.

Al examinar los resultados de las regresiones aplicadas a las observaciones ubicadas a 1000 metros del sistema de transporte masivo, se tiene que la significancia y símbolo de los estimadores calculados para *var\_ordenamiento* y *caracteris\_predio* son los mismos que para los predios ubicados a 500 metros, aunque con menor magnitud, reforzando la teoría del modelo Monocéntrico que indica que los predios más accesibles a los sistemas de transporte son más

preferidos y tienen mayores precios. Sin embargo al comparar las variables *distancia\_predio*, se observa una diferencia en los estimadores de las regresiones, ya que si bien los estimadores de los predios más lejanos al sistema de transporte mantienen la relación significativa y negativa con la distancia del MIO y significativa y positiva con las distancia al Distrito Central, a partir de 1000 metros estar cerca de un equipamiento educativo y del espacio público aumenta el avalúo de los viviendas, ya que al estar más lejano al sistema de transporte, lo más preferido para los individuos es su cercanía con espacio públicos para recrearse, y equipamientos educativos donde se eduquen sus hijos. Respecto a las interacciones, se tiene el mismo resultado en símbolo y significancia que los predios ubicados a 500 metros, aunque con menor magnitud.

Por otro lado, analizando el comportamiento de las áreas construidas en los diferentes modelos, se tiene que para los predios ubicados a 500 metros del MIO, las *var\_ordenamiento* -comuna y estrato- influyen significativa y positivamente en la construcción, mientras que el índice de ocupación no. Lo anterior ocurre porque es más atractivo para los individuos construir en zonas con mejores condiciones y calidad de vida, como lo son las comunas con mejores estratos. Sobre las variables *caracteris\_predio*, se tiene que ante un aumento de un punto porcentual en los índices de construcción base y adicional, la construcción tenderá a aumentar debido a que, al haber menos restricciones para construir en altura, los propietarios tendrán más incentivos para construir. En cuanto a las variables de *distancia\_predio*, se observa que el área construida responde significativa y positivamente a menores distancias con el MIO, el Distrito Central y el espacio público, mientras que estar o no cerca de un equipamiento no influye; indicando que en la medida que los predios son más accesibles a sistemas de transporte que los desplacen a puntos destino, lugares de trabajo o estudio, y espacios de recreación, la demanda por vivienda será mayor.

Para las interacciones entre área construida y el tiempo, se tiene que el efecto total del MIO sobre los predios ubicados a 500 metros es significativo y negativo, mostrando que, con el transcurso de los años, el efecto del sistema de transporte sobre los predios, tiende a disminuir su edificabilidad. Comparando los resultados con los predios ubicados a 1000 metros, se tiene que los estimadores siguen el mismo comportamiento de significancia y símbolo, aunque con menor magnitud, confirmando los planteamientos del modelo Monocéntrico. Solo se observan diferencias con la distancia a equipamientos educativos, que tiende a disminuir la edificabilidad, el índice de construcción adicional y el tipo de cobro que inciden positivamente en la construcción.

Tabla 2. Resultados modelo de regresión lineal, variable dependiente avalúo. Predios a 500 metros del MIO.

Modelo de regresión lineal simple corregido para predios a 500 mts del MIO				
	Variable dependiente Ln área			
	Todas las variables	Todas las variables incluyendo interacción dummy avaluo	Disminuyendo variables	Disminuyendo variables y agregando interacción dummy avaluo
Comuna	0.0328917*** (14.84)	0.0321814*** (14.62)	0.0374322*** (21.49)	0.0328917*** (14.84)
Estrato	0.0250211*** (5.03)	0.0261632*** (5.34)	0.0220383*** (4.56)	0.0250211*** (5.03)
Ln distancia predio al MIO	0.0548614*** (4.08)	0.043828*** (3.36)	0.0580923*** (4.33)	0.0548614*** (4.08)
Ln distancia predio a equipamiento educativo	0.0068071 (1.1)	0.005459 (0.9)		
Ln distancia predio a distrito central	-0.1964011*** (-6.85)	-0.1867879*** (-6.65)	-0.2536624*** (-9.46)	-0.1964011*** (-6.85)
Ln distancia predio al espacio público	0.0205896*** (2.97)	0.0190042*** (2.79)		
Ln índice de construcción base	0.3038701*** (6.28)	0.3004364*** (6.48)		
Ln índice de construcción adicional	-0.0321305*** (-3.24)	-0.031052*** (-3.2)		
Ln área predio	-0.0267151 (-1.99)	-0.020485 (-1.53)		
índice de ocupación	-0.0306638 (-1.23)	-0.0199479 (-0.82)		
Año (dummy)	0.6489284*** (4.83)	1.103813*** (6)	0.6574995*** (4.94)	0.6489284*** (4.83)
Tipo de cobro	0.0455103 (0.718)	0.036452 (0.29)		
Interacción año y Ln área	-0.051075*** (-6.81)	-0.0770362*** (-7.36)	-0.0512944*** (-6.91)	-0.051075*** (-6.81)
Interacción año y Ln avaluo		0.0001078** (2.38)		0.0000909** (2.42)
Ln avaluo	0.8156287*** (72.94)	0.8126207*** (72.29)	0.8015794*** (84.34)	0.8156287*** (72.94)
Constante	-8766353*** (24.51)	-8720312*** (-24.2)	-7811961*** (-34.45)	-8766353*** (-24.51)

Valores t entre parentesis

Niveles de significancia: (\*)90%, (\*\*)95%, (\*\*\*)99%

Fuente: Elaboración propia con datos Catastro Cali

Tabla 3. Resultados modelo de regresión lineal, variable dependiente avalúo. Predios a 1000 metros del MIO.

Modelo de regresión lineal simple corregido para predios a 1000 mts del MIO				
	Variable dependiente Ln área			
	Todas las variables	Todas las variables incluyendo interacción dummy avaluo	Disminuyendo variables	Disminuyendo variables y agregando interacción dummy avaluo
Comuna	0.0312345*** (21.17)	0.0169157*** (19.46)	0.0290759*** (25.03)	0.0167853*** (26.06)
Estrato	0.0149589*** (4.73)	0.0077531*** (4.18)	0.0135063*** (4.28)	0.0078561*** (4.25)
Ln distancia predio al MIO	0.1366905*** (6.14)	0.0939379*** (7.79)	0.1408307*** (6.27)	0.0984412*** (8.11)
Ln distancia predio a equipamiento educativo	-0.0480951*** (-10.32)	-0.0219052*** (-8.28)	-0.0416778*** (-9.85)	-0.0216581*** (-8.9)
Ln distancia predio a distrito central	-0.2799992*** (-15.2)	-0.1589368*** (-14.83)	-0.2718*** (-16.69)	-0.1595847*** (-16.78)
Ln distancia predio al espacio público	0.0136623** (2.42)	0.0002942 (0.09)		
Ln índice de construcción base	-0.0804009* (-1.85)	-0.0081677 (0.731)		
Ln índice de construcción adicional	0.0534957*** (5.86)	0.0416541*** (8.17)	0.0645515*** (7.73)	0.0437593*** (8.87)
Ln área predio	-0.0121021 (-1.08)	-0.0058789 (-0.89)		
índice de ocupación	0.009623 (0.481)	-0.0012858 (-0.16)		
Año (dummy)	0.4194456*** (3.45)	363375*** (46.82)	0.4111676*** (3.4)	3641756*** (47.86)
Tipo de cobro	-0.3371146 (-1.15)	0.0924173** (0.022)		
Interacción año y Ln área	-0.0371294*** (-5.56)	-0.3550424*** (-81.61)	-0.0366194*** (-5.51)	-0.3554716*** (-83.28)
Interacción año y Ln avaluo		***0.5357525 (204.62)		0.5359587*** (204.9)
Ln avaluo	0.7586648*** (77.69)	0.7100321*** (90.09)	0.7547862*** (85.9)	0.7063927*** (91.12)
Constante	-6458533*** (-10.28)	-7213679*** (-41.34)	-6566219*** (-10.38)	-7207686*** (-40.79)

Valores t entre parentesis

Niveles de significancia: (\*)90%, (\*\*)95%, (\*\*\*)99%

Fuente: Elaboración propia con datos Catastro Cali

Tabla 4. Resultados modelo de regresión lineal, variable dependiente área construida. Predios a 500 metros del MIO.

Modelo de regresión lineal simple corregido para predios a 500 mts del MIO				
Variable dependiente Ln avaluo				
	Todas las variables	Todas las variables incluyendo interacción dummy área	Disminuyendo variables	Disminuyendo variables y agregando interacción dummy área
Comuna	-0.0368207*** (-17.49)	-0.0368894*** (-16.95)	-0.0381853*** (-17.7)	-0.0368894*** (-16.95)
Estrato	-0.0440999*** (-10.94)	-0.0445577*** (-11.25)	-0.0434915*** (-10.97)	-0.0445577*** (-11.25)
Ln distancia predio al MIO	-0.0793741*** (-6.74)	-0.0729258*** (-6.31)	-0.0767156*** (-6.53)	-0.0729258*** (-6.31)
Ln distancia predio a equipamiento educativo	-0.010436** (-1.99)	-0.0109871** (-2.19)	-0.0130979*** (-2.61)	-0.0109871** (-2.19)
Ln distancia predio a distrito central	0.1931134*** (6.72)	0.1999084*** (7.15)	0.1998825*** (7.04)	
Ln distancia predio al espacio público	-0.007224 (-1.31)			
Ln índice de construcción base	-0.0779892** (-2.03)			
Ln índice de construcción adicional	-0.0185815** (-2.16)			
Ln área predio	0.282311*** (17.28)	0.2709045*** (17.27)	0.2582483*** (16.41)	0.2709045*** (17.27)
índice de ocupación	0.161102*** (6.85)	0.1550847*** (6.64)	0.1699734*** (7.15)	0.1550847*** (6.64)
Año (dummy)	-3941902*** (-29.76)	-4120922*** (-29.86)	-3860763*** (-29.77)	-4120922*** (-29.86)
Tipo de cobro	-0.0064209 (-0.05)			
Interacción año y Ln avaluo	0.2326329*** (32.13)	0.2430811*** (31.84)	0.2281696*** (32.19)	0.2430811*** (31.84)
Interacción año y Ln área construida		-0.0000592*** (-3.12)		-0.0000592*** (-3.12)
Ln área construida	0.5652391*** (32.27)	0.5794455*** (33.2)	0.5681698*** (32.47)	0.5794455*** (33.2)
Constante	1288853*** (37.69)		1266214 128148*** (58.65) (59.91)	1266214*** (58.65)

Valores t entre parentesis

Niveles de significancia: (\*)90%, (\*\*)95%, (\*\*\*)99%

Fuente: Elaboración propia con datos Catastro Cali

Tabla 5. Resultados modelo de regresión lineal, variable dependiente área construida. Predios a 1000 metros del MIO.

Modelo de regresión lineal simple corregido para predios a 1000 mts del MIO				
Variable dependiente Ln avaluo				
	Todas las variables	Todas las variables incluyendo interacción dummy área	Disminuyendo variables	Disminuyendo variables y agregando interacción dummy área
Comuna	-0.0362613*** (-23.84)	-0.0268174*** (-22.29)	-0.0372527*** (-26.25)	-0.0273555*** (-24.44)
Estrato	0.0030058*** (-10.87)	-0.0210254*** (-9.17)	-0.0324562*** (-10.82)	-0.0210213*** (-9.19)
Ln distancia predio al MIO	-0.0088509 (-0.42)	-3.38*** (0.001)	-0.0020815 (-0.1)	-0.0502595*** (-3.31)
Ln distancia predio a equipamiento educativo	0.0334458*** (7.91)	0.025387*** (7.76)	0.0327671*** (7.82)	0.0248737*** (7.67)
Ln distancia predio a distrito central	0.262413*** (9.78)	0.2087242*** (10.25)	0.2518261*** (9.53)	0.2049794*** (10.25)
Ln distancia predio al espacio público	0.0157016*** (3.14)	0.0119642*** (0.001)	0.0171323*** (3.51)	0.0128822*** (3.51)
Ln índice de construcción base	0.2212713*** (5.59)	0.1028679*** (3.47)	0.22433*** (1.55)	0.1047342*** (3.55)
Ln índice de construcción adicional	-0.0671573*** (-6.95)	-0.0592622*** (-8.15)	-0.0644755*** (5.66)	-0.0576946*** (-7.92)
Ln área predio	0.0691993* (1.73)	0.0824278*** (2.75)	0.0617995 (1.55)	0.0794676*** (2.66)
índice de ocupación	0.0163974 (1.25)	0.012041*** (1.2)		
Año (dummy)	-4666457*** (-41.95)	-5820092*** (-88.1)	-4579325*** (-41.3)	-580451*** (-89.43)
Tipo de cobro	-0.1235158 (-1.48)	-0.2471131*** (-23.88)	-0.109716 (-1.27)	-0.2423269*** (-23.99)
Interacción año y Ln avaluo	-0.00000000000675*** (-2.6)	0.4687509 (112.74)	0.2638607*** (44.21)	0.4680309*** (-112.71)
Interacción año y Ln área construida		-0.5042685*** (-64.28)		-0.5047621*** (-64.76)
Ln área construida	0.5697286*** (38.76)	0.9700156*** (70.58)	0.570365*** (38.84)	0.9706032*** (70.95)
Constante	1209088*** (43.99)	115772*** (70.81)	1211798*** (43.62)	1158903*** (71.07)

Valores t entre parentesis

Niveles de significancia: (\*)90%, (\*\*)95%, (\*\*\*)99%

Fuente: Elaboración propia con datos Catastro Cali

Finalmente, al analizar las Diff-in-Diff de las Tabla 6 y 7, se puede concluir que dado que desde su puesta en marcha el MIO hizo más accesibles los predios ubicados en su área de influencia (Jaramillo, Lizárraga y Grindlay, 2012), se generó un Premium que aumentó la atraktividad y demanda de viviendas en esta espacio. Esto se tradujo en incrementos del valor catastral (valor total) de las viviendas y su edificabilidad. Esta última, sin embargo, reporta resultados negativos ya que, al existir un límite de metros por propiedad, los dueños de predios tienden a fragmentarlas para producir apartamentos o aparta-estudios, y así obtener mayores beneficios. Estos resultados son consistentes para todas las regresiones realizadas.

Tabla 6. Resultado Diff-in-Diff para avalúos

	Grupo Tratamiento			Grupo control			Diff in Diff	
	Interacción año y ln avaluo		Diff	Interacción año y ln área construída		Diff		
Avaluo	Regresión 2	-0.0770362	0.2430811	-0.3201173	-0.3550424	0.4687509	-0.8237933	0.503676
	Regresión 3	-0.0512944	0.2281696	-0.279464	-0.0366194	0.2638607	-0.3004801	0.0210161
	Regresión 4	-0.051075	0.2430811	-0.2941561	-0.3554716	0.4680309	-0.8235025	0.5293464

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Resultado Diff-in-Diff para área

	Grupo Tratamiento			Grupo control			Diff in Diff	
	Interacción año y ln avaluo		Diff	Interacción año y ln área construída		Diff		
Area	Regresión 2	0.0001078	-0.0000592	0.000167	0.5357525	-0.5042685	1.040021	-1.039854
	Regresión 4	0.0000909	-0.0000592	0.0001501	0.5359587	-0.5047621	1.0407208	-1.0405707

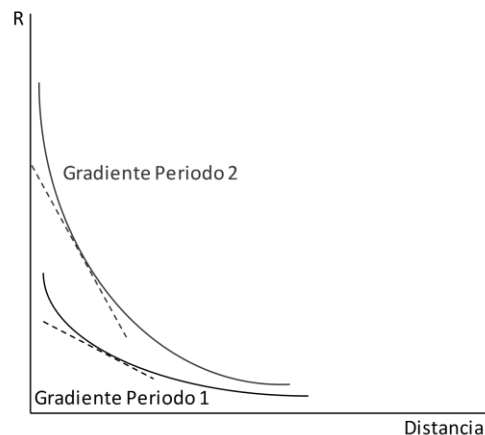
Fuente: Elaboración propia

#### 4. Conclusiones

En términos generales, una gran parte del incremento del valor del suelo y la edificabilidad de las residencias ubicadas en Cali, sobre el área de beneficio del MIO, son atribuibles a la nueva infraestructura de transporte y están en función de la distancia entre la residencia y la infraestructura, el uso de la propiedad, los coeficientes de aprovechamiento, y otras variables como estrato y comuna. (Salon, 2014).

Mientras las ciudades mantengan un perímetro constante, cuando las obras de infraestructura tienen un impacto sobre el precio del suelo, se aprecia una valorización para las residencias ubicadas en el área de beneficio del sistema de transporte (las más afectadas dependiendo de la forma funcional del impacto). Como se comprobó con los resultados de las regresiones para los predios ubicados a 1000 metros de distancia del MIO, este efecto es inferior en residencias más alejadas al sistema de transporte. Por tanto, en un contexto de regresión Diff-in-Diff, como se observa en la Gráfica 8, se debe tener una pendiente negativa por cercanía al sistema de transporte, y un aumento de la relación negativa (exageración de la pendiente del gradiente) luego de implementarse el sistema de transporte.

Gráfica 8. Efecto infraestructura de transporte sobre el valor del suelo



Fuente: elaboración propia con base en Krausse (2005).

Según Salon (2014), hay tres grupos de beneficiarios de la infraestructura de transporte urbano: (i) el público en general (debido a que la economía urbana está habilitada por la infraestructura), (ii) los dueños de propiedades y negocios en las proximidades de la infraestructura (debido a que el acceso que corresponde a esa infraestructura aumenta el valor de sus propiedades), y (iii) los usuarios directos de la infraestructura. El primero y el último de estos beneficiarios contribuyen a la financiación del transporte público de forma rutinaria a través de impuestos y tarifas generales, respectivamente. En tanto, el segundo grupo de beneficiarios experimenta aumentos en el valor de sus propiedades y mayor atractivo de sus negocios, debido a una mayor accesibilidad brindada por el sistema de transporte.

Habiendo demostrado que el MIO generó un aumento en el valor del suelo, así como mayores incentivos para aumentar la edificabilidad de los predios más accesibles (cercanos) a él, se puede pensar en recuperar la inversión pública invertida en su infraestructura a través de un impuesto sobre el desarrollo del suelo o plusvalía.

Desde el año 1989, Colombia reglamentó el uso de las plusvalías en diferentes leyes y su Constitución Política, estableciendo su cobro cuando un predio sufre alguno de los siguientes hechos generadores: i) cambio de destinación del inmueble, ii) cambio uso del suelo, iii) aumento de densidad habitacional, área construida o proporción ocupada del predio, iv) inclusión dentro del perímetro urbano o de los servicios públicos, y v) obras públicas de beneficio general en su área de influencia. Su cobro es de una única vez, y se efectúa sobre el valor presente del predio aumentando por la futura renta (nuevo valor del suelo) generada en el área de intervención (Garza & Liziera, 2015).

Su ventaja se fundamenta en la capacidad de financiar obras públicas manteniendo el mercado neutral al limitar los incrementos incontrolados del valor del suelo (Smolka, 2015). Sin embargo, de no manejarse bien, puede presentar algunas excepciones: i) puede desacelerar el volumen de transacciones; ii) si se cobra al solicitarse el permiso de desarrollo (y se concede), el calendario construcción del predio quedaría en función a la tasa impositiva y, en ese sentido, no respetaría la neutralidad dinámica del mercado retrasando o acelerando su ejecución; y iii) si se aplica en una unidad espacial pero no

en sus vecinos, produciría una disminución del precio de la tierra, lo que puede compensarse con la migración de desarrollo de otras unidades espaciales vecinas (Garza & Liziera, et al, 2015).

Ciudades como Bogotá, Medellín o Barranquilla han hecho uso de este impuesto, generando importantes recursos que les han permitido financiar obras. Cali, sin embargo, a pesar de reglamentar su uso en los últimos Planes de Ordenamiento Territorial (Acuerdo 069 de 2000 y Acuerdo 0373 de 2014), no ha hecho un uso intensivo de este, soportándolo con muy poca capacidad institucional y priorizando el cobro por valorización sobre él.

Tabla 8. Casos exitosos de sistemas de transporte financiados por plusvalías

Ciudad	Proyecto	Costo total	Porcentaje recuperado con plusvalías
Londres	Crossrail	£ 4.1 billones	32%
París	Grand París Express	€21.8 billones	80%
Washington	Estación de metro New York Avenue	\$ 25 millones usd	28%
Washington	Silver line Metro Dulles	\$400 millones usd	14%
New York	Línea 7 subterráneo	\$ 2.1 billones usd	88%

Fuente: Salon, 2014.

En los últimos años, algunas ciudades alrededor del mundo han optado por el uso del impuesto sobre el desarrollo del suelo para financiar sus sistemas de transporte. La Tabla 6 muestra la plusvalía recuperada para proyectos de transporte masivo, y el porcentaje del costo total de la obra que se pudo financiar usando este impuesto, en las ciudades de Londres, París, New York y Washington. Las tres primeras aplicaron la recuperación de plusvalías a través de un impuesto para el desarrollo en las viviendas más cercanas a las líneas de metro. La última, al haber conformado una red de transporte Metropolitana, creó una Agencia encargada de construir, operar y administrar su sistema de transporte, la Washington Metropolitan Area Transit Authority, quien recogió la plusvalía generada en los predios una vez finalizada la construcción de las obras de transporte, así como aportes voluntarios de los ciudadanos (Salon, 2014).

Hong Kong presenta otro ejemplo interesante. Por medio de la empresa Hong Kong Mass Transit Railway Corporation (MTRC), vende y arrienda tierras adyacentes al Metro. El gobierno de Hong Kong ofrece un subsidio indirecto a la MTRC en forma de prestación de tierras a precios pre-Metro, la cual posteriormente es vendida o arrendada por MTRC a tasas post-Metro. La diferencia de valor generado por la venta de las tierras con los nuevos precios, se usa para financiar la infraestructura de transporte.

Para que la ciudad de Cali genere recursos extra que financien la operación e infraestructura del MIO, se recomienda explorar y aplicar este tipo de enfoques. Pensando en futuras troncales y estaciones del sistema de transporte masivo, se sugiere realizar cobro de plusvalía a las viviendas ubicadas al menos a 500 metros de estas. En tanto, mediante acto administrativo, se sugiere otorgar los derechos de edificabilidad adicionales de los predios ubicados en el área de influencia de las futuras troncales del MIO a MetroCali, para que cuando los promotores privados o dueños de predios deseen aumentar la edificabilidad de las viviendas deban comprar estos derechos a esta empresa a mayores precios una vez se construya la infraestructura (siguiendo el ejemplo de Hong Kong y Washington). En tanto para corredores del sistema de transporte masivo ya construidos, al comprobarse que el MIO generó aumentos en el valor del suelo y edificabilidad de las viviendas, los cuales se tradujeron en reducciones de áreas construidas, se aconseja que el cobro de las futuras licencias urbanísticas de los predios ubicados a 1000 metros de la infraestructura del MIO se destine a la financiación del sistema de transporte masivo.

## 5. Bibliografía

1. Anas, A. R. Arnott & K. Small (1998), Urban spatial structure. *Journal of Economic Literature* 36(6), 1426-1464.
2. Ashenfelter, O., Card, D. Ysing the longitudinal structure of earnings to estimate the effect of training programs. *The review of economics and statis.* V.67, issue 4. 1958. Pp 648-660.
3. Banco Interamericano de Desarrollo. Transporte urbano y pobreza: efectos de los sistemas de transporte rápido de autobuses apoyados por el BID, sobre la movilidad y el acceso en Cali y Lima. Oficina de Evaluación y Supervisión. Washington. 2016.
4. Clark, E. *Geografiska Annaler. Series B, Human Geography.* Vol. 70, No. 2. 1988. Pp. 241-254
5. Duranton G., Puga D. Urban Land Use. *Handbook of Regional and Urban Economics*, V. 5A. 2015. Pp 466 -560.
6. Duranton, G., Puga, D. The growth of cities. *Handbook of Economic Growth*, V. 2. 2013.
7. Estupiñan, N. Impacts of mass public transport investments on Land Use. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes.* Bogotá, Colombia. 2011. Pp 34-43.
8. Garza, N. Desempeño del Mercado de vivienda nueva en Bogotá 1992-2004. *Cuadernos de Economía*, V. 26, no. 47. Bogotá. 2007. Pp 23-52.
9. Garza, N., Lizieri, C. A spatial-temporal assessment of the Land Value Development Tax. *Land Use Policy*, V. 50. 2015. Pp 449 -460.
10. Imbens, W. Difference-in-Differences estimation. *What's new in econometrics*, Lecture notes 10. 2007
11. Jaramillo, C., Lizágarra, C., Grindlay, AL. Spatial disparity in transport social needs and public transport provision in Santiago de Cali (Colombia). *Journal of Transport Geography* 24, 340-357.

12. Moreno-Monroy, A., García, G. Intra -metropolitan agglomeration of forma and informal manufacturing activity: Evidence from Cali, Colombia. Tijdschrift voor economische en sociale geografie. V. 107, Issue 4. Pp 389 -406. 2016.
13. Peterson, G. Unlocking land values to finance urban infrastructure. PPIAF. World Bank. 2009.
14. Rodrigue, J. Transportation and Territorial Development in Singapore extended metropolitan region. Singapore Journal of Tropical Geography. V. 15, No. 1. 1994. Pp 56-74.
15. Rodríguez, D., Targa, F. Value of accessibility to Bogota's bus rapid transit system. Transport Reviews. V. 24, no. 5. 2004. Pp 587-610.
16. Salon, D. Location Value Capture Opportunities for Urban Public Transport Finance. Institute of Transportation Studies, University of California, Davis. 2014.
17. Schwab, R., Wallace, O. The impact of urban land taxation: The Pittsburg Experience. National Tax Journal, V. 50, no 1. 1997. Pp 1-21.
18. Small, K.A., Verhoef, E.T., 2007. The Economics of Urban Transportation. Routledge, New York, NY.
19. Smith, J. Gihring, T. Financing Transit Systems Through Value Capture. American Journal of Economics and Sociology. V 65, no. 3. 2006. Pp 751.
20. Smolka M. 2015. Implementación de la Recuperación de Plusvalías en América Latina. Lincoln Institute of Land Policy.
21. Tzu-Chin Lin, Evans, A. Land Economics. Vol. 76, No. 3. 2000. Pp. 386-394.
22. Van Nunen, J., Huijbregts, P. Towards Sustainable Mobility New solutions and approaches for sustainable transport systems. Springer. 2010. Pp 59-81.
23. Viladecans, E. The growth of cities: Does agglomeration matter? Institut d'Economia de Barcelona. 2002.

## 6. Anexos

### **Anexo I. Pruebas para regresión de predios a 500 mts. Variable dependiente Avalúo**

#### Prueba de Ramsey.

##### Modelo 1

Ho: model has no omitted variables

F(3, 7536) = 189.46

Prob > F = 0.0000

##### Modelo 2

Ho: model has no omitted variables

F(3, 7535) = 156.93

Prob > F = 0.0000

##### Modelo 3

Ho: model has no omitted variables

F(3, 7542) = 201.46  
 Prob > F = 0.0000

Modelo 4

Ho: model has no omitted variables  
 F(3, 7541) = 159.13  
 Prob > F = 0.0000

Prueba de multicolinealidad.

Modelo 1

Variable	VIF	1/VIF
INTE~LNAVLUO	237.93	0.004203
DUMMY	236.7	0.004225
M2_ICB	19.84	0.050402
M2_ICA	19.01	0.052609
IO	2.9	0.345279
COMUNA	2.83	0.352923
LN_AREA_PRED	2.44	0.41048
LN_DIST_DC	2	0.498911
LN_AR_CN_	2	0.49944
ESTRATO_SO	1.55	0.643929
LN_DIST_EP	1.35	0.743365
LN_DIST_MIO	1.34	0.746127
LN_DIST_EDU	1.28	0.784145
LN_ICB	1.17	0.853914
LN_ICA	1.08	0.928491
T_COB_NUM	1	0.997803
Mean VIF	33.4	

Modelo 2

<b>Variable</b>	<b>VIF</b>	<b>1/VIF</b>
INTE~LNAVLUO	249.76	0.004004
DUMMY	246.91	0.00405
M2_ICB	20.04	0.04991
M2_ICA	19.05	0.052501
IO	2.9	0.344875
COMUNA	2.83	0.352875
LN_AREA_PRED	2.45	0.408094
LN_AR_CN_	2.06	0.48585
LN_DIST_DC	2	0.498789
INT~ON_AR_CN	1.76	0.567877
ESTRATO_SO	1.55	0.643853
LN_DIST_EP	1.35	0.743318
LN_DIST_MIO	1.34	0.744013
LN_DIST_EDU	1.28	0.784015
LN_ICB	1.17	0.853841
LN_ICA	1.08	0.928465
T_COB_NUM	1	0.997801
Mean VIF	32.85	

#### Modelo 3

<b>Variable</b>	<b>VIF</b>	<b>1/VIF</b>
INTE~LNAVLUO	227.41	0.004397
DUMMY	226.5	0.004415
IO	2.87	0.348916
COMUNA	2.75	0.363685
LN_AREA_PRED	2.03	0.493725
LN_AR_CN_	1.97	0.5072
LN_DIST_DC	1.86	0.538699
ESTRATO_SO	1.53	0.653407
LN_DIST_MIO	1.32	0.754975
LN_DIST_EDU	1.14	0.881027
Mean VIF	46.94	

#### Modelo 4

Variable	VIF	1/VIF
INTE~LNAVLUO	243.3	0.00411
DUMMY	240.6	0.004156
IO	2.87	0.347832
COMUNA	2.76	0.362722
LN_AREA_PRED	2.05	0.486899
LN_AR_CN_	2	0.500046
LN_DIST_DC	1.86	0.538699
ESTRATO_SO	1.53	0.653046
INT~ON_AR_CN	1.35	0.738021
LN_DIST_MIO	1.33	0.754344
LN_DIST_EDU	1.14	0.88006
Mean VIF	45.53	

#### Prueba de heterocedasticidad.

##### Modelo 1

White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(137) = 4506.39  
Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	4506.39	137	0
Skewness	190.74	16	0
Kurtosis	23.14	1	0
Total	4720.27	154	0

##### Modelo 2

White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(154) = 4928.10  
Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	4928.1	154	0
Skewness	282.92	17	0
Kurtosis	22.87	1	0
Total	5233.89	172	0

### Modelo 3

White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(65) = 4315.89  
Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	4315.89	65	0
Skewness	173.66	10	0
Kurtosis	22.15	1	0
Total	4511.71	76	0

### Modelo 4

White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(77) = 4604.06  
Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	4604.06	77	0
Skewness	253.64	11	0
Kurtosis	21.99	1	0
Total	4879.7	89	0

Prueba de normalidad.

### Modelo 1

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
res1	7.60E+03	0	0	.	0

.swilk res1

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
res1	7556	0.93756	243.670	14.599	0

### Modelo 2

Skewness/Kurtosis tests for Normality

----- joint -----

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
resl	7.60E+03	0	0	.	0

Modelo 3

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
resl	7.60E+03	0	0	.	0

Modelo 4

Skewness/Kurtosis tests for Normality

----- joint -----

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
resl	7.60E+03	0	0	.	0

.swilk resl

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
resl	7556	0.93756	243.670	14.599	0

## Anexo 2. Pruebas para regresión de predios a 500 mts. Variable dependiente **Área construida.**

Prueba de Ramsey.

Modelo 1

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of LN\_AR\_C

Ho: model has no omitted variables

$$F(3, 7536) = 30.81$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

Modelo 3

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of LN\_AR\_C

Ho: model has no omitted variables

$$F(3, 7540) = 25.93$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

Modelo 4

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of LN\_AR\_C

Ho: model has no omitted variables

$$F(3, 7542) = 24.52$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

Prueba de multicolinealidad.

Modelo 1

Variable	VIF	1/VIF
INTE~LNAVLUO	328.22	0.003047
DUMMY	313.4	0.003191
M2_ICB	19.87	0.050331
M2_ICA	19.01	0.052595
LN_AVLUO_D~O	4.78	0.209317
IO	2.92	0.342367
COMUNA	2.9	0.345169
LN_AREA_PRED	2.78	0.360308
LN_DIST_DC	2.01	0.497432
ESTRATO_SO	1.58	0.632857
LN_DIST_MIO	1.35	0.74178
LN_DIST_EP	1.34	0.7442
LN_DIST_EDU	1.28	0.783826
LN_ICB	1.16	0.858746
LN_ICA	1.08	0.929173
T_COB_NUM	1	0.997806
Mean VIF	44.04	

Modelo 2

<b>Variable</b>	<b>VIF</b>	<b>I/VIF</b>
INTE~LNAVLUO	353.99	0.002825
DUMMY	334.25	0.002992
M2_ICB	20.05	0.049879
M2_ICA	19.06	0.052474
LN_AVLUO_D~O	9.02	0.110844
LN_AR_CN_	3.89	0.257351
COMUNA	2.98	0.335929
IO	2.92	0.342127
LN_AREA_PRED	2.78	0.359799
LN_DIST_DC	2.03	0.493725
INT~ON_AR_CN	1.79	0.55795
ESTRATO_SO	1.59	0.629157
LN_DIST_MIO	1.35	0.738399
LN_DIST_EP	1.35	0.743158
LN_DIST_EDU	1.28	0.783617
LN_ICB	1.17	0.853275
LN_ICA	1.08	0.927853
T_COB_NUM	1	0.997801
Mean VIF	42.31	

#### Modelo 3

<b>Variable</b>	<b>VIF</b>	<b>I/VIF</b>
INTE~LNAVLUO	319.86	0.003126
DUMMY	305.55	0.003273
LN_AVLUO_D~O	4.72	0.21166
IO	2.9	0.345104
COMUNA	2.85	0.350524
LN_AREA_PRED	2.31	0.433016
LN_DIST_DC	1.91	0.52252
ESTRATO_SO	1.56	0.639156
LN_DIST_MIO	1.34	0.746227
LN_DIST_EDU	1.14	0.874536
LN_ICB	1.1	0.912949
LN_ICA	1.07	0.934211
Mean VIF	53.86	

#### Modelo 4

Variable	VIF	1/VIF
INTE~LNAVLUO	313.05	0.003194
DUMMY	299.15	0.003343
LN_AVLUO_D~O	4.7	0.212845
IO	2.89	0.345658
COMUNA	2.82	0.354789
LN_AREA_PRED	2.31	0.433461
LN_DIST_DC	1.86	0.538549
ESTRATO_SO	1.56	0.64186
LN_DIST_MIO	1.33	0.750582
LN_DIST_EDU	1.14	0.880952
Mean VIF	63.08	

### Prueba de heterocedasticidad

#### Modelo 1

White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(136) = 888.70  
Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	888.7	136	0
Skewness	105.91	16	0
Kurtosis	6.98	1	0.0082
Total	1001.6	153	0

#### Modelo 2

White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(171) = 6358.88  
Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	.	171	.
Skewness	.	18	.
Kurtosis	.	1	.
Total	.	190	.

#### Modelo 3

White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(89) = 700.72  
Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	700.72	89	0
Skewness	96.85	12	0
Kurtosis	7.06	1	0.0079
Total	804.62	102	0

Modelo 4

White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(64) = 549.83  
Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	549.83	64	0
Skewness	93.17	10	0
Kurtosis	6.75	1	0.0094
Total	649.75	75	0

Prueba de normalidad.

Modelo 1

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
res1	7.60E+03	0	0	.	0

. swilk res1

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
res1	7556	0.93756	243.670	14.599	0

Modelo 2

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
res l	7.60E+03	0	0	.	0

. swilk res l

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
res l	7556	0.93756	243.670	14.599	0

Modelo 3

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
res l	7.60E+03	0	0	.	0

. skwilk res l

unrecognized command: skwilk

r(199);

. swilk res l

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
res l	7556	0.93756	243.670	14.599	0

Modelo 4

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
res l	7.60E+03	0	0	.	0

. swilk res l

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
res l	7556	0.93756	243.670	14.599	0

### Anexo 3. Pruebas para regresión de predios a 1000 mts. Variable dependiente Avalúo

#### Prueba de Ramsey.

##### Modelo 1

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of LN\_AVLUO\_DEFLACTADO

Ho: model has no omitted variables

$$F(3, 11266) = 192.54$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

##### Modelo 2

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of LN\_AVLUO\_DEFLACTADO

Ho: model has no omitted variables

$$F(3, 11267) = 232.14$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

##### Modelo 3

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of LN\_AVLUO\_DEFLACTADO

Ho: model has no omitted variables

$$F(3, 11267) = 185.39$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

##### Modelo 4

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of LN\_AVLUO\_DEFLACTADO

Ho: model has no omitted variables

$$F(3, 11266) = 192.54$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

#### Prueba de multicolinealidad.

##### Modelo 1

Variable	VIF	1/VIF
INTER~NAVLUO	437.76	0.002284
DUMMY	295.02	0.00339
INTERACCIO..	76.18	0.013127
TRATAMIENT~M	6.13	0.163081
LN_DIST_CD	4.9	0.204035
LN_AREACON~A	3.3	0.302721
COMUNA	2.99	0.33489
LN_ICA	2.31	0.432911
IO	2.07	0.48331
LN_DIST_EP	1.91	0.522656
ESTRATO_SO	1.79	0.558479
LN_AREA_PRED	1.75	0.571497
LN_ICB	1.69	0.59229
LN_DIST_EDU	1.64	0.610526
LN_DIST_MIO	1.27	0.785892
TIPO_COBRO~M	1	0.997901
Mean VIF	52.61	

Modelo 2

<b>Variable</b>	<b>VIF</b>	<b>I/VIF</b>
INTER~NAVLUO	278.85	0.003586
DUMMY	278.64	0.003589
TRATAMIENT~M	6.13	0.163125
LN_DIST_CD	4.9	0.204209
COMUNA	2.96	0.338327
LN_ICA	2.31	0.432955
IO	2.07	0.483326
LN_DIST_EP	1.91	0.522715
LN_AREACON~A	1.81	0.553354
ESTRATO_SO	1.78	0.560264
LN_ICB	1.69	0.593433
LN_AREA_PRED	1.67	0.598365
LN_DIST_EDU	1.64	0.610916
LN_DIST_MIO	1.27	0.786734
TIPO_COBRO~M	1	0.997951
Mean VIF	39.24	

Modelo 3

<b>Variable</b>	<b>VIF</b>	<b>I/VIF</b>
INTER~NAVLUO	437.75	0.002284
DUMMY	295.02	0.00339
INTERACCIO..	76.18	0.013127
TRATAMIENT~M	5.93	0.168602
LN_DIST_CD	4.85	0.206369
LN_AREACON~A	3.3	0.302806
COMUNA	2.53	0.395494
LN_ICA	2.26	0.442886
LN_DIST_EP	1.85	0.541633
ESTRATO_SO	1.79	0.558832
LN_ICB	1.68	0.594034
LN_AREA_PRED	1.67	0.597914
LN_DIST_EDU	1.61	0.61998
LN_DIST_MIO	1.27	0.785898
TIPO_COBRO~M	1	0.998061
Mean VIF	55.91	

#### Modelo 4

Variable	VIF	I/VIF
INTER~NAVLUO	437.76	0.002284
DUMMY	295.02	0.00339
INTERACCIO..	76.18	0.013127
TRATAMIENT~M	6.13	0.163081
LN_DIST_CD	4.9	0.204035
LN_AREACON~A	3.3	0.302721
COMUNA	2.99	0.33489
LN_ICA	2.31	0.432911
IO	2.07	0.48331
LN_DIST_EP	1.91	0.522656
ESTRATO_SO	1.79	0.558479
LN_AREA_PRED	1.75	0.571497
LN_ICB	1.69	0.59229
LN_DIST_EDU	1.64	0.610526
LN_DIST_MIO	1.27	0.785892
TIPO_COBRO~M	1	0.997901
Mean VIF	52.61	

#### Prueba de heterocedasticidad.

#### Modelo 1

White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(136) = 3910.46  
Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	3910.46	136	0
Skewness	251.93	16	0
Kurtosis	27.37	1	0
Total	4189.75	153	0

#### Modelo 2

White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(121) = 6532.54  
Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	6532.54	121	0
Skewness	392.11	15	0
Kurtosis	45.79	1	0
Total	6970.44	137	0

Modelo 3

White's test for Ho: homoskedasticity  
 against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(120) = 3871.18  
 Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	3871.18	120	0
Skewness	251.38	15	0
Kurtosis	27.36	1	0
Total	4149.92	136	0

Modelo 4

White's test for Ho: homoskedasticity  
 against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(136) = 3910.46  
 Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	3910.46	136	0
Skewness	251.93	16	0
Kurtosis	27.37	1	0
Total	4189.75	153	0

Prueba de normalidad.

Modelo 1

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
res1	1.10E+04	0	0	.	.

. swilk res1

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
res1	11286	0.92195	431.238	16.293	0

Modelo 2

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
resl	1.10E+04	0	0	.	.

. swilk resl

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
resl	11286	0.92195	431.238	16.293	0

Modelo 3

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
resl	1.10E+04	0	0	.	.

. swilk resl

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
resl	11286	0.92195	431.238	16.293	0

Modelo 4

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
resl	1.10E+04	0	0	.	.

. swilk resl

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
resl	11286	0.92195	431.238	16.293	0

**Anexo 4. Pruebas para regresión de predios a 1000 mts. Variable dependiente Area construida.**

Prueba de Ramsey.

Modelo 1

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of LN\_AREACONSTRUIDA

Ho: model has no omitted variables

$$F(3, 11268) = 18.68$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

### Modelo 2

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of LN\_AREACONSTRUIDA

Ho: model has no omitted variables

$$F(3, 11267) = 21.39$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

### Modelo 3

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of LN\_AREACONSTRUIDA

Ho: model has no omitted variables

$$F(3, 11267) = 14.90$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

### Prueba de multicolinealidad.

#### Modelo 1

Variable	VIF	1/VIF
TRATAMIENT~M	6.14	0.162996
LN_DIST_CD	4.9	0.204195
COMUNA	3.04	0.328902
LN_ICA	2.31	0.432437
LN_AVLUO_D~O	2.19	0.456829
IO	2.07	0.483267
LN_DIST_EP	1.91	0.522572
LN_AREA_PRED	1.86	0.536412
ESTRATO_SO	1.8	0.554733
LN_ICB	1.69	0.591964
LN_DIST_EDU	1.63	0.612584
LN_DIST_MIO	1.27	0.789226
DUMMY	1.15	0.866007
TIPO_COBRO~M	1	0.998268
Mean VIF	2.35	

#### Modelo 2

Variable	VIF	1/VIF
INTER~NAVLUO	398.2	0.002511
DUMMY	382.42	0.002615
TRATAMIENT~M	6.14	0.162994
LN_DIST_CD	4.9	0.204195
LN_AVLUO_D~O	4.02	0.248513
COMUNA	3.04	0.32873
LN_ICA	2.31	0.432426
IO	2.07	0.483259
LN_DIST_EP	1.91	0.522508
LN_AREA_PRED	1.86	0.536411
ESTRATO_SO	1.8	0.55472
LN_ICB	1.69	0.591917
LN_DIST_EDU	1.63	0.612584
LN_DIST_MIO	1.27	0.789215
TIPO_COBRO~M	1	0.998039
Mean VIF	54.28	

### Modelo 3

Variable	VIF	I/VIF
INTER~NAVLUO	587.38	0.001702
DUMMY	438.09	0.002283
INTERACCIO..	41.86	0.023886
TRATAMIENT~M	5.94	0.168484
LN_DIST_CD	4.86	0.205919
LN_AVLUO_D~O	4.04	0.247486
COMUNA	2.63	0.380832
LN_ICA	2.26	0.44233
LN_DIST_EP	1.85	0.541047
ESTRATO_SO	1.8	0.554757
LN_AREA_PRED	1.79	0.558893
LN_ICB	1.69	0.5933
LN_DIST_EDU	1.61	0.620186
LN_DIST_MIO	1.27	0.788829
TIPO_COBRO~M	1	0.99795
Mean VIF	73.2	

### Prueba de heterocedasticidad.

#### Modelo 1

White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(106) = 1213.93  
Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	1213.93	106	0
Skewness	382.86	14	0
Kurtosis	94.95	1	0
Total	1691.74	121	0

#### Modelo 2

White's test for Ho: homoskedasticity  
against Ha: unrestricted heteroskedasticity

chi2(120) = 1243.35  
Prob > chi2 = 0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	1243.35	120	0
Skewness	372.5	15	0
Kurtosis	94.59	1	0
Total	1710.44	136	0

### Modelo 3

White's test for  $H_0$ : homoskedasticity  
against  $H_a$ : unrestricted heteroskedasticity

$\chi^2(120) = 2656.25$   
 $\text{Prob} > \chi^2 = 0.0000$

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	2656.25	120	0
Skewness	166.13	15	0
Kurtosis	27.94	1	0
Total	2850.31	136	0

### Prueba de normalidad.

#### Modelo 1

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
res1	1.10E+04	0	0	.	.

. swilk res1

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
res1	11286	0.92195	431.238	16.293	0

#### Modelo 2

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
res1	1.10E+04	0	0	.	.

. swilk res1

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
res1	11286	0.92195	431.238	16.293	0

#### Modelo 3

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
res1	1.10E+04	0	0	.	.

. swilk res1

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
res1	11286	0.92195	431.238	16.293	0