

# VIVIENDA SUSTENTABLE: LA LOCALIZACIÓN COMO FACTOR ESTRATÉGICO

Centro Mario Molina

26 de mayo de 2014

## Resumen

---

Se llevó a cabo un estudio sobre la vivienda de interés social en dos alternativas: la horizontal periurbana y la vertical intraurbana. En ambos casos se consideró la misma superficie construida y un área equivalente de áreas verdes. Se procedió a comparar la huella de carbono y el costo de ciclo de vida de ambos tipos de vivienda, tanto para la etapa de preuso como en la etapa de uso. Se encontraron diferencias significativas entre ambas, tanto en su huella de carbono como en los costos derivados de su producción y uso. El estudio arrojó que, tomando en cuenta sólo la etapa de preuso, la vivienda intraurbana tiene un costo de adquisición mayor que la periurbana, aunque la huella de carbono es mayor en la periurbana que en la intraurbana. Sin embargo, al considerarse tanto la etapa de preuso como la de uso, la vivienda vertical intraurbana tiene un mejor desempeño que la horizontal periurbana: su huella de carbono es menor y también lo son los costos anualizados que se pagan por ella. La causa principal de este resultado radica en las emisiones y los costos relacionados con el transporte: el ahorro en el costo de adquisición de la vivienda horizontal periurbana es, en realidad, transferido con creces al costo de transporte.

---

## 1 INTRODUCCIÓN

La problemática relacionada con la vivienda trasciende la edificación y tiene implicaciones tanto temporales como espaciales, sociales, económicas y políticas. A su vez, el desempeño de una vivienda está relacionado con las características del conjunto habitacional y del entorno donde se encuentra, con la disponibilidad y acceso a equipamiento e infraestructura, y con la demanda de transporte.

Bajo esta perspectiva, el Centro Mario Molina (CMM), con el apoyo del Consejo Nacional De Ciencia y Tecnología (CONACyT), ha realizado un estudio sobre las implicaciones ambientales y económicas de la localización de la vivienda. Las propuestas que aquí se presentan son producto de la investigación que realizó el CMM en el periodo 2011–2013 como parte de la línea de investigación Vivienda Sustentable. La finalidad de este estudio es proponer una metodología que facilite la toma de decisiones en materia de política pública de vivienda y desarrollo urbano en México.

La política pública para la vivienda de interés social en México, ha tenido resultados positivos tanto en la gestión de recursos y energía, como en las necesidades de vivienda de algunos grupos sociales; sin embargo, también ha repercutido de manera negativa en la gestión y ocupación del territorio, en el gasto

de las familias por transporte y en el porcentaje de vivienda abandonada en el país.

En el periodo 2000–2010, el número de viviendas aumentó a un ritmo mayor que el de la población. Esto ha permitido reducir los niveles de hacinamiento y de rezago habitacional en aproximadamente 10 puntos porcentuales; sin embargo, la deshabitación de vivienda se ha incrementado en casi 20 puntos. Esto sugiere que la política de vivienda en la última década ha generado problemas a un ritmo mayor que su capacidad para atenderlos. Y el factor que más ha influido en ello ha sido la ubicación de la vivienda.

En el presente estudio se encontraron diferencias notables entre las viviendas de interés social localizadas en zonas intraurbanas y en zonas periurbanas. Se estimó que las familias que habitan en zonas periurbanas pueden destinar 4 horas semanales adicionales a sus traslados laborales y gastar más de 15 % de sus ingresos en transporte. La ausencia de planeación y de regulación territorial ha tenido implicaciones importantes. Una de ellas es que los esquemas de financiamiento de vivienda han impulsado la construcción de vivienda en zonas alejadas de las áreas urbanas consolidadas, respondiendo únicamente al funcionamiento del mercado de suelo y no a procesos de planeación urbana.

Aunque actualmente no existe una herramienta única y simple que permita estimar de manera directa el impacto potencial de la vivienda, la estimación de la huella de carbono junto con el costo de ciclo de vida pueden proveer información del desempeño ambiental y económico de las edificaciones durante todas sus etapas.

## 2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es comparar la huella de carbono y los costos derivados de la producción y el uso de dos modelos de vivienda formal de interés social ubicados en distintos contextos urbanos: una zona intraurbana y una periurbana. Asimismo, se busca proveer información que sirva de apoyo a instituciones gubernamentales para realizar comparaciones entre alternativas de política pública urbana, específicamente las relacionadas con la localización de la vivienda.

## 3 METODOLOGÍA

En este estudio se estiman los costos y las emisiones relacionadas con dos modelos de vivienda: vertical intraurbana y horizontal periurbana. Para efectos de comparación, se establecieron las siguientes características de desempeño para ambos tipos de vivienda:

- un espacio habitable de  $45 m^2$ ,
- $17 m^2$  de áreas verdes por vivienda,<sup>1</sup>
- espacio de estacionamiento para un auto por vivienda y
- infraestructura urbana (alumbrado público, vialidades y redes de abastecimiento) considerando una vida útil de la vivienda de 50 años.

Para el transporte se asume que en promedio tres habitantes se transportan al trabajo o escuela todos los días hábiles del año (253) durante 50 años a través de los medios de transporte más comunes según los patrones de movilidad de cada sitio de referencia.

Los estudios de caso se realizaron en dos localizaciones de la Zona Metropolitana del Valle de México: Zumpango y Azcapotzalco.

<sup>1</sup>Los valores señalados para superficies y disponibilidad de espacio para estacionamiento son valores de referencia que se han observado como prácticas comunes en el mercado de vivienda actual, pero no corresponden a valores que el CMM recomiende como proporciones ideales.

Para estimar los costos y las emisiones de ambos tipos de vivienda se calculó tanto la huella de carbono como el costo de ciclo de vida, para las etapas del ciclo de vida de preuso y uso.

La huella de carbono (HC) es un indicador de los impactos potenciales relacionados con el cambio climático que se generan en cada etapa de la vida de una vivienda, desde la extracción de los materiales hasta la demolición.

El costo de ciclo de vida (CCV) se emplea para identificar los montos que se mueven en cada etapa de la vida de una vivienda. El estudio tiene un enfoque general de los impactos económicos para vendedores, compradores y distintos niveles de gobierno. En conjunto, la huella de carbono y el costo de ciclo de vida permiten tener un panorama sobre el desempeño ambiental y económico del sistema estudiado.

La recopilación de la información para la conformación de los inventarios de ciclo de vida se llevó a cabo mediante tres métodos: el diseño de los dos modelos de vivienda (vertical intraurbano y horizontal periurbano) y la estimación de sus respectivos costos; el cálculo de costos y de los materiales necesarios para el mantenimiento de las edificaciones y de las vialidades; y la aplicación de un total de 193 encuestas en los dos conjuntos, en las que se recopiló información sobre el modo de transporte, su costo y el tiempo de recorrido.

Para la estimación de la huella de carbono se utilizó el método IPCC 2007 GWP a 100 años<sup>2</sup>. De manera adicional, se estimó la demanda acumulada de energía (DAE). Ésta consiste en la cuantificación de toda la energía consumida directa o indirectamente a lo largo del ciclo de vida del producto.

Los costos fueron llevados a pesos de 2013, considerando una inflación de 4.5 % (promedio de la inflación de los últimos 5 años, según el Banco de México).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Huella de carbono

Durante la etapa de preuso el análisis de la huella de carbono no muestra diferencias significativas en todos los flujos aunque, de manera agregada, la vivienda

<sup>2</sup>El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) creó el documento “Cambio climático 2007”. En él se reúnen e integran, para uso de los responsables de políticas y de otros profesionales, datos científicos, técnicos y socioeconómicos actualizados útiles para la definición de políticas en relación con el cambio climático.

horizontal tiene una huella de carbono 1.4 veces mayor que la vivienda vertical debido, principalmente, a los procesos de urbanización.

En la etapa de uso de la vivienda, la cual incluye los procesos de alumbrado público, de mantenimiento y de transporte, se encontró que la huella de carbono es 2.3 y 2.8 veces mayor en el modelo periurbano que en el intraurbano, para el alumbrado público y para el mantenimiento, respectivamente. Esto está relacionado con el número de postes necesarios para cada modelo (ver figura 2) y con las diferencias en la demanda de recursos para dar mantenimiento a la envolvente.

La figura 1 muestra los resultados de las encuestas para los costos y el tiempo de traslado, así como la huella de carbono estimada a partir del modo de transporte y el tiempo de recorrido.

Como puede observarse, existe una diferencia clara entre los costos para cada sitio de referencia (ver los intervalos de confianza); sin embargo, esta diferencia decrece en relación al tiempo de traslado. Las emisiones, al igual que los costos, muestran una diferencia de casi el doble entre los dos modelos, pero con intervalos de confianza más amplios. Esto está relacionado a un incremento en la dispersión de los datos por la incorporación del modo de traslado en los cálculos.

En la figura 3 se exponen los impactos potenciales anualizados para todas las etapas del ciclo de vida de las viviendas. Como puede observarse, existen diferencias considerables tanto para las emisiones de  $CO_2$ , como para la DAE entre los dos modelos de vivienda. El transporte aparece como el principal contribuyente, seguido del mantenimiento y la construcción. Aunque la urbanización y la construcción tienen contribuciones proporcionalmente menores que el resto de los flujos, es importante notar que sí muestran diferencias claras entre ambos modelos de vivienda.

## 4.2 Costos de ciclo de vida

Respecto a la etapa de preuso se encontró que el costo de edificación de la vivienda vertical es de \$184,898, frente a \$209,091 de la vivienda horizontal. Esto implica una diferencia de \$24,193 por vivienda. El modelo horizontal tiene costos más elevados que la vivienda vertical, sobre todo, respecto a los materiales y procesos constructivos relacionados a:

- la urbanización (materiales y subproductos con materia prima),
- los procesos constructivos (mano de obra y equipo) y

- a los acabados exteriores (pintura y selladores).

El costo del suelo representa una diferencia importantes entre ambas soluciones habitacionales. El valor promedio por metro cuadrado es notablemente mayor en el suelo intraurbano: más de 4 veces el valor del suelo periurbano. Este dato refleja directamente la valorización que la demanda ejerce en una y otra ubicación. Durante la etapa de uso los costos gubernamentales (subsidios) en transporte y vialidades, en el modelo horizontal, superan al intraurbano por más del doble (ver tabla 1).

En relación a los costos totales anualizados de los dos modelos de vivienda, el transporte genera las principales diferencias en el desempeño económico de cada modelo de vivienda (ver tabla 2); el segundo mayor egreso en la vivienda intraurbana es el terreno, mientras que en la vivienda periurbana es la construcción.

Tabla 1: Comparación de costos para el gobierno por modelo de vivienda

Rubro	Periurbana	Intraurbana
Alumbrado público	\$4,095	\$2,047
Reencarpetamiento	\$20,067	\$4,239
Transporte (subsidios)	\$28,226	\$20,231
Anualidad gobierno	\$52,500	\$26,518

Tabla 2: Comparación de costos para el demandante por modelo de vivienda

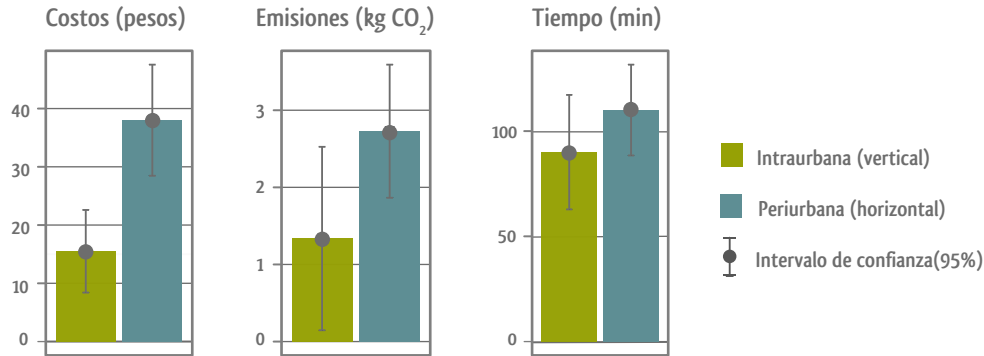
Rubro	Periurbana	Intraurbana
Terreno	\$145,496	\$253,260
Construcción	\$191,828	\$158,748
Urbanización	\$36,279	\$7,358
Utilidad constructor	\$17,263	\$15,273
Total a pagar por vivienda	\$390,867	\$434,640
Anualidad por vivienda*	\$14,723	\$16,371
Gastos de mantenimiento al año	\$2,924	\$2,070
Gastos de transporte al año (solamente días laborables)	\$18,216	\$5,819
Anualidad con transporte	\$36,140	\$24,959

\* Con anualidad por vivienda nos referimos al costo financiero anual del crédito recibido para la compra de la vivienda.

Se utilizó un periodo de treinta años y una tasa de interés de 13 % anual.

En las figuras 4 y 5 se exponen los costos totales anualizados de los dos modelos de vivienda, para el gobierno y para el demandante de vivienda, respectivamente; asimismo, es posible observar que el transporte genera las principales diferencias en el desem-

Figura 1: Gasto, emisiones de  $CO_2eq$  y tiempo invertido en transporte según localización (estimaciones diarias)



Comparación de tiempo, emisiones y gasto por transporte por vivienda. Como puede observarse, los resultados obtenidos en las encuestas muestran cierta dispersión. La mayor, aparece en las emisiones de  $CO_2eq$ .

peño económico de cada modelo de vivienda. También es notorio que, para el demandante de vivienda, el segundo mayor egreso en la vivienda intraurbana es el terreno, mientras que en la vivienda periurbana es la construcción; para el gobierno, el segundo mayor egreso en ambos modelos es la pavimentación, la cual corresponde al mantenimiento de vialidades.

## 5 ANÁLISIS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En las últimas décadas, el modelo dominante de vivienda de interés social ha sido el de tipo horizontal unifamiliar. Esto está relacionado con los esquemas de financiamiento disponibles para adquisición de vivienda y con la dinámica de un mercado inmobiliario en el que los constructores han aprovechado los bajos costos del suelo en las zonas periurbanas —comúnmente agrícolas o forestales— para edificar y comercializar viviendas. El financiamiento de vivienda ha tenido implicaciones positivas en cuanto a la reducción de los índices de hacinamiento y de rezago habitacional; sin embargo, el esquema actual ha provocado un aumento en el gasto de transporte de las familias, así como el abandono de viviendas en conjuntos alejados. Además ha propiciado un incremento en las emisiones de  $CO_2$  relacionadas al transporte.

Aunque esta problemática ha sido analizada en distintos estudios nacionales e internacionales, aún hace falta generar información cuantitativa que facilite la toma de decisiones para la política pública en materia de vivienda, específicamente considerando los impactos ambientales y económicos entre las distintas alter-

nativas de edificación de vivienda de interés social.

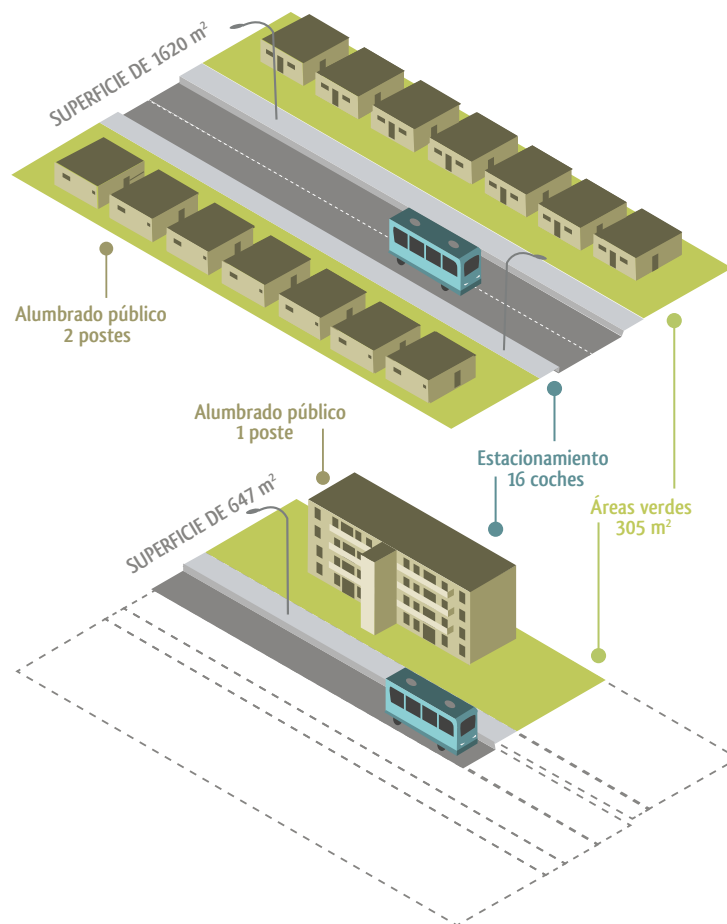
Se encontró que el costo de los terrenos intraurbanos supera en 4.4 veces el costo de los terrenos periféricos. Esta situación limita las posibilidades de que las familias de bajos ingresos puedan acceder de manera formal a la vivienda intraurbana. Si a lo anterior se le agrega el financiamiento de la vivienda de interés social ubicada en la periferia de las ciudades y la falta de regulación en el cambio de usos de suelo, se provoca un esquema de expulsión de familias de bajos ingresos de las ciudades. Algunos de estos efectos podrían ser mitigados con un cambio en el diseño arquitectónico de la vivienda. La transición que se analiza en este estudio consiste en pasar de un modelo de vivienda horizontal a uno vertical. Las principales oportunidades en relación con la reducción de costos por el cambio de modelo radican en que:

- la edificación con la misma superficie habitable ( $45 m^2$ ) es 17 % más económica,
- la vivienda en el modelo vertical demanda 40 % menos suelo que la horizontal.

Con base en lo anterior se encontró que, en la etapa de preuso, la vivienda intraurbana tiene un costo de adquisición 44 mil pesos (11 %) mayor al de la vivienda periurbana. Por otra parte, se estimó que la huella de carbono es 32 % mayor en la vivienda periurbana que en la intraurbana.

Como puede observarse, en la etapa de preuso existe un comportamiento distinto entre las variables ambientales y económicas: la vivienda vertical tiene un mejor desempeño ambiental y un peor desempeño económico.

Figura 2: Modelos periurbano (horizontal) e intraurbano (vertical)



Los dos modelos de vivienda ofrecen los mismos servicios en cuanto a espacio habitable, áreas verdes, espacio y para estacionamiento; sin embargo, difieren en la superficie a urbanizar y en la cantidad de postes de alumbrado público. Esto se ilustra en la figura 2).

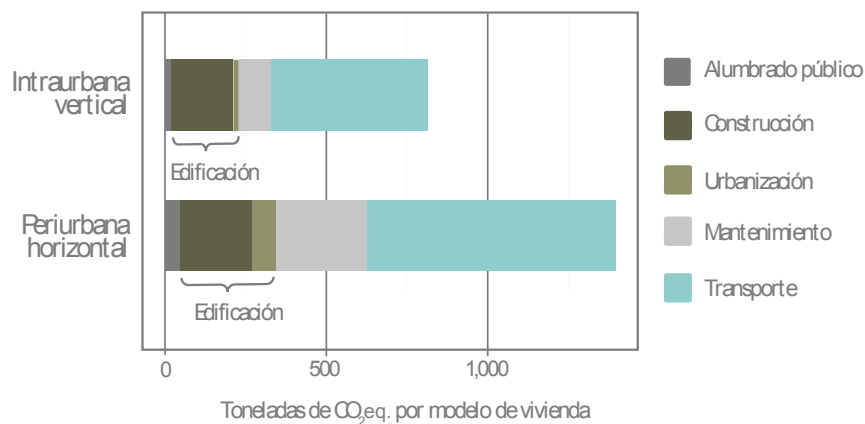
En la etapa de uso, la distancia de la vivienda a los servicios y a las fuentes de empleo son elementos que influyen directamente en los patrones de viaje de las familias. En las zonas periurbanas, la falta de servicios provoca cambios acentuados en los costos de traslado. En este estudio se observó que las familias gastan 12 mil pesos más al año en transporte cuando están en zonas periurbanas, y generan 44% más de emisiones de  $CO_2$  (es decir, 490  $ton CO_2$ , aproximadamente).

Como puede observarse, al mudarse a áreas con precios menores de suelo, las familias evitan los costos iniciales de adquisición de una vivienda intraurbana. Sin embargo, el monto evitado es transferido al costo por transporte durante la etapa de uso de la vivienda.

A partir de lo anterior, puede resumirse que, si se considera únicamente la etapa de preuso, la vivienda intraurbana tendría un costo más elevado que la periurbana. En contraste, al considerar todos los costos de ciclo de vida de la vivienda —y específicamente los costos por transporte—, puede observarse un comportamiento distinto: los costos anualizados de una vivienda periurbana son de 36 mil pesos al año, mientras que los de la vivienda intraurbana son de 25 mil pesos.

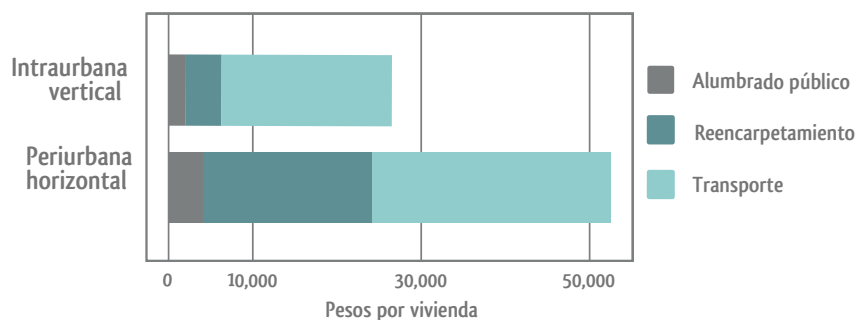
Aunque en las últimas décadas las estrategias de financiamiento de vivienda favorecieron un patrón expansivo de las ciudades, la implementación de instrumentos que fortalezcan un uso más eficiente del suelo

Figura 3: Resumen de la huella de carbono para cada modelo de vivienda



Huella de carbono para cada modelo de vivienda. Como puede observarse, los resultados del estudio muestran que en todos los flujos la huella del modelo periurbano es mayor que la del intraurbano.

Figura 4: Resumen costos totales anualizados para el gobierno

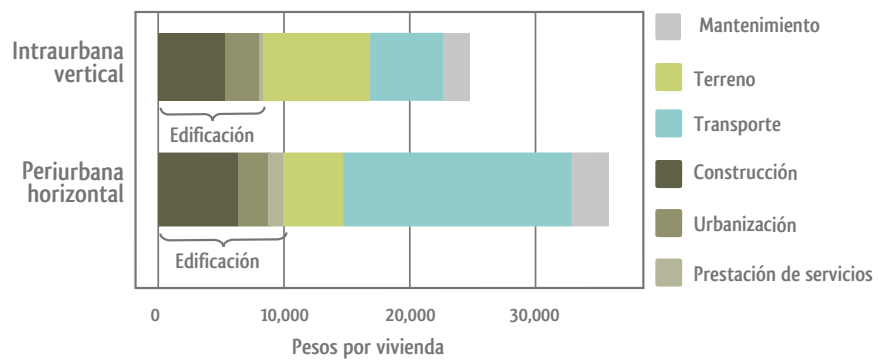


Como puede observarse, los resultados muestran que tanto para el alumbrado público, como para el mantenimiento a vialidades y para el subsidio al transporte, los costos son mayores en el modelo periurbano que en el intraurbano.

podría propiciar un desarrollo social más equitativo, reducir los costos gubernamentales en materia de subsidios y mitigar los impactos ambientales.

Además de los resultados obtenidos, la contribución más importante de este proyecto es que ha permitido conformar una metodología de análisis que puede adaptarse a distintos entornos para la conformación de escenarios en otros sitios de referencia o ciudades.

Figura 5: Resumen costos totales anualizados para el demandante de vivienda



Como puede observarse, los resultados muestran que los costos de adquisición de la vivienda (edificación más terreno) son superiores en la vivienda intraurbana; sin embargo, el costo por transporte es notablemente superior en la vivienda periurbana. De manera agregada (edificación, más terreno, más transporte y mantenimiento), los costos son mayores en la vivienda periurbana.