



Revista de Arquitectura (Bogotá)

ISSN: 1657-0308

ISSN: 2357-626X

Universidad Católica de Colombia, Facultad de Diseño y  
Centro de Investigaciones (CIFAR)

Delgado-Bohórquez, Alina

Hábitat accesible. Desarrollo de modelos conceptuales urbano-habitacionales

Revista de Arquitectura (Bogotá), vol. 22, núm. 2, 2020, pp. 24-36

Universidad Católica de Colombia, Facultad de Diseño y Centro de Investigaciones (CIFAR)

DOI: <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.3143>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=125166907003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org  
UAEM

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

# Hábitat accesible. Desarrollo de modelos conceptuales urbano-habitacionales

Affordable Habitat. The Development of Housing and Neighbourhood Simulation Models

Alina Delgado-Bohórquez

Universidad de Guayaquil (Ecuador)

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera Arquitectura

Arquitecta, Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Guayaquil (Ecuador).

Investigadora, Universidad de Guayaquil (Ecuador), Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Carrera de Arquitectura.

Máster en asentamientos humanos, Universidad Católica de Lovaina. Leuven (Bélgica).

Doctora en ingeniería-arquitectura, Universidad Católica de Lovaina. Leuven (Bélgica).

Investigadora, K. U. Leuven. Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Architecture-Department Architecture-Engineering Leuven (Bélgica).

✉ <https://scholar.google.es/citations?hl=en&pli=1&user=T2q6l2UAAAAJ>

✉ <https://orcid.org/0000-0003-2148-4879>

✉ [alina.delgadob@ug.edu.ec](mailto:alina.delgadob@ug.edu.ec)

Delgado-Bohórquez, A. (2020). Hábitat accesible. Desarrollo de modelos conceptuales urbano-habitacionales. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 22(2), 24-36. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.3143>



[doi.org/10.14718/RevArq.2020.3143](https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.3143)

## Resumen

La demanda de vivienda nueva y el mejoramiento del hábitat para los sectores de bajos recursos de la población están entre las más esenciales necesidades por cubrir en el desarrollo de las ciudades en América Latina. Guayaquil no es la excepción, y la existencia de vastos sectores de asentamientos informales periféricos, como Monte Sinaí, es muestra de ello. La respuesta a dicha problemática es compleja, y la presente investigación la aborda considerando la vivienda parte de un sistema integral y diverso. De esta forma, para el presente esfuerzo de reflexión de caso se desarrollan modelos de simulación para proyectos de vivienda nueva y mejoramiento teniendo en cuenta variables arquitectónicas y urbanas. Adicionalmente, se realizan análisis de sensibilidad con el fin de identificar las variables que podrían tener un mayor impacto para planificar un proyecto. Se concluye con reflexiones sobre la utilización de estas herramientas en el campo de la arquitectura, en el cual no han sido todavía suficientemente exploradas y como parte de un proceso abierto y flexible, adaptable a las actuales y futuras necesidades de los usuarios.

**Palabras clave:** Ambiente urbano; habitacional; hábitat; simulación;

## Abstract

The demand for new housing and the improvement of the urban environment for low-income sectors of the population are some of the most essential needs to be covered regarding the development of Latin American cities. Guayaquil is no exception, and the existence of vast sectors of peripheral informal settlements such as Monte Sinaí is proof of this. The answer to this problem is complex and the present investigation approaches it considering housing as part of an integral and complex system. Following this, for the present reflection effort of a case, conceptual simulation models are developed for new and existing housing, considering urban and architectural variables. Additionally, a sensitivity analysis is made, to identify the variables that could have a higher impact on project planning. Finally, it is concluded with reflections over the use of these tools in the architectural field, where they have not yet been sufficiently explored. Besides, as part of an open and flexible system that could be adapted to the actual and future user's needs.

**Keywords:** Urban Environment; housing; habitat; simulation;

Recibido: mayo 27 / 2019

Evaluado: mayo 3 / 2020

Aceptado: junio 20 / 2020

## Introducción

El artículo forma parte de los resultados del proyecto de investigación “Desarrollo de un modelo para la regulación de la imagen urbana de las vías estructurantes de los asentamientos humanos informales del norte de Guayaquil”, en el marco de proyectos FCI de la Universidad de Guayaquil, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, realizado de octubre de 2017 a marzo de 2020.

La demanda de un hábitat accesible —es decir, el acceso a vivienda nueva (dotada de infraestructura y equipamiento)—, así como el mejoramiento del hábitat de zonas de viviendas semiconsolidadas, es una de las necesidades más esenciales por cubrir en las ciudades y los territorios urbano-rurales de América Latina. La falta de satisfacción de esta demanda es lo que ha generado un paisaje urbano fragmentado, desigual y diverso. Guayaquil, puerto principal del Ecuador y con 2.350.000 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2011) no escapa de dicha tendencia, al presentar la mayor demanda de vivienda del país, con alrededor de 10.000 unidades al año, de las cuales 6000 corresponden a sectores de bajos ingresos (INEC, 2011). Esta demanda insatisfecha de vivienda se expresa, a su vez, con el establecimiento de grandes sectores de asentamientos informales en la periferia de la ciudad, localizados inicialmente al sur durante los años sesenta del siglo XX (Delgado, 2013a, p. 520), y hacia el noroeste de la ciudad, a lo largo de los últimos 20 años (Delgado, 2017a, p. 230), como el sector de Monte Sinaí, con 80.000 habitantes (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [Miduvil], 2013).

Adicionalmente, los mencionados asentamientos informales son la consecuencia de políticas que no abarcan de una manera integral la creación de un hábitat accesible y de calidad, y que solo proveen soluciones simplistas a una problemática compleja. Así, se crean soluciones simples de causa y consecuencia: los promotores producen viviendas mínimas<sup>1</sup> y con materiales de baja cali-

<sup>1</sup> Viviendas con un área construida en un rango entre los 36 y 24 m<sup>2</sup> o inferior. (Obtenido de resultados del proyecto Procesos Urbanos y Sociales del Hábitat-Alternativas para

dad; incluso, se promueven normas urbanísticas o de construcción que promueven tal situación.

Al mismo tiempo, es necesario proporcionar herramientas a los desarrolladores urbanos privados con el fin de estimular su participación en este tipo de proyectos, los cuales son muchas veces considerados de alto riesgo y poca rentabilidad. Este es el enfoque que abarca la presente investigación, y se fundamenta en el desarrollo de herramientas que permitan a estos desarrolladores visualizar de forma rápida el proceso de inversiones y recuperación sobre esa inversión. Para esto, se utilizarán variables como tipologías de viviendas, área residencial, dimensiones de los lotes, área de construcción por tipo, monto máximo de inversión de costos, precios basados en la demanda, por citar las principales para utilizarse en las simulaciones, y a las que se describirá en detalle en la parte sobre el desarrollo y los principios de los modelos del presente artículo.

De esta forma, cabe preguntarse: ¿cuáles son las combinaciones de tipos de viviendas basados en estudios tipológicos y de preferencias para nuevos proyectos, y que podrían, dentro de ciertas limitantes de área y costo, proporcionar recuperación para la inversión para los desarrolladores privados o públicos? Y, además de ello, ¿cuáles son las opciones que permiten proporcionar infraestructura de manera progresiva en los casos de mejoramiento de zonas de viviendas semiconsolidadas? Por tanto, la presente investigación desarrolla modelos conceptuales de simulación, que permiten simular diferentes situaciones de control, retroalimentación y optimización (Delgado, 2013b, pp. 173-175). Por ello, el presente estudio plantea la hipótesis de que a través del uso de herramientas de modelos conceptuales de simulación sería posible una mejor comprensión de las implicaciones de las decisiones de diseño, tanto para el costo como para la calidad del hábitat urbano.

El presente estudio se fundamenta en el proyecto *Desarrollo de un modelo para la regulación de la imagen urbana de las vías estructurantes de los asentamientos humanos informales del norte de Guayaquil* (octubre de 2017-marzo de 2020), y a su vez, en un proyecto previo: *Procesos Urbanos y Sociales del Hábitat-Alternativas para Proyectos de Vivienda Social*<sup>2</sup> (octubre de 2016-abril de 2018).

En el proyecto *Procesos Urbanos y Sociales del Hábitat* se identificaron preferencias<sup>3</sup> de tipos de viviendas por medio de encuestas, conjuntamente con un estudio de las tipologías

.....  
Proyectos de Vivienda Social).

2 Proyecto de investigación financiado y avalado por la universidad Espíritu Santo, Facultad de Arquitectura e Ingeniería.

3 Se realizaron encuestas, en 2017, a 3 grupos de usuarios de la ciudad de Guayaquil: 1) Monte Sinaí, 2) el programa Mi Lote, del Municipio de Guayaquil, y 3) San José, en Samorondón, para un total de 90 encuestas, utilizando el método de preferencias declaradas y método de imágenes. En cuanto al tipo de vivienda, en ese proyecto se identificó que la mayoría (83%) prefería vivienda aislada, y no departamentos (opción favorita del 17%).

de viviendas más empleadas en el medio, y se plantearon las bases para el desarrollo de modelos de simulación. A su vez, se identificaron las principales limitaciones para la provisión de vivienda social, por medio de encuestas a desarrolladores y profesionales<sup>4</sup>.

El presente estudio es la última etapa del proyecto *Desarrollo de un modelo de regulación de la imagen urbana de las vías estructurantes de los asentamientos humanos informales del norte de Guayaquil, ubicado en el sector Monte Sinaí, al noroeste de la ciudad de Guayaquil*. A partir de estudios de campo y de procesos participativos, se identificaron dos componentes: 1) áreas donde se podría promover la inclusión de vivienda nueva por medio de proyectos de vivienda social (vacíos urbanos), y 2) vías donde se promovería el mejoramiento del hábitat urbano en las zonas semiconsolidadas.

## Hábitat accesible-espacios habitables

El presente estudio de reflexión de caso considera la vivienda un componente de un hábitat de calidad, entendido este como la capacidad que tienen una edificación y su contexto urbano-natural inmediato para asegurar condiciones mínimas de confort y salubridad a sus habitantes (Cubillos et al., 2014, p. 90; López, 2010, p. 101). También propugna que el planteamiento de proyectos de vivienda social nueva o de mejoramiento sea abordado desde una visión integral del hábitat y de las unidades habitacionales con el entorno inmediato que las rodea, sea urbano o natural. Para ello, es necesario plantear escalas intermedias de estudio, como la escala del conjunto residencial, o amanzanamiento, como una unidad urbana más en contacto con las unidades habitacionales (Trigaux et al., 2017a, p. 598; Trigaux et al., 2017b, p. 943; Delgado, 2013b, pp. 194-196).

De esta manera, se utiliza la unidad urbana de agrupamientos de viviendas que conforman una manzana, y los cuales nos permiten verificar que los principios de habitabilidad y calidad del hábitat residencial se cumplan en cuanto a confortabilidad, ventilación, iluminación natural, eficiencia funcional y espacial y accesos a servicios públicos urbanos, equipamientos e infraestructura, de tal forma que se pueda relacionar la dimensión social con la ambiental y la económica, principios, a su vez, para la conformación de un hábitat sostenible (Cubillos, 2010, p. 92) y como condicionante para el desarrollo de la calidad de vida de los espacios urbanos (Moreno, 2008, p. 48).

Adicional a ello, es necesario entender la provisión de vivienda social como un proceso inacabado, que se adapte a las necesidades y a las posteriores adaptaciones de la vida de las familias y dentro de una planificación que contemple

.....  
4 En 2018, se realizaron encuestas a profesionales, lo que permitió identificar algunas de las principales limitaciones para el desarrollo de proyectos de vivienda social, tales como la falta de terrenos urbanizados a bajo costo, los altos costos de inversión y la falta de créditos

estos cambios y adaptaciones. Así, según Turner (1977), el problema de la vivienda social no es la producción de unidades habitacionales, sino el estudio de la vivienda como proceso y la producción de un hábitat de calidad que pueda dar opción a que los usuarios lo adapten de acuerdo con sus futuras necesidades (Habranken y Mignucci, 2010, p. 4).

Recientes investigaciones sobre el enfoque de la vivienda flexible se plantean la falta de una definición consensuada del concepto de flexibilidad para el diseño habitacional (Ritter y Nuno, 2018, p. 81), además de la dificultad para evaluar de una manera más completa las diferentes variables que intervienen en el proceso, debido a la variabilidad de contextos (con diferentes características económicas, sociales y culturales) donde se aplican los proyectos de vivienda (Schneider y Till, 2005; Kim, 2013; Ritter y Nuno, 2018, p. 91).

### Modelos conceptuales de simulación como estrategia para la comprensión del hábitat

En el presente artículo se plantea el uso de modelos de simulación, con el fin de permitir la identificación de factores críticos y variables de impacto en el proceso de provisión de viviendas nuevas y mejoramiento del hábitat, modelos que se basan en una abstracción de procesos de la vida real y se alimentan de la retroalimentación y el control (Cubillos, 2010, p. 89), lo cual, a su vez, implica pensar en términos de temporalidad y como una estrategia para la investigación social y la construcción del conocimiento (Zoya y Roggero, 2014, pp. 7-12).

Desde el punto de vista metodológico, el proceso de simulación se refiere a expresar un conjunto de hipótesis que informan sobre un proceso (Marengo et al., 2009, p. 7); además, dicha hipótesis deberá informar acerca de los agentes involucrados en el fenómeno de estudio, sus formas de comportamiento y sus modos de interacción (Robinson, 2020, p. 1). Es así como los parámetros del modelo permiten definir las condiciones iniciales de una modelización y definen el modelo conceptual de simulación que va a ser puesto a prueba (Zoya y Roggero, 2014, p. 8), definido, a su vez como una abstracción del mundo real, y que permite visualizar diferentes opciones, pero no pretende copiar con todas ellas los riesgos ni los eventos inesperados de este; es decir, conlleva algunos elementos de simplificación (Moris et al., 2008), además de la dificultad de la propia definición de modelo conceptual (Robinson, 2020, p. 2) y de aspectos relacionados con el desarrollo y la representación de modelos de simulación (Van der Zee et al., 2010).

En el trabajo de reflexión de caso presentado en este artículo, se identifican aspectos y variables por medio de procesos de análisis de sensibilidad, lo que permite visualizar los impactos, sean positivos o negativos, del uso de determina-

das condicionantes del contexto habitacional o urbano. A su vez, por medio de análisis de optimización se identifican soluciones posibles de un conjunto de valores para las variables de decisión que satisfacen todas las restricciones en un problema de optimización. Así, el conjunto de todas las soluciones posibles define la región factible del problema (Frontline Systems, 2019).

### Problemática y estado del arte

La demanda insatisfecha de vivienda para los sectores de menores recursos de la población es una problemática que abarca a todos los países a América Latina y los denominados países en desarrollo (BID, 2018). Ecuador, y dentro de este la ciudad de Guayaquil, no es la excepción. Así, la demanda de vivienda social a escala nacional corresponde, según proyecciones realizadas en 2013, a 342.000 hogares (Miduvi, 2013). En Guayaquil existe, por un lado, una demanda anual de 10.000 unidades; de ese total, 6.000 corresponden a vivienda social (INEC, 2011). Por otro lado, la oferta de vivienda en Guayaquil era, para 2013, de 13.700 unidades habitacionales, de las cuales 833 corresponden a vivienda social (Cámara de la Industria de la Construcción del Ecuador [CAMICON], 2014).

Además de lo anterior, con respecto a la provisión de proyectos de vivienda social, no se considera de manera suficiente la calidad de la vivienda y su entorno urbano inmediato, así como tampoco, las necesidades del usuario, en cuanto a flexibilidad y capacidad de adaptación al cambio. Es decir, se plantea la vivienda como un fin, y no como parte de un proceso inacabado. El resultado son proyectos de vivienda donde la imagen actual poco corresponde al planteamiento inicial. Así, en Guayaquil hay varios ejemplos, en proyectos como Mucho Lote, promovido por el Municipio, y en el proyecto Socio Vivienda, promovido por el Gobierno. En este último se puede detectar que la mayoría de las viviendas (99%) presentan cambios mayores y menores con respecto al proyecto inicial de vivienda que fue entregado a los usuarios (Peek et al., 2018, p. 18).

### Contexto de estudio: Monte Sinaí, Guayaquil

El contexto para el presente estudio está ubicado en el sector Monte Sinaí, al noroeste de la ciudad de Guayaquil, tal como se muestra en la figura 1, y el cual fue promovido en sus inicios por Marcos Solís, conocido como el fundador de este asentamiento (Delgado, 2017a, p. 230). En su conformación, tanto el gobierno central como el local comparten responsabilidades; igualmente, es el resultado de una serie de dinámicas sociales y de ocupación ilegal de terrenos, propiciada por traficantes de tierras que negociaban terrenos a base de amenazas o presiones a sus dueños originales y vendían terrenos fraccionados a grupos de personas; la mayoría, migrantes de otras zonas

del país o de la ciudad (Delgado, 2017a, p. 230; Pozo, 2011, p. 48). Los desarrolladores informales hacían el trazado de las calles y la gestión administrativa de cobros por los terrenos, y dotaban de seguridad y electricidad a los habitantes, además de proveer escuelas y transportación pública. Fundaciones como Hogar de Cristo proporcionaban el material y los recursos para edificar las viviendas (Delgado, 2017a, p. 230).

Muchos de los desarrolladores informales participaban en política y eran respaldados por algún político durante épocas de proselitismo político. La Ley 88, promulgada por el Gobierno ecuatoriano en diciembre de 2010, puso fin a esa dinámica y declaró a la zona de Monte Sinaí como zona de reserva. Se hicieron desalojos forzados en el área utilizando gran cantidad de equipos policiales y se apresó a algunos de los desarrolladores informales, como Balerio Estacio (*El Universo*, 2010). A partir de ese momento se establecieron planes para la zona, como la puesta en marcha de un Plan Maestro para Monte Sinaí, que involucraría el reajuste de tierras, el desarrollo de programas de viviendas, proyectos sociales y comunitarios, granjas comunitarias, equipamientos recreativos y deportivos, la regularización de la tenencia de la tierra y la participación de la ciudadanía en la elaboración de dicho plan (Miduvi, 2013).

Con respecto al plan Masa para Monte Sinaí, como se observa en la figura 2, los principales proyectos están localizados en el área de Las Thalía y Las Marías, así como en el área de Los Juanes, donde se planificó un programa de reajuste de tierras. Se consideró para el efecto a los pobladores establecidos antes de diciembre de 2010 y se definieron lotes de  $8 \times 15$  metros, la cual es la medida de la mayoría de los lotes de la zona. Se estableció también un área máxima del lote de  $300\text{ m}^2$ ; aquellos pobladores que tuvieran un excedente de terreno tendrían que pagar la diferencia. Además, se construyó en el sector un hospital con capacidad para 400 camas (Miduvi, 2013).

## Metodología

La metodología por utilizar para el presente estudio combina investigación bibliográfica para realizar un estudio tipológico de los tipos de vivienda más utilizados en el contexto de la vivienda en Guayaquil, y el desarrollo de modelos de simulación conceptuales para la provisión de vivienda nueva y el mejoramiento de medio urbano por medio de infraestructura y equipamiento, y con base en el método de elementos para control de costos.

El uso de modelos de simulación conceptuales permite, mediante una abstracción de la realidad, plantear diferentes escenarios utilizando variables tanto arquitectónicas como urbanas, con el fin de obtener la mayor eficiencia del proyecto en términos sociales y económicos. De esta

forma —si bien, con base en el análisis tipológico, se determinaron los tipos de vivienda y los parámetros que brindarían mayor flexibilidad—, los modelos pueden funcionar según cualquier tipo de vivienda.

Finalmente, se realizan análisis de sensibilidad, con el fin de identificar las variables que podrían tener un mayor impacto al momento de plantear o planificar un proyecto y un análisis de optimización para determinar las posibles opciones factibles dentro de un set de variables fijando un problema objetivo y limitantes concernientes al costo y el área para los proyectos.

## El método de elementos

Debido a la complejidad de las configuraciones urbanas, se requiere un sistema bien estructurado. Con tal fin, se utilizó el método de elementos (De Troyer, 2018), que presenta una división jerárquica de los distintos elementos de las edificaciones, como paredes y cubierta, y dentro de estos, a su vez, las diferentes partes: ventanas, puertas y estructura de cubierta; y posteriormente, con respecto al material de que se componen dichas partes. En consecuencia, es posible hacer un análisis a las diferentes escalas de la vivienda y medio urbano, como se ve en la figura 3. De esta forma, es posible utilizar el método elemental para definir las diferentes partes o elementos en el ámbito del contexto urbano inmediato, o unidad urbana básica (De Troyer y Allacker, 2004; De Troyer, 2018), la cual está definida por un sistema de vías

## V Figura 1. Distrito metropolitano de Guayaquil-Samborondón.

Fuente: Municipalidad de Guayaquil y Samborondón zonificación y convenciones, elaboración propia. (2017). CC BY-NC-SA 2.5

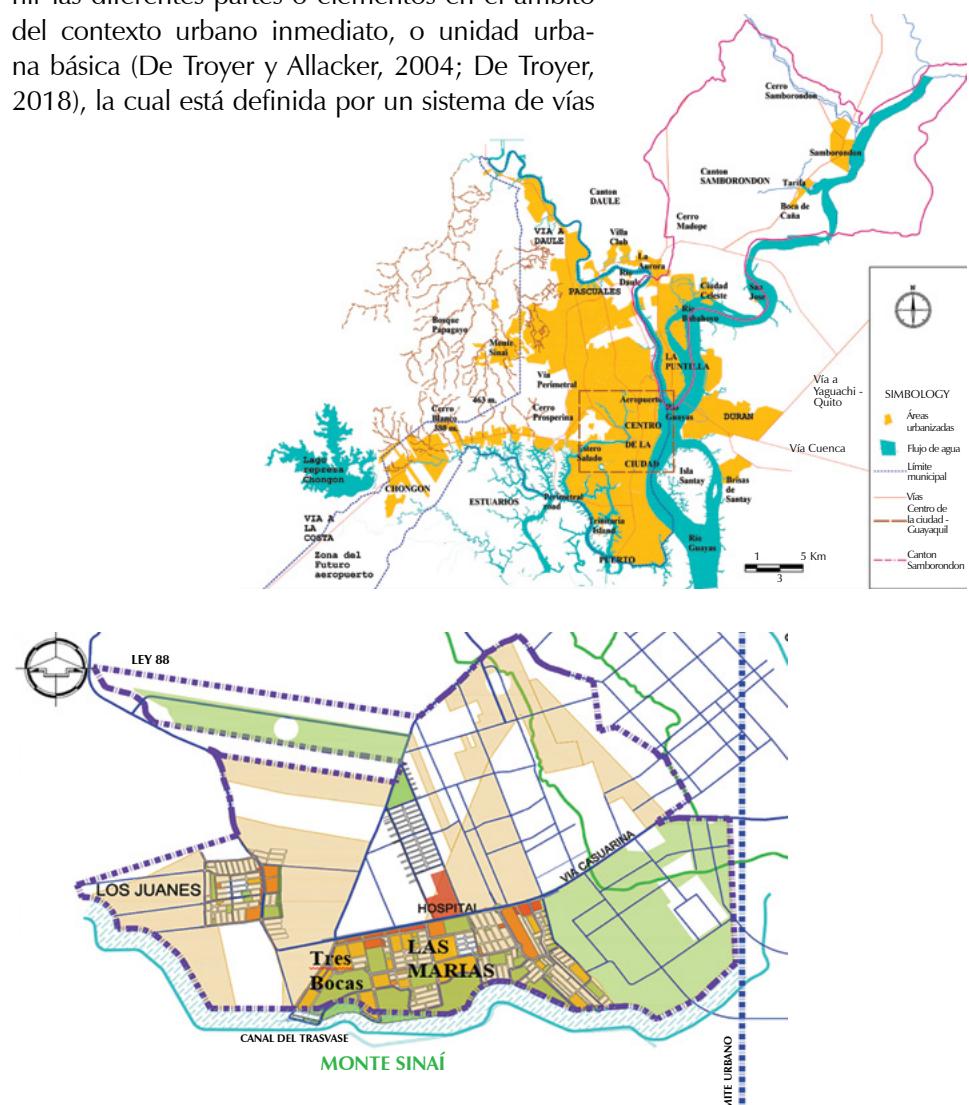


Figura 2. Implantación general y proyectos en la zona de Monte Sinaí.

Fuente: Miduví, esquemas de áreas de desarrollo urbanístico y ocupación elaboración propia. (2013) CC BY-NC-SA 2.5

(primarias y secundarias), lotes y áreas para equipamiento urbano o espacio público, como áreas verdes, recreativas, deportivas o de comercio (Trigaux et al., 2017a, p. 598; Delgado, 2013b, pp. 259-260). Para los modelos presentados en este trabajo se utilizarán los niveles que van desde las edificaciones o unidades habitacionales y la configuración urbana del contexto inmediato de estas, como lo muestra la figura 3.

### Prototipos de vivienda social. El conjunto habitacional

Para identificar tipos de vivienda social que contengan las características más representativas del contexto, se hizo un análisis comparativo de diversas tipologías extraídas de proyectos de vivienda social nacional e internacional, según se aprecia en la figura 4. La vivienda de interés social formal en Guayaquil maneja áreas de entre 36 m<sup>2</sup> y 47 m<sup>2</sup>, mientras que la vivienda informal presenta áreas de entre 48 m<sup>2</sup> y 120 m<sup>2</sup> (Delgado, 2018). A partir del análisis de las tipologías, se estableció que una de las variables más determinantes para proporcionar flexibilidad de espacio a los usuarios de vivienda social es el *tamaño del lote*, el cual debe dar cabida a posibles cambios y ampliaciones de la vivienda, sin que por ello se deba sacrificar la calidad habitacional en cuanto a espacios iluminados y ventilados. Así, por ejemplo, un lote promedio del sector de Monte Sinaí (el cual es mayor que el promedio de proyectos de vivienda social en Guayaquil) tiene unas dimensiones de 8 m × 15 m, y al dar cabida a una edificación semiadosada de 6 m × 9 m, con retiro frontal 2 m y lateral 2 m quedaría en el lote un área estimada de ampliación de 24 m<sup>2</sup>, correspondiente al 20% de la capacidad del lote. Además, es necesario considerar el diseño y el tipo de viviendas

colindantes, de tal forma que no queden espacios sin iluminación o ventilación como consecuencia de ampliaciones o adosamientos.

De esta forma, por medio del estudio de aspectos ambientales en el diseño de los agrupamientos de viviendas se llegó a la conclusión de que no podían considerarse tipos de vivienda solo en el ámbito arquitectónico, por cuanto es necesario relacionar la vivienda como un componente del hábitat; es decir, su entorno inmediato. Por tanto, se tomó como elemento articulador el conjunto habitacional, que relaciona la vivienda con el contexto urbano inmediato a esta. Así se podría verificar que la forma resultante de las ampliaciones de la vivienda esté coordinada con las ampliaciones de las viviendas próximas, vecinas, y con el diseño de la unidad urbana. Así, el tamaño del lote es una de las variables principales para el desarrollo de los modelos de simulación, junto con la variable de *dimensiones de vías* en cuanto a su sección, las cuales pueden luego multiplicarse por metros lineales para la aplicación de los modelos.

El presente estudio considera que el problema de la vivienda social requiere dar respuestas que aborden la complejidad de dicho problema, y las cuales no se pueden resolver tan solo con la identificación de prototipos "ideales" de vivienda, sino por medio de un sistema abierto y flexible que permita utilizar diversos prototipos que consideren a su vez componentes de flexibilidad para los futuros usuarios de la vivienda y de calidad del hábitat o contexto urbano inmediato de esta.

### Desarrollo y principios de los modelos de simulación

Se desarrollaron dos tipos de modelos de simulación, de acuerdo con las estrategias planteadas

Figura 3. Niveles habitacionales utilizados para los modelos.

Fuente: elaboración propia (2013). CC BY-NC-SA 2.5



	CASOS			
	MUCHO LOTE	ISLA TRINITARIA	MOLINOS DE CAPULISBAMBA	MIRAFLORES
<b>M2 LOTES</b>	6,12 x 12	6 x 12	9,55 x 4,50	9,50 x 4,50
	72 m <sup>2</sup>	72 m <sup>2</sup>	42,91	42,75 m <sup>2</sup>
<b>M2 VIVIENDAS</b>	6,10 x 6	5 x 9		
	36,6 m <sup>2</sup>	45 m <sup>2</sup>	67 m <sup>2</sup>	32,40 m <sup>2</sup>
<b>MEDIDAS</b>	6 6,1 12	6 9 12	4,5 9,5	4,5 9,5

en el proyecto *Desarrollo de un modelo de regulación de la imagen urbana de las vías estructurantes de los asentamientos humanos informales del norte de Guayaquil*, tales como: 1) proporcionar vivienda nueva en áreas identificadas para proyectos de vivienda social (vacíos urbanos), y 2) proveer infraestructura urbana en las zonas de asentamientos semiconsolidados. Estos modelos nos permiten, a su vez, responder a dos preguntas:

### **1. En cuanto a nuevos proyectos de vivienda social:**

¿Cuál es la combinación más óptima de número de unidades de vivienda por tipo y dimensiones de lotes para obtener el mayor beneficio en términos de aprovechamiento del área disponible para el proyecto y los recursos disponibles en cuanto a la inversión?

### **2. En cuanto a mejoramiento del hábitat en sectores semiconsolidados:**

¿Cuáles serían las opciones en cuanto a la planificación de provisión de infraestructura pública en áreas no consolidadas que permitan obtener rentabilidad sobre la inversión?

Para el desarrollo de los modelos se recurre al uso de variables-*inputs*, o de entrada del modelo, y variables-*outputs*, o resultados. Se aplican curvas de demanda de viviendas, considerando los precios de los tipos de viviendas. Para la optimización realizada en el primer modelo, se utiliza la aplicación de Frontline Systems, Inc. (2018), Frontline Excel Solvers, para, por medio de un proceso iterativo de variables, ajustar el resultado del modelo a una celda objetivo y de acuerdo con los límites definidos para el modelo. Para el segundo modelo se utilizan curvas de retorno de inversión del valor presente neto. Finalmente, se realizan análisis de sensibilización de variables y de optimización de soluciones.

### **Modelo vivienda nueva**

El modelo se compone de dos partes principales: 1) área de diseño ( $m^2$ ) y 2) economía (\$). El objetivo es determinar cuál es la combinación óptima de número de unidades por tipos de viviendas utilizadas en el proyecto, con el fin de maximizar el uso de recursos y determinar la rentabilidad del proyecto (celda objetivo) con base en el área de diseño del proyecto ( $m^2$ ), y con los costos de inversión (\$) como limitantes para la simulación. Por tanto, el modelo incluye una parte final de optimización de variables.

A su vez, basándonos en los análisis previos para considerar la producción de vivienda social, no solo con un enfoque arquitectónico, sino también, con base en su entorno inmediato urbano, se tomó como unidad para la parte del diseño de la simulación, una unidad urbana, como se aprecia en la figura 5, y consistente en cuatro cuadrantes, divididos por un sistema vial de ejes cartesianos (x y y). En esta *unidad urbana* es posible también incluir lotes que correspondan a equipamientos urbanos como áreas verdes. Para modelo 1 de vivienda nueva y modelo 2 para mejoramiento de área urbana, se usará esta unidad urbana.

Con respecto a la unidad urbana, se utilizarán como *variables-inputs de entrada* las medidas de lotes, el número de lotes por cuadrante, las medidas de vías y las áreas verdes, para calcular las dimensiones de la unidad urbana en sentido x y en sentido y por cada tipo de vivienda incluido en el proyecto.

En la figura 6 se puede observar la utilización de la unidad urbana sobre el tejido urbano de un proyecto de vivienda social en Guayaquil: el proyecto Mucho Lote, ubicado al noroeste de la ciudad, a un lado de la avenida Francisco de Orellana.

Figura 4. Estudio tipológico de proyectos de vivienda social en Guayaquil, Ecuador.

Fuente: elaboración propia (2017). CC BY-NC-SA 2.5

NACIONALES				CASOS INTERNACIONALES	
SOCIO VIVIENDA 2 - PROYECCION	SOCIO VIVIENDA 2- ETAPA CONSTRUIDA	SOCIO VIVIENDA 1- MODELO 1	SOCIO VIVIENDA 1- MODELO 2	QUINTA DE MONRROY	MONTERREY
72,26 m <sup>2</sup>	5,5 x 10,3 56 m <sup>2</sup>	6,5 x 14 91 m <sup>2</sup>	6,50 x 14 91 m <sup>2</sup>	6,15 x 9,55 58,73 6,05 x 6,15	6,40 x 10,76 111,9 40 m <sup>2</sup> 42,75 m <sup>2</sup>
47,60 m <sup>2</sup>		36,10 m <sup>2</sup>	38,35 m <sup>2</sup>		

TABLA RESUMEN -MEDIDAS LOTES M<sup>2</sup> VIVIENDAS

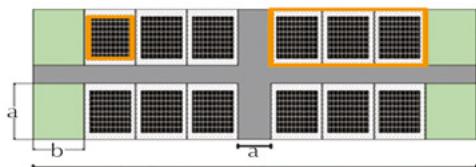


Figura 5. Esquema de unidad urbana usada para modelos.

Fuente: elaboración propia.  
CC BY-NC-SA 2.5

Nota: compuesta de cuatro cuadrantes y sistema de calles en sentido  $x'$  y  $y'$ . En la primera figura a la izquierda se incluyen áreas verdes.

Figura 6. Implantación de una unidad urbana en el trazado urbano. Caso: proyecto Mucho Lote 1-Guayaquil.

Fuente: Municipalidad de Guayaquil. Convenciones de elaboración propia. (2017) CC BY-NC-SA 2.5

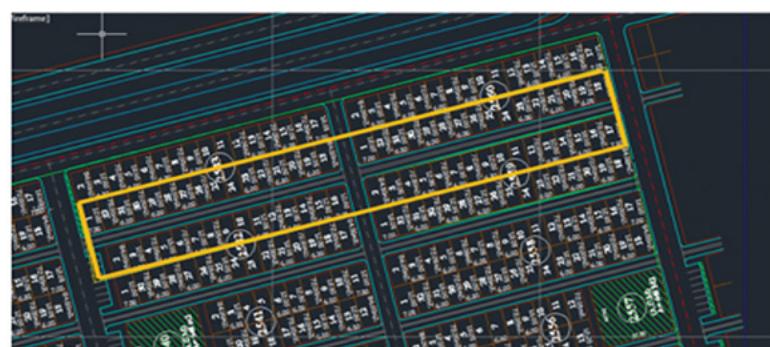
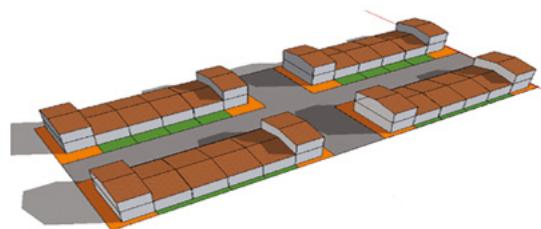


Figura 7. Prototipos de viviendas utilizados para el modelo: a) Tipo 1: Vivienda una sola planta (Sociovivienda 1); b) Tipo 2: Vivienda de dos plantas (Sociovivienda 3); Tipo 3: Departamentos de 3 plantas altas (Sociovivienda 2).

Fuente: Miduvi, 2013.a) Por cortesía de Miduvi; b y c) Fotos de autor, 2018, CC BY-NC-SA 2.5

Las *variables-inputs*, o de entrada urbano-habitacionales, dentro de restricciones de costo y área utilizadas para este modelo son:

**1. Con respecto al diseño:** Se utilizaron tres tipos de vivienda (vivienda de una planta, vivienda de dos plantas y departamentos de tres plantas altas), como se ve en la figura 7, utilizando para el modelo de simulación los tipos más representativos del contexto. También se usaron variables como: área total del proyecto, porcentaje del área residencial, número de unidades habitacionales por cada tipo de vivienda utilizado, dimensiones del lote (a y b) y la vivienda, número de lotes por cuadrante, medidas de vías, ancho de vía primaria (a) y secundaria (b) por cuadrante, medidas de áreas verdes (a y b) y número de áreas verdes.

**2. Con respecto a la economía:** Costo de construcción por tipo de vivienda; precio por tipo de vivienda; precio reducido por tipo de vivienda de acuerdo con el número de viviendas por proveer; número de unidades de vivienda para la reducción de precio.

Las *variables outputs-resultados* del modelo se expresan de la siguiente manera:

**3. Con respecto al diseño:** El modelo calcula el total de  $m^2$  de construcción por tipo de vivienda con base en las dimensiones de la vivienda y el número de unidades por tipo. Se calculan los  $m^2$  de construcción en una *unidad urbana* com-

puesta de cuatro cuadrantes. Posteriormente se divide el total de  $m^2$  de construcción para los  $m^2$  de construcción de la unidad urbana, para calcular el número de unidades urbanas. Se calculan también espacios para área verde y se determinan las dimensiones de un área urbana, en sentido x y en sentido y, con lo que se calcula el área de una unidad urbana. Con el área en  $m^2$  de la unidad urbana y el número de unidades urbanas se obtiene el área total urbana residencial necesaria por cada tipo de vivienda utilizada en el proyecto.

El área total del proyecto se organiza con base en el número de unidades urbanas (*variable output*), que están, a su vez, definidas por las *variables-inputs*, o de entrada del proyecto: número de unidades de viviendas por tipo, dimensiones del lote, dimensiones de las viviendas, secciones de vías (el modelo calcula los metros lineales totales y subtotales de vías como variables de resultado de proyecto) y equipamientos de áreas verdes.

**2. Con respecto a la economía:** El modelo calcula el costo total de construcción de unidades con base en el costo por unidad habitacional y el número de unidades establecido al inicio del modelo. Con respecto al precio, se calcula un precio de venta con base en una curva de demanda estableciendo una reducción en el precio por un número  $n$  de unidades habitacionales, y asumiendo que una reducción en el precio es posible si se pro-

vee un número determinado de unidades de vivienda; es decir, asumiendo un precio máximo por una unidad habitacional y la máxima reducción por el número  $n$  de unidades. Se establece la pendiente de la curva, a partir de la cual se puede establecer el precio con base en el número de unidades habitacionales utilizadas, como se verá en la figura 8. Con el precio obtenido se pueden calcular el precio total por tipos de vivienda y el margen de rentabilidad por tipos y total.

Finalmente, se realiza una optimización de soluciones, por medio de un proceso iterativo de búsqueda de opciones con base en un objetivo establecido para el modelo; es decir, de la mejor o la más óptima solución para el modelo, sujeto a restricciones, que en el caso del presente modelo se refieren al costo de la inversión y al área del proyecto. La optimización puede representar que se maximicen las ganancias, se reduzcan los costos o se logre la mejor calidad posible. En el presente caso, se establece como objetivo optimizar el margen de rentabilidad del proyecto utilizando como variables para la optimización el número de unidades habitacionales por tipo y las dimensiones de los lotes que van a utilizarse para las unidades. Se establecen como límites principales: el área total residencial urbana disponible para el proyecto ( $m^2$ ) y el costo total de inversión (\$). A su vez, se establecen limitantes a las variables relativas a las dimensiones de los lotes, con el fin de restringir su dimensionamiento. Se obtiene de esta forma la solución más óptima de acuerdo con las variables, la celda objetivo y las restricciones del modelo.

### Mejoramiento del área urbana-hábitat

Este modelo se compone de dos partes principales: 1) área de diseño ( $m^2$ ) y 2) economía (\$). El objetivo es determinar cuáles serían las opciones en cuanto a la planificación de provisión de infraestructura pública en áreas semiconsolidadas que permitan recuperar la inversión del valor presente para el desarrollador urbano-arquitectónico<sup>5</sup>.

Las variables-inputs, o de entradas utilizadas para este modelo son:

- 1. Con respecto al diseño:** Ancho y profundidad del lote; número de lotes por hileras; ancho de la calle principal y de la secundaria; área ( $m^2$ ) del equipamiento comunitario (mercado o parque).
- 2. Con respecto a economía-costos de infraestructura:** Costo de las vías, la pavimentación y las veredas; costo de la electricidad, el agua y el alcantarillado; costo del drenaje de aguas lluvias; costo de los drenajes para aguas ser-

<sup>5</sup> Una versión inicial de este modelo para mejoramiento de área urbana en zonas semiconsolidadas fue desarrollada con la participación y durante la visita de campo del profesor Frank de Troyer a Guayaquil, en marzo de 2018, dentro del marco del proyecto Procesos Urbanos y Sociales del Hábitat-Alternativas para Proyectos de Vivienda Social.

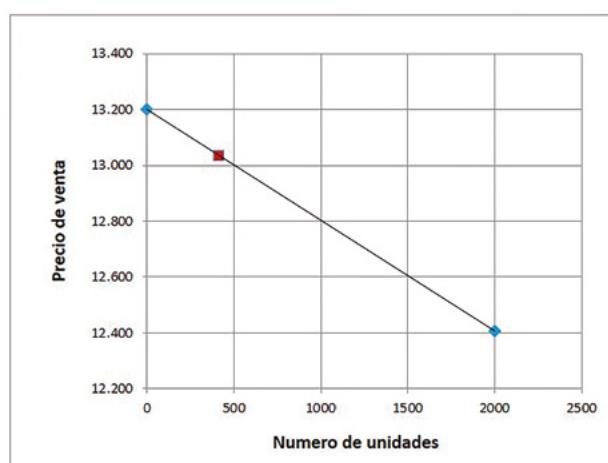


Figura 8. Curva de demanda de unidades de vivienda. Tipo 1 para el modelo.

Fuente: elaboración propia. CC BY-NC-SA 2.5

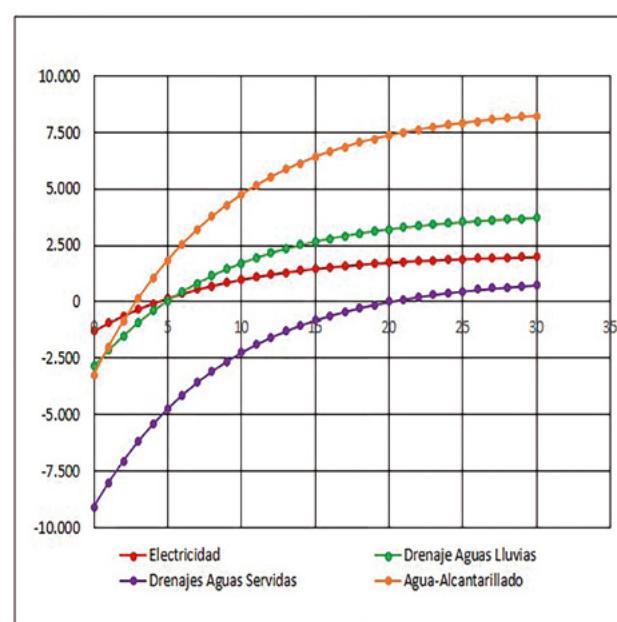


Figura 9. Curvas del valor presente para la recuperación de la inversión para una provisión progresiva de infraestructura urbana.

Fuente: adaptado de: De Troyer (2018), con autorización.

vidas. Adicionalmente: ganancia por lote por cada componente de infraestructura.

### 3. Con respecto a economía-costos financieros:

Tasa de interés; inflación; horizonte financiero.

Las variables-outputs, o de resultado, que este modelo calcula son las siguientes:

- 1. Con respecto al diseño:** Área del lote, área total de lotes, longitud de las calles, total longitud de las calles, área total de unidad urbana.
- 2. Con respecto a economía-costos:** Costos totales de las vías, la pavimentación y las veredas, de la electricidad, del agua, del alcantarillado, de aguas lluvias y del de aguas servidas.
- 3. Con respecto a economía-costos financieros:** El modelo calcula la suma del valor presente del costo futuro de cada componente de infraestructura, según como lo muestra la figura 9, así: por electricidad, drenajes de aguas lluvias, aguas servidas, alcantarillado y la suma total del valor presente de todos estos componentes.

Para el cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

Donde:

$V[C]$  = valor presente en un año

$C$  = costo por el año de referencia

$g$  = tasa nominal de crecimiento

$d$  = tasa nominal de descuento

(continúa)

Área del Proyecto		600.000 m <sup>2</sup>				Área residencial		70 %							
# Unidades /Tipo	Tipos de viviendas %	ÁREA DE VIVIENDA		Lote		CONSTRUCCIÓN		Unidad urbana		Dimensiones de la unidad urbana					
		Dimensiones del lote	M <sup>2</sup> lote	M <sup>2</sup> Construcción/ Tipo de vivienda	M <sup>2</sup> Construcción	Calle	a= 9 b=21	Número de lotes por cuadrantes	Unidad Urbana (M <sup>2</sup> Construcción)	# Unidades Urbanas	X	Y	Área unidad urbana (M <sup>2</sup> )	Total Área Urbana (M <sup>2</sup> )	Total Área Residencial
1	1 Planta	413	9	a 5 50	36,30	14.991		9	1.307	11	111 29	3.219	36.926		
				b 10											
2	2 Plantas	211	6	a 6 78	49,5	10.448		9	1.781	6	129 35	4.515	26.472		
				b 13											
3	Departamentos	2.967	85	a 17 340	49,7 *	147.651		4	3.185	46	157 49	7.693	356.602		
				b 20											
Total		3.591	100											420.000*	

\*De un departamento

\* Límite para optimizaciones

		Límites de optimización		Resultados del proyecto			
Optimización N. <sup>o</sup>	(%) área residencial	Límite de área urbana (M <sup>2</sup> )	Límite de inversión (US \$)	Costo total	Precio total	Margen total de rentabilidad (precio-costo)	
1	70	420.000	\$ 60.000,00	\$ 47.745.473,00	\$ 52.187.757,00	\$ 4.438.284,00	
2	60	360.000	\$ 60.000,00	\$ 41.043.134,00	\$ 44.889.459,00	\$ 3.846.325,00	
3	70	420.000	\$ 40.000,00	\$ 40.000.000,00	\$ 43.785.281,00	\$ 3.785.281,00	
4	70	420.000	\$ 50.000,00	\$ 47.745.473,00	\$ 52.187.757,00	\$ 4.438.284,00	
5	60	360.000	\$ 50.000,00	\$ 41.043.134,00	\$ 44.889.459,00	\$ 3.846.325,00	
6	65	320.000	\$ 50.000,00	\$ 44.396.304,00	\$ 48.540.121,00	\$ 4.143.818,00	
7	60	360.000	\$ 45.000,00	\$ 41.043.134,00	\$ 44.889.459,00	\$ 3.846.325,00	
8	65	390.000	\$ 40.000,00	\$ 40.000.,000,00	\$ 43.785.281,00	\$ 3.785.281,00	
9	65	390.000	\$ 35.000,00	\$ 35.000.000,00	\$ 38.335.628,00	\$ 3.335.628,00	

## Resultados

① Tabla 2. Resultados de optimización de la rentabilidad del proyecto, considerando tres tipos de vivienda, de acuerdo con las preferencias de la población y considerando límites de costo de inversión y porcentaje de área destinado para el proyecto.

Fuente: elaboración propia (2019).

Para el primer modelo (modelo 1-vivienda nueva), se realizaron análisis de optimización de variables con el fin de determinar las mejores combinaciones de tipos de viviendas que brindarían una óptima rentabilidad para el constructor o el desarrollador urbano dentro de las limitaciones del área urbana residencial (m<sup>2</sup>) disponible para el proyecto y un monto máximo de inversión (\$). Una vez hecha la optimización, los resultados, se muestran indicando la combinación óptima de número de viviendas por tipo, m<sup>2</sup> de construcción de las viviendas, m<sup>2</sup> de terreno, número de unidades urbanas por tipo de vivienda, m<sup>2</sup> por área urbana por tipo y m<sup>2</sup> de área residencial asignada a cada tipo y total de m<sup>2</sup>. La tabla 1 muestra en detalle la optimización realizada (que se muestra, a su vez, como la optimización N.<sup>o</sup> 4 en la tabla 2). Esta muestra una combinación óptima del número de unidades habitacionales por los tres tipos de vivienda incluidos, así: por tipo 1, vivienda de una planta, 413 unidades; por tipo 2, vivienda de dos plantas, 211 unidades, y por tipo 3, departa-

tamentos, 2967 unidades, que suman un total de 3591 unidades de vivienda. Si se asume una unidad familiar de 5 miembros promedio por familia, se obtendría una densidad neta de 427 habitantes para las 42 hectáreas de área residencial (420.000 m<sup>2</sup>), correspondientes al 70 % del área total del proyecto (600.000 m<sup>2</sup>). El área residencial, de 420.000 m<sup>2</sup>, es una de las limitantes para la optimización, como también lo es el monto de inversión, para lo que se establece un máximo de \$50.000.000; por medio de la optimización, se alcanza un valor de rentabilidad de \$47.748.472, y se establece de esa forma la máxima eficiencia económica para la rentabilidad total del proyecto.

La tabla 2 muestra nueve rondas de optimización realizadas (la optimización N.<sup>o</sup> 4 se muestra en tabla 1), considerando en cada una tres tipos de vivienda, así como el porcentaje de área residencial, y dentro de los límites descritos (de área urbana residencial para el proyecto y monto de inversión) y con los resultados de costo-beneficio y rentabilidad para el constructor.

⑤ Tabla 1. Resultados de la optimización N.º 4 de la tabla 2.

Fuente: elaboración propia (2019).

Nota: se muestra la combinación óptima de número de viviendas por tipo y número total de unidades de viviendas. Las celdas marcadas con celeste corresponden a variables-inputs, o de entrada, y las celdas grises son, además, las variables usadas para la optimización.

		\$ COSTO	\$ PRECIO (con base en la demanda)			Resultados totales del proyecto (\$)		
	Tipos de viviendas	Costo por unidad habitacional	Precio \$ básico/unidades	Precio reducido	Precio de venta con base en Curvas de Demanda	Costo total	Precio total	Rentabilidad total
1	1 Planta	12.000	13.200	12.408	13.037	4.955.640	5.383.798	428.158
2	2 Plantas	13.000	14.300	13.585	14.262	2.743.892	3.010.354	266.462
3	Departamentos	13.500	14.850	14.553	14.762	40.049.940	43.793.604	3.743.664
						47.749.472 *	52.187.756	4.438.284*
						* Límite para optimizaciones		* Objetivo para optimizaciones
						50.000.000		

Diseño			Análisis financiero				
			Cálculos				
Ancho de lote	8	m	Área del lote	120	Interés	14 %	Por año
Profundidad del lote	15	m	Total área de lotes	2.400	Inflación	2 %	Por año
N.º de lotes/hileras	5				'(1+g)/(1+a)	0,894736842	
Ancho calle 1	25	m	Longitud calle 1	50	Horizonte financiero	30	años
Ancho calle 2	20	m	Longitud calle 2	80			
Mercado	150	m <sup>2</sup>	Total longitud calles	130	Suma valor presente	8,197811079	
N.º de unidades urbanas	1	u	Área total	7.750			

Costos							
Por unidad		Total (\$)	Beneficio/lote	Beneficio primer año	Costo/beneficio	Valor presente de beneficios	Costo/beneficio
Suelo + Subdivisión	25	\$/m <sup>2</sup>	193.750	1.150	23.000	8,4	188.549,65
Vías-pavimentación y veredas	12	\$/m	1.500	10	200	7,8	1.639,56
Electricidad	10	\$/m	1.300	20	400	3,3	3.279,12
Agua-Alcantarillado	25	\$/m	3.250	70	1.400	2,3	11.476,94
Drenaje aguas lluvias	22	\$/m	2.860	40	800	3,6	6.558,25
Drenaje aguas servidas	70	\$/m	9.100	60	1.200	7,6	9.837,37
Operación Total			211.820		27.000	7,8	221.340,90
							0,96

Para el segundo modelo, (modelo 2-mejoramiento de área urbana), se calcula para una unidad urbana el área total de lotes, la de calles y el área total. Se obtiene el valor presente y la ganancia beneficio para cada uno de los componentes de infraestructura que van a incluirse en el proceso de mejoramiento del área urbana (tabla 3).

Además de lo planteado, se realizaron análisis de sensibilidad de variables por medio de la aplicación en la plataforma Frontline Solvers para los dos tipos de modelos desarrollados, para vivienda nueva y de mejoramiento, según se observa en las figuras 10 y 11, usando la representación gráfica de barras tornado. Estos análisis relevaron las variables que tienen mayor impacto en los resul-

tados del modelo propuesto, para vivienda nueva, como son: la variable concerniente al *número de apartamentos por piso* en los tipos de viviendas, que en la figura 10 aparece indicada como la celda \$C\$22, y el *número de pisos*, indicado como \$M\$22; es decir, lo concerniente a la *densidad* de los proyectos de vivienda social.

En los análisis de sensibilidad realizados al modelo de mejoramiento del área urbana, se identificó como una de las variables más sensibles la concerniente al *ancho de los lotes*, que en la figura 11 se encuentra indicado como la celda \$B\$15, seguido del costo relativo a la subdivisión de esos lotes y al número de unidades urbanas utilizadas.

⑥ Tabla 3. Resultados del modelo de mejoramiento de área urbana-hábitat.

Fuente: adaptado de De Troyer (2018), con autorización.

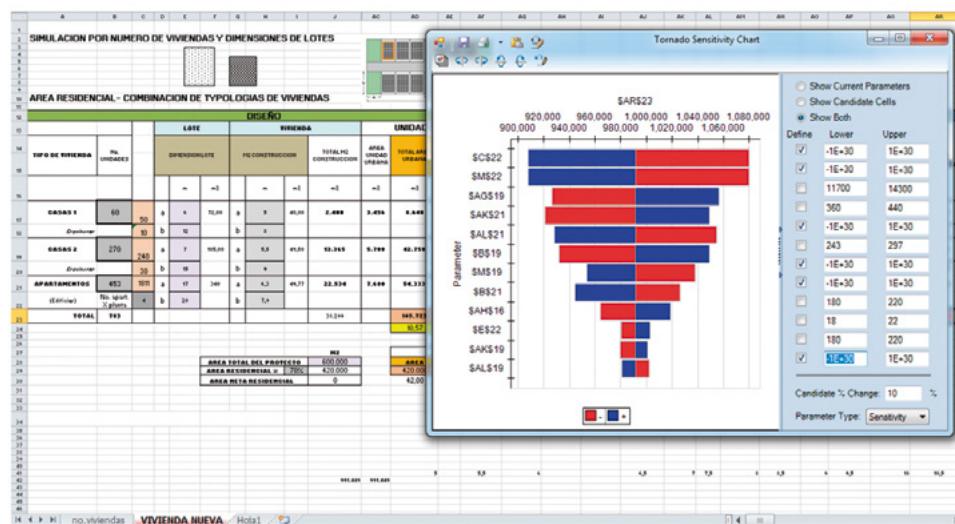


Figura 10. Análisis de sensibilidad de variables. Vivienda nueva.

Fuente: elaboración propia (2018). CC BY-NC-SA 2.5

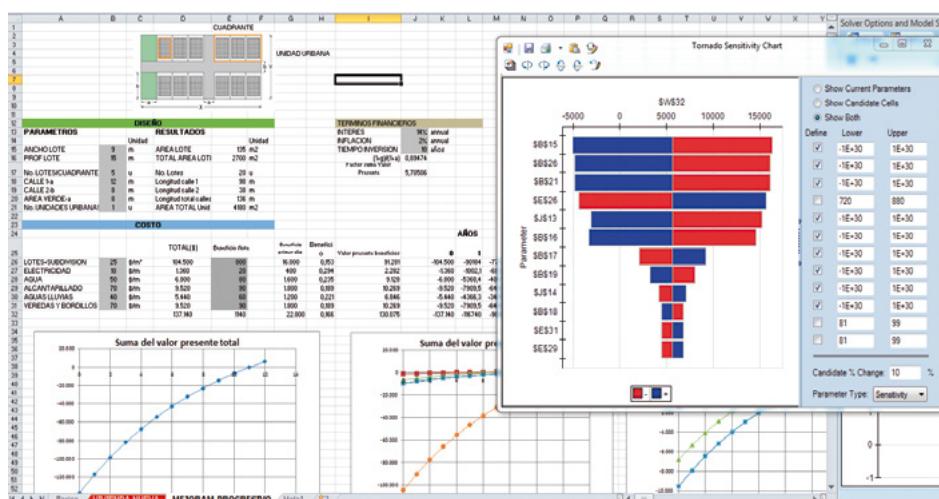


Figura 11. Análisis de sensibilidad de variables. Mejoramiento de vivienda.

Fuente: elaboración propia, 2018. CC BY-NC-SA 2.5

En los análisis de sensibilidad realizados en los modelos de simulación se identificaron variables como el tamaño del lote y, específicamente, el ancho del lote, como las que tienen mayor impacto en el proyecto, lo cual corrobora lo identificado en estudios previos (Delgado, 2013b, 2018; DeTroyer, 2018). Cabe observar que estas son variables que corresponden al trazado urbano de los proyectos (tamaño de lotes, ancho de calles, espacios para equipamientos urbanos como áreas verdes, centros comunales), y que deben ser consideradas desde el inicio de la planificación de un proyecto y no pueden ser modificadas, o muy difícilmente lo son con posterioridad. Por otra parte, son condicionantes esenciales para poder proveer progresividad y flexibilidad al cambio en las viviendas.

Lo anterior, a su vez, corrobora lo establecido en trabajos previos a la presente publicación y mencionados en la introducción, como en el análisis tipológico realizado, precedente al desarrollo de los modelos dentro del proyecto *Procesos Urbanos y Sociales del Hábitat-Alternativas*

para Proyectos de Vivienda Social, donde se identificó, basándose en análisis funcionales y espaciales de diseño y encuestas de preferencias, el tamaño de los lotes (y dentro de esto, el ancho de los lotes), como un componente esencial a fin de proveer la flexibilidad necesaria para que los futuros usuarios puedan expandir y ampliar su vivienda en el futuro, de acuerdo con sus propias necesidades.

A su vez, la densidad de los proyectos es otro factor esencial identificado en los análisis de sensibilidad. De acuerdo con experiencias obtenidas también dentro del marco de los proyectos de investigación previos a esta publicación (Delgado, 2013b, 2018; De Troyer, 2018), se deberían enfocar propuestas en tipos de viviendas de mediana altura y alta densidad, con el fin de dotar propuestas de vivienda y de hábitat accesible para los sectores de menores ingresos de la población; sin embargo, y según la información recabada en proyectos previos como el proyecto *Procesos Urbanos y Sociales del Hábitat-Alternativas para Proyectos de Vivienda Social*, en las encuestas de preferencias realizadas a futuros usuarios, se detectó una mayor preferencia por vivienda aislada (83%) con respecto a departamentos (17%), lo que contrasta con los resultados del modelo, como se ve en la tabla 1, y que muestran, con respecto al número de unidades de tipos de viviendas, un alto número de departamentos y una densidad mediana-alta de habitantes por hectárea, así como los análisis de sensibilidad realizados, que muestran la densidad como una de las variables con mayor impacto en los proyectos.

Con respecto a los modelos de simulación planteados, es necesario reconocer que los modelos propuestos tienen limitaciones, y estas deben ser vistas como la necesidad de un mayor desarrollo de dichos modelos y la validación a través de bases de datos extensas de población y en diferentes contextos. Adicionalmente, al ser modelos de utilización práctica, podrían ser considerados muy simplistas o poco elaborados. Con respecto a ello, lo que se persigue es, sobre todo, la definición de criterios esenciales, de tal forma que los modelos puedan adaptarse a diferentes situaciones y contextos; además, es necesario puntualizar que un modelo de simulación conceptual es solo una representación abstracta de un problema real, y no pretende ser una representación exacta de esa realidad, si se reconocen, a su vez, las limitaciones en la definición de lo que representa un modelo conceptual de simulación, descritas en Moris et al. (2008), Van der Zee et al. (2010) y Robinson (2020).

## Conclusiones

La respuesta a la demanda de vivienda y hábitat accesible para los sectores de bajos ingresos de la población requiere ser atendida considerando la interacción de los diferentes actores sociales

involucrados y considerando a la vivienda parte de un sistema integral y complejo, que es el hábitat o su contexto urbano inmediato. Como respuesta a ello, se implementaron modelos que toman en cuenta variables no solo arquitectónicas, sino urbanas, tomando la unidad urbana que corresponde al contexto urbano inmediato de la vivienda como medida para la simulación abstracta del hábitat, tanto para vivienda nueva como para mejoramiento de la infraestructura.

Los modelos de simulación desarrollados permiten abordar dos situaciones de demanda de vivienda e infraestructura en la zona de estudio, como lo es el sector de Monte Sinaí, en Guayaquil. Una cosa es la necesidad de dotar de vivienda nueva asequible los sectores de más bajos ingresos en las áreas de vacíos urbanos identificadas, y otra, la situación de necesidad de dotar de infraestructura las zonas semiconsolidadas a lo largo de las vías estructurantes del territorio. En el primer caso de vivienda nueva, el modelo desarrollado permite definir la combinación más óptima de número de viviendas por tipo y dimensiones de lotes, a fin de optimizar al máximo los recursos invertidos, dentro de limitaciones de área residencial destinada para el proyecto y el costo de inversión. En el segundo caso, de mejoramiento de área urbana para zonas semiconsolidadas, el modelo permite visualizar la recuperación de la inversión de la provisión progresiva de los distintos componentes de infraestructura básica y equipamiento urbano; esto es vital tenerlo en cuenta en un contexto como Monte Sinaí, donde, como resultado de procesos informales, ya existen vastas extensiones de áreas residenciales que carecen de infraestructura básica vial y de servicios. Es recomendable, sin embargo, para una mayor validación de los modelos, su aplicación en otros contextos y situaciones de habitabilidad, en las zonas periféricas o en el centro de la ciudad.

La evaluación de los modelos permitiría abrir posibilidades para la utilización de estas herramientas dentro del campo de la arquitectura, en el cual no han sido suficientemente exploradas, debido a que el campo de la simulación es considerado, por algunos planificadores y diseñadores urbanos, algo netamente técnico, y, por tanto, hay, algunas veces, reticencia a utilizar estos instrumentos (Baena y Olaya, 2013). Al mismo tiempo, es recomendable poder ligar los modelos conceptuales de simulación con la práctica en el campo de la planificación y la construcción (Robinson, 2020).

Es esencial, no obstante las limitaciones indicadas de los modelos, relevar la importancia de los presentes modelos desarrollados, en los que se ha podido identificar, mediante la optimización y el análisis de sensibilidad, aquellos parámetros de diseño que pueden tener un mayor impacto para el proyecto, como, en el caso del modelo para vivienda nueva, el tamaño de los

lotes; específicamente, el ancho de estos, el trazado urbano, las áreas de equipamiento social o las áreas verdes, parámetros que deben ser considerados desde el momento inicial de planificar y diseñar un nuevo proyecto, y que luego es muy difícil y oneroso económicamente cambiar o incorporar. Además, en los análisis de sensibilidad realizados se detectaron parámetros como el número de pisos o apartamentos por piso, los cuales indican que la densidad es uno de los factores de mayor impacto de un proyecto. Si lo contraponemos con factores de habitabilidad, este factor tiene también impacto, porque es necesario balancear ambos factores (densidad vs. habitabilidad) para que un proyecto presente las condiciones que permitan proporcionar calidad de vida a la población.

Adicionalmente, el modelo de mejoramiento de área urbana en zonas semiconsolidadas permite visualizar la priorización de las inversiones en infraestructura que se vayan a realizar, a fin de conectar la producción y la demanda, de tal forma que se permitan crear sectores mejor conectados y socialmente equitativos.

Con respecto a la recuperación de la inversión para el desarrollador, cabría preguntarse sobre aspectos éticos relativos a cuánta recuperación es aceptable para proyectos de vivienda social y que estos grupos deban pagar por sus viviendas. Acerca de ello, los modelos se basan en el principio de eficiencia; es decir, hacer un uso eficiente de los recursos existentes considerando no éticos el desperdicio y el no aprovechamiento de esos recursos. A su vez, con respecto a si los grupos de menores recursos tienen que pagar por sus viviendas, los habitantes de los barrios periféricos en sectores informales ya están pagando por ello (para obtener agua por tanqueros, por seguridad, por transporte). Así, es esencial contar con herramientas que contribuyan a la provisión de proyectos de vivienda asequibles para la población de menores recursos, de tal forma que los usuarios, en vez de tener que pagar a los desarrolladores informales, puedan hacerlo dentro de un programa de vivienda social asegurando su terreno, su vivienda y su seguridad familiar; sin embargo, es esencial considerar para eso no solo el costo, sino factores que tienen que ver con las preferencias de la población por determinados parámetros de diseño o tipologías de viviendas. Esto se consideró en los modelos presentados en este artículo, al ser el resultado de investigaciones previas sobre preferencias de vivienda de la población (Delgado y De Troyer, 2017b), de tal forma que los usuarios puedan identificarse y apropiarse de los proyectos tanto en la parte habitacional como en la urbana. No considerar lo suficiente dichos aspectos es uno de los factores que provocan que, no obstante existir proyectos de vivienda social formal, los procesos de producción informal del hábitat persistan.

Por último, se recomienda considerar la vivienda parte de un sistema integral y complejo, donde intervienen múltiples variables, actores y escalas de intervención, y que, como tal, requiere respuestas que eviten dar soluciones simplis-

tas, sin tomar en cuenta la complejidad de este y la necesidad de herramientas que permitan un sistema racional, abierto y flexible de posibles soluciones económicas, espaciales y sociales.

## Referencias

- Baena, A. y Olaya, C. (2013). Vivienda de Interés Social de calidad en Colombia: hacia una solución integral. *Revista S&T*, 11(24), 9-26. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjvhLHX5qruAhVODt8KHbxAJYQFjABegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.icesi.edu.co%2Frevistas%2Findex.php%2Fsistemas\\_tematica%2Farticle%2Fdownload%2F1521%2F1928%2F0&usg=AOv-Vaw1Am5YQqMO\\_l-eGmVYZqA5Z](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjvhLHX5qruAhVODt8KHbxAJYQFjABegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.icesi.edu.co%2Frevistas%2Findex.php%2Fsistemas_tematica%2Farticle%2Fdownload%2F1521%2F1928%2F0&usg=AOv-Vaw1Am5YQqMO_l-eGmVYZqA5Z)
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2018). *Vivienda, ¿Qué viene? De pensar la unidad a construir la ciudad*. Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo. [https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Vivienda\\_Qu%C3%A9\\_viene\\_de\\_pensar\\_la\\_unidad\\_a\\_construir\\_la\\_ciudad.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Vivienda_Qu%C3%A9_viene_de_pensar_la_unidad_a_construir_la_ciudad.pdf)
- Cámara de la Industria de la Construcción del Ecuador (CAMICON). (2014). *Evolución del mercado de vivienda en el Ecuador y perspectiva de la vivienda de interés social*. <http://www.camicon.ec/>
- Cubillos González, R. A. (2010). Sistema de gestión de información de proyectos de vivienda social SGIPVIS. *Revista de Arquitectura* (Bogotá), 12(1), 88-99. <https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/759>
- Cubillos González, R. A., Trujillo, J., Cortés Cely, O. A., Rodríguez Álvarez, C. M., y Villar Lozano, M. R. (2014). La habitabilidad como variable de diseño de edificaciones orientadas a la sostenibilidad. *Revista de Arquitectura* (Bogotá), 16(1), 114-125. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2014.16.13>
- Delgado, A. (2013a). Guayaquil. City Profile Cities. *Journal Cities -The International Journal of Urban Policy and Planning*, 31, 515-532. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.11.001>
- Delgado, A. (2013b). Affordability and housing preferences for new urban housing projects-The development of a more integrated approach (tesis doctoral). K. U. Leuven University, Leuven, Belgium, septiembre de 2013.
- Delgado, A. (2017a). Procesos de urbanización (in) formal y la búsqueda de la ciudadanía en la nueva periferia urbana de Guayaquil. En *Memorias del congreso Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Sociales: Entre tensiones y nuevas prácticas sociales*. Universidad Casa Grande, Guayaquil-Ecuador, 20-23 de septiembre de 2016.
- Delgado, A. y De Troyer, F. (2017b). Housing preferences for affordable social housing projects in Guayaquil-Ecuador. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 10(1), 112-139. <http://dx.doi.org/10.1108/IJHMA-02-2016-0017>
- Delgado, A. (2018). *Proyecto de investigación, procesos urbanos y sociales del hábitat-Alternativas para proyectos de vivienda social, octubre 2016 - abril 2018*. Universidad Espíritu Santo, Reporte Final de Proyecto.
- De Troyer, F. (2018). *Form, cost and quality: Importance of the early design phase*. Presentación realizada en Universidad Espíritu Santo.
- De Troyer, F., y Allacker, K. (2004). *Modelling of financing mechanisms for incremental urban projects*. Dar es Salaam: VLIR/UCLAS.
- El Universo. (2010). *Dictan prisión de Balerio Estacio por supuesto tráfico de tierras*. <https://www.eluniverso.com/>
- Frontline Systems, Inc. (2019). Solver Tutorial: Interpreting Solutions. Frontline Solvers. <https://www.solver.com/interpreting-solutions>
- Frontline Systems, Inc. (2018). Frontline Excel Solvers. V2017-R2. [software]. <http://www.solver.com>
- Habraken, J. y Mignucci, A. (2010). *Soportes: vivienda y ciudad*. Instituto de Arquitectura Tropical.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2011). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Kim, Y.-J. (2013). On flexibility in architecture focused on the contradiction in designing flexible space and its design proposition. *Architectural Research*, 15(4). <http://dx.doi.org/10.5659/AIKAR.2013.15.4.191>
- López, J. (2010). La habitabilidad de la arquitectura. El caso de la vivienda. *DEARQ* 6, 100-107. <https://doi.org/10.18389/dearq6.2010.10>
- Marengo, C., Ambrosini, A., Bonetto S. y Ochoa, A. (2009). La simulación y su validez como Herramienta metodológica para el análisis transformaciones urbano-territoriales. *VIII Bienal del Coloquio de Transformaciones Territoriales Territorios y territorialidades en Movimiento*.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (Miduvi). (2013). *Reporte del plan objetivo y plan masa para Monte Sinaí*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Moreno, S. (2008). La habitabilidad urbana como condición de calidad de vida. *Palapa III(II)*, 47-58. <https://www.redalyc.org/pdf/948/94814774007.pdf>
- Moris, M. U., Ng, A. H. C., y Svensson, J. (2008). Simplification and aggregation strategies applied for factory analysis in conceptual phase using simulation. En S. J. Mason, R. R. Hill, L. Mönch, O. Rose, T. Jefferson, y J. W. Fowler (Eds.), *Proceedings of the 2008 winter simulation conference 1913–1921*. IEEE.
- Peek, O., Hordijk, M., y D'Auria, V. (2018). User-based design for inclusive urban transformation: learning from 'informal' and 'formal' dwelling practices in Guayaquil, Ecuador. *International Journal of Housing Policy* 18(2), 204-232.
- <https://doi.org/10.1080/19491247.2016.1265268>
- Pozo, R. (2011). Asentamientos humanos en la zona noroeste de Guayaquil: de asentamientos ilegales a áreas bajo control armado. *Revista de Arquitectura AUC*, 29-30, 47-53. <http://editorial.ucsg.edu.ec/ojs-auc/archivos/pdfs/AUC29-30.pdf>
- Robinson, S. (2020). Conceptual modelling for simulation: Progress and grand challenges. *Journal of Simulation* 14(1), 1-20. <https://doi.org/10.1080/1747778.2019.1604466>
- Ritter, S. y Nuno, C. (2018). Housing flexibility problems: review of recent limitations and solutions. *Frontiers of Architectural Research* 7(1), 80-91. <https://doi.org/10.1016/j foar.2017.11.004>
- Schneider, T. y Till, J. (2005). Flexible housing: opportunities and limits. *Archit. Res. Q.* 9(2), 157-166.
- Trigaux, D., Allacker Y. K. y De Troyer, F. (2017a). Life cycle assessment of land use in neighbourhoods. International Conference on Sustainable Synergies from Buildings to the Urban Scale, SBE16. *Procedia Environmental Sciences* 38, 596-602. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.133>
- Trigaux, D., Wijnants, L., De Troyer, F. y Allacker, K., (2017b). Life cycle assessment and life cycle costing of road infrastructure in residential neighbourhoods. *Int J of Life Cycle Assessment*, 22, 938-951. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1190-x>
- Turner, J. (1977). *Vivienda: Todo el poder para el usuario*. Editorial Madrid, Hermann Blume.
- Van der Zee, D. J., Kotiadis, K., Tako, A. A., Pidd, M., Balci, O., Tolk, A., y Elder, M. (2010). Panel discussion: Education on conceptual modeling for simulation - Challenging the art. In B. Johansson, S. Jain, J. Montoya-Torres, J. Hugan, y E. Yücesan (Eds.), *Proceedings of the 2010 winter simulation conference* (pp. 290-304). IEEE.
- Zoya, L., y Roggero, P. (2014). La modelización y simulación computacional como metodología de investigación social. *Polis Revista Latinoamericana*, 0(39). <http://journals.openedition.org/polis/10568>

