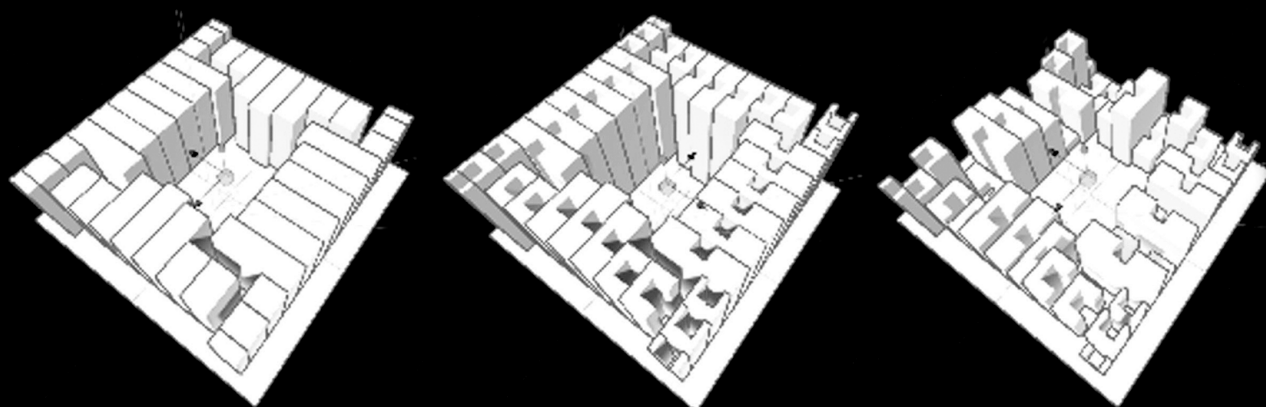


04

Propuesta de una metodología aplicada al estudio de simulación urbana-solar como herramienta de diseño



ESP El presente trabajo es un resumen de una propuesta metodológica que permite abordar con criterio científico–cuantitativo soluciones aplicadas a la problemática actual en tanto abarca el tema de la ausencia de soluciones efectivas de diseño arquitectónico–urbano que aprovechen o resuelvan el acceso de luz natural y aseguren la habitabilidad en recintos urbanos para su aprovechamiento en la captación de energía solar. Mediante simulación, que se elaboró como metodología de estudio, se revisaron los lineamientos respecto de habitabilidad, salubridad y garantías de accesibilidad de energía solar, que establece el Código de Planificación Urbano y su cumplimiento en el área central de San Miguel de Tucumán. Se propone un proceso de simulación sistematizado para analizar las consecuencias de la densificación producto de la industria de la construcción en curso y se aplica una metodología para investigar los efectos reales de la puesta en práctica de las normas urbanísticas. Esta permite el análisis del potencial de producción de energía limpia en superficies expuestas a la misma, la previsualización y estudio de la habitabilidad de patios de edificios de gran altura y la verificación de legislaciones que necesiten ser revisadas a fin de dar una solución real y efectiva a problemas de diseño y habitabilidad.

ENG Proposal for a methodology applied to the urban–solar simulation study as a design tool

The present work is a summary of a methodological proposal that allows to deal with scientific–quantitative criteria solutions applied to the current problem, covering the issue of the absence of effective architectural–urban design solutions that take advantage or solve the access of natural light and ensure the habitability in urban enclosures allowing its use to capture solar energy. Through simulation, which was developed as a study methodology, the guidelines regarding habitability, health and accessibility guarantees of solar energy, proposed by the Urban Planning Code and its compliance in the Central Area of San Miguel de Tucumán, were reviewed. A systematized simulation process is proposed to analyze the consequences of densification, a product of the construction industry in progress, applying a methodology to investigate the real effects of the implementation of urban planning standards. This allows the analysis of the potential of clean energy production on surfaces exposed to it, the pre–visualization and study of the habitability of high–rise courtyards and the verification of laws that need to be reviewed in order to give a real solution and effective to design and habitability problems.



Autores

Dra. Arq. María Victoria Longhini

Dr. Arq. Raúl Fernando Ajmat

Facultad de Arquitectura

CONICET - Instituto de Luz, Ambiente y Visión (ILAV)

Universidad Nacional de Tucumán

Argentina

Palabras claves

Simulación Urbana

Energía Solar

Radiación Solar

Planificación

Morfología

Key words

Urban simulation

Solar energy

Solar radiation

Urban planning

Morphology of the city

Artículo recibido | *Artigo recebido:*

31 / 03 / 2020

Artículo aceptado | *Artigo aceito:*

01 / 06 / 2020

EMAIL: victoria_longhini@hotmail.com

rfajmat@hotmail.com

ARQUISUR REVISTA

AÑO 10 // N° 17 // JUN–NOV 2020 // PÁG. 60–73

ISSN IMPRESO 1853-2365

ISSN DIGITAL 2250-4206

DOI <https://doi.org/10.14409/ar.v10i17.8899>



INTRODUCCIÓN

La luz natural tiene un rol central en las relaciones de apropiación que el ciudadano ejerce sobre los espacios públicos o privados, y es este valor el que aborda este proyecto de investigación.

Desde este marco conceptual, se propone estudiar la resolución formal de la ciudad y su influencia en el derecho al acceso a la energía solar en conjunto con la densificación progresiva del tejido urbano y de edificios del área central de San Miguel de Tucumán (SMT) (Fig. 1). Se parte de la base de estudio de la morfología urbana mediante instrumentos digitales que posibiliten la generación de formas complejas, las cuales a su vez permitan valorizar las técnicas digitales o lo que llamaremos «generación formal por computadora», lo que para diseñadores y proyectistas es el medio contemporáneo para materializar sus ideas.

El uso del modelado y simulación digital del entorno urbano como herramienta de diseño puede incorporar una nueva dimensión simbólica y de consecuencias ambientales significativas.

El presente trabajo expone una metodología de simulación de áreas urbanas basadas en modelos experimentales de modelado 3D para la ciudad. Se desarrolló un sistema dinámico de procesamiento de información donde la simulación es clave para producir los escenarios propuestos para el análisis de casos. Se mencionan las ventajas de este proceso y de qué modo su correcta aplicación puede promover la previsualización de cómo afectan las futuras decisiones en relación con el contexto urbano construido en cuanto a captación de luz natural para aprovechamiento de energía limpia y cuestiones de salubridad.

El desarrollo metodológico está fundado en los principios del uso de las herramientas digitales como pieza fundamental en el diseño urbano.

DESARROLLO

Las actividades desarrolladas se basaron en la búsqueda sistemática de información, su clasificación, la simulación de casos de estudio y la evaluación de posibles escenarios propuestos para el desarrollo de una metodología predictiva de las consecuencias a futuro respecto de la relación entre la morfología urbana y la

captación de radiación solar en edificios del área central de SMT.

Se estudiaron la escala urbana y la densidad edilicia en el área central de SMT y se definió una serie de situaciones representativas que serán consideradas como casos de estudio. Se realizó una observación directa en el medio para reconocer la morfología del entorno; se efectuaron entrevistas a usuarios del espacio público y a conocedores del tema de estudio. La posterior clasificación y el procesamiento de datos son lo que contribuyó a abarcar luego el estudio de la escala edilicia en el área central de SMT, donde se concentra la mayor cantidad de edificios de uso diurno con espacios de trabajo. Así, se identificaron las tipologías de edificios presentes en la trama consolidada del área para su posterior análisis de comportamiento lumínico. Se tuvieron en cuenta para su selección como casos de estudio/escenarios de estudio las orientaciones y la envolvente del edificio.

Para el análisis de la disponibilidad de la luz natural se realizó una evaluación cuantitativa de la potencialidad de acceso a la misma para captación de energía solar por zonificación de emplazamiento de los edificios, en distintas horas y estaciones del año, mediante el uso de la simulación, verificando el acceso de la luz solar de las fachadas según su altura y cuál era el impacto sobre la luz natural disponible de acuerdo con la densidad edilicia del centro de SMT. Se hizo un análisis comparativo de procedimientos de generación con geometrías alternativas (Fig. 2) y fueron clasificados.

Asimismo, se efectuó un análisis comparativo de ejemplos en los diferentes escenarios propuestos para el área central de SMT simulando las diversas alternativas formales según los lineamientos del Código de Planeamiento Urbano (CPU) actual y se los clasificó para poder comparar los escenarios que se planteaban respecto de la generación de morfologías alternativas.

A partir de las simulaciones y los datos obtenidos se realizaron pruebas estadísticas para establecer las variables de mayor impacto en la captación de iluminación natural y el uso racional de la energía eléctrica en la iluminación diurna de espacios interiores. Se consideró cuál podía ser la evolución previsible para escenarios futuros conforme a los indicadores urbanos permitidos por el CPU de edificación actual.



FIGURA 1 | (Arriba) Fotografía aérea del sector central de la ciudad de San Miguel de Tucumán. *Fuente:* Google Maps. (Abajo) Maqueta digital de sector central de la ciudad de San Miguel de Tucumán. *Fuente:* Elaboración propia.

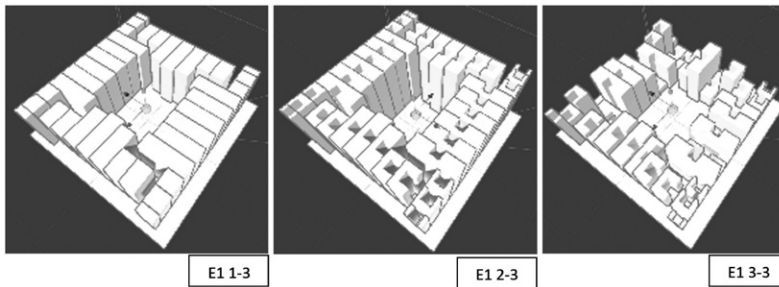


FIGURA 2 | (Arriba) Tareas de modelización y generación de alternativas morfológicas utilizando sistema paramétrico de modelado de maqueta virtual. (Abajo) Imagen ilustrativa de software que se utiliza para el modelado paramétrico. *Fuente:* Elaboración propia.

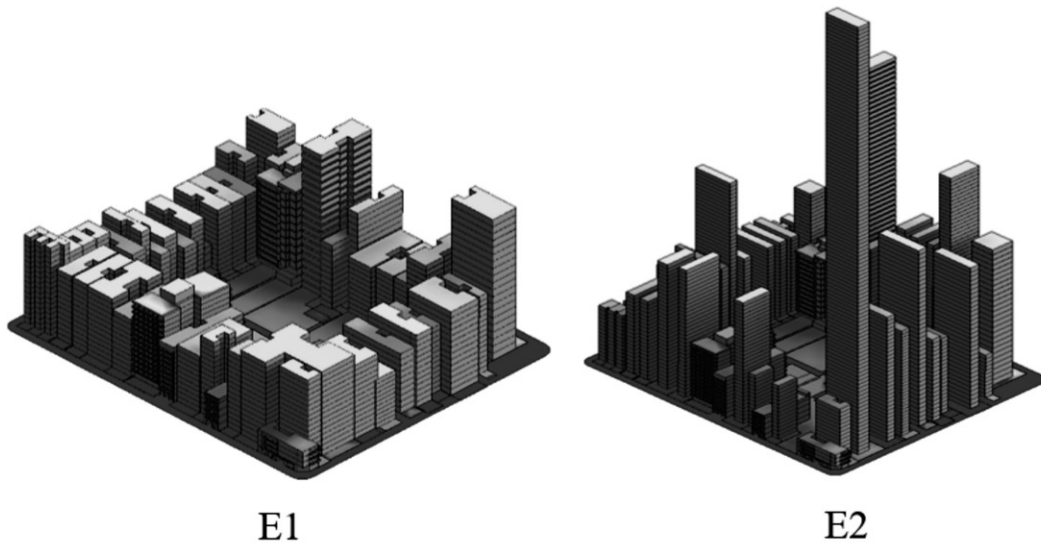


FIGURA 3 | Simulación cálculo de radiación solar acumulada anual de entorno urbano construido para ciudad SMT zona Plaza Alberdi.
Fuente: Elaboración propia.

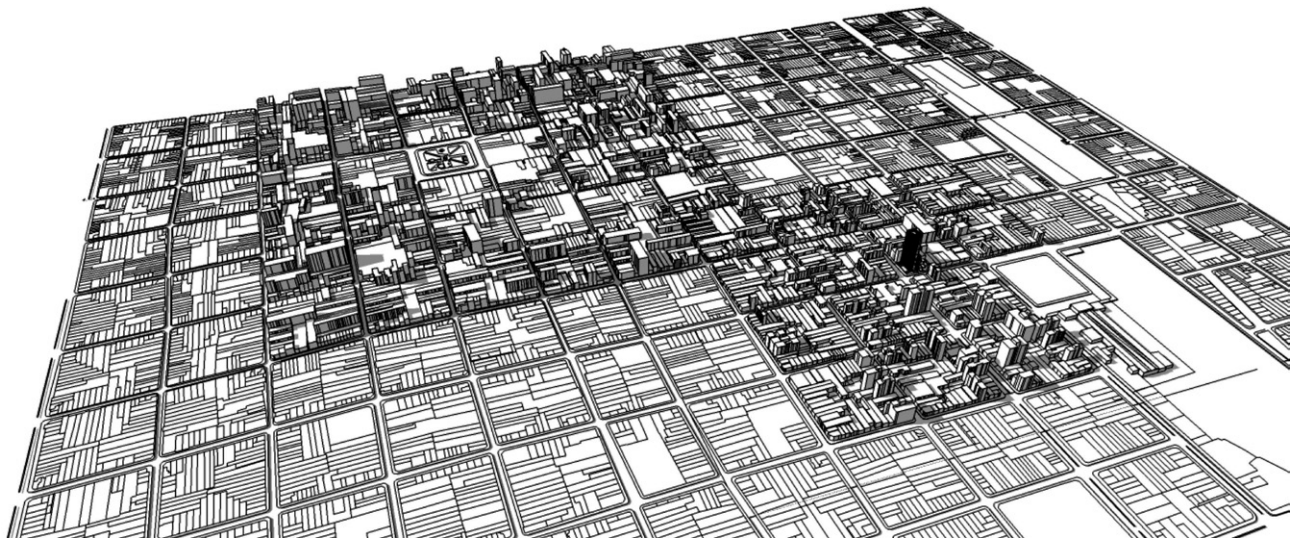


FIGURA 4 | Maqueta ciudad SMT realizada en SketchUp. *Fuente:* Elaboración propia.

Se elaboró un catálogo tipológico de los casos estudiados y de posibles propuestas mediante la evaluación de los ejemplos abordados, su análisis morfológico-geométrico y de las técnicas digitales utilizadas como instrumento de gestación del diseño.

Con los correspondientes resultados se desarrolló una metodología predictiva para un mejor aprovechamiento del recurso solar disponible en la planificación de los futuros cambios morfológicos urbanos del área central de SMT (Fig. 3).

Bases de datos

SMT cuenta con una base de datos que, si bien esta digitalizada —en Sistemas de Información Geográfica (SIG)—, como información hídrica, agraria, de división de departamentos, forestal, demográfica, de grandes equipamientos (escuelas, salud, gobierno, entidades públicas y algunos comercios), etc., no posee el nivel de detalle-modelado para realizar simulaciones a nivel urbano. No existe en la provincia una maqueta a nivel morfológico-urbano 3D del entorno construido que sea de acceso libre para el trabajo de arquitectos, urbanistas y profesionales afines.

Resultó imperativo para este trabajo de investigación recabar la información o generar los datos necesarios para poder trabajar con la modelización a nivel urbano, contemplando la situación actual de SMT en el período 2014–2019, así como con la automatización del sistema de procesamiento de la información, modelado y simulación.

Se tuvo en cuenta la base de datos de la Municipalidad de SMT con el CPU y el Plan Estratégico 2016. También se revisó la base de datos de SIG para la delimitación de las grandes áreas.

Se recolectó información aislada de trabajos que fueron realizados por este mismo equipo en el marco de investigación PICT con relevamiento a edificios en altura del área central de SMT —PICT 2011—. Reconocemos que, aunque existe información —o parte de ella—, esta no está sistematizada para poder ser actualizada y utilizada como base de datos única de libre acceso.

Uno de los aportes significativos del presente trabajo de investigación fue reunir en una única plataforma la mayor cantidad de información-modelización 3D del área central de SMT para ser empleada en futuros estudios.

Mediante el estudio pormenorizado del CPU, se reconoció una dificultad en su lectura debido a la multiplicidad de segmentos y ordenanzas, las planillas son extensas y casi siempre refieren a algún anexo que no se encuentra en el mismo documento. Toda esta información tiene lugar en el esquema de estudio que se propuso en este trabajo de investigación en la etapa que llamamos CIRCUITO 1 del proceso de simulación, desarrollado en apartados siguientes del presente artículo. El punto de partida de esta metodología fue la revisión y sistematización de la información digitalizada reconocida en el medio y la generación de datos inexistentes para la posterior creación de geometrías mediante software optimizado para el modelado de escenarios morfológicos y volumetrías.

Maqueta ciudad SMT

La complejidad de la ciudad y su carácter de organismo vivo (Martini, 2015) requieren de formas de trabajo sistematizadas y de fácil actualización. Para ello se optó por dos tipos de trabajo con la maqueta general de la ciudad (Fig. 4):

- 1) Por un lado, una secuencia menos automatizada pero más precisa en el nivel de detalle, cuyo interés está en la capacidad de generar uno por uno los edificios estudiados con un nivel de automatización mínima —generación de componentes o bloques dinámicos— de modo de llevar al detalle cada edificio. Es una tarea extensa si se quiere trabajar con estudios de masa de áreas, incluso de una sola manzana; este procedimiento es recomendable para el trabajo de hasta 5 edificios o de una cuadra —10 lotes como máximo.
- 2) Por otro lado, una secuencia parametrizada, con grados de simplificación determinados por el estudio previo de los lineamientos de la ciudad y la aplicación del CPU, fue posible de realizar utilizando programación para la generación de bloques de manzana que luego fueron procesados. Esta tarea fue mucho más simple en el sentido de la generación de la volumetría pero se debió hacer una tarea previa minuciosa de programación para poder trabajar con este tipo de generación de maqueta virtual. Es recomendable para trabajar desde la escala de una manzana, un conjunto de ellas y hasta a nivel de la ciudad (Fig. 5).

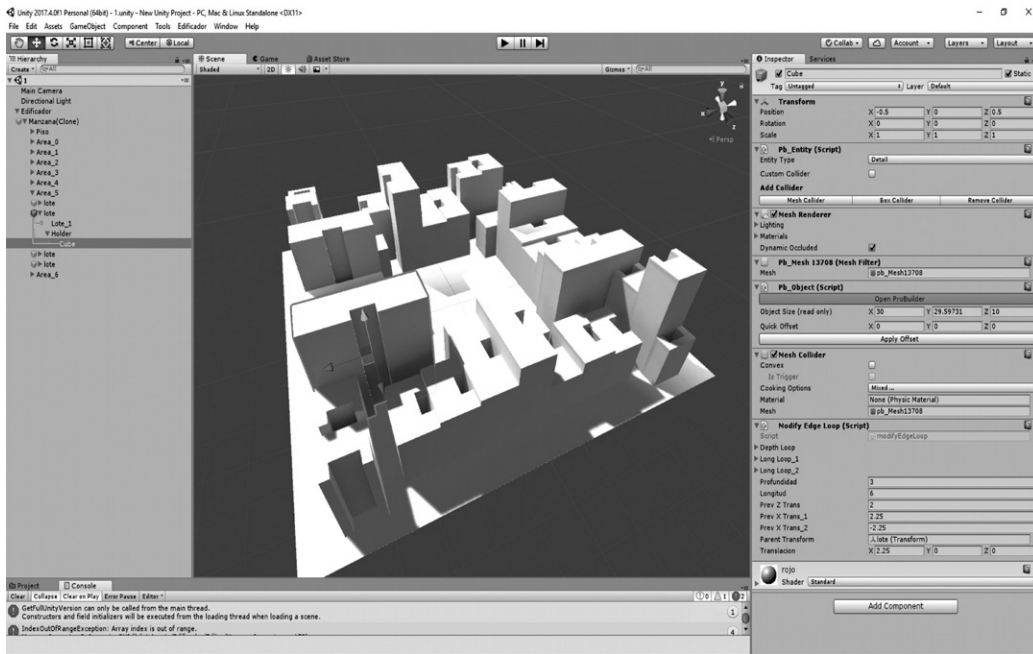


FIGURA 5 | Maqueta ciudad SMT realizada en Unity. Fuente: Elaboración propia.

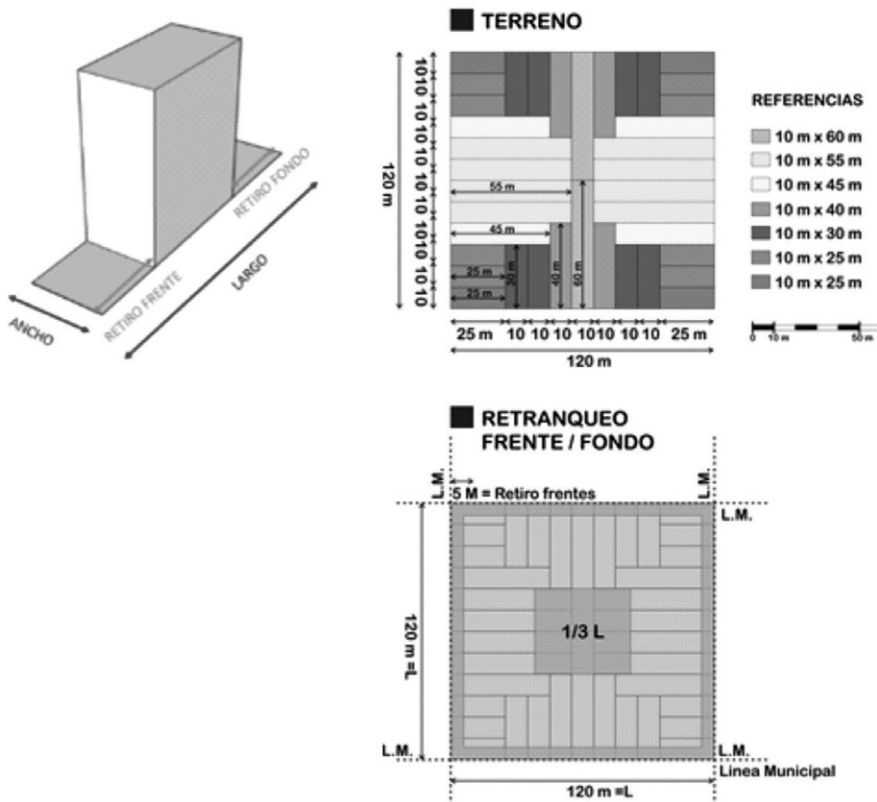


FIGURA 6 | Simplificaciones para modelado de maqueta ciudad SMT. Fuente: Elaboración propia.

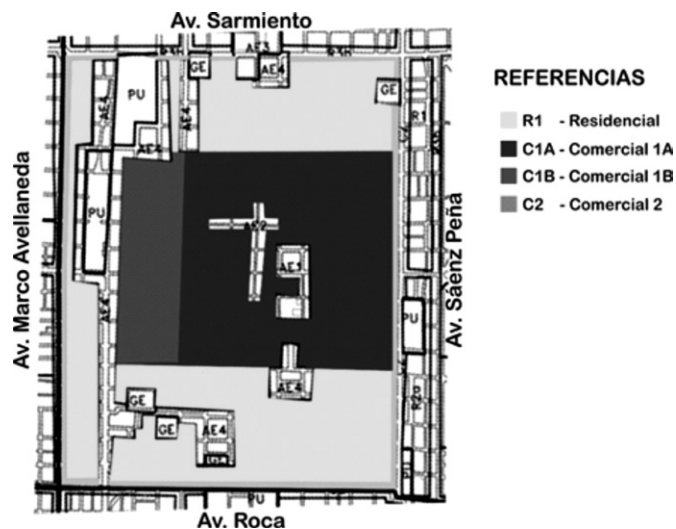


FIGURA 7 | Simplificaciones para modelado de maqueta ciudad SMT. Estudio de Áreas de trabajo según el CPU. Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para la generación de maqueta ciudad SMT. Simplificaciones

Para la generación de las maquetas 3D de la ciudad se desarrollaron dos alternativas de trabajo según la escala del área considerada para el estudio de casos. Ambas alternativas fueron planteadas desde la simplificación de la trama urbana debido a la complejidad de la morfología estudiada. Por una parte, se trabajó con áreas reducidas partiendo de la unidad del lote y su entorno inmediato —3 edificios— hasta una cuadra —10 a 15 edificios—. Se consideraron manzanas completas. Por ello, en este escenario surgió la necesidad de automatizar el modelo 3D, debido a la complejidad y cantidad de información requerida por manzana urbana.

Para la propuesta de ambas alternativas se aplicó una simplificación de la trama urbana que consistió en regular las dimensiones de las manzanas en una cuadrícula de 120 m x 120 m. Luego, se determinó esta manzana como «tipo» y a partir de ella se establecieron las restricciones según el CPU, siendo las mismas: para centro de manzana 35 m; y para frentes retranqueos de 5 m (Fig. 6).

Para estas simplificaciones se tuvieron en cuenta los lineamientos del CPU de SMT actual, donde, para manzanas con lados entre 75 m y 120 m, «el Centro de Manzana se trazará mediante líneas paralelas a las líneas municipales a una distancia igual a 1/3 de la distancia

entre líneas municipales opuestas y no será mayor a 35 m» (CPU, 2014). En el caso estudiado se tomó el máximo permitido, de 35 m, ya que la manzana en cuestión era de 120 m de lado.

Posteriormente se analizó la distribución del área en distritos, se los identificó y se determinaron el área de trabajo y los distritos factibles de utilizar para hacer las propuestas morfológicas, ya que en la ciudad existen las denominadas Áreas Especiales o de Grandes Equipamientos, que, si bien son zonas posibles de estudiar para revisar su comportamiento respecto de captación de luz natural, no pueden incluirse grandes cambios en la morfología estructural, ya que corresponden a áreas de protección patrimonial o de interés municipal-provincial con edificios icónicos. Todo este planteo surgió de la base del estudio de las planillas del CPU SMT.

Para poder reconocer las diferencias entre esos distritos se realizó una breve descripción cualitativa de los Mosaicos Urbanos estudiados (Fig. 7):

- **Residencial 1:** Predominan edificios de vivienda en altura con áreas de esparcimiento verdes y arbolado.
- **Comercial 1A:** Predomina masa construida, zona centro, locales comerciales, calles y veredas angostas con escaso arbolado, intercala viviendas y comercio con edificios de valor patrimonial o entidades público-privadas importantes.

- *Comercial 1B*: Predominan viviendas bajas, se intercalan con algunos edificios nuevos. En la zona priman galpones de área comercial y talleres ferroviarios.
- *Comercial 2*: Frentistas a avenidas importantes, arbolado más prominente, se intercala con viviendas.

A continuación se revisaron las planillas de edificación para cada distrito y se reelaboraron para facilitar su comparación y estudio. Se tomó una serie de datos significativos para la modelización y se descartaron otros que no influían en la morfología resultante, teniendo en cuenta que se trabajó con las situaciones más desfavorables que permite el CPU para vivienda colectiva en altura según lo dispuesto en sus Planillas de Edificación para SMT.

Entonces, se desarrollaron dos alternativas de trabajo de acuerdo con la complejidad y extensión del área de estudio: A) Áreas reducidas de estudio, y B) Áreas extensas de estudio.

A) Áreas reducidas de estudio. Alternativa de modelado 1.

En el caso de las áreas reducidas, se trabajó con softwares que no requirieron de una gran automatización, puesto que la cantidad de datos y la facilidad de manejo de algunos parámetros permitieron alcanzar detalles o particularidades de cada escenario que, en caso de parametrizar esta información, son difíciles de incluir en el resultado formal.

Para el caso de estudio del área circundante a Plaza San Martín se utilizó este método de modelado. Se seleccionó el área a modelar y, sobre la base de información gráfica en 2D, se levantó el entorno general de emplazamiento 3D de manera manual. Se trabajó con grupos y subgrupos para el ordenamiento de los elementos.

En el modelado del entorno se mantuvieron los edificios existentes de más de 4 niveles y se suprimieron las edificaciones de 3 niveles o menos. Quedó delimitada el área de los lotes que fuera factible de contener un edificio en altura.

Una vez desarrollado el entorno, se seleccionó la manzana a trabajar modelando el entorno construido que no iba a sufrir modificaciones conforme a los parámetros preestablecidos mencionados por el presente estudio. Se tuvo en cuenta, del total de la manzana—56 lotes—, cuáles edificios no sufrirían modificaciones inmediatas

en 50 años: los de más de 4 niveles. Sobre esta base se conformaron dos áreas en la manzana, una estática y otra dinámica. El entorno estático trabajando con grupos y componentes en un solo bloque. El entorno dinámico elaborado con componentes que permiten realizar de manera automática modificaciones tanto en altura como en retiros laterales, frentistas y de fondo (Fig. 8).

Para ello se confeccionó una planilla con toda la información sistematizada de los lotes sobre la cual se podían hacer las modificaciones de áreas construidas, retiros y de Factor de Ocupación del Terreno y Factor Ocupación del Suelo para, automáticamente, obtener los resultados que después fueron trasladados a la maqueta 3D. El uso de Bloques Componentes para cada volumen de edificio incorporó en el modelado cierto grado de parametrización, donde las modificaciones no fueron de gran dificultad.

B) Áreas extensas de estudio. Alternativa de modelado 2.

En el caso de áreas más extensas o de sectores de ciudad se contempló la sistematización y automatización de datos para el trabajo de simulación. Se sumaron simplificaciones y se redujeron complejidades para poder resolver problemáticas de mayor escala.

Se tomó como base de datos la misma información que en el caso Áreas reducidas de estudio, pero el procesamiento corrió por parte del software para producir la volumetría.

Se desarrolló dentro del software de programación un *script* de interfaz dinámico que llamamos EDIFICADOR (Fig. 9). El mismo cuenta con parámetros establecidos conforme al CPU y se puede, una vez generada la volumetría general del edificio o conjunto de edificios, hacer modificaciones manuales pero sistematizadas de algunos componentes, como los patios de aire y luz y los volúmenes salientes.

PROGRAMACIÓN Y CONCATENACIÓN DE DATOS. Sistematización del esquema propuesto

Partiendo de la definición de modelo de simulación como la imitación de comportamientos, desde un determinado plano de análisis o punto de vista de una realidad, resultado del estudio de la evolución de la

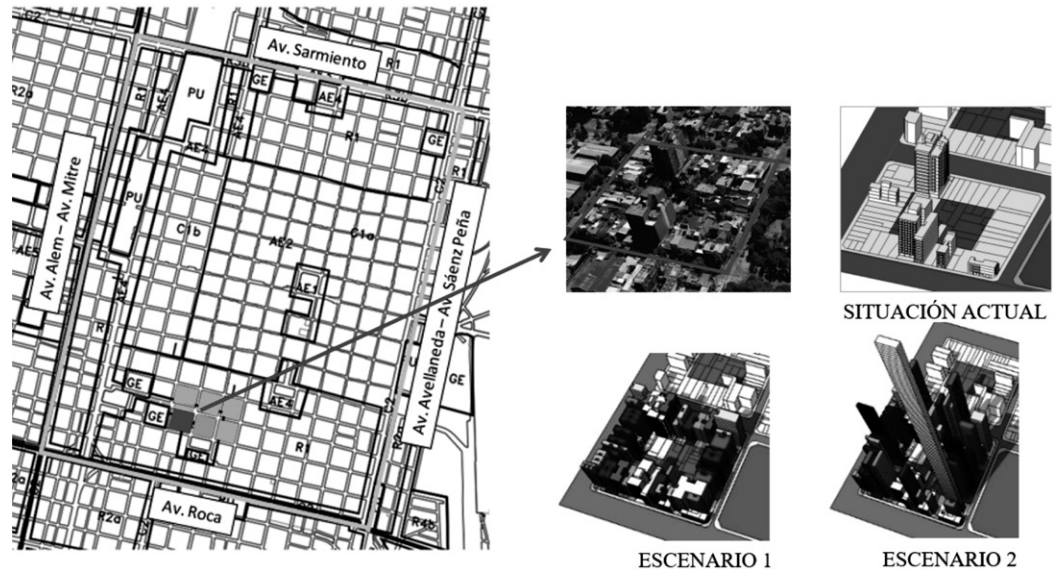


FIGURA 8 | Simplificaciones para modelado de maqueta ciudad SMT. Resultado del modelado las manzanas específicas y simulaciones en zona Plaza San Martín. Fuente: Elaboración propia.

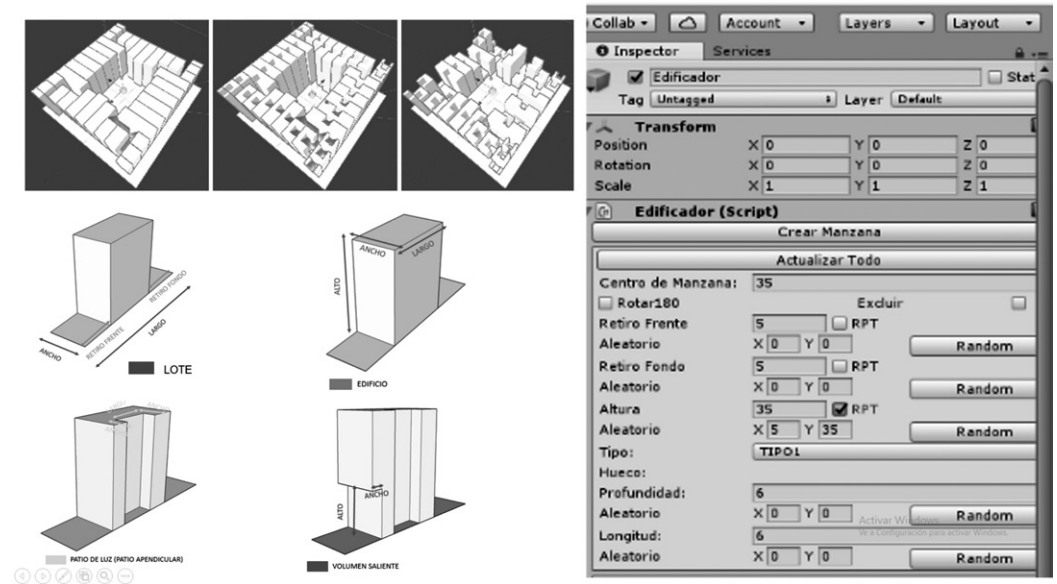


FIGURA 9 | Modificaciones factibles dentro de EDIFICADOR. Fuente: Elaboración propia.

misma en un período de tiempo mediante un modelo computacional. Este modelo computacional solo imitará el comportamiento de la realidad considerada y será válido en la medida en que logre un comportamiento igual a la realidad (Marengo, 2010).

Esquema de simulación propuesto en el presente trabajo

Para poder realizar un estudio sistematizado de los casos, fue necesario automatizar el sistema de procesamiento de datos, y en función de ello se desarrolló un proceso de simulación como metodología propuesta para el estudio de alternativas (Fig. 10). El proceso de simulación propuesto consta de dos grandes circuitos: 1) Circuito de carga de datos y generación sistemática morfológica parametrizada, 2) Circuito de simulación de los distintos escenarios generados y la potencial capacidad de aprovechamiento de energía solar —basado en la captación de radiación solar simulada en cada morfología analizada (Fig. 11).

CIRCUITO 1. El punto de partida de esta metodología fue la revisión y sistematización de la información digitalizada reconocida, su procesamiento y la generación de datos inexistentes.

CIRCUITO 2. Generación de volumetrías y estudios morfológicos mediante softwares optimizados para trabajar los escenarios propuestos. A continuación, el procesamiento de la incidencia de la radiación solar en las superficies y, finalmente, el postratamiento de los resultados con la ayuda de hojas de cálculo y de interfaz gráfico para la presentación de datos.

Sistematización

El proceso se inició con la carga de datos en el software para la generación morfológica de los distintos escenarios. Se trabajó con un archivo base creado por el equipo de trabajo de la investigación que aquí presentamos, llamado Edificador, que cuenta con una base programada de simplificación de datos y requerimientos reales del CPU de SMT actual. Las simplificaciones radicaron en racionalizar las manzanas respecto de sus medidas, así como en sistematizar y sintetizar tipologías de lotes. Se tuvieron en cuenta retiros de frentes, fondos, laterales y centros de manzana. Esto facilitó la carga de datos en el script del Edificador.

Se trabajó con una medida normalizada de manzana —120 m x 120 m— con retiros de frentes —5 m— y con medidas de centro de manzana —para la de 120 m x 120 m corresponden 35 m. Los lotes se simplificaron en 5 tipologías —de ancho constante pero de profundidad variable— y se sumó a ellas la tipología en esquina. Se trabajó también con volúmenes entrantes y salientes —voladizos y patios de luz.

De esta manera, el Edificador quedó conformado con previo análisis de todas las variables que contempla el CPU de SMT. Sobre este se cargaron los datos requeridos para los diferentes escenarios propuestos: un lote, una cuadra, una manzana o un sector de la ciudad. Pudieron ser controlados mediante un algoritmo aleatorio parámetros como la altura o las dimensiones de los patios de luz, automatizando en mayor medida el sistema y dando lugar a una imagen más cercana a la realidad de los posibles escenarios urbanos.

Hasta aquí se generaron, mediante un proceso sistematizado y de programación, los diferentes escenarios factibles para caso de estudio propuesto.

Una vez que se obtuvo la maqueta deseada para el escenario correspondiente se inició el proceso de exportación de datos de la volumetría —mesh— generada. Se convirtieron mediante softwares específicos los formatos de archivos para lograr compatibilidades entre los programas de modelado y de procesamiento—cálculo.

Cargada la maqueta 3D del escenario elegido dentro del programa de cálculo REVIT – INSIGHT, se seleccionó la base de datos climático a utilizar según la ubicación geográfica, el tipo de salida de datos, unidades y configuración de escala gráfica. Se procedió al cálculo del modelo y se obtuvo como resultado una imagen con escala gráfica respectiva y el listado de datos calculados en forma de planillas que posteriormente se procesaron por medio de programas de análisis gráficos o planillas de cálculo.

PROYECCIONES

Aplicación del esquema de simulación para el estudio del CPU de SMT. Ventajas y desafíos

En el análisis de las consideraciones de ocupación espacial del territorio del actual CPU SMT se observó que las mismas parecieran ser realizadas desde el punto de vista de usos del suelo. Las cuestiones de hábi-

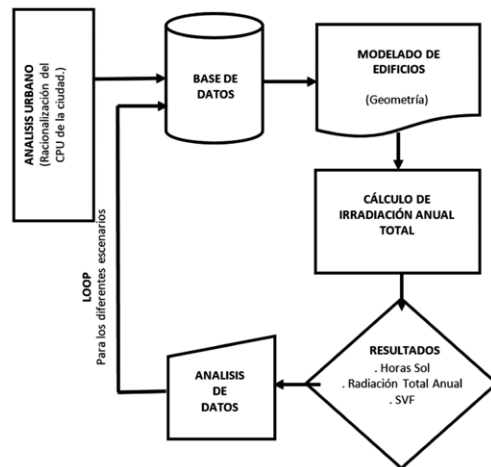


FIGURA 10 | Esquema del proceso de simulación. Fuente: Elaboración propia.

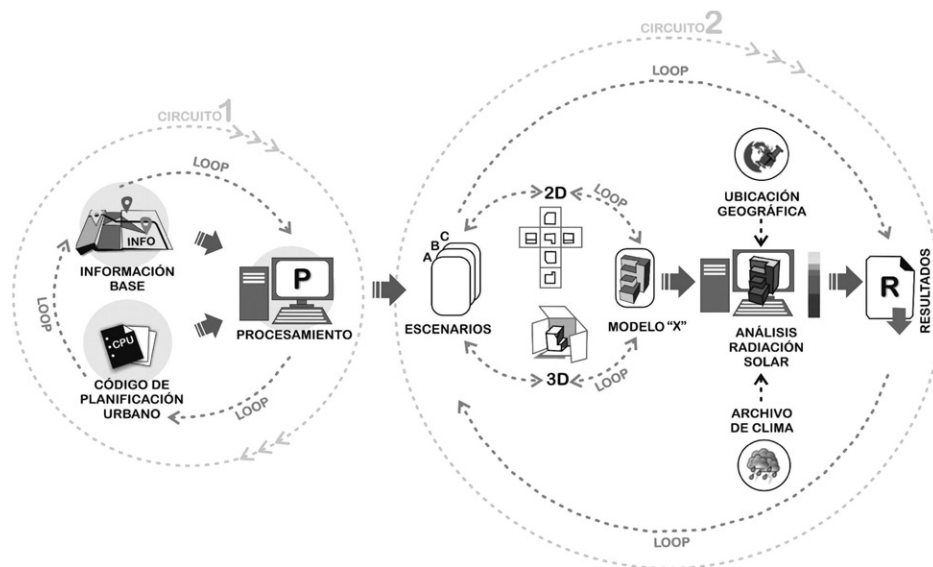


FIGURA 11 | Esquema de simulación. Fuente: Elaboración propia.

tat–uso de actividades humanas, división de áreas de distritos, etc., se definen desde la base de ocupación sobre la superficie y las actividades a desarrollar, y no así desde planteos ambientales. Cuestiones de índole ambiental están reflejadas en el Plan estratégico, pero este solo incluye algunos aspectos ambientales, como los márgenes del río Salí en pos del tratamiento de aguas y saneamiento, en conjunto con el tratamiento de basura y cuestiones de descentralización de actividades, volviendo entonces al tema usos del suelo.

Si bien el CPU de SMT contempla dimensiones mínimas para patios de aire y luz, así como define locales clase habitables y de servicio, es importante revisar con fundamentos no solo cualitativos sino cuantitativos cómo puede verse afectado el aprovechamiento del recurso solar en el contexto del crecimiento urbano y la interacción de un nuevo edificio con el medio inmediato en donde se inserta.

El proceso propuesto de simulación del comportamiento urbano permitió analizar las consecuencias del

proceso actual de densificación edilicia en el área central de la ciudad y sus consecuencias a futuro de continuar la aplicación de códigos de edificación que privilegian los beneficios inmobiliarios y comprometen, por ejemplo, las condiciones de salubridad y el derecho a la luz natural.

Los primeros resultados obtenidos por el presente estudio sobre la aplicación de una metodología de investigación, de los efectos reales de la aplicación de normativas urbanas, permitirán a futuro:

- Analizar el potencial de producción de energías limpias a nivel urbano.
- Evaluar las cualidades de intervenciones a nivel general —urbano— o particular —lote— y su influencia en el entorno inmediato.
- Verificar condiciones de habitabilidad de situaciones particulares de patios apendiculares (1).

Para poder optimizar sus recursos, la planificación urbana debería:

- Constar de un planteo conciente de la problemática urbana real.
- Interpretar la problemática de manera real, basada en la experiencia histórica.
- Tener fundamentos teórico-científicos probados y validados para la toma de decisiones.
- Poseer claridad y facilidad de interpretación.
- Ser factible de llevarse a la práctica con todos los instrumentos de gestión y control necesarios articulados entre sí.
- Estar preparada para ser desarrollada y ejecutada con agilidad.
- Favorecer el bienestar general.
- Ser pensada para poner en práctica soluciones estratégicas.

Para poder llevar adelante un proceso de planificación —urbana— es necesario entonces contar con herramientas que nos permitan facilitar estos procesos. Dentro de este campo de aplicación es donde la simulación es la herramienta clave para respaldar la toma de decisiones de políticas y diseño sobre el territorio estudiado. A continuación, se detallan algunas de las ventajas y desafíos del uso de la simulación en entornos urbanos (Marengo 2010):

• *Ventajas:*

- Es una poderosa herramienta para análisis de escenarios y detección de potenciales problemas.

- Colabora en la justificación de la toma de decisiones en la morfología urbana respecto de las inversiones a futuro.
- Posibilita abarcar una serie de alternativas en simultáneo y analizar mediante un estudio sistemático diversas soluciones.
- Permite identificar con facilidad cuáles son las áreas con problemas en los procesos complejos.
- Para algunos casos de estudio complejo, la simulación es la única alternativa.
- Un mismo modelo puede ser rápidamente modificado para la obtención de alternativas con el fin de analizar diferentes escenarios o decisiones político-socioeconómicas.
- *Desafíos:*
- Analizar cuál es el nivel de simulación necesario en cada caso —optimización de recursos—.
- Analizar el costo-beneficio. Puede ser muy costosa si se aplica de forma incorrecta.
- Elaborar y controlar con criterio científico la serie de alternativas desarrolladas.
- Lograr precisión en las simulaciones. Debido a la cantidad de datos intervinientes, se debe conseguir la mayor fiabilidad y control de errores posibles ocasionados por las simplificaciones que pudieran darse en los algoritmos complejos.
- Incorporar la complejidad del «mundo real» en las alternativas a estudiar.
- La simulación no genera «respuestas por sí misma». El control y uso correcto de los parámetros intervinientes son claves para la producción de resultados confiables.
- La falta de personal capacitado para resolver algunas situaciones de diseño-simulación y los costos que ello implica recaen en las políticas de Estado, y por lo tanto se dejan de lado los sistemas de simulación como una opción viable en los ámbitos de gestión-discusión de políticas territoriales.

A modo de conclusión «puede sostenerse que se valida el modelo de simulación en tanto herramienta que permite efectuar evaluaciones prospectivas en posibles escenarios de actuación urbanística, arrojando luz sobre las limitaciones y posibilidades implícitas en el proceso de toma de decisiones» (Marengo, 2010). ■



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJMAT, R.; LONGHINI, M.V.** (2019). La simulación como herramienta de diseño. Propuesta y aplicación de una metodología para casos de estudio de San Miguel de Tucumán. IBPSA VI Congreso Latinoamericano de Simulación de Edificios. Mendoza, Argentina.
- (2017). Architectural Morphology and potential use of renewable energy at urban and building scale. ISES Solar World Congress SWC.
- LONGHINI, M.V.** (2018). *La incidencia de la forma urbana, en el aprovechamiento de energía solar en edificios del Área central de San Miguel de Tucumán*. Tesis inédita de doctorado. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología Universidad Nacional de Tucumán, Luminotecnia, Instituto de Luz Ambiente y Visión, CONICET. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- LUQUE-MARTÍN, I.** (2015). Planificación urbana inteligente (PUI). Simulación multiagente apoyada en datos e indicadores sintetizados con los criterios de la sostenibilidad urbana (pp. 284–289). I Congreso Ciudades Inteligentes. Madrid.
- MARENGO, C.; AMBROSINI, A.; BONETTO, S.; OCHOA, A.** (2010). La simulación y su validez como herramienta metodológica para el análisis de transformaciones urbano-territoriales. VIII Biental del coloquio de transformaciones territoriales Territorios y Territorialidades en movimiento. Programa AUGM – Universidad de Buenos Aires.