

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE ESCENARIOS PROYECTUALES PARA LA OPTIMIZACIÓN Y MEJORA EN DESARROLLOS URBANO-RESIDENCIALES. CASO DE ESTUDIO: DESARROLLO EL JORDÁN, TONALÁ, JALISCO

EDELMIRA RODRÍGUEZ MORALES

Universidad de Guadalajara
México

Recibido: 30 septiembre 2016. Aceptado: 02 diciembre 2016.

RESUMEN

En la presente investigación se realiza una serie de “modelaciones” para analizar los paradigmas actuales con los que se configuran los desarrollos urbano-residenciales y se proponen estrategias de instrumentación basadas en métodos estadísticos y de medición. A partir de la aplicación de una serie de indicadores de sustentabilidad urbana como instrumento de valoración de orden cuantitativo y cualitativo del proceso urbanizador en el desarrollo urbano-residencial El Jordán, ubicado en Tonalá, Jalisco, se propone un plan estratégico de acciones de optimización y mejora. Al estudiar la forma de planeación y proyección que emplean los desarrolladores de vivienda se puede determinar el grado de sustentabilidad que éstas presentan y utilizar este dato como un elemento prospectivo para obtener una base de proyección orientada a la gestión de modelos urbano-arquitectónicos sustentables desde una visión integral y sistémica dirigida a la planeación, creación y modificación del espacio urbano hacia formas más sostenibles.

Palabras clave: Indicadores urbanos sustentables, Planeación urbana, Modelación de escenarios.

ABSTRACT

In the present research, a series of models are performed to analyze the current paradigms involving the conformation of urban residential developments and implementation strategies are proposed based on statistical and measurement methods. Through the application of a series of urban sustainability indicators, considered as a quantitative and qualitative assessment tool for the urbanization process in the urban residential development “El Jordán”, located in Tonalá, Jalisco, a strategic action plan for the optimization and improvement is proposed. By studying the form of planning and projection used by housing developers, the level of sustainability present can be used as a prospective component to obtain the basis for the projection oriented towards the management of sustainable urban-architectural models from an integral and systemic approach and directed to the planning, creation, and modification of the urban space into more sustainable forms.

Keywords: Sustainable urban indicators; urban planning; modeling scenarios

INTRODUCCIÓN

La forma física de cualquier ciudad es el resultado de su historia de decisiones y acciones o inacciones de planificación y diseño y dichos cambios físicos responden a una estrategia (Lefebvre, 1974, pág. 224) dentro del proceso histórico. Reconocer el comportamiento de la estrategia de desarrollo de las ciudades modernas es la clave para su re-proyección hacia formas sustentables. Actualmente en México se ha presentado un patrón de crecimiento en las ciudades, donde, a causa de la necesidad de nueva vivienda se ha generado el desarrollo de grandes fraccionamientos habitacionales en las periferias. Este modelo de crecimiento se ha dado de forma no planeada en su mayor parte y sin considerar posibles consecuencias ambientales y sociales que surgen después de la etapa de construcción, como es la generación de una ciudad fragmentada, difusa y dispersa, lo que ha llegado a afectar el espacio tradicional de las ciudades (González Romero, Pérez Bourzac, & Rivera Borrayo, 2009), ha modificado el funcionamiento de los ciclos naturales de materiales y ha resultado en contaminación ambiental por el elevado consumo de recursos.

El mercado de vivienda es uno de los sectores clave en el crecimiento de las ciudades, y su principal componente, en cuanto a cantidad, son los desarrollos inmobiliarios con financiamiento por particulares, constructoras o desarrolladores que buscan la mayor ganancia posible, y se intercambian con financiamiento bancario. Usualmente estos desarrollos habitacionales son ofertados por grandes empresas inmobiliarias que buscan un beneficio económico, dejando en segundo plano cuestiones sociales, geográficas o ambientales. Esto reproduce formas espaciales eficientes en la relación costo-función, pero al mismo tiempo se reproducen deficiencias sociales donde el territorio se convierte en, como lo denomina Lefebvre, un “espacio instrumental” (1974, pág. 223). Es así que surge la necesidad de buscar métodos de diseño alternativos que modifiquen el comportamiento de los asentamientos urbanos

y, en este caso, de los desarrollos urbano-residenciales.

Como caso de estudio se seleccionó el desarrollo urbano-residencial El Jordán, ubicado en Tonalá, Jalisco, por sus características formales y contextuales. Es un proyecto habitacional desarrollado por una constructora, horizontal en su mayoría, en las periferias de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), la segunda más poblada de México, después de la Zona Metropolitana del valle de México según el Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y está en la etapa final del proceso de construcción.

A través de la aplicación de indicadores, líneas base y criterios mínimos de evaluación se ha generado un plan estratégico que incluye acciones de optimización y mejora para el monitoreo y la verificación de la sustentabilidad en conjuntos urbanos habitacionales que puede ser utilizado para la proyección de futuros proyectos urbano-residenciales.

La información aquí presentada fue generada y procesada con ayuda de José Alejandro Barón Hernández, Oswaldo Lau Solorio, Cristina Saucedo Ruvalcaba y Virimar Oliva, alumnos del posgrado en Procesos y Expresión Gráfica en la Proyección Arquitectónica-Urbana y de la licenciatura en Urbanismo de la Universidad de Guadalajara. De igual forma, este trabajo es parte de una investigación cuya metodología fue parcialmente replicada en las ciudades de Toluca y Ciudad Juárez, México, para realizar estudio un comparativo (Córdova Canela *et al.*, 2015).

METODOLOGÍA. SISTEMA DE INDICADORES URBANOS SUSTENTABLES

En la metodología, la heurística nos ayudará a ampliar el marco de análisis comparativo (Oseguera Parra, 2013) a través del manejo de estructuras más simples de las variables (representación de magnitudes de datos con números) para realizar procedimientos estadísticos, la inclusión

de fórmulas adecuadas y la construcción de esquemas y mapas.

Para realizar las mediciones y la modelación se empleó el sistema de indicadores urbanos sustentables manejado por Córdova Canela y otros (2015) que gestiona el desarrollo urbano-arquitectónico hacia un modelo más sustentable. En dicho sistema se seleccionan las herramientas de medición considerando la disponibilidad de acceso a la información que se requiere y que sirvan para la creación de estrategias dirigidas a un modelo de ciudad sustentable.

El sistema incluye 19 indicadores englobados en dos categorías: (1) indicadores de integración, ocupación de suelo y planeamiento del desarrollo y (2) indicadores de compacidad, habitabilidad y metabolismo urbano. Para la medición de dichos indicadores se emplea una escala que responda a una lógica de desempeño: una primera escala de medición indica los criterios mínimos para asegurar la factibilidad del sistema y una segunda busca la optimización del sistema con criterios por encima del promedio deseable.

Como primer paso de la aplicación del sistema de indicadores se recopila la información gráfica y documental que serán los insumos de los indicadores, siendo el proyecto ejecutivo el más relevante de los datos junto con la información del contexto, como datos de población, vialidades, transporte público, etcétera.

Posteriormente se realiza una evaluación diagnóstica previa de los componentes del proyecto a través de la aplicación del instrumento de medición a fin de tener un panorama de las condiciones y funcionamiento del sistema urbano-residencial. Junto con la aplicación del sistema de indicadores sustentable se ejecuta un conjunto de herramientas que conforman una serie de procesos de análisis como también de simulación, en donde cada uno de estos instrumentos arrojará resultados parciales y especulativos que servirán para la sucesión del procedimiento metodológico. Para el desarrollo de las modelaciones se realizaron mapas y cálculos del desarrollo que incluyen flujos de materiales, energía, información,

aspectos de movilidad, volumetría, entre otras cuestiones que servirán para analizar cómo se comportan estas variables en los espacios físicos.

Adicionalmente se realiza un análisis prospectivo con herramientas estadísticas de correlación para identificar las variables más influyentes en el sistema. Con los indicadores aplicados y el análisis prospectivo se procede a discutir dichos resultados y, a partir de la identificación de las rutas críticas y considerando la perspectiva de los escenarios deseables, se definen las estrategias y acciones de mejora.

Caso de estudio: conjunto urbano-residencial El Jordán, Tonalá

El conjunto urbano-residencial El Jordán se ubica en el municipio de Tonalá, Jalisco, dentro de la ZMG, específicamente anexo al centro de población Puente Grande (figura 1).

La extensión territorial del conjunto es de aproximadamente 40 hectáreas, se ha proyectado un total de 2 029 unidades de vivienda en dos etapas de desarrollo y 1 180 unidades ya fueron vendidas. Las tipologías de las viviendas son unifamiliar y vertical de tres y cuatro niveles. Se cuenta con equipamientos comerciales, centro de salud, farmacia, guardería y escuela preescolar.



FIGURA 1. Localización del conjunto urbano-residencial El Jordán. Elaboración propia.

INDICADORES DE INTEGRACIÓN, OCUPACIÓN DE SUELO Y PLANEAMIENTO DEL DESARROLLO

Para analizar los aspectos de integración, ocupación de suelo y planeación se desarrollaron indicadores enfocados en determinar la idoneidad de la localización del proyecto de acuerdo con su contexto en términos de servicios e infraestructura y en relación con las características internas del proyecto.

Localización e integración de la acción urbanística

Este primer indicador proporciona el grado de integración del caso de estudio a través de su perímetro, con el suelo urbano consolidado con el fin de evitar la dispersión, y se mide con el porcentaje de relación entre dichos factores:

$$IAU(\%) = \frac{PCAU}{PAU} \times 100$$

Donde *IAU* es el grado porcentual de integración de la acción urbanística; *PCAU*, es el perímetro efectivo de la acción urbanística en contacto territorial con Suelo Urbano o Urbanizado; y *PAU* es el perímetro total de la acción urbanística.

El criterio de evaluación mínimo aceptable es de $\geq 25\%$ y el óptimo es de 100% de integración de la acción urbanística. Cabe aclarar que cuando el caso de estudio se localice en un *Área de Reserva Urbana*, según lo normado en los Planes Parciales de Desarrollo Urbano del Municipio por tratar, el valor de *IAU* será de 100% automáticamente.

$$IAU(\%) = \frac{169,926.10m^2}{169,926.10m^2} \times 100$$

$$IAU = 100\%$$

El grado porcentual de integración de la acción urbanística equivale a 100% de acuerdo con la información recabada y calculada; puesto que, a pesar de encontrarse parcialmente aislada de un entorno urbano, está en la zona de reserva urbana

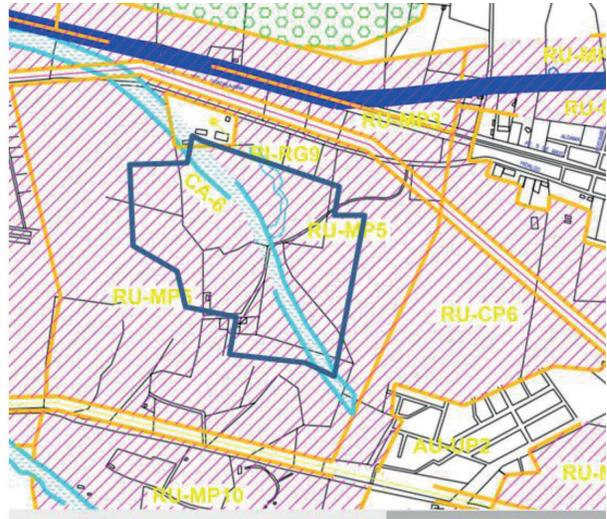


FIGURA 2. Localización del área de estudio con uso de suelo de reserva urbana. Fuente: Plan de Desarrollo Urbano del Distrito Urbano de Puente Grande. Versión (2002).

del Plan de Desarrollo vigente (figura 2), por lo tanto, el valor del grado porcentual de integración de la acción urbanística equivale al valor óptimo/deseable.

CONECTIVIDAD NO MOTORIZADA DE LA ACCIÓN URBANÍSTICA

Para medir la conectividad no motorizada se sigue un procedimiento similar al del indicador anterior relacionando el perímetro que cuente con accesibilidad y vialidad adecuadas para el tránsito peatonal y en bicicleta con el suelo urbano consolidado:

$$CAU(\%) = \frac{PPCAU}{PCAU} \times 100$$

Donde *CAU* es el grado porcentual de conectividad de la acción urbanística a partir de movilidad no motorizada: peatonal o en bicicleta; *PPCAU* es el perímetro de la acción urbanística con potencial de conectividad no motorizada; y *PCAU* es el perímetro efectivo de la acción urbanística en contacto territorial con Suelo Urbano o Urbanizado.

Como criterio de evaluación se establece como mínimo $\geq 50\%$ y como óptimo 100% de grado porcentual de conectividad urbanística.



FIGURA 3. Plano de conectividad no motorizada. Elaboración propia.

$$CAU(\%) = \frac{952.13}{3,139.91} \times 100$$

$$CAU = 30.32\%$$

El resultado del porcentaje de conectividad no motorizada del desarrollo El Jordán queda por debajo del mínimo aceptable, lo que indica la falta de inclusión de todos los tipos de usuarios dentro del diseño urbano-arquitectónico del proyecto y se considera así principalmente por la gran cantidad de superficie colindante con el desarrollo que no cuenta con infraestructura adecuada (figura 3).

PROXIMIDAD A LAS PARADAS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE LA ACCIÓN URBANÍSTICA

El cálculo de la proximidad a las paradas de transporte público proporciona el grado de conectividad del caso de estudio con los circuitos de movilidad existentes, y se determina por el número de paradas de transporte público que hay ahí y en el área de influencia de la acción urbanística, que se considera de entre 300 y 500 metros medidos a partir de la línea exterior del perímetro total.

Como criterio mínimo se establecen dos paradas de transporte público para desarrollos con superficie menor o igual a 16 ha y de >2 para desarrollos con superficie mayor a 16 ha en el interior o en su área de influencia.



FIGURA 4. Plano de la proximidad a las paradas de transporte público de la acción urbanística. Elaboración propia.

Si bien algunos otros documentos mencionan que habrá paradas de transporte público dentro del desarrollo, no aparecen señaladas en el proyecto ejecutivo, a pesar de contar con una ruta actual de 25 km que colinda con el desarrollo y se dirige al centro de Guadalajara (figura 4). Pese a esto, al no haber evidencia física, se considerará no aceptado.

DENSIDAD DE VIVIENDAS PROYECTADAS (DVP)

La densidad de viviendas es la relación entre el número de éstas y el área total del desarrollo, para determinar el grado de aprovechamiento del suelo, teniendo como unidad de área de referencia cada una de las celdas de una malla de 200m X 200m:

$$Dvp(viv/ha) = \frac{Nv}{Usp(ha)} *$$

(*) Malla de referencia de 200 x 200m.

Donde D_v es la Densidad de Viviendas proyectadas por hectárea destinada al proyecto; N_v es el número de viviendas proyectadas; y U_{sp} es la superficie total destinada al proyecto en hectáreas.

El criterio de valoración considera como mínimo aceptable >80 viv/ha en 50% de la superficie del suelo urbano residencial del proyecto, y óptimo >80 viv/ha en 75% de la superficie del suelo urbano residencial del proyecto.

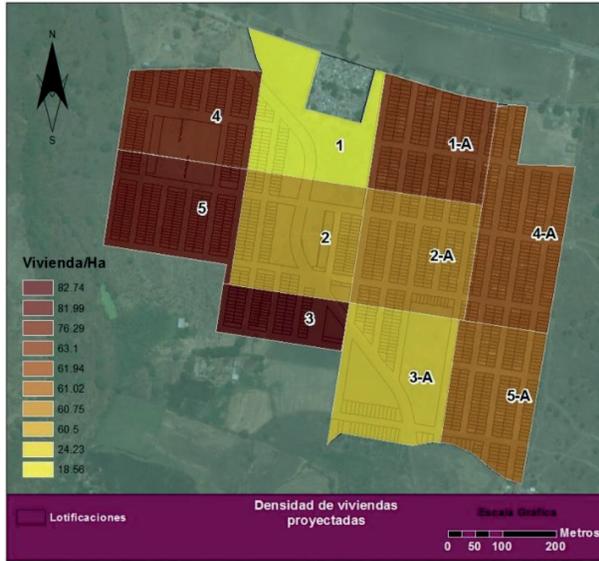


FIGURA 5. Plano de densidad de viviendas proyectadas. Elaboración propia.

$$D_{vp}(\text{viv}/\text{ha}) = \frac{2126}{37.21}$$

$$D_{vp} = 58.67 \text{ viv}/\text{ha}$$

Solo dos cuadrantes de 10 muestran una Densidad de Viviendas Proyectada por encima del criterio mínimo, lo que equivale a 14% aproximadamente del total de la superficie del suelo urbano del proyecto. Ambos cuadrantes corresponden a la sección donde se proyecta edificar vivienda de acuerdo con prototipos, si sólo se toma en cuenta esta área, el porcentaje de la Densidad de Viviendas Proyectada aumenta a 34% aproximadamente (figura 5). En ambas ponderaciones la densidad de vivienda proyectada se encuentra por debajo del criterio y de cobertura mínimos. Por lo tanto, no es aceptable.

SUPERFICIE DE VIALIDAD DESTINADA A TRÁNSITO PEATONAL

Para calcular la superficie de vialidad destinada al tránsito peatonal se realiza una comparación porcentual con respecto a la vialidad vehicular. Este indicador se contempla para dotar al espacio público vial de espacios de circulación y esparcimiento adecuados tanto para el peatón como para bicicletas o cualquier usuario no motorizado:

$$PS_{vp}(\%) = \frac{S_{vp}}{S_v} \times 100$$

Donde PS_{vp} es la proporción porcentual de superficie de vialidad destinada al peatón con respecto a la superficie total de vialidad dentro de la acción urbanística; S_{vp} es la superficie de vialidad destinada al peatón de acceso restringido al vehículo motorizado dentro la acción urbanística, expresada en metros cuadrados; y S_v es la superficie total de vialidad dentro de la acción urbanística, expresada en metros cuadrados.

El criterio mínimo aceptable se considera a partir de 50%, como óptimo/deseable al ser superior a 75%.

$$PS_{vp}(\%) = \frac{36,171.33}{127,104.07} \times 100$$

$$PS_{vp} = 28.46\%$$

La superficie de vialidad destinada al peatón que presenta el desarrollo El Jordán, no alcanza a cubrir el criterio mínimo, debido a la prioridad vial que se le otorga a la totalidad de las vialidades vehiculares dentro del desarrollo (figura 6).

CICLOPUERTOS

Para calcular el indicador de ciclopuertos se evalúa el número de plazas para estacionamiento de bicicletas dentro del desarrollo con respecto a la superficie de los diferentes usos de suelo:

A partir de la clasificación de uso y destino se establece un determinado número de plazas a par-



FIGURA 6. Plano de la superficie de vialidad destinada al tránsito peatonal. Elaboración propia.

tir de lo anterior; en donde para uso habitacional será de 1 plaza/ vivienda o por 100 m² de cubierta, para uso comercial y de servicios 1 plaza/ por 100 m² de cubierta, para equipamiento urbano 2 a 5 plazas / por 100 m² de cubierta, y para recreación y descanso 1 plaza / por 100 m² de suelo. La dimensión mínima de la plaza de estacionamiento para bicicletas será de: 0,70 metros de ancho por 1,90 metros de largo (Córdova Canela *et al.*, 2015).

La información proporcionada no incluye elementos detallados referentes a la instrumentación de zonas destinadas al aparcamiento de bicicletas. En otros documentos se menciona que se contará con ello, sin embargo, se recomienda que no sea en un punto focalizado, por lo tanto, no se podrá considerar aceptado.

CONDICIONAMIENTO CLIMÁTICO DE LA MORFOLOGÍA EDIFICATORIA

El indicador de condicionamiento climático de la morfología edificatoria se utiliza para asegurar los adecuados orientación y desplante de las edificaciones para el aprovechamiento de las condiciones climatológicas y será medido de acuerdo con la existencia y la pertinencia de una Memoria

Técnica en la que se justifique técnicamente por medio de cálculos, o diferentes estudios fundamentados, la orientación y la morfología de las edificaciones del caso de estudio.



FIGURA 7. Plano del condicionamiento climático de la morfología edificatoria. Elaboración propia.

La orientación de todos los bloques de viviendas corresponde al sentido del eje Norte-Sur (Este-Oeste de sus fachadas más prolongadas), lo cual contraviene el criterio bioclimático de la morfología del bloque-edificio (figura 7). Es así que el conjunto de bloques habitacionales no presenta la adecuada relación entre los parámetros morfológicos con respecto a las orientaciones, en términos de soleamiento y ventilación, tampoco se cuenta con una memoria técnica o un documento afín, por lo cual no es aceptable para certificación.

INTEGRACIÓN DE LA VEGETACIÓN COMO INSTRUMENTO DE CONTROL AMBIENTAL

El indicador de integración de la vegetación como instrumento de control ambiental, como lo sugiere su nombre, se utiliza para medir el grado de integración de la vegetación a las condiciones climatológicas y territoriales del caso de estudio para lograr mayor aprovechamiento y mínimo

uso de recursos para su mantenimiento. Al igual que el indicador anterior, se evaluará de acuerdo con una memoria técnica o similar donde se muestren las características de la vegetación y se demuestre su viabilidad.

El arbolado utilizado en el fraccionamiento se compone principalmente de tres especies: guayabo fresa, lima y arrayán. Culturalmente, los tres son muy utilizados en el arbolado de calles en muchos lugares de México, dada su resistencia y su fácil cuidado. El arrayán es el único que tiene cierta vulnerabilidad a la falta de agua, pero es el mejor productor de sombra, según su diámetro y su tamaño. Con todo esto, el desarrollo presenta, en general, buen comportamiento, por lo que se considera aceptado.

SUPERFICIE DE ESPACIOS VERDES POR HABITANTE

El indicador de superficie de espacios verdes por habitante es muy utilizado por analistas urbanos debido a que se ha demostrado que el adecuado establecimiento de áreas verdes y de esparcimiento afecta directamente en la calidad del espacio urbano, en materia de habitabilidad, confort y cohesión social. Según lo estipulado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el valor mínimo de superficie de área verde por persona es de 9 m²/habitante (Secretaría de Medio Ambiente, 2015), lo que no se cumple en muchos de los sectores de las ciudades del país según diferentes estudios (IIEG, 2015) y quienes lo cumplen es porque consideran la totalidad de la superficie de las zonas metropolitanas incluidas las áreas verdes o naturales aledañas (Economist Intelligence Unit, 2010). Es así que dicho indicador se calcula con la totalidad de la superficie de espacios verdes con respecto al número de habitantes:

$$Psverde(m2/hab) = \frac{Sverde(m2)}{Thab}$$

Donde *PSverde* es la proporción de superficie de área verde con respecto al número total de habi-

tantes estimado en la acción urbanística; *Sverde* es la superficie total de área verde con más de 40% de cobertura vegetal en la acción urbanística; y *Thab* es el número total de habitantes estimado en la acción urbanística.

El criterio mínimo (basado en lo dicho por la OMS) es de >9 m²/hab y un criterio óptimo de entre 12 y 14 m²/hab.

$$Psverde(m2/hab) = \frac{42,648.64 \text{ m}^2}{10,812 \text{ hab}}$$

$$Psverde = 3.94 \text{ m}^2/\text{hab}$$

A pesar de contar con espacios verdes de gran extensión (figura 8), los metros cuadrados en relación con el número de habitantes resultan muy por debajo del mínimo aceptable, debido a que cuenta con grandes áreas donde prácticamente no hay ningún espacio verde.



FIGURA 8. Plano de los espacios verdes en el área de estudio. Elaboración propia.

INDICADORES DE COMPACIDAD, HABITABILIDAD Y METABOLISMO URBANO

El segundo grupo de indicadores es el de los concernientes a la compactidad, la habitabilidad y el metabolismo urbano que se utilizan con el fin de

lograr una eficiencia en el flujo y el uso de los recursos buscando el bienestar social. Se realiza a través de la medición de procesos urbanos de uso de los recursos, para cuantificar su grado de eficiencia y poder determinar qué componentes de la red son los más necesitados de regulación optimizada. La diversidad y la eficiencia de energía termodinámica son las condiciones esenciales para las economías y los ecosistemas estables y sostenibles (Rammel & van den Bergh, 2003). La gestión de los recursos naturales debe alcanzar la máxima eficiencia en su uso con la mínima perturbación de los ecosistemas manteniendo sólo los elementos inmediatamente beneficiosos (Novotny, Ahern, & Brown, 2010).

COMPACIDAD URBANA ABSOLUTA

La compactad urbana absoluta es un indicador utilizado por Salvador Rueda en muchos de sus estudios y consiste en la medición del aprovechamiento del suelo a través de la relación del volumen edificado con la superficie total (Rueda *et al.*, 2012), que en este caso se determina utilizando la malla de 200 x 200 m:

$$Ca(m) = \frac{Ve(m^3)}{Usp(m^2)}$$

Donde CA es la Compactad Absoluta en metros; Ve es el volumen total de edificación proyectado en metros cúbicos; y Usp es la superficie total destinada al proyecto en metros cuadrados.

El criterio mínimo aceptable es de >5 m en más de 50% de la superficie y óptimo cuando sea >5 m en más de 75 por ciento.

$$Ca(m) = \frac{385,863.87m^3}{372,216.41m^2}$$

$$Ca = 1.04m$$

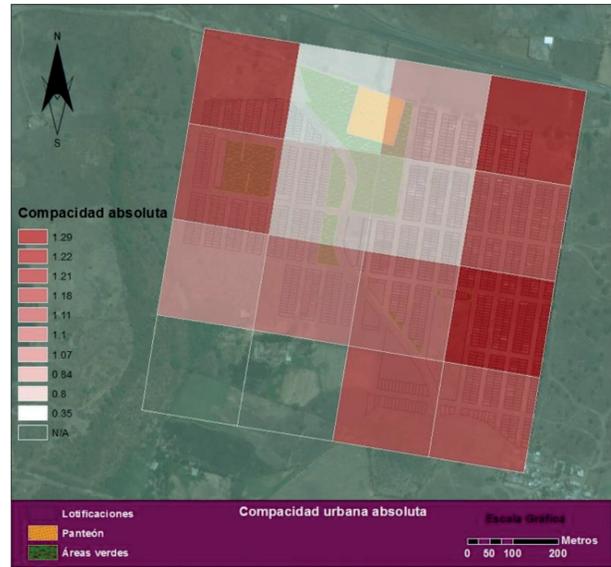


FIGURA 9. Plano de la compactad urbana absoluta. Elaboración propia.

El desarrollo El Jordán tiene un resultado muy por debajo del mínimo aceptable dentro de la malla, que van desde 0.35 a 1.29 m (figura 9). Esto se debe al deficiente aprovechamiento del suelo al contar con una extensa ocupación con muy bajos volúmenes construidos dado que la mayoría de sus viviendas es de tipología unifamiliar, lo que provoca mayor dispersión de la mancha urbana.

Compactad urbana corregida

Por otro lado, el indicador de compactad urbana corregida (Rueda *et al.*, 2012) surge a partir del indicador anterior, pero, a diferencia de la compactad urbana absoluta, se incluye la variable de espacio público de estancia con lo que se compensa y prioriza este tipo de uso para no tener una deficiencia de éste en el cálculo:

$$CC(m) = \frac{Ve(m^3)}{Ep(m^2)}$$

Donde CC es la Compactad Corregida en metros; Ve es el volumen edificado total del proyecto en metros cúbicos; y Ep es el área total del espacio público del proyecto en metros cuadrados.

El criterio mínimo se considera de 10-15 m en más de 50% de la superficie del proyecto y óptimo de 10-15 m en más de 75 por ciento.

$$CC(m) = \frac{385,863.87m^3}{44,988.21m^2}$$

$$CC = 8.58 m$$

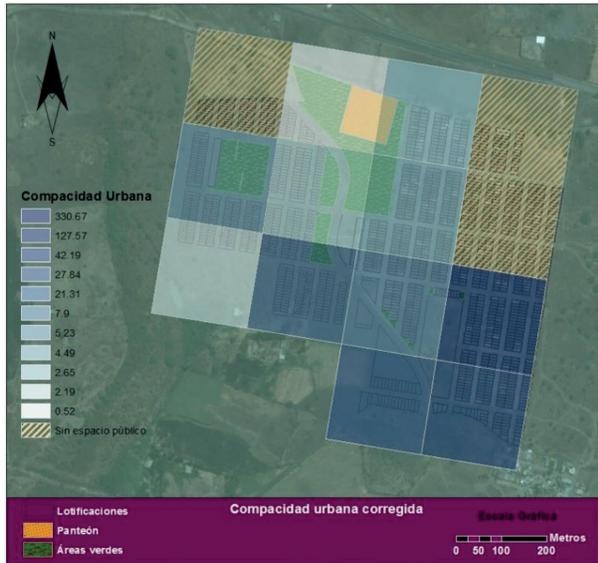


FIGURA 10. Plano de la compactación urbana corregida. Elaboración propia.

Los resultados de la compactación urbana corregida no entran en el comportamiento aceptable, ya que únicamente dos cuadrantes están dentro del rango deseable (figura 10). Resalta el gran contraste entre la mayoría de los cuadrantes, debido a que presenta sus espacios públicos concentrados en ciertos sectores en específico y deja gran parte del fraccionamiento con la necesidad de dichos espacios. Por otro lado, se debe resaltar el hecho de que casi se logra llegar al rango óptimo si se considera únicamente el promedio general de todo el desarrollo, lo que indica de nuevo que se requiere una distribución adecuada de los espacios.

PERCEPCIÓN ESPACIAL DEL VERDE URBANO

El indicador de percepción espacial del verde urbano se retoma de estudios de Salvador Rueda (Rueda *et al.*, 2012), donde se utiliza para visualizar la cantidad de vegetación percibida en las vialidades considerando, no la superficie, sino el

volumen de la vegetación proyectada que ocupa u ocupará dentro del espacio volumétrico de la vialidad:

$$PEvu(\%) = \frac{SVPt (Pvisar > 10\%)}{SVPt} \times 100$$

Donde *PEvu* es el indicador de Percepción Espacial del Verde Urbano del proyecto expresado en porcentaje; *SVPt (Pvisar > 10%)* es la superficie total de viario público resultante de la sumatoria de todas las superficies de viario público proyectado con un *Pvisar* superior a 10% del campo visual; y *SVPt* es la superficie total de viario público proyectado.

El criterio mínimo es de >10% de volumen verde percibido en más de 50%, mientras que el óptimo se considera 10% en más de 75 por ciento.

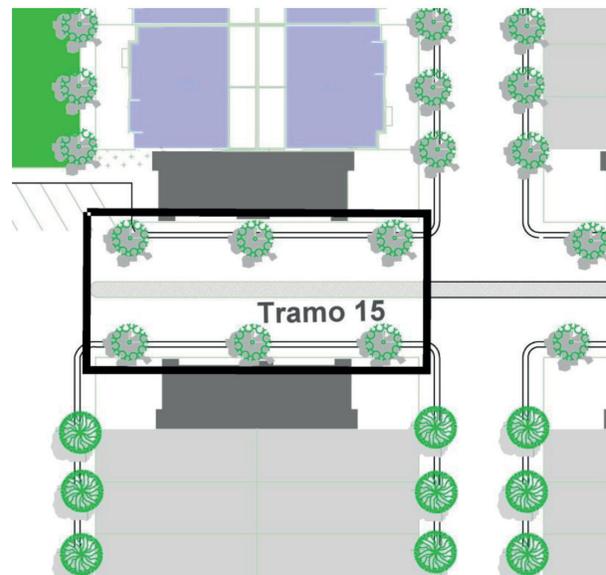


FIGURA 11. Sección de calle del proyecto. Elaboración propia.

$$PEvu(\%) = \frac{550.35}{912.75} \times 100$$

$$PEvu = 60.30\%$$

El desarrollo obtiene criterio y cobertura mínimos, pero, considerando que sólo se tomaron en cuenta los árboles ubicados en banquetas y se omitieron los ubicados en parques y espacios públicos, los resultados son satisfactorios.

ACCESIBILIDAD DE VIALIDADES PROYECTADAS (AVP)

En la búsqueda de proyectar ciudades y asentamientos humanos inclusivos, se incluye el indicador de accesibilidad de vialidades proyectadas, con líneas de acción dirigidas a crear espacios públicos accesibles a todo tipo de usuarios. Para su cálculo se relaciona la dimensión de banquetas con la pendiente de la misma:

$$Ptp(\%) = \frac{DE}{Ltp} \times 100$$

Donde Ptp es el porcentaje de inclinación del tramo de calle proyectado; DE es la diferencia de elevación entre las cotas geodésicas de los nodos de entrada y salida de tramo de calle proyectado; y Ltp es la longitud total del tramo de calle proyectado.

$$AVp(\%) = \left(\frac{\sum_{i=1}^3 TVAp_i}{TVPt} \right) \times 100$$

Donde AVp es el porcentaje de cobertura de tramos de calle proyectados en metros lineales que cuentan con un grado de accesibilidad suficiente o mayor; $\sum_{i=1}^3 [TVAp_i = TVApS + TVApB + TVApE]$ es la sumatoria total de los metros lineales de los tramos de calle proyectados con accesibilidad suficiente, buena o excelente.

El criterio de evaluación mínimo se considera cuando el desarrollo obtiene >90% de los tramos de la vialidad con pendiente <5% y ancho de banqueta mayor de 0.90 m, mientras que el criterio óptimo es de >90% de los tramos de la vialidad con pendiente <5% y ancho de banqueta mayor de 2.5 m.

Al no exceder los porcentajes de pendientes mínimas recomendadas para la accesibilidad de vialidades junto con banquetas de 1.5 m en su totalidad (figura 12), se dota de un alto porcentaje de vialidades accesibles, que rebasa el mínimo deseable.



FIGURA 12. Plano de la accesibilidad de vialidades proyectadas según plano de vialidades y curvas de nivel. Elaboración propia.

EFICIENCIA DEL SISTEMA URBANO EN EL CONSUMO HÍDRICO PROYECTADO (THP)

El indicador de eficiencia del sistema urbano en el consumo hídrico proyectado está ligado al uso eficiente de uno de los principales recursos naturales. La comprensión de los balances de agua es esencial para la gestión integrada de las aguas urbanas, que se esfuerza en remediar las presiones y los impactos antropogénicos por la intervención (medidas de gestión) que se aplican en la llamada gestión total del ciclo urbano del agua (Marsalek *et al.*, 2008). Para su medición se realiza una comparación de los consumos promedio del desarrollo, considerando las diferentes tipologías, con los consumos óptimos según estándares promedio:

$$ECHp = \frac{Co}{Cp} \times 100$$

Donde $ECHp$ es el porcentaje de eficiencia en el consumo hídrico proyectado para el sistema urbano; Co es el Consumo Medio Optimizado Total del sistema urbano proyectado expresado en Lpd (litros por día), entendido como demanda de referencia; y Cp es el Consumo Medio Proyectado Total del sistema urbano proyectado expresado en Lpd .

**EL CRITERIO MÍNIMO ES DE >60%
Y PARA CONSIDERARSE ÓPTIMO,
DE 90-100 POR CIENTO**

En la Zona Metropolitana de Guadalajara, el encargado de las cuestiones de abastecimiento de agua potable es el SIAPA (Sistema Intermunicipal de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado) por lo que se tomarán en cuenta los datos a escala de la Zona Metropolitana en general. Según el SIAPA, en su informe anual de 2015 (SIAPA, 2016), el volumen de agua suministrada a la zona metropolitana fue de 816,839,553.42 lpd con 986,906 de usuarios de tipo doméstico. Por otro lado, el promedio de habitantes por vivienda fue de 3.9 residentes a escala nacional según la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI.

En este sentido, si se divide el agua suministrada a la ZMG entre el producto del número de usuarios de SIAPA por el promedio de habitantes por vivienda, se obtiene el consumo por persona promedio aproximado –a falta de información más precisa–, lo que nos da como resultado 212.22 lpd/persona. A partir de este promedio se puede determinar el consumo aproximado por persona según tipologías, a falta de la información, del desarrollo por medio de la siguiente construcción lógica: si el consumo óptimo de dos tipologías es de 160 y 96 lps, el promedio de éstas es 128 lps, por lo tanto, si el promedio de la ZMG es 212.22, el consumo de las dos tipologías aproximada es de 265.275 y 159.165 lps, respectivamente (figura 13).

El fraccionamiento El Jordán resultó con una eficiencia de 60.31%, que es suficiente para obtener el mínimo, pero se recomienda mejorarlo

Tipología	Número de viviendas	Número de habitantes por vivienda	Número de habitantes por tipología (THp)	Consumo óptimo por habitante según tipología (lt/hab/día)	Consumo por habitante según tipología (lt/hab/día)	Consumo optimizado (lt/día)	Consumo real (lt/día)
Autoconstruidas (unifamiliar)	0	0.00	0	160	265	0	0
Desarrollos urbanos horizontales (unifamiliar)	609	5.00	3,045	160	265	487,200	807,762
Edificios de 5 a 6 pisos (plurifamiliar)	570	5.00	2,850	96	159	273,600	453,620

Sustituyendo: consumos optimizados

ω_o (PFI) lt/día	ω_o (PFSI) lt/día	ω_o (UF) lt/día	ω_o lt/día
-	273,600.00	487,200.00	760,800.00

Sustituyendo: consumos reales

ω_p (PFI) lt/día	ω_p (PFSI) lt/día	ω_p (UF) lt/día	ω_p lt/día
-	453,620.25	807,762.38	1,261,382.63

ω_o lt/día	THp	Co (lt/hab/día)
760,800.00	5,895	129.06

ω_p lt/día	THp	Cp (lt/hab/día)
1,261,382.63	5,895	213.98

Co (lt/hab/día)	Cp (lt/hab/día)	ECHp
129.06	213.98	60.31 %

Eficiencia en el consumo hídrico proyectado = 60.31 %



FIGURA 13. Planos de las tipologías y el cálculo de su consumo hídrico proyectado. Elaboración propia.

mediante prácticas de eficiencia como la medición y la captación de aguas marginales, plantas de tratamiento y dispositivos ahorradores.

Dotación proyectada de contenedores (o puntos de recolección) de residuos sólidos urbanos (DCRSU)

El indicador de Dotación proyectada de contenedores o puntos de recolección de residuos sólidos urbanos se utiliza para visualizar la cobertura y la disposición del sistema de recolección de residuos dentro del desarrollo, por medio del número de puntos de recolección con respecto al número de habitantes del caso de estudio:

$$DCRSUp (hab/contenedor) = \frac{Pte}{Nc}$$

Donde $DCRSUp$ es la dotación proyectada de contenedores o puntos de recolección de RSU por habitante potencial en el proyecto; Pte es el número total de habitantes estimado con base en el número total de viviendas proyectadas y su tipología edificatoria; y Nc es el número total de contenedores o puntos de recolección de RSU previstos por el proyecto.

El criterio de valoración mínimo se considera de <300 hab/contenedor mientras que el valor óptimo de <150 hab/contenedor.



FIGURA 14. Plano de la dotación proyectada de contenedores. Elaboración propia.

El cálculo dio una resultante de 108 hab/cont. que, según los parámetros ya antes establecidos, da un resultado óptimo, dado que se consideraron dos puntos de recolección en cada manzana (figura 13).

PROXIMIDAD A LOS PUNTOS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS ($PROXRSU$)

El indicador de Proximidad a los puntos de recolección de residuos sólidos urbanos ($PROXRSU$) está muy reaccionado y complementa al indicador anterior; con él se determina la distancia entre la vivienda y los puntos de recolección de residuos sólidos para determinar el funcionamiento y la cobertura del sistema:

$$PROXRSU(m) = \frac{\sum Dmín(RSU)}{Nc(RSU)}$$

Donde $PROXRSU$ es la Proximidad de las viviendas proyectadas a los puntos de recolección de RSU previstos por el proyecto, expresado en metros lineales; $\sum Dmín(RSU)$ es la sumatoria total de todas las distancias (metros lineales) de las viviendas proyectadas al punto de recolección de RSU más cercano, siendo $Dmín(RSU)$ la distancia mínima entre el punto de recolección de RSU expresado adimensionalmente en la planimetría y el vértice más cercano a éste del polígono residencial con base en las vialidades proyectadas; y $Nc(RSU)$ es el número de contenedores o envases destinados a la recolección de RSU.

El criterio mínimo de aceptación será de <300 m y el óptimo de <100 m.

Según plano general (figura 14), la distancia considerada para llegar a los puntos de recolección de basura es óptimo dado que se deberá recorrer un promedio de 24 metros y un máximo de 71 metros.



FIGURA 15. Plano de la proximidad a los puntos de recolección de residuos sólidos urbanos. Elaboración propia.

SÍNTESIS EVALUATIVA DE LOS INDICADORES

INTEGRACIÓN, OCUPACIÓN DE SUELO Y PLANEAMIENTO DEL DESARROLLO

Con base en la cantidad de indicadores aceptados (3) contra la cantidad de indicadores rechazados (6) se considera que el comportamiento del caso de estudio en cuanto a su integración, ocupación del suelo y el planeamiento del desarrollo es bajo, lo que significa que se deben mejorar cuestio-

nes de movilidad y algunas de espacios verdes y aprovechamiento del suelo.

COMPACIDAD, HABITABILIDAD Y METABOLISMO URBANO

En cuanto a los aspectos de compacidad, habitabilidad y metabolismo urbano del caso de estudio, se obtuvo un resultado mucho más favorable: cinco indicadores aceptados y únicamente dos rechazados. Junto con el grupo de indicadores anterior, los aspectos que se deben mejorar son cuestiones de aprovechamiento del suelo.

Análisis prospectivo

Para el análisis prospectivo se relacionan las variables obtenidas para analizar el modelo e identificar las variables determinantes y reguladoras principales, así como las variables independientes del sistema urbano residencial. Para obtener el grado de relación se utiliza el *coeficiente de determinación (R²)* obtenido con el método de regresión lineal simple que brinda el grado porcentual de asociación lineal entre variables.

Para la regresión lineal simple se requiere una serie de resultados de las variables, por lo que se utilizarán, adicionalmente a los resultados del caso de *El Jordán*, los resultados obtenidos en los casos de Toluca y Cd. Juárez concentrados en el artículo “Comparativa del análisis y evalua-

CUADRO 1. Síntesis evaluativa de los indicadores de integración, ocupación de suelo y planeamiento del desarrollo

INTEGRACIÓN, OCUPACIÓN DE SUELO Y PLANEAMIENTO DEL DESARROLLO	CASO GUADALAJARA	INDICADORES ACEPTADOS	INDICADORES RECHAZADOS
Localización e integración de la acción urbanística	100.00%		
Conectividad no motorizada de la acción urbanística	30.32%		
Proximidad a las paradas de transporte público de la acción urbanística	No hay información suficiente		
Densidad de viviendas proyectadas	58.67 Viv/ha		
Superficie de vialidad destinada al tránsito peatonal	28.46%		
Cilcopuertos	No cuenta con ellos		
Condicionamiento climático de la morfología edificatoria	-		
Integración de la vegetación como instrumento de control ambiental	-		
Superficie de espacios verdes por habitante	3.94 m²/hab		

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 2. Síntesis evaluativa de los indicadores de Compacidad, habitabilidad y metabolismo urbanos

COMPACIDAD, HABITABILIDAD Y METABOLISMO URBANO	CASO GUADALAJARA	INDICADORES ACEPTADOS	INDICADORES RECHAZADOS
Compacidad urbana absoluta	1.04 m		
Compacidad urbana corregida	8.58 m		
Percepción espacial del verde urbano	60.30%		
Accesibilidad de vialidades proyectadas	100.00%		
Eficiencia del sistema urbano en el consumo hídrico proyectado	60.31%		
Dotación proyectada de contenedores o puntos de recolección de residuos sólidos urbanos	108.12 hab/cont		
Proximidad a los puntos de recolección de residuos sólidos urbanos	71 m máximo		

Fuente: Elaboración propia.

ción de escenarios proyectuales y propuesta de un plan estratégico de acciones de optimización y mejora en desarrollos urbano-residenciales” (Córdova Canela *et al.*, 2015) (cuadro 3).

Con los tres resultados se procede a realizar la regresión lineal para relacionar cada una de las variables entre sí. Por ejemplo, se realiza una regresión lineal de la *conectividad no motorizada*

CUADRO 3. Resultados del sistema de indicadores en los casos de Guadalajara, Toluca y Cd. Juárez

INTEGRACIÓN, OCUPACIÓN DE SUELO Y PLANEAMIENTO DEL DESARROLLO	CASO GUADALAJARA	CASO TOLUCA	CD. JUÁREZ
Localización e integración de la acción urbanística	100.00%	100.00%	100.00%
Conectividad no motorizada de la acción urbanística	30.32%	46.92%	100.00%
Proximidad a las paradas de transporte público de la acción urbanística	0	100.00%	100.00%
Densidad de viviendas proyectadas	58.67 Viv/ha	53.94 Viv/ha	41.99 Viv/ha
Superficie de vialidad destinada al tránsito peatonal	28.46%	14.02%	4.60%
Cilcopuertos	0	0	0
Condicionamiento climático de la morfología edificatoria	0	0	0
Integración de la vegetación como instrumento de control ambiental	0	0	0
Superficie de espacios verdes por habitante	3.94 m ²	8.12 m ²	0 m ²

COMPACIDAD, HABITABILIDAD Y METABOLISMO URBANOS	CASO GUADALAJARA	CASO TOLUCA	CD. JUÁREZ
Compacidad urbana absoluta	1.04 m	2.46 m	0.53 m
Compacidad urbana corregida	8.58 m	20.18 m	6.29 m
Percepción espacial del verde urbano	60.30%	0.00%	0.00%
Accesibilidad de vialidades proyectadas	100.00%	38.10%	96.43%
Eficiencia del sistema urbano en el consumo hídrico proyectado	60.31%	49.23%	48.48%
Dotación proyectada de contenedores o puntos de recolección de residuos sólidos urbanos	108.12 hab/cont	86.5 hab/cont	66.41 hab/cont
Proximidad a los puntos de recolección de residuos sólidos urbanos	71 m máximo	150 m máximo	100 m máximo

Fuente: Elaboración propia con datos de Toluca y Cd. Juárez de Córdova Calea *et al.*, 2015.

de la acción urbanística con la variable de localización e integración de la acción urbanística:

$$y = a + b_1x_1$$

Donde y es la proyección de conectividad no motorizada de la acción urbanística; a es el coeficiente de intercepción; b_1 es el coeficiente de la variable x_1 ; x_1 es la localización e integración de la acción urbanística que se proyectará, con los siguientes resultados:

$$R^2 = 0.0010066416324465$$

$$\text{Intercepción} = 59.08$$

$$\text{Variable } x_1 = 0$$

Donde el porcentaje del coeficiente de determinación será de 0.10%. Se continúa con la siguiente variable que corresponde a la proximidad a las paradas de transporte público de la acción urbanística:

$$R^2 = 0.468288357$$

$$\text{Intercepción} = 30.32$$

$$\text{Variable } x_1 = 0.4314$$

Por lo tanto, el porcentaje del coeficiente de determinación será de 46.83%. Este procedimiento se continuará sucesivamente hasta obtener el coeficiente de determinación con cada una de las variables (cuadro 4) y lo mismo se realizará considerando las demás variables como variable y .

El siguiente paso es realizar el análisis prospectivo a través de una matriz de influencia y dependencia con los datos obtenidos de las relaciones. Para ello se utiliza el *software* MICMAC que considera un valor de 0 cuando no existe influencia o dependencia, 1 cuando hay influencia débil, 2 cuando hay influencia moderada y 3 cuando exista una fuerte influencia. Para ello se consideran los resultados conforme a los siguientes rangos:

$$0.00 - 5.00 = 0 = \text{ninguna influencia}$$

$$25.01 - 50.00 = 1 = \text{influencia débil}$$

$$50.01 - 75.00 = 2 = \text{influencia moderada}$$

$$75.01 - 100.00 = 3 = \text{influencia fuerte}$$

Como ya se mencionó, el coeficiente de determinación brinda el grado porcentual de asociación lineal entre variables; sin embargo, no determina cuál de las variables es la que influye en la otra y

CUADRO 4. Ejemplo de la obtención del coeficiente de determinación (R^2) de la conectividad no motorizada de la acción urbanística a través de la regresión lineal con las demás variables

	GUADALAJARA	TOLUCA	CD. JUÁREZ	R^2
Conectividad no motorizada de la acción urbanística	30.32	46.92	100.00	
Localización e integración de la acción urbanística	100.00	100.00	100.00	0.10%
Conectividad no motorizada de la acción urbanística				
Proximidad a las paradas de transporte público de la acción urbanística	0.00	100.00	100.00	46.83%
Densidad de viviendas proyectadas	58.67	53.94	41.99	99.76%
Superficie de vialidad destinada al tránsito peatonal	28.46	14.02	4.60	83.79%
Cilcopuertos	0.00	0.00	0.00	0.10%
Condicionamiento climático de la morfología edificatoria	0.00	0.00	0.00	0.10%
Integración de la vegetación como instrumento de control ambiental	0.00	0.00	0.00	0.10%
Superficie de espacios verdes por habitante	3.94	8.12	0.00	51.47%
Compacidad urbana absoluta	1.04	2.46	0.53	27.44%
Compacidad urbana corregida	8.58	20.18	6.29	18.76%
Percepción espacial del verde urbano	60.30	0.00	0.00	46.83%
Accesibilidad de vialidades proyectadas	100.00	38.10	96.43	5.75%
Eficiencia del sistema urbano en el consumo hídrico proyectado	60.31	49.23	48.48	52.49%
Dotación proyectada de contenedores o puntos de recolección de residuos sólidos urbanos	108.12	86.50	66.41	90.42%
Proximidad a los puntos de recolección de residuos sólidos urbanos	71.00	150.00	100.00	0.60%

Fuente: Elaboración propia.

éste es un dato que se requiere para utilizarlo en el análisis prospectivo de influencia y dependencia que se realizará a continuación. Por tanto, ya con todos los coeficientes obtenidos, se procede a determinar cuál de las variables es la que influ-

ye, cuál es la que depende o si son correlacionales. Con ello se procede a vaciar la información en la matriz en el *software* MICMAC, considerando para ello una clasificación de identificación de variables (cuadro 5).

CUADRO 5. Clasificación de variables

	Nº	Etiqueta corta	Etiqueta larga
INTEGRACIÓN, OCUPACIÓN DE SUELO Y PLANEAMIENTO DEL DESARROLLO	1	LIAU	Localización e integración de la acción urbanística
	2	CNMAU	Conectividad no motorizada de la acción urbanística
	3	PPTPAU	Proximidad a las paradas de transporte público de la acción urbanística
	4	DVP	Densidad de viviendas proyectadas
	5	SVDTP	Superficie de vialidad destinada al tránsito peatonal
	6	CICL	Cilcopuertos
	7	CCME	Condicionamiento climático de la morfología edificatoria
	8	IVICA	Integración de la vegetación como instrumento de control ambiental
	9	SEVH	Superficie de espacios verdes por habitante
COMPACIDAD, HABITABILIDAD Y METABOLISMO URBANOS	10	CUA	Compacidad urbana absoluta
	11	CUC	Compacidad urbana corregida
	12	PEVU	Percepción espacial del verde urbano
	13	AVP	Accesibilidad de vialidades proyectadas
	14	ESUCHP	Eficiencia del sistema urbano en el consumo hídrico proyectado
	15	DPPRRSU	Dotación proyectada de contenedores o puntos de recolección de residuos sólidos urbanos
	16	PPRRSU	Proximidad a los puntos de recolección de residuos sólidos urbanos

Fuente: Elaboración propia.

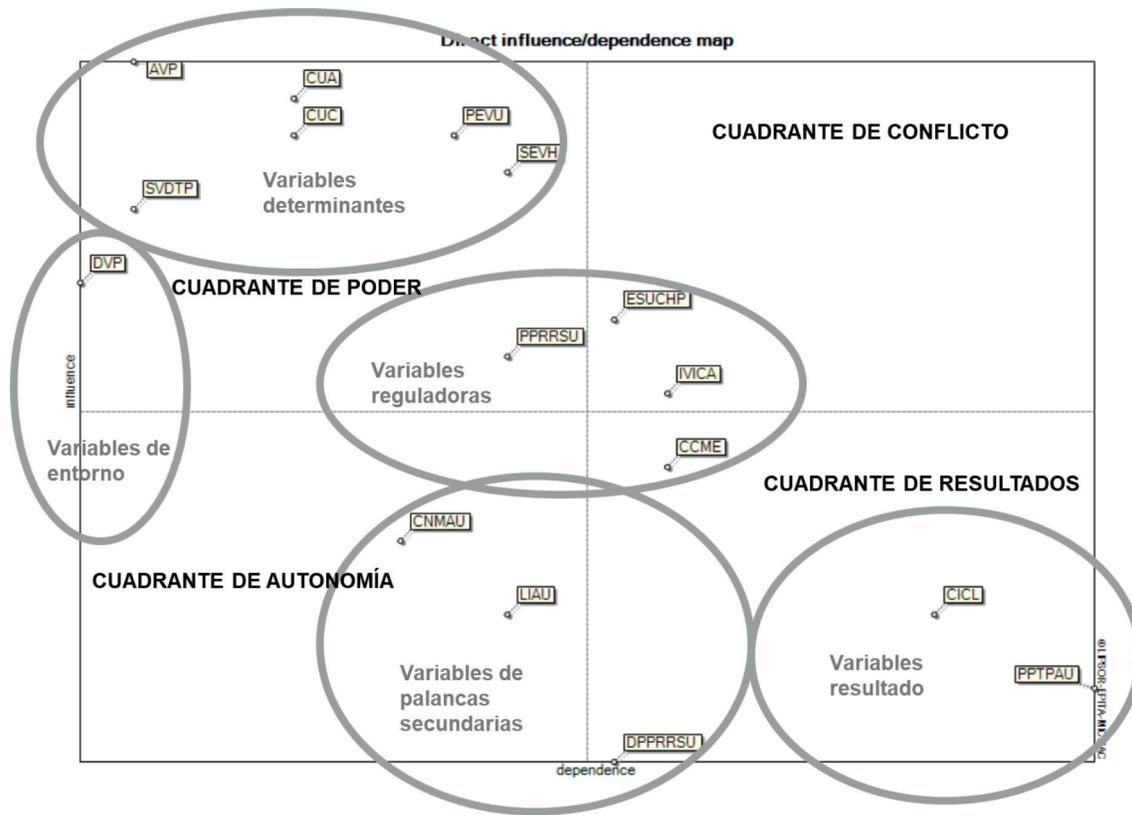


FIGURA 15. Mapa de Influencias/Dependencias Directas. Elaboración propia en el *software* MICMAC

Al analizar los resultados del análisis prospectivo de influencia y dependencia (figura 14) podemos encontrar que las variables que determinan el funcionamiento son: Accesibilidad de vialidades proyectadas, Compacidad urbana absoluta, Compacidad urbana corregida, Superficie de vialidad destinada al tránsito peatonal, Percepción espacial del verde urbano y Superficie de espacios verdes por habitante. Lo interesante de esto es que todas las variables determinantes son de cuestiones espaciales o que se relacionan con ello, lo que indica lo influyentes que son las cuestiones formales en el ámbito urbano, que no se contemplan en ninguna regulación ni se consideran en la mayoría de las escuelas de enseñanza de arquitectura o planeación de ciudad.

Por otro lado, los datos obtenidos en la regresión lineal también pueden utilizarse para realizar una proyección según la tendencia y esto es de suma importancia porque se trata de una herramienta más para simular escenarios proyectados. Por ejemplo, si se sustituye la fórmula de regresión lineal con los coeficientes obtenidos en el ejemplo de *conectividad no motorizada de la acción urbanística* y en el de *proximidad a las paradas de transporte público de la acción urbanística*, se obtiene:

$$y = 30.32 + 0.4314(x)$$

Donde y es la proyección de la conectividad no motorizada de la acción urbanística y x es la proyección de la proximidad a las paradas de transporte público de la acción urbanística propuesta o modificada. La correlación obtenida en la regresión puede dar resultados deficientes por la falta de casos de estudio, por lo que se requiere aumentar el número de referencia de casos para disminuir el margen de error o desconfianza.

ESTRATEGIAS

Ante los resultados obtenidos se generan las siguientes estrategias enfocadas principalmente a los ámbitos espaciales y formales del fracciona-

miento El Jordán, debido a que se demostró su potencial de influir en la mejora de las condiciones urbanas:

- Articular de mejor forma el fraccionamiento con el contexto urbano sin localizarlo fuera de la mancha urbana a pesar de considerarse dentro de la reserva urbana, a menos que se tenga una red eficiente de vías básicas para la circulación no motorizada hacia los asentamientos próximos.
- Instrumentación de rutas y paradas de autobús en puntos estratégicos y no únicamente en la parte exterior de la acción urbana.
- Rediseño de la orientación y la densificación de viviendas para alcanzar el criterio y la cobertura mínimos en la superficie del proyecto urbanístico a través del uso de tipología de vivienda plurifamiliar y el uso de suelo mixto que permitan abastecer las necesidades del uso plurifamiliar.
- Disminuir la prioridad del suelo urbano destinada al tránsito vehicular a través de una red eficiente de movilidad multimodal con prioridad peatonal.
- Contemplar mayor cantidad de áreas verdes, adecuadas para las condiciones climatológicas de la zona, distribuidas en los tramos de las vialidades y en las zonas del fraccionamiento marginadas de las mismas, junto con la creación de espacios públicos para mejorar la habitabilidad.
- Adaptación de disposiciones de medición y ahorro de agua dentro y fuera de las viviendas para mejorar el comportamiento hídrico, incluidas captación y reutilización del agua.

CONCLUSIONES

Es evidente que, según los resultados obtenidos a través del instrumento de medición en el caso de estudio de Tonalá, los aspectos de planeación en términos de integración, ocupación de suelo y planeación del desarrollo no son eficientes, mientras que las cuestiones de compacidad, ha-

bitabilidad y metabolismo urbanos tienen mucho mejor comportamiento.

En general, 50% de los indicadores fue rechazado por encontrarse por debajo de los rangos mínimos aceptados; entre ellos, los relacionados con la movilidad y la conectividad de vehículos no motorizados, transporte público y peatones, cuestiones de aprovechamiento y usos del suelo y los espacios verdes.

Derivado de la identificación de la problemática se proporcionan las estrategias para remediar en alguna medida dichas cuestiones; sin embargo, la mayoría requiere modificaciones mayores que implican un costo elevado y, adicionalmente, deben ir acompañadas por un gran esfuerzo y aceptación social. La ventaja de este análisis es que el caso de estudio está en construcción y para evitar gastos económicos, pérdidas de tiempo y afectación social futura, se pueden prevenir estas modificaciones con la aplicación de este tipo de instrumentos de medición en el proceso proyectual para hacer ciudad con formas más sostenibles.

El método prospectivo tiene gran relevancia, pues no sólo permite ver el comportamiento correlacional entre las variables del sistema urbano, sino que tiene el potencial de utilizar las variables independientes para predecir las dependientes, es decir, visualizar escenarios hipotéticos con la modificación de las variables para realizar ajustes proyectuales que lleven a un mejor funcionamiento del sistema. Este primer ejercicio incluye únicamente tres casos de estudio y los indicadores, por lo que el resultado puede ser más preciso al estudiar un mayor número de casos e indicadores más amplios para elevar la efectividad de los resultados.

Es importante incluir estos procesos de medición y proyección en las políticas públicas y en la normativa, acompañados de programas de capacitación y enlace entre los hacedores de estos conocimientos y los tomadores de decisiones, proyectistas, desarrolladores y población en general. Es inevitable y necesario el desarrollo de una sociedad, pero debe mitigarse o prevenirse el impacto social y ambiental causado por

proyectos nuevos o modificaciones a espacios ya desarrollados.

BIBLIOGRAFÍA

- Córdova Canela, F., J. E. de Hoyos Martínez, G. Velázquez Angulo y E. Rodríguez Morales (2015). "Comparativa del análisis y evaluación de escenarios proyectuales y propuesta de un plan estratégico de acciones de optimización y mejora en desarrollos urbano-residenciales" en *CULCYT*, *XII* (57), 342-356.
- Economist Intelligence Unit. (2010). *Latin American Green City Index*. Obtenido de sitio web de SIEMENS: https://www.siemens.com/entry/cc/features/greencityindex_international/all/en/pdf/report_latam_en.pdf
- González Romero, D., M. Pérez Bourzac y E. Rivera Borrayo, (2009). "El espacio público en la realización de la ciudad". En M. García Yerena y M. Pérez Bourzac, *Derivaciones y consecuencias del urbanismo* (pp. 97-118). Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- IIEG. (2015). *Sistema de Consulta de Áreas Verdes por Habitante*. Obtenido de sitio web del Sistema de Información Estadística: <http://sitel.jalisco.gob.mx/areasverdes/>
- Lefebvre, H. (1974). "La producción del espacio". *Papers: Revista de sociología* (3), 219-229.
- Marsalek, J., B. Jiménez Cisneros, M. Karamouz, P. A. Malmquist, J. Goldenfum y B. Chocat(2008). *Urban water cycle processes and interactions*. París, Francia: UNESCO.
- Novotny, V., J. Ahern y P. Brown (2010). *Water centric Sustainable Communities-Planning, retrofitting, and building the next urban environment*. Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Oseguera Parra, D. (2013). "La teoría fundamentada: una aplicación práctica". En M. G. Chávez Méndez, K. Y. Covarrubias y A. B. Uribe Alvarado (eds.), *Metodología de investigación en ciencias sociales: aplicaciones prácticas* (pp. 81-132). Colima: Universidad de Colima. doi:ISBN 9786079136789
- Rammel, C., y J. van den Bergh, (Diciembre de 2003). "Evolutionary policies for sustainable development: adaptive flexibility and risk minimising". *Ecological Economics*, 47, 121-133.

Rueda, S., R. de Cáceres, A. Cuchí y L. Brau(2012). *El urbanismo ecológico*. Barcelona: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona.

Secretaría de Medio Ambiente. (2015). *Red de Parques y Bosques Urbanos*. Obtenido de si-

tio web de SEMA: <http://www.sema.gob.mx/SRN-CON-REDPARQUES-INDEX.html>

SIAPA. (2016). *Informe de actividades y resultados*. Recuperado el 17 de junio de 2017, de sitio web de SIAPA: http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/doctrans/informe_anual_2015.pdf