

APLICACIÓN MÓVIL PARA TRAZADOR URBANO

Parámetros urbanos para algoritmo inicial

CONURB. Laboratorio para la transformación de la ciudad

Marzo, 2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. OBJETIVOS	3
2. ANÁLISIS DE PATRONES URBANOS EXISTENTES	4
3. TRAZADO URBANO Y ESTUDIO MORFOLÓGICO DE LA CIUDAD	8
4. EL PROBLEMA DE LA DENSIDAD	9
5. PARÁMETROS BÁSICOS Y NORMATIVA	10
6. SECUENCIA BÁSICA DEL ALGORITMO TIPO	13
7. PATRÓN TIPO CLUSTER	17
8. PATRÓN TIPO RETÍCULA	19
9. PATRÓN TIPO RADIAL	22
10. PATRÓN TIPO ESPINA	23
11. ALGORITMO COMPLETO	24
12. BIBLIOGRAFÍA	26

OBJETIVOS

El presente informe describe el trabajo por el cual se han determinado el proceso, las variables y las constantes del algoritmo preliminar para la App “trazador urbano”, actualmente en desarrollo por GRADE.

El objetivo del trabajo es contar con el sustento técnico urbano para realizar un prototipo de trazador para áreas de crecimiento informal o autogestionado, de tal manera que contemos con diferentes configuraciones urbanas con estándares aceptables de habitabilidad.

Si bien el contexto general de la investigación son las ciudades de Lima (Perú) y de Dar es Salaam (Tanzania), se decide realizar este trabajo estudiando la realidad limeña y la normativa peruana, por ser ésta la información más accesible y por disponer de corto tiempo para tener resultados preliminares.

En el caso limeño actual (no ha sido así en otros momentos de la historia), las lotizaciones y trazados urbanos informales responden a criterios de rentabilidad de suelo. De esta manera los lotizadores, traficantes o familias organizadas intentan obtener el mayor número de lotes sobre el área trazada, a menudo en detrimento de los espacios o equipamientos públicos. Si bien las lotizaciones suelen tratar de cumplir con los reglamentos en cuestión de porcentaje de aportes reglamentarios, los lotes dedicados a espacio público o equipamiento suelen ser los retazos de suelo sobrantes, sin cumplir con criterios de accesibilidad o configuraciones urbanas adecuadas para el uso de dichos espacios.

La definición de unos estándares adecuados de habitabilidad requiere de una investigación en profundidad, en la que se analicen el efecto de la configuración de urbanizaciones existentes o determinadas características de éstas, en el nivel de vida de los vecinos y vecinas de un barrio. Este tipo de investigación requiere de unos recursos y un tiempo mucho mayor que los destinados a este trabajo. Para esta etapa del proyecto se llega a plantear como horizonte que los nuevos trazados urbanos desarrollados con la App cumplan los criterios reglamentarios para habilitaciones urbanas en el Perú, así como los parámetros establecidos en el planeamiento metropolitano de Lima.

El trabajo realizado, por demanda de GRADE, se enfoca en tener un prototipo preliminar con el que poder probar el “trazador urbano” con potenciales usuarios/as. La mayoría de los análisis y decisiones tomadas son preliminares y responden a la necesidad de contar con criterios y estándares básicos para las nuevas urbanizaciones.

El trazador urbano tiene sin embargo un gran potencial como herramienta para comunidades autogestionadas o lotizaciones informales. Contando con la tecnología suficiente para reconocer detalles del entorno geográfico y urbano sobre el que se pretende trazar, no sólo podrían aplicarse en tiempo real reglamentos o estándares que permitan asegurar el correcto trazado de una urbanización, sino que se podrían incorporar alternativas en base a los requisitos del usuario o del Municipio, en caso sea éste el que maneje la aplicación.

Esta aplicación podría ser una herramienta muy útil para que un municipio o una administración local pueda gestionar su territorio y ofrecer alternativas de crecimiento organizado, con criterios de sostenibilidad, prevención de desastres, etc.

Por otro lado, el “trazador urbano” es en cualquier caso una herramienta, y como tal, no hay que perder de vista que podría usarse también para fines perversos, como por ejemplo la parcelación sin control del territorio, promoviendo lotizaciones extensas y de baja densidad, que consuman el recurso suelo. Es por esto que se han tomado algunas precauciones con respecto de las limitaciones impuestas a la hora de definir los datos variables, constantes, automáticos y configurables en el algoritmo. Se pretende así, entre otras cosas, limitar a parámetros razonables de densidad media las lotizaciones unifamiliares propuestas. Esto será desarrollado en mayor profundidad en el apartado 4 de este informe.

Finalmente, tómese en cuenta que este trabajo consiste un primer paso para realizar un testeo piloto de una herramienta que todavía debe ser estudiada y ajustada en profundidad.

ANÁLISIS DE PATRONES URBANOS EXISTENTES

La primera tarea desarrollada para este trabajo consistió en la búsqueda y análisis de patrones existentes para poder hallar características comunes bajo las cuales agruparlos y definir las condiciones de los nuevos patrones.

En esta etapa del desarrollo de la app nos centramos en patrones urbanos implementados en la ciudad de Lima entre los años 1821 y 1984 en urbanizaciones de diverso origen, la mayoría documentados en el libro *Lima. Historia y urbanismo en cifras. 1821-1970. Tomo I* (Ludeña, 2004) y en otras referencias específicas, principalmente de los años 80. Esta decisión se basa, por un lado, en la gran variedad de patrones y modelos de gestión y desarrollo urbano experimentados en Lima durante esos años, especialmente los primeros tres cuartos del S. XX, y por otro lado, en la premura del trabajo en su calidad de versión de prueba. Posteriores etapas ameritarán un estudio más detallado de otros contextos y experiencias, a fin de hallar otros modelos y parámetros de ocupación del territorio.

Se analizan los patrones de las diferentes urbanizaciones construidas por el sector privado, estatal y las organizaciones barriales, tal y como se organizan en el libro antes mencionado y se encuentran algunas características comunes a dichos modelos. Estas características se agrupan en torno a 6 subtipos diferentes:

- **Retícula:** Son aquellos patrones urbanos con retículas ortogonales o similares, organizados por manzanas y vías cuyas jerarquías (viales o espaciales) responden a una estructura reticular o tipo grilla. Ejemplos de este patrón son Santa Beatriz, Villa María del Triunfo (El Cercado) o Urb. Santa Cruz.

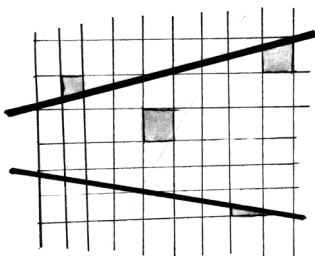


Figura 01.

- **Recorrido lineal:** Del mismo modo que el anterior, sin embargo los diferentes elementos urbanos se asientan sobre un único recorrido, que normalmente une dos puntos focales diferentes. Ejemplos de este patrón son Sierra Limeña o El Golf Los Incas.

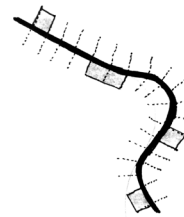


Figura 02.

- **Recorridos múltiples:** Son aquellos patrones urbanos que se desarrollan a partir de los trazados de sus calles o vías. Los espacios abiertos, o las zonas de mayor densidad se sitúan en distintos puntos de los recorridos, a partir de los cuales se organizan las manzanas. Ejemplos de este patrón son San Borja IV Etapa II Sector o Santa Isabel.



Figura 03.

- **Cluster central:** El espacio público abierto se localiza en un punto central, a partir del cual parten las diferentes vías y se estructuran las manzanas del patrón. Ejemplos de este patrón son Los Ángeles, Carabayllo Sector I, o Urb. Campo de Polo.

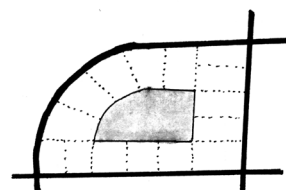


Figura 04.

- **Clusters múltiples:** Del mismo modo que el anterior, la estructura de lotes se organiza en torno a espacios abiertos, sin embargo en este caso, los espacios se organizan de modo ramificado, a veces con una jerarquía clara, otras a través de desarrollos homogéneos. Ejemplos de este patrón son Huaycán, Prolongación La Aurora o Cahuache.

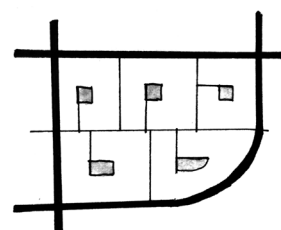


Figura 05.

Figuras 01-05; Esquemas de los patrones encontrados. Fuente: Elaboración propia

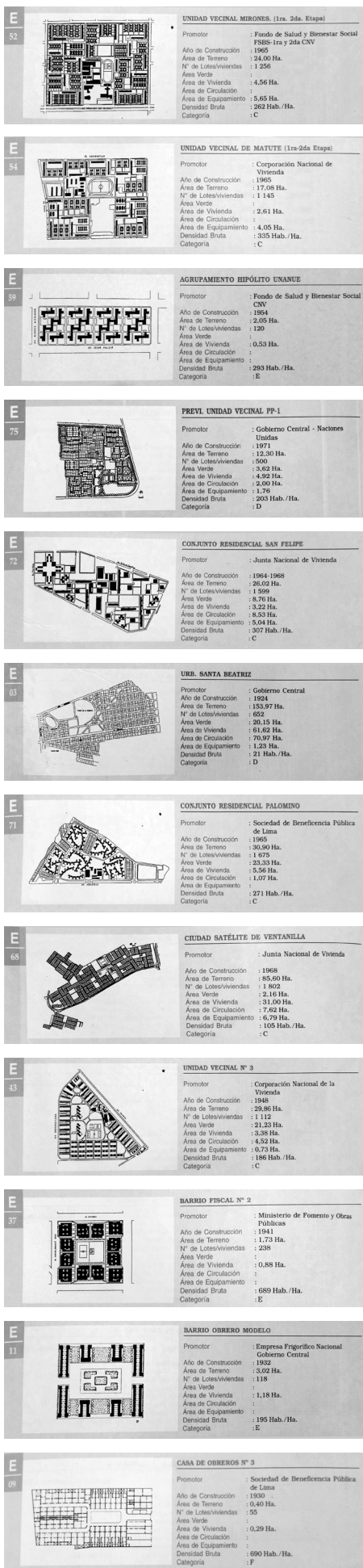
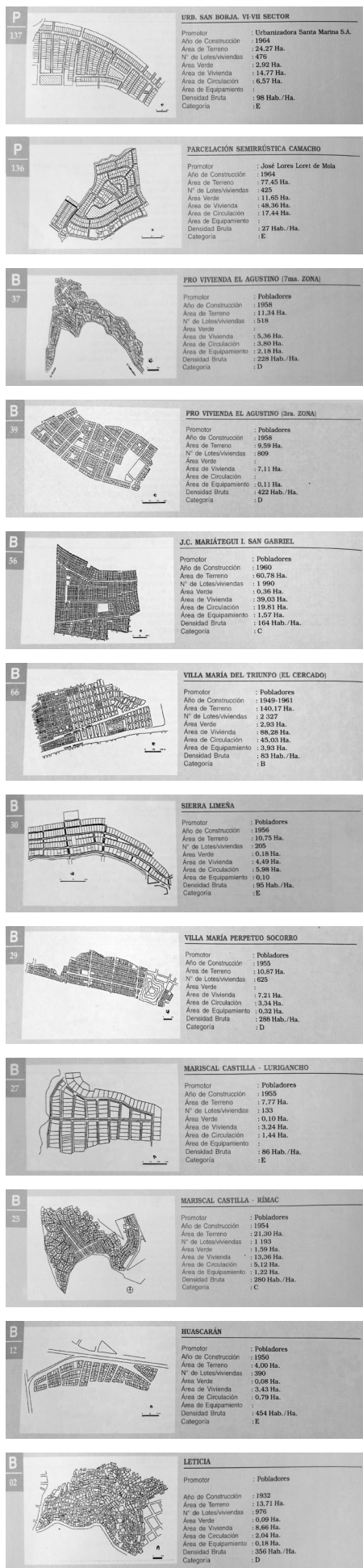
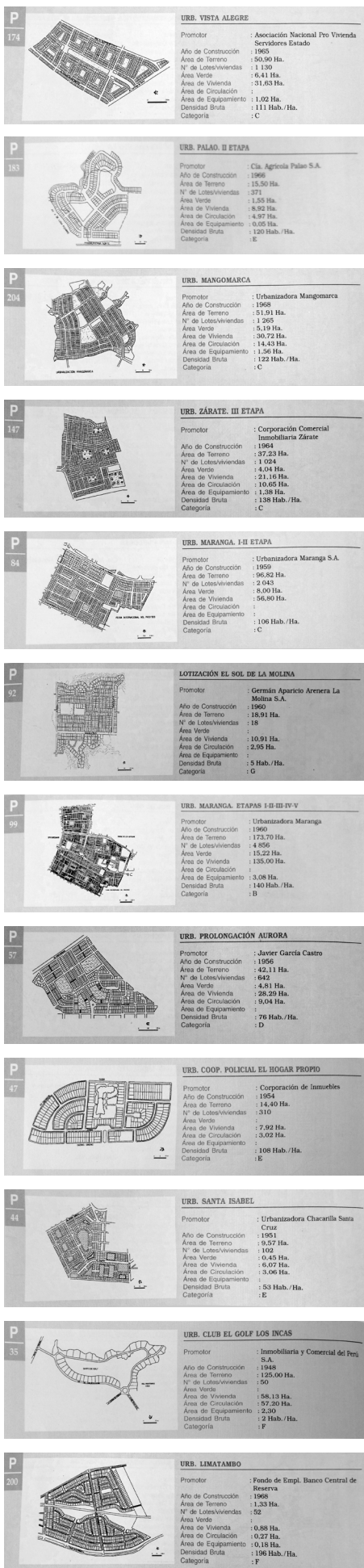


Figura 06. Algunas de las urbanizaciones estudiadas, de origen privado (izquierda), barrial (centro) o estatal (derecha). Fuente: Ludeña Urquiza, W. (2004). Lima. Historia y urbanismo en cifras. 1821-1970. Tomo I (Vol. I). Kiel: Geographisches Institut der Christian Albrechts Universität - Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Arquitectura, Urbanismo.

- Lateral irregular: Son tejidos regulares, a menudo en forma de retícula, que se encuentran con un accidente geográfico o urbano irregular y que adaptan su trama a éstos. Tienen características similares a los patrones en retícula, sin embargo el lateral irregular afecta en gran medida la estructura de manzanas y vías. Ejemplos de este patrón son El Sol de la Molina, Villa María del Perpetuo Socorro o Palao II Etapa.

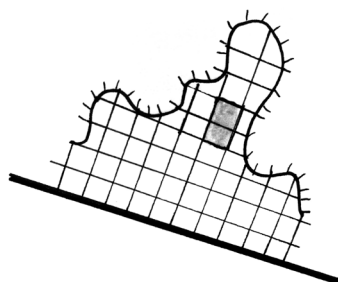


Figura 07.

- Orgánicos: Son patrones que se adaptan a una topografía abrupta y cuya estructura vial y de espacios abiertos es el espacio resultante libre de una adición lote a lote, adaptándose éstos a las curvas de nivel. No son fruto de una planificación organizada y sin embargo tienen una estructura particular. Ejemplos de este patrón son Leticia, El Agustino o El Pino.

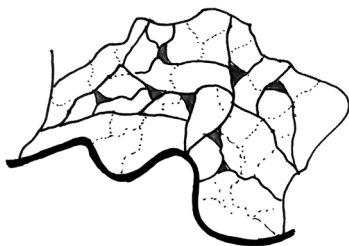


Figura 08.

Estos patrones son una simplificación operativa de las tramas analizadas con el objeto de hallar características específicas sobre las que proponer nuevos patrones urbanos. Con este fin, se elige un ejemplo de cada uno de estos tipos para observar sus características urbanas a nivel de proporción de área verde, vivienda y equipamiento, así como su densidad bruta.

No podemos concluir con la pertinencia de un patrón sobre otro, sin embargo, sí hallamos algunas particularidades que nos permiten dirigir las fases posteriores de este estudio preliminar. Aquellos patrones que surgen a partir de un recorrido presentan las densidades menores y, a veces, tienen gran superficie dedicada a vías, sin embargo funcionan bien para terrenos irregulares en su contorno. Las densidades más altas se encuentran en el patrón orgánico y el lateral irregular, sin embargo lo más probable es que esto responda a la ausencia de área verde y equipamiento, pues ambos patrones se analizan sobre tejidos de origen barrial, que no han contado con una planificación y previsión de sus aportes. Los patrones del tipo cluster tienen un porcentaje de aportes en área verde interesante, sin embargo en los ejemplos estudiados su densidad no es muy alta.

Como se ha explicado anteriormente, este estudio tiene por objetivo contar rápidamente con elementos con los que trabajar en potenciales lotizaciones. Para poder contar con mayor información sobre la que tomar decisiones, se decide realizar un análisis previo a la definición de los tipos definitivos de patrón sobre dos elementos de éstos: El trazado urbano y la densidad.

Urbanización	Tipo	P/E/B	Ubicación	Área del terreno	nº de lotes	Área verde (ha)	Área vivienda (ha)	Área circulación (ha)	Á. equipamiento (ha)	Densidad bruta (hab/ha)
Los Ángeles	Retícula	P	Los Olivos	23.37	22	-	21.87	1.5	-	-
Sierra Limeña	Recorrido lineal	B	Chosica	10.75	205	0.18	4.49	5.98	0.1	95
Santa Isabel	Recorridos múltiples	P	San Isidro	9.57	102	0.45	6.07	3.06	-	53
Carabayllo Sector I	Cluster Central	P	Comas	48.41	1626	3.74	26.02	-	1.16	168
Cahuache	Clusters múltiples	P	San Luis	12.5	484	1.62	6.39	4.24	0.25	194
Villa María del Perpetuo Socorro	Lateral Irregular	B	Cercado de Lima	10.87	625	-	7.21	3.34	0.32	288
Leticia	Orgánico	B	Rímac	13.71	976	0.09	8.66	2.04	0.18	356

Figuras 07-08; Esquemas de los patrones encontrados. Fuente: Elaboración propia

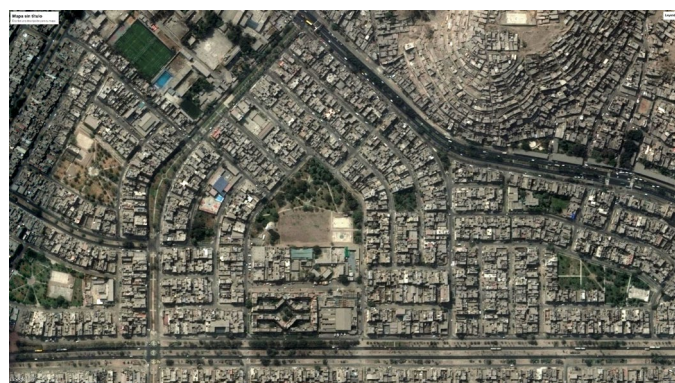
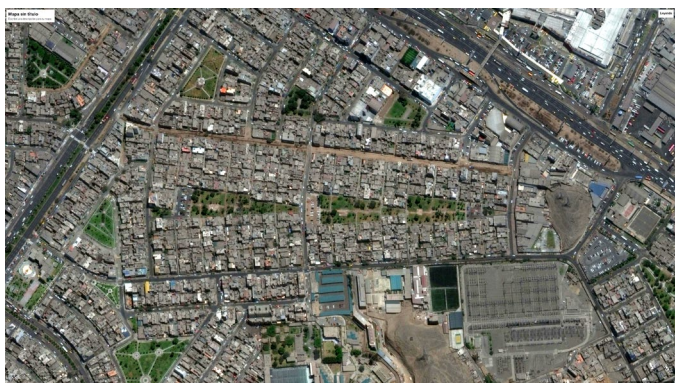


Figura 09. Imágenes satelitales de las zonas analizadas según los patrones encontrados. De izquierda a derecha, de arriba a abajo: Urb. Los Ángeles (Los Olivos), Sierra Limeña (Chosica), Santa Isabel (San Isidro), Urb. Carabayllo Sector I (Comas), Urb. Cahuache (San Luis), Villa María del Perpetuo Socorro (Cercado de Lima), Leticia (Rímac). Fuente: Google Earth.

TRAZADO URBANO Y ESTUDIO MORFOLÓGICO DE LA CIUDAD

Para tratar de entender a partir de qué elementos se generan los patrones estudiados, se recurre a los estudios tipológicos sobre la edificación y la ciudad de Gianfranco Caniggia y Gian Luigi Maffei (1979).

Si bien estos autores analizan cómo se han generado las ciudades tradicionalmente y a partir de qué elementos se han desarrollado las vías, manzanas o lotes típicos de ciudades europeas, sus estudios son especialmente útiles para establecer una serie de normas o procedimientos a seguir en las urbanizaciones del “trazador urbano”.

Cada edificio de una ciudad necesita un trayecto, que será una vía que lo conecta con los demás edificios de la aglomeración urbana. En el caso europeo, estos trayectos responderán a los caminos de antiguas parcelas rústicas, o a la unión de dos puntos focales que generen algún tipo de intensidad. Por ejemplo, un mercado, una plaza o una iglesia.

Los autores establecen por tanto que “la estructuración de cualquier aglomeración urbana debe ser leída a través de la dialéctica de sucesión de trayectos”. Así, estos trayectos se ramifican en sucesivos trayectos de menor orden que van generando la ciudad.

Este concepto es especialmente interesante para el “trazador urbano”, ya que normalmente las urbanizaciones se organizan a través de una estructura de manzanas y esto muchas veces genera una desconexión con la ciudad existente o una sucesión de parches o tejidos urbanos que no dialogan entre sí. Los trayectos, por otro lado, nos sirven de estructura básica sobre la que posteriormente definir las manzanas, lotes y demás elementos de la urbanización.

En el caso de Lima o Dar el Salaam, los trayectos deberán ser definidos en función a las vías principales existentes o los hitos o elementos de importancia que se encuentren en el límite del terreno a urbanizar. En etapas posteriores del proyecto o en zonas donde google maps o la plataforma base tenga mucha información, es posible que estos elementos se establezcan automáticamente automáticamente, sin embargo en esta etapa de la aplicación lo más probable es que deban ser definidos por el usuario.

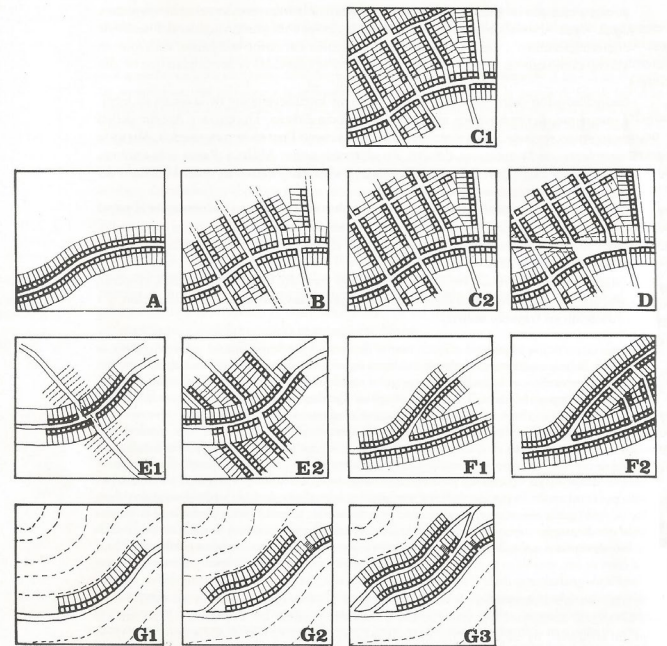


Figura 10. Modelos de Formación de Tejido Urbano. Fuente: Caniggia, G. y Maffei, G.L. (1979) Tipología de la Edificación

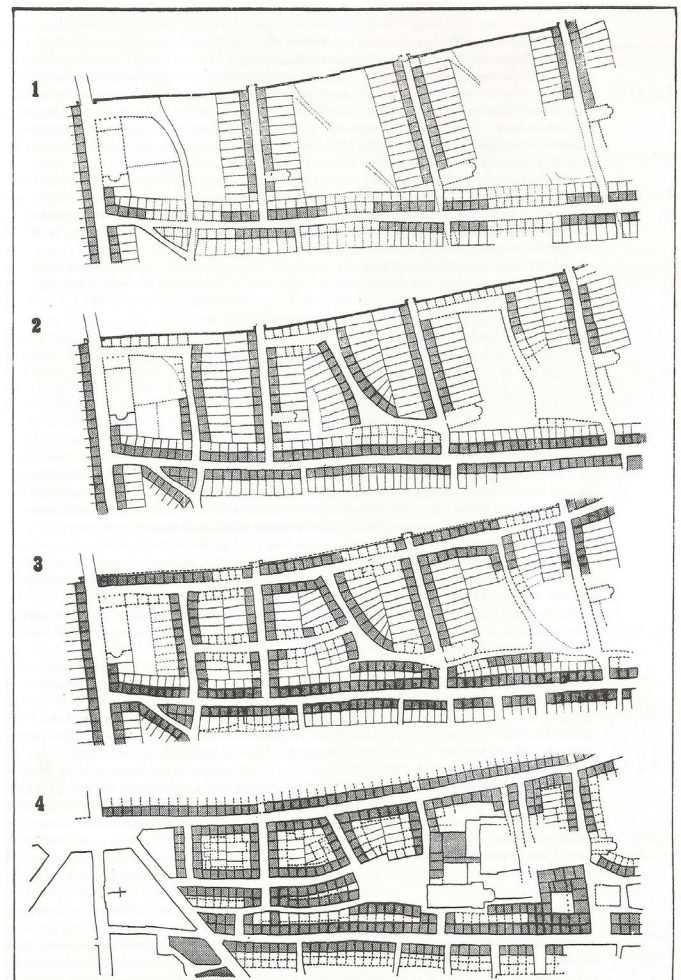


Figura 11. Roma: Modelo teórico de las fases de formación del tejido. Fuente: Caniggia, G. y Maffei, G.L. (1979) Tipología de la Edificación

EL PROBLEMA DE LA DENSIDAD

El segundo elemento relevante a estudiar será la densidad. Como se ha mencionado, en esta etapa del “trazador urbano”, las urbanizaciones resultantes ser generarán a partir de lotes unifamiliares. Este modelo de ocupación territorial está basado en que cada pedazo de suelo es propiedad de una persona o una familia diferente. El opuesto a este modelo de ocupación serán los edificios multifamiliares con propiedad horizontal (apartamentos), sin embargo para este tipo de urbanizaciones, el tamaño de los lotes será mayor y las tramas urbanas diferentes. Para este último, se necesitan modelos de gestión más complejos, en los que el suelo es comprado por empresas constructoras o promotores de vivienda que se encargan de la construcción y venden apartamentos. Esto genera densidades mayores y, por tanto, un modelo más eficiente de aprovechamiento del suelo (cuantas más personas usan el mismo suelo, los servicios recorren menos distancia para llegar a ellas que si estuvieran repartidas por un territorio mayor).

La densidad es, por tanto, un factor clave a definir en el trazador urbano para evitar urbanizaciones que consuman grandes cantidades de suelo. Para esto, analizamos como principal referente, la urbanización PREVI, experimento de vivienda social progresiva terminado en 1973 que planteó y construyó modelos experimentales de urbanización y vivienda de escala humana, baja altura y alta densidad, sobre lotes unifamiliares.

En PREVI, “la alta densidad se logra en el modelo urbano de baja altura con lotes pequeños y desarrollo progresivo, limitando al mínimo el número de calles vehiculares y haciéndolas estrechas, maximizando el número de calles peatonales y reduciendo al mínimo sus dimensiones mediante el empleo de un hábil diseño urbano. (...) Con altas densidades en el modelo de baja altura, el terreno se usa de manera eficiente, las áreas residenciales pueden ser de carácter urbano, las ciudades pueden mantenerse compactas y se obtiene una clara distribución entre la forma construida de la ciudad y el campo abierto.” (Land, 2015).

Si bien en esta etapa del “trazador urbano” será difícil poder implementar tejidos complejos como los de PREVI, que además incluían el diseño de las unidades de vivienda progresiva, evitar bajas densidades que depreden el territorio y consuman mucho suelo debe ser uno de los principios clave para cualquier resultado de la aplicación.

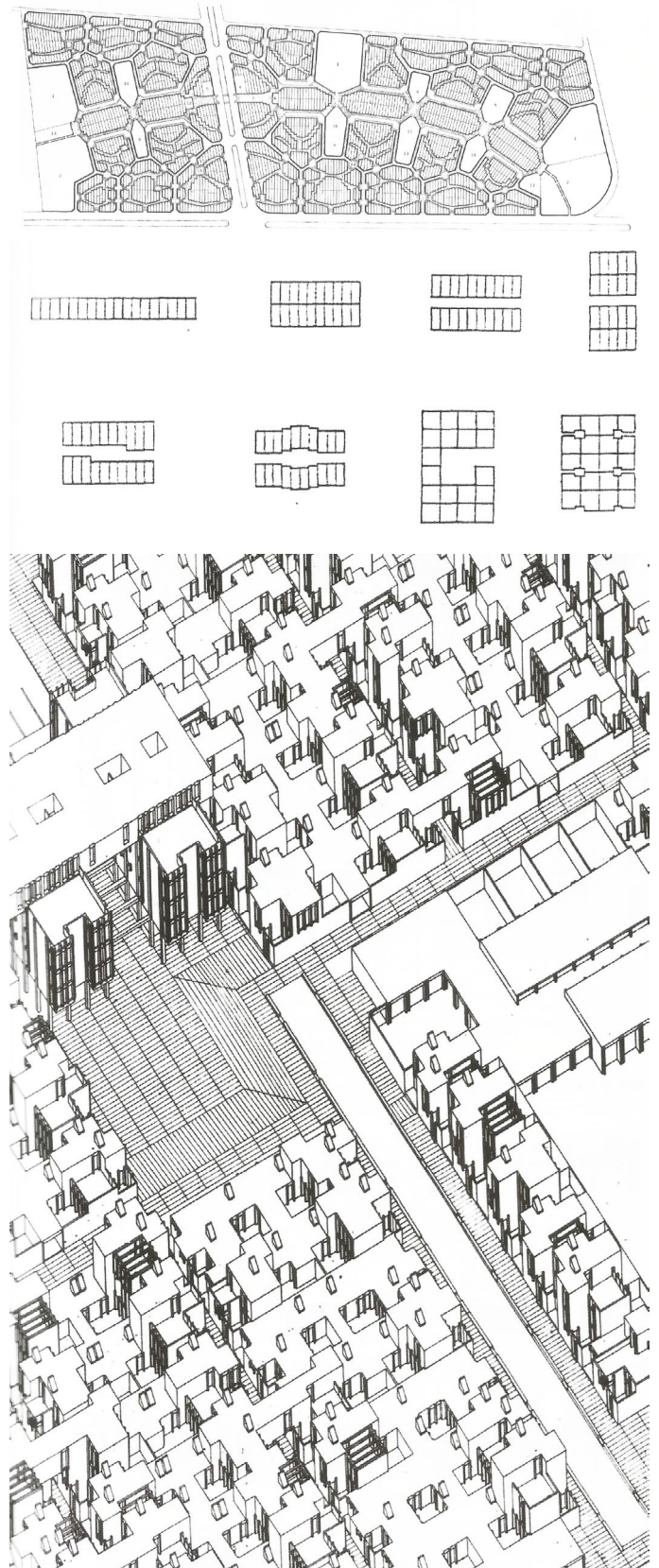


Figura 12. Propuesta de urbanización del equipo de C. Alexander para PREVI. Figura XX: Modelos de manzana empleados en PREVI. Figura XX: Propuesta de urbanización del equipo español para PREVI. Fuente: Land, P. (2015). El proyecto experimental de vivienda (PREVI), Lima

PARÁMETROS BÁSICOS Y NORMATIVA

Los principales reglamentos empleados para la definición de los parámetros y rangos del algoritmo son el Reglamento Nacional de Edificaciones y Habilitaciones Urbanas (RNE y HU) del Perú y las ordenanzas 341-2001 y 620-2004 de la Municipalidad Metropolitana de Lima. En el caso de los terrenos y urbanizaciones en pendiente, se emplean datos obtenidos de los estudios de riesgo del PLAM2035 y el programa BarrioMío (Barreda, 2011).

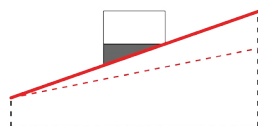
Se han utilizado valores o rangos de valores fijos para definir los siguientes parámetros: Pendiente, ancho y tipo de vía, densidad mínima y máxima, porcentaje de suelo para aportes (espacios públicos y equipamientos), tamaños mínimos de lote para espacio público, distancia máxima desde los lotes a un espacio público, tamaño mínimo y máximo de lote. Se describen a continuación cada uno de ellos:

Pendientes: Inclinación del terreno. Se considerará una inclinación fija en esta etapa y no los diferentes accidentes o cambios de pendiente al interior del terreno.

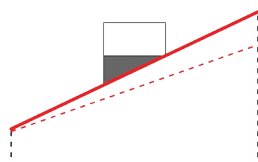
Se consideran tres rangos aceptables de pendientes para los que se deberán ensayar diferentes tipos de urbanización. Para pendientes del 0 al 20% de inclinación se podrán utilizar los mismos tipos de urbanización que para terrenos terrenos planos, pues esa inclinación no afecta constructivamente o espacialmente a los barrios.



Para pendientes del 20 al 35% de inclinación se emplearán tipos de urbanización específicos que consideren minimizar el volumen de excavación de los lotes para vivienda.



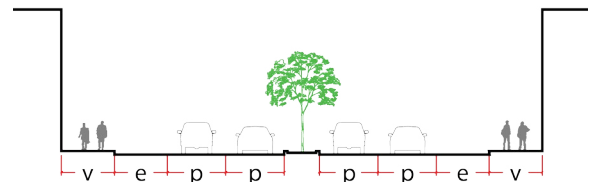
Para pendientes del 35 al 47% de inclinación se emplearán tipos de urbanización específicos que consideren la accesibilidad por medio de escaleras y que minimicen el volumen de excavación de los lotes para vivienda.



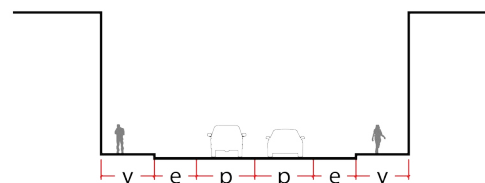
A partir del 47% de inclinación, la aplicación no dará ningún tipo de urbanización, ya que son terrenos muy difícilmente habitables para vivienda unifamiliar. El límite del 47% se establece a partir de los informes del programa BarrioMío y el PLAM2035 y se evidencia además en diversos estudios de Lima Metropolitana. El volumen de población vivienda actualmente en terrenos con 35 - 47% de pendiente hace necesario buscar alternativas para habilitar dichos suelos.

Fuente: Barreda, J. (2011) Informes BarrioMío

Anchos y tipos de vías: Se establecen cuatro tipos de vías en función de la categorización vial establecida por ordenanza para Lima Metropolitana.

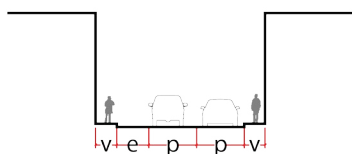


Vías arteriales: Son aquellas vías que llevan apreciables volúmenes de tránsito entre áreas principales de generación de tránsito y a velocidades medias de circulación (MML, 2001). En el caso del “trazador urbano”, sólo aparecerán vías arteriales cuando conecten con vías arteriales existentes. Sólo puede haber una cada 1,000m. Las veredas (v) tendrán un ancho de 1.80 a 3m, los estacionamientos (e) tendrán un ancho de 2.40 a 3.00m y las pistas (p) o carriles vehiculares tendrán un ancho de 3 a 3.60m. Para efectos del “trazador urbano”, se considera un ancho fijo de 24m.

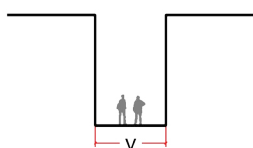


Vías colectoras: Son aquellas que tienen por función llevar el tránsito desde un sector urbano hacia las vías Arteriales y/o vías Expresas. Sirven por ello también a una buena proporción de tránsito de paso. Prestan además servicio a las propiedades adyacentes (MML, 2001). En el caso del “trazador urbano”, serán vías que recogen el tránsito y flujo del barrio y lo conectan con vías existentes del perímetro. La veredas, pistas y estacionamientos tienen el mismo ancho que en el caso de las vías arteriales, sin embargo sólo consideramos un carril de estacionamiento. A efectos del “trazador urbano” se consideran las vías colectoras de 16m.

Vías locales: Son aquellas cuya función es proveer acceso a los predios o lotes adyacentes (MML, 2001). En el caso del “trazador urbano”, serán aquellas vías vehiculares de menor escala. Las veredas (v) tendrán un ancho de 1.20m, los estacionamientos (e) tendrán un ancho de 1.80m y las pistas (p) o carriles vehiculares tendrán un ancho de 2.70m. Para efectos del “trazador urbano”, se considera un ancho fijo de 10m.

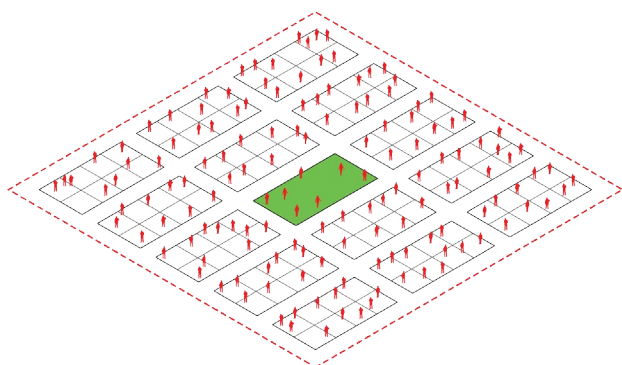


Vías peatonales: Aquellas vías, de exclusivo tránsito peatonal, que conectan espacios públicos o clusters de viviendas. Deben formar un circuito independiente vinculado con los núcleos residenciales y recreativos de la urbanización. Se considera un ancho de 4m.

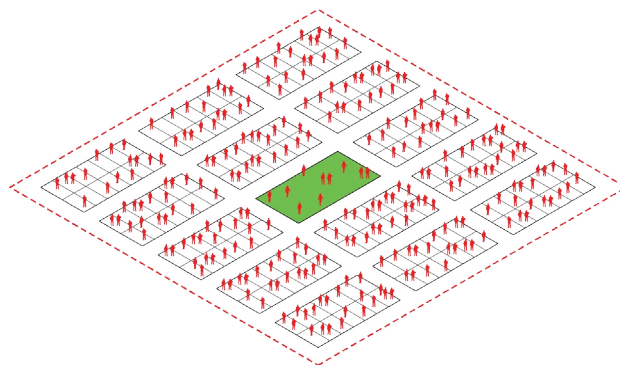


Fuente: Ordenanza 341-2001-MML

Densidades máxima y mínima: Todos los trazados en esta etapa de la aplicación serán a partir de lotes unifamiliares. Es posible que más adelante, cuando la herramienta sea empleada por Municipios o instituciones públicas, puedan plantearse otro tipo de configuraciones para lotes con edificios multifamiliares y propiedad compartida u horizontal, sin embargo por ahora se trabajarán configuraciones exclusivamente a partir de lotes unifamiliares. Por esto y para evitar urbanizaciones que consuman mucho suelo, se limitan los tipos de trazados a urbanizaciones de densidad media. Según el RNE y HU, las densidades medias van desde 200 hab/ha (R3) a 350 hab/ha (R4).



La densidad es la cantidad de personas dividida por el área (ha) de la urbanización. Para el cálculo de personas, se estipula una tasa de 4 personas por lote inicialmente. Lima Metropolitana tiene una media de 4.2 personas por familia (ENAHU, 2016). Esta cifra podrá ser ajustada dependiendo del lugar donde se aplique el trazador.

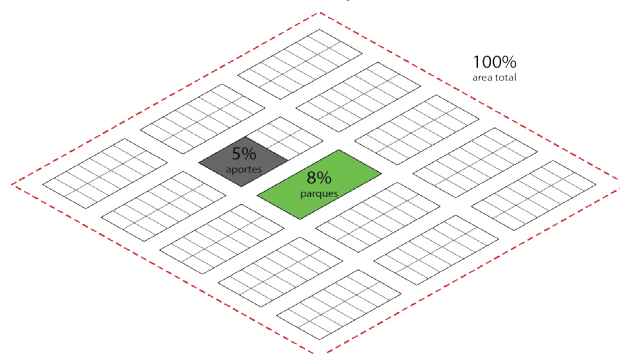


Porcentaje de suelo para aportes: El RNE y HU estipula para cada nueva habilitación urbana una superficie que debe ser transferida a las entidades beneficiarias para uso público. Se calcula sobre el área bruta de la habilitación urbana.

Se considera un rango de densidad media, para el que los aportes serán los siguientes rangos:

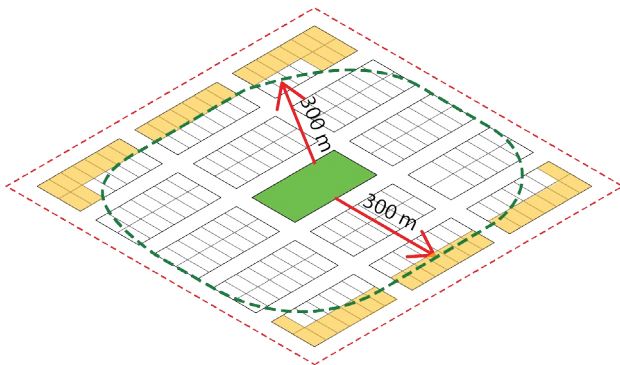
TIPO	Recreación Pública	Parques Zonales	Educación	Otros fines
R3	8%	1%	2%	2%
R4	8%	-	2%	3%

Para simplificar los cálculos, se decide tener en cuenta dos únicos aportes. Un aporte a espacios públicos abiertos, que será del 8% y un aporte a otros usos, donde podrán darse usos educativos, comunales, o de otro tipo, que será del 5%.

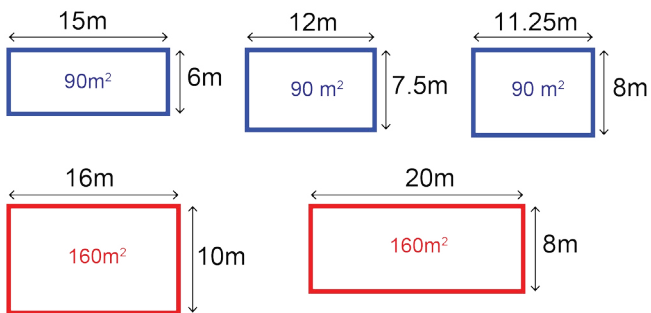


Existen además algunas limitaciones en cuanto a la **forma y dimensiones de los aportes** de recreación pública. No podrán ser inferiores a 800m² y su lado más corto no podrá ser inferior a 25m.

Por otro lado, todos los lotes deberán tener una **distancia máxima** de 300m a un área recreativa. Esto significa que desde el perímetro del parque no puede haber más de 300m hasta ningún lote. En caso de que esto suceda, deberá aparecer otro parque. Por ejemplo, en la imagen, los lotes naranja quedan fuera del rango de influencia del parque, por lo que deberían aparecer nuevos parques que abastezcan a dichos lotes.



Tamaño de lote: Por otro lado, a una densidad media equivalen unos tamaños mínimos de lote normativo. En el caso del trazador urbano se consideran como áreas estándar de lote, para simplificar los cálculos. Es decir, sólo se considerarán lotes de 90m² y 160m² para los nuevos trazados. Para cada área de lote, se emplean 5 diferentes opciones de largo y ancho, como se ve en la imagen siguiente.

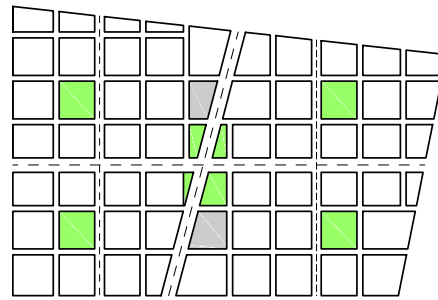


Otra dimensión muy importante a tener en cuenta y que definirá la toma de numerosas decisiones en el algoritmo, sobre todo a la hora de lotizar, es el ancho mínimo de lote. El RNE y HU establece como ancho mínimo 8m, sin embargo, los parámetros establecidos por la normativa en Lima permiten lotes de hasta 6m, que será la medida mínima para este estudio.

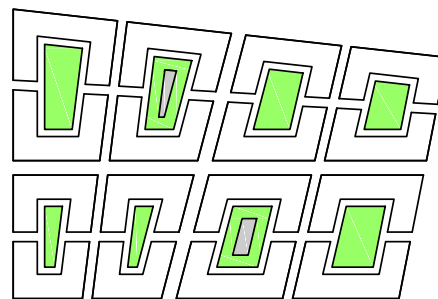
SECUENCIA BÁSICA DEL ALGORITMO TIPO

A efectos de simplificar el número de opciones del usuario del “trazador urbano”, se reducen los siete patrones anteriores a cuatro tipos. Se desestima el patrón orgánico, pues, aunque posee una estructura identificable, es fruto de crecimientos que se adaptan a la pendiente y la topografía lote a lote. Un procesamiento de datos complejo para desarrollar un proceso así se desarrollará en etapas posteriores del “trazador urbano”. Los cuatro patrones resultantes son:

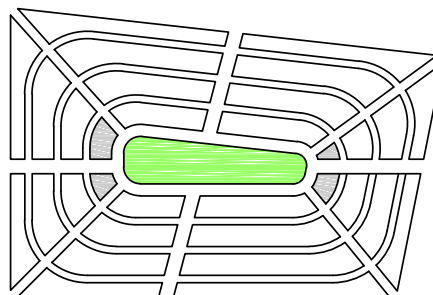
- **Retícula:** Es el patrón más usual de lotización del territorio. Es además el que nos permite, a partir de la proporción y orientación de sus manzanas, una adaptación básica a la pendiente para esta etapa. En el caso de los demás patrones, la pendiente debe ser considerada como un dato complejo, variable a lo largo y ancho de la superficie del contorno y entraña gran dificultad en el procesamiento de datos para definir las alternativas de lotización.
- **Clusters:** Este tipo de configuraciones organizan el núcleo vecinal en torno a un espacio público (sea la calle o un parque) y de esta manera tienen una relación directa con la estructura social del barrio. Se ha empleado en diversos proyectos estatales como Huaycán o Villa el Salvador y ofrece una alternativa interesante para barrios polinucleares.
- **Radial:** Aprovechando los patrones tipos clusters centrales, se establece el tipo radial para situaciones en las que sea beneficioso concentrar los espacios o equipamientos públicos, definiendo los recorridos a partir de esta concentración.
- **Espina:** Si bien, a partir del análisis de los trazados urbanos se establece que los recorridos serán tratados como una de las etapas de trazado para todos los patrones, se mantiene un tipo de trazado al que se denomina “espina” y que, de alguna manera, viene de los patrones iniciales “recorrido lineal” y “recorrido múltiple”. Aporta una estrategia de lotización especialmente interesante para terrenos irregulares y angostos, pues éstos son difícilmente estructurados a partir de una retícula, una subdivisión o un trazado radial, y se organizan bien en torno a elementos longitudinales.



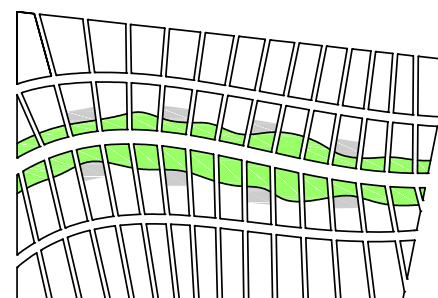
Patrón Retícula



Patrón Clústers



Patrón Radial

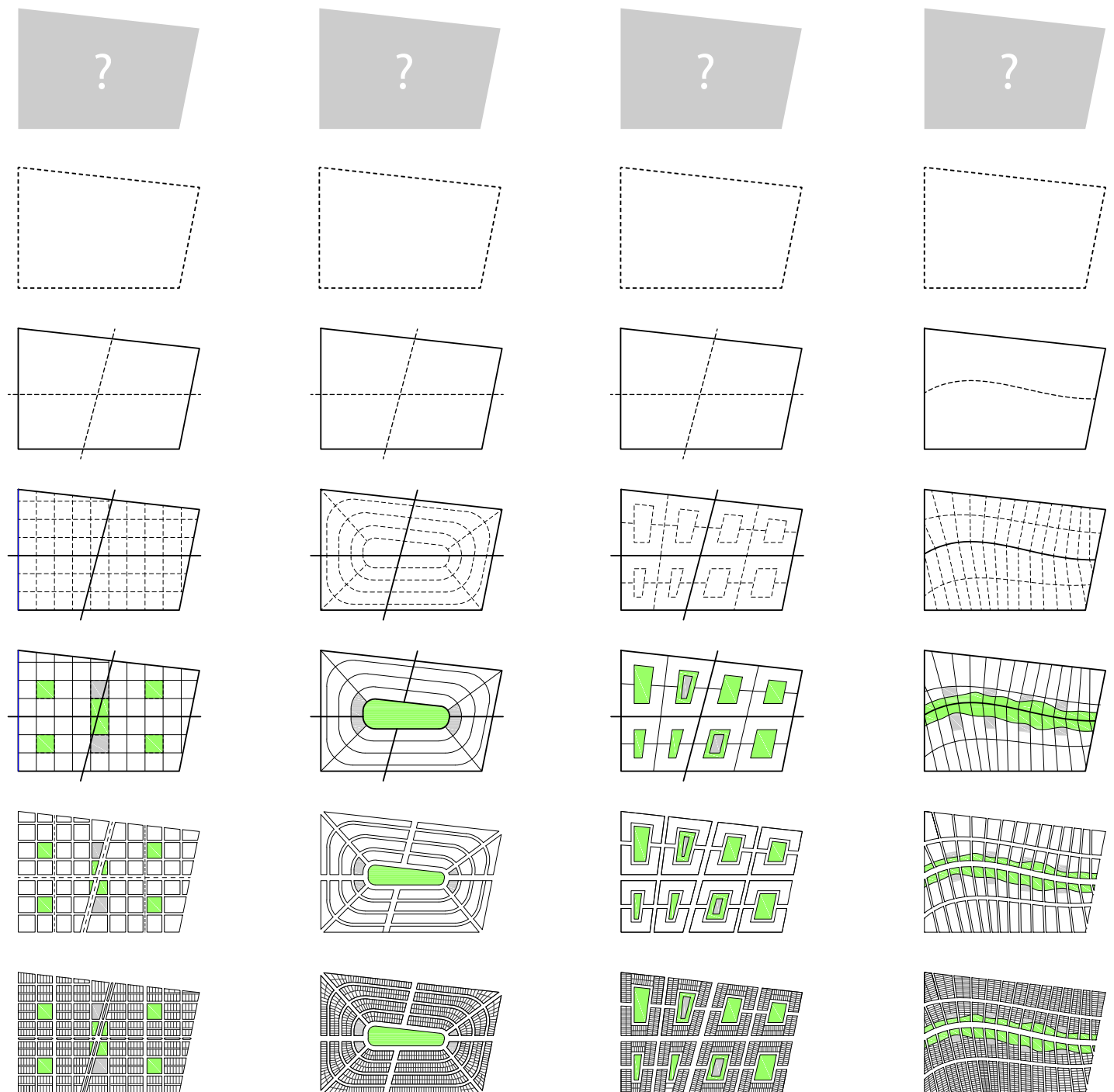


Patrón Espina

Se define una primera secuencia básica sobre la cuál generar estos patrones y establecer un algoritmo con el que trabajar. A partir de este algoritmo, se definirán las características específicas del mismo para cada uno de los patrones definidos.

Los diferentes pasos que conforman este algoritmo serán:

- **Parámetros de entrada:** Es necesario contar con una serie de parámetros básicos al comienzo que permiten filtrar las decisiones posteriores. Estos serán la ubicación (detectada automáticamente por el dispositivo), el contorno del terreno (definido sobre la pantalla del celular por el usuario), los puntos de entrada y salida (que son los puntos donde

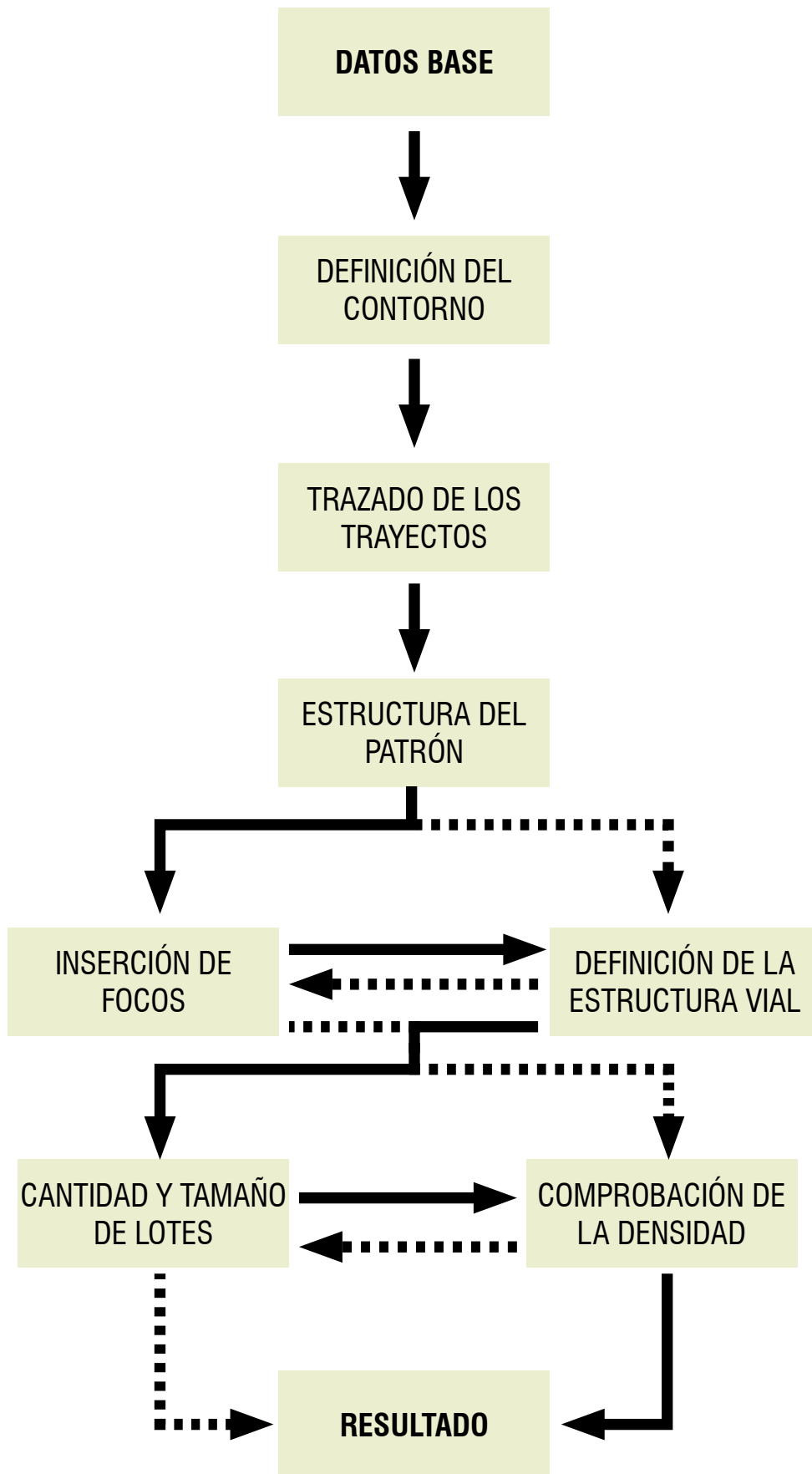




el trazado urbano se conecta con las vías existentes o las que en algún momento existirán alrededor del contorno del terreno. El usuario los define sobre la pantalla del celular. Pueden ser hasta un máximo de 4 para no complejizar demasiado el proceso) y la pendiente (que podría ser definida automáticamente por el dispositivo o estimada por el usuario a partir de rangos de pendientes. Funcionaría además como filtro para determinar los tipos de patrones a aplicar, ya que, como se ha mencionado anteriormente, en esta etapa del “trazador urbano” sólo los patrones de retícula se adaptarán a una terreno inclinado)

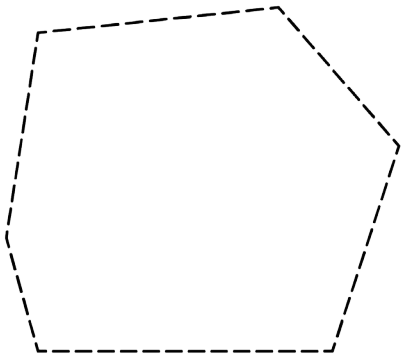
- **Definición del tipo de contorno:** Los contornos podrán ser rectangulares, poligonales, irregulares o en escuadra. Cada una de estas opciones podría ser identificada por el software en base a su geometría o podría ser designada por el usuario de la aplicación. Estas categorías podrían a su vez funcionar como filtros para la elección posterior. Por ejemplo, para terrenos irregulares sólo se podrían aplicar patrones tipo espina.
- **Trazado de los trayectos principales:** A partir de los puntos de entrada y salida, el software unirá los puntos opuestos para definir los trayectos principales del trazado.
- **Estructura general del patrón urbano:** La aplicación ofrecerá cuatro opciones al usuario. Una estructura tipo retícula, una tipo cluster, una tipo radial y otra tipo espina. Es una de las dos decisiones más importante que toma el usuario durante la secuencia del algoritmo, junto con el tamaño de lote. Como se ha mencionado antes, dependiendo de los datos introducidos anteriormente, habrá algunas opciones desactivadas para cada caso.
- **Estructura y jerarquía vial:** Establece los anchos de las calles en función a la categorización establecida según la normativa. Es un proceso automático de la aplicación.
- **Inserción de Focos:** Se define la ubicación de todos los espacios abiertos (parques, plazas, etc.) y equipamientos (local comunal, colegio, etc.). Las distancias entre focos y el tamaño de los mismos estarán determinados por la normativa de aportes del RNE y HU.

- **Cantidad y tamaño de lotes:** Ésta es la segunda decisión importante tomada por el usuario, que siempre tendrá dos opciones. Podrá escoger la mayor cantidad de lotes con el menor lote normativo para densidad media (90m²), o el menor número de lotes del mayor tamaño normativo para densidad media (160m²).
- **Comprobación de la densidad bruta:** Es muy importante que en el paso anterior se compruebe que para ambas opciones se está cumpliendo los parámetros reglamentarios de densidad para una zona residencial de densidad media. Estos son 200hab/ha como mínimo y 350hab/ha como máximo.

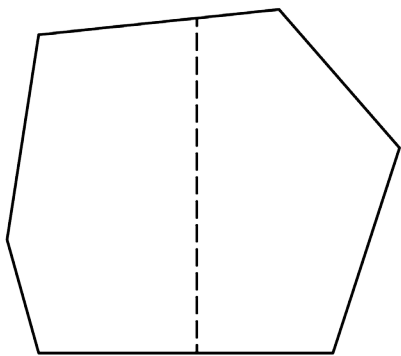
Estos elementos definidos en el algoritmo se organizan idealmente en la secuencia 01 o 02 del flujo inicial (ver gráfico XX), sin embargo a la hora de desarrollar el algoritmo para cada uno de los patrones definidos, se establecerán ajustes específicos que variarán el orden de los elementos y la influencia de unos sobre otros. Por ejemplo, para el patrón cluster, inicialmente se dividirá el terreno, después se insertan los focos y en tercer lugar se define la estructura vial. Sin embargo, para el patrón retícula, primero se define la estructura, después las vías, manzanas y lotes y insertan los focos. Para ver en mayor detalle estos cambios, leer los siguientes capítulos de este informe.



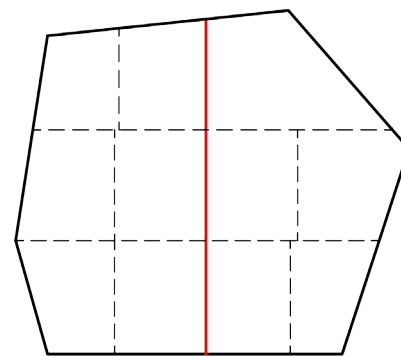
-  Opción 01 de flujo
-  Opción 02 de flujo



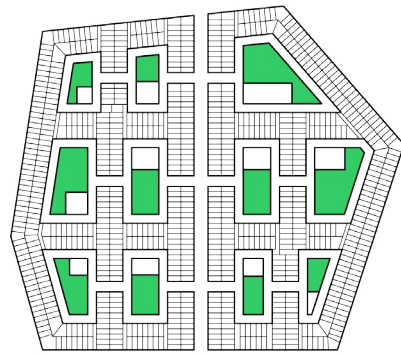
1. La definición del contorno es el primer paso del algoritmo para cualquier tipo de trama. Es definido por el usuario en la pantalla del dispositivo.



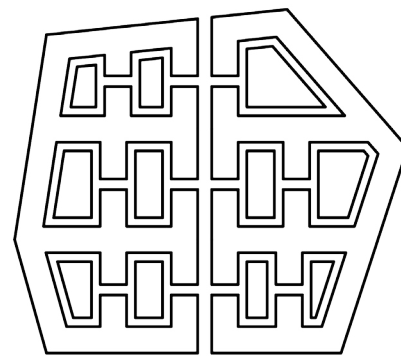
2. Los trayectos principales son claves para estructurar la trama. Son definidos a partir de los puntos establecidos por los usuarios.



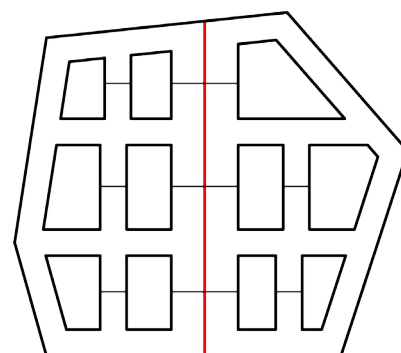
3. En la trama tipo clúster, el algoritmo define automáticamente la cantidad de clusters adecuada de acuerdo al contorno, los trayectos y la densidad.



6. Finalmente se definen los lotes, generando dos alternativas, de máxima y mínima densidad.



5. Los trayectos principales son vías colectoras o arteriales, las vías de acceso a los cluster vías locales y las que conectan los espacios públicos son pasajes.

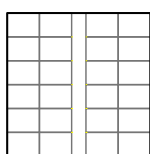
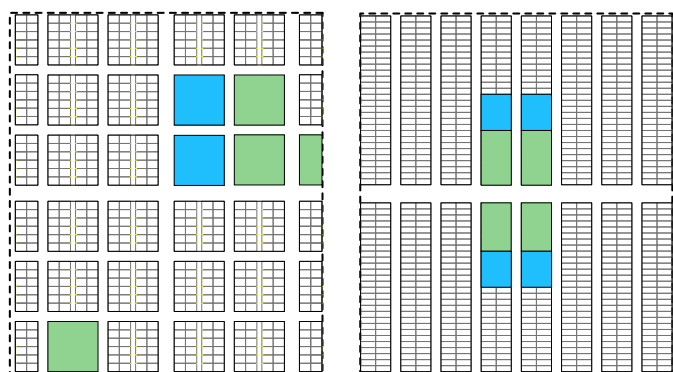


4. Una vez están definida la cantidad de clusters, se definen los espacios públicos o focos vacíos sobre los que se organizan los diferentes sub-núcleos.

PATRÓN TIPO RETÍCULA

El patrón tipo retícula se caracteriza por superponer una malla ortogonal sobre el territorio. Es el patrón más empleado en los Asentamientos Humanos de Lima Metropolitana por la facilidad con que se puede trazar y aplicar y porque, en teoría, aprovecha más eficientemente el suelo.

Este último supuesto, sin embargo, no es tan cierto para urbanizaciones basadas en lotes unifamiliares. Si en la urbanización se quiere garantizar el mismo acceso desde la calle a la puerta de cada casa y cada lote del patrón, las vías del patrón retícula ocupan gran superficie del suelo. Es el caso del patrón ensayado en la parte izquierda de esta hoja, que tiene una densidad muy baja (200hab/ha, en el límite de la densidad media) con lotes de 90m². Para evitar esta baja densidad y, por tanto, un número de lotes inferior, en muchos asentamientos humanos y urbanizaciones se amplía la longitud de las manzanas, generando urbanizaciones repetitivas y con largas calles que impiden los encuentros sociales y el espacio de encuentro (ejemplo a la derecha).



Lote 8x11.25

588 Lotes
Densidad
203 hab/ha



Lote 6x15

780 Lotes
Densidad
281 hab/ha

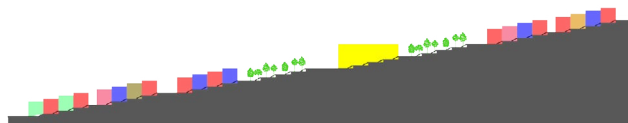
Para el trazador urbano se incluyen los patrones en retícula porque para algunas situaciones son beneficiosos y, sobre todo, porque son el patrón más empleado en la actualidad, el patrón que probablemente sea más fácil de aplicar para mayoría de los

usuarios/as de la aplicación.

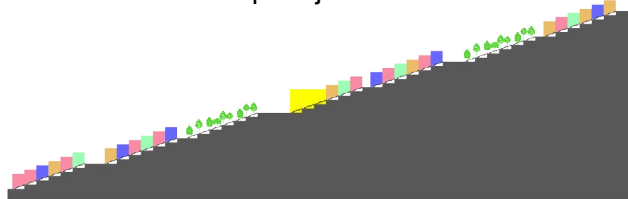
Por otro lado, como se ha mencionado anteriormente, en esta etapa del trazador urbano, en la que la capacidad de gestionar datos de la realidad es limitada y la pendiente a registrar será exclusivamente una inclinación, el patrón retícula es el que más fácilmente se adapta a esta condición a partir de la orientación y longitud de sus manzanas.

Para este fin, se establece como unidad básica de este patrón la manzana, que tendrá una configuración predefinida en función a la pendiente. Se toman los rangos de pendientes establecidos en el capítulo "Parámetros Básicos y Normativa". Por ejemplo:

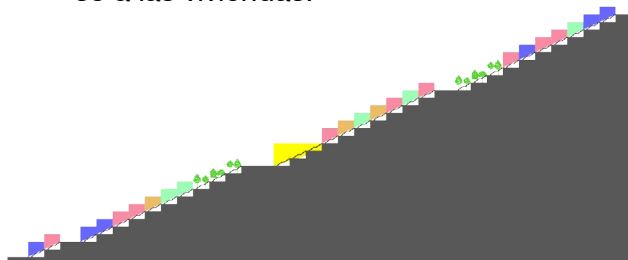
- La retícula para pendientes de 0 a 20%, que serán las zonas planas y semiplanas, es una manzana de 64x76m, con 36 lotes y pasajes peatonales al interior. Tendrá además dos tipos de lotes, un lote de 7.5x12m, orientado hacia la calle principal y un tipo de lote de 6x15m orientado hacia el pasaje peatonal.



- La retícula para pendientes del 20 al 35% tendrá también manzanas de 64x76m con dos pasajes peatonales, sin embargo sólo tendrá un tipo de lote de 6x15m, orientado según la dirección del pasaje.



- La retícula para pendientes del 35 al 47% tendrá manzanas de 49x80m (ligeramente más longitudinales) y lotes de 8x11.25m, ya que las vías de acceso a las viviendas, debido a la pendiente, se convierten en escaleras. Esto obliga a garantizar descansos que den acceso a las viviendas.



Los tres tipos de manzanas y de retículas responden a los tres dibujos de la parte inferior de esta hoja. Las densidades son ligeramente superiores a las analizadas al comienzo, sin embargo, dada la cantidad de vías necesarias para garantizar el acceso a los lotes, se hace difícil aumentar la densidad. Esa es la principal razón por la que todos los patrones de retícula trabajan con lotes de 90m².

Respecto a la secuencia del algoritmo, es importante señalar que el proceso en el caso de la retícula difiere del algoritmo para los patrones tipo clúster en el orden de los pasos.

En el caso de la retícula, una vez se han definido el contorno y los trayectos principales, se analizará la pendiente y, en función a ésta se orientará la retícula (**AA'**). El lado más largo de ésta irá siempre perpendicular a la pendiente, de tal manera que los lotes tengan el menor volumen de excavación posible.

La pendiente determinará además el tipo de manzana a emplear. En el caso de pendientes de 0 a 35%, las manzanas serán de 64x76m, en el caso de pendientes de 35 a 47%, las manzanas serán de 49x80m. Es importante resaltar que la retícula a aplicar (**BB'**) responderá al ancho y largo de las manzanas sumado a la sección de vía. En el caso de la retícula, salvo los trayectos principales (que podrán ser vías colectoras o arteriales) y los pasajes al interior de la manzana (que no afectan a la retícula), todas las vías que rodean a las manzanas serán locales (10m), por lo que las retículas serán de 74x86m (64+10)x(76+10) para pendientes de 0 a 35% y de 59x90 (49+10)x(80+10) para penden-

tes de 35 a 47%. La retícula se ensanchará al encontrarse con los trayecto principales, previendo un ancho de vía mayor que la local.

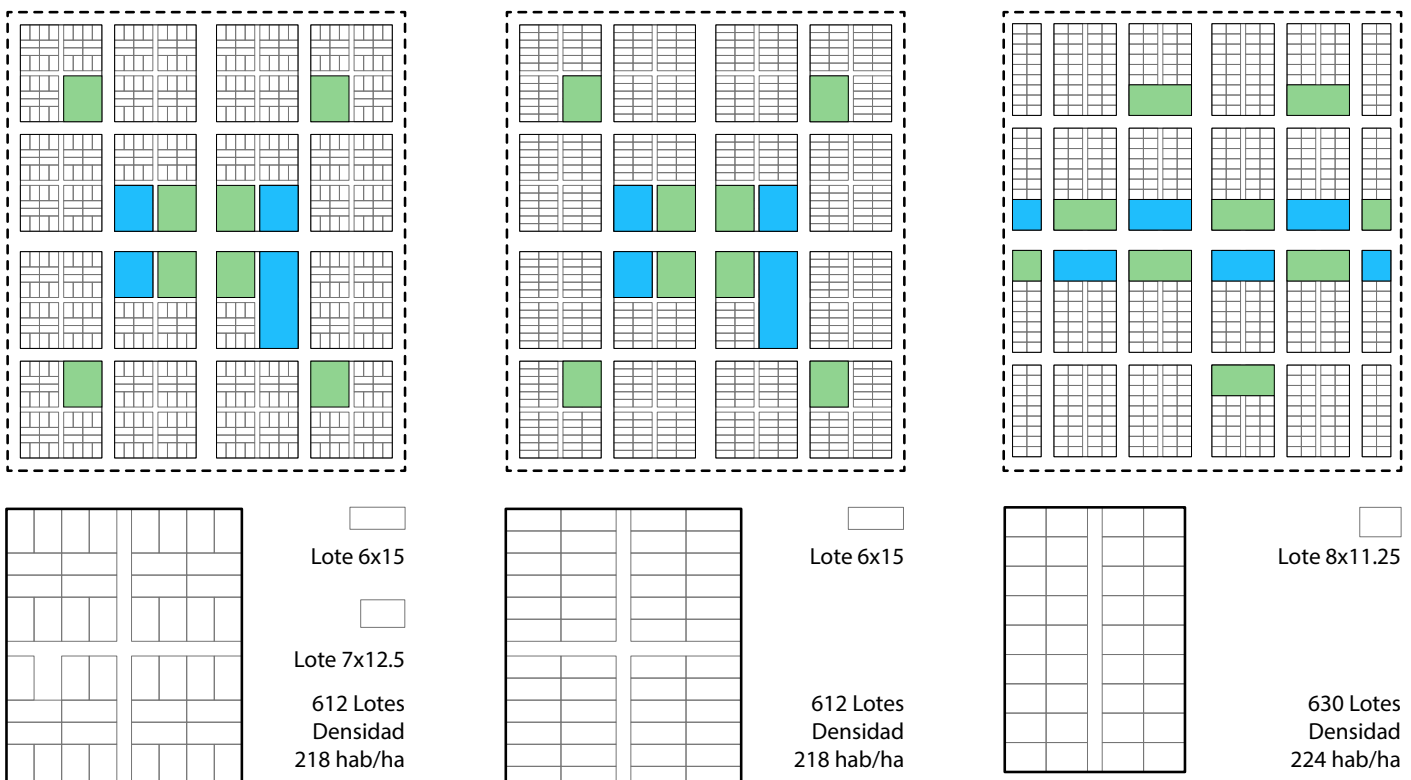
Una vez se ha definido la retícula, se generarán las vías (**CC'**) en función de sus anchos predefinidos, como se ha mencionado antes:

- Trayectos principales: Arteriales o colectoras
- Vías al exterior de las manzanas: Locales
- Vías al interior de las manzanas: Pasajes

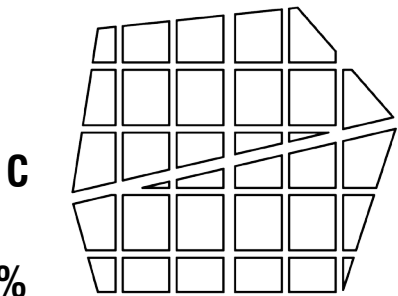
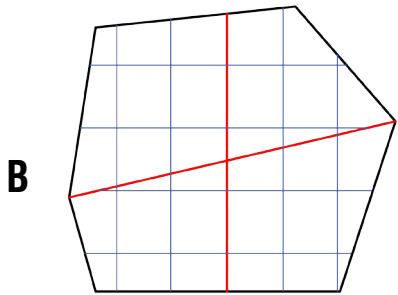
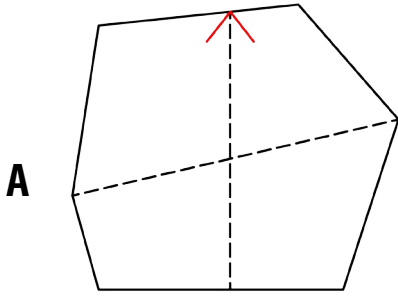
En el caso de pendientes del 35 al 47% se tendrán que considerar radios de giro suficientes en los extremos del contorno, tal y como se ve en el dibujo B', ya que estas vías paralelas a la pendiente serán empleadas para el tránsito vehicular. En el caso de las vías perpendiculares a la pendiente en tejidos del 35-47% de pendiente, serán consideradas como escaleras.

En el siguiente paso (**DD'D''**) será definir los lotes según las manzanas predefinidas en función de la pendiente. En el caso de las pendientes de 0 a 35% se considerarán dos tipos de lotización diferente, para 0-20% de pendiente (**D**) y para 20-35% de pendiente (**D'**).

Finalmente, el reparto de todos los focos (**EE'E''**) se hará por un lado, en función de los radios máximos de 300m (ver capítulo "Parámetros Básicos y Normativa"), vinculándolos en la medida de lo posible a los trayectos principales y acomodando los espacios a las lotizaciones existentes, es decir, acumulando lotes según la configuración de las manzanas. .

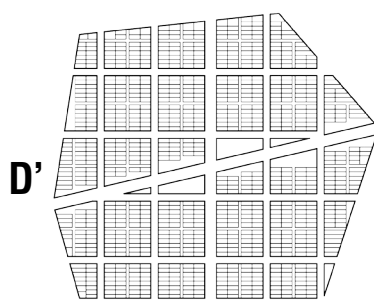
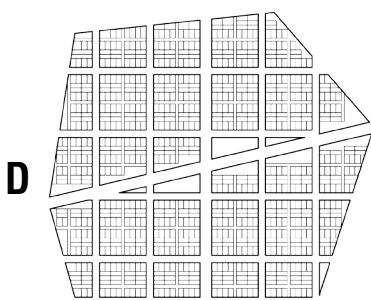


0-35%

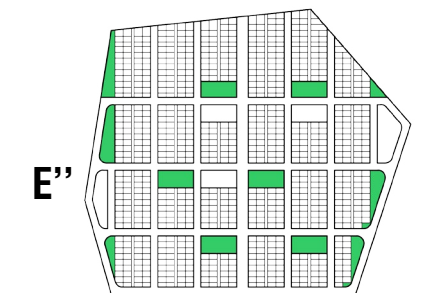
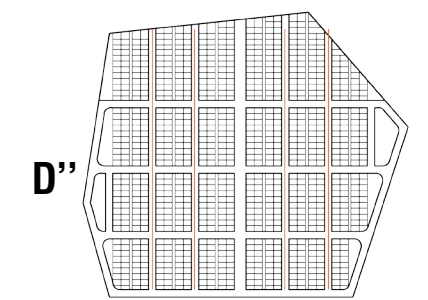
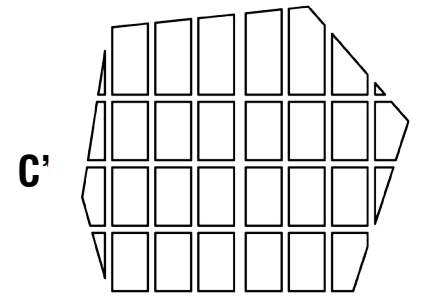
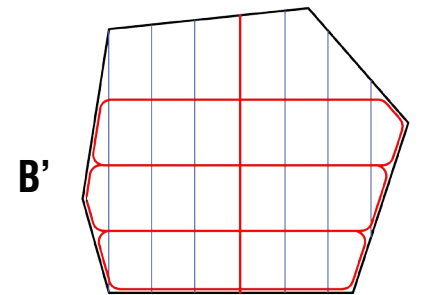
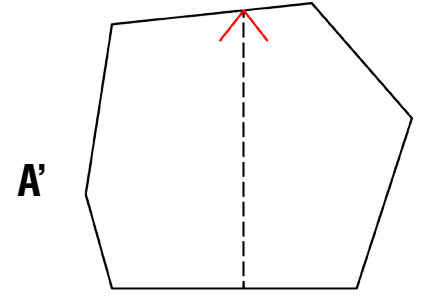


0-20%

20-35%



35-47%



PATRÓN TIPO RADIAL

La secuencia del algoritmo para el patrón tipo radial es similar al patrón tipo cluster, con algunos parámetros específicos de este tipo.

En el caso del patrón radial, una vez se han definido el contorno y los trayectos principales (**A**), se definirá el centro de la urbanización. En caso de que existan dos o más trayectos, éste se ubicará en el punto donde se crucen mayor número de trayectos. En el caso de que haya sólo un trayecto, el centro del patrón se situará en el punto medio de éste.

Tomando como referencia el contorno y el punto centro, se generará un área libre (**B**) correspondiente al 30% del aporte en área recreativa (ver capítulo de Parámetros Básicos y Normativa)⁰¹. Este área será en la medida de lo posible equidistante a los lados del contorno.

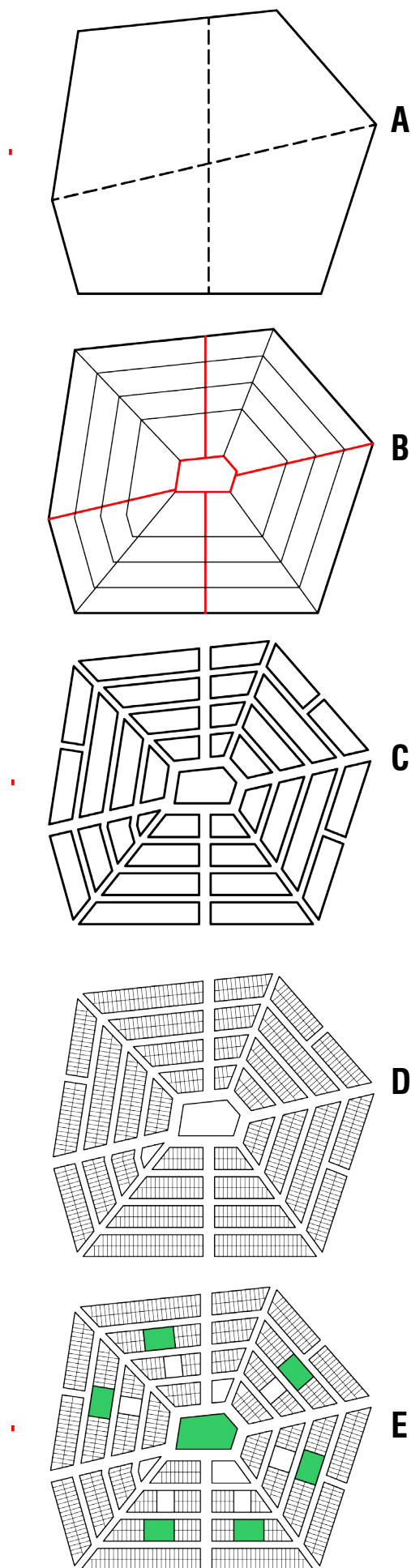
Posteriormente, a partir del centro definido en el paso A, se trazarán las vías locales (**C**) uniendo el centro con los vértices cóncavos del contorno. Esto determinará las vías locales de la urbanización. Las vías paralelas al contorno se definirán según un ancho de manzana predefinido de 30m. Este ancho podría requerir ser reajustado tras la comprobación de densidad.

Una vez se tienen las vías trazadas, se realiza la lotización (**D**). Ésta se prueba para lotes de largo 15m y anchos 6, 7, 8, 9 y 10m. Como en el caso del tipo clúster, se ofrecerán dos alternativas al usuario. Aquel patrón con mayor número de lotes de menor tamaño (6m de frente) y el patrón con menor número de lotes con densidad mínima (200hab/ha), cuyos lotes podrían tener de 7, 8, 9 ó 10m de frente. La trama radial podría generar múltiples lotes irregulares. En el caso de lotes que no cumplan los parámetros normativos (frente mínimo 6m y área mínima 90m²), se fusionarán con los lotes adyacentes.

Finalmente (**E**) se ubican los puntos donde se establecerán los focos (espacios públicos y equipamientos) en función de los radios máximos establecidos por la normativa (300m de distancia a cualquier lote). Es importante hacer notar que los espacios públicos (focos abiertos) serán sólo el 70% del total⁰² e irán situados siempre en las manzanas interiores y nunca en las manzanas en contacto con el contorno, para evitar su ocupación o los problemas limítrofes.

01. El 30% del 8% será en realidad un 2.4% del área total del contorno.

02. Recordemos que el 30% restante ha sido empleado en el espacio central.



PATRÓN TIPO ESPINA

El patrón tipo espina funciona secuencialmente igual que el patrón radial, sin embargo sólo podrá ser empleado para contornos alargados o en escuadra, por lo que se recomienda incluir esta limitación a la hora de poder ser elegido. Para contornos muy regulares o poligonales tiende a confundirse con los patrones en retícula o radial.

El patrón tipo espina necesita la definición de un trayecto principal a partir del cual se desarrolle **(A)**. Ese trayecto se convertirá automáticamente en una vía colectora o arterial, este trayecto será además la bisectriz del contorno, trazada desde el punto medio del lado más corto. En caso de contornos curvos, como en la imagen, el trayecto mantendrá su condición de bisectriz a lo largo de todo su recorrido.

Para el trazado del patrón se emplearán líneas perpendiculares **(B)** a éste y al contorno, que se trazarán teniendo en cuenta que el ancho máximo de la retícula será 40m, es decir, una manzana de 30m y una vía local a cada lado de la manzana.

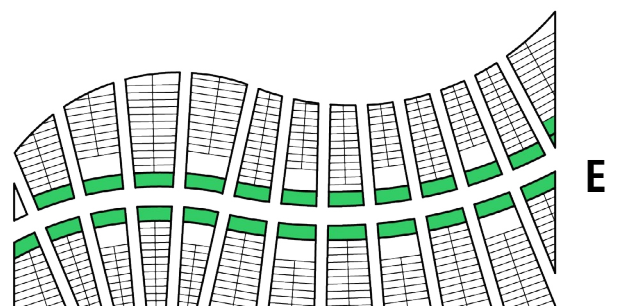
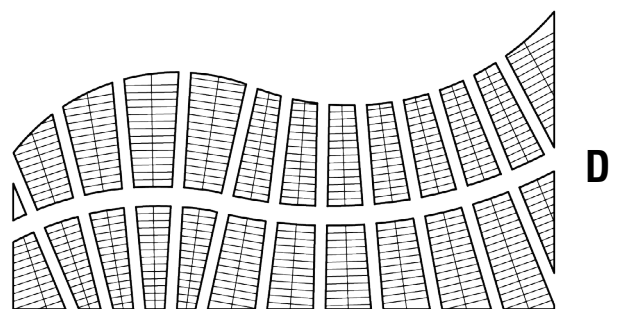
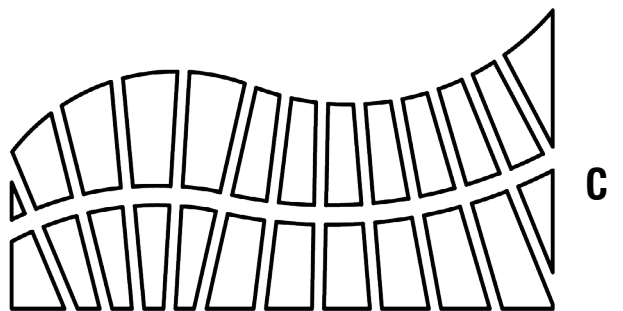
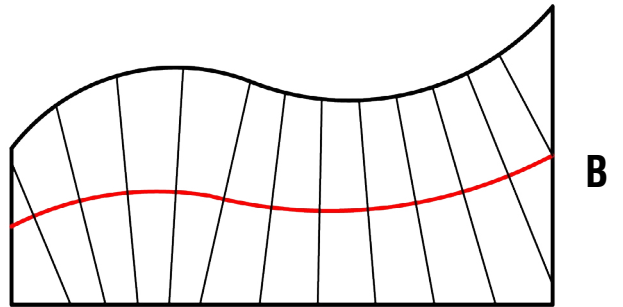
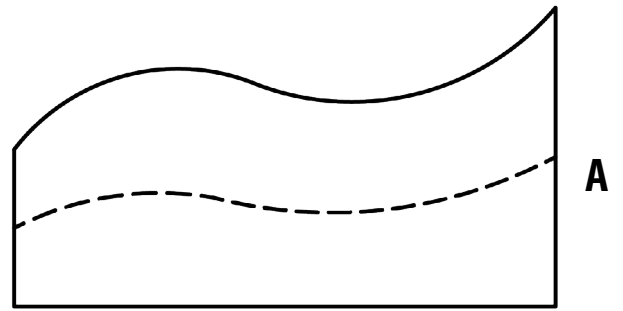
En el caso de que las manzanas resultantes sean más largas que 300m en su lado perpendicular a la bisectriz, aparecerán trayectos secundarios, que serán pasajes peatonales y que serán bisectrices de los sub-contornos resultantes de dividir el contorno en primera instancia.

La jerarquía de vías **(C)** se establece de la siguiente manera:

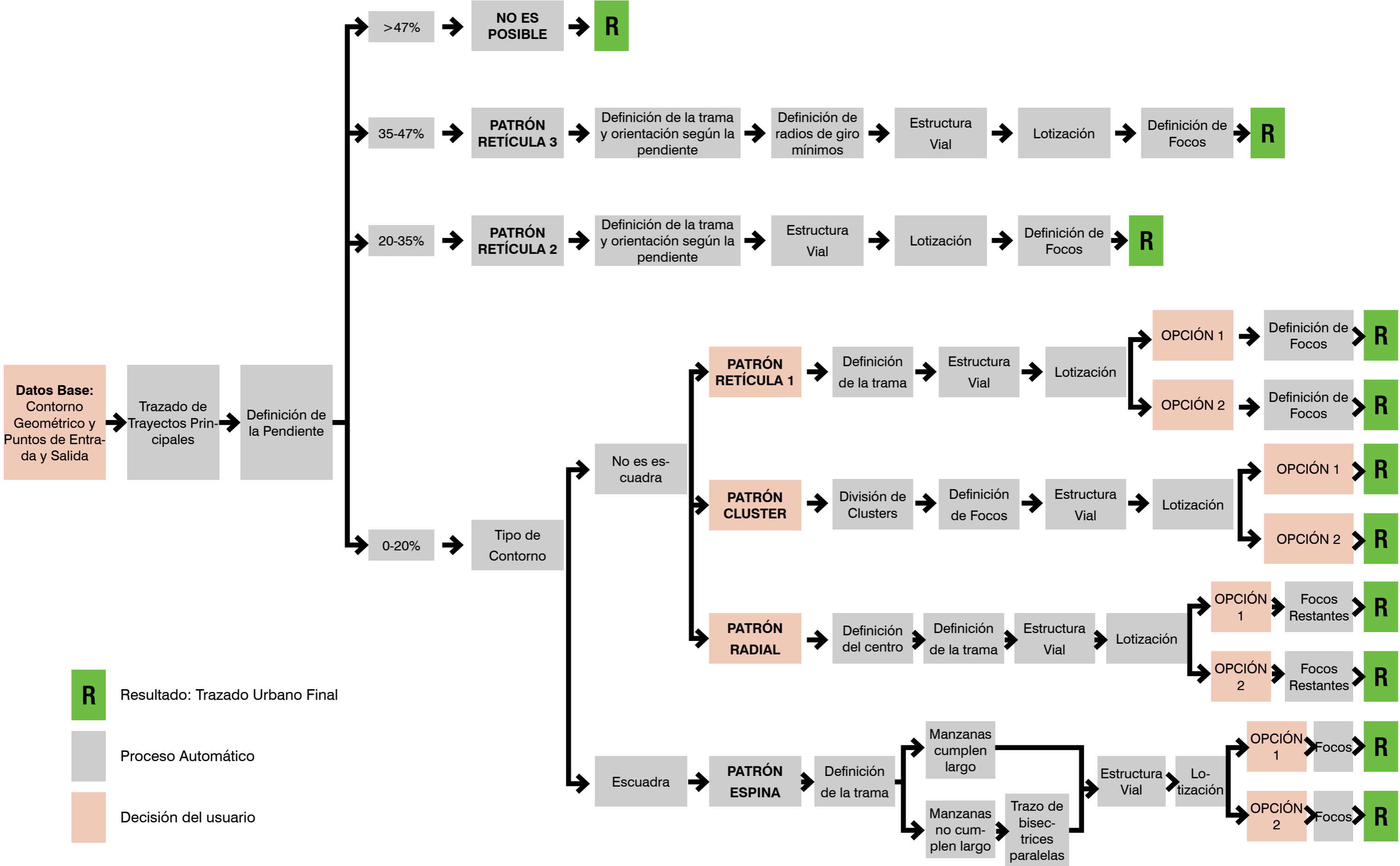
- Trayecto principal: Vía colectora o arterial
- Perpendiculares al trayecto principal: Vías locales
- Trayectos secundarios (si los hubiera): Pasajes

Tras la definición de vías, se realiza la lotización **(D)** con exactamente las mismas condiciones que en el caso del patrón radial.

Finalmente **(E)** se sitúan los focos abiertos (espacios públicos) y cerrados (equipamientos). El lugar predefinido hasta agotar el porcentaje correspondiente según los reglamentos de aportes, serán los lotes contiguos al trayecto principal. En caso estos no fueran suficientes, se situarán contiguos a los trayectos secundarios o pasajes peatonales.



ALGORITMO COMPLETO



- R Resultado: Trazado Urbano Final
- Proceso Automático
- Decisión del usuario

BIBLIOGRAFÍA

Barreda, José (2012a). **Estimación de rangos de confianza de la información de campo y gabinete para la identificación de requerimiento de muros y escaleras en los barrios populares de Lima Metropolitana.** (informe no publicado)

Barreda, José (2012b). **Identificación de zonas de riesgo por pendiente en las zonas periféricas de Lima Metropolitana** (Informe no publicado)

Caniggia, Gianfranco y Maffei, Gian Luigi (1979) Tipología de la Edificación. Estructura del Espacio Antropico. Celeste Ediciones, Madrid. 1995.

Figari, E. (1986) **Huaycán. Una experiencia de gestión democrática e innovación tecnológica para la ciudad popular.** Universidad Nacional de Ingeniería. Lima

Land, Peter (2015). **El proyecto experimental de vivienda (PREVI), Lima. Diseño y tecnología en un nuevo barrio.** Universidad de los Andes. Colombia.

Ludeña Urquiza, W. (2004). **Lima. Historia y urbanismo en cifras. 1821-1970. Tomo I (Vol. I).** Kiel: Geographisches Institut der Christian Albrechts Universität - Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Arquitectura, Urbanismo.