

PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDA EN SERIE, UN DESAFÍO A LOS PLANES DE DESARROLLO URBANO Y TERRITORIAL, EN EL ÁREA NORTE METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Data de submissão: 05/12/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Juan Luis Caro Becerra

Universidad Politécnica de la Zona
Metropolitana de Guadalajara
<https://orcid.org/0000-0002-3884-2188>

Ma. Guadalupe Muñoz Aguiñaga

Universidad Politécnica de la Zona
Metropolitana de Guadalajara
<https://orcid.org/0009-0002-5232-7905>

Luz Adriana Vizcaíno Rodríguez

Universidad Politécnica de la Zona
Metropolitana de Guadalajara
<https://orcid.org/0000-0001-8301-6160>

Alfonso Manuel Hernández Magdaleno

Centro Universitario Tlajomulco de la
Universidad de Guadalajara
<https://orcid.org/0000-0003-4619-8027>

RESUMEN: Los fraccionamientos de acceso restringido se han convertido en un modelo de espacios segregados, dichos modelos producto de políticas sociales y económicas ineficaces, orillan a la población más vulnerable a cohabitar en viviendas con grandes rezagos significativos, ocasionando una mayor fragmentación y propiciando la coexistencia de una sociedad polarizada. El objetivo entonces es encontrar un cambio

de paradigma visto desde la urbanización en cuencas hidrográficas, generando metadatos a nivel local con la participación de los ciudadanos, esto con el objeto de buscar alternativas de resiliencia al problema de la gentrificación. La investigación se enfoca en el fraccionamiento Parques de las Aves, uno de los lugares más inapropiados e inaccesibles para la vivienda en el Área Metropolitana de Guadalajara, la experiencia participativa del investigador es de suma importancia en asambleas comunitarias y campañas de ayuda en redes sociales fueron de gran relevancia. Por último, para validar los criterios de información se incorporó la triangulación intra-método, al utilizar distintas técnicas cualitativas, principalmente informes institucionales y prensa escrita. Los resultados que se obtuvieron son la construcción de los hidrogramas unitarios triangulares antes y después de la urbanización mediante modelos probabilísticos y estadísticos que se producen en la zona de estudio. Se concluye que la principal problemática sigue siendo un mal manejo de las aguas pluviales principalmente por la falta de infraestructura hidráulica, sobre todo a la hora de autorizar los cambios y usos de suelo, urbanizando grandes extensiones de

Áreas Naturales Protegidas, se recomienda una Gestión Integral del Agua ya que dichas medidas a implementar pueden reducir la escasez de agua y por otro evita que grandes volúmenes de agua se desperdicien.

PALABRAS CLAVE: Vulnerable, gentrificación, vivienda, urbanización.

ABSTRACT: Restricted Access subdivision have become a model of segregated spaces. These models, product of inefficient social and economic policies, force the most vulnerable population to cohabit in dwellings with significant backwardness, causing greater fragmentation and favoring the coexistence of a polarized society. The goal then is to find a paradigm shift seen from the urbanization in watersheds, generating metadata at the local level with the participation of citizens, this in order to find resilience alternatives to the problem of gentrification. The research focuses on the subdivision Parques de las Aves, one of the most inappropriate and inaccessible places for housing in the Metropolitan Area of Guadalajara, the participatory experience of the research is the most importance in community assemblies and aid campaigns in social networks were of great relevance. Finally, to validate the information criteria, intra-method triangulation was incorporated by using different qualitative techniques, mainly institutional reports and written press. The results obtained are the construction of triangular unit hydrograph before and after urbanization by means of probabilistic and statistical models that occur in the study area. It is concluded that the main problem is still a poor management of rainwater, mainly due to the lack of hydraulic infrastructure, especially when authorizing changes and land use, urbanizing large areas of Natural Protected Areas, it is recommended an integrated Water Management as such measures to implement can reduce water scarcity and on the other hand prevents large volume of water from being wasted.

KEYWORDS: Vulnerable, gentrification, housing, urbanization.

1 | INTRODUCCIÓN

Los fraccionamientos en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) de acceso restringido se han convertido en un nuevo modelo de espacios segregados y de desarrollo en las periferias de las ciudades, principalmente en América Latina. Estos modelos de desarrollo han sufrido grandes transformaciones significativas en las cuencas urbanas, ya que se trata de viviendas con más restricciones sobre todo de accesos por la falta de transporte, ocasionando una mayor fragmentación de espacios públicos, propiciando la coexistencia de una sociedad polarizada. (Duhau, 2011).

Uno de los desafíos que enfrenta la humanidad a nivel mundial es contar con una infraestructura hidráulica eficiente que cuente con servicios de agua potable. Alcantarillado y Saneamiento, sobre todo para la población más vulnerable y con escasos recursos. Contar con servicios técnicos municipales, tales como: cobertura de 100 % en obras de drenaje y abastecimiento de agua potable, electricidad, servicios médicos, educativos y de recreación, son indispensables para mejorar la calidad de vida de la población sobre todos en zonas periurbanas que siguen siendo precarios los servicios básicos, como es nuestro caso de estudio; fraccionamiento Parque de las Aves, localidad Tesistán, Zapopan.

Guadalajara, Jalisco es la tercera ciudad con mayor densidad de población, ha experimentado un acelerado crecimiento urbano a partir del año 2000, propiciando un cambio irreversible de uso de suelo, además de una disminución de recargas a los mantos acuíferos, como consecuencia un aumento desfavorable y considerable de puntos vulnerables a las inundaciones.

Los efectos positivos y negativos son caras de la misma moneda, por un lado, la falta de compromisos por las autoridades competentes de distribuir injustamente los recursos energéticos, naturales y forestales entre ricos y pobres, ya que una minoría concentra la mayor riqueza del planeta y una gran mayoría que concentra la miseria más cruda (Martínez, 2010).

En los alrededores del Área Metropolitana de Guadalajara AMG existen varios ejemplos del acelerado crecimiento urbano, a causa del establecimiento de asentamientos humanos de manera improvisada e indebida en zonas de altos riesgos. Se han hecho cuantiosas obras millonarias inservibles años tras año sin resolver el problema. Los altos caudales o gastos picos que se generan en zonas vulnerables a las inundaciones es debido a la impermeabilización de pavimentos en la parte alta de la cuenca y por supuesto el mal manejo y control de los mismos.

El agua es, sin duda alguna, el recurso natural más importante para la subsistencia del ser humano y la calidad de vida de las personas se ve afectada directamente por el acceso a este recurso. A pesar de ser el recurso natural más abundante en nuestro planeta (70% de la superficie terrestre está cubierta de agua) tan solo el 2.53% es agua apta para el consumo humano. La disponibilidad de agua en México se considera crítica, pues se disponen de menos de 5000 m³ por habitante al año (Semarnat, 2013).

Actualmente las ciudades de Latinoamérica ocupan una gran extensión en comparación con los primeros corredores industriales de crecimiento, son en cierta forma “ciudades nuevas” como el caso del valle de Tesislán en el norte o Tlajomulco de Zúñiga en el sur por citar solo algunos, donde predomina en ambos casos un desordenamiento tanto urbano como territorial a consecuencia del uso del automóvil no colectivo a consecuencia de la traza urbana, produciendo territorios fragmentados y cerrados (Lara, 2016).

El proceso de privatización urbana, al igual que el agua potable, promovida en gran medida por los intereses perversos de las inmobiliarias por los beneficios que representa dicho sector, resulta de interés el caso del AMG, en particular la zona norte de Zapopan. Si bien, la ciudad de Guadalajara es vista como, ciudad modelo, aún quedan muchos temas y problemas por resolver y uno de los más significativos es precisamente el que está relacionado a la vivienda en serie con accesos la mayoría restringidos.

La urbanización en zonas de alto riesgo, se ha acentuado con mayor presencia a partir del año 2000, la incorporación del desarrollo sostenible, así como la integración del principio de sustentabilidad, en el diseño de vivienda de interés social, es prácticamente nueva y precisamente ese el cambio de paradigma a seguir: satisfacer la demanda de la

vivienda mitigando lo más posible las Manifestaciones de Impacto Ambiental, asociado al Impacto Hidrológico Cero, es decir, incorporando nuevos elementos arquitectónicos y tecnológicos con alta eficiencia energética que sean capaces de abatir o disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Conavi, 2008).

Sin duda alguna el agua es el recurso más importante para la sobrevivencia del ser humano, por lo que la calidad de la vida de la gran mayoría de la población a nivel mundial, se ve afectada directamente tanto por la cobertura de agua potable y de buena calidad, tan solo por citar un caso particular en nuestro país la situación del agua no solo es crítica sino desfavorable, pues solo se dispone de 1500 m³/hab/año (SEMARNAT, 2020), lo que la Organización de las Naciones Unidas (ONU), lo considera como una fuerte presión del recurso hídrico, sobre todo en zonas en veda, que cuenta nuestro país.

1.1 Generalidades

El valle de Tesistán es una de las zonas de mayor crecimiento inmobiliario en el municipio de Zapopan, pero también en una de las zonas con mayor riesgo ante las inundaciones. esta cuenca hidrográfica se ha caracterizado en los últimos años que tan solo una intensidad de lluvia de 15 mm/hr es lo suficientemente para provocar encharcamientos o inundaciones de alturas considerables (IIEG, 2014).

El valle de Tesistán debido a un cambio y uso de suelo predominantemente agrícola a uno urbanizado ha tenido problemas graves de inundaciones, ya que la infraestructura para la captación de aguas pluviales no es capaz de desalojar los volúmenes precipitados por tormentas torrenciales (Valdivia Ornelas y Suárez Plascencia, 2000)

1.1.1 Planteamiento del problema

El crecimiento urbano sin un plan de Ordenamiento Territorial es la verdadera causa y consecuencia de las inundaciones, en otras palabras, las políticas públicas que se han implantado en cuanto al tema de los riesgos y desastres no han servido de mucho, pues el verdadero problema radica en la falta de conexión de los colectores hacia los sitios de vertido o a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Tucci, 2006).

Los puntos de mayor riesgo ante inundaciones en el Área Metropolitana de Guadalajara son principalmente todos los pasos a desnivel, las avenidas López Mateos, México, Calzada Independencia, las zonas bajas como Expo Guadalajara, Plaza del Sol, la cuenca de Osorio (Parque de la Solidaridad), Plaza Patria que hidráulicamente es como un tapón, ya que atraviesa el canal de aguas pluviales que lleva el mismo nombre.

Se tienen identificadas por lo menos 500 puntos vulnerables como zonas susceptibles a las inundaciones (Valdivia, 2021), entre ellos se encuentran el valle de Tesistán (que es nuestro caso de estudio), colonias marginadas como la Martinica, Indígena, Las Pintas, El Quince y Ferrocarril, por citar solo algunos, y uno de los alcances en este proyecto es determinar

los gastos picos con periodos de retorno desde 50 hasta 100 años, con base en modelos probabilísticos y estadísticos como es el modelo *lluvia-escorrentía* e identificar llanuras de inundaciones por medio de cartografía topográfica extraída del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en la parte baja de la cuenca hidrográfica del Valle de Tesistán-Nextipac.

Las verdaderas causas y consecuencias de las inundaciones no solo en el Valle de Tesistán sino en todo el AMG, principalmente por:

- Una red de drenaje y alcantarillado construida en la década de los 70 para dar servicio a una población de 500,000 habitantes, lo que hace que actualmente sea obsoleta y busque una infraestructura hidráulica y sanitaria mucho más eficiente.
- El diseño insuficiente y ubicación de las bocas de tormenta. en los cruces de avenida El crecimiento acelerado y mal planeado de las extensiones pavimentadas sin una Manifestación de Impacto Ambiental.
- El desconocimiento total de la topografía que presenta tanto el Valle de Atemajac como el de Tesistán (pendientes, zonas invadidas por predios irregulares que originalmente le pertenecen a los cauces y arroyos).

1.2 Localización del proyecto

La ubicación del proyecto, así como su subcuenca hidrográfica se localiza en la zona norte del AMG, justo en la parte media del valle Santa Lucia-Nextipac. Sus coordenadas son 20° 47' 21.73" de latitud norte y 103° 29' 19.17" de longitud oeste, así como una elevación de 1597 metros sobre el nivel del mar(msnm).

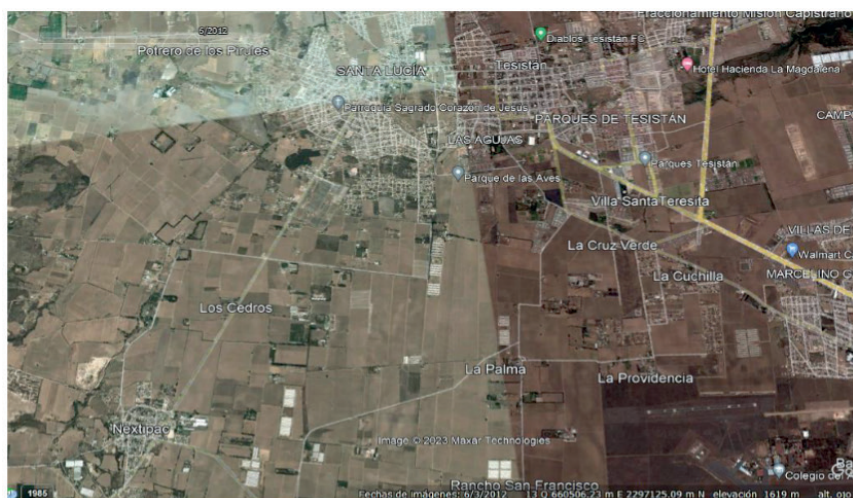


Figura 1. Localización del fraccionamiento Parque de las Aves entre Tesistán, Santa Lucía, Zapopan, Jalisco.

Fuente: Google Earth

1.3 Objetivo General

El objetivo de este estudio será determinar y estimar los parámetros hidrológicos y la magnitud de los escurrimientos pluviales que se presentan provenientes de los terrenos aledaños aguas arriba, con el propósito de efectuar el diseño hidráulico eficiente. Dichos resultados se obtendrán con base en modelos de Probabilidad y Estadística aplicados a la hidrología.

Además de determinar las avenidas máximas que se presentan en los terrenos *que pertenecen al Fraccionamiento Parques de las Aves, aplicando el modelo lluvia-escurrimiento* (Hidrograma Unitario Triangular), con periodos de retorno T_r desde 2 hasta 50 años, esto con el fin de diseñar y proponer las obras de infraestructura hidráulica necesarias tales como: cisternas, bocas de tormenta, tanque de retención para aguas pluviales, así como el análisis de cárcamos de bombeo.

1.3.1 Objetivos específicos

- Recopilar la información climatológica e hidrométrica con base en la información climatológica e hidrométrica de acceso público, proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional, estación: Zapopan.
- Aplicar la metodología *lluvia-escurrimiento*, para la determinación de caudales manejo de escorrentías, con periodos de retorno $T_r = 50$ años.
- Determinación de caudales antes y después de la urbanización debido al cambio de uso de suelo de desarrollos industriales y complejos habitacionales que han ido transformando la cuenca hidrográfica de estudio.
- Graficar los de caudales picos, derivados del cambio de uso de suelo, en los poblados de Tesistán, Santa Lucia, Nextipac, pertenecientes al municipio de Zapopan.

1.4 Justificación

La urbanización en zonas de alto riesgo, se han acentuado con mayor presencia a partir del año 2000, la incorporación de desarrollo sostenible, así como la integración del principio de sustentabilidad en el diseño de viviendas en serie de interés social, es prácticamente nueva (Méndez *et al*, 2021).

Precisamente ese es el cambio de paradigma a seguir: satisfacer la demanda de la vivienda mitigando lo más posible las Manifestaciones de Impacto Ambiental asociado al impacto Hidrológico Cero, es decir, incorporando nuevos elementos arquitectónicos y tecnológicos con alta eficiencia energética que sean capaces de abatir o disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Conavi, 2008).

La iniciativa surge con el fin de lograr un manejo adecuado de las escorrentías

superficiales y así, de esta manera lograr controlar las posibles inundaciones en las partes bajas de la cuenca de los escurrimientos provocados aguas arriba y el aumento del tránsito de avenidas hacia la parte baja.

La implementación de un Sistema de Gestión de los Recursos Hídricos (SGRH), se debe principalmente a una expansión desordenada de las ciudades (un claro ejemplo el municipio de Zapopan, que se ha expandido la mancha urbana hasta Valle de los Molinos). Nuestro SGRH se ha implementado con base en un cambio de paradigma llamado Impacto Hidrológico Cero, es decir se pueden controlar y/o mitigar las inundaciones periódicas anuales en las partes bajas de la cuenca hidrográfica de estudio.

Observando los inicios de este importante tema, el concepto de Impacto Hidrológico Cero se introduce dirigido hacia el manejo de las escorrentías superficiales y en ambos casos este ha surgido por el desmedido crecimiento de las ciudades periféricas.

Aunado a esto, los problemas que ocasionado la falta de planeación urbana es el tema y uso eficiente del agua, que no sido atendido por las autoridades competentes, por no contar con estrategias de políticas de integración, desde su extracción hasta su tratamiento y sus usos posteriores, ya que prácticamente se pierde hasta un 40% en fugas domiciliarias.

El problema radica desde los modelos obsoletos de planeación y territorial, ya que los cambios de usos de suelo para densidades bajas empiezan a construir edificios cuya infraestructura en zonas de barrio no están diseñadas para altas densidades de población y los efectos los notamos en un aumento irreversible de tráfico, disminución de presión de agua o que los edificios hacen que se pierda asolamiento y la vista (Eibenschutz, 2022).

Por ejemplo, en los últimos años a nivel internacional y debido a los efectos del Cambio Climático Global (CCG) que ha ocasionado innumerables inundaciones en todo el planeta (Olcina, 2008) ha estado tomando cada vez más fuerza e interés por la sociedad civil la ciencia de la Hidrología en el manejo sustentable de las aguas pluviales, esto se observa en los claros avances sobre el tema en la CDMX y la ciudad de Guadalajara las dos metrópolis más importantes del país.

2 | ANTECEDENTES

El valle de Tesistán, ubicado en el municipio de Zapopan, Jalisco, tiene una rica historia que se remonta a la época prehispánica. Antes de la llegada de los españoles, esta zona era habitada por la cultura tarasca, quienes dejaron vestigios de su presencia, como petroglifos y herramientas de piedra.

Durante la época colonial, Tesista fue parte del territorio de la hacienda de Oblatos (una de las principales de la región). Durante este periodo, la zona se caracterizó por sus extensos cultivos de maíz, maguey y caña de azúcar. Con el paso del tiempo, Tesistán experimentó un crecimiento demográfico (de ser una zona rural a una zona urbanizada)

y se fue convirtiendo en una de las zonas de mayor plusvalía de la ciudad. Estableciendo una red de caminos y carreteras que conectan a Tesistán con el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG).

En el valle de Tesistán se han identificado galerías filtrantes, que en un principio fueron construidas para el abastecimiento de agua potable, dichas galerías datan del siglo a finales del siglo XIX, algunos ya destruidas y otras en uso, tales como la galería de la Venta del Astillero, precisamente de la grieta de Nextipac existente hasta nuestros días (Palerm-Viqueira *et al.*, 2001).

Las grietas que se han presentado en el valle de Tesistán se tienen registros de por lo menos de hace 100 años, dicha zona geológica, su litología está formada por una secuencia de tobas volcánicas sin consolidarse, los Niveles de Aguas Freáticas se localizan casi en los estratos superiores del suelo hasta 25 m de profundidad, las aguas subterráneas hace todavía algunos años eran abundantes, favoreciendo así a los procesos de socavación y como consecuencia, debido a una mala planeación en el municipio se han registrados hundimientos de por lo menos de 5 a 10 cm por año.

Por otro lado, el modelo de crecimiento del AMG ha incrementado la mancha urbana ocupada por espacios dedicados a la agricultura, incluso de tierras altamente productivas. Dicha dinámica crea una destrucción al medio ambiente como rellenos sanitarios y descargas de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento, producto de la dispersión de viviendas y de corredores industriales de la región.

Históricamente Zapopan ha sido destino de distintas migraciones producto de la dinámica urbana en el municipio, por un lado la combinación de fenómenos sociales que configuraron la mancha urbana y metropolitana del municipio (Aldana, 2006), desde los más altos estratos sociales, tales como: Valle Imperial y Capital Norte, hasta los más bajos, tales como: Valle de Los Molinos, Nuevo México y La Martinica y estratos medios como lo es Parques de la Aves (que es nuestro caso de estudio) y Parques de Tesistán, por citar algunos.

Por una parte, las migraciones provenientes de la ciudad de Guadalajara hacia los fraccionamientos y colonias residenciales del norponiente y por otro, la migración campesina tanto de Jalisco como de estados Guanajuato, Guerrero y Michoacán, que llegar a ocupar tierras ejidales del Valle de Tesistán, dando inicio a asentamientos de manera irregular.

La afectación en el valle de Tesistán y sus alrededores comienza a partir del año 2010, poblados como Copalita, Valle de los Molinos, La Magdalena han sufrido un cambio y uso de suelo, por lo que si seguimos dicha tendencia para el año 2045 la expansión urbana ocupará terrenos altamente productivos para la producción de alimentos (IMEPLAN, 2015).

3 | ESTADO DEL ARTE. DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO

3.1 El crecimiento urbano en el municipio de Zapopan, Jalisco

El elemento detonante del crecimiento expansivo en el AMG es consecuencia de las redes viales de hace más de 50 años, caminos suburbanos que conectaban la ciudad de Guadalajara con pueblos rurales, hasta transformarse en ejes estructurales de la red metropolitana.

Guadalajara como todas las ciudades de Latinoamérica, nos muestran una división socioeconómica entre el oriente y el poniente con rentas que se disparan hasta un 400% en comparación con el oriente, ocasionando una división fragmentada, discontinua a partir del anillo periférico.

El AMG está conformada por ocho ejes de expansión, dos hacia el norte (municipio de Zapopan), dos hacia el oriente (municipio de Tonalá), tres hacia el sur (municipio de Tlajomulco de Zúñiga) y uno hacia el poniente, también del municipio de Zapopan, como se muestra en la figura 2.

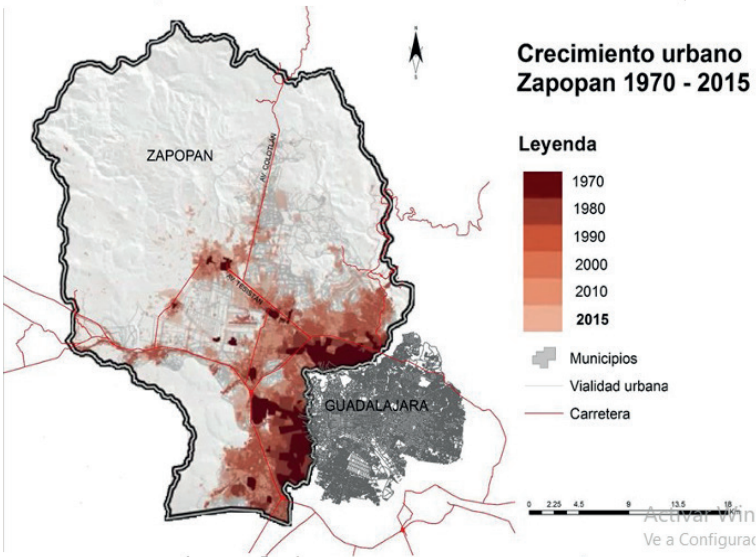


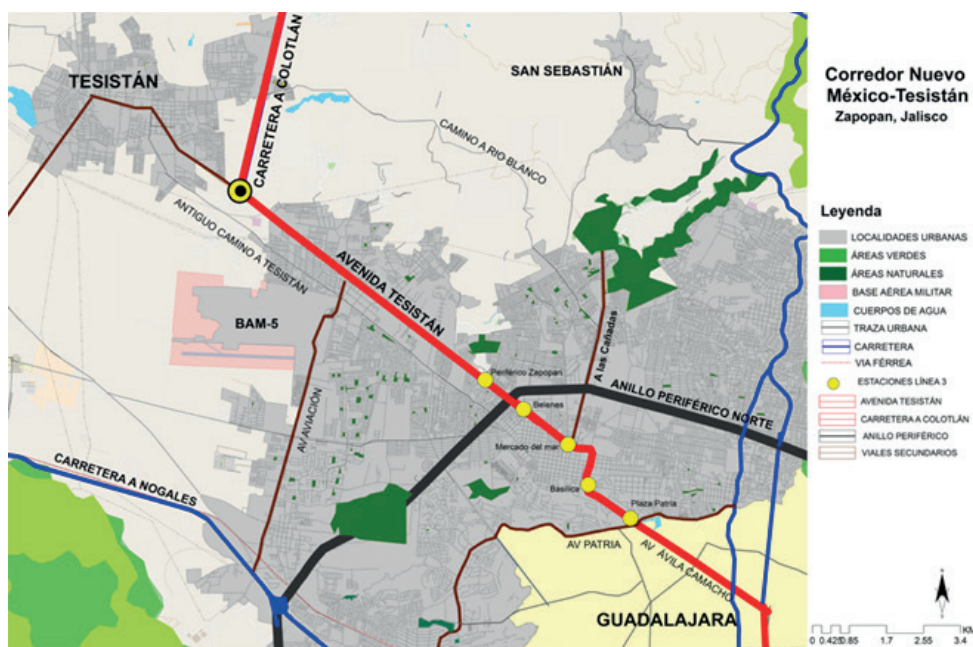
Figura 2. Crecimiento urbano del municipio de Zapopan 1970-2015

Fuente: IMEPLAN, 2015

Cambios de usos de suelo y rentabilidad en Zapopan

El municipio de Zapopan está clasificado como el municipio de mayor crecimiento del AMG y el quinto de mayor crecimiento de los países que conforman la OCDE (Lara, 2017), ya que ofrece un importante auge del sector inmobiliario-financiero. El cambio de uso de suelo del tipo rural a urbanizado, es uno de los elementos clave para la producción inmobiliaria, como es Parques de Tesistán y Parque de las Aves, por citar solo algunos (Roca, 1988).

Zapopan se ha distinguido con el paso del tiempo como el centro financiero de Jalisco, el rápido crecimiento urbano que ha tenido en los últimos 25 años (1995-2020), es a consecuencia de una urbanización acelerada, incontrolada y en ocasiones corredores urbanos y surgimientos de nuevos fraccionamientos, como Parques de las Aves que es nuestro caso de estudio.



3.2 Normas Técnicas y Complementarias de CONAGUA y SCS

coeficientes de escorrentía asociados a los tipos de suelo indicados en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) del libro de alcantarillado Pluvial que se analizaron en el presente estudio.

Teniendo en cuenta el tipo de suelo y la vegetación de las cuencas hidrográficas se ha definido una variable al coeficiente de escurrimiento, el llamado número de escurrimiento (N), el cual varía de 0 a 100, según el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) y que es utilizado en hidrología para métodos del tipo hidrológicos.

Para la selección del número de escurrimiento N, se clasifican los suelos de acuerdo a su grado de permeabilidad designando por la letra A, B, C y D; con base al uso y/o vegetación de dicho suelo.

Suelo tipo A. Potencial de escurrimiento bajo, suelos que tienen alta capacidad de infiltración cuando están completamente húmedos, principalmente arenas y/o gravas muy bien ordenadas, dichos suelos tienen velocidades de transmisión de aguas.

Suelos Tipo B. Suelos que tienen capacidades de infiltración moderada cuando están completamente húmedos principalmente suelos medianamente profundos y drenados con textura de sus agregados variados entre moderada y moderadamente fina, estos tienen las características de velocidades medias de transmisión.

Suelos Tipo C. Suelos que tienen la capacidad de infiltración bajas cuando están completamente húmedos principalmente suelos que contienen una capa que impide el movimiento hacia abajo o suelo con textura fina a moderadamente fina, dichos suelos tienen baja velocidad de transmisión de agua.

Suelos Tipo D. Potencial de escurrimiento alto, suelos que tienen capacidad de infiltración muy bajo cuando están completamente húmedos principalmente suelos arcillosos con alto potencial de expansibilidad, suelos con niveles freáticos altos, suelos con capas de arcillas compactas cerca de la superficie o capas delgadas de suelo cerca del material permeable, dichos suelos tienen una velocidad de transmisión de agua muy baja.

Tipo de área drenada		
	Mínimo	Máximo
Zonas Comerciales		
Zona Comercial	0.75	0.95
Zona mercantil	0.70	0.90
Vecindario	0.50	0.70
Zonas residenciales		
Unifamiliar	0.30	0.50
Multifamiliares espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares compactos	0.60	0.75
Semiurbanos	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0-70
Zonas Industriales		
Espaciados	0.50	0.80
Compactos	0.60	0.90
Cementerios y parques	0.10	0.25
Campos de juego	0.20	0.35
Patios de ferrocarril y terrenos sin construir	0.20	0.40
Zonas suburbanas	0.10	0.30

Tabla 1. Coeficientes de escorrentía C, para distintos tipos de terreno

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, MAPAS

4 I MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar cada uno de los objetivos específicos, se hizo una investigación detallada, iniciando con los requisitos de trámite de licencia de construcción en Parques de las Aves, Tesistán, para vivienda dúplex e individuales de dos niveles, así mismo se realizó un proyecto tanto de urbanización como de obras de agua potable y alcantarillado que se adecuara a este informe técnico de prácticas profesionales, para ejecutar los diferentes procesos de construcción de vivienda en serie.



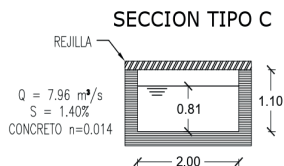
Figura 4. Lotificación de los terrenos a construir vivienda en serie y su ubicación

Fuente: Elaboración propia

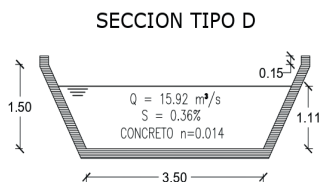
Cabe señalar que dichos procesos de construcción en serie se llevaron a cabo con base en las Normas Técnicas Complementarias para la Revisión de la Seguridad Estructural de Edificaciones NTC-RSEE-2017, del Distrito Federal, dicha información se complementa con evidencias fotográficas, para un mejor análisis y comprensión de los procesos constructivos.

4.1 Obras de infraestructura para el desarrollo

Para este desarrollo de Parque las Aves, se diseñó un canal de captación de aguas pluviales para atender el tema de escurrimientos dentro del mismo desarrollo en conjunto con las autoridades competentes para su autorización, el cual se conecta al canal general de Río Blanco que pasa por la localidad de Tesistán.



Canal Lleno							
Tirante	Area Humeda	Perimetro Humedo	Radio Hidraulico	Velocidad	Ancho Superficie Libre	Energia Especifica	Gasto
m/s	m²	m	m³/m	m/s	m	m	m³/s
1.10	2.20	4.20	0.52	5.49	2.00	2.44	12.08
Tirante Normal							
Tirante	Area Humeda	Perimetro Humedo	Radio Hidraulico	Velocidad	Ancho Superficie Libre	Energia Especifica	Porcentaje Lleno
m/s	m²	m	m³/m	m/s	m	m	%
0.81	1.41	3.41	0.45	4.14	2.00	2.05	73.30%



Canal Lleno							
Tirante	Area Humeda	Perimetro Humedo	Radio Hidraulico	Velocidad	Ancho Superficie Libre	Energia Especifica	Gasto
m/s	m²	m	m³/m	m/s	m	m	m³/s
1.80	4.38	8.55	0.51	4.08	5.00	2.55	24.03
Tirante Normal							
Tirante	Area Humeda	Perimetro Humedo	Radio Hidraulico	Velocidad	Ancho Superficie Libre	Energia Especifica	Porcentaje Lleno
m/s	m²	m	m³/m	m/s	m	m	%
1.11	4.49	8.58	0.75	3.24	4.41	1.75	73.89%

Figura 5. Diseño de canal pluvial para el desarrollo Parque de las Aves.

Fuente: Elaboración propia.

Esta obra de infraestructura se diseñó para evitar inundaciones con las colonias aledañas al desarrollo y controlar estos escurrimientos en temporal de lluvia, ya que es un tema de importancia para la sociedad y para los demás desarrollos tomen conciencia sobre esta problemática de las inundaciones.



Figura 6. Canal de aguas pluviales desarrollo Parque de las aves.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1 Análisis hidrológico para periodos de retorno desde 2 hasta 100 años

Debido a las frecuentes inundaciones que se han presentado en la Zona norte del Área Metropolitana de Guadalajara AMG, las condiciones políticas y económicas de la

región (las obras millonarias que se hicieron) además de lo complejo de la problemática han causado cuantiosos daños a la zona semiurbana alrededor de las localidades en Tesistán y Santa Lucía ambas pertenecen al municipio de Zapopan.

Por estas razones se justifica la realización del proyecto *“Estudio Hidrológico e Impacto Cero para determinar gasto picos (Qp) con un periodo de retorno de 2 años hasta 50 años ubicados en los terrenos donde se localiza el Fraccionamiento Parques de las Aves, localidad Tesistán, Zapopan,”* para reducir también el arrastre de azolves y controlar los efectos de erosión que trae como consecuencia avenidas torrenciales.

En virtud de que se trata de una obra de equipamiento urbano dentro de la Zona Conurbada de Guadalajara, para diseñar y construir el drenaje pluvial para esta obra, aplican los Lineamientos Técnicos del Sistema Intermunicipal para los servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) en la propia Zona Metropolitana de Guadalajara.

4.1.2 Factores restrictivos a la urbanización

Analizando los factores naturales el área de estudio, destacan por su carácter restrictivo los siguientes aspectos:

Las condiciones impuestas por el medio físico natural, determinan las áreas que tienen aptitud para utilizarse en el desarrollo urbano, se presentan las siguientes limitantes al desarrollo.

- Se encontró que la mayor parte del área de estudio registra una pendiente de 5% al millar, la cual presenta restricciones a la urbanización debido a que en combinación con las carencias de infraestructura presenta serios problemas de inundaciones, aunque estos suelos se pueden acondicionar para la urbanización, ya que los costos de infraestructura en terrenos que presentan estas pendientes dada la conformación del terreno son bajos, debiendo realizarse estudios correspondientes que prevean los riesgos y se realicen las obras necesarias para evitar las inundaciones permitiendo drenar adecuadamente las áreas de reserva urbana.
- El potencial agrológico de los suelos está clasificado de capacidad agrícola moderada, lo que deberá asimismo tomarse en cuenta para prever las áreas de reserva urbana.

Un factor de importancia en hidrología es el coeficiente de escorrentía, que determina la capacidad que tiene el suelo para retener, evaporar e infiltrar las aguas pluviales. El coeficiente de escorrentía se define como la relación entre la lámina de agua precipitada sobre una superficie y la lámina de agua que escurre superficialmente.

Esta relación se puede obtener por métodos experimentales, sin embargo, existen coeficientes de escorrentía asociados a los tipos de suelos indicados en el Manual de Agua Potable y Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) del libro Datos Básico para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado que se analizaron en el presente estudio hidrológico.

4.1.3 Aplicación del modelo lluvia-escurrimiento

La estimación de los gastos picos es demasiado compleja si no se cuenta con información hidrométrica y climatológica actualizada, para ello se utilizarán herramientas como la probabilidad y la estadística, todo esto para presentar alternativas de solución, mediante obras hidráulicas, tales como: rectificación de cauces y arroyos, obras de desazolve en canales de aguas pluviales.

Para la determinación del gasto pico se utilizó el modelo lluvia-escurrimiento, dicho método consiste en determinar una altura de precipitación base, la cual está asociada a una duración de 1 hora y un periodo de retorno de 10 años. A partir de esta se determina la altura de precipitación específica de diseño de la cuenca de estudio, para lo cual la precipitación es afectada por tres factores que están relacionados con el tiempo de concentración, el área de la cuenca y el periodo de retorno que se haya elegido para interpolar los datos.

Dichos factores se estimaron después de varios análisis, cuya finalidad fue establecer una relación congruente entre la cantidad de agua de lluvia y los volúmenes escurridos, sus valores se han ordenado en un rango práctico como se muestra en la tabla 1.

Duración de la tormenta hr	factor recomendado	Área de la cuenca km ²	factor recomendado	Periodo de retorno años	factor recomendado
0.50	0.79	1.00	1.00	2	0.67
1.00	1.00	10.00	0.98	5	0.88
2.00	1.20	20.00	0.96	10	1.00
8.00	1.48	50.00	0.92	25	1.15
24.00	1.50	100.00	0.88	50	1.25

Tabla 1. factores de ajuste para determinar la precipitación específica de diseño

Fuente: Gerencia Regional de Agua del Valle de México

5 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados a obtener son básicamente como ya mencionamos gastos picos para periodos de retorno de 100 años (antes y después de la urbanización) bajo el paradigma de Impacto Hidrológico Cero, que es reducir los impactos ocasionados por los excedentes de los caudales picos.

La problemática principal sigue siendo como ya lo señalamos un mal manejo de las aguas pluviales en temporal de lluvias, los sistemas de drenaje por separado e infraestructura de vasos reguladores y canales existentes en la cuenca han sido insuficientes, dicha problemática es ocasionada por una mala política de integración sobre todo a la hora de que se autorizan los cambios de usos de suelo y comienzan a urbanizar grandes extensiones de áreas naturales protegidas, como está ocurriendo en el valle de Tesistán y el Bosque El Nixticuil.

Para determinar los gastos picos como primer paso se calcula el tiempo de concentración t_c , que es el tiempo de recorrido del agua desde el inicio de la cuenca (aguas arriba) hasta su propia salida (agua abajo). El tiempo de concentración se refiere al lapso que transcurre para que el agua de lluvia transite desde la entrada hasta el punto de salida, cabe mencionar que este principio solo aplica a cuencas exorreicas. Para el caso de escurrimiento superficial, se obtiene mediante la fórmula de Kirpich.

$$t_c = 0.0003254 \left(\frac{L_c}{S^{0.5}} \right)^{0.77} \quad \text{ecn. 1}$$

Donde:

t_c = tiempo de concentración (hr)

L_c = longitud del cauce principal, definido como el de mayor tiempo de recorrido (m)

S = Pendiente de la subcuenca o área a servir del fraccionamiento (adimensional)

Los gastos picos, así como los hidrogramas sintéticos antes y después de la urbanización para efectos de diseño, se obtuvieron con base en la metodología lluvia-escurrimiento, para ello previamente se determinaron características fisiográficas del área de aportación del fraccionamiento Las Aves, tales como:

- Área de la cuenca $A_c = 3.5 \text{ km}^2$
- Pendiente equivalente constante $S = 0.0039$
- Longitud del colector principal del fraccionamiento a desalojar las aguas pluviales $L_c = 850 \text{ m}$
- Tiempo de concentración $t_c = 0.494 \text{ hr} \sim 29.67 \text{ min.}$

6 | CONCLUSIONES

Para resolver la problemática de la determinación del gasto máximo ordinario en una corriente para demarcar el cauce y la zona federal en un sitio o tramo específico, es necesario hacer un análisis cuidadoso de la información disponible, hidrométrica o pluvial y fisiográfica de la cuenca. La información hidrométrica o climatológica debe ser consistente, es decir tener en cuenta la existencia o no de obras hidráulicas que modifiquen el régimen de la corriente a la fecha que se haga el estudio y en su caso ajustar debidamente los datos.

La base de la determinación del gasto máximo ordinario es el método estadístico presentado y complementado con el de la curva de intensidades de lluvia-duración de gastos-periodo de retorno empíricos o algunos otros de los probabilísticos conocidos con el fin de asignar al gasto su correspondiente periodo de retorno que la práctica ha indicado que 50 años es un buen índice, si el régimen de la corriente es perenne, es decir que transporta agua todo el año.

En las zonas con régimen natural de escurrimiento intermitente es conveniente que la muestra de gastos sea amplia para el mejor conocimiento del comportamiento de la

corriente, ya que puede haber gastos grandes y gastos nulos. Si la muestra es pequeña es conveniente hacer un estudio adicional usando modelos *lluvia-escurrimiento*.

Debe tenerse presente, que en zonas de desbordamiento de la corriente (planas, valles y planicies), al efectuar el tránsito del gasto máximo ordinario, por el tramo del cauce en estudio, puede desbordar e invadir una importante extensión en terrenos aledaños. En este caso la delimitación del cauce será hasta el margen del cauce marcado por las avenidas ordinarias sin inundar y a partir de este se establecerá la zona federal.

6.1 Recomendaciones

Como recomendaciones se debe adquirir una conciencia clara de la importancia de la gestión del agua, ya que por un lado reducen la escasez del preciado líquido que sufre la mayor parte de la población, y por otro evitar que grandes volúmenes de agua se desperdicien.

Para detener el agua existen diversos tipos de obras y prácticas como son: zanjas trincheras a nivel, represas escalonadas, pozos de absorción y otras más que permiten almacenar una buena parte del agua de lluvia, para uso posterior.

Es indispensable que estas acciones para el almacenamiento de agua, de manera superficial y subterránea se lleven a cabo con criterio racional y sistemáticamente en toda la subcuenca, y al mismo tiempo una reforestación exhaustiva.

Con todo lo anterior, se puede observar que, si queremos disponer de mayor agua, es necesario detenerla y cosechar con obras adecuadas, de tal manera que la mayor parte de la precipitación puede detenerse e infiltrarse o conducirse a los almacenamientos disponibles.

Además de la conducción del agua de lluvia a los almacenamientos superficiales disponibles, como lagunas, lagos y otros; la recarga de los acuíferos es una práctica recomendable ya que resuelve varios problemas como reducir la evaporación, evita las inundaciones, reduce las avenidas y los desastres que estas ocasionan, reduce la erosión hídrica y evita el azolvamiento de presas, cuerpos de agua, tierras de cultivo y poblaciones en zonas vulnerables.

REFERENCIAS

Caro, J. L., *et al.*, (2022). Soluciones y alternativas a las inundaciones periódicas anuales en zonas de alto riesgo en el Área Metropolitana de Guadalajara, un desafío a los planes de ordenamiento urbano y territorial. *Revista Ciencia Latina Científica Multidisciplinar*, Núm. 6, Vol. 6, pp. 2089-2106. disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala>

Comisión Nacional de Vivienda Conavi (2006). Estadísticas de vivienda. Disponible en: http://www.conavi.gob.mx/politica_estadisticas.html. fecha de consulta: 23 de enero de 2023.

Duhau, E. (2011). La ciudad construida y las nuevas formas de producción del espacio urbano. Patricia Urquieta (coord), *Ciudades en transformación. Disputas por el espacio, apropiación de la ciudad y prácticas de ciudadanía*. Posgrado en Ciencias del Desarrollo de la Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia, Bolivia. pp. 55-60.

Eibenschutz H. R. (2012). Repensar la metrópoli II. Políticas e instrumentos para la gestión metropolitana. Tomo I (1ª ed.) Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F. Disponible en: <https://casadelibrosabiertos.uam.mx/gpd-repensar-la-metropoli-ii-dos-tomos.html>

Instituto Metropolitano de Planeación del Área Metropolitana de Guadalajara (2015). Área Metropolitana de Guadalajara. Expansión Urbana: análisis y prospectiva 1979-2045. México.

Lara Guerrero, J. (2017). La expansión urbana orientada por el corredor Nuevo México-Tesistán en la periferia norte del municipio de Zapopan, Jalisco. Tesis Doctoral del programa Geografía y Ordenamiento Territorial de la Universidad de Guadalajara.

M. Tucci, Carlos E. (2007). Gestión de inundaciones urbanas. Instituto de Pesquisas Hidráulicas de la Universidades Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Universidad Nacional de Córdoba, Instituto Superior de Recursos Hídricos, Argentina.

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Datos básicos para proyectos de Agua Potable y Alcantarillado (2018). Comisión Nacional del Agua, México, D. F.

Martínez Castillo, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. Revista electrónica Educare, vol. XIV, núm. 1, enero. Junio 2010, pp. 97-111. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica.

Normas Técnicas Complementarias para la Revisión de la Seguridad Estructural de Edificaciones (2017). Gaceta Oficial de la Ciudad de México. Disponible en: https://www.academia.edu/407047NORMAS_TECNICAS_COMPLEMENTARIAS_2017

Olcina Cantos, J. (2008). Prevención de Riesgos: Cambio Climático, Sequías e Inundaciones. Panel científico-técnico de seguimiento de la política del agua. Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Universidad de Alicante. España.

Palerm-Viqueira, J., Pimentel-Equihua, J. L., y Urrutia Facugauchi, J. (1993). Técnicas hidráulicas en México, paralelismos con el viejo continente: II. Galerías filtrantes (qanats). II Encuentro sobre Historia y Medio Ambiente, 24-26 octubre 2001. Huesca, España. p. 36.

Pfannenstien, B Martínez, J. O., Anacleto, E. E., Sevilla, S. (2019). Planificación urbana y la influencia de las urbanizaciones cerradas: El Área Metropolitana de Guadalajara, México. Revista: Economía, Sociedad y territorio, vol. XIX, núm. 59, pp. 1087-1117. El Colegio Mexiquense A. C.

Roca, J. (1988). La estructura de valores urbanos: un análisis teórico-empírico. Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local.

ValdiviaOrnelas,L.,SuarezPlascencia,C.(2002).RiesgosnaturalesenelÁreaMetropolitanadeGuadalajara. Observatorio Geográfico de América Latina. Disponible en: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/index.html>