



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Arquitectura
Seminario de Tesis Taller Hídrico Urbano

ECOTONOS: ATLALILCO- CERRO DE LA ESTRELLA

Proyecto de integración hídrico-urbana en Iztapalapa

Tesis que para obtener el título de arquitecta presenta:

Lorena Chávez Sánchez

Sinodales:

Mtra. Elena Tudela Rivadeneyra

Mtra. Ivonne Labiaga Peschard

Mtra. Loreta Castro Reguera Mancera

Ciudad Universitaria, Ciudad de México

Octubre 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

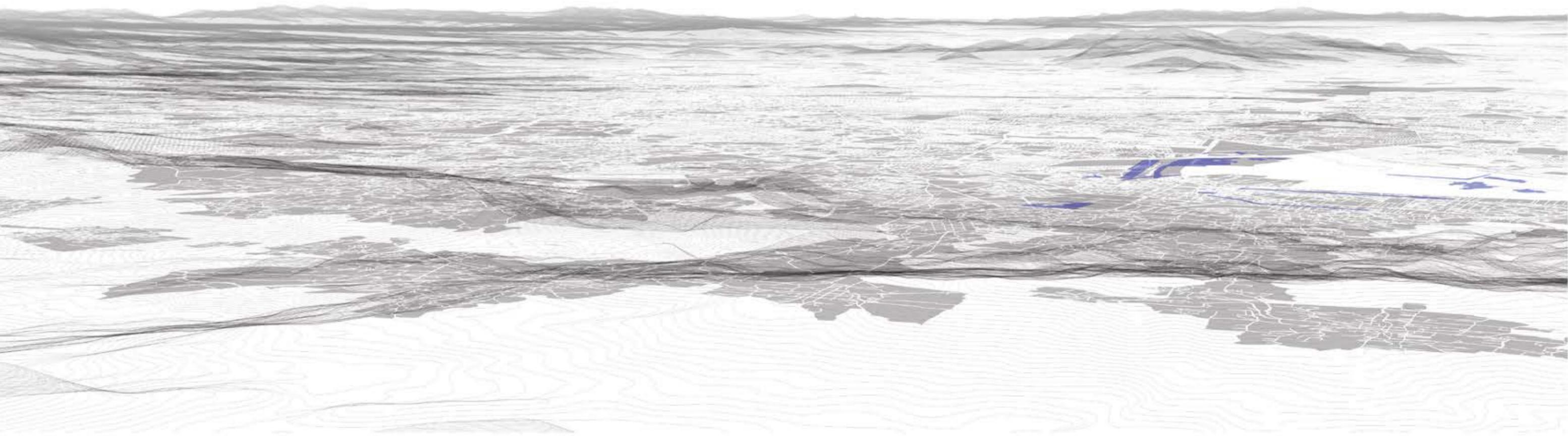
DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“Se supone que Isaura, ciudad de los mil pozos, surge sobre un profundo lago subterráneo. Dondequiera que los habitantes, excavando en la tierra largos agujeros verticales, han conseguido sacar agua, hasta allí y no más lejos se ha extendido la ciudad; su perímetro verdeante repite el de las orillas oscuras del lago sepulto, un paisaje invisible condiciona el visible, todo lo que se mueva al sol es impelido por la ola que bate encerrada bajo el cielo calcáreo de la roca [...]”

Isaura, Las Ciudades Invisibles, Italo Calvino.



Índice

	Índice	5		
	Introducción	7	4	ECOTONOS URBANOS
	Problema	10		4.1 Polígono de intervención
	Hipótesis	11		4.2 Diagrama generativo
	Objetivos	11		4.3 Estrategias de diseño
	Metodología	13		4.4 Plan maestro
	Marco teórico	15		4.4.1 Retener
				4.4.2 Integrar
				4.4.3 Mitigar
1	LA CUENCA DE MÉXICO			4.5 Nodos de actuación
	1.1 Antecedentes	22		
	1.2 Manejo de agua en la ZMVM	26		
	1.3 Balance hídrico	28	5	PROYECTO DE INTEGRACIÓN URBANA
	1.4 Hundimientos diferenciales	30		5.1 Camino Antiguo a Culhuacán 218
2	DIÁLOGOS			5.2 Análisis de sitio
	2.1 Introducción	39		5.3 Programa arquitectónico
	2.2 Más de un siglo de fracturas	40		5.4 Proyecto arquitectónico
	2.3 2008 m	42		5.5 Funcionamiento hídrico
	2.4 Ruptura Hídrica	44		5.6 Planos arquitectónicos
	2.5 Caso de estudio: Tlatelolco	46		5.7 Vistas objetivo
	2.6 Dispositivo de medición	52		
	2.7 Conclusión	61		Conclusión
3	EL CERRO DE LA ESTRELLA			Índice de figuras
	3.1 Antecedentes	64		Bibliografía
	3.2 Caracterización	71		
	3.2.1 Medio Biofísico	72		
	3.2.2 Medio Urbano	82		
	3.2.3 Medio Social	98		
	3.3 Diagnóstico	109		
	3.4 Pronóstico	111		

Introducción



El Taller Hídrico Urbano (THU) es un seminario de titulación de la Facultad de Arquitectura de la UNAM donde se estudia la condición lacustre y la mancha urbana de la Cuenca de México para proponer proyectos urbano-arquitectónicos relacionados las vulnerabilidades hídricas en la región. En sus diferentes ediciones, el THU ha estudiado problemas relacionados con el agua en diferentes regiones de la Cuenca de México como Zumpango, Tlaltenco, Xico, Chalco, entre otros; en su sexta edición el THU se enfoca en el estudio de los hundimientos diferenciales causados por la extracción de agua del acuífero en el Valle de México.

El seminario de titulación “Testigos del hundimiento: Agua, ciudad y subsidencias” tiene como objetivo entender el problema de hundimientos diferenciales y, desde el diseño arquitectónico, establecer nuevas relaciones entre el manejo de agua y la arquitectura, que no ignoren este fenómeno.

La primera etapa del seminario *_diálogos_* está diseñada para acercarnos a los hundimientos mediante la investigación y producción plástica, que representen algún aspecto de los hundimientos. Estas piezas se realizan de forma paralela a un trabajo colaborativo para una exposición de arte universitaria sobre la ciudad, “La Ciudad Está Allá Afuera”, del Centro Cultural Universitario Tlatelolco (CCUT).

La conclusión de esta primera etapa es el diseño de un dispositivo de medición de hundimientos que debe registrar, a manera de testigo, alguna manifestación de las subsidencias en la ciudad. Con la producción de esta pieza habremos estudiado las implicaciones del fenómeno de subsidencia en el tejido urbano y habremos recolectado información para definir una zona de estudio para desarrollar durante la segunda etapa del seminario de tesis. El capítulo 2 ahonda en los *diálogos* y presenta la investigación y trabajo realizado en Tlatelolco.

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), fundada y en continua expansión sobre un terreno que hasta hace quinientos años albergaba un sistema de lagos en un entorno único; la cuenca endorreica del Valle de México es hoy una de las urbes más grandes del mundo. Con una población de cerca de 22 millones de personas presenta un fenómeno de hundimientos entre sus riesgos y vulnerabilidades relacionados con el agua.

Los hundimientos son un problema antiguo en la cuenca del México, sin embargo, a pesar de ser un fenómeno conocido y medido por lo menos durante los últimos cien años, no se ha logrado establecer una agencia para controlar la subsidencia y, sus consecuencias, se agravan ante la continua sobreexplotación de los mantos acuíferos. El bombeo de agua de los acuíferos es uno de los métodos más económicos para abastecer a la ciudad de agua potable, más del 70% del agua consumida por la ciudad proviene de esta fuente.

El asentamiento del suelo a causa de la extracción de agua subterránea provoca a la vez el agrietamiento del mismo. En algunas zonas, el asentamiento ha llegado a acumular hasta 13.5 metros de hundimiento, provocando daños en el patrimonio de la ciudad y en los sistemas de servicios urbanos (abastecimiento de agua potable, drenaje, vialidades y vías de transporte público).

Los agrietamientos se presentan mayoritariamente en zonas donde convergen diferentes tipos de suelo abruptamente. Iztapalapa es la delegación más afectada por agrietamientos dentro de la demarcación; sobre todo en las zonas de transición de las formaciones volcánicas: el Peñón del Marqués, el Cerro de la Estrella y la Sierra Santa Catalina.

Además de ser la delegación con más población de la Ciudad de México, Iztapalapa es una zona con gran desigualdad en el abastecimiento del recurso hídrico y con gran riesgos de inundación. Por sus características geográficas y geológicas

“los tipos de suelo, vegetación y usos de suelo en la Delegación Iztapalapa están influenciados por los diferentes pisos altitudinales”¹; en el capítulo 3 analizaremos dicha premisa con base en la caracterización del sitio, presentando un diagnóstico de la región Cerro de la Estrella para, posteriormente, definir el polígono de acción a trabajar en el capítulo 4.

El Cerro de la Estrella y sus alrededores fue seleccionada como la zona de estudio por presentar los diferentes pisos altitudinales antes mencionados con una gradiente urbana tal que nos permitiera el estudio de los hundimientos, las vulnerabilidades hídricas y análogos de diseño para la mitigación del fenómeno.

Desde el enfoque de diseño urbano-arquitectónico de la corriente de Urban landscape, analizamos el Cerro de la Estrella desde sus gradientes: definiendo a cada piso altitudinal como un *bioma urbano* y las intersecciones entre ellos (zonas de transición), como *ecotonos*.

El polígono de actuación definido por el equipo corresponde al área norponiente del Cerro de la Estrella, área intermedia entre lo pueblos originarios de Iztapalapa y Cuitláhuac, siguiendo un eje transversal a las curvas de nivel que va del Área Natural Protegida del Cerro de la Estrella a Eje 3 Oriente; nombramos a este eje **Cerro de la Estrella- Atlalilco**.

El proyecto arquitectónico a desarrollar, capítulo 5, deberá mitigar riesgos hídricos con énfasis en hundimientos y responder a la pregunta que nos hicimos al iniciar el seminario de tesis:

¿Cómo leer las subsidencias desde el diseño arquitectónico?

¹ Atlas de Riesgos de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., Diciembre de 2011, pp. 25.



Fig. 1.01 Taller Hídrico Urbano generación 2016.

Foto: Loreta Castro Mancera.

Problema

En la zona norponiente del cerro de la Estrella, entre los barrios de Iztapalapa y Culhuacán, convergen distintos usos de suelo. Área natural protegida (ANP), vivienda e industria conviven en estado de tensión que se evidencia en los bordes entre un uso y otro; además, las cotas bajas están en riesgo de inundación que se acentúa debido a los hundimientos diferenciales, y los asentamientos humanos irregulares (AHI) en las cotas altas vulneran el valor ambiental del ANP. Explicamos a continuación dichos problemas a profundidad:

Bordes entre diferentes usos

Si bien el plan de desarrollo de la delegación Iztapalapa indica que la relación de usos habitacional e industrial no es deseable, el polígono tiene ambos usos colindando; la tensión entre ellos es evidente. Por una parte, las necesidades de servicios públicos y de movilidad del uso industrial ocupa el espacio público sin respetar las necesidades de la vivienda y la población flotante en los polígonos industriales genera zonas deshabitadas que se perciben como inseguras por los habitantes de las viviendas. Por otra la creciente necesidad de vivienda ocupa predios industriales de dos formas: 1) presión inmobiliaria que lleva a la reconversión de uso de suelo con desarrollos de vivienda multifamiliar en predios donde se encontraba industria, y 2) invasión de predios industriales por vivienda autoproducida; en ninguno de los casos se dota de servicios necesarios y planificación urbana al reconvertir el suelo.

Pérdida de superficie de absorción

El Área Natural Protegida Cerro de la Estrella fue declarado como tal en 1938 por los servicios urbanos y ambientales que dota a la ciudad; una de estas cualidades es su capacidad de recarga de agua al acuífero, sin embargo, los asentamientos humanos irregulares sobre suelo de conservación sellan la permeabilidad del suelo, no solo por la pérdida de superficie de suelo natural por suelo pavimentado, sino que también la pérdida de árboles y vegetación impide la ralentización del agua en suelo permeable y la desaloja más rápido al sistema de drenaje.

Inundaciones por desalojo de agua pluvial

El polígono Cerro de la Estrella- Atlalilco no cuenta con un sistema de drenaje pluvial independiente del sistema sanitario. Se verte el agua pluvial a las calles se pretende que el sistema de drenaje las desaloje para evitar encharcamientos; recientemente se han implementado medidas de mitigación con pozos de tormenta, sin embargo, no es suficiente al haber cada vez un mayor aporte de agua pluvial. El problema se agrava por la paulatina pérdida de pendiente del sistema de drenaje por hundimientos regionales que impide que el desalojo se haga adecuadamente a pesar del complejo sistema de bombeo del sistema de drenaje. El resultado son encharcamientos y riesgos de inundación latentes.

Riesgo de mayores hundimientos

A pesar de tener índices de hundimientos de menos de 6 metros acumulados en la zona norponiente del Cerro de la Estrella, de continuar esta situación, la zona de transición entre zona lacustre y de lomeríos será propensa a agrietamientos cada vez mayores y a deslizamientos del suelo como sucede en el poniente de la delegación Iztapalapa alrededor del Peñón del Marqués.

Pérdida de identidad

Por su situación dentro de la cuenca de México el Cerro de la Estrella ha tenido siempre un papel relevante dentro de la urbe, en la cumbre del cerro se encuentra el centro ceremonial Fuego Nuevo edificado cerca del año 1300 d.C. Actualmente es un sitio de recreación que cuenta con un museo de sitio, senderos y miradores para esparcimiento de los visitantes y pobladores, dentro del polígono del ANP Cerro de la Estrella se lleva a cabo la representación de la pasión de Cristo por los habitantes de Iztapalapa y es el único espacio verde para más de 12,000 habitantes a la redonda. La pérdida de superficie de ANP significaría pérdida de sitios de cohesión social y esparcimiento.

Hipótesis

Abordando la condición de transversalidad altitudinal de las calles que conducen las escorrentías en el norponiente del Cerro de la Estrella, el proyecto de integración reforzará la relación arriba-abajo por medio de ejes conectores que ayuden a integrar la zona y mitigar riesgos hídricos, aprovechando las condiciones de inicio y fin del eje como zonas de retención, capaces de generar dinámicas que propicien la conservación de las ANP y concentren los asentamientos humanos en áreas de suelo urbano.

Objetivos

Objetivos específicos

1. Plantear estrategias hídricas que contribuyan a evitar inundaciones y encharcamientos pluviales, mejorar el abastecimiento de agua potable en la zona, aprovechar el agua de lluvia y recargar los acuíferos para disminuir localmente la velocidad de los hundimientos diferenciales.
2. Plantear estrategias urbano-arquitectónicas que revaloricen el valor ambiental del suelo, particularmente del suelo de conservación, que mantengan los asentamientos humanos irregulares en el suelo urbano y que destensen la relación entre los diferentes usos de suelo.
3. Elaborar un plan maestro de mejora urbana y manejo del agua con una perspectiva de tiempo, (corto, mediano y largo plazo), y sustento en las tendencias actuales de desarrollo de la zona, para densificar el suelo ya urbano y anticipar la dotación de equipamiento.
4. Tratar los bordes entre un uso/suelo y otro por su potencial social, económico y ambiental para proponer ahí intervenciones de arquitectura de paisaje que propicien la regeneración de la zona.

Metodología

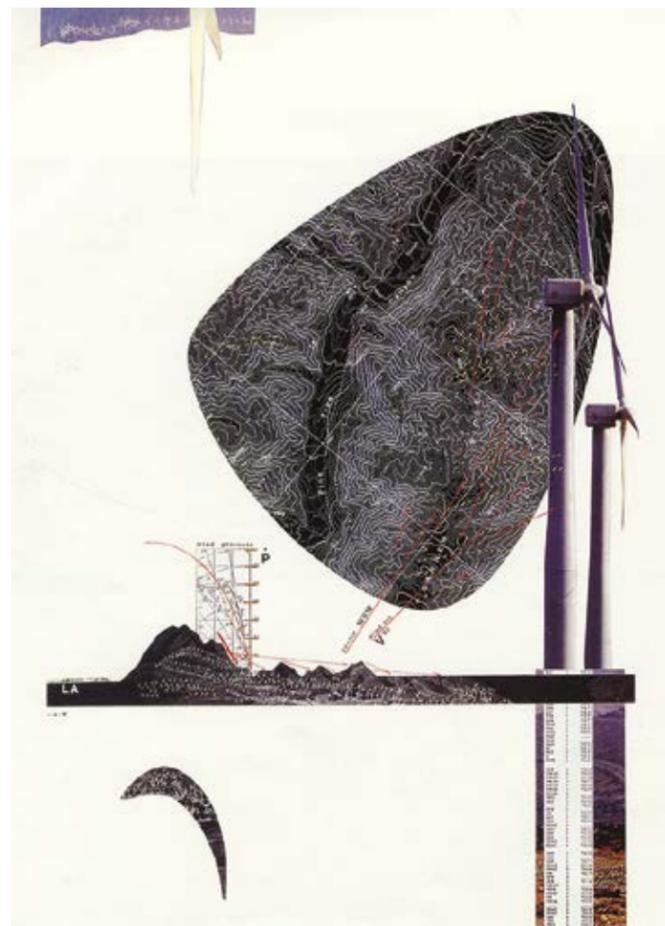


Fig.1.02. Diagrama generativo, James Corner.
Fuente: James Corner. AA Files 27, Verano 1994, 52.

Como esquema general se planteó un método inductivo donde estudiaríamos de manera local los hundimientos diferenciales para entender después el fenómeno de subsidencia y subir a escala regional y analizar los problemas de manejo de agua y planeación urbana en la Cuenca de México.

La metodología de investigación aplicada fue, durante el primer semestre, de carácter documental y de experimentación para destinar el segundo semestre a la metodología de diseño y finalmente proponer un objeto de arquitectura del paisaje como respuesta a la investigación.

El primer acercamiento al tema del seminario de titulación *Ciudad, Agua y Subsidencia* se dio mediante una serie de ejercicios de exploración artística llamada "Diálogos". Bajo el lenguaje de un artista plástico determinado, produciríamos una pieza que materializaría la información de un artículo de investigación referente a las subsidencias en la Cuenca de México. Estos ejercicios tuvieron por objetivo adentrarnos en el tema para concluir con el diseño y la instalación de una pieza que midiese los hundimientos en tiempo real en un sitio determinado dentro de la CDMX, el Conjunto Urbano Nonoalco- Tlatelolco.

Derivado de los textos sobre subsidencia, se eligió el caso a trabajar para desarrollar el proyecto. Una vez definido el caso a tratar, el problema, la hipótesis y los objetivos, regresamos a la investigación documental y de campo para definir un polígono regional de estudio y generar un diagnóstico y un pronóstico del él. Durante esta etapa recolectamos las capas de información necesarias y por medio de emplear el método de mapeo y ejercicios de deriva en el Cerro de la Estrella definimos el área a trabajar.

Una vez definido el problema y polígono de estudio, aplicamos la técnica de *mapping* de James Corner para hacer un diagrama generativo y acercarnos a un plan maestro. Los diagramas generativos son nuevos conjuntos de posibilidades sobre un paisaje que logramos representar gráficamente gracias a tres acciones: la creación o delimitación de un plano (territorio) y sus sistemas, la *des-territorialización* de sus partes (elementos e información), y la *re-territorialización* de sus partes al asignar nuevas relaciones y materializarlas gráficamente³.

Gracias al diagrama generativo, obtuvimos el polígono de actuación y los predios o áreas con potencial de intervención arquitectónica. Antes de dar paso al proceso de diseño arquitectónico, concluimos el diseño de las estrategias hídricas y urbanas del plan maestro. Para esto, realizamos una investigación de análogos para evaluar las estrategias que habíamos propuesto de acuerdo con sistemas de aplicación de estrategias hídricas desarrolladas por instituciones no gubernamentales y gubernamentales enfocadas al diseño sensible al agua⁴. Al mismo tiempo, dicha investigación de estrategias hídricas nos acercó a proyectos de arquitectura de paisaje para usar como análogos a nuestros proyectos.

Marco teórico

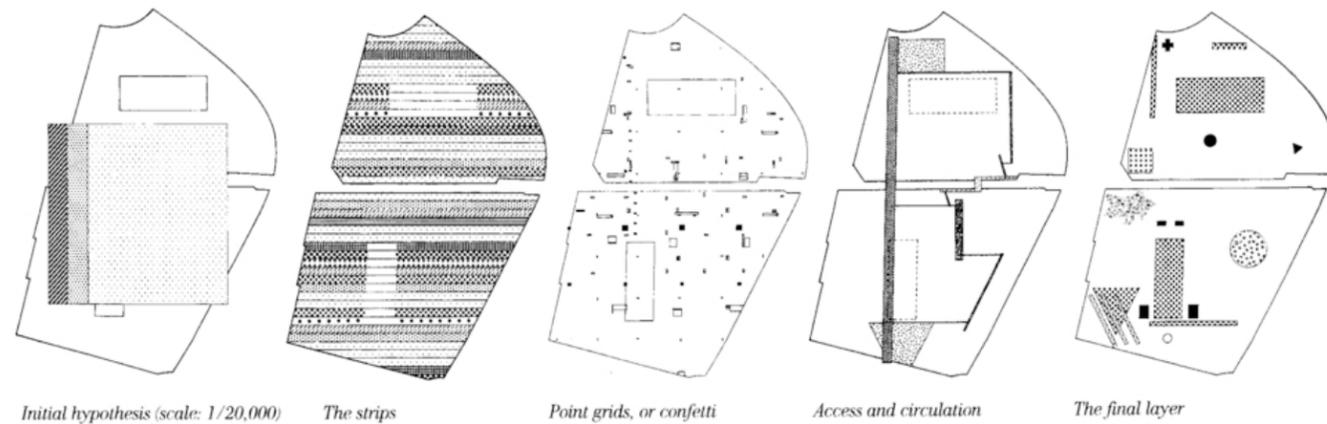


Fig. 1.03. Capas programáticas de la propuesta de OMA para el Parque de la Villette, OMA, 1982.

Fuente: oma.eu

Landscape Urbanism

La bibliografía en que se sustenta el Taller Hídrico Urbano propone al paisaje como urbanismo e infraestructura, *landscape urbanism*¹, como estrategia de diseño que puede dar respuesta a los actuales retos de diseño urbano. De esta corriente de diseño, los textos y trabajos de James Corner y Charles Waldheim son el principio teórico que define la metodología de diseño del THU.

El paisaje es ahora visto no solo como el lienzo que alberga y organiza objetos y espacio, sino también que alberga procesos dinámicos y eventos; es la superficie activa que estructura las condiciones para que nuevas relaciones e interacciones entre diferentes agentes puedan llevarse a cabo.

De acuerdo con esta línea de pensamiento de diseño, el paisaje urbano_ la superficie urbana_ tiene el potencial de ser programado. De diseñar, junto con ella, para lograr una nueva disposición de posibilidades que permitan incrementar su capacidad para albergar actividades diversas que permitan un desarrollo positivo de las ciudades y sus habitantes.

La urbanización actualmente ha desarrollado nuevos modelos urbanos de áreas ambiguas y periferias donde viven cada vez más personas y que contrastan con los antiguos centros urbanos, limitados a convertirse en entretenimiento y sitios turísticos. Además, el crecimiento de las ciudades significa el aumento de movilidad y accesibilidad, no solo física, sino también de densidades, economías, información y datos.

El paisaje urbano es dinámico y reactivo, revela eventos con el tiempo. Frente a estos retos, propios de las urbes, diversas corrientes arquitectónicas han reflexionado y presentado propuestas; la propuesta para el concurso del Parque de la Villette que presentó OMA, (Rem Koolhaas), es un ícono en esta corriente de diseño de arquitectura de paisaje: define al paisaje

(urbano) como un instrumento social donde la calidad del proyecto está dada por la yuxtaposición de usos y la apertura a programas alternativos que se darán con el tiempo.

El diseño es entonces una estrategia que anticipa el incierto desarrollo a futuro de un proyecto (sin importar la escala de este). La función del diseño no es solo hacer ciudades más atractivas, sino también más adaptables, más fluidas, más capaces de cambiar con las futuras demandas. Es decir, y sin haberlo definido desde la corriente de la arquitectura de paisaje, ciudades capaces de ser resilientes.

Las estrategias para programar el paisaje urbano deben funcionar como agentes sociales y ecológicos². Tales estrategias son las usadas en el THU como marco teórico y metodología de diseño. *Thinkening*, espesar o multiplicar el rango de usos; *folding*, doblar espacios exteriores e interiores formando una superficie continua; *new materials*, usar nuevos materiales para dar diversidad a la experiencia urbana; *nonprogrammed use*, espacios indeterminados que permita la apropiación del usuarios; *impermanence*, espacios capaces de absorber las futuras demandas; *movement*, la infraestructura es tan importante como la arquitectura.

¹ El término **arquitectura de paisaje** se utilizará para referirnos a la corriente de *landscape urbanism*.

² Wall, Alex, "Programming the urban surface"; Cap. 15 de "Recovery Landscape. Essays in Contemporary Landscape Architecture", editado por James Corner, 1999.



Fig. 1.04. Plano Reconstructivo de la Región de Tenochtitlán al comienzo de la Conquista.

Fuente: Arq. Luis Gonzales Aparicio, 1968.

Cuenca de México

Sobre la urbanización de la Cuenca de México y el deterioro de los sistemas lacustres vs. las obras de infraestructura hidráulica existe una extensa bibliografía. La consultada para realizar este trabajo es “El Gran Reto del Agua en la Ciudad de México. Pasado, presente y perspectivas de solución para una de las ciudades más complejas de mundo” editado por SACMEX, donde además de hacer un recorrido histórico por la ciudad con perspectiva de agua, presenta datos actuales de los sistemas de abastecimiento, drenaje y tratamiento de agua, así como su título lo indica, los retos actuales y vulnerabilidades relacionadas con el agua en la ZMVM.

Los tomos de la “Memoria del desagüe del Valle de México” contienen la memoria histórica, técnica y administrativa, como su título lo indica, de las obras que han configurado el sistema hidráulico y el paisaje hídrico del Valle de México por medio de un recorrido histórico y una compilación de mapas y planos desde el año 1449 hasta el 1900. De estos mapas es relevante destacar el mapa de Upsala (ver FIG. XX), gracias al cual se localizaron con mayor claridad las obras hidráulicas de México Tenochtitlán a la llegada de los españoles. Conforme avanza la investigación y los limitamos al estudio del Cerro de la Estrella, consultamos mapas posteriores y litografías del paisaje a través del paso del tiempo.

Para conocer a fondo la metrópolis asentada en la Cuenca antes del 1521, la bibliografía básica a consultar es el “Plano Reconstructivo de la Región de Tenochtitlán” de González Aparicio. No solo por la representación gráfica y el plano trazado sobre la cuenca real donde ubica los antiguos poblados, obras de infraestructura y límites de los lagos, sino que explica la función de cada uno de estos elementos dentro de la metrópoli.

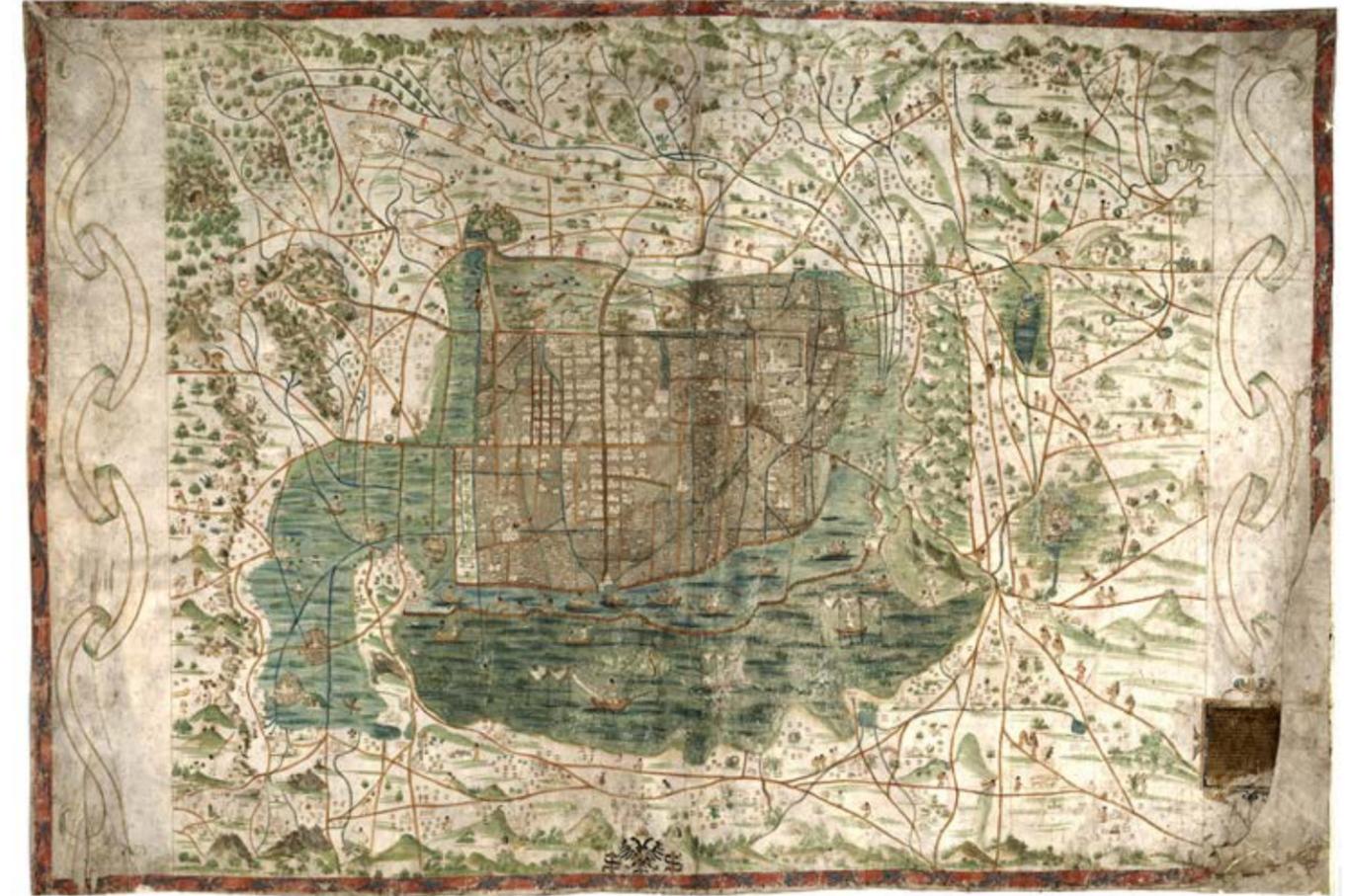


Fig. 1.05. Mapa de Upsala o Mapa de Alonso de Santa Cruz. El plano representa lo que fue México- Tenochtitlán al rededor del 1550.

Fuente: Biblioteca de la Universidad de Uppsala, disponible en sitio web de *Biblioteca Digital Mundial*; <https://www.wdl.org/es/item/503/>

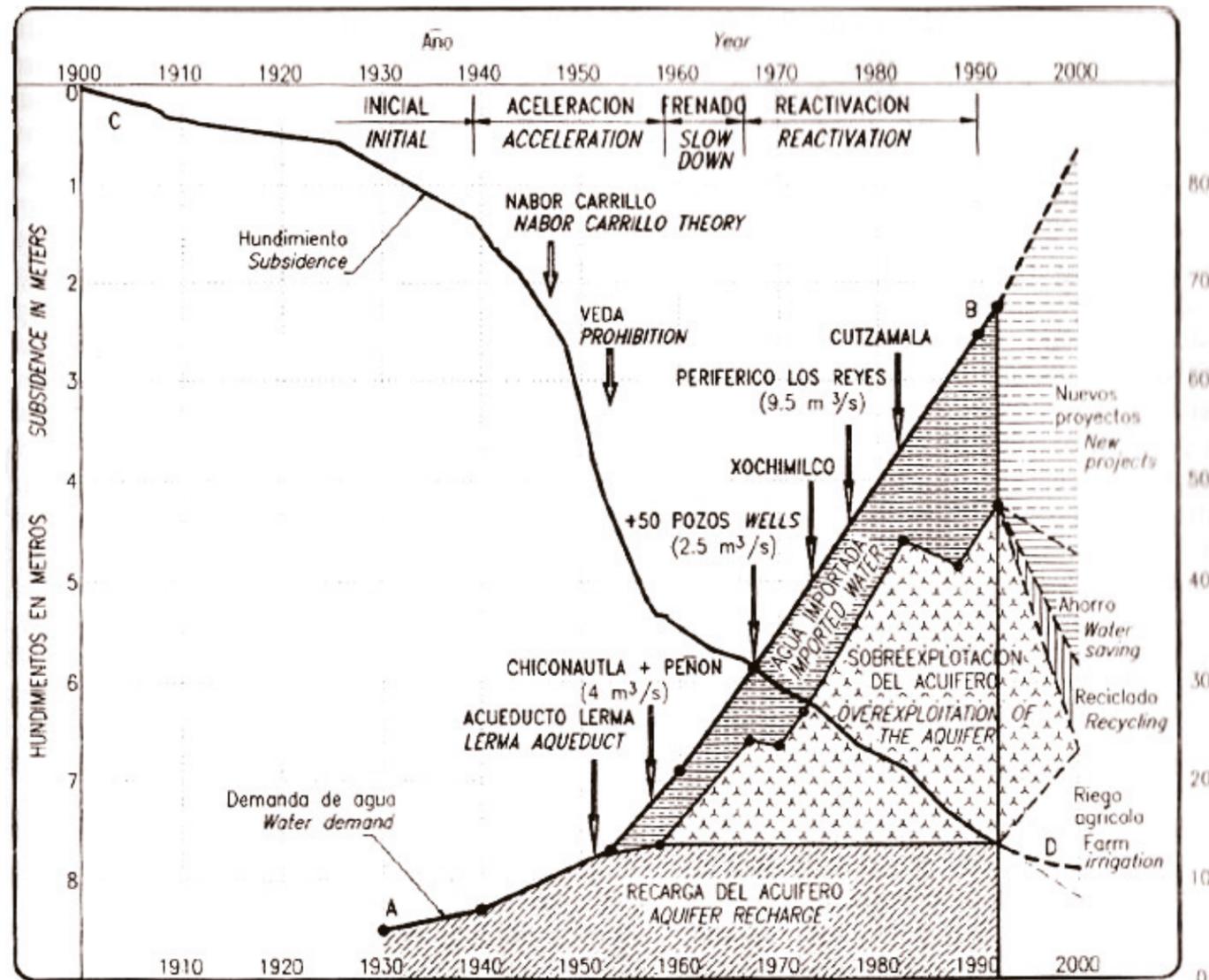


Fig. 1.06. Relación entre el hundimiento regional en el Centro Histórico y la extracción de agua del subsuelo del Valle de México. La gráfica muestra la explicación del Ing. Nabor Carrillo al relacionar los hundimientos (m) con la extracción de agua por medio de pozos (m³/s) para clasificar históricamente los periodos de hundimientos por extracción de agua del acuífero hasta el año 1990.

Fuente: E. Tamez, Undécima Conferencia Nabor Carrillo: *Hundimientos diferenciales de edificios coloniales en el Centro Histórico de la CDMX.*, México, 1992, pp. 57

Hundimientos Diferenciales

Los hundimientos diferenciales han sido estudiados, metódicamente y en relación a la extracción de agua del subsuelo, desde el año 1947 que el Ing. Nabor Carrillo demostró la relación entre el asentamiento del suelo y las perforaciones de pozos para extraer agua, (ver la Fig. 1.06).

La bibliografía que estructura los ejercicios de Diálogos resulta el marco teórico para el estudio de los hundimientos diferenciales. La lista bibliográfica para Diálogos se encuentra al final del capítulo 02. Diálogos del presente.

Cerro de la Estrella

Al delimitar el polígono de actuación, en el documento de Vera, M. y López, J., "Evaluación de amenazas por inundaciones en el centro de México: el caso de Iztapalapa, Distrito Federal (1998-2005)", se convirtió en la principal fuente bibliográfica; este estudio analiza el problema de las inundaciones y demuestra que la zona norponiente del Cerro de la Estrella, la periferia del Peñón del Marqués y la comandancia sur de la Sierra Santa Catalina son las áreas dentro de la delegación con mayor riesgo de inundación. Sitios donde, además, coinciden altos índices de hundimiento, cambio drástico del tipo de suelo y encharcamientos. El documento, basado en una tesis, presenta mapas donde relaciona datos históricos con factores geográficos y fenómenos geológicos_ subsidencias_ para concluir con un mapa de riesgo de inundaciones.

Dicho estudio es citado en el "Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa", compilación de mapas de información geográfica y estadística de la delegación donde representa gráficamente los peligros geológicos e hidrometeorológicos a los que están expuestos los habitantes de la delegación. Este atlas es un documento de consulta y análisis para la determinación de medidas preventivas y de mitigación de acuerdo con el tipo de riesgos latentes en Iztapalapa.

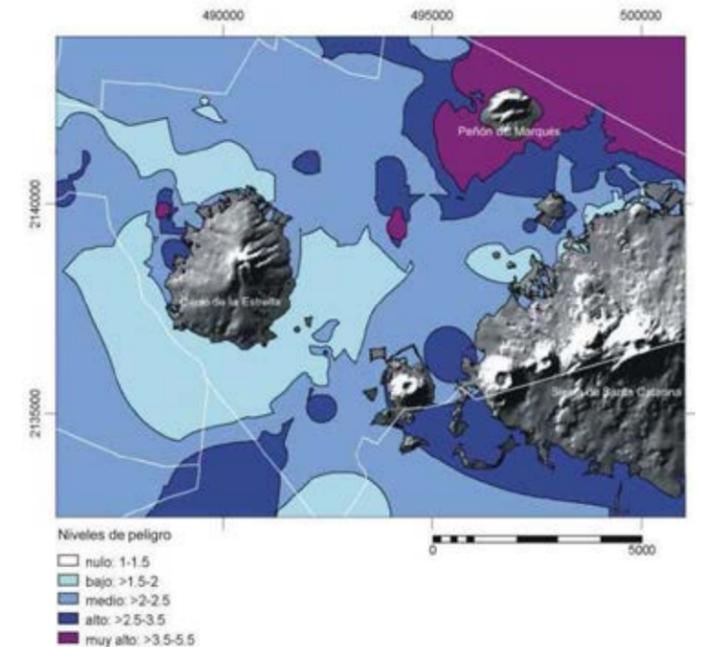
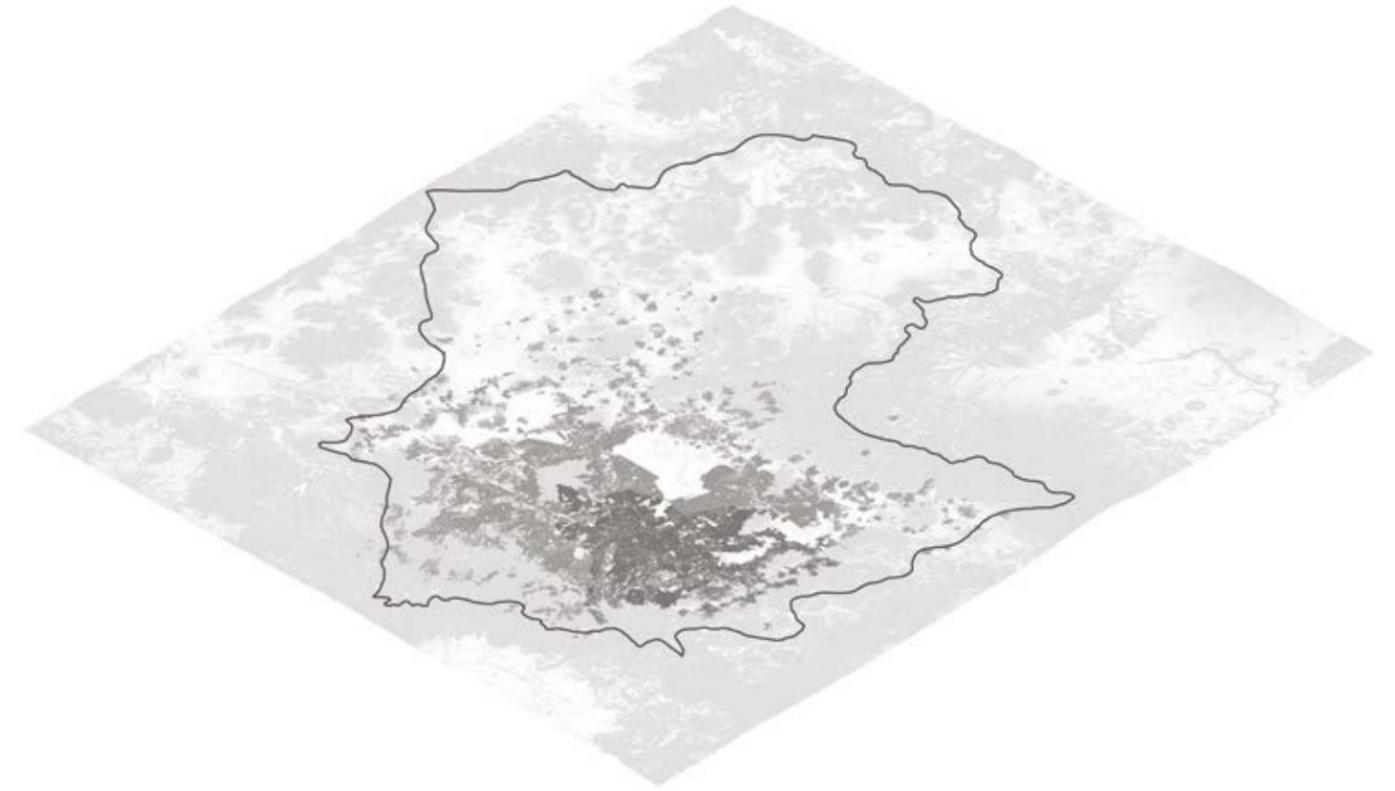


Fig. 1.07. Niveles de peligro de inundación en la Delegación Iztapalapa (1998-2005).

Fuente: Vera M, Evaluación de amenazas por inundaciones en el centro de México: el caso de Iztapalapa, 2007, pp. 106.



1

LA CUENCA DE MÉXICO

1.1 Antecedentes

La Cuenca de México es una región de cuatro valles localizada en la parte central del país, entre el Eje Neovolcánico Transmexicano, la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental. En la parte inferior de la cuenca se encuentra una llanura lacustre plana, antes cubierta por lagos someros y pantanosos, denominada Valle de México.

La cuenca tiene una extensión de 9,600 km², que corresponde a regiones de los estados de Tlaxcala, Puebla, Hidalgo, Estado de México y Ciudad de México. A una altura media de 2,390 msnm, en las planicies meridionales de la cuenca, se encuentra la Zona Metropolitana del Valle de México, una de las mayores áreas urbanas del mundo. Cubriendo una superficie de 7,854 km², la ZMVM es habitada por más de 21 millones de habitantes. (CONAGUA, 2013)

Por sus condiciones geográficas, la Cuenca de México se caracterizaba por ser una cuenca endorreica, que, al no tener salidas naturales al mar y recibir los escurrimientos pluviales de la orografía que la delimita albergaba hasta finales del siglo XVIII un sistema de cinco lagos que en época de lluvias cubrían hasta 2,000 km² de extensión; estos lagos son los lagos de Chalco y Xochimilco al sur de la cuenca, el lago de Texcoco en el centro, y los lagos de Zumpango y Xaltocan al norte.

Debido a las diferentes cotas y la evaporación, los lagos de Texcoco y de Zumpango eran salados, mientras el lago de Xochimilco y Chalco eran de agua dulce porque recibían una considerable afluencia de agua proveniente de manantiales y escurrimientos pluviales. A este sistema se le sumaban, además, lagunas someras que en época de esquiaje desaparecían como la de Apan, Tochac y Tecomulco (Consejo Nacional de Investigación 1995). En el año de año 1607 la cuenca de México fue perforada artificialmente para drenar el agua de los lagos hacia el río de Tula y con ello, evitar inundaciones en la creciente Ciudad de México.

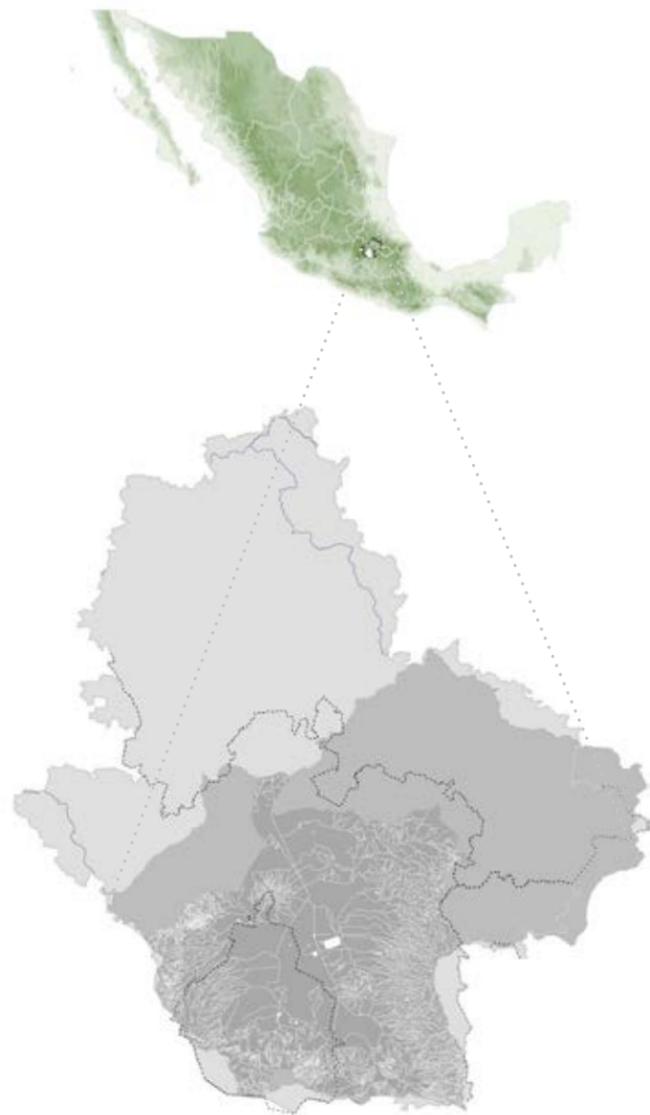


Fig. 1.08. Curvas isopométricas de México.

Fig. 1.09. Ubicación de la Cuenca de México, escurrimientos, organización territorial y organización administrativa de la cuenca.

Elaboración propia a partir de mapas de INEGI y CONABIO.

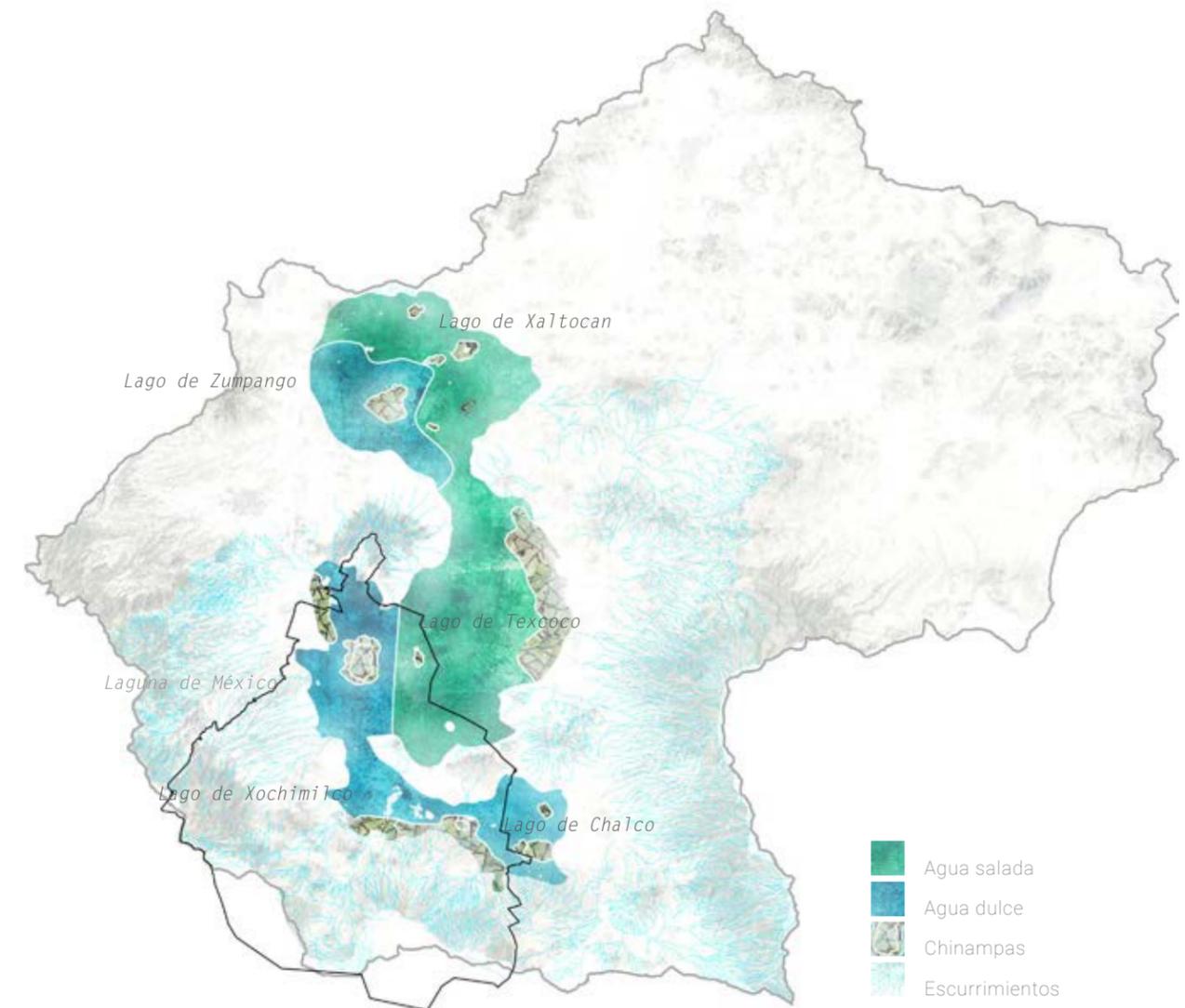


Fig. 1.10. Representación de los antiguos lagos en la Cuenca hacia 1529. El albarradón de Nezahualcóyotl destaca entre la infraestructura al separar y controlar los flujos de agua dulce y agua salada en el Lago de Texcoco para permitir que la Isla de México estuviera rodeada de agua dulce, dando origen a lo que se llamó Laguna de México.

Elaboración propia a partir de mapas de INEGI, CONABIO y del texto y mapa del "Plano Reconstructivo de la región de Tenochtitlán" de Luis González Aparicio.



1



2



3



4



5

Hasta antes de la conquista hispana, la urbanización en la Cuenca de México estuvo basada en una economía lacustre. Los poblados estaban situados en cotas que fluctúan dentro de los límites de las curvas de nivel 2,240 y 2,250 m.s.n.m.

Las obras hidráulicas realizadas por los pueblos prehispánicos modificaron el paisaje de la Cuenca, formado por albarradones, calzadas, presas y chinampas que permitieron el aprovechamiento del agua para actividades piscícolas, agrarias y de comunicación (Gonzalez Aparicio 1980).

A finales del siglo XVI, ante las continuas inundaciones en la Ciudad de México, el modelo de desarrollo urbano planteado por la administración de la Nueva España abandona los sistemas constructivos lacustres y la infraestructura hidráulica existente para dar paso a un proceso paulatino y “definitivo” de desecación de los lagos que, hasta el día de hoy, prevalece.

En un periodo de 500 años el panorama de la Cuenca de México pasó de paisajes chinamperos, a una ciudad centralizada con un crecimiento constante a costa de los recursos naturales, incluyendo en gran medida los hídricos. El escenario actual de la ZMVM es una ciudad con vulnerabilidades y riesgos hídricos que parece ignorar su pasado lacustre.

A pesar de los esfuerzos por hacer un buen manejo de agua en la ZMVM, existen problemas continuos relacionados con el manejo del agua en la ciudad:

1. escasez y mala calidad de agua potable
2. sobreexplotación de los acuíferos
3. hundimientos diferenciales y fracturas del suelo causadas por la extracción de agua del acuífero
4. inundaciones en épocas de lluvias
5. pérdida de suelo de filtración por el crecimiento de la mancha urbana.

Fig. 1.11. Conflictos hídricos en la Cuenca de México.

Fuente: 1 y 2. La Crónica, 2014; 3. @webcamsdemexico, 2017; 4. Miguel Dimayuga, 2017; 5. Santiago Arau, 2018.

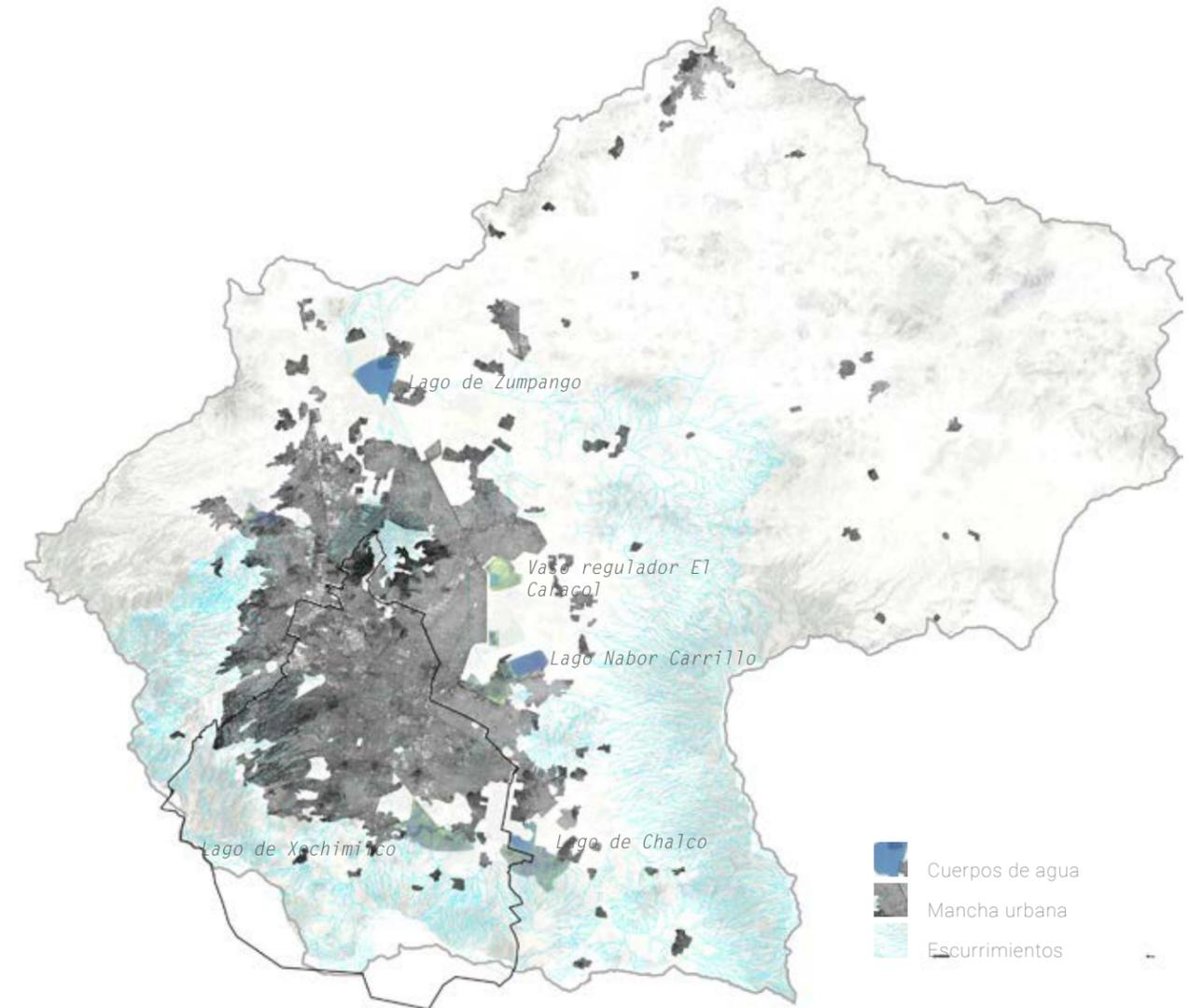


Fig. 1.12 Visión actual de la Cuenca de México.

Elaboración propia a partir de mapas de INEGI 2010, CONABIO y Google Maps.

1.2 Manejo de agua en la ZMVM

Para entender la relevancia que el diseño urbano y los proyectos de arquitectura de paisaje pueden tener al incidir en el manejo del agua en la ciudad proponiendo alternativas, es necesario conocer dichos sistemas. A continuación explicamos brevemente cada uno de los sistemas de manejo de agua en la ZMVM.

En México la Conagua, (Comisión Nacional del Agua), es el órgano administrativo, normativo, técnico y consultivo que se encarga de gestionar el agua a través de 13 organismos de cuencas que representan a cada una de las regiones hidrológico-administrativas.

La región hidrológico-administrativa XIII, llamada Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, es la encargada de gestionar el agua de la ZMVM. Conformada por municipios de cuatro entidades federativas, se divide en dos subregiones: El Valle de México y Tula. Además, se subdivide en 13 subcuencas y en un tercer orden, en microcuencas.

En la ZMVM, los sistemas de infraestructura hídrica son dos, el sistema de abastecimiento y el sistema de drenaje y saneamiento

El abastecimiento se logra por medio de extracción de agua del acuífero y de una creciente importación de agua de la cuenca de Lerma.

El sistema de drenaje es un sistema combinado de aguas residuales y pluviales que son colectadas y exportadas a la cuenca de Tula por medio de cuatro túneles; dentro de este sistema se encuentran también las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), cuya agua efluente es aprovechada, principalmente, por la agricultura.

Como mencionábamos anteriormente, los esfuerzos realizados por los organismos administrativos de la cuenca de México para garantizar la dotación de este líquido y prevenir o impedir riesgos hídricos, son bastos. Sin embargo, insuficientes y periódicamente obsoletos frente a las vulnerabilidades hídricas en la ZMVM.

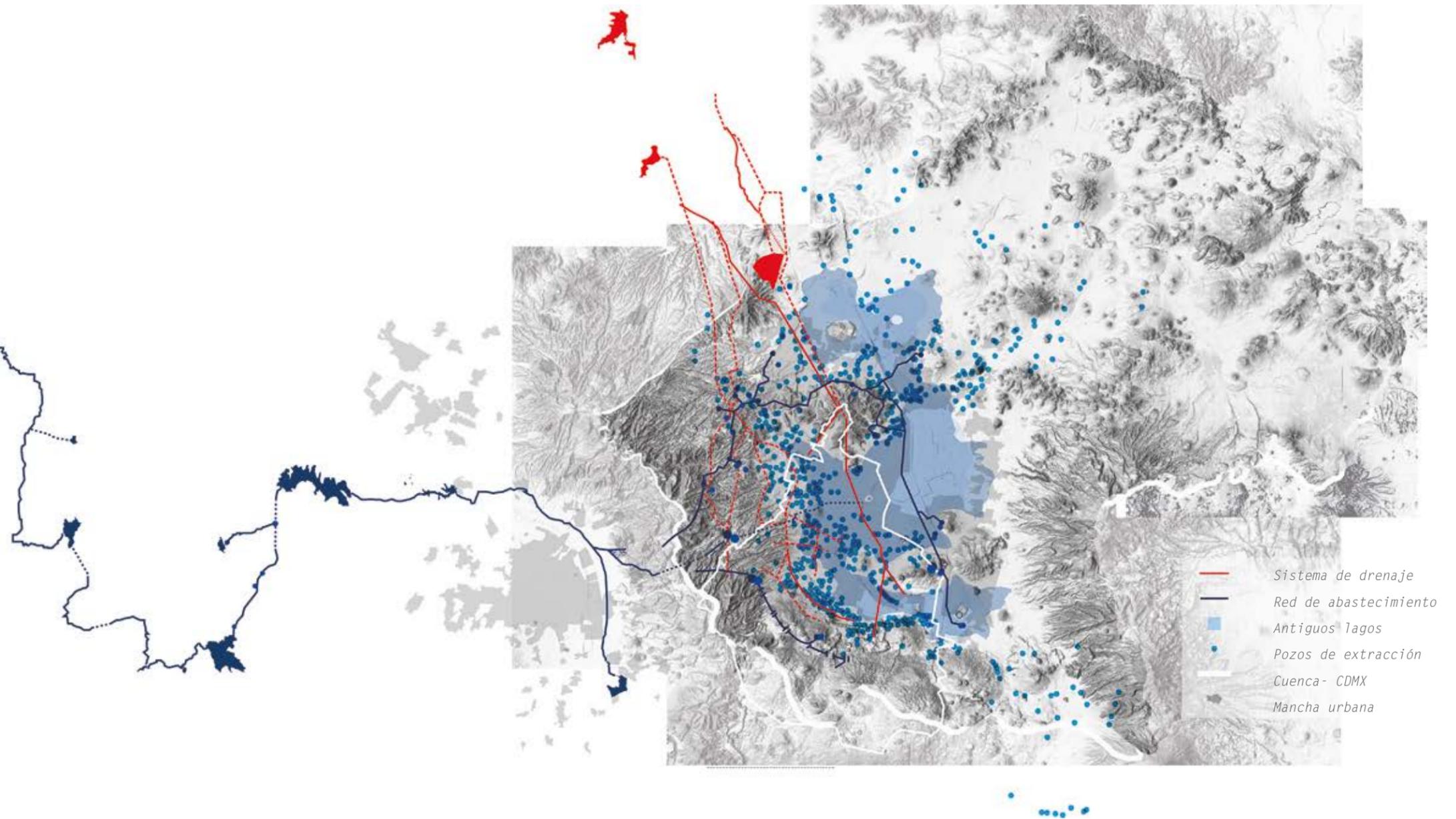


Fig. 1.13. Mapa de la Cuenca de México, sistemas de abastecimiento de agua potable y drenaje. Fuente: Elaboración propia a partir de mapas de INEGI, CONABIO y Taller Capital.

1.3 Balance hídrico

Tener un conocimiento histórico de la situación hidrológica e hidráulica de la Cuenca de México al paso del tiempo nos permite entender, de manera general, el funcionamiento de la infraestructura hídrica en la urbe e identificar los riesgos y vulnerabilidades hídricas a los que nos enfrentamos.

Asimismo, es fundamental comprender sistemáticamente el ciclo hídrico "natural" y "artificial" (actual) de la cuenca de México; para lo cual, presentamos un balance hídrico del ciclo natural del agua en la cuenca de México antes de su urbanización y el contraste con el balance hídrico actual.

El balance hídrico es una herramienta que nos permite obtener una imagen cuantitativa y representativa de la situación hídrica en un tiempo específico y conocer la disponibilidad del agua al contabilizar los aportes, consumos, reingresos y salidas de agua a una cuenca.

Los datos utilizados para los balances hídricos fueron tomados del documento del INEGI, publicado en 2013: "Valoración de las componentes del balance hídrico usando información estadística y geográfica: la cuenca del Valle de México".

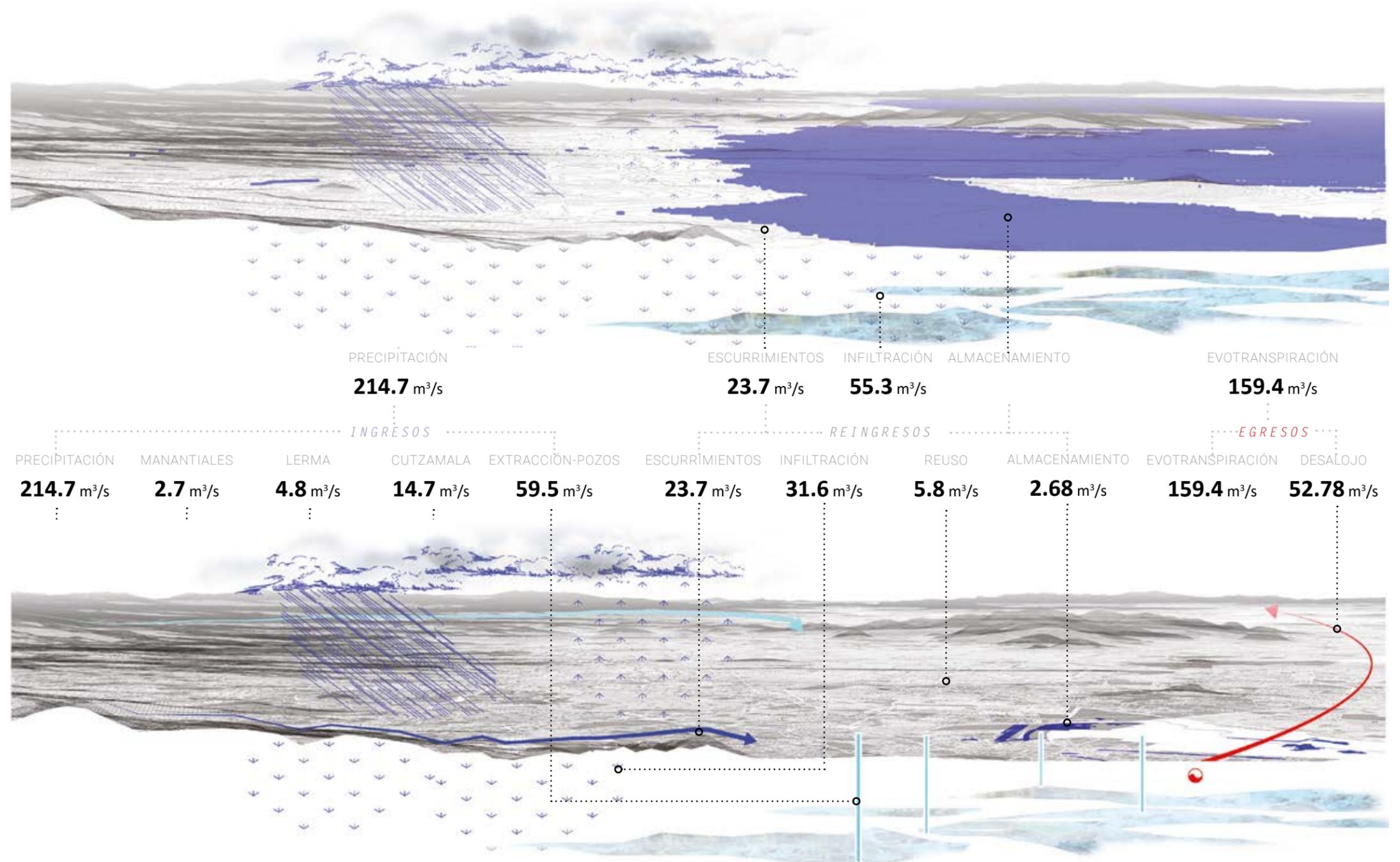


Fig. 1.14. Balance hídrico representando la cuenca de México sin intervenciones humanas. Se aprecia el aporte de agua que nutría los lagos, que solo perdían agua por la evotranspiración.

Fig. 1.15. Balance hídrico actual. Los diferentes agentes están categorizados en ingresos, reingresos y egresos. Por el volumen de agua indicado, se aprecia la sobreexplotación de los acuíferos al extraer cerca del 200% de su infiltración.

Elaboración propia basada en mapas de INEGI y CONABIO e información de INEGI, 2013.

1.4 Hundimientos diferenciales

La subsidencia, o hundimiento del subsuelo, es un fenómeno geológico de deformación de la superficie del terreno. Este fenómeno se presenta en la Cuenca de México. Las deformaciones del terreno se entienden al saber que la ciudad está asentada sobre el lecho de lo que fue un sistema de lagos. Sin embargo, la subsidencia en la ciudad se debe a la extracción de agua subterránea de los acuíferos.

Las grietas y socavones que aparecen en la ciudad, la pérdida de pendiente del sistema de drenaje profundo y el desplome o “emersión aparente” de edificaciones en la ciudad, son consecuencias visibles de la subsidencia.

Si bien el fenómeno se presenta y es conocido en varias ciudades alrededor del mundo, detonado en gran parte de los casos por la extracción de agua de acuíferos subterráneos, las condiciones geológicas y estratigráficas de la CM son únicas y por lo tanto, es esencial entenderlas para indagar sobre los modelos de desarrollo que la ZMVM necesita.

Durante la segunda mitad del s. XIX, se empezaron a monitorear los hundimientos diferenciales; lo que dio pie a que en 1947 Nabor Carrillo demostrara con un modelo analítico la clara relación entre hundimientos y extracción de agua por medio de pozos.¹

Las complejas condiciones estratigráficas y geológicas de la Cuenca

de México son estudiadas y consideradas en la construcción de la ciudad. El RCDF es prueba del entendimiento que tenemos sobre el suelo y de las implicaciones que tiene en el diseño de edificios, la normativa sobre el estado límite de servicio, el estado límite de falla, y la zonificación del suelo de la CDMX son algunos ejemplos de esto. Sin embargo, no hay una visión integral del fenómeno de la subsidencia dentro del manejo de agua y diseño urbano. Por lo que en este apartado explicaremos el fenómeno, como la ciudad es testigo de él y como la arquitectura puede incidir positivamente en este sistema urbano.

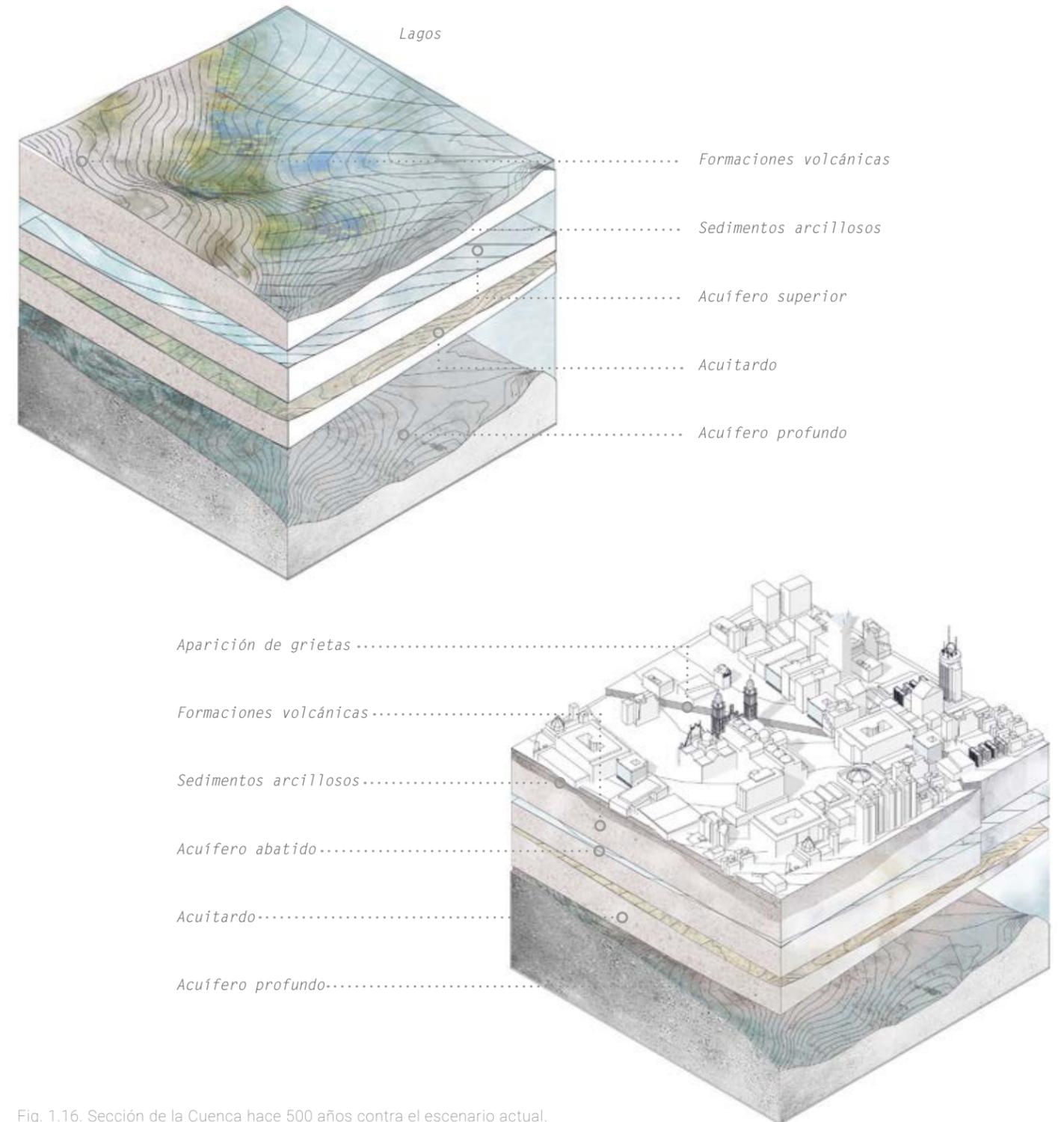


Fig. 1.16. Sección de la Cuenca hace 500 años contra el escenario actual. Elaboración propia con base a los resultados de la excavación del pozo San Lorenzo Tezonco.

¹ Gutiérrez E., Carlos, Estratigrafía y muestreo inalterado de los suelos lacustres del Valle de México, en “El subsuelo en la Cuenca del Valle de México y su relación con la ingeniería en cimentaciones a cinco años del sismo”, pp. 41

Definición

Un hundimiento es el desplazamiento descendiente en los estratos del suelo. Físicamente este fenómeno se debe al descenso gradual pero continuo del nivel de agua en el subsuelo, provocado por las sequías, el abuso en la extracción de los mantos acuíferos y la nula recuperación de estos. Este desequilibrio entre la extracción y recuperación de agua desencadena un proceso de consolidación de los estratos de suelo blandos, haciendo irreversibles los hundimientos.

Cuando el hundimiento progresivo de la superficie del suelo se da de forma uniforme afectando a una zona geográfica, se considera hundimiento regional. En cambio, si el hundimiento se presenta irregularmente, diferentes desplazamientos y diferentes velocidades, se considera diferencial. En el caso de la Cuenca de México, ambos están presentes, hundimientos regionales y hundimientos diferenciales.

Los estratos superiores del suelo del Valle de México se formaron por la acumulación de sedimento arcilloso, resultado del pasado hídrico del territorio. Al secarse estos lagos y extraer agua de los mantos acuíferos han provocado la pérdida de altura piezométrica² de los acuíferos y la recesión de los sedimentos arcillosos del suelo, que tienen la característica de ser altamente compresibles y de baja resistencia.

El abatimiento de presión en los acuíferos subterráneos, causado por la extracción de agua, produce no solo hundimientos del terreno, sino también la pérdida de carga hidráulica en las arcillas, disminuyendo su capacidad de permeabilidad y, por ende, obstaculizando la infiltración de agua al acuífero.

² La altura piezométrica, o carga hidráulica, es una medida específica de la presión del líquido. En un acuífero, se puede calcular a partir de la profundidad de agua en un pozo piezométrico. Cabezal Hidráulico. Wikipedia, 2016.

Hundimientos en la Cuenca de México

En el año 1886 el abastecimiento de agua a la ciudad, obtenida de manantiales, era insuficiente para la demanda de agua en la ciudad, por lo cual fueron perforados 1000 pozos para extraer agua del subsuelo. (Lesser J., y Cortés, M., 1996).

La velocidad de hundimiento acumulado en la ciudad va de 9 a 13 metros. Las mayores velocidades de hundimiento que se han presentado han sido de 45 cm/año en zonas del Centro Histórico (de 1950 a 1955), y actualmente en el territorio de lo que era el lago de Texcoco, específicamente, en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

De acuerdo a la tesis Modelado del Hundimiento en la Zona Lacustre del Valle de México, donde comparan las cotas del fondo de los lagos de la CM en 1862³ y las elevaciones de los bancos de nivel medidas en 2005, los hundimientos acumulados en el Valle de México son de 13 metros en el AICM, de 11 metros en el centro de la ciudad, y de 9 a 10 metros al sur del cerro de la Estrella, al poniente del cerro Xico, al norte del cerro del Marqués y en el área comprendida entre el cerro del Peñón y el lago Nabor Carrillo, (Laboratorio de Geoinformática, 2008). Ver FIG. XX.

³ Tomados de los tirantes de agua indicados en la memoria descriptiva de la Carta Hidrográfica del Valle de México de Díaz Covarrubias, 1862.

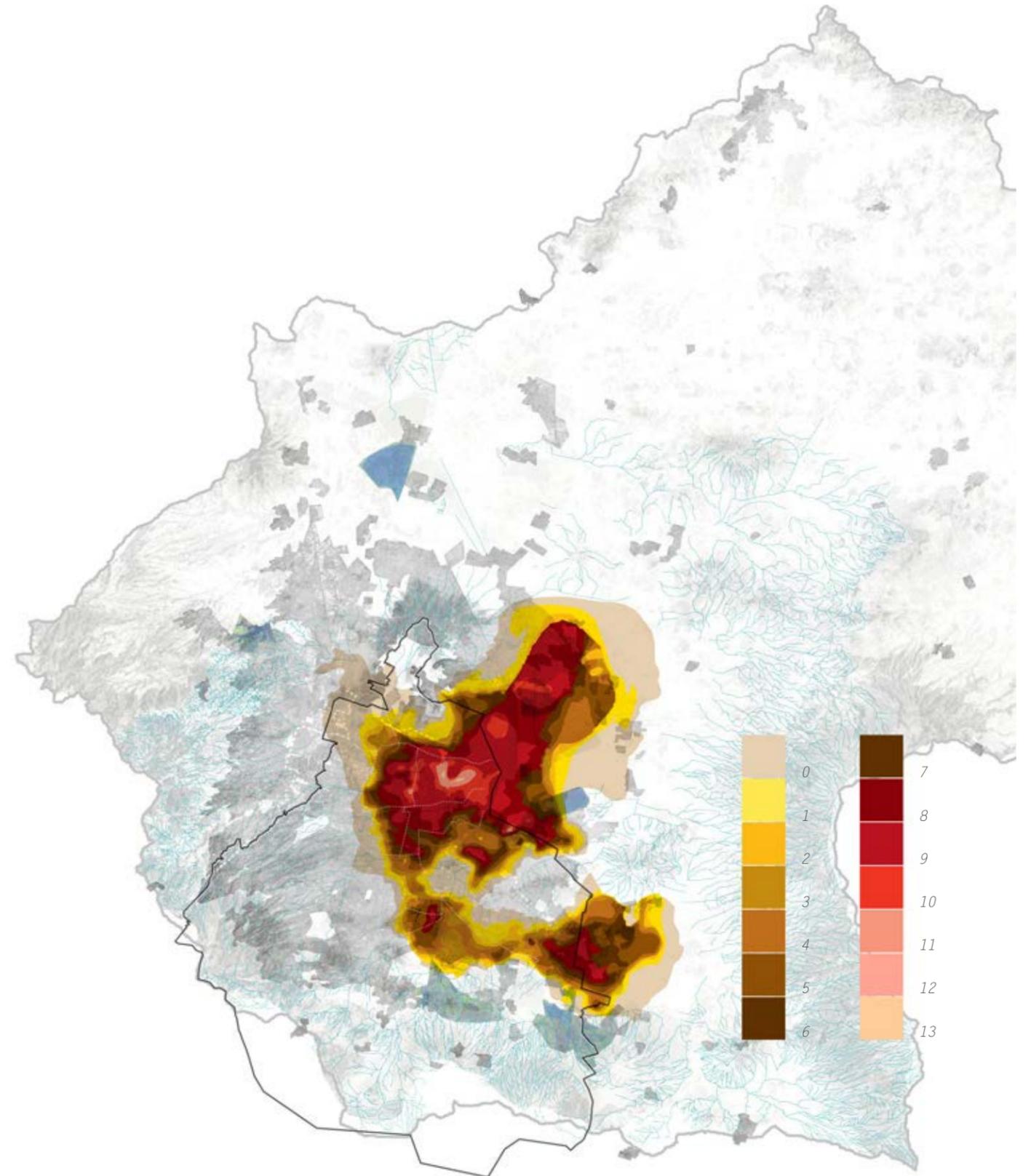


Fig. 1.17. Hundimientos acumulados en metros de 1862 a 2011.

Fuente: Sistema de Aguas de la Ciudad de México

Testigos de los hundimientos

Hay registros de afectaciones por hundimiento en el Valle de México desde la Conquista, cuando en 1573 se construía el desplante para la construcción de la Catedral Metropolitana, el pedraplén se deformaba por la composición del suelo y fue necesario incrementar el material y las dimensiones⁴. Los esfuerzos por estabilizar la estructura, monitorear los hundimientos y mitigar sus afectaciones en la Catedral Metropolitana siguen vigentes.

Quizá una de las herramientas más antiguas para esta medición es la TICA (Tangente Inferior del Calendario Azteca) adosada a la torre poniente de la Catedral Metropolitana, que, hasta antes del siglo XX, era medida de referencia del hundimiento de la ciudad. A pesar de saber que esta referencia ha sufrido también deformaciones de latitud, históricamente es el recuerdo del movimiento del suelo.

Dos testigos representativos de la subsidencia de la ciudad son el Palacio Nacional y el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. El Palacio Nacional, erguido sobre lo que fueron las Casas Nuevas de Moctezuma, ha sufrido de diferentes adaptaciones desde sus orígenes, 1523. Del 1972 al 1976 el Palacio Nacional sufrió una importante reestructuración debido a los hundimientos que causaban ya pendientes mayores al 5%, implicando desplomes de muros y columnas, siendo necesaria una re-cimentación para descansar en la capa dura del terreno.

Por otra parte, la zona del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México tiene un sistema de monitoreo del hundimiento desde el año 1983. Del periodo que va de 1983 al 2007 se registraron índices de hundimientos de 9.5cm/año, hasta 33.43cm/año; sumando durante este periodo hundimientos netos de dos hasta ocho metros en sus diferentes bancos de nivel⁵.

En la introducción a la sección se menciona el fenómeno de “emersión aparente” como una de las huellas de la subsidencia

en la ciudad. El edificio Guardiola en el Centro Histórico de la CDMX es uno de los ejemplos emblemáticos de este fenómeno. La plataforma en que aparentemente se desplanta el edificio Guardiola era originalmente su cimentación. Al estar apuntalado en el estrato duro del subsuelo, al rededor de 26 metros de profundidad, la cimentación se descubre paulatinamente conforme el terreno se hunde; generando nuevas plataformas y niveles en la calle donde originalmente se encontraba una plaza de acceso a nivel de calle.

El efecto de los hundimientos diferenciales en la ciudad tienen diferentes efectos en la imagen urbana, la Fig. 1.18 representa gráficamente los diferentes resultados de los asentamientos en una gráfica comparativa de espacios emblemáticos de la CDMX través del tiempo⁶; estas edificaciones corresponden a un eje sobre la calle de Madero en el Centro Histórico, que va de la Catedral Metropolitana a la Alameda Central.

Además de las afectaciones a edificios, se presentan fenómenos de agrietamiento del suelo, aparición de nuevas zonas de inundaciones y daños en los sistemas de abastecimiento de agua y drenaje. Las fracturas del suelo aparecen, principalmente, en zonas de transición abrupta de suelo lacustre a volcánico; las zonas con mayor problema de grietas y socavones son las periferias del Cerro del Marqués, del Cerro del Peñón, al sur de la Sierra de Santa Catalina y, en menor medida, en la periferia del Cerro de la Estrella.

La zona oriente de la ZMVM sufre de inundaciones en épocas de lluvia, no solo por ser la cota más baja de la cuenca, sino que los asentamientos urbanos se encuentran en lo que solía ser el Lago de Texcoco. Los hundimientos también han agravado las inundaciones, al disminuir la cota del sitio y por la pérdida de pendiente del drenaje profundo.

4 Instituto de Ingeniería UNAM. Catedral Metropolitana, hundimiento y rescate. Ciudad de México: Instituto de Ingeniería, 2013. pp. 27-28.

5 Libertad Pino, Ysamar. Efectos Del Hundimiento Regional En El Subsuelo Del Aeropuerto Internacional De La Ciudad De México. Ciudad de México: Especialidad en Geotecnia, UNAM, 2007.

6 Datos del Laboratorio de Geoinformática del IPS, Pérez Centeno, Diego, Tesis: Modelado del Hundimiento en la Zona Lacustre del Valle de México, Junio de 2009, México D.F., pp. 18.

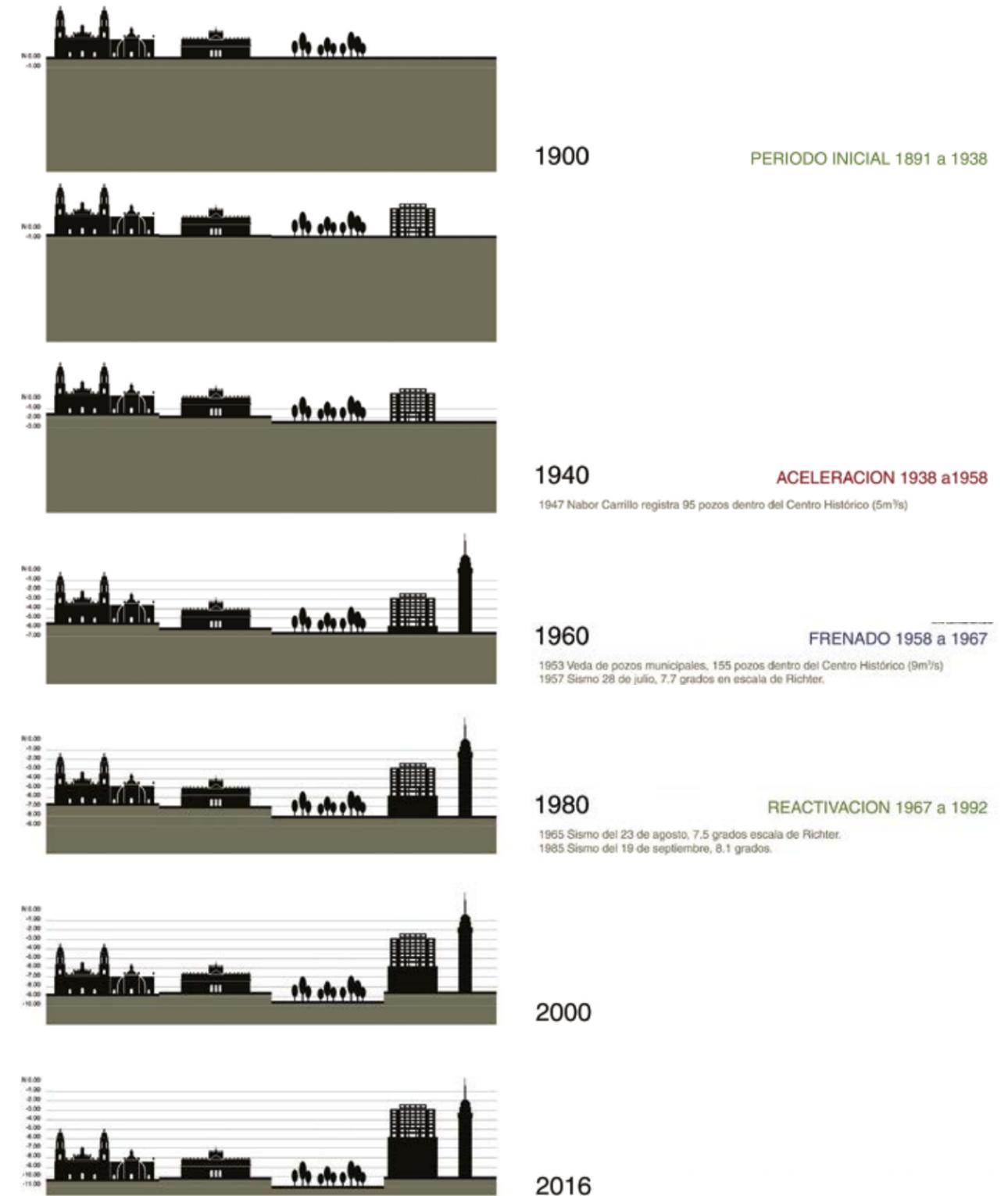
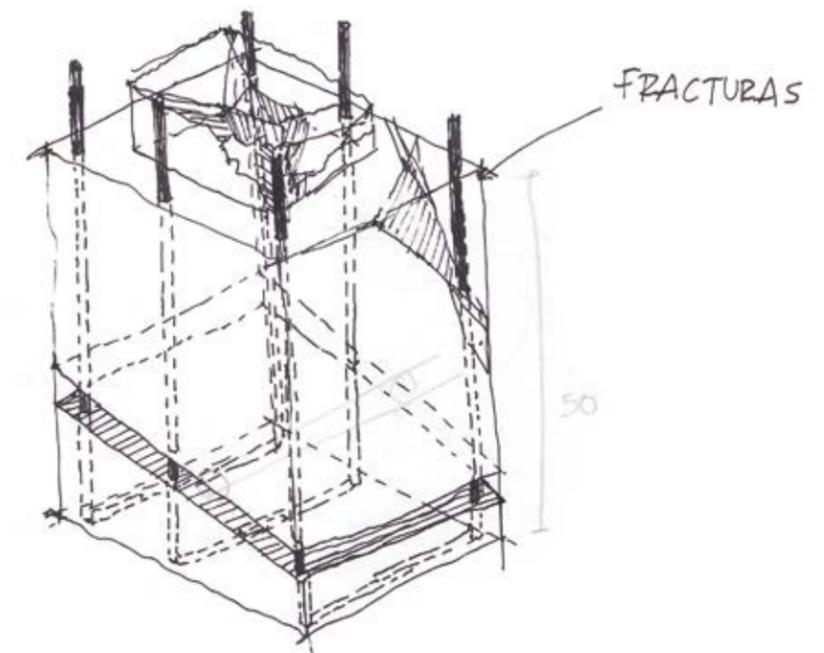


Fig. 1.18. Testigos del hundimiento.

Fuente: Elaboración propia para Diálogos I, de acuerdo a datos del Laboratorio de Geoinformática, IPN.



2

DIÁLOGOS

Introducción

Diálogos es una serie de ejercicios teóricos donde se materializa plásticamente información cuantitativa de la subsidencia. En la segunda etapa de *Diálogos* se realiza un ejercicio práctico de medición de los hundimientos en la ciudad, Tlatelolco como caso de estudio. Para el fin de este ejercicio, entendemos como medición poner en relación dos elementos.

Los objetivos generales del ejercicio son: entender las causas, implicaciones y consecuencias de los hundimientos diferenciales; localizar áreas de oportunidad para abordar la subsidencia desde la arquitectura; localizar posibles polígonos de estudio en la Cuenca; y desarrollar una metodología y estrategia de diseño capaz de comunicar información dura.

El objetivo particular de cada uno de los ejercicios de *Diálogos* es diseñar una pieza, un dispositivo, capaz de comunicar una particularidad de la subsidencia con un determinado lenguaje artístico.

La información a exponer en los dispositivos diseñados corresponde a alguna publicación científica, mientras que el acercamiento plástico al diseño del dispositivo corresponde a la dialéctica particular de alguno de los artistas elegidos.

El resultado de estos ejercicios fue una producción de 19 objetos diseñados por los diferentes equipos del THU. Quince de estos objetos son el resultado del encuentro entre uno de los 15 artículos de investigación seleccionados y uno de los 15 lenguajes de los artistas definidos.

Finalmente, se diseñaron cuatro dispositivos de medición de hundimientos instalados en Tlatelolco que estuvieron activos paralelo a una exposición en el CCUT.

En este capítulo se exponen tres ejercicios de *Diálogos* y uno de los dispositivos de medición. Para el dispositivo de medición en Tlatelolco se incluye un breve marco sobre la historia urbana de Tlatelolco y la aproximación con la pieza.

2.1 Más de un siglo de fracturas

Artista: Krzysztof Wodiczko

Texto tético: Soil Fracturing Induced by Land Subsidence in Mexico City



Fig. 2.01. *The Tijuana Projection*, Krzysztof Wodiczko, 2001.
Fuente: web.mit.edu/idg/cecut.html

Para el ejercicio de *Diálogos 1*, desarrollamos una proyección en la Facultad de Arquitectura donde exponemos el fenómeno de los agrietamientos en el suelo inducidos por hundimientos diferenciales. Este ejercicio es una interpretación del artículo científico "Soil Fracturing Induced by Land Subsidence in Mexico City" a través del lenguaje de Krzysztof Wodiczko.

Krzysztof Wodiczko es un artista polaco conocido por sus más de 40 proyecciones al aire libre alrededor del mundo. Sus obras evidencian situaciones de naturaleza socio-política a través de una perspectiva extranjera interesada en conocer la situación local. La finalidad de sus obras es generar conciencia y transformar a la masa en ciudadanos críticos capaces de plantear discursos alternativos a la realidad. A partir del conflicto que pretende exponer, busca a los testigos para lograr un contacto directo con la naturaleza de la situación. Presenta su trabajo a través de proyecciones públicas en edificios o monumentos históricos, dando un espacio a testimonios y alegorías de ciertas situaciones que normalmente pasan desapercibidas en la ciudad.

En lo que respecta al artículo científico, consideramos importante expresar en nuestro trabajo que han pasado 91 años desde que Roberto Gayol descubrió el hundimiento de la ciudad y hace 69 años Nabor Carrillo explicó que se debe principalmente a la extracción de agua del subsuelo.

La extracción de agua del subsuelo produce diversos efectos en la superficie, se manifiesta con agrietamientos en varias zonas de la ciudad, principalmente Tláhuac al este, Chalco en la zona del lago, y Nezahualcóyotl en el Cerro del Marqués. Se ha dividido la ciudad en 5 zonas (Sur, Este, Centro, Norte, Noreste) a partir de los resultados arrojados por el "SIG-G", un sistema creado por la UNAM que monitorea periódicamente mediante fotografías los agrietamientos en el Valle de México.

Retomando los medios de Wodiczko, aunado a los datos de la lectura, generamos un video en donde se yuxtaponen testimonios de personas afectadas por agrietamientos, discursos políticos y datos de la lectura con el fin de proyectarlo en diversas locaciones de la Facultad de Arquitectura de la UNAM y registrar las reacciones de los espectadores.

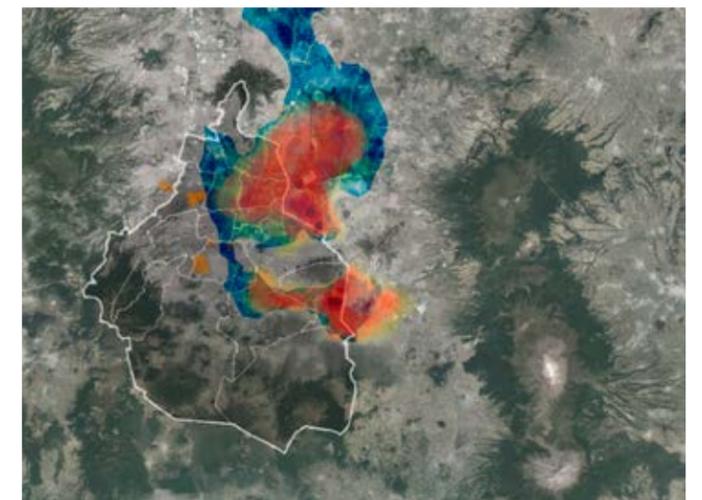


Fig. 2.02. Fotomontaje, visión futura del Centro Histórico, pronóstico ante las grietas.

Elaboración: Diana Vázquez para el video *Más de un siglo de fracturas*.

Fig. 2.03. Vista aérea de la Ciudad de México contrastando el área de los antiguos lagos con los índices de hundimiento registrados.

Elaboración propia a partir de información de CONAGUA.

Fig. 2.04. Proyección de *Más de un siglo de fracturas* en la Facultad de Arquitectura de la UNAM.

Foto: Diana Vázquez.



2.2 2008 m

Artista: Francis Alÿs

Texto Técnico: Resultados del pozo San Lorenzo Tezonco y sus implicaciones en el entendimiento de la hidrogeología regional de la Cuenca de México



Fig. 2.05. *Don't cross the bridge before you get to the river*, Francis Alÿs, Estrecho de Gibraltar, España- Marruecos, 2008.



Fig. 2.06. Dispositivo de medición, video cámara dentro de tubo de PVC como pozo exploratorio. Elaboración del equipo.

Para *Diálogos 2*, registramos un recorrido de 2,008 metros a través de la Central de Abastos de la Ciudad de México; recorrido como metáfora de la excavación del pozo San Lorenzo Tezonco.

Este ejercicio es una interpretación de las conclusiones mostradas en el artículo "Resultados del pozo San Lorenzo Tezonco (PSLT), y sus implicaciones en el entendimiento de la hidrogeología regional de la Cuenca de México." a través del lenguaje plástico y los recursos retóricos que utiliza el artista Francis Alÿs.

Francis Alÿs es un arquitecto belga que a causa del sismo de 1985 viaja a la CDMX para apoyar proyectos de reconstrucción. En la CDMX descubre un nuevo horizonte y deja la arquitectura para pasear. De estas derivas por la ciudad empieza su descubrimiento artístico junto con una exploración filosófica que deja en segundo plano la obra artística para hacer énfasis a los procesos.

La yuxtaposición de planos, el generar tejidos de imágenes y videos, acción, pintura, testimonios, publicaciones y objetos que interactúan, son los recursos retóricos con los que Francis Alÿs plantea una discusión de abiertos tintes político y social.

Francis Alÿs ha trabajado en diferentes países, siempre subrayando entre líneas las coyunturas políticas en su obra. La mayoría de sus trabajos incluyen video performance, además, se apoya en recursos artísticos para hacer crítica social, como tácticas guerrilla, reflexiona sobre axiomas que tratan sobre todo la paradoja de la praxis:

sometimes making something leads to nothing & sometimes making nothing leads to something.

El artículo científico explica el proceso y los resultados de la perforación y exploración del pozo San Lorenzo Tezonco, ubicado en Iztapalapa, en un predio dentro del perímetro de la Central de Abastos. Dado que es la primera vez que se realizó una excavación con la finalidad de conocer la litología del subsuelo dentro de la zona urbana de la CDMX, existía una incertidumbre en los métodos empleados y como consecuencia un gran margen de error en los resultados.

Sin embargo, el corte litográfico que arroja esta perforación define cinco unidades hidrogeológicas:

(...) "a) de 0 a 70 m acuitardo compuesto por sedimentos lacustres arcillosos; b) de 70 a 500 m acuífero superior compuesto por materiales vulcanoclásticos; c) de 500 a 750 m acuífero en lavas y flujos piroclásticos; d) de 750 a 1140 m acuitardo compuesto por ignimbritas, acrillas y materiales vulcanoclásticos; y e) de 1140 a 2008 m acuífero en rocas volcánicas con intercalaciones de acuitardos de baja resistividad eléctrica (...)"

Desde el año 2014 y a partir de los resultados de esta perforación exploratoria, se extraen 60 L/s de agua del acuífero inferior (2008 m de profundidad) para abastecer de agua potable a la población de Iztapalapa.

Para nuestra propuesta plástica, tomamos el recurso de la deriva y el video performance que usa Francis Alÿs, y del recurso de la idea de línea- recorrido, reflejado en varios trabajos del artista. Trasladamos la excavación del PSLT de 2008 m de profundidad a una metáfora *excavación horizontal* sobre el plano de la Central de Abastos; a partir del predio donde se encuentra el PSLT, registramos la exploración de 2008 m de recorrido.

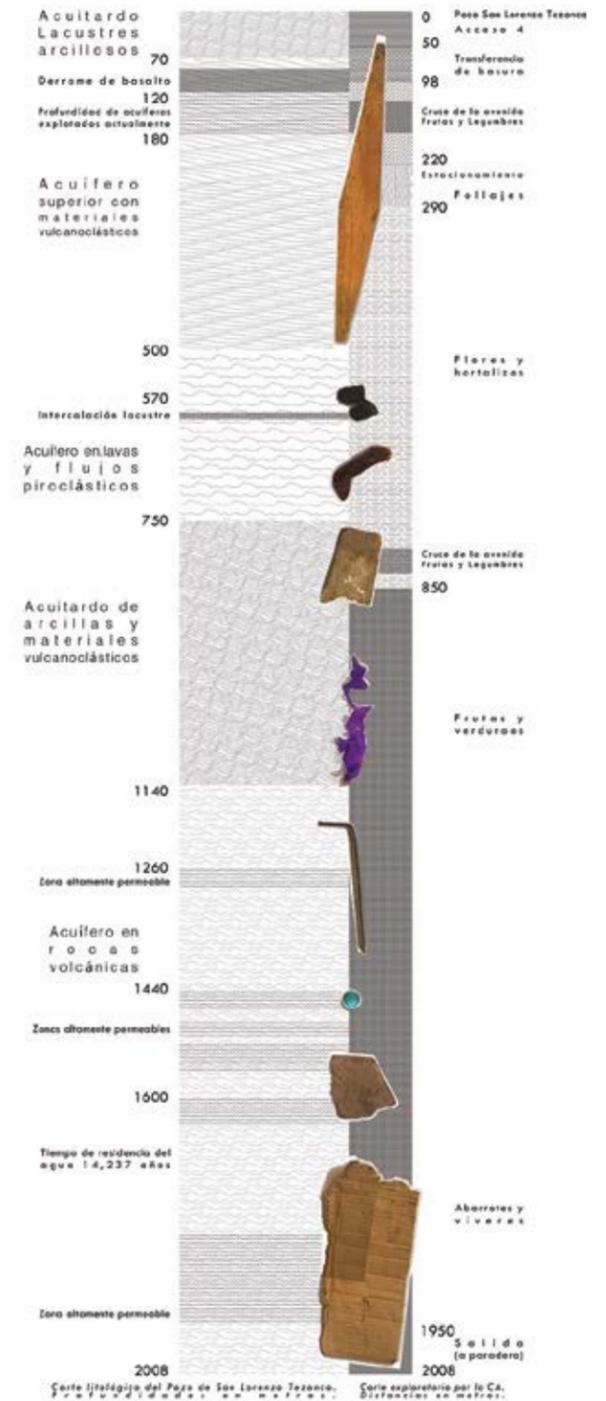


Fig. 2.07. Corte 2008 m. Corte hidrogeológico del pozo SLT en contraste con el corte programático del recorrido por la Central de Abastos.

Elaboración propia con muestras tomadas durante el recorrido.

2.3 Ruptura Hídrica

Artista: Allora y Calzadilla

Texto Técnico: Problemática del recurso del agua en grandes ciudades, Zona Metropolitana del Valle de México.



Fig. 2.08. Growth, Allora y Calzadilla, 2004.

Para el ejercicio de *Diálogos 3*, intervenimos un monolito de Tláloc como una representación metafórica del estado actual del sistema hídrico en el Valle de México (VM), reinterpretando el lenguaje de los artistas Allora y Calzadilla. Planteamos representar, a partir de la intervención de Tláloc, deidad prehispánica relativa al agua, y del artículo de Agustín F. Breña Puyol y José A. Breña Naranjo, el desequilibrio en el balance hídrico y la disgregación que hoy sufre el manejo del agua en el VM.

Jennifer Allora y Guillermo Calzadilla, trabajan colaborativamente de hace veinte años a la fecha. Utilizando recursos como la investigación de la formalidad, la materialidad, los procesos de producción, el análisis histórico, estrategias de comunicación, entre otros, plasman en diversas técnicas artísticas una perspectiva crítica de fragmentos culturales contemporáneos.

La materialidad misma de sus obras proyecta deliberadamente una carga significativa en el discurso artístico. Además de provocar la interacción de la obra con el público, que en muchos casos se convierte en coautor.

El artículo de Agustín y José Breña, "Problemática del recurso del agua en grandes ciudades, Zona Metropolitana del Valle de México", evidencia la situación hídrica de la cuenca del VM actualmente y da a conocer la disponibilidad para satisfacer las demandas actuales y futuras de los habitantes de la ciudad. El texto describe las cinco características hidráulicas más relevantes de la ZMVM:

1. el abasto de agua
2. el drenaje urbano
3. el saneamiento de aguas residuales
4. los hundimientos diferenciales
5. las inundaciones.



Fig. 2.09. Elaboración del monolito a Tláloc, cimbra de MDF. Foto: Diana Vázquez.

Los axiomas del texto citado para este ejercicio son:

1. para el suministro del líquido, hay una sobreexplotación hídrica (que representa el 62.3% del consumo total en la ZMVM), proveniente de los sistemas Cutzamala, Lerma y de la sobreexplotación de los acuíferos subterráneos.
2. la desproporción en la atención del servicio hídrico: se cubre un 95% del servicio de abasto de agua potable, un 92% de drenaje urbano y solo un 13% de saneamiento de aguas residuales.
3. mientras que el costo real por litro de agua traído del sistema Cutzamala es de \$12.00 MXN, los consumidores pagamos apenas \$3.00 MXN lo cual demuestra la subvaloración del recurso.

El monolito intervenido de Tláloc refleja el actual entendimiento y manejo del recurso hídrico en la ZMVM. Tláloc es la deidad azteca que representa el agua y sigue presente en el Valle de México hasta en el logo del Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

Con Tláloc no solo hacemos referencia al agua, sino también a un momento histórico de la ciudad prehispánica donde se convivía con el sistema hídrico y al paso del tiempo hasta llegar a ser hoy un problema complejo de la ZMVM.

Las varillas y el concreto no solo sirven para solucionar formalmente el monolito, sino que también reflejan la imagen de la ciudad y son visualmente un material pesado y sólido, como muchas veces entendemos al recurso del agua, aunque en realidad, esté hoy vulnerado.



Fig. 2.10.. Ruptura Hídrica en el Centro Cultural Universitario Tlatelolco.. Fig. 2.11 y 2.12. Detalles de la pieza. Fotos de Diana Vázquez.

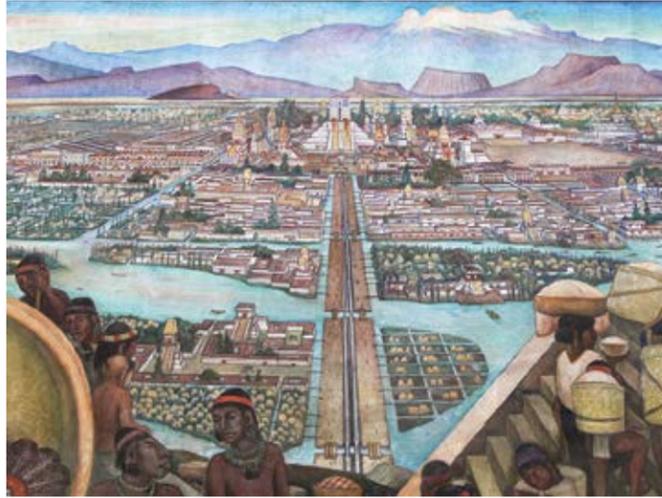


Fig. 2.15. El Tianguis de Tlatelolco según Diego Rivera.
Fuente: Mural en Palacio Nacional.

Tlatelolco y el agua

...vinieron a buscar su ciudad de Tlatelolco. Por primera vez obtuvieron tierras vuestros abuelos, allá donde fueron a mirar el lugar de descanso del águila que era su guía, entre las cañas y los tules, adonde habían ido ya, donde les había parecido bien. Allá fueron para descubrir en medio de las aguas lo que habrían de comer; por primera vez empezaron a pescar con redes, y atraparon diversas clases de animalillos, como pescados, moscos de agua, rana y aves, y éste fue el descubrimiento de los que al principio obtuvieron tierras, de los laguneros cazadores. Allá comenzaron a levantar sus jacales, a construir su ciudad, a tomar posición de su ciudad; y nadie se apropiará de ella, porque será la propiedad y la herencia de sus hijos en el futuro.

ORDENANZAS DEL SEÑOR CUAUHTÉMOC

La ubicación de Tlatelolco corresponde a un islote al norte de Tenochtitlán¹, que, a la llegada de los españoles, se comunicaba con Tenochtitlán por medio de chinampas, canales y chalupas. Pero no solo por la memoria lacustre de la Ciudad de México Tlatelolco nos remite al agua. En el año 2002 fue descubierta la "Caja de Agua" que proveería de agua potable a la población tlatelolca durante la república de indios. Esta caja de agua se nutría mediante canales llamados apantles, el agua ingresaba a ella y continuaba su camino hacia el oriente. De acuerdo con el Mapa de Upsala, fue construida en el Convento de Santiago y el Colegio de la Santa Cruz (Guilliem, 2008).

Durante la construcción del CUNT, el suelo lacustre fue un elemento a abatir. Actualmente, los esfuerzos por abatir el nivel freático siguen vigentes, como lo explicaremos a más profundidad con uno de los Dispositivos de Medición de los Hundimientos.

¹ Matos Moctezuma, Eduardo, "Breve historia de Tlatelolco", Arqueología Mexicana, núm. 89, pp. 28-33, México, 2008.

Gestión Hídrica

Respecto a los actuales sistemas hidráulicos en el CUNT, se describen a continuación los sistemas de abastecimiento y tratamiento de agua residual.

El volumen de agua potable que se distribuye diariamente en Tlatelolco es, aproximadamente, de 8 millones de litros; considerando el consumo personal indicado en las reglamentaciones de la CDMX, 150 litros por persona diarios, se necesita abastecer diariamente 7.650 millones de litros de agua para una población de 51 mil habitantes. Sin embargo, sabemos que actualmente vive menos de la mitad de esta cifra y cerca del 40% se pierde en fugas en los ramales de distribución, por lo que, a pesar de existir el volumen del recurso que se necesita, no todos los habitantes cuentan con la garantía del líquido como lo indica la normativa, por las fallas en el sistema.

La red que distribuye el agua está formada por 9 bombas de alta presión y 9 de baja presión, distribuidas en los tres centros de bombeo de la unidad, uno por sección. En la primera sección, la dotación de agua es por medio de tinacos. Mientras que, en la segunda y tercera sección, la dotación es con bombas directamente (Vivir en Tlatelolco, 2011). Actualmente se llevan a cabo la primera etapa de obras de reparación del sistema de abastecimiento para sustituir las tuberías por una nueva red de tubos flexibles de PVC en la Sección I. El agua consumida en Tlatelolco proviene del Sistema Cutzamala, siendo pagado 36.23 centavos/ m³, (Conagua, 2008).

El CUNT cuenta con una Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) ubicada en el jardín La Pera, trata agua proveniente de los edificios presidente Juárez, Guillermo Prieto, Edificio 16, Molino del Rey, y una parte del agua utilizada en el edificio Xicoténcatl, General Anaya, Secundaria 16 y Clínica 27 del IMSS.

El tratamiento del agua es biológico secundario, el volumen de agua tratada es de 12 litros por segundo. Finalmente, el agua se distribuye a las tres secciones de Tlatelolco para riego de jardines. El agua que no se utiliza, junto con el agua extraída del pozo cercano al Jardín Santiago, se lleva a la Alameda Central y la Alameda de Santa María la Rivera.

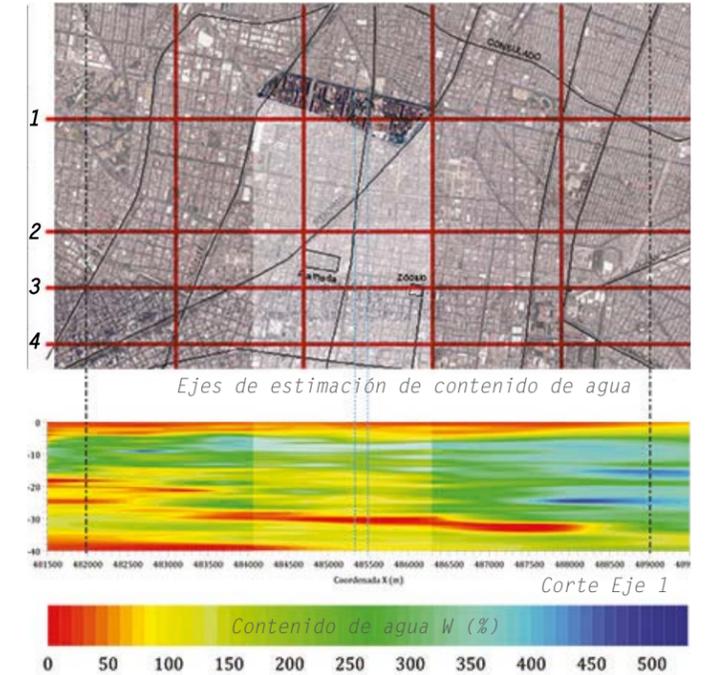


Fig. 2.16. Contenido de agua en el suelo. Tlatelolco.

Fuente: Jiménez, T., Enrique A., Aplicación de la geoestadística a la caracterización geotécnica del subsuelo de la zona central de la Ciudad de México, Tesis de maestría, UNAM, 2013.



Fig. 2.17. Fotomontaje, primeras aproximaciones de las dinámicas hídricas en Tlatelolco.

Elaboración propia.



Hundimientos Diferenciales en Tlatelolco

El suelo corresponde a la zona I del RCDF que define el suelo de lagos. Al construir el CUNT, la característica lacustre del suelo fue un elemento a abatir, o intentarlo, para estabilizar el suelo y cimentar los edificios²; sin embargo, hicieron poco caso de la subsidencia del terreno, a pesar de existir ya registro de este fenómeno a la fecha de su construcción³. La zona de Tlatelolco tiene un índice de hundimientos diferenciales acumulados de 6 a 8 metros de 1862 a 2011, de acuerdo con los registros del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, y un alto riesgo estructural ante sismos, como ha sido testigo el paso del sismo de 1985 y las pérdidas ocasionadas por él.

2 Véase el documental "Obras para México, Conjunto Urbano Presidente López Mateos, Ciudad de México, 1960-1964" (48'46 min, Videoteca de Noticieros Televisa), donde se explica el proceso de bombeo de agua del acuífero para abatir el nivel freático.

3 Críticas al diseño estructural y poca atención a las características del suelo se pueden encontrar en varias publicaciones, como la Tesis "Problemas de cimentación en el área en que se localiza el Conjunto Urbano Nonoalco Tlatelolco", José Luis Calderón Vázquez, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, 1962.

Posterior al sismo de 1985, se publican documentos que revisan el estado de los edificios y sus cimentaciones para determinar la pérdida y recomendaciones para la reestructuración o demolición de edificios, como en el documento "Daños por el sismo de Michoacán de 1985- Reporte del Instituto de Arquitectos de Japón" del Centro Nacional de Prevención de Desastres, marzo de 1996.

Fig. 2.18. Peligrosidad para las edificaciones en caso de sismo de acuerdo con las alturas y el suelo: (a) en edificios con 1 a 3 niveles la peligrosidad es mayor en el Poniente de Tlatelolco; (b) en edificios de 6 a 10 niveles, el peligro es mayor al Oriente; y, (c) en edificios de 13 a 20 niveles el riesgo es alto al Oriente de la 2a sección y en toda la 3er sección.

Fuente: Mapas de peligros Geológicos de la Secretaría de Protección Civil de la CDMX, 2000.

Fig. 2.19. Subsidiencias en Tlatelolco, los hundimientos acumulados registrados van de 6 hasta 8 metros.

Fuente: CONAGUA.

Como primer acercamiento al sitio, realizamos exploraciones en la CUNT siguiendo las metodologías de derivas como un mapeo psicogeográfico, y *derivadas*⁴ a través de la experiencia de percibir las *atmósferas*⁵ del sitio. Los testigos de hundimientos que registramos están categorizados en:

1. La adecuación del espacio público o de transición entre los edificios ante hundimientos diferenciales
2. La emersión aparente, visible en agrietamientos en los muros y suelo, y separación de las juntas de construcción.
3. Los ángulos de desplome visibles en suelos, juntas constructivas y perfiles de los edificios.

4 La deriva es un concepto propuesto por el situacionismo, propone establecer una reflexión en la forma de percibir y experimentar la vida urbana, en contra de la rutina, relacionado con la psicogeografía.

5 Haciendo referencia al libro "Atmósferas" de Peter Zumthor.



Fig. 2.20. Derivas hídricas por Tlatelolco. Grado de inclinación en el edificio Cuahutémoc y pozo referencia en el parque San Lorenzo. Fotografías propias.

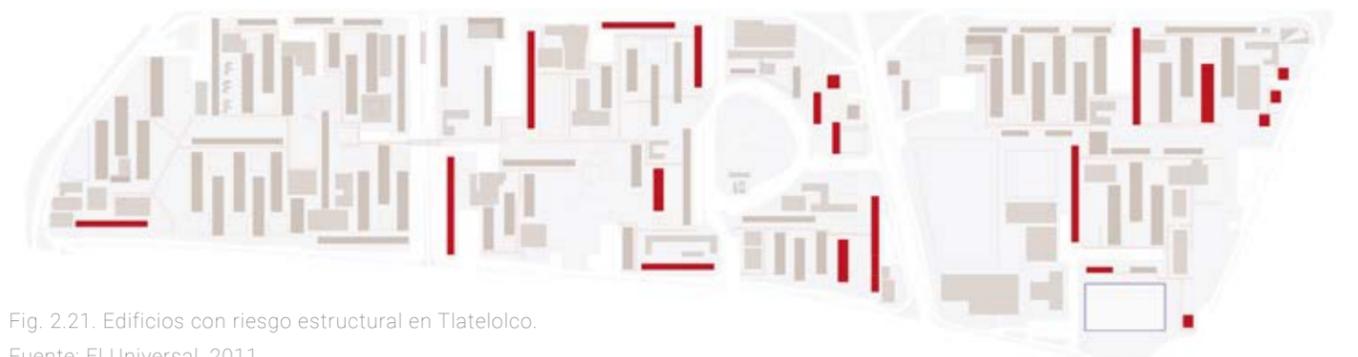


Fig. 2.21. Edificios con riesgo estructural en Tlatelolco. Fuente: El Universal, 2011.

2.5 Dispositivo de medición



El Dispositivo *Tlate ± Agua* registra la fluctuación del nivel del agua estancada en las celdas de cimentación del edificio 5 de febrero para después referenciar la horizontal por Tlatelolco, desde el edificio “5 de febrero” hasta el CCUT.

Problema

El Conjunto Urbano Nonoalco Tlatelolco es, como la mayoría de las regiones que componen la CDMX, un reflejo de la paradoja hídrica que vivimos. Por un lado, la escasez de agua y mal estado del sistema de abastecimiento limita el uso adecuado del vital líquido a los habitantes de Tlatelolco; por otro lado, el agua efluente de la PTAR y el agua extraída del Pozo Santiago Tlatelolco es usada para el riego de jardines en vez de ser aprovechada para el uso doméstico; además, la memoria lacustre del lugar se

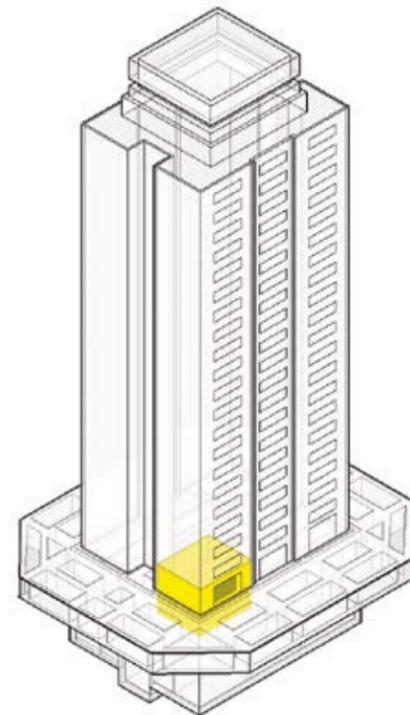


Fig. 2.22. Modelo del edificio 5 de febrero donde se muestra la ubicación de Taller de Maquetas y las cimentación del edificio.
Fuente: Elaboración propia.

manifiesta en encharcamientos de agua de lluvia, canalizaciones en los suelos para conducir el agua pluvial, hundimientos diferenciales y celdas de cimentación inundadas por el agua del nivel freático, (antes de llegar a infiltrarse al subsuelo, se filtra a las cimentaciones).

La relación entre estos dos últimos problemas, hundimientos diferenciales y cimentaciones inundadas, son la materia prima para el diseño del dispositivo. Ambos problemas son definidos por las características del diseño estructural y el emplazamiento de los edificios.

Gracias a las derivas hídricas por Tlatelolco⁶, la investigación documental⁷ y las entrevistas realizadas⁸, sabemos que el agua en las cimentaciones corresponde, a filtraciones de agua contenida en el suelo; con excepción de los casos en que tuberías de agua potable o aguas negras están averiadas y vierten el agua a las celdas de cimentación. El agua anegada en las cimentaciones es bombeada con una periodicidad no mayor a un año para ser vertida al drenaje.

Por otra parte, los hundimientos diferenciales han modificado el paisaje moderno del Tlatelolco de Mario Pani, concibiendo el territorio de Tlatelolco como una tabula rasa_ como ha ocurrido en gran parte de la ciudad_ que con el tiempo reflejaría la memoria lacustre del paisaje por medio de desplazamientos del suelo, tal como ocurre en muchos otros edificios en zona de lagos en la CDMX.

Gracias al contacto y apoyo del equipo de la tienda “Central de Maquetas”, se accedió a las celdas de cimentación del edificio “5 de febrero”, que presenta también emersión aparente.

⁶ Como se muestra en el mapeo de los edificios que sufren emersión aparente y los memoriales a los edificios desplomados por daños del sismo de 1985. Véase Fig. 2.23.

⁷ Concentración de agua en el suelo de la Ciudad de México. Véase Fig. 2.16

⁸ Entrevistas realizadas con el secretario de la Territorial de la Santa María Tlatelolco, con el encargado de desazolvar las celdas de cimentación en Tlatelolco; y Mariel Calderón, directora de Central de Maquetas y vecina de Tlatelolco.



Fig. 2.23. Emersión aparente del edificio 5 de febrero.
No se presentan asentamientos en los edificios por su cimentación, pero las subsidencias sí han modificado el contexto.

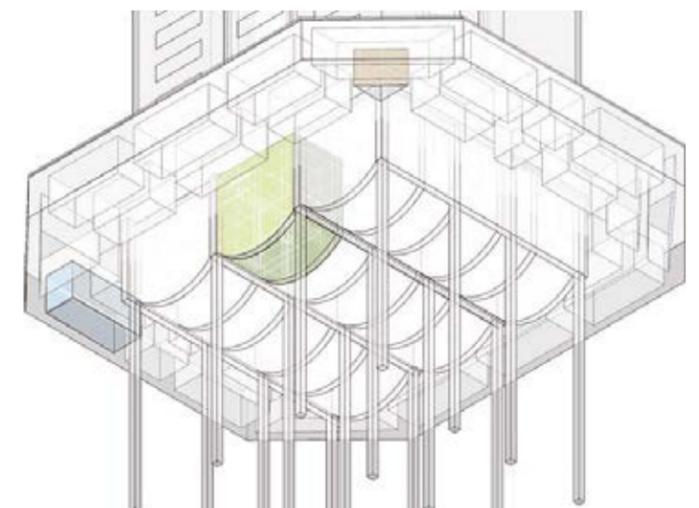


Fig. 2.24. Modelo de la cimentación de los edificios tipo M: celdas cóncavas de la cimentación original; pilotes y celdas de cimentación perimetral de su posterior reestructuración. Elaboración propia.



Fig. 2.25 y 2.26. Primera aproximación atmosférica en las celdas de cimentación de Tlatelolco.

Fotografías propias.

Atmósferas

El registro de atmósfera nos dejó ciertas preguntas:

¿como habrá sido la atmósfera de las celdas originales?

¿habrán vecinos quienes usen las celdas como un local habitable más de su departamento?

si todos los edificios conocen el problema, ¿por qué no hay una sistematización del desazolve del agua en las celdas?

¿todas las celdas tienen una atmósfera similar?

¿cuál es el destino del agua desalojada de las celdas?

¿llegará un día que la emersión aparente descubra un nuevo volumen a nivel de banqueta con acceso directo a las celdas?

Realizamos una maqueta en concreto armado de las celdas de cimentación accesibles y las celdas inundadas para entender el fenómeno desde otra escala y explorar otras formas de aproximarnos al problema. La primer premisa que obtuvimos de la maqueta fue ¿cómo representar la cualidad interior de la celda inundada?

Entender los hundimiento y emersión aparente en Tlatelolco aún no se relacionaba con la atmósfera de la celda y con la maqueta descubrimos un elemento que no habíamos observado, la cualidad estática del agua.

Las fotos de la maqueta se aprecian en la Fig. XX, la cuarta fotografía, (d), muestra un proto- dispositivo: unicel flotando sobre el volumen de agua en las celdas.

Hipótesis

El dispositivo, a instala en una de las celdas de cimentación del local de “Central de Maquetas” en el edificio “5 de febrero” medirá el nivel del volumen del agua estancada al referenciarlo y ver la fluctuación en tiempo real desde el nivel de banqueta para monitorear el volumen de agua y definir si hay una correlación entre el agua en las celdas y el nivel freático.

Objetivo

El objetivo de evidenciar las mediciones del agua estancada en las cimentaciones es normalizar entre los vecinos un fenómeno que ocurre en todos los edificios.

El objetivo de referenciar horizontalmente dicha medición es, en primer lugar, evidenciar los cambios de niveles/ ángulos de desplome de los elementos del CUNT, y en segundo lugar, unir el local del edificio donde estaría instalado el dispositivo con la sala de exposición del CCUT donde estaría exhibida “La Ciudad Está Allá Afuera”.



Fig. 2.27. Maqueta de las celdas de cimentación. (a), (b) y (c) representan las celdas registrables; (d) representan las celdas inundadas.



Desarrollo

El dispositivo consiste en un tren de flotadores suspendidos en una cadena que muestran desde el nivel de banqueta una referencia del nivel del volumen del agua estancada, el nivel está referenciado 8 metros sobre el lecho del agua.

Los flotadores descansan sobre el lecho superior del volumen de agua, la cadena está pendiente del techo del sótano habitable del local con un peso en la parte inferior que descansa sobre el lecho inferior de la celda de cimentación, el peso mantendría a la cadena estable sin importar el nivel del agua.

Finalmente, el nivel referenciado se lanza a los elementos arquitectónicos cercanos hasta lograr una guía de referencias por el área pública de Tlatelolco hasta el acceso al CCUT.

Instalación y monitoreo

Después de la instalación, el monitoreo consistió en visitar la pieza y realizar la medición una vez al mes para fabricar los nuevos viniles de referencia, instalarlos en Tlatelolco y en la puerta de Central de Maquetas.

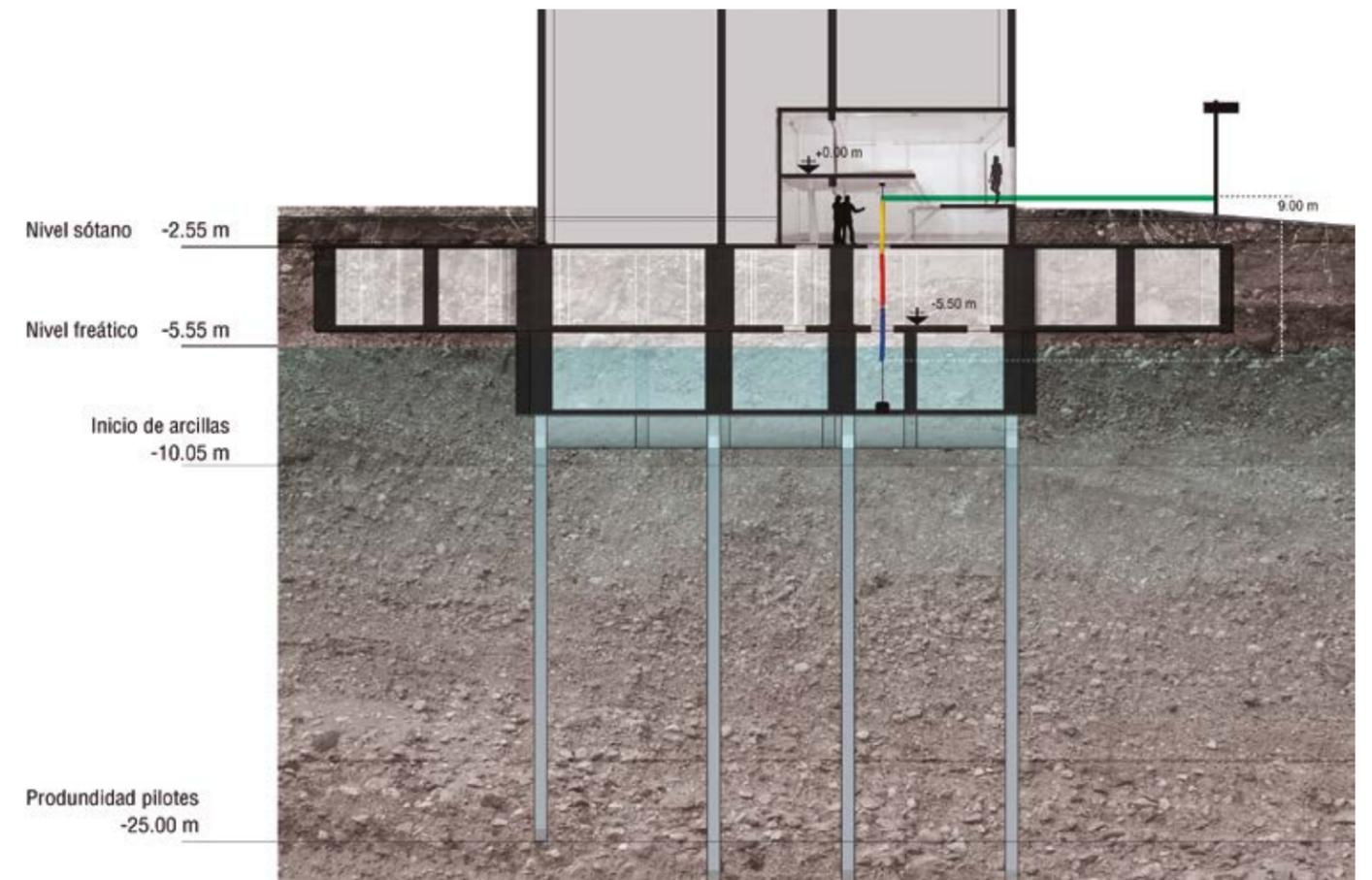


Fig. 2.28. Corque esquemático del dispositivo, los 8 m de referencia entre el nivel de agua y la referencia a nivel de banqueta. Elaboración propia.

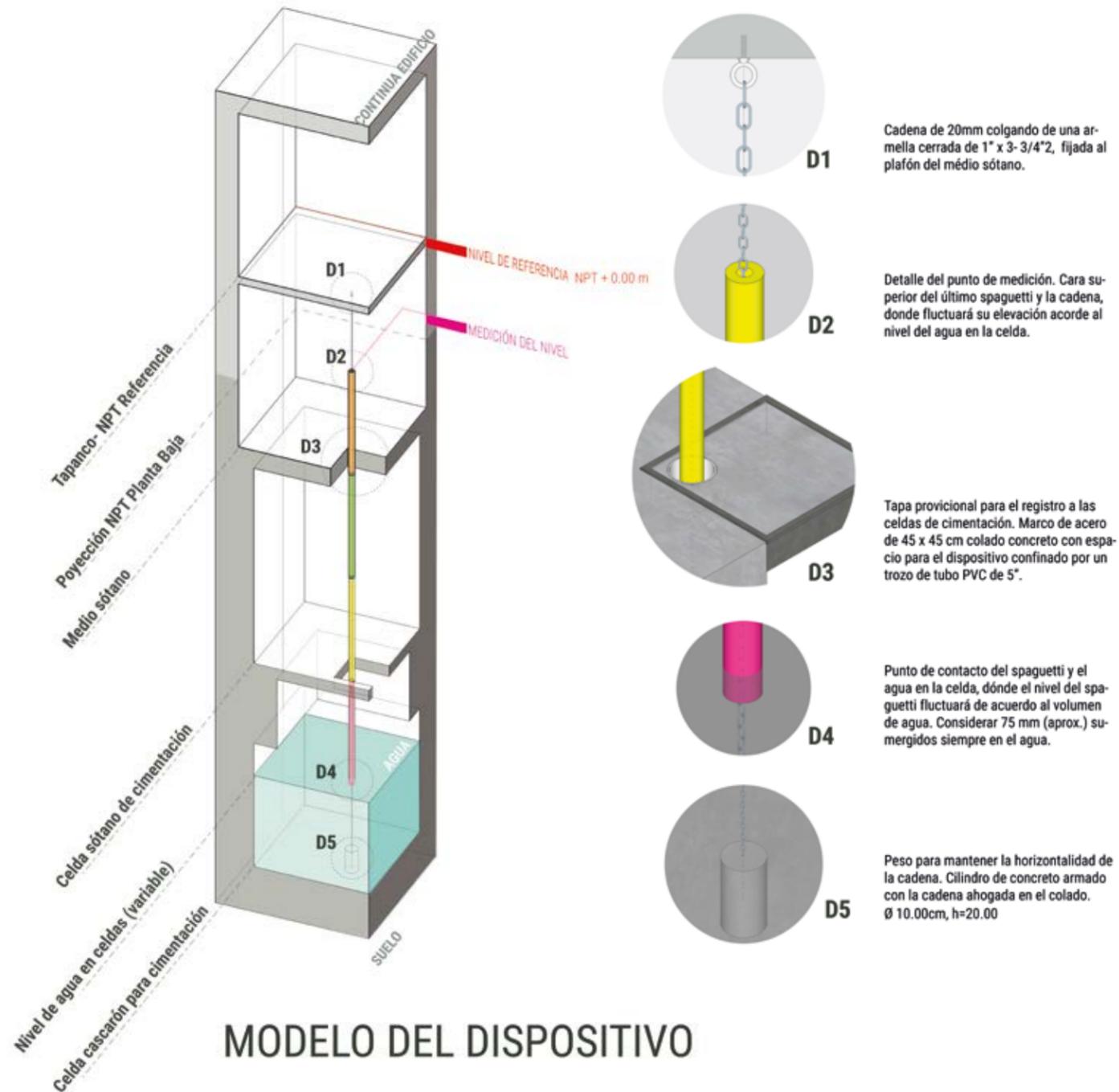


Fig. 2.29. Diagrama de instalación de Tlate ± Agua
Elaboración propia.

Resultados

El dispositivo Tlate±Agua llamó la atención de los vecinos, que alimentaron más el conocimiento había sobre los problemas hídricos de Tlatelolco .

El registro, que se aprecia en el diagrama de la Fig. 2.33, muestra una relación con los periodos de lluvia y de esquiaje. Durante el periodo en que se monitoreó el dispositivo se presenció una sesión de bombeo de las celdas aledañas a la que se usó para instalar el dispositivo, lo que clarificó que el estado del agua era despreciable y que el proceso de bombeo es intrusivo para los habitantes del primer nivel, ya que los registros se encuentran en sus sótanos.

La cosecha de agua pluvial, accidental, que se da en las cimentaciones de los edificios podría ser aprovechada si se canalizara el agua bombeada a la PTAR de Tlatelolco.

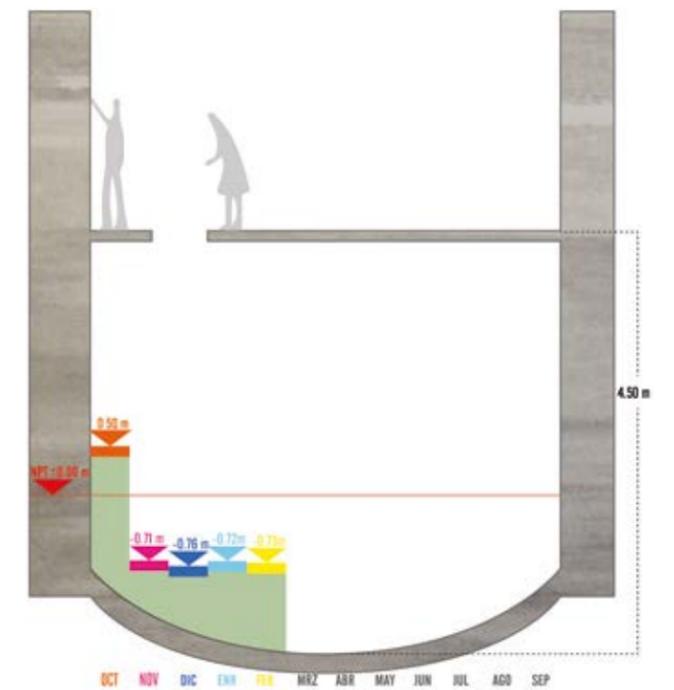


Fig. 2.33. Resultados de la medición, diagrama donde se muestra el nivel medido desde la superficie de agua.

2.6 Conclusión



Fig. 2.30. Mediciones del nivel de agua en las celdas en la puerta de Central de Maquetas.

Foto: Diana Vázquez.



Fig. 2.31. Dispositivo dentro de la celda de cimentación.



Fig. 2.32. Referencias de niveles medidos por Tlate++ Agua en la Plaza de las Tres Culturas

Foto: Manuel Abad Ventura

Durante el proceso de producción de Diálogos estudiamos el fenómeno de subsidencia en la ZMVM y recopilamos la información básica para tener un mapeo de estos en la Cuenca de México y categorizar la información para delimitar la zona de estudio y tema.

Este proceso se realizó en equipos. En nuestro caso, fueron dos de los 15 artículos estudiados en Diálogos los que nos ayudaron a definir la zona de estudio y forman parte de la bibliografía básica del presente documento, los artículos son:

- Auvinet G., Méndez E., Juárez M., *Soil Fracturing Induced by Land Subsidence in Mexico City*, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 2013.
- Vera, M., López, J., *Evaluación de amenazas por inundaciones en el centro de México: el caso de Iztapalapa, Distrito Federal (1998-2005)*, Instituto de Geografía, UNAM, México D.F, Abril de 2009.

En el primero, se muestra un mapeo de agrietamientos en la ciudad causados por hundimientos; inicialmente, las fracturas aparecían en el área de lo que era el lago de Texcoco, sin embargo, el problema se ha presentado recientemente en otras zonas de la ciudad, principalmente en zonas de abrupta transición entre suelo duro y lacustre, las laderas de las formaciones volcánicas. Iztapalapa es, dentro de la Cuenca de México, el área más afectada por este fenómeno.

Por su parte, el artículo de Vera y López, publicado por el Instituto de Geografía de la UNAM, presenta una serie de mapas de las áreas con mayor vulnerabilidad de inundación en la delegación Iztapalapa, con ellos delimitamos el polígono de estudio: el Cerro de la Estrella, zona donde coinciden los problemas de inundación y hundimientos. Hundimientos que acentúan el nivel de peligro de las inundaciones.

La correlación de los hundimientos diferenciales con el riesgo de inundaciones y la aparición de grietas en zonas de transición geológica con hundimientos presentes, son las dos variables que estudiaremos en el siguiente capítulo.

Además, es notable que a pesar de presentarse hundimientos en el suelo lacustre que rodea al Cerro de la Estrella, hasta ahora no hay facturas o subsidencias tales que paralicen las dinámicas urbanas de los habitantes.

De continuar con el actual manejo hídrico en esta zona, los índices medios de hundimientos, agrietamientos e inundaciones presentes en el Cerro de la Estrella pasarán a ser altos, con apariciones de fracturas cada vez más graves. Afectando ya no solo la vida diaria de los habitantes de la zona, sino también, a la infraestructura urbana, y al acuífero subterráneo con una demanda cada vez mayor del recurso hídrico extraído del subsuelo¹.

El manejo hídrico debe incluirse en el diseño urbano y por supuesto, arquitectónico, de cualquier proyecto, en cualquier ciudad; en el caso de la Ciudad de México es evidente la urgencia por diseñar con el agua por sus condiciones geomorfológicas, por su pasado lacustre y por el continuo crecimiento poblacional.

Es necesario repensar los criterios de manejo de agua y proponer estrategias tales que mitiguen las afectaciones ambientales y patrimoniales causadas por los hundimientos.

¹ Véase el caso del Pozo SLT, la extracción de agua potable de un acuífero a 2008 m de profundidad para abastecer la demanda de la población de la Delegación Iztapalapa. Según los resultados de la exploración, "el agua registrada a 1176 a 2008 m de profundidad sugiere un origen por recarga pluvial y circulación profunda (...) con un tiempo de residencia de 14,237+- 265 años". Morales-Casique E, Escolero O, y Arcel J., *Resultados del Pozo San Lorenzo Tezonco y sus implicaciones en el entendimiento de la hidrogeología regional de la cuenca de México*, Instituto de Geología, UNAM, México, 2014.

IZTAPAPA - IZTAPALLI / LAJAS - ATL / AGUA



3

CERRO DE LA ESTRELLA

3.1 Antecedentes

El Cerro de la Estrella, o Huizachtepetl, es una formación geológica al sur-oriental de la Cuenca de México que, a pesar de no tener una altitud notable, por su localización, ha jugado un relevante papel en el proceso de urbanización de la Cuenca y es una referencia en el paisaje.

Actualmente, este cerro se encuentra en la Alcaldía Iztapalapa, ejemplo recurrente de la paradoja hídrica que vive la ciudad: escasez de agua potable e inundaciones en época de lluvias.

Ubicada, a modo de ínsula, al centro del antiguo sistema de lagos de la Cuenca de México, la topografía del Cerro de la Estrella formaba la entonces conocida península de Iztapalapa; vértice entre el lago de Texcoco y los lagos del sur, Xochimilco y Chalco.

El nombre mismo, Iztapalapa, remite a la relación hídrico-urbana del cerro con el territorio: del nahuatl *iztapal-li*, losa o laja, *a-tl*, agua, y *pan*, sobre; se traduce como “laja sobre el agua”.

El pueblo de Iztapalapa fue fundada por los culhuas al norte del Cerro de la Estrella, en la costera del entonces lago de

Texcoco. Hasta la llegada de los españoles, Iztapalapa era un nodo de infraestructura hidráulica y urbana para los pueblos que habitaban la Cuenca de México.

Las vulnerabilidades hídricas que vive la población del Cerro de la Estrella fueron el antecedente para estudiar esta área de la ciudad. Dentro de este marco, las características biofísicas, urbanas y sociales de este edificio volcánico son potenciales para una re-valoración de la zona que sea capaz de brindar servicios ambientales y beneficios económicos a los diferentes agentes.

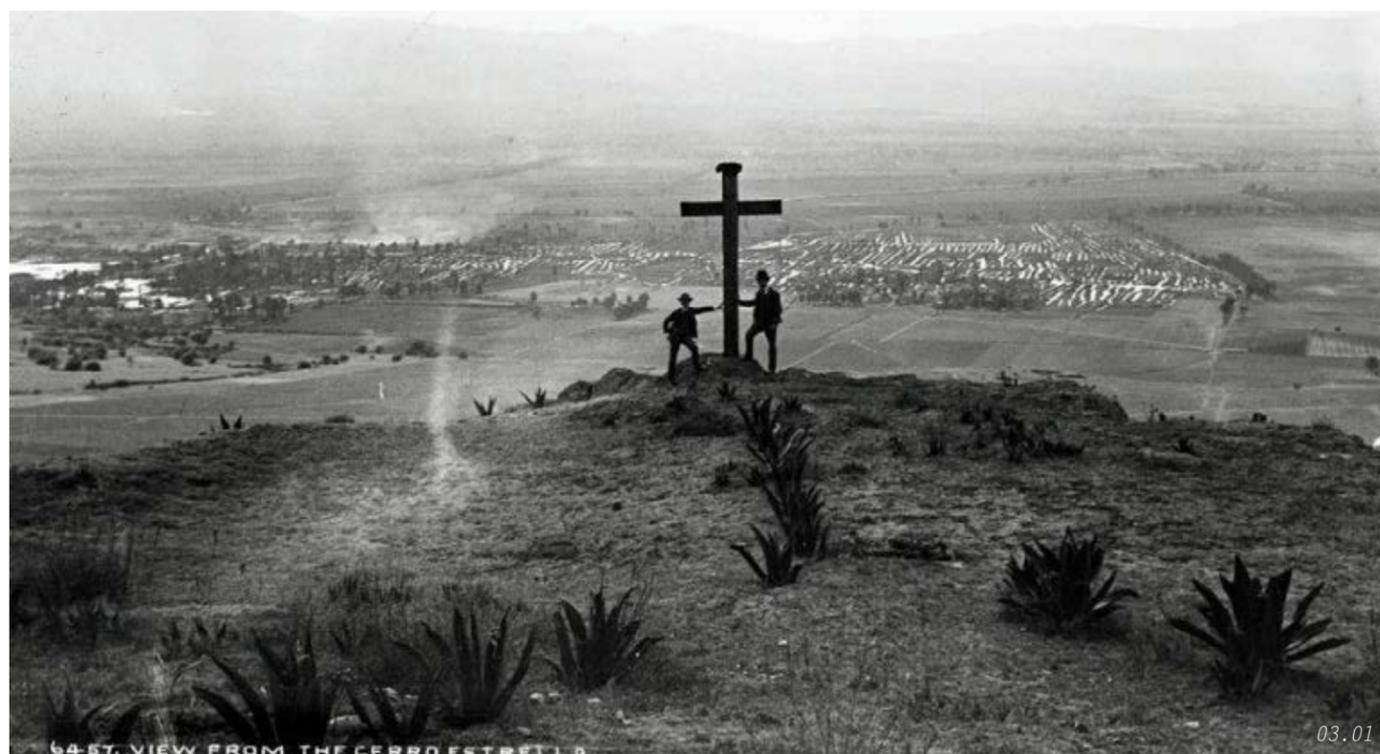


Fig. 3.01. Vista hacia la Sierra Santa Catalina desde el Cerro de la Estrella. Fotografía propia.



Fig. 3.02. Página anterior. Vista hacia el Sur desde el Cerro de la Estrella. Fuente: View from the Cerro Estrella, 1880, William Henry Jackson. Detroit Publishing Co, Library of Congress

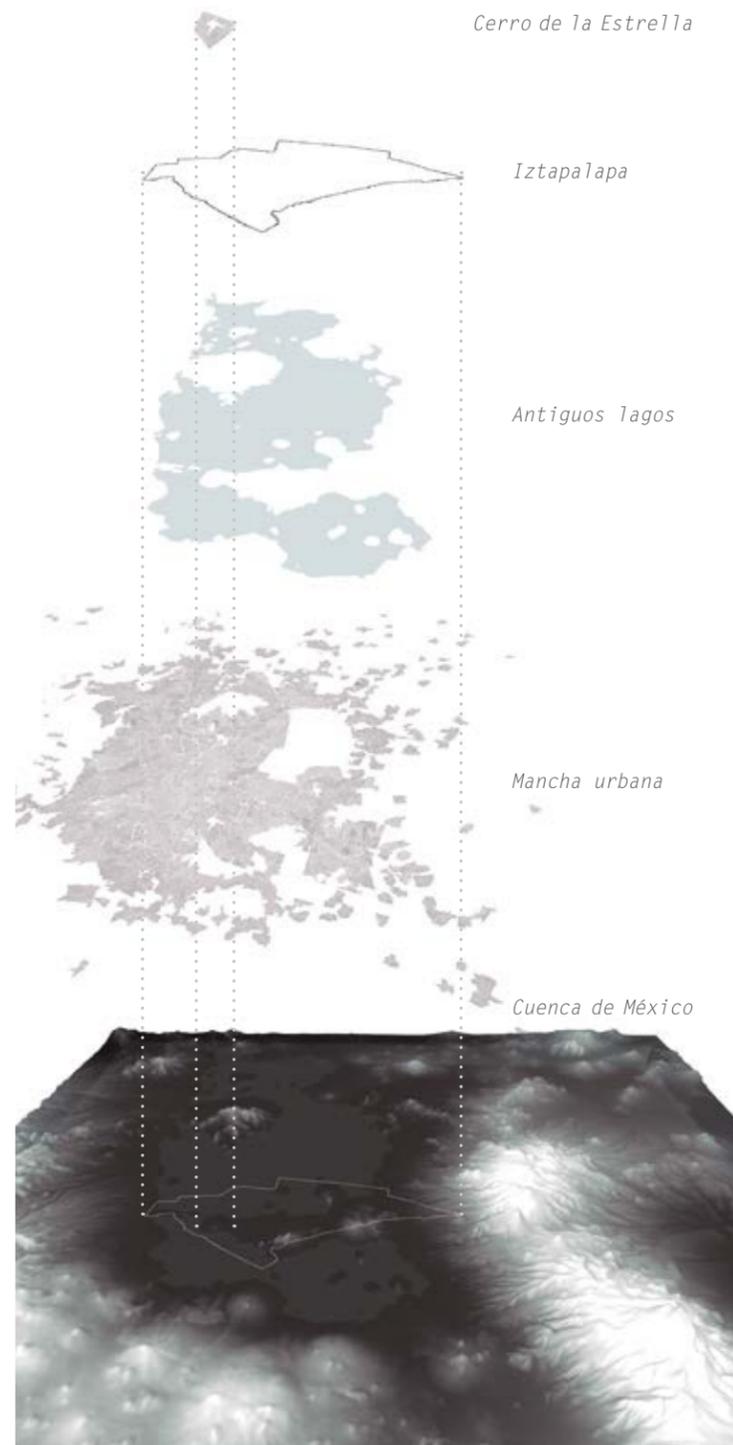


Fig. 3.03. Cerro de la Estrella en relación a la Alcaldía Iztapalapa, a la ciudad y a la topografía de la Cuenca de México. Elaboración propia.

Tres características potenciales propias del cerro son:

1. La presencia de una figura legal que protege el área natural como parque nacional. En el año 1938 el Cerro fue declarado parque nacional por el presidente Lázaro Cárdenas, actualmente, está dentro de la clasificación de área natural protegida. Esta área protegida es el único equipamiento de área verde que tienen más de 12 mil habitantes a la redonda.
2. La importancia social del Cerro de la Estrella. Desde la época precolombina, el Cerro de la Estrella ha tenido un importante papel religioso y cultural en la urbe. Actualmente, es el escenario de la representación de la pasión de Cristo de Iztapalapa desde 1843.
3. Los servicios ambientales que brinda a la ciudad:
 - Ser hábitat para especies de flora y fauna silvestres, y escenario para la continuidad de procesos evolutivos..
 - Producción de oxígeno y captura de dióxido de carbono.
 - Continuar el ciclo hidrológico en la cuenca de México.
 - Barrera natural que limita el crecimiento de la urbe.
 - Barrera contra el viento que mitiga las tolvaneras.
 - Valor escénico y paisajístico.
 - Campo para la investigación científica.

Este capítulo está destinado a analizar las características del medio biofísico, urbano y social del Cerro para hacer un diagnóstico del mismo y delimitar el polígono de interés para generar un plan maestro.

A modo de introducción, presentamos un breve diagnóstico de la Alcaldía Iztapalapa como radiografía de las problemáticas urbanas que enfrenta la alcaldía donde se encuentra la zona de estudio.

Iztapalapa

Iztapalapa es una de las 16 delegaciones que forman la Ciudad de México. Ubicada al oriente de esta, cuenta con 11,667 Ha, (7.62% del área total de la CDMX), la delegación colinda con las delegaciones de Xochimilco, Tláhuac, Coyoacán, Benito Juárez e Iztacalco, y con los municipios de Nezahualcóyotl, La Paz y Valle de Chalco Solidaridad que pertenecen al Estado de México.

Urbanización precolombina

Iztapalapa fue una región con grandes extensiones de agua por su colindancia con el Lago de Texcoco al norte y al sur el lago de Xochimilco. En la figura XX podemos apreciar la relación de las urbes prehispánicas con los lagos, al noreste, en las cotas costeras del lago, se establecieron los pueblos de Iztapalapa, Culhuacán y Mexicaltzingo. Las obras hidráulicas realizadas por los pobladores de Iztapalapa antes de 1521 se definía por albardones que permitían separar las aguas dulces de las saladas para el aprovechamiento piscícola, agrario y de comunicación lacustre.

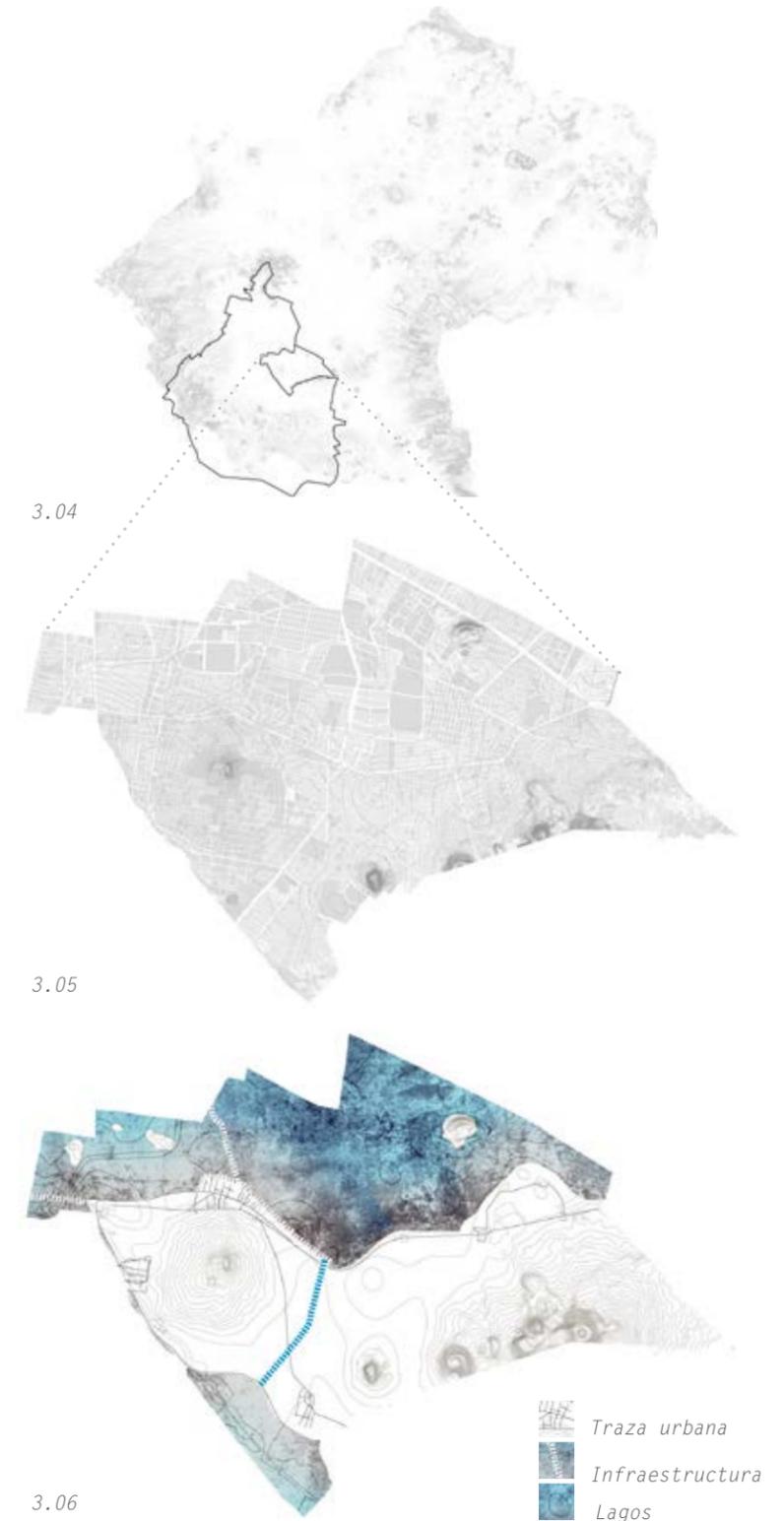
El albardón de Mexicaltzingo, posteriormente de Nezahualcóyotl, separaba los lagos de Texcoco y Xochimilco, siendo un dique que cruzaba de Coyoacán a Iztapalapa para cruzar por el lago de Texcoco y limitar el agua dulce de la laguna de México del agua salada de Texcoco. Por otra parte, el albardón de Iztapalapa funcionaba “como una presa que está entre la laguna dulce y salada”, construido al margen del Lago de Texcoco, al norte del Cerro de la Estrella, que protegía a las construcciones sobre el lago de las crecidas de agua; los pobladores Iztapalapa conducían agua dulce de Xochimilco hacia sus chinampas por medio del Canal de Garay. Ambos diques fueron destruidos en las batallas de la conquista de México Teochtitlán.¹

¹ González Aparicio, Plano Reconstructivo de la región de Tenochtitlán, SEP-INAH, México, 1980, pp. 34-41

Fig. 3.04. Cuenca de México. Elaboración propia.

Fig. 3.05. Iztapalapa, estado actual. Elaboración propia.

Fig. 3.06. Iztapalapa hacia 1521. Elaboración propia.



Hidrología

Posterior al drenado de los lagos, la atravesaban: el Río Churubusco que se unía con el Río de la Piedad, el Canal Nacional (actualmente Calzada de la Viga), cuyo flujo recibía en el trayecto las afluencias de los canales de Chalco, Tezontle, Del Moral y el de Gray. Actualmente, las escorrentías naturales de los cerros son canalizados hacia los canales de Chalco, y el Canal Nacional (canales a cielo abierto, además de conducirse también a los canales de Churubusco, La Viga y Canal de Garay, que se encuentran entubados. Estos canales incorporan los flujos de agua pluvial al desagüe, además de recibir descargas del sistema de drenaje.

Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico, Iztapalapa presenta una superficie plana, con una elevación de 2241 msnm en el 81% de la superficie, que es interrumpida por las elevaciones volcánicas del Cerro de la Estrella, el Peñón del Marqués y la Sierra de Santa Catalina.

El Cerro de la Estrella está constituido por lavas, con una topografía suave y poca inclinación de las laderas, tiene una elevación máxima de 2450 msnm, está cubierto por una carpeta vegetal de árboles y pastos.

Por otra parte, el Peñón del Marqués es un volcán con una elevación máxima de 2370 msnm, este volcán ha sido aprovechado como banco de material para construcción, por lo que presenta numerosas grietas y derrumbes.

El relieve más sobresaliente de la Alcaldía es la Sierra Santa Catalina, con una elevación de 2750 msnm, se compone por siete volcanes (Yahualixqui, Xaltepec, Tetecón, Mazatepec, Tecuatzi, Guadalupe y La Caldera); el relieve es de origen volcánico acumulativo y antrópico por la explotación como banco de material y la ocupación del suelo por asentamientos humanos.

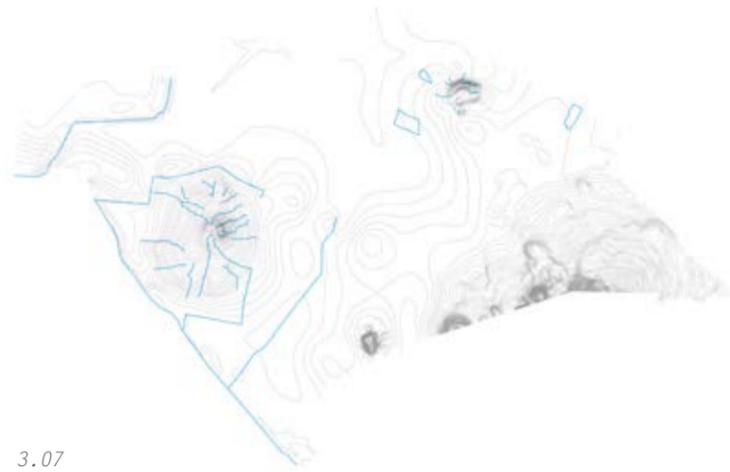


Fig. 3.07. Hidrología en Iztapalapa.
Fuente: INEGI, 2010

Fig. 3.08. Geomorfología del territorio de Iztapalapa.
Fuente: Atlas de Riesgos de la Delegación Iztapalapa (2011).

Fig. 3.09. Áreas no urbanizada en Iztapalapa.

Fig. 3.10. Subsidiencias en Iztapalapa.

Fig. 3.11. Índices de inundación en Iztapalapa.

Uso de suelo

La Alcaldía ha establecido dos áreas naturales protegidas como parte de los esfuerzos de conservación y protección de recursos naturales a favor de los servicios ambientales que las áreas naturales brindan a la ciudad. Estas áreas son estratégicas por su capacidad de recarga de los mantos acuíferos, característica en vulnerabilidad por los crecientes asentamientos irregulares en las áreas protegidas del Cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catalina.

Actualmente, la estructura urbana cubre un 70% de la superficie de la Alcaldía, sin contar las áreas en proceso de urbanización en la Sierra de Santa Catalina. El crecimiento acelerado y desorganizado ha dado como resultado que en un 60% del territorio coexistan actividades que resultan incompatibles e incitan a conflictos urbanos. Este es el caso de industrias no adecuadas en un medio habitacional con un equipamiento urbano insuficiente.²

Hundimientos diferenciales

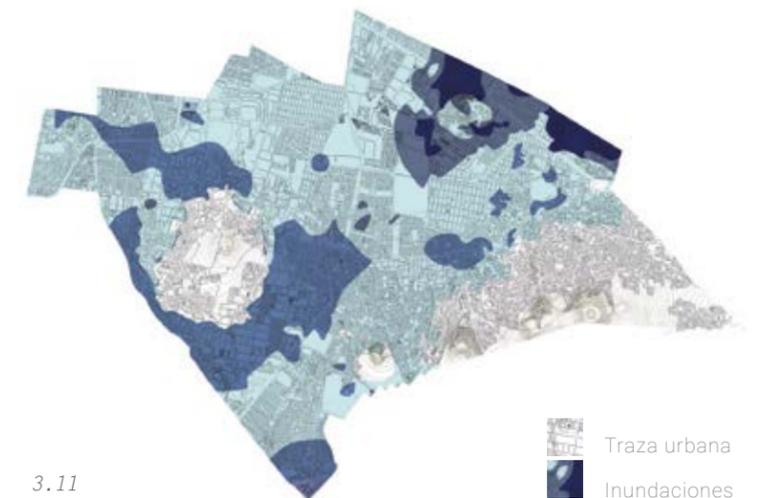
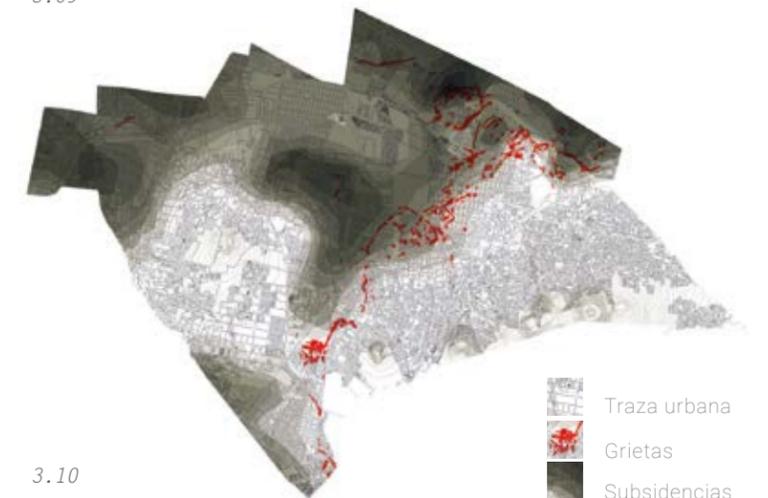
Dentro de los límites de la Alcaldía se localizan cerca de 150 pozos de extracción de agua potable que abastecen la creciente demanda de agua de la población; los hundimientos diferenciales consecuencia de esta sobreexplotación del acuífero se ven agudizados por la presencia de formaciones volcánicas. En los últimos años se han registrado desplazamientos con una velocidad media de 15 cm por año, siendo la zona del Peñón del Marqués la más afectada con pronósticos de hasta 10 metros de desplazamiento para el año 2025³.

Inundaciones

De acuerdo con el mapa elaborado por Vera (2008), la zona nororiental de la Alcaldía corresponde con el nivel de peligrosidad de inundación más alto de Iztapalapa, zona que coincide con los mayores niveles de subsidiencias.

2 Atlas de Riesgos de la Delegación Iztapalapa, 37-38

3 Iddem 53- 56.



3.2 Caracterización



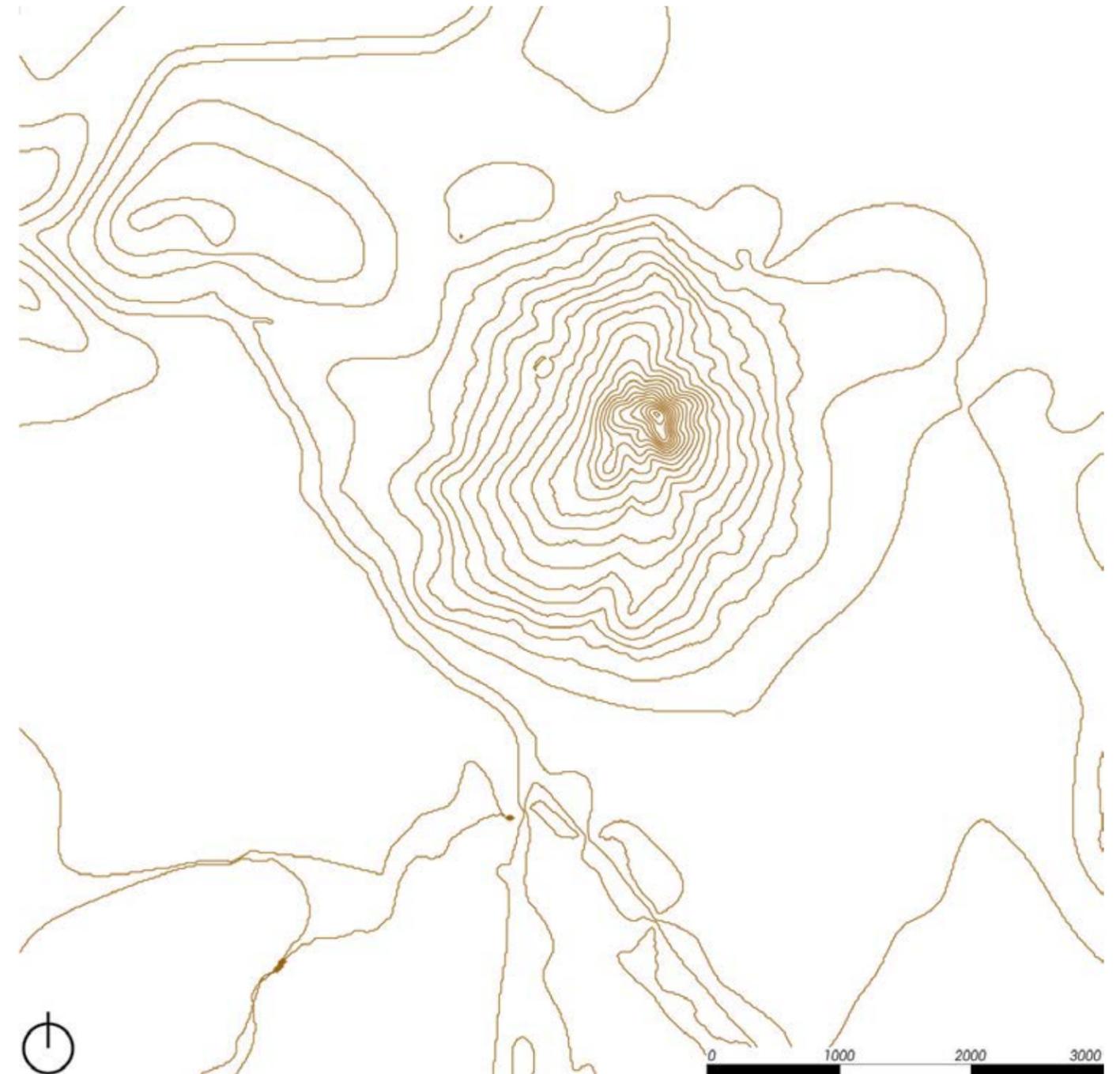
Fig. 3.12. (Arriba) Comparación del Cerro de la Estrella años 1941 y 2017, vista hacia la Sierra Santa Catalina.

Fig. 3.13. (Abajo) Comparación del Cerro de la Estrella años 1941 y 2017, vista desde el norte. Al fondo Canal Nacional y la Ciénega Grande de Xochimilco, en amarillo el pueblo de Culhuacán. La escorrentía señalada en azul es hoy la calle Camino Cerro de la Estrella. En azul marino la avenida Ermita- Iztapalapa.

Fuentes: Fundación ICA y Google Maps.

Fig. 3.14. Sigüiente página. Mapa base. Topografía, curvas a cada 10 m.

Fuente: INEGI, 2010.



3.2.1 Medio Biofísico

Para hacer un diagnóstico del sitio, es necesario comenzar con la caracterización de este. El orden en que realizaremos este análisis va de lo permanente a lo temporal, es decir, de las características propias del sitio como es la geología y la topografía a las características intangibles como los usos y costumbres de los habitantes de la región. De esta manera, comenzaremos con el medio biofísico, para continuar con el medio urbano-arquitectónico y finalizar con el medio social.

A pesar de que las características biofísicas pueden ser de origen exógeno y han sufrido cambios, estos se deben al paso del tiempo, es la memoria física del sitio.

A continuación, presentamos cada una de las capas que conforman la región. La primera es la topografía, que a pesar de que puede ser modificada, es la representación gráfica de la identidad del paisaje, es la base de los demás mapas.

El polígono a analizar corresponde a un radio aproximado de 5km con centro en el Cerro de la Estrella.

00 Curvas de nivel

El plano base es un plano de curvas de nivel a cada 10 metros. Este plano fue extraído de un modelo CEM del INEGI.

01 Edafología

En la Alcaldía Iztapalapa los suelos dominantes son el feozem y el solonchack. El primero se refiere a suelos presentes en los relieves, se caracteriza por tener una capa superficial oscura, ricas en materia orgánica y bajas concentraciones de cal; el suelo feozem está presente en casi la totalidad del polígono.

El suelo solonchack se presenta en la superficie de lo que fue lago, son suelos salinos resultado de la acumulación de salitre por la presencia de cuerpos de agua. Es un suelo comúnmente presente en las partes más bajas de valles y llanos.

Clave

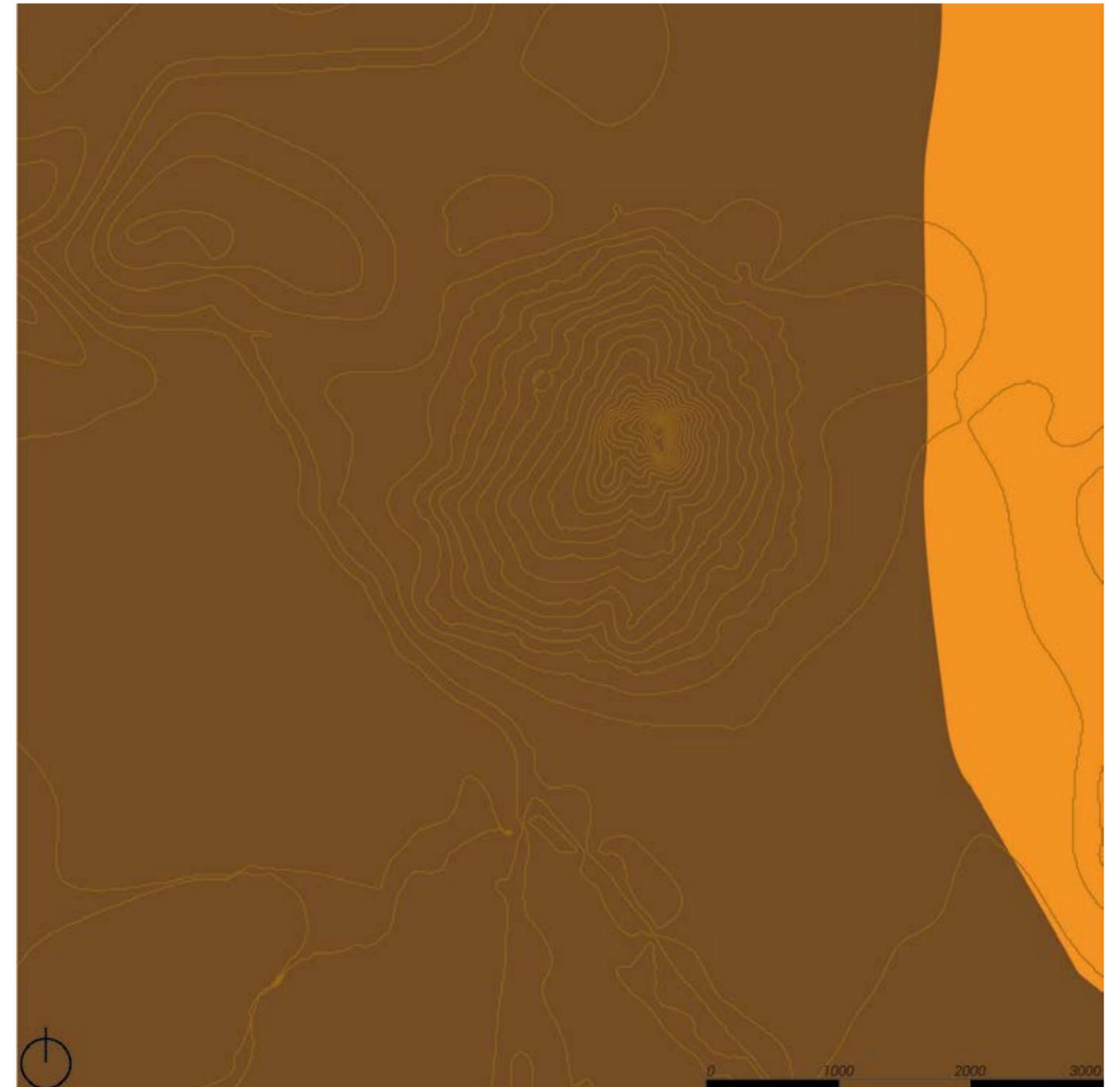


Fig. 3.15. Mapa Edafología

Fuente: Elaboración propia a partir del Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., 2011, p. 19.

02 Regiones morfofenéticas

En este análisis de unidades morfofenéticas usamos la propuesta de Guadalupe Tapia Varela y Jorge López Blanco del Instituto de Geografía de la UNAM publicada en el *Mapeo geomorfológico analítico de la porción central de la Cuenca de México: unidades morfofenéticas a escala 1:100,000*. Dicha representación cartográfica del terreno es una síntesis del relieve de acuerdo con su: 1) origen, 2) tipo de relieve, 3) edad de rocas y estructuras, y 4) geometría del relieve por clases.

La región de **Planicie Lacustre** (Pl161) es de origen exógeno acumulativo, lacustre, formado en el pleistoceno y holoceno, formado por una concentración de sedimentos clásticos y productos piroclásticos, que se depositaron en un ambiente lacustre; es un claro resultado del pasado lacustre.

La región de **Planicie Aluvial** (Pla59) es de origen exógeno acumulativo, aluvial, formado por depósitos clásticos, en su parte inferior de material aluvial y lahárico en forma de grava cubierta con tobas eólicas y aluviales y brechas de pómez que cambian a arenas y arenas. Presente entre las laderas del Cerro de la Estrella y la zona lacustre.

La región de **Piedemontes** (Pi44), de origen exógeno acumulativo, del Pleistoceno y Holoceno compuesto por glaciocifluviales y turba, grava, arena y aluvión de origen volcánoclastico y capas espesas de loess. Esta región representa las zonas de ladera del Cerro de la Estrella, es la zona donde se presentan fallas.

El relieve en la región de Laderas **Montañosas** (Lm11) de origen endógeno volcánico, muy tectonizado, formado en el Pleistoceno-Holoceno, formado por andesita y flujos piroclásticos. Representa las cotas más altas del Cerro de la Estrella.

Clave

	Planicie lacustre
	Planicie aluvial
	Piedemontes
	Laderas montañosas



Fig. 3.16. Mapa Regiones Morfofenéticas

Fuente: Elaboración propia a partir del Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., 2011, p. 18.

03 Hundimientos acumulados

A pesar de no ser una característica endógena del territorio, las subsidencias sufridas en el suelo son permanentes y actualmente conforman el paisaje de la Cuenca y por consecuencia, de Iztapalapa y del Cerro de la Estrella. La demanda creciente de agua potable extraída del subsuelo tiene como consecuencia la compactación de las arcillas lacustres que se traduce a desplazamientos del terreno o subsidencias.

La correlación entre tipo de suelo y hundimientos acumulados es evidente. Las zonas que han registrado mayores hundimientos son las que se encuentran en de planicie lacustre, acumulando hasta 8 metros del año 18xx al día de hoy. No hay presencia de hundimientos en zona volcánica, el riesgo que representa en la zona de transición son las fracturas y agrietamientos al desplazarse el suelo. A diferencia de otras zonas de la Alcaldía Iztapalapa, no se encuentran registrados agrietamientos ni fracturas en la superficie del terreno, como en el caso del Peñón del Marqués.

Áreas del territorio que han perdido altura a causa de los hundimientos y hoy tienen con cotas inferiores al sistema de drenaje inducen a deficiencias en los colectores en época de lluvias y por ende, incrementa el riesgo de inundaciones y encharcamientos.

De la misma manera, la obra civil se ve afectada, casas e industria están en riesgo de sufrir desplazamientos y afectaciones por subsidencia y agrietamiento.

Clave

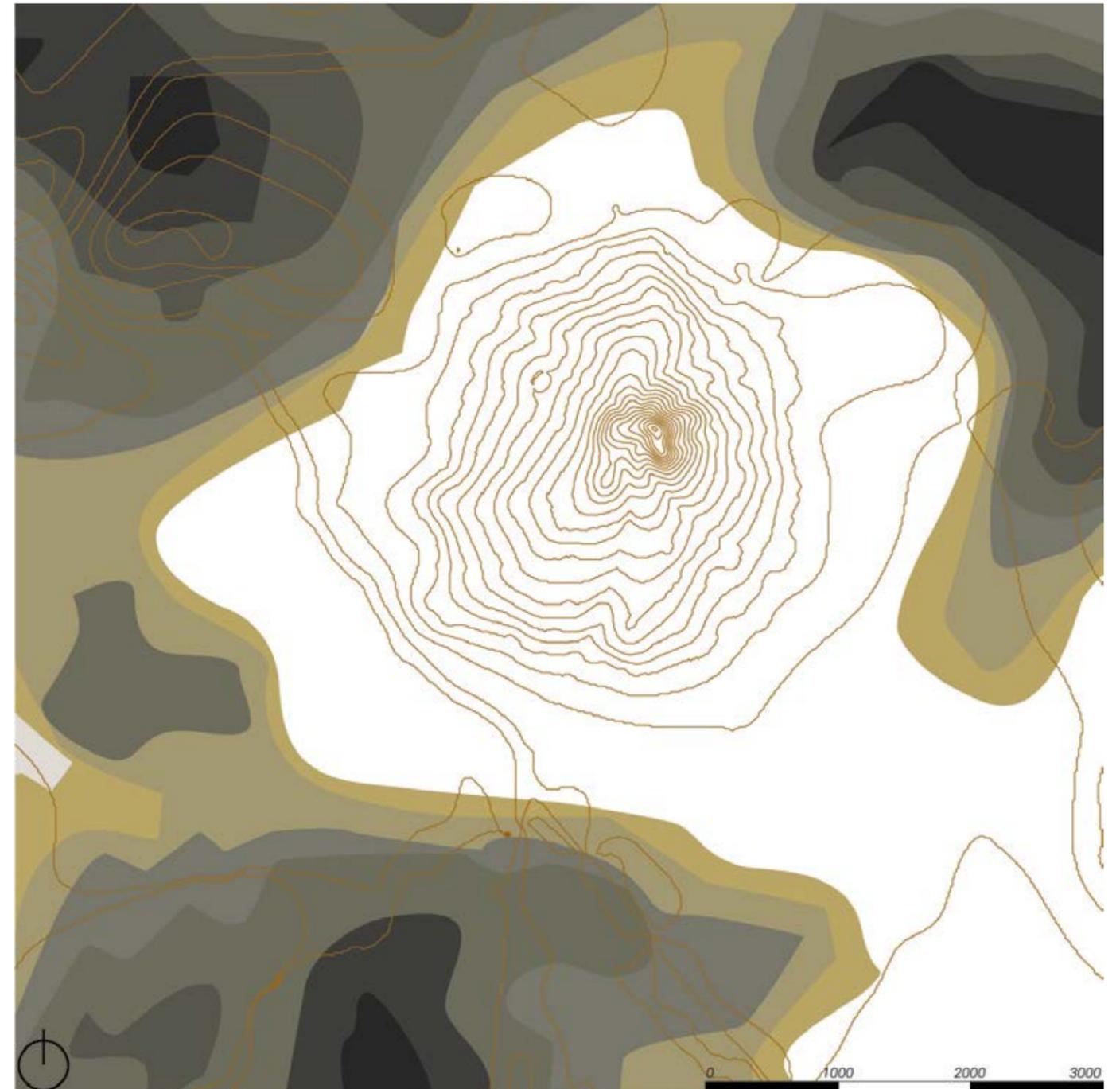


Fig. 3.17. Mapa Hundimientos Acumulados.

Fuente: Elaboración propia a partir de: SACMEX, El gran Reto del Agua en la Ciudad de México, CDMX, 2012, p.127.

04 Velocidad del hundimientos

De acuerdo con el Atlas de Riesgos de la Delegación Iztapalapa, no se ha demostrado un cambio significativo en la tasa de los hundimientos asociado a la temporada de lluvias u otros procesos de recarga artificial. Esto sugiere que las recargas son insignificantes para el de nivel pizométrico por la característica inelástica de las arcillas una vez que perdieron su capacidad de almacenamiento de agua.

Esto sugiere que las deformaciones son irreparables y que para reducir las tasas de hundimientos no se puede continuar con la dinámica actual. Tomando de nuevo la zona del Peñón del Marqués, se ha pronosticado que de continuar con los caudales de bombeo de agua del acuífero, la deformación para el 2025 será de hasta 10 metros acumulados.

Actualmente las tasas de hundimiento en la delegación van de los 40 cm/año a los 6 a 13 cm/año. La tasa menos se encuentra en las zonas que circundan al Cerro de la Estrella. Si bien no es la tasa más alta, sigue representando un fuerte peligro potencial para la zona.

Clave

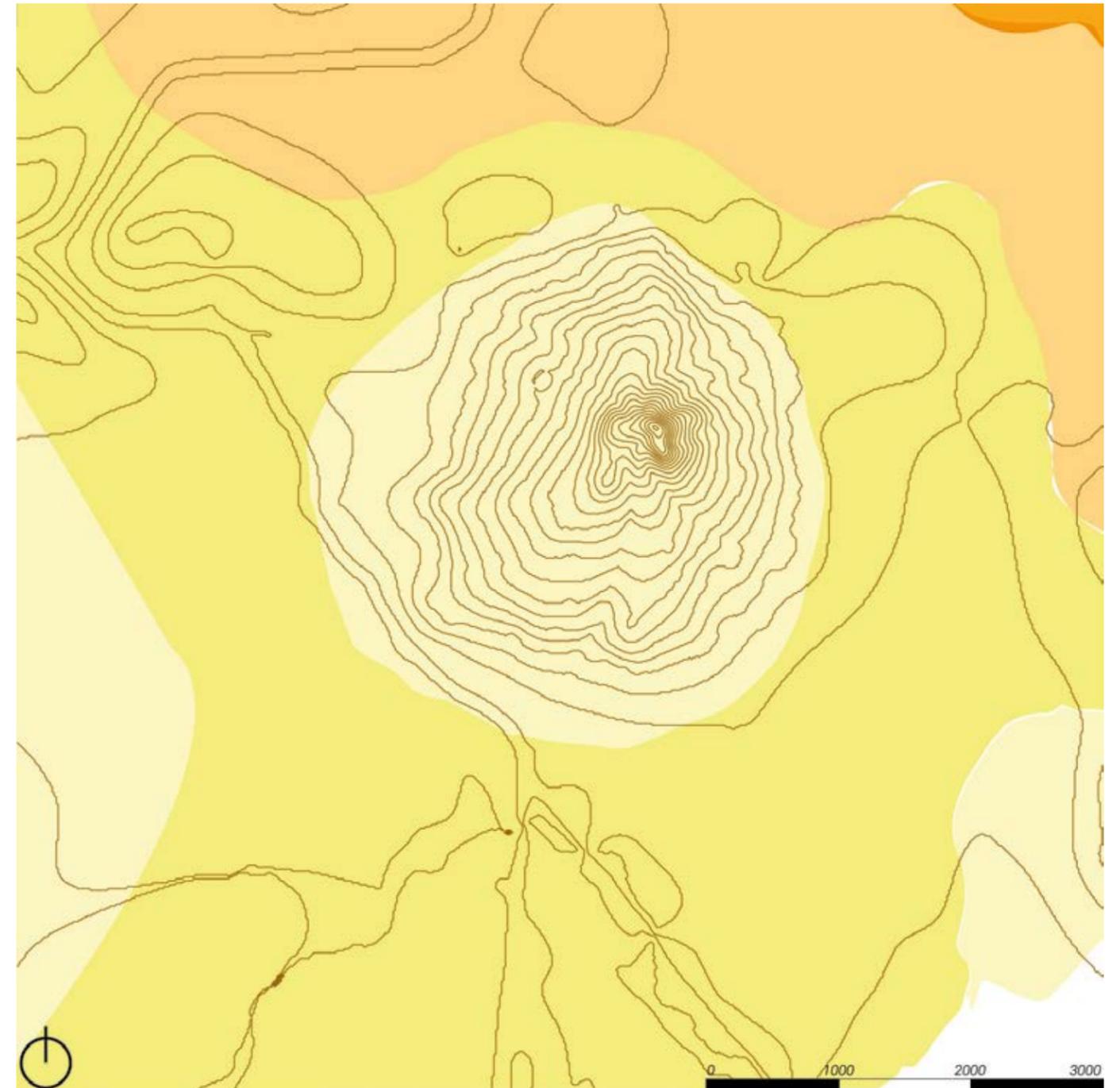


Fig. 3.18. Mapa Velocidad de Hundimiento

Fuente: Elaboración propia a partir del Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., 2011, p.55.

05 Escorrentías

Las escorrentías naturales que descienden de los cerros en Iztapalapa alimentaban a los lagos de Texcoco y Xochimilco. Actualmente estas escorrentías no son aprovechadas, al llegar a las partes bajas son canalizadas al sistema de drenaje . Al encontrarse pavimentadas las calles, estas escorrentías corren por la superficie de ellas y con frecuencia general inundaciones.

En el mapa observamos las escorrentías que se forman naturalmente en la topografía del Cerro de la Estrella que al llegar a las calles urbanizadas se canalizan con velocidad por las calles perpendiculares a las curvas de nivel.

Adicional a esta información, es pertinente mencionar que el corte estratigráfico del Cerro de la Estrella indica que el nivel estático del acuífero en la zona del Cerro de la Estrella es de 2175 msnm, siendo el nivel más bajo de la zona de lagos de la Ciudad.¹

¹ Nivel dinámico se refiere al nivel pizométrico que un pozo recupera después de haber sido explotado por un periodo desde su apertura, diferente al nivel estático que es el nivel al que se encuentra el acuífero. Ruíz, G., Estimation of the groundwater recharge in the aquifer of the Mexico City, in Procedia Environmental Sciences 25, 2015, pp. 223.

Clave

-  causas antiguos
-  escorrentías- vialidades



Fig. 3.19. Mapa Escorrentías.

Fuente: Elaboración propia a partir del Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., 2011, p. 62.

3.2.2 Medio Urbano

06 Cerro de la Estrella hacia 1521

Las modificaciones de la geomorfología e hidrografía del Cerro de la Estrella se remota a las primeras poblaciones que habitaron el territorio. Hasta el día de hoy se siguen conservando las trazas originales de los pueblos chinamperos alrededor del Cerro de la Estrella, los más notorios son los pueblos de Iztapalapa, Culhuacán y Mexicaltzingo.

Si bien el uso de suelo de las chinampas quedó atrás con la desecación de los lagos, la traza urbana aún se mantiene, así como el trazo de las principales avenidas.

Por ejemplo, la actual Av. Ermita Iztapalapa continúa el trazo del Albarradón de Mexicaltzingo, o calzada de Iztapalapa. Un camino cimentado en el fondo del lago con 8 km de longitud que comunicaba a Iztapalapa con la calzada de Tlalpa. Otro ejemplo es la actual Av. Canal Nacional, lo que antes era un camino en la costa del lago, ahora es una vialidad con un caudal al aire libre que sirve como límite entre las Alcaldías de Coyoacán e Iztapalapa.

En la cumbre del Cerro de la Estrella los Iztapalapas edificaron, hacia el año 1300 d.C. un complejo ceremonial conocido como Fuego Nuevo. En esta plataforma se realizaba cada 52 años la ceremonia del Fuego Nuevo, una ceremonia Mexicas que fue celebrada por última vez en 1507. La ceremonia representaba el equilibrio y orden del universo, en ella renovaban todas los objetos de culto y enseres domésticos, se encendía una hoguera que distribuía el fuego nuevo a todas las casas. Éste edificio prehispánico fue desenterrado y rehabilitado en 1973, además en 1998 se construye el museo de sitio Museo del Fuego Nuevo.

Los conquistadores, para llegar a México Tenochtitlán, llegaron del oriente y cruzaron por Iztapalapa, transitando por las calzadas de Canal de Garay y la calzada de Iztapalapa. A su llegada a Iztapalapa el Tlatoani Cuitláhuac recibe al ejército de Hernán Cortés y Bernal Día del Castillo en su palacio para retrasar su llegada a México Tenochtitlán¹, gracias a este encuentro tenemos narraciones del episodio que describen el lugar. Sabemos que el palacio contaba con un jardín, una huerta, estanques.

¹ Delegación Iztapalapa, Archivo Histórico, Iztapalapa, 2016, pp. 29-31



Fig. 3.20. Pueblo de Iztapalapa y Cerro de la Estrella, 1940. Fuente: Fundación ICA.

Clave

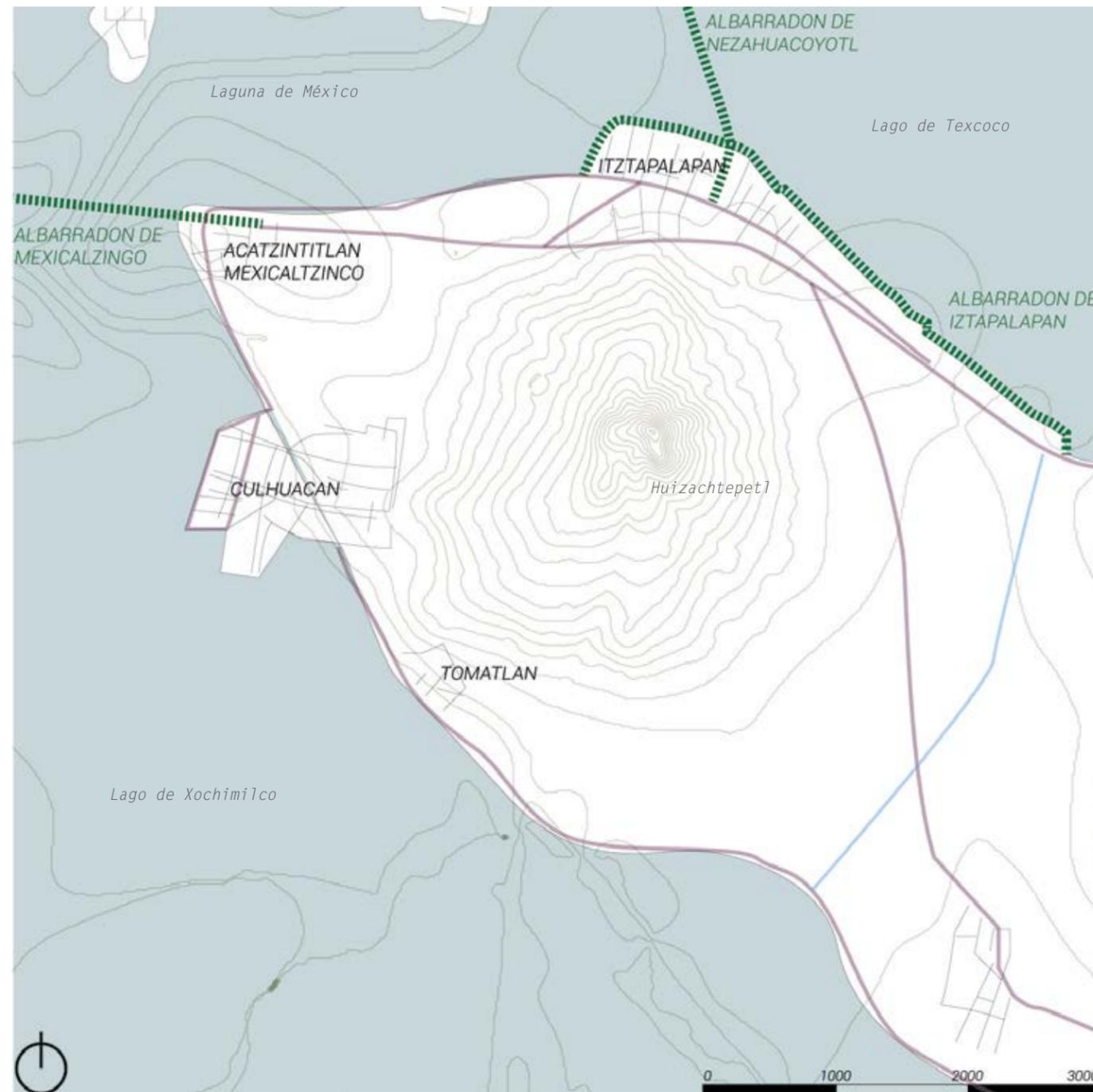


Fig. 3.21. Mapa Iztapalapa antes hacia 1521.

Fuente: Elaboración propia a partir de: González Aparicio, Plano Reconstructivo de la región de Tenochtitlán, SEP-INAH, México, 1980.

07 Urbanización Siglo XX

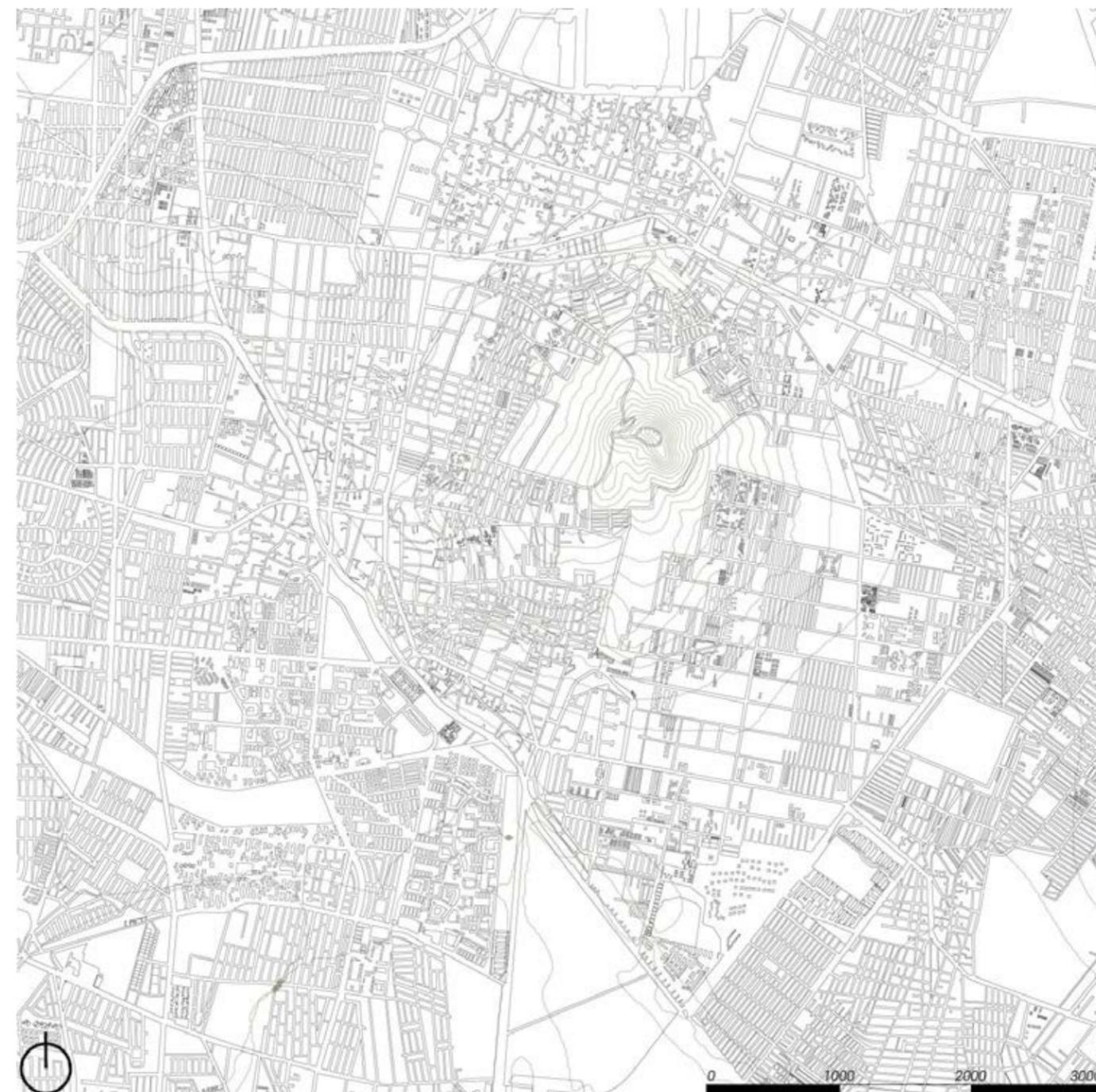
Para 1910 la Ciudad de México cubría una extensión de 40 km² con una población total de 471 mil habitantes, en 1906 es establecida Iztapalapa como municipio con cerca de 10,440 habitantes. La superficie poblada en Iztapalapa correspondía a los pueblos originarios: 7,200 vivían en la cabecera de Iztapalapa.

De 1900 a 1941 el crecimiento urbano está centralizado en las cabeceras de Iztapalapa y Culhuacán, la superficie de la delegación no habitada corresponde a suelo de milpas y chinampas.

A partir de 1960 los desplazamientos de habitantes del centro de la Ciudad de México a la periferia impulsan el crecimiento poblacional en la delegación.

En 1970 se lleva a cabo la expropiación de chinampas para construir la Central de Abastos. Además, en la misma década se desarrolla el polígono industrial Santa María Industrial al norponiente del Cerro de la Estrella.

En el último periodo graficado, de 1970 a 1980 la población se duplica, de 0,522 a 1,262 millones de habitantes (INEGI, 2016).



08 Vialidades

Las vialidades primarias localizadas en el polígono son:

- Eje 8 Calz. Ermita Iztapalapa
- Av. Tláhuac
- Eje 3 Ote. Arneses
- Canal Nacional
- Calz. Taxqueña
- Av. Santa Ana
- Eje 2 Ote. Calzada de la Viga
- Eje 5 Ote Av. Javier Rojo Gómez

Las vialidades de alta velocidad son:

- Av. Río Churubusco
- Anillo Periférico Canal de Garay

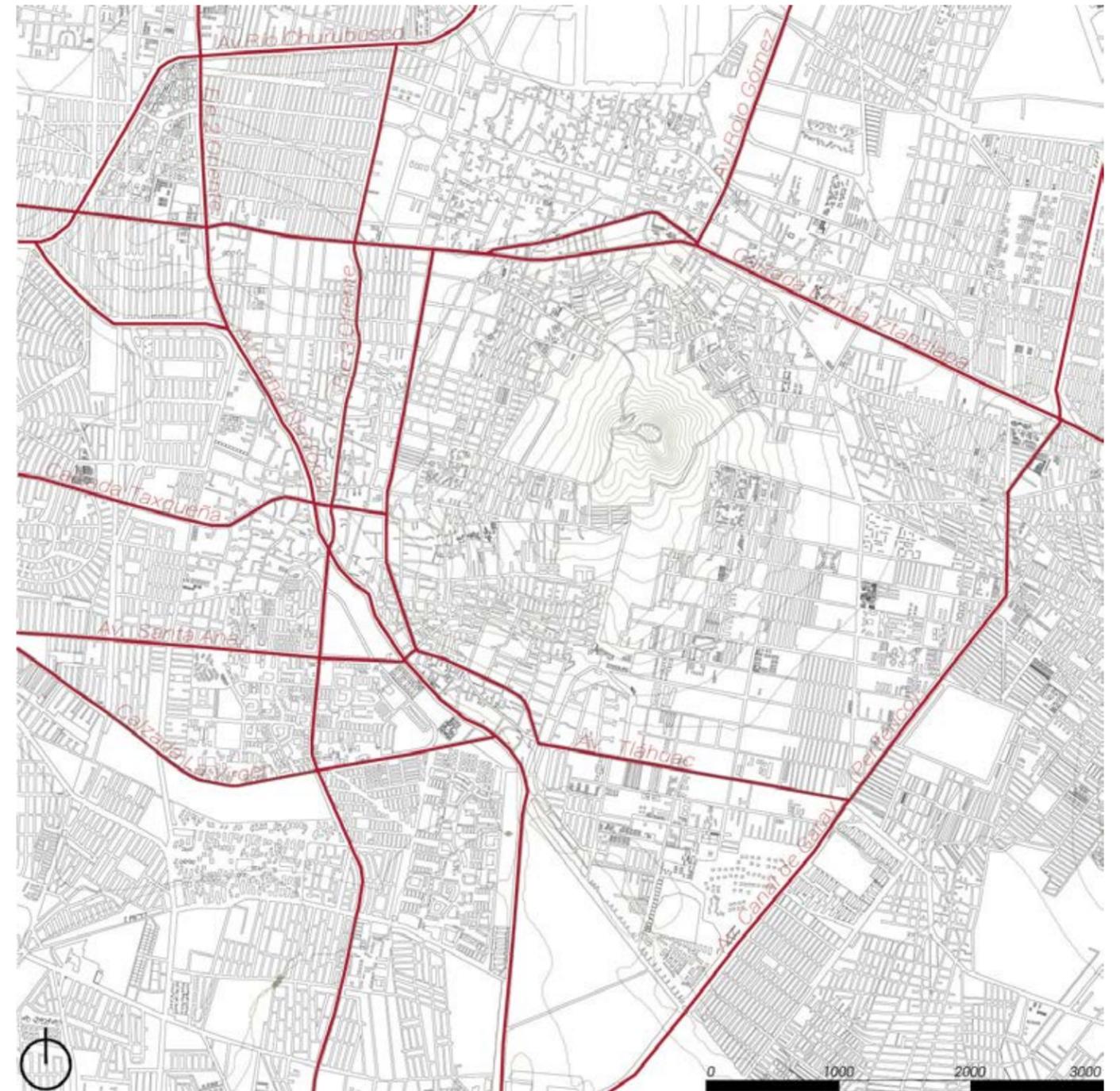


Fig. 3.24. Vialidades del Cerro de la Estrella.

Fuente: Elaboración propia a partir de: Google Maps, 2017.

09 Transporte público

El transporte público en el polígono es metro y sistemas colectivos, en el año 2017 se anunció una extensión de Metro Bus que transitará por Iztapalapa.

Las líneas de metro que transitan en el polígono son la línea 8 y las 12. La construcción de la línea 8 pertenece al programa Maestro del Metro de 1985, horizonte 2010. La línea 12 corresponde al plan de crecimiento de la Red de 1996, horizonte 2020.

La línea 8, color verde, tiene una longitud de 20 km, integrada por 19 estaciones. Fue inaugurada en 1994, siendo la última obra de la Quinta Etapa del Metro. Tiene correspondencia con la línea 12 en la estación Atlalilco con el transbordo peatonal subterráneo más largo del metro. La afluencia total de la línea es de 130,644 millones de usuarios al año¹, la estación Constitución de 1917 se encuentra entre las estaciones con mayor afluencia del sistema.

La línea 12, color dorado, tiene una longitud de 24.5 km, integrada por 20 estaciones, fue inaugurada en el 2012. Tiene una afluencia de 114,245,007 usuarios al año.

La ampliación de la línea 5 del Metro Bus fue anunciada en el 2017 para apoyar la movilidad al suroriente de la ciudad, el proyecto se encuentra aún en construcción.

¹ STC Metro, CDMX, Afluencia por estación por línea 2017, en: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/operacion/cifras-de-operacion>

Clave

- MB Línea 5
- Línea 12
- Línea 8

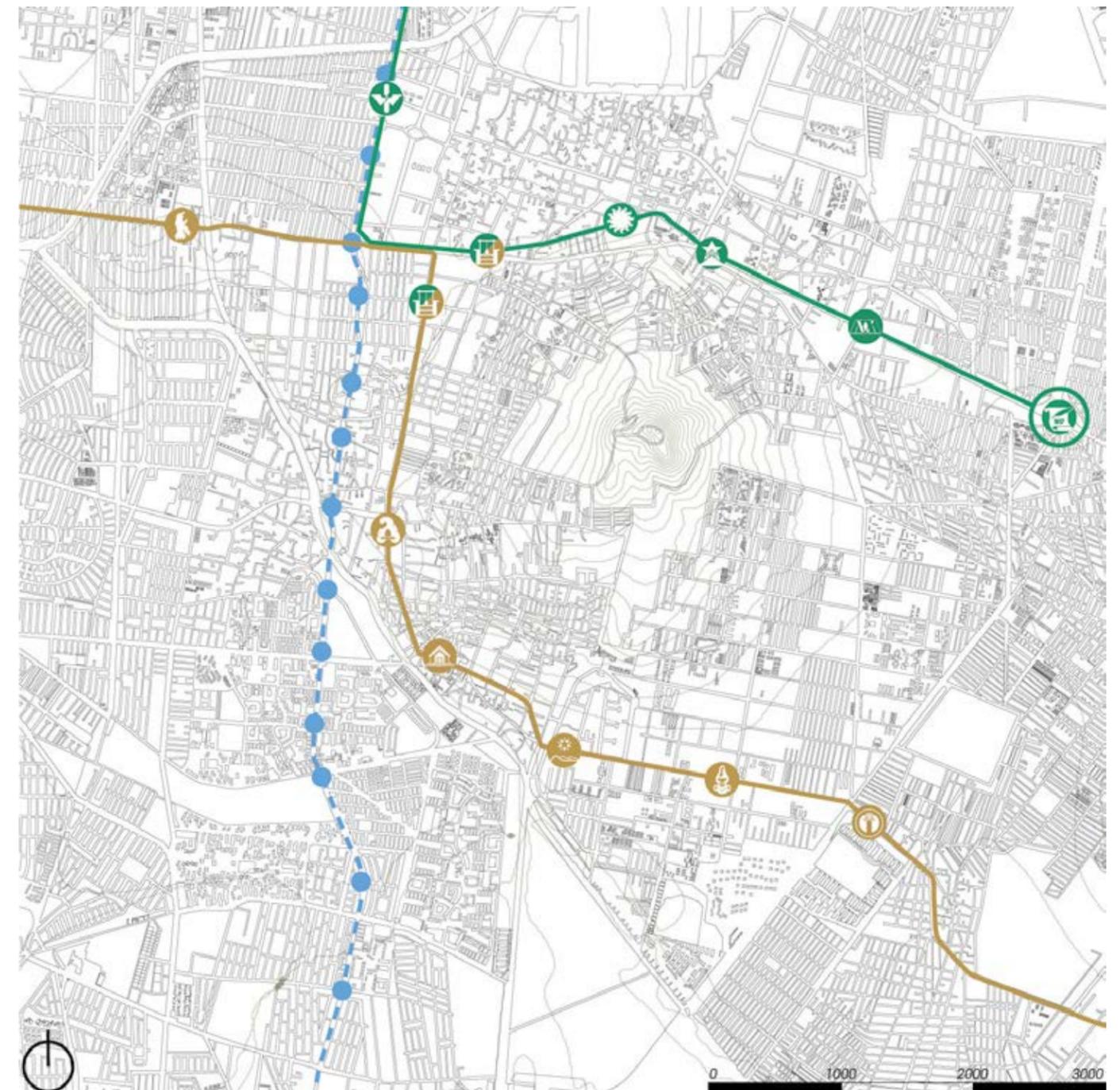


Fig. 3.25. Mapa de la Red de Transporte Público.

Fuente: Elaboración propia a partir de: INEGI, 2010; y Google Maps, 2017.

10 Áreas verdes

La vegetación y el uso actual de la Alcaldía Iztapalapa están influenciados por los diferentes pisos altitudinales (Delegación Iztapalapa, 2011). En las porciones bajas, el nivel de ocupación del suelo urbano sobre natural está generalizado. Mientras que en las áreas de pie de monte y ladera montañosa, gracias a la presencia de reservas naturales predomina el suelo de conservación, es decir, sin asfaltado ni población presente.

Estas áreas Naturales Protegidas ofrecen diversos servicios ambientales, tales como la recarga del acuífero, captura de CO₂ y áreas de recreación. En 1938 se decretó como Parque Nacional el Cerro de la Estrella con una superficie de 1,100 ha, sin embargo, por la pérdida de ecosistema natural para la flora y fauna perdió la categoría de Parque Nacional y en 2005 el Gobierno del Distrito Federal declara un polígono de 121 como área natural protegida bajo el nombre Zona Ecológica y Cultural Cerro de la Estrella¹. Para su conservación y rehabilitación en 2007 se aprobó el Programa de Manejo del Área Natural Protegida Cerro de la Estrella, con programa de recuperación de área natural, y zonas de uso público, educativo y cultural.

Los polígonos de áreas libres al norte del área natural protegida (ANP) corresponde a los parques públicos donde se realiza la Pasión de Cristo de Iztapalapa, a pesar de no contar con equipamiento fijo y atractivo es respetado por su valor social. Al este del ANP se encuentra el Panteón San Nicolás Tolentino, con una superficie de 111 ha es una colindancia que ha limitado el crecimiento de asentamientos urbanos irregulares al sureste del ANP. El polígono que colinda con el ANP al oeste corresponde a equipamiento de Sacmex.

¹ Gaceta Oficial del Distrito Federal, 16 de abril de 2007, No. 62, pp. 26.

Clave

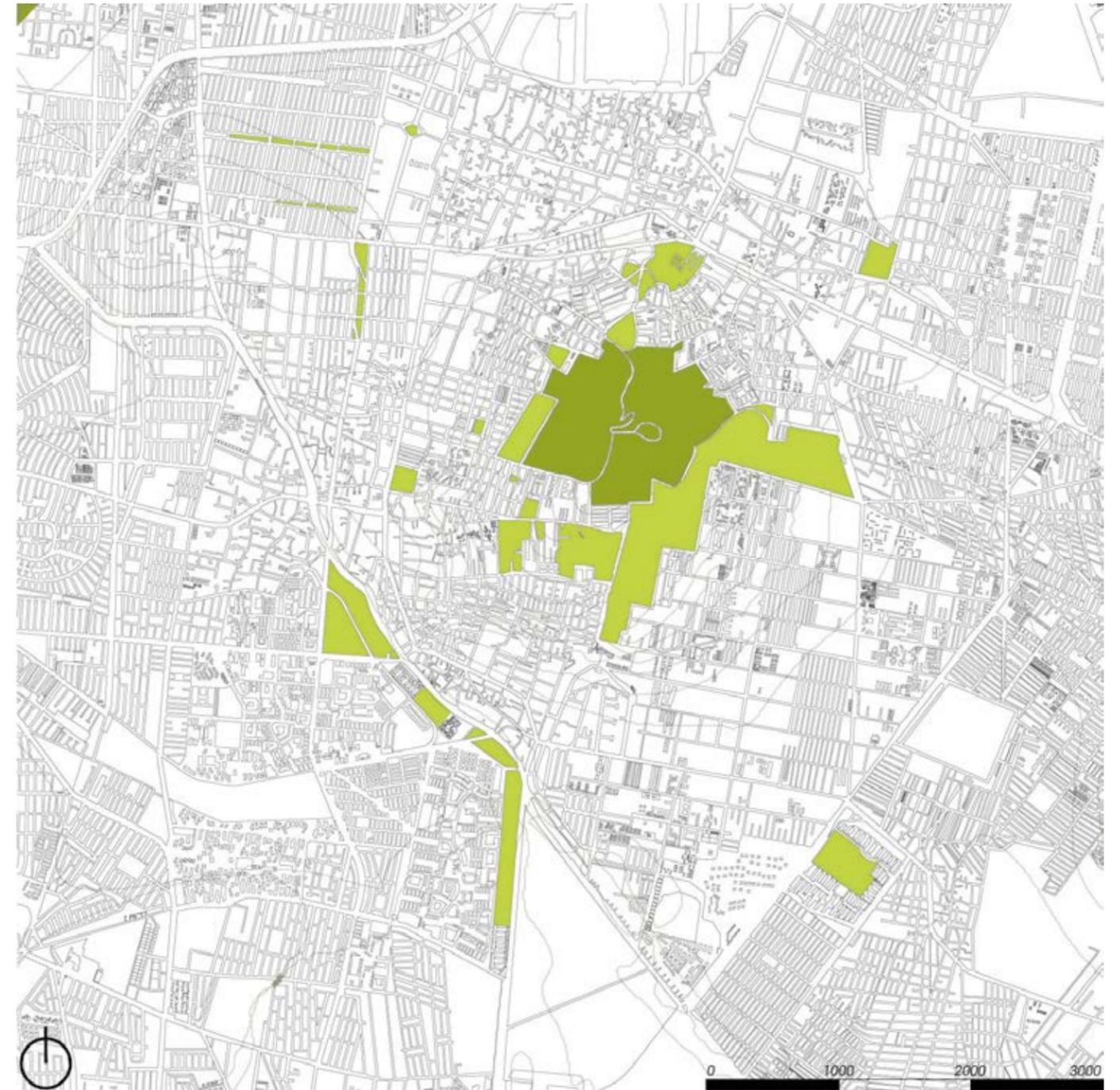


Fig. 3.26. Mapa Áreas Verdes.

Fuente: Elaboración propia a partir de: INEGI, 2010 y Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., 2011, p. 12.

11 Riesgo de inundación

El fenómeno hidrometeorológico que afecta a Iztapalapa son las lluvias intensas, la zona alta del Cerro de la Estrella tiene una precipitación anual de 700-800 mm, mientras que las planicies lacustres tienen una precipitación anual de 600-700 mm.

El mapa muestra las principales escorrentías y zonas con riesgo de inundación, que coinciden con el destino final de las escorrentías. Al conducirse las antiguas escorrentías de las cañadas del cerro a las calles pavimentadas, el agua de lluvia pierde la oportunidad de correr por suelo volcánico e infiltrarse al acuífero y gana velocidad al no ser ralentizada en el camino por la vegetación.

La información que presentamos en el mapa es la conclusión de un cruce de las variables que definen las inundaciones en Iztapalapa¹: la altura máxima de la lámina de agua, la extensión máxima de la inundación, la densidad de las inundaciones, la subsidencia del suelo y la pendiente del terreno. Estas variables definieron los niveles de peligros de inundación en Iztapalapa de (1998-2005).

Los peligros más altos corresponden al nororiente de la alcaldía, en la zona del Peñón del Marqués, y al norponiente del Cerro de la Estrella. Mientras las más bajas corresponden a zonas en la planicie lacustre, al norte y sur del Cerro de la Estrella. Al fenómeno de inundación se le asigna un nivel de peligrosidad MUY ALTO en el Atlas de Riesgo de la Delegación Iztapalapa.

¹ Vera M., Determinación de niveles de peligro de inundación en la Delegación Iztapalapa 1998- 2005, UNAM, 2008.

Clave

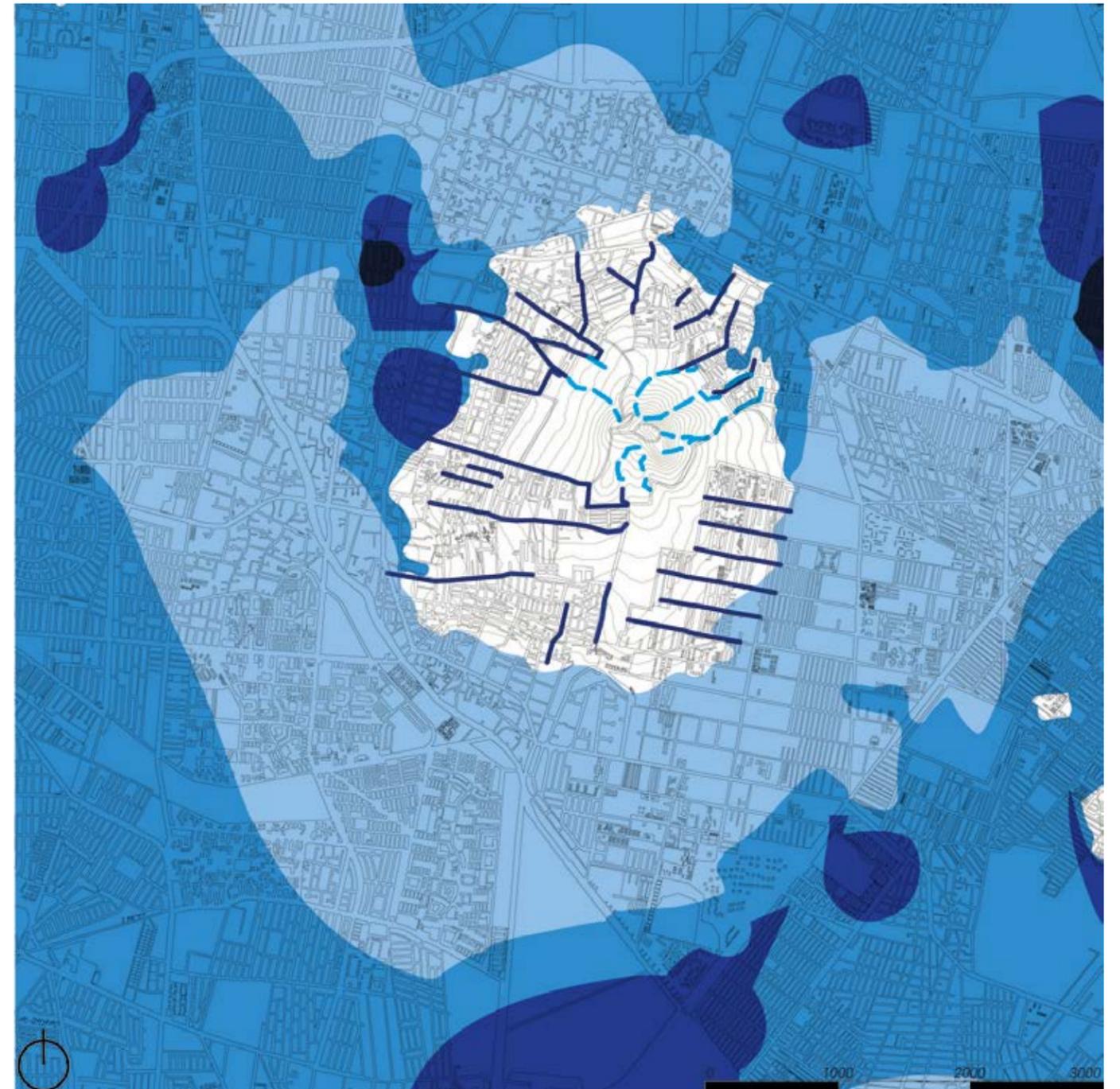
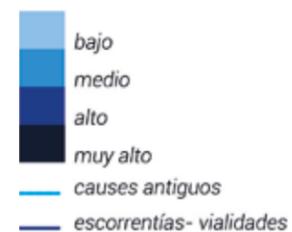


Fig. 3.27. Mapa Riesgo de Inundación

Fuente: Elaboración propia a partir de: Vera, M., 2008.

12 Inundaciones históricas

Si bien los niveles de riesgo de inundación ya están definidos, en este mapa se indican las colonias que han registrado inundaciones al rededor del Cerro de la Estrella. No necesariamente corresponden a las cotas más bajas del polígono.

Clave

-  colonias afectadas por inundaciones
-  causes antiguos
-  escorrentías- vialidades

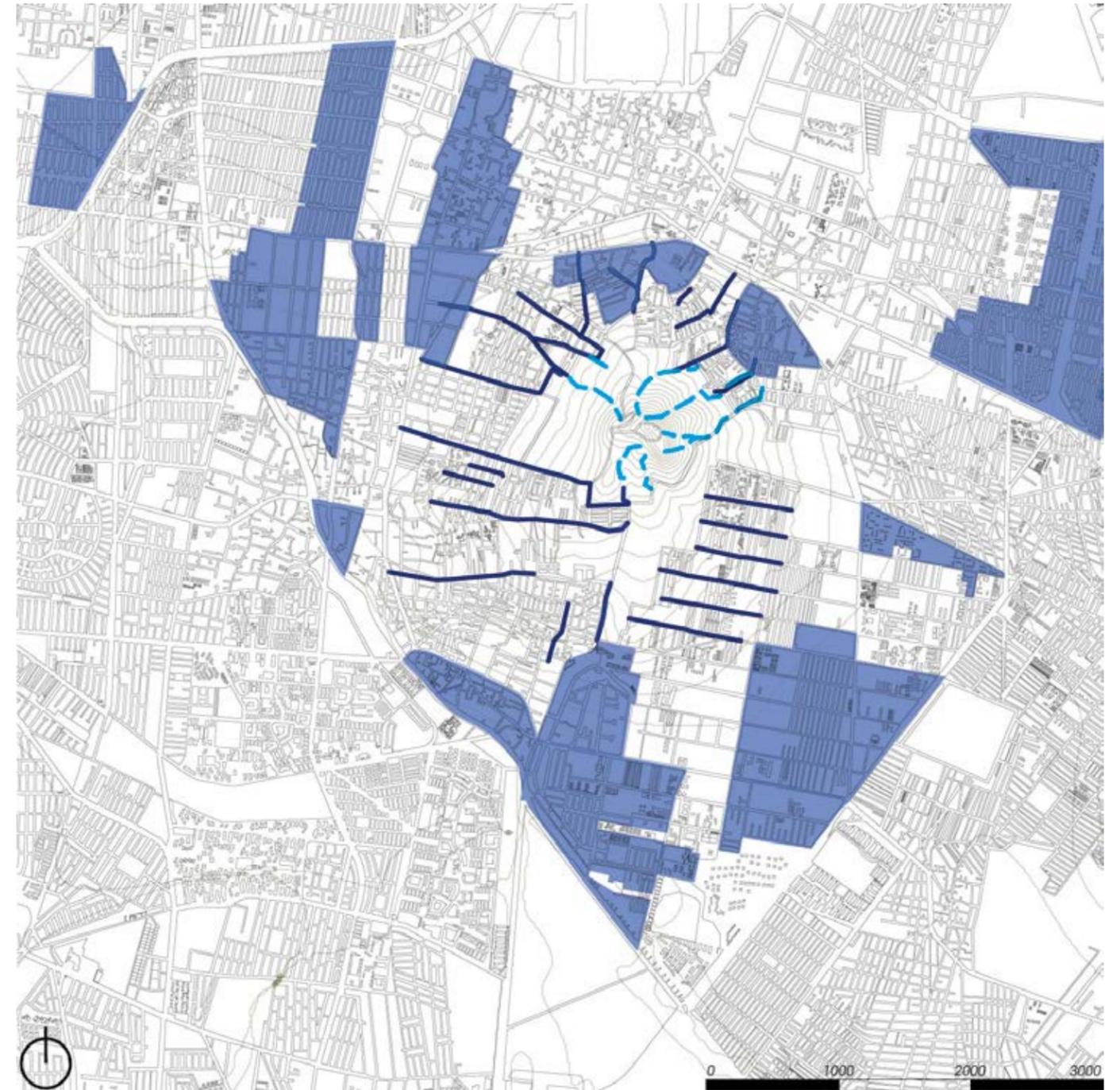


Fig. 3.28. Mapa Colonias con Inundaciones Registradas.

Fuente: Elaboración propia a partir de: Vera, M., 2008.

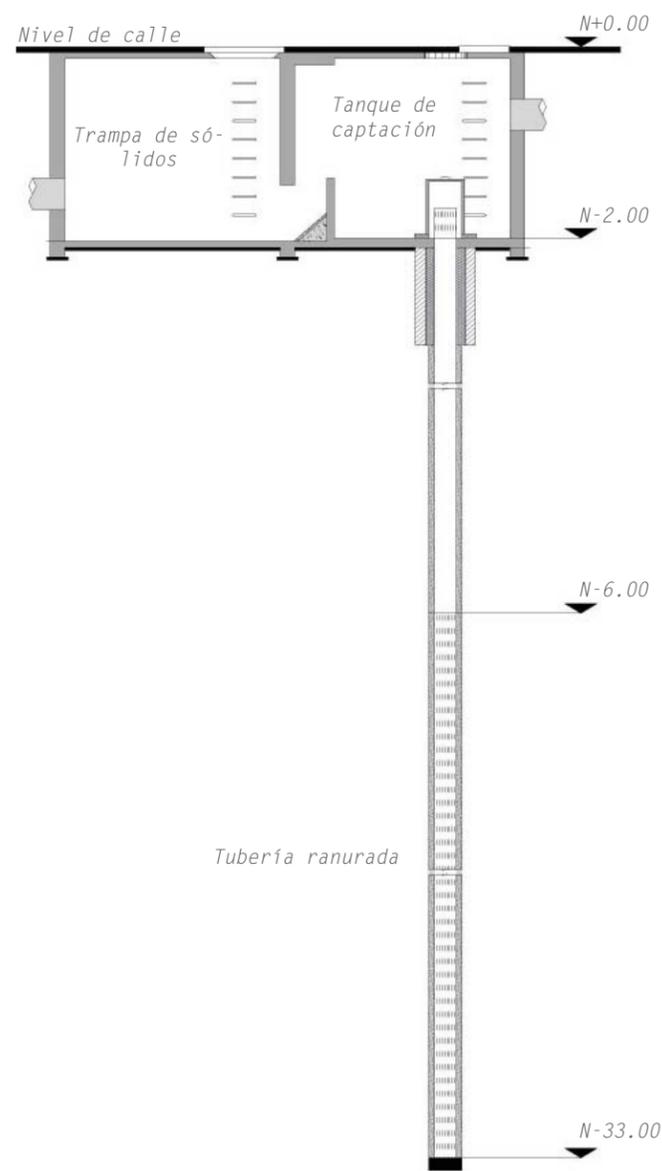


Fig. 3.29. Sección de un pozo de infiltración piso.
Fuente: *Ibidem*, pp. 48.

13 Sistema de drenaje

El sistema de drenaje de la Ciudad de México se conforma del sistema de drenaje y el sistema de tratamiento de aguas residuales, en Iztapalapa funciona de la misma manera, sumando unas estrategias alternativas para el manejo de agua pluvial.

En cuanto al sistema de drenaje, bajo la vialidad Eje 3 se encuentra el interceptor Oriente, que recoge los ramales secundarios de la zona sur y oriente de la ciudad; El Canal de Garay, al suroriente del Cerro de la Estrella, conduce un caudal de agua residual y lo conduce a Canal Nacional; al norte del polígono se encuentra el Río Churubusco, drenaje al que se integra el caudal de Canal Nacional. Todos estos caudales son bombeados para ser desalojados por medio sistema de drenaje profundo.

Al sureste del Cerro de la Estrella en la av. San Lorenzo se encuentra la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Cerro de la Estrella, que trata agua de seis alcaldías y cuya efluencia es aprovechada para el riego y alimentación de zonas recreativas y de cultivo, principalmente de la Alcaldía Xochimilco.

En la Alcaldía Iztapalapa se ha implementado un programa de gestión del acuífero, el proyecto se desarrolló conjuntamente con SACM y programa consiste en a) la construcción de gaviones para captar escorrentías en los cerros, b) pozos de infiltración en calles con trampa de sólidos, y c) pozos a cielo abierto. Se calcula que la captación de agua pluvial a través de esta infraestructura sea mayor al agua potable distribuida a la población¹.

¹ Hernández A., Delegación Iztapalapa, Gestión de Recarga del Acuífero, mayo del 2013, en: agua.org.mx

Clave

- pozos de filtración
- cuerpo de agua
- planta de tratamiento
- canal a cielo abierto
- - - canal entubado
- drenaje profundo

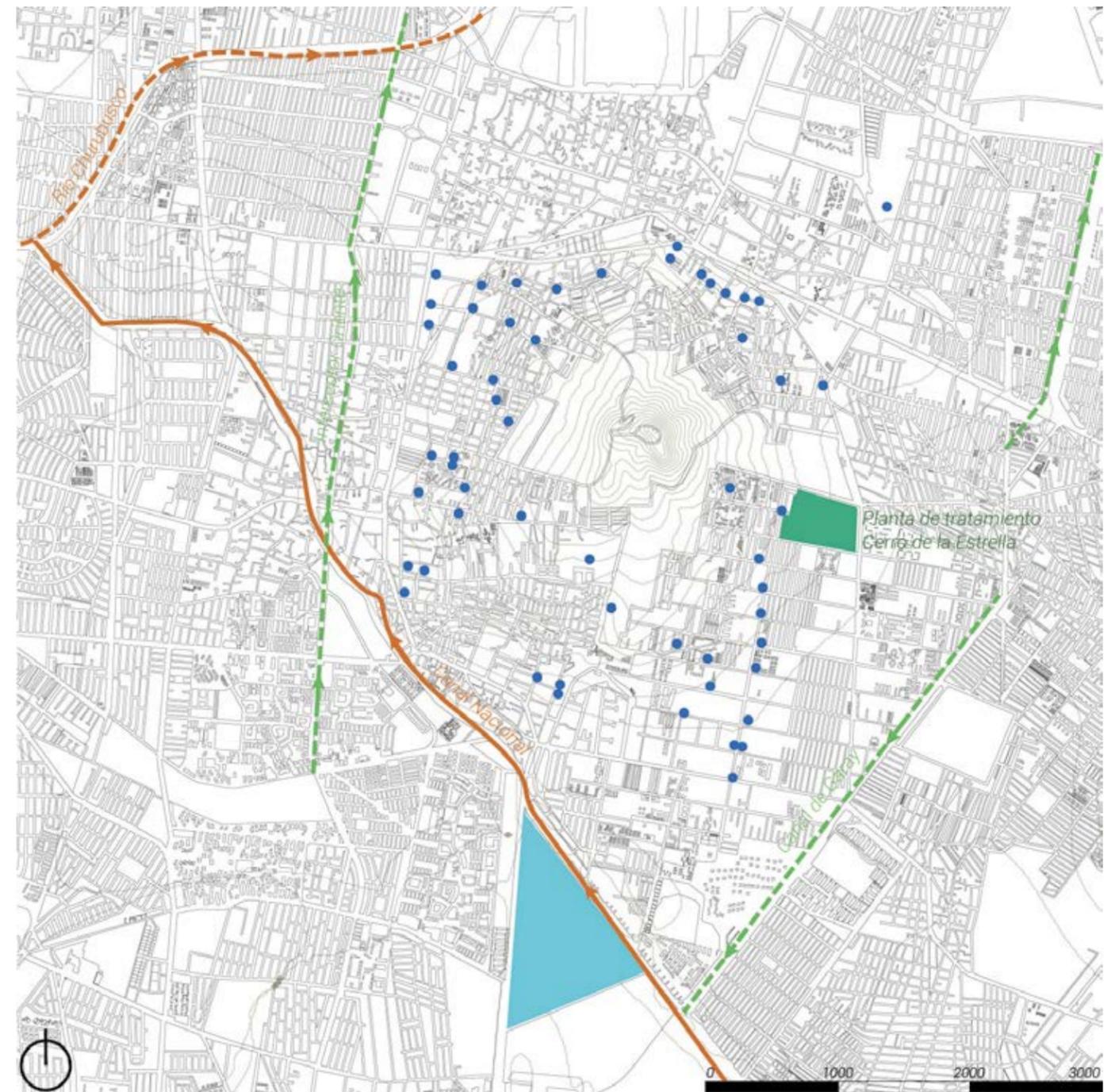


Fig. 3.30. Mapa Sistema de Drenaje.

Fuente: Elaboración propia a partir de: Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., 2011, p. 62.; y, Hernández, A., Gestión de la Recarga del Acuífero, Delegación Iztapalapa, 2013, p. 66.

3.2.3 Medio Social

14 División política

La Alcaldía Iztapalapa se encuentra al oriente de la Ciudad de México, el polígono del Cerro de la Estrella colinda en sus proximidades con las Alcaldías de Coyoacán, con el Canal Nacional al oriente; con la Alcaldía Xochimilco, en el extremo sur del Canal Nacional, en la Ciénega Grande; y con la Alcaldía Tláhuac al sureste.

Si bien las divisiones políticas no delimitan las problemáticas ni dinámicas sociales, sí el alcance de los programas parciales y la administración de los proyectos para mitigar los problemas. Por esta razón es pertinente conocer los límites de la alcaldía y los polígonos de estudio que se encuentran en otras alcaldías.



Fig. 3.31. División Política, Alcaldías.

Fuente: Elaboración propia a partir de: Google Maps, 2017.



Fig 3.32. Iglesia de San Lucas, por William Henry Jackson, C. 1888.
Fuente: mexicoenfotos.com

15 Barrios de Iztapalapa

Para el Programa de Desarrollo Urbano de Iztapalapa, son zona patrimonial el Cerro de la Estrella, la Hacienda de San Lorenzo y los 14 pueblos originarios y 8 barrios. Los 14 pueblos se encuentran en diferentes localizaciones dentro de la alcaldía y los 8 barrios se encuentran en el centro. Al norte, los barrios colindan con la Central de Abastos; al sur con la Av. Ermita Iztapalapa; y al oeste con la colonia Granjas San Antonio.

El origen de estos barrios no es propiamente prehispánico, sin embargo la relación que aún conservan estos barrios con la pirámide del Fuego Nuevo por tradiciones religiosas es tal que se conserva un vínculo espacial entre calles y áreas libres que comunican al Barrio de San Lucas con el Cerro de la Estrella, esto a pesar del crecimiento urbano desmesurado que ha sufrido la alcaldía.

Los barrios fueron establecidos, como la mayoría de barrios y pueblos del Valle de México, durante la Colonia, en territorios que ya contaban con una población fija por haber sido pueblos prehispánicos. A cada barrio se le daba una advocación y una santa o santo patrón, así la fiesta patronal era determinante para la formación de la identidad del pueblo. Hoy en día estos barrios continúan manteniendo sus tradiciones, usos y costumbres y sistema normativo.

La política administrativa de la alcaldía no coincide con la administración tradicional de estos barrios originarios, sin embargo, son reconocidos en el Programa de Desarrollo Urbano, donde se establece que se deberán conservar las tazas y características de las edificaciones. Dentro del perímetro de los 8 barrios se encuentra la Sede Alcaldía Iztapalapa, la Macroplaza Cuitláhuac, la Parroquia de San Lucas Evangelista, y diversos equipamientos.

Barrios Originarios Iztapalapa:

1. Barrio de San Pedro.
2. Barrio de San José.
3. Barrio de la Asunción.
4. Barrio de San Ignacio.
5. Barrio de Santa Bárbara.
6. Barrio de San Lucas.
7. Barrio de San Pablo.
8. Barrio de San Miguel.

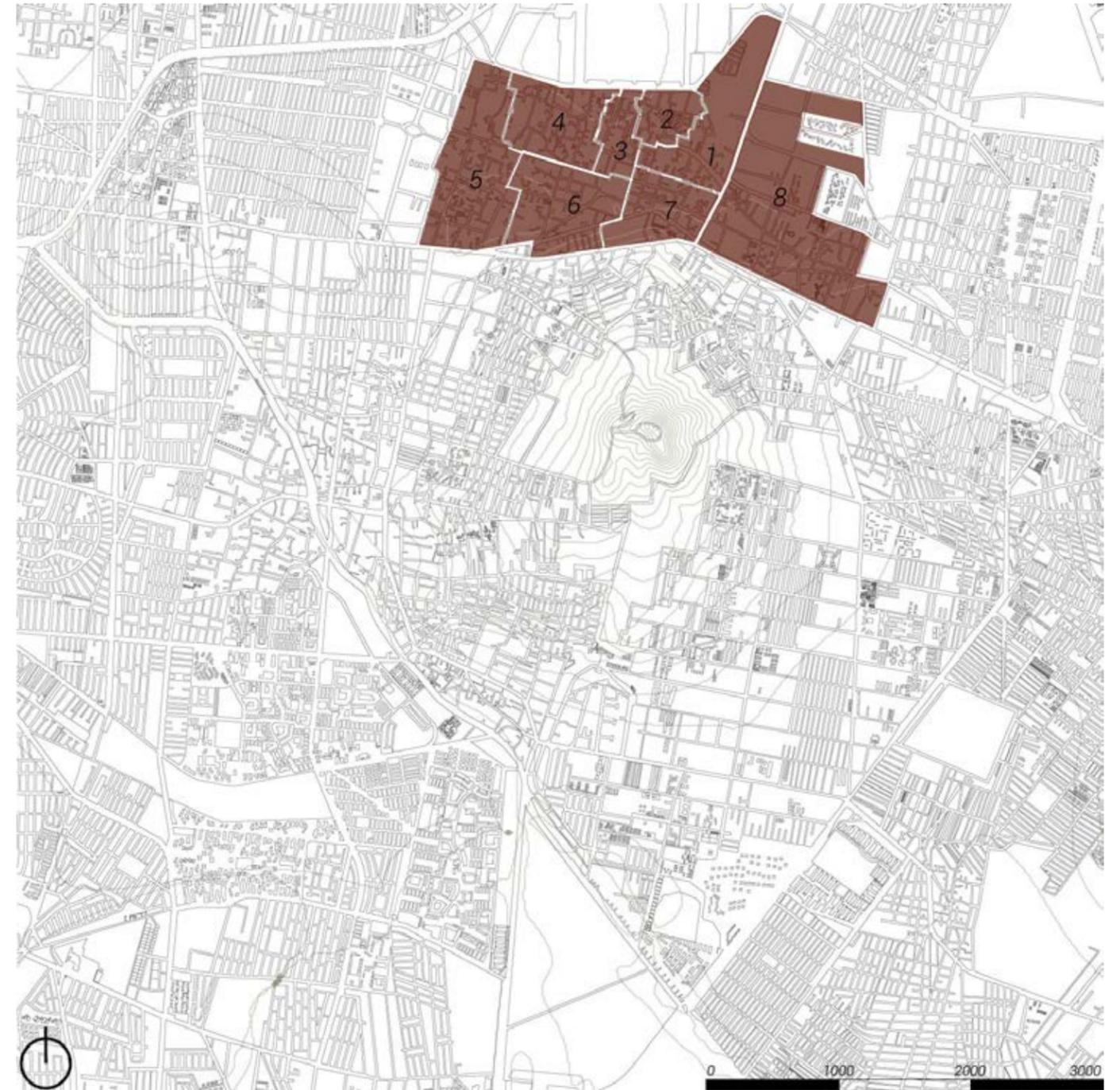


Fig. 3.33. Mapa Barrios Originarios de Iztapalapa.

Fuente: Elaboración propia a partir de: Bautista, B., Barrios de la Ciudad de México, caso de Iztapalapa, UNAM, CDMX, 2016, p. 60.



Fig. 3.34. Embarcadero del Ex-Convento de Culhuacán.
Fuente: mxcity.mx

16 Pueblo de Culhuacán

El Pueblo de Culhuacán está ubicado entre las alcaldías de Iztapalapa y Coyoacán, está definido a partir de 11 barrios, correspondientes a 16 colonias, 13 en Iztapalapa y 3 en Coyoacán. Al oriente los barrios de Culhuacán limitan con el ANP Cerro de la Estrella y al sur con el Canal Nacional. A pesar de las diferencias político administrativas, la cohesión social del barrio ha permitido que se continúen las tradiciones y se logre administrar el territorio.

El origen de este pueblo es prehispánico, durante el virreinato la orden Agustina fundó en este pueblo el convento de Culhuacán. En el siglo XVIII, con las reformas borbónicas, se definieron los diversos barrios con su advocación y capilla propia; cada capilla dedicada a un santo patrono. En la actualidad algunos barrios han desaparecido o se han separado. El barrio recibió el título de Barrio Mágico por la Secretaría de Turismo del Distrito Federal en junio del 2012.

En el pueblo se encuentran inmuebles de valor histórico reconocido y protegidos por el INAH, como las cruces del barrio, el ex-Convento de Culhuacán, el embarcadero y molino de papel del convento, la Capilla de Nuestra Señora de Santa Ana, el Santuario del Sr. del Calvario y la Parroquia de San Juan Evangelista, además de algunas casas habitación.

El calendario de celebraciones y festividades del pueblo es vasto, cada barrio tiene su propia semana de celebraciones de acuerdo a su patrono. La celebración del señor del Calvario es la festividad en la que participan los 11 barrios. En la tesis Paisaje de Culhuacán de la carrera de Arquitectura de Paisaje encontramos un diagnóstico de las problemáticas que presentan los barrios para llevar a cabo los festejos son falta de sombra, accesibilidad universal, nodos conflictivos y riesgo de inundación.

Barrios Originarios Culhuacán:

- 1.Barrio Los Reyes.
- 2.Barrio de San Antonio.
- 3.Barrio La Magdalena
- 4.Barrio de San Juan
- 5.Barrio de Santa Ana.
- 6.Barrio de San Francisco
- 7.Barrio de Tula
- 8.Barrio de Culhuacan.
- 9.Barrio San Simón.
- 10.Barrio San Andrés Tomatlan
- 11.Barrio Santa María Tomatlan

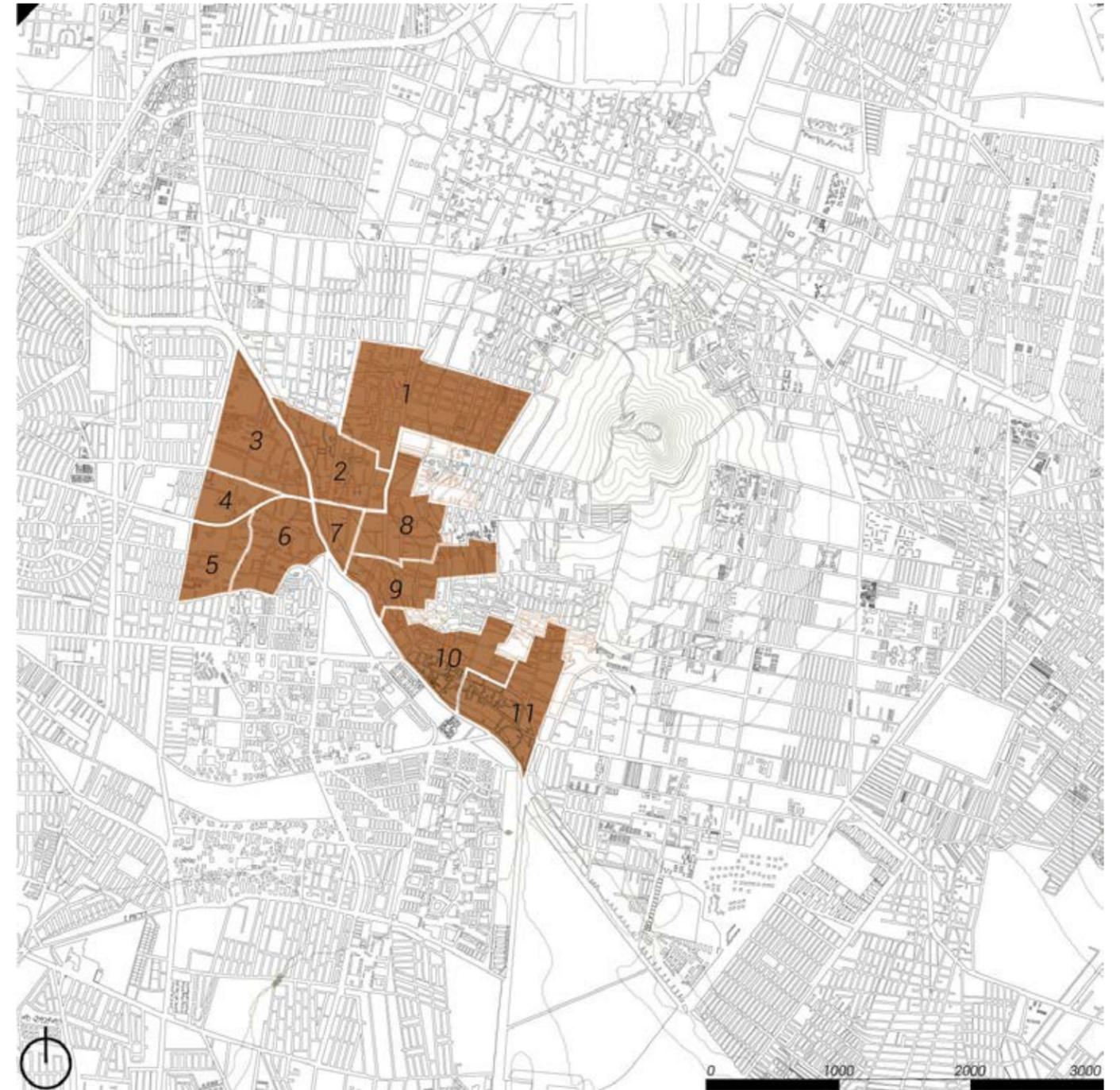


Fig. 3.35. Mapa Pueblo de Culhuacán.

Fuente: Elaboración propia a partir de: Torres Carlos, Tesis práctica *Criterios de Diseño para el Paisaje Festivo de Culhuacán: La Santísima Trinidad*, Facultad de Arquitectura, UNAM, CDMX, 2016.

17 Densidad

La densidad promedio de la alcaldía es de 156 hab/ha, la unidad de análisis es por colonia. Seis de las colonias con mayor densidad corresponden a barrios originales, mientras que de las áreas menos pobladas encontramos al ANP del Cerro de la Estrella, a la colonia Santa María Industrial al poniente del cerro.

Clave

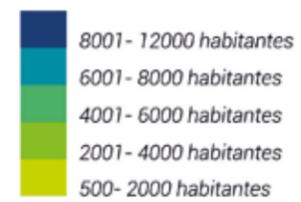


Fig. 3.36. Mapa Densidad.

Fuente: Elaboración propia a partir de: Estimaciones de CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010.

18 Marginación

El índice de marginación surge ante la necesidad de entender la situación de la población dentro del horizonte urbano para procurar mejorar la calidad de vida de todos los habitantes. El ingreso o la densidad no son información suficiente para tener un diagnóstico apropiado. El Consejo Nacional de Población, CONAPO, ha desarrollado un indicador para conocer el grado de marginación de una población.

Este grado de marginación define un fenómeno estructural múltiple que valora dimensiones, formas e intensidades de exclusión en el proceso de desarrollo y disfrute de sus beneficios de una población (CONAPO, 2010). Este índice se calcula con nueve indicadores de las dimensiones socioeconómicas: educación, vivienda, distribución de la población e ingresos.

En el polígono del Cerro de la Estrella observamos como el Ageb correspondiente al ANP tiene un alto grado de marginación, debido a que el ANP no tiene un uso de suelo habitacional y por lo tanto tiene red de servicios básicos (agua y drenaje). Por otra parte, es notorio que los Agebs de la delegación Coyoacán tienen en general un nivel de marginación bajo, los Agebs correspondientes a los barrios originarios tienen un grado de marginación medio y que los Agebs colindantes a la av. Ermita Iztapalapa tienen un nivel de marginación muy bajo.

Clave

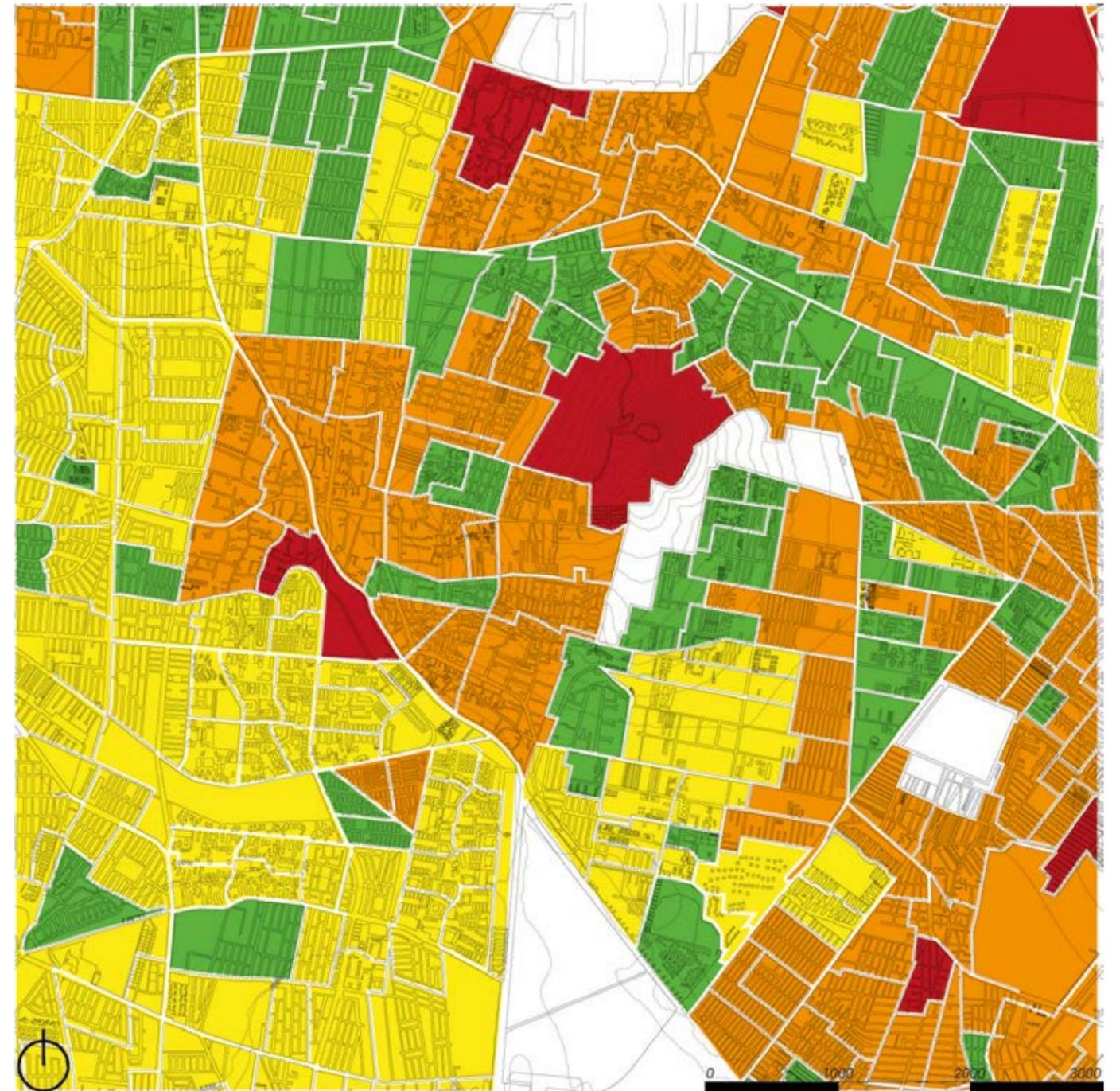


Fig. 3.37. Mapa Marginación

Fuente: Elaboración propia a partir de: Estimaciones de CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010.

3.3 Diagnóstico

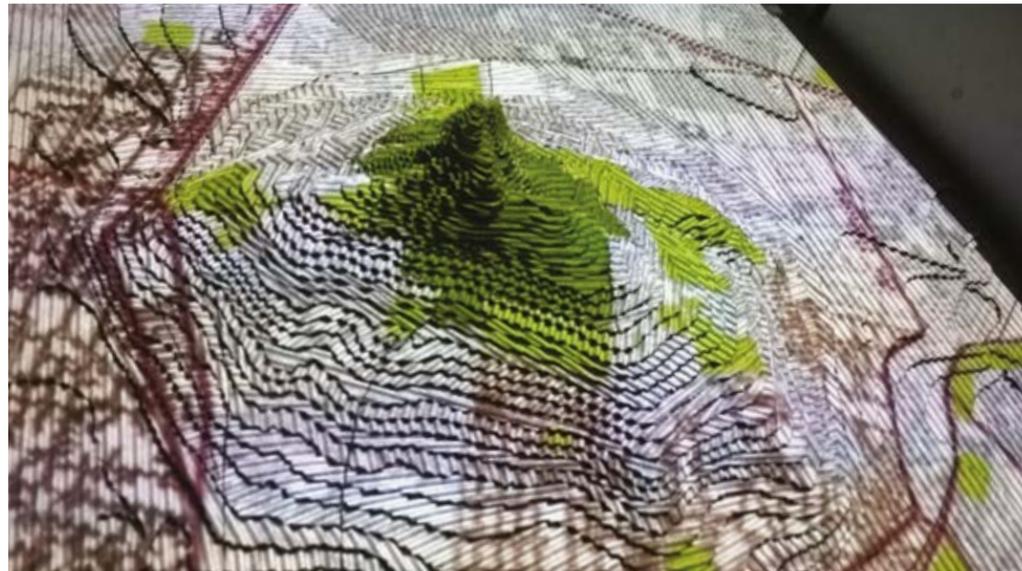


Fig. 3.38. Maqueta de estudio, proyección de las capas de información sobre la topografía del Cerro de la Estrella para la caracterización del área.

Elaboración del equipo

De acuerdo con la caracterización realizada, hicimos un análisis de las diferentes zonas del Cerro de la Estrella donde hay potenciales para trabajar. La región tiene potenciales en común, como es la presencia del ANP Cerro de la Estrella, la cohesión social gracias a las festividades, la relevancia histórica de varios sitios dentro del polígono, y los varios estudios realizados en la alcaldía ante las problemáticas de inundaciones, hundimientos y grietas.

La región en general también comparte problemáticas y amenazas, como es el crecimiento de asentamientos irregulares sobre el suelo de conservación, que causa pérdida de permeabilidad del cerro al estar asfaltado, una infraestructura sobrepasada en capacidad, niveles de compactación del suelo por la sobreextracción de agua del acuífero.

Observamos que al este el límite del ANP es el panteón, un equipamiento definido y sólido ha detenido el crecimiento de asentamientos irregulares sobre suelo de conservación. Al norte, la relación con el pueblo de Iztapalapa no ha limitado el crecimiento de la urbe sobre suelo natural, pero sí ha generado un acceso identificable al Cerro de la Estrella. Al poniente y al sur no hay algún límite duro que evita el crecimiento de asentamientos irregulares, solo un predio del Sacmex, y la barda perimetral.

El área analizada hasta ahora corresponde a un radio de 4 km aproximadamente, el polígono que a partir de ahora definimos para trabajar tiene una longitud máxima de 2 km. Este polígono corresponde al definido entre los pueblos de Iztapalapa y Culhuacán al norte y sur, al oriente por el límite del ANP Cerro de la Estrella y al poniente por el parque Arneses, ubicado sobre el Eje 3. En este polígono coinciden los niveles máximos de inundación de la zona, cuatro escorrentías importantes y un área de transición de suelo volcánico a lacustre.

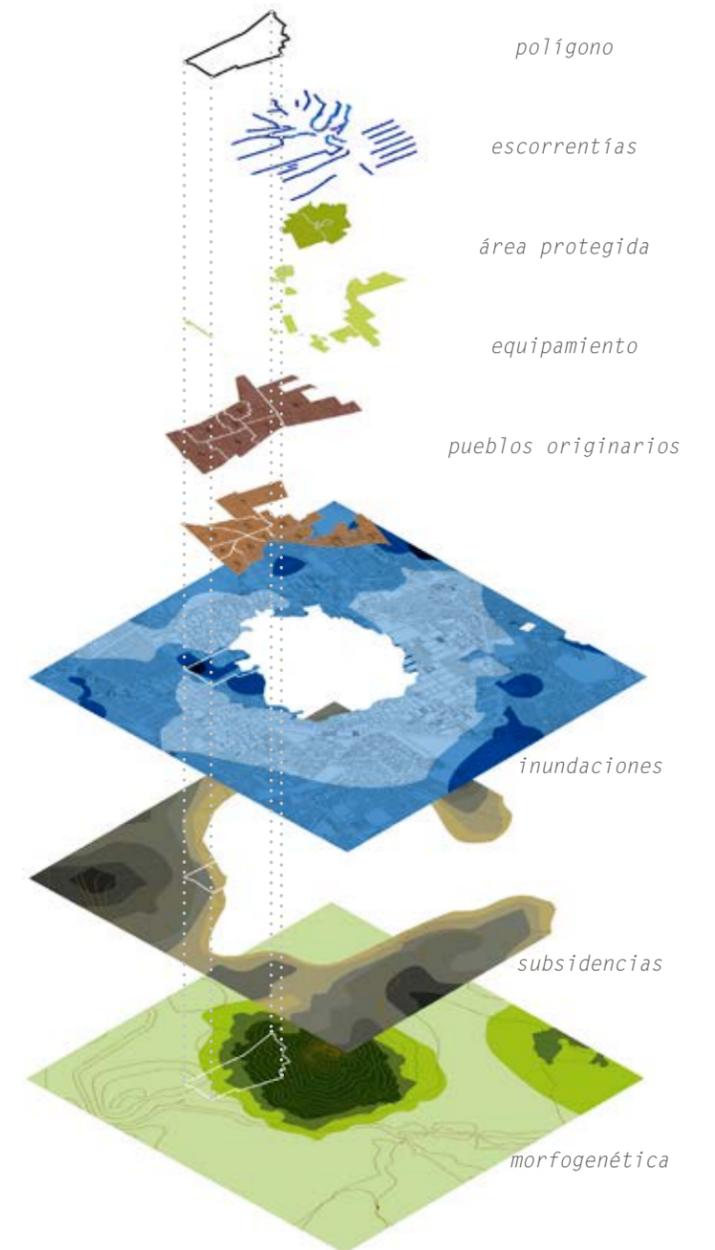


Fig. 3.39. Diagrama del polígono Cerro de la Estrella- Parque Arneses que muestra las capas principales para definirlo.

Elaboración propia.

3.4 Pronóstico

Con el actual sistema de gestión hídrica y el crecimiento constante de la urbanización irregular existe un horizonte cercano en que el suelo con valor ambiental de infiltración y ANP se perderán; además, la extracción de agua del acuífero no cesará y sus consecuencias (agrietamientos y subsidencias), harán cada día más vulnerable la calidad de vida de los habitantes de la zona.

El deterioro urbano que ha sufrido la zona del Cerro del Marqués es un escenario posible para todas las zonas de ladera montañosa urbanizadas: altos índices de hundimiento, aparición de grietas, deslizamiento del suelo e inundaciones.

Por las características estatigráficas del Cerro de la Estrella, la aceleración de los hundimientos causaría grietas y rupturas de infraestructura urbana: las líneas de metro subterráneas que transitan por la zona, los sistemas de colectores municipales y las propias vialidades.

El área de reserva del Cerro de la Estrella ha disminuido en más del 90% en un lapso de 80 años, siguiendo con la tendencia es probable que se pierda hasta los límites de la zona arqueológica en un periodo de 30 años si no se protege e implementa un programa de densificación en suelo ya urbanizado.

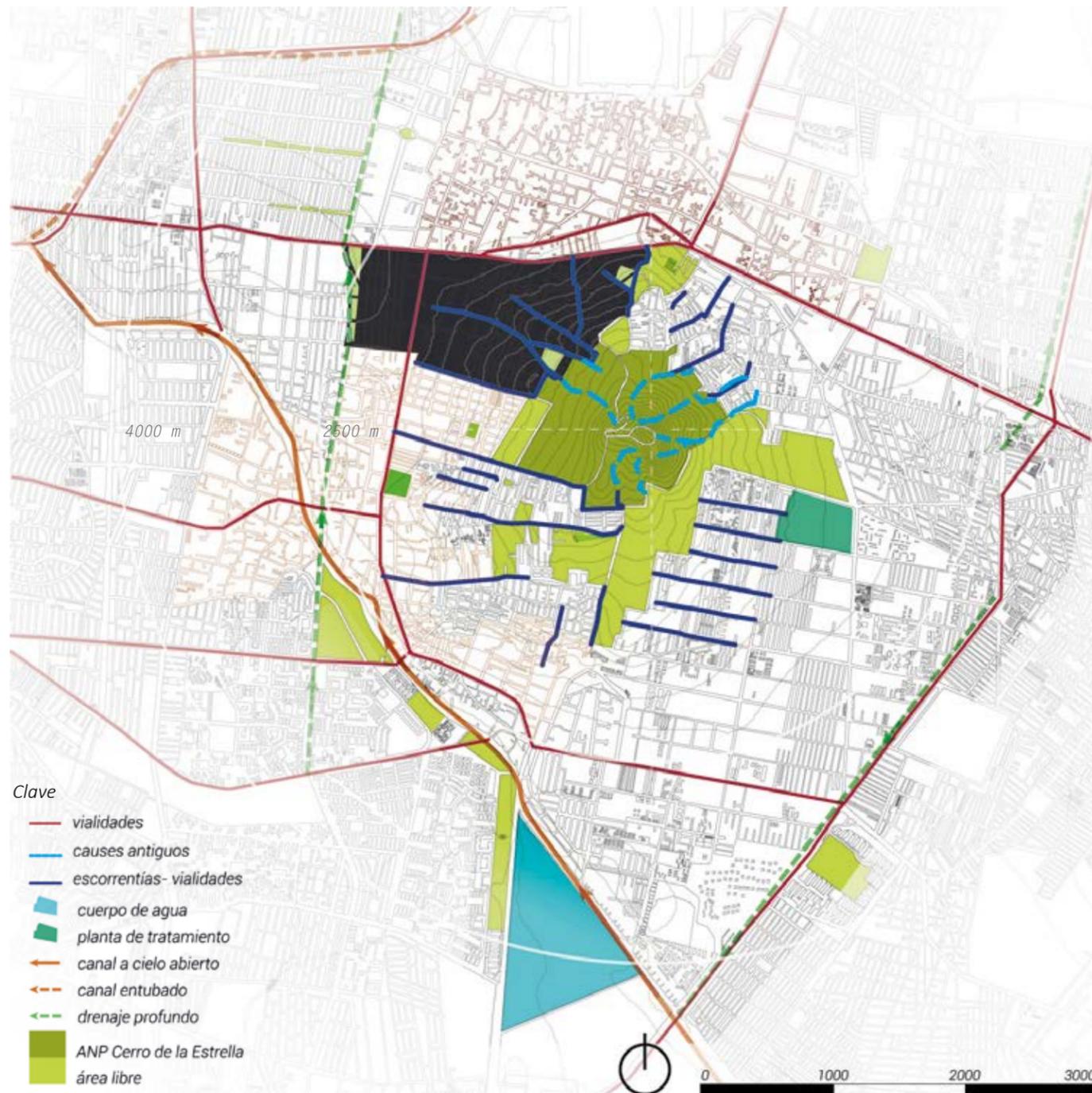
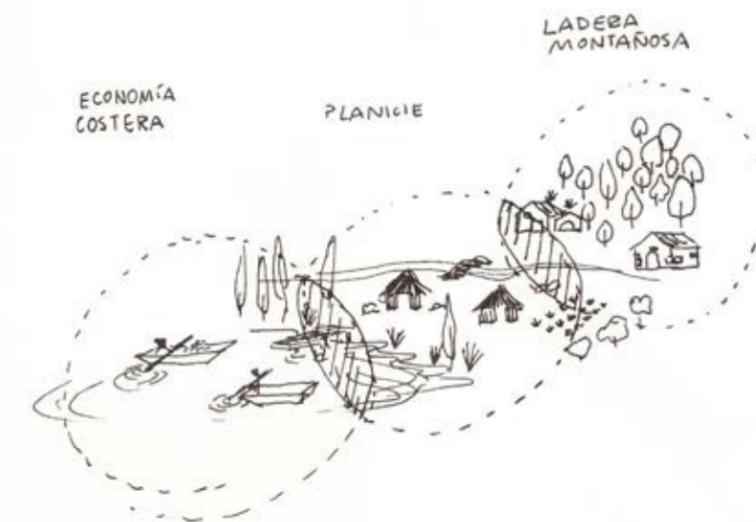


Fig. 3.40. Mapa conclusión
Elaboración propia.



4

**ECOTONOS URBANOS:
CERRO DE LA ESTRELLA- ATLALILCO**

4.1 Polígono de intervención

Las capas que definen el polígono de intervención dentro de la zona del Cerro de la Estrella, es como una rebanada del cerro, con radio en la cota más alta de este. Si bien el polígono tiene una relación hídrico-urbana continua desde la pirámide Fuego Nuevo hasta el parque Arneses, no consideramos el ANP dentro del polígono al ser un área de conservación con un propio programa de desarrollo y protección, sin embargo, si tomaremos en cuenta el límite de este para fortalecer la conservación del suelo natural sobre el suelo urbano.

Teniendo el diagnóstico del polígono Cerro de la Estrella- Parque Arneses dentro de la zona, necesitamos conocer los usos de suelo y caracterizar las problemáticas localmente.

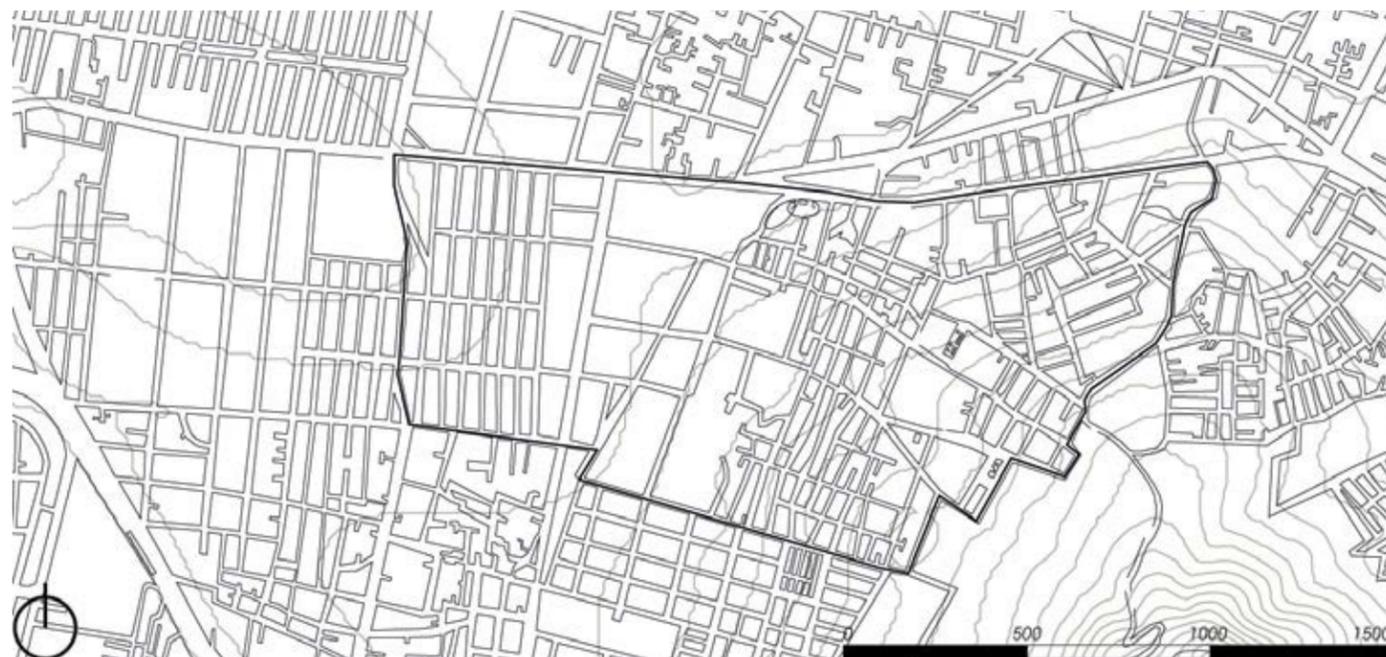


Fig. 4.01. Polígono de intervención.

Elaboración propia.

Uso de suelo

Conociendo el polígono a estudiar, es necesario conocer los usos de suelo. El mapa representa un cruce entre los usos de suelo definidos en el Programa de Desarrollo Parcial de la Alcaldía Iztapalapa y el levantamiento que realizamos de usos reales. Las discrepancias ocurrían al norte del Cerro de la Estrella, donde del ANP a la avenida Ermita Iztapalapa se indica como suelo de preservación ecológica siendo que es una zona urbanizada completamente.

Clave

- polígono CE-PA
- Preservación ecológica
- Habitacional con comercio
- Habitacional mixto
- Habitacional
- Áreas deportivas y verdes
- Equipamiento
- Industria



Fig. 4.02. Mapa de usos reales en el polígono de estudio.

Fuente: Levantamiento del equipo sobre el plano consultado en el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación Iztapalapa, Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2 de octubre de 2008.

Los predios que colindan con el ANP tienen, mayoritariamente, uso de suelo habitacional, equipamiento urbano y uso deportivo o recreativo. Dentro de nuestro polígono de intervención dos de los límites con la reserva son predios son uso de suelo de recreación y deporte, sin embargo, ambos tienen ya construcciones irregulares en el interior.

El polígono industrial de Cerro de la Estrella, conformado por las colonias Granjas Esmeralda, Granjas San Antonio y Santa Isabel Industrial, se estableció en 1970, esta urbanización es anterior a la lotificación de las colonias habitacionales Los Cipreses, Amp. Ricardo Flores Magón y Estrella del Sur.

Hablando del uso de suelo de equipamiento, el polígono cuenta con pocos servicios, al oeste sobre Av. Ermita- Iztapalapa se encuentran tres manzanas de equipamiento que corresponden a una plaza comercial con estacionamiento y dos terreno de talleres del STC Metro. En el siguiente capítulo realizaremos un levantamiento de los equipamientos en el polígono.

Vulnerabilidades hídricas

El riesgo de inundación, los hundimientos y las escorrentías son los problemas tangibles relacionados al agua presentes en el polígono. Este compendio muestra de los mapas analizados anteriormente con el polígono de intervención para determinar las calles y manzanas afectadas.

Estos fenómenos tienen mayor resonancia en las cotas bajas del polígono, el mayor riesgo de inundación se encuentra en el cruce del Eje 8 Sur y el Eje 3 Ote. De donde empieza el parque Arneses a los cruces entre las calles Pastores y Sur 127 es el área que sufre de mayor riesgo de inundación. Las zonas de inundación se alimentan de las escorrentías que bajan del Cerro de la Estrella.

En el ANP las escorrentías corren por las cañadas y al llegar a las calles pavimentadas se encausan por las calles con pendiente longitudinal; las calles afectadas por escorrentías son calle Convento, Av. Estrella, Arroyo Tláloc, calle Xico y la Av. Cacama.

Clave

- polígono CE-PA
- Cauces naturales
- Escorrentías
- esgo de inundación
 - Bajo
 - Medio
 - Alto
 - Muy alto

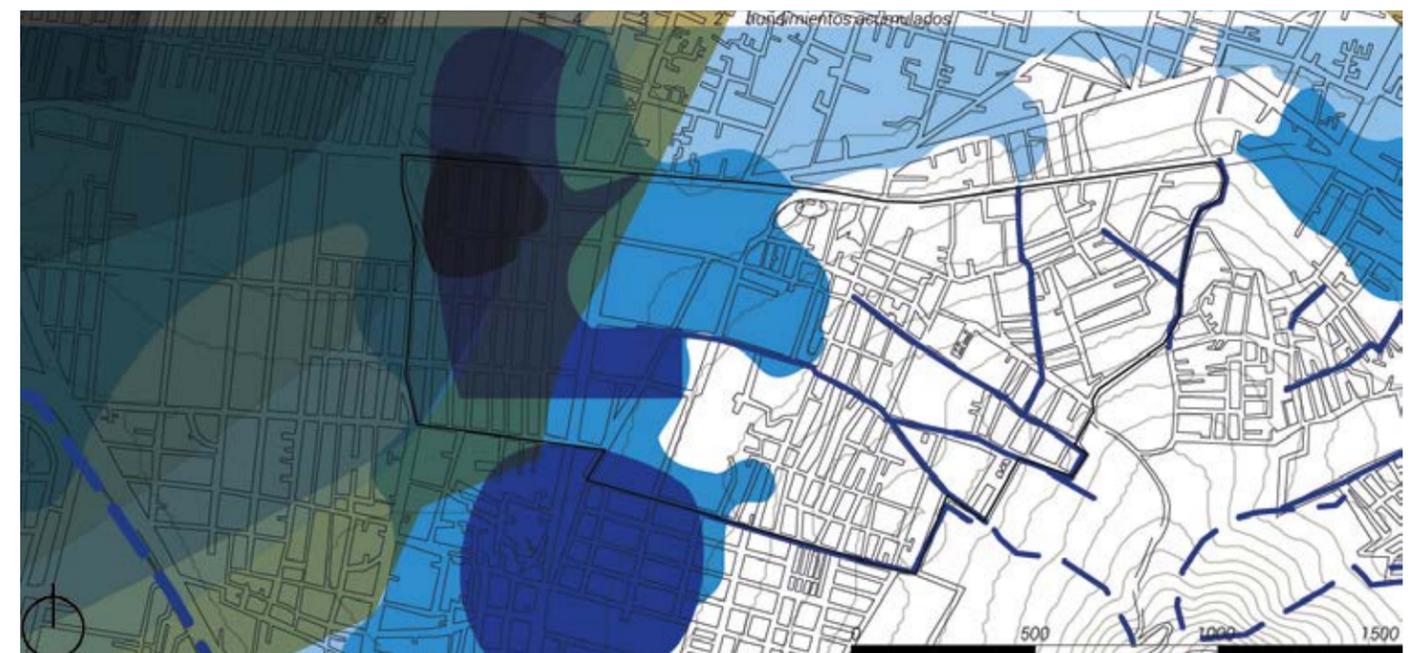


Fig. 4.03. Mapa de vulnerabilidades hídricas en el polígono de intervención. Elaboración propia en base a los planos consultados. SACMEX 2012, Iztapalapa 2011, y Vera M. 2008.

Problemáticas

La topografía define las dinámicas urbanas en el Cerro de la Estrella. Mientras en latitudes de planicie las inundaciones amenazan a los habitantes, en las laderas montañosas se forman los cauces de agua que se convertirán en encharcamientos o inundaciones.

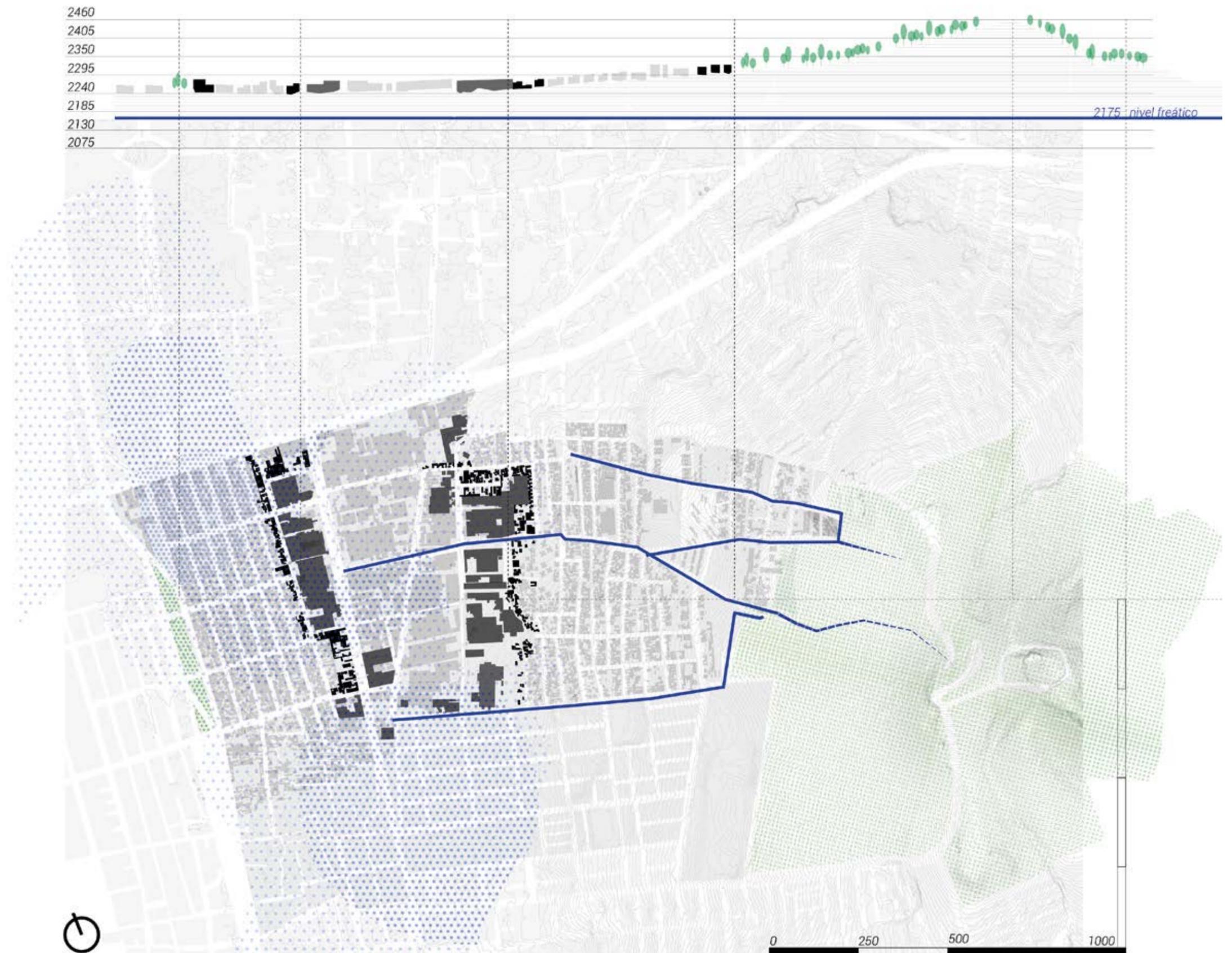
De manera similar se leen las problemáticas de urbanización, mientras que las cotas altas ocupadas hoy por el ANP Cerro de la Estrella ofrecen servicios ambientales a los pobladores de la alcaldía, los asentamientos humanos irregulares van cubriendo suelo protegido.

En la sección se aprecia un potencial que tiene el polígono de actuación, suelo volcánico (Qppl) con capacidad de infiltrar agua al acuífero, sin embargo la zona con mayor riesgo de inundación se encuentra en su totalidad en suelo lacustre (Qal). También observamos que las escorrentías corren sobre las calles aún en suelo volcánico.

Con este diagrama localizamos cuatro bordes de transición entre un uso y otro que evidencian el estrés urbano presente en el polígono. El primer borde es el Eje 3, con un parque bordeado por circulaciones principales. El segundo borde se encuentra entre la Av. Tláhuac y la calle Sur 129 donde manzanas de vivienda se enfrentan a fachadas de industrias. El tercer borde es el ambiguo cambio de uso industria y de vivienda entre las calles Camino Antiguo a Culguacán y Quetzalcóatl. El cuarto borde es el límite del ANP transgredido por viviendas irregulares dentro de suelo de conservación.



Fig. 4.04. Diagrama generativo 1: caracterización del polígono. Elaboración del equipo.



Con la información analizada en el diagrama de problemática, este mapa es el resumen de la etapa de caracterización y el plano base para el diagrama generativo.

Fig. 4.05. Plano base del polígono Cerro de la Estrella- Parque Arneses. Elaboración propia

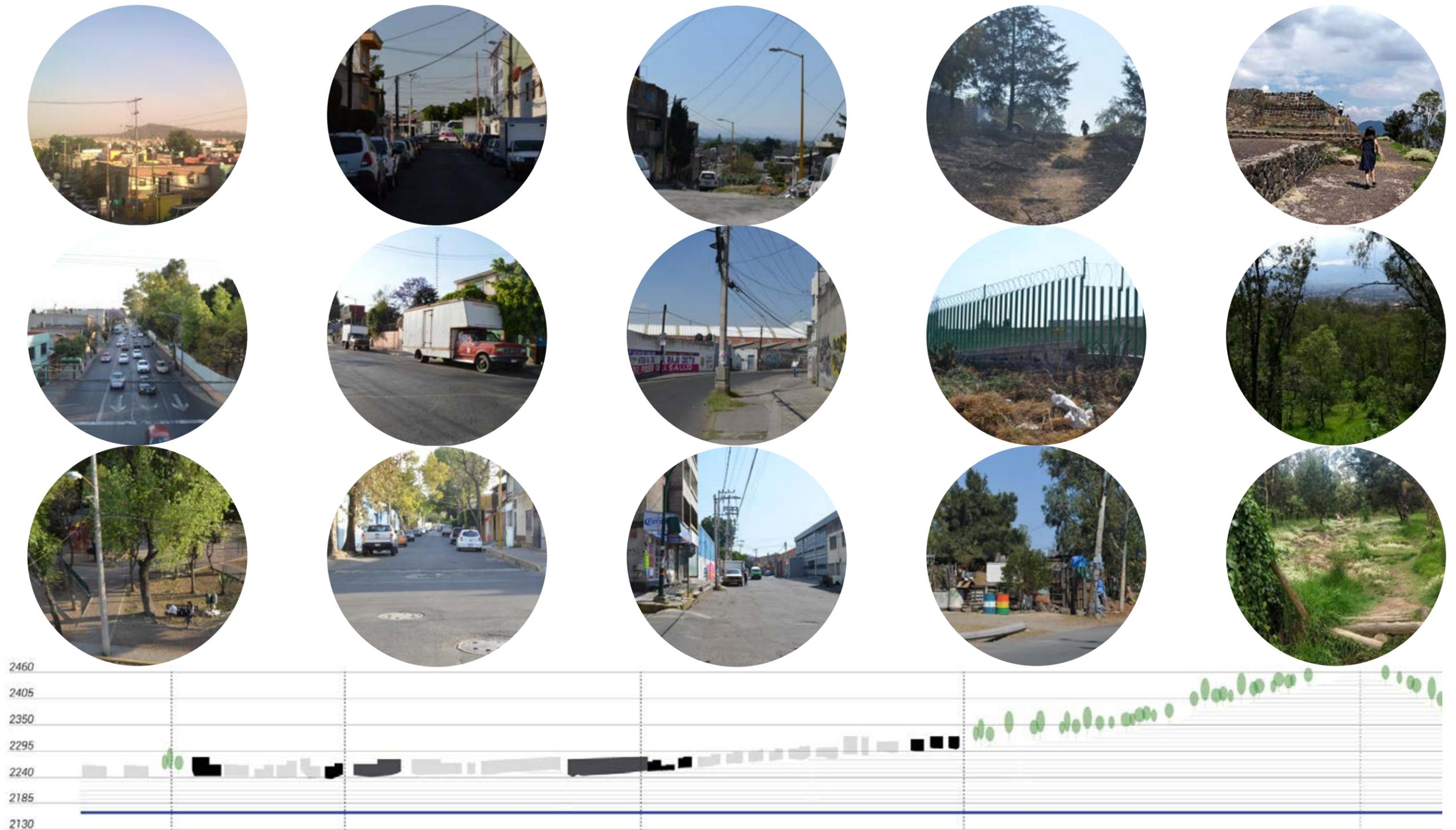


Fig. 4.06. Caracterización del polígono: levantamiento fotográfico sobre corte longitudinal.
Elaboración propia. Fotografías del equipo.

4.2 Diagrama generativo

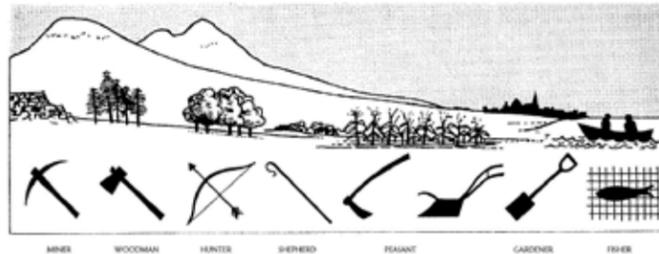


Fig. 4.07. Sección de Valle de Patrick Geddes, 1923.
Fuente: cityinenvironment.blogspot.com

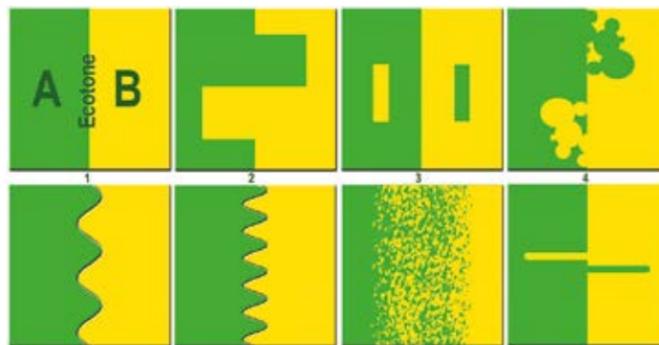


Fig. 4.09. Configuraciones comunes de de ecotonos.
Fuente: CC creative commons

...la vegetación y uso de suelo en la Delegación Iztapalapa están influenciados por los diferentes pisos altitudinales.

Atlas de Riesgo Iztapalapa

Al generar el diagrama tomamos como referencia la sección de Geddes. Si bien las regiones de la sección del polígono no corresponden con las categorías definidas en la sección del valle de Geddes, donde cada sitio determina la clase de trabajo que se realizará y las instituciones sociales que se desarrollarán, si es pertinente la cita en tanto que la ubicación altitudinal es un factor determinante del desarrollo económico y estructural en la región.

Geddes define a los asentamientos humanos por la actividad económica que realizan en un gradiente que va de las aldeas en las montañas a las ciudades en lo bajo del valle. Trasladando el principio de gradientes, encontramos en nuestro polígono que los pueblos originarios (o centros de barrio) se encuentran en las cotas bajas de la sección, la industria en cotas medias bajas y la vivienda en las cotas medias. Un fenómeno recurrente tanto en Iztapalapa como en la Cuenca es la urbanización de laderas montañosas por asentamientos humanos irregulares, el Cerro de la Estrella no es la excepción.

Por otra parte, para trabajar los bordes usamos el concepto de ecotono. Un ecotono es el área de transición entre un ecosistema y otro, transición que está además en continua transformación. *Eco* de oikos o casa y *tonos* de tono o tensión, por lo tanto, es el sitio donde las ecologías están en tensión. Esta tensión no es necesariamente negativa, sino que es parte de la definición del límite entre una cosa y otra, estas zonas son donde ocurre mayor intercambio de energía y de información entre los ecosistemas.

Cada uso de suelo se entiende como un ecosistema en si mismo, un ecosistema urbano aislado o vulnerado por el ecosistemas contiguo. Los bordes definidos anteriormente son entendidos ahora como ecotonos.



Fig. 4.08. Sección del Cerro de la Estrella
Elaboración propia.



Fig. 4.10. Regiones morfogenéticas en el polígono y sus límites.
Elaboración propia.

PISOS ALTITUDINALES	BAJOS	MEDIOS	ALTOS	
REGIÓN MORFOGENÉTICA	PLANICIE LACUSTRE	PLANICIE ALUVIAL	PIEDEMONTE	LADERAS MONTAÑOSAS
VEGETACIÓN	Inducida			Inducida
USO DE SUELO				
MORFOLOGÍA URBANA	Manzanas H-HM	Manzanas I	Manzanas mixtas H-I	
TIPO DE SUELO	(Qal) Depósitos lacustres	(Qal) Depósitos lacustres	(Qpl) Depósitos volcanoclásticos	(Qpl) Volcánico
	Inundaciones	Encharcamientos	Escorrentías	Recarga del acuífero
CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN	-			+

Clave

Uso de suelo

- Asentamientos irregulares
- Habitacional
- Industria
- ANP Cerro de la Estrella

Vegetación

- Gramíneas
- Liláceas
- Cactáceas
- Pirul y trueno
- Casuarina
- Eucalipto



Fig. 4.11. Diagrama generativo.
Elaboración propia.

4.3 Estrategias de diseño

Ejes rectores

Las escorrentías son un potencial en el polígono por dos razones, porque se encausan sobre las calles que comunican el ANP con la ciudad circulando por todas las zonas y porque el agua de lluvia ya está encausada en un mismo sitio.

El plan maestro parte, entonces, de tres ejes longitudinales, las escorrentías, con intervenciones puntuales en cada uno los ecotonos. Si bien en el área natural protegido Cerro de la Estrella no propondremos un cambio de uso de suelo, la intervención si será de gran impacto para proteger el suelo de conservación de la urbanización. Por otra parte, el parque Arneses no modificará el uso que tiene, el equipamiento debe mejorar para atender todas las demandas urbanas del polígono.

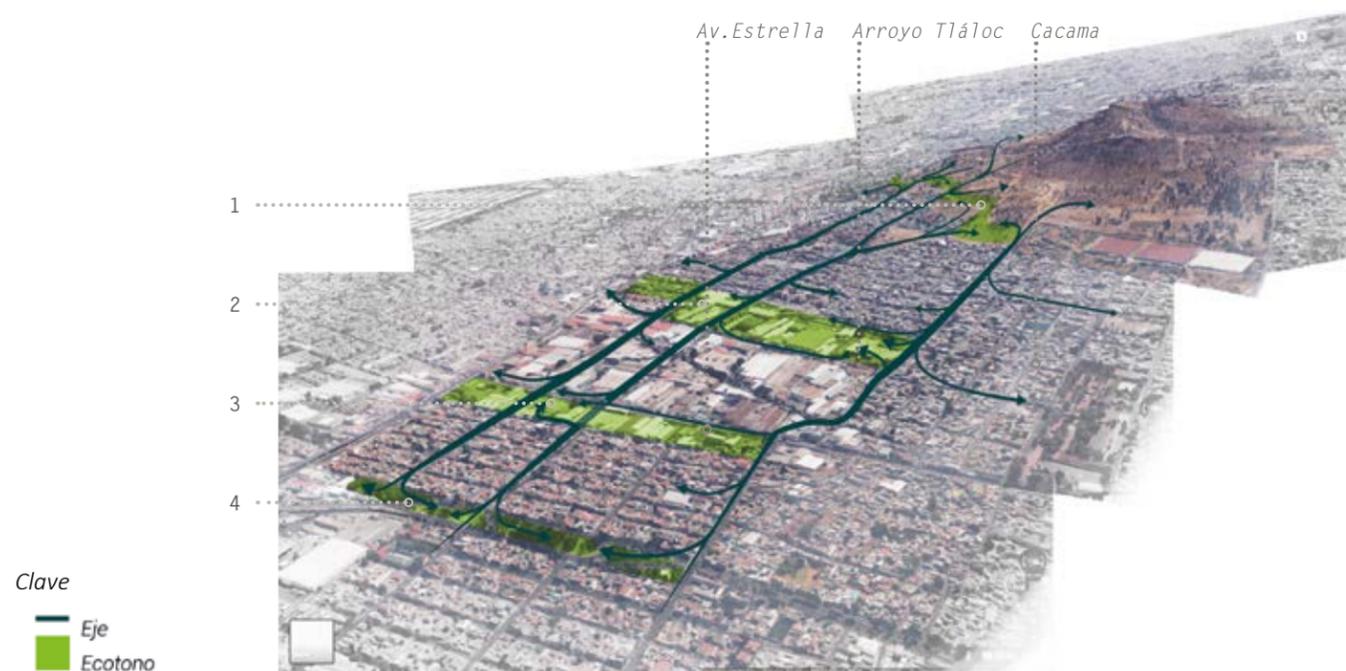


Fig. 4.12. Ejes rectores del plan maestro.
Elaboración propia con imágenes de Google Maps.

Las intervenciones en los bordes de las regiones altitudinales media y alta serán capaces de trabajar con las tensiones de los usos de suelo para generar una mejor convivencia entre estos.

Diseño de estrategias

Como primer acercamiento a un programa arquitectónico y a estrategias de diseño, realizamos un diagrama con los tres ejes del paisaje urbano a considerar: natural, urbano y social. En cada eje incluimos los elementos pertinentes a considerar dentro del plan maestro y finalmente, caracterizamos intenciones de diseño. Estas intenciones son generales, con diferente énfasis en cada uno de los límites, y tienen una acepción en las estrategias de diseño urbano y una en las estrategias hídricas.

Las estrategias generales son:

- **Mitigar:** en la región baja, disminuir el impacto de un eje vial en la accesibilidad del parque Arneses, en cuanto al perfil hídrico, la estrategia es diseñar un espacio público que pueda aliviar el riesgo de inundaciones de la zona.
- **Integrar:** en los bordes 2 y 3, crear puntos de encuentro entre las actividades de los usos de suelo habitacional e industrial, la estrategia hídrica es diseñar una red vial que considere el agua pluvial entre los elementos urbanos.
- **Retener:** en el borde del ANP Cerro de la Estrella, evitar el crecimiento de la urbe sobre suelo de conservación y en el sentido hídrico, captar agua pluvial dentro del ANP para infiltrarla y ralentizar su llegada a las calles.

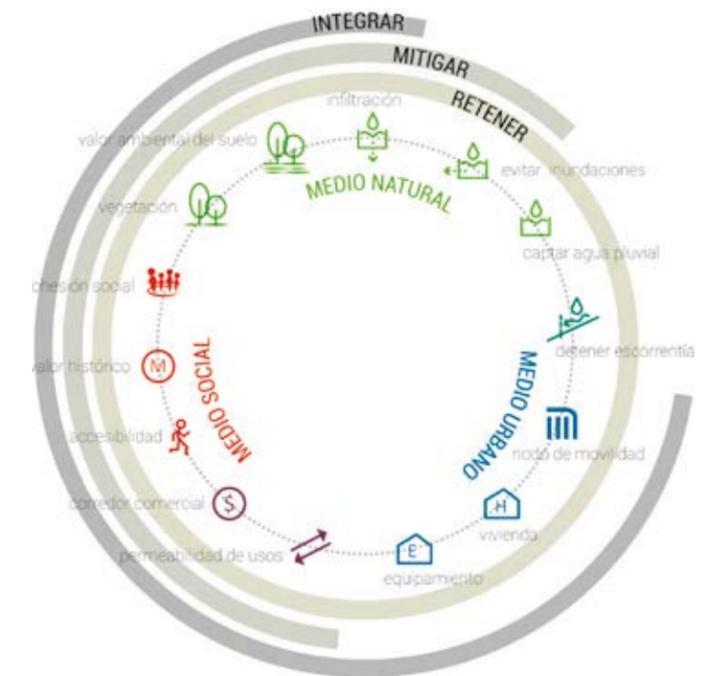


Fig. 4.14. Diagrama de estrategias generales.
Elaboración del equipo.

Estrategias hídricas

Dadas las diferentes condiciones del polígono de actuación, las estrategias hídricas aplicables no pueden ser las mismas a lo largo del eje; hay tres factores que definen las oportunidades de aplicación de cierta estrategia a lo largo de los ejes, estos son la capacidad de infiltración del suelo, el grado de urbanización del suelo y el ecotono en que nos encontremos.

Sobre las calles, la estrategia es la misma, diseñar una vialidad capaz de ralentizar las escorrentías pluviales, en cada borde, las estrategias serán diferentes. En el ecotono 1 se encuentra un parque público, en el ecotono 2 tenemos predios grandes de industria en desuso, en el ecotono 3 tenemos predios con usos

ambiguos (industria y vivienda sin límites claros), y el ecotono 4 es el borde vulnerado del ANP.

Las estrategias se expresan como intenciones activas, todas las estrategias son complementarias y su materialización se logrará en conjunto con otra estrategia. El diagrama que diseñamos es una gráfica con 3 ejes, en sus intersecciones se inserta la estrategia pertinente a cada borde.

Así en el borde 1 las estrategias están centradas en **mitigar** las afectaciones de las inundaciones, en el borde 2 y 3 las estrategias procuran **integrar** la captación con reutilización e infiltración de agua pluvial y en el borde 4 la estrategia es **retener** el agua pluvial para infiltrarla.

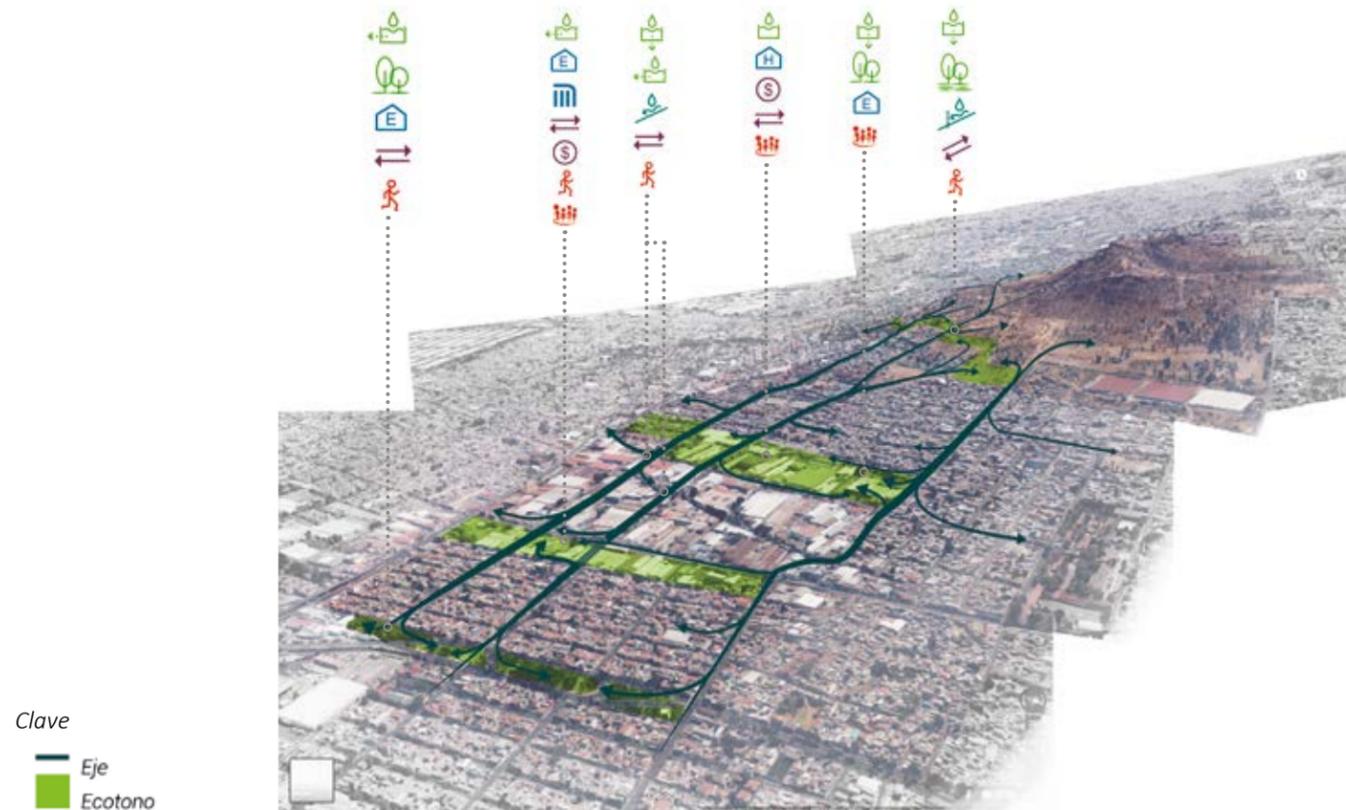


Fig. 4.13. Aplicación de estrategias generales del plan maestro. Elaboración del equipo.

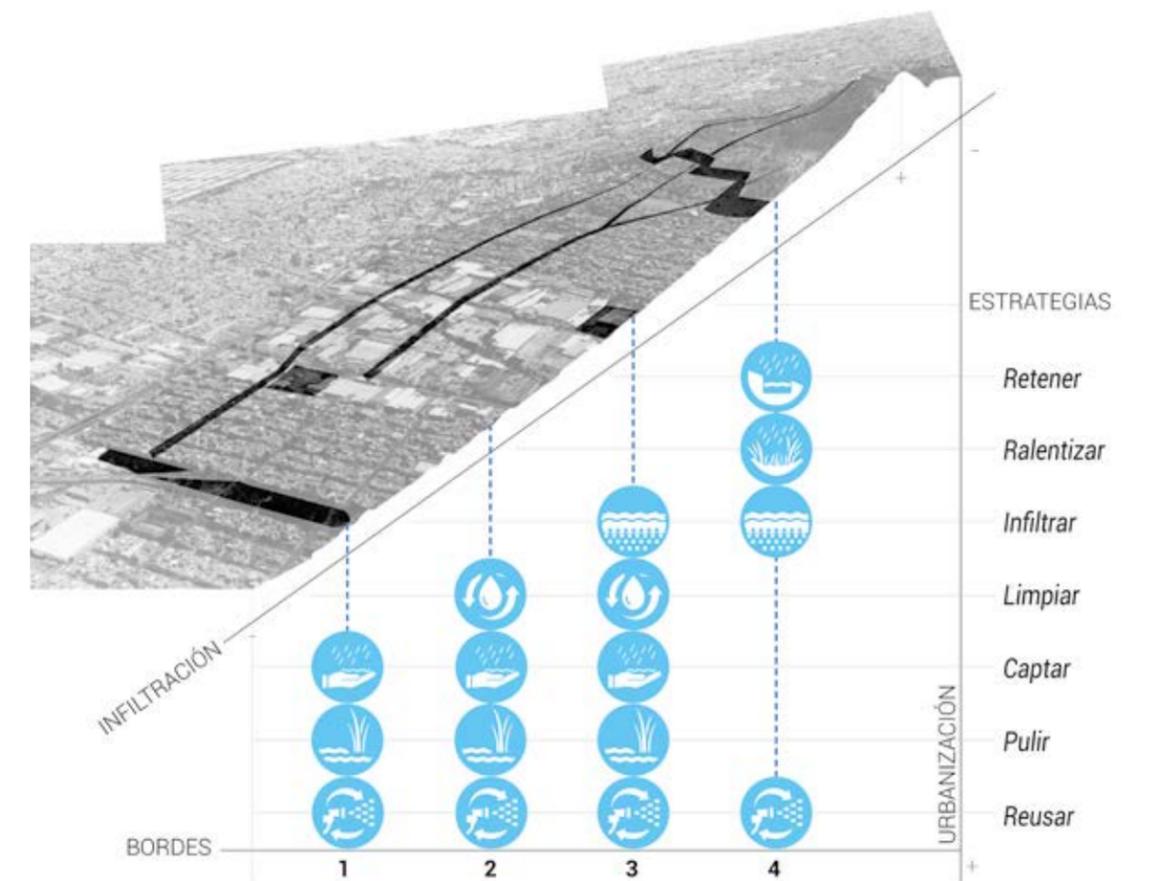
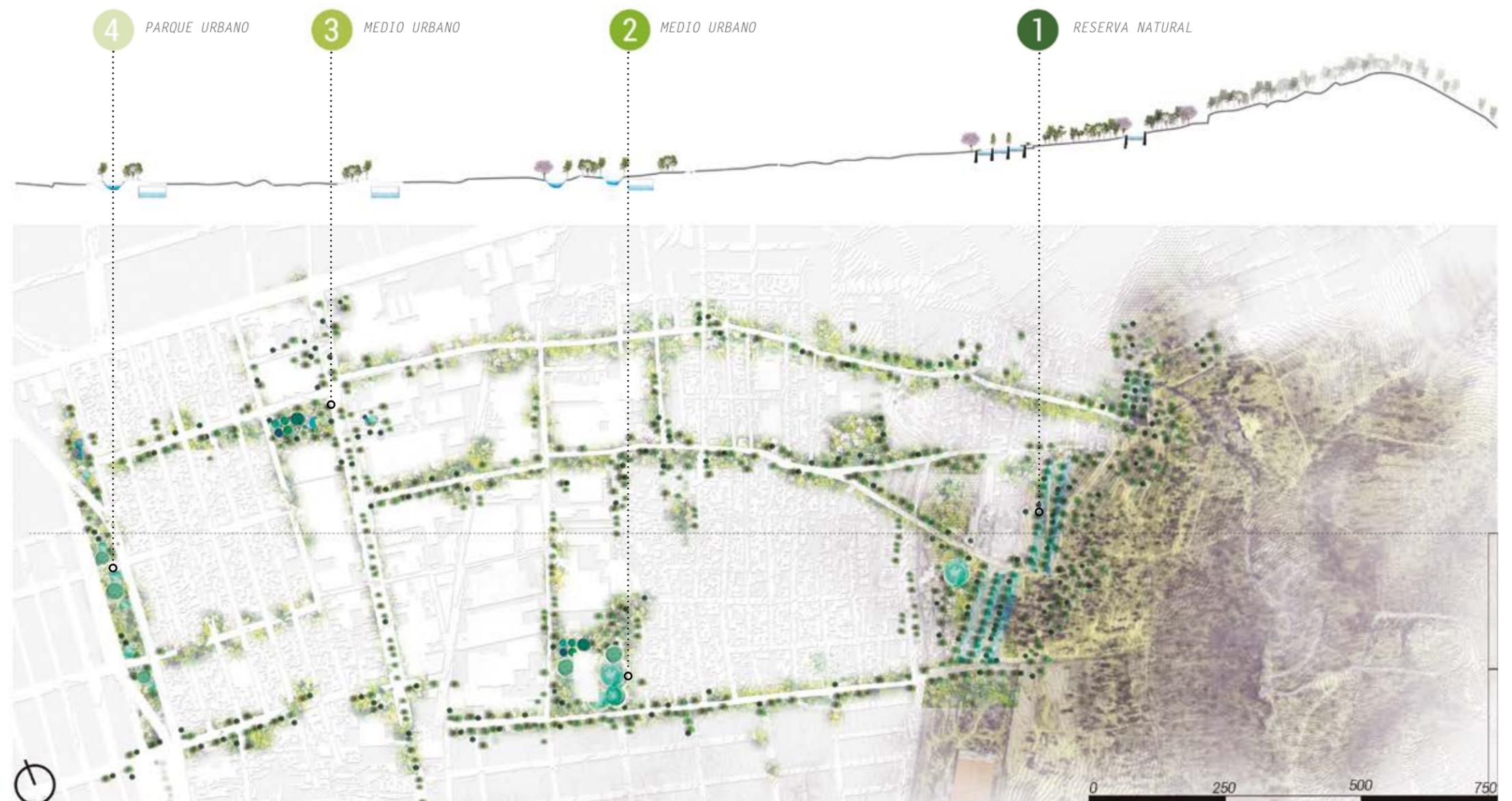


Fig. 4.15. Diagrama de estrategias hídricas. Elaboración propia.

4.4 Plan maestro

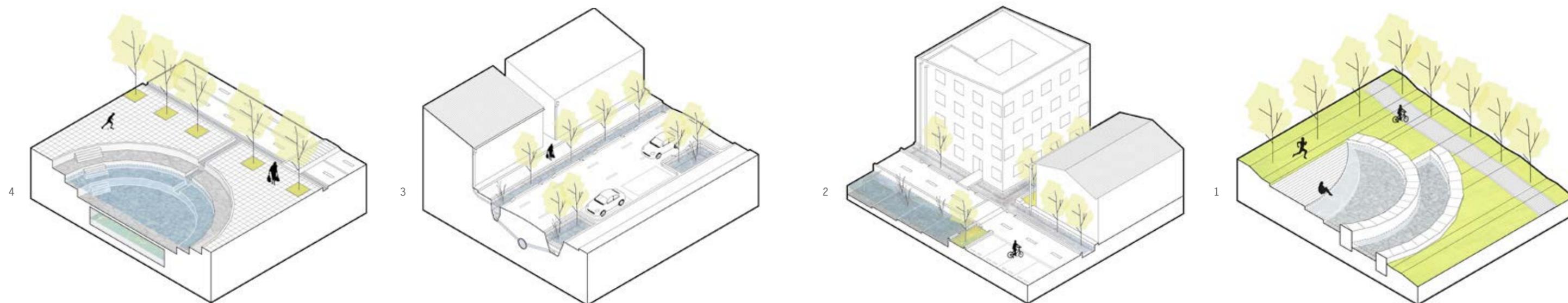


El plan maestro Cerro de la Estrella- Parque Arneses plantea un desarrollo urbano sensible al agua. Las estrategias diseñadas para intervenir el polígono se materializarán en una serie de proyectos arquitectónicos con elementos de paisaje que a la vez funcionan como infraestructuras locales que reducen las vulnerabilidades hídricas latentes en el polígono.

Los proyectos se clasifican en tres grupos por sus características urbanas, a cada grupo le corresponde una estrategia de diseño:

- **Reserva natural- Retener**
- **Medio urbano- Integrar**
- **Parque urbano- Mitigar**

Fig. 4.16. Plan maestro. Vista aérea.
Elaboración propia.



4 MITIGAR 3 INTEGRAR 2 INTEGRAR 1 RETENER



Plan maestro hídrico

Las estrategias puntuales de cada borde urbano corresponden al medio en que se encuentran, por lo tanto, los el diseño arquitectónico en cada borde responde hídricamente a retener, integrar o mitigar.

Además de las intervenciones en cada borde, el plan maestro incluye las calles de escorrentías y de bordes dentro de la estrategia de integrar. El diseño de dichas calles debe ser capaz de ralentizar las escorrentías y canalizar las aguas pluviales a zonas de infiltración o captación.

El plan hídrico considera un sistema local de drenaje pluvial para canalizar superficialmente las aportaciones de agua de lluvia a puntos donde se pueda almacenar y limpiar para reutilizar o almacenar, limpiar e infiltrar.

Fig. 4.17. Estrategias hídricas en el plan maestro.
Elaboración propia.

4.4.1 Retener

En la reserva natural, borde entre el ANP Cerro de la Estrella y las colonias habitacionales, el proyecto será una **infraestructura de paisaje** que limite el crecimiento urbano, **ralentice** las escorrentías y **capte agua pluvial** para **infiltrarla** al acuífero.

Una referencia básica al diseñar esta estrategia son las terrazas agrícolas, un elemento de paisaje que permite practicar la agricultura en zonas montañosas. Este método fue desarrollado en varias civilizaciones del mundo, las terrazas construidas por la cultura inca y las terrazas arroceras en China y Filipinas son los ejemplos más recurrentes. La técnica permite conservar la humedad de escorrentías y brotes de agua en cotas altas de la montaña.

Las terrazas en nuestro proyecto servirán para retener el agua en las cotas altas del Cerro de la Estrella y evitar que llegue a calles pavimentadas. En época de estiaje las terrazas no tendrán un uso hídrico sino que serán el límite y acceso a la reserva.

Un análogo de uso de terrazas en arquitectura de paisaje es el proyecto Minghu Wetland Park de Turenscape, es un plan maestro de rehabilitación de un río y de humedales para captar conducir escorrentías al río y limpiar esa agua en el transcurso. Dada la topografía, para conducir el agua de altitudes montañosas a las cotas bajas implementan terrazas de captación que funcionan como biorretensores.

Si bien en el polígono no podríamos dirigir el agua por medio de terrazas- biorretensores a un cuerpo de agua extenso (río o humedal), sí podemos conducir las demasías a áreas de infiltración, aprovechando a las terrazas como biorretensores con una gran capacidad de almacenar agua.



Fig. 4.18. Terrazas arroceras en Vietnam.

Fuente: geeglenews.com



Fig. 4.19. Terrazas de bioretención, Parque Minghu Wetland en Liupanshui, China. Turenscape, 2012.

Fuente: turenscape.com/en

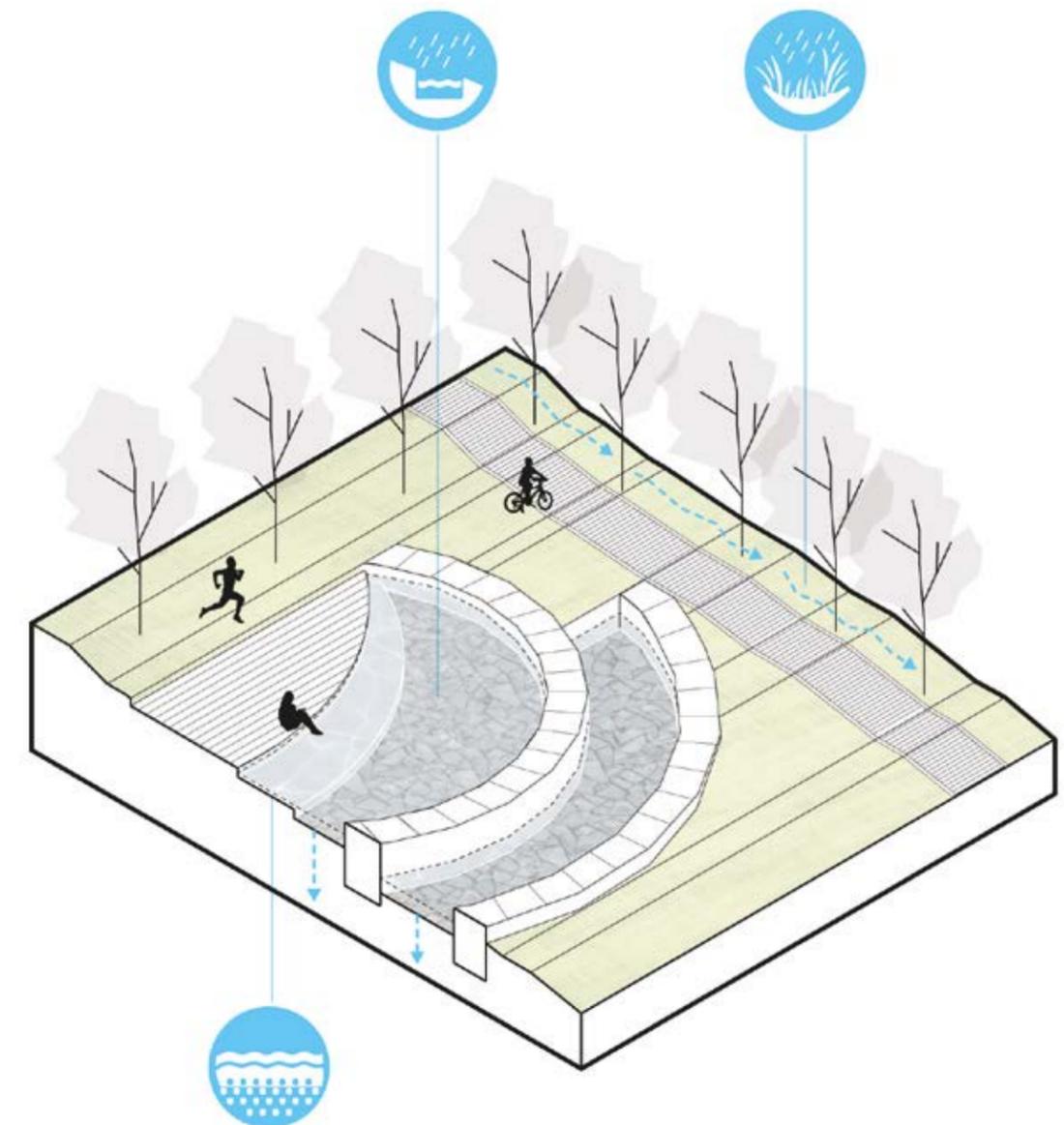


Fig. 4.20. Mitigar. Terrazas de biorretención para captar agua de las escorrentías y conducirla a zonas de infiltración. Elaboración propia.

4.4.2 Integrar

Los bordes medio y medio bajo se localizan en el medio urbano, donde la superficie está ya ocupada y se localizan escorrentías. Los proyectos deben enfocarse en **captar agua** de las cubiertas de industria o vivienda, además de las vialidades para **reutilizarla** y siguiendo la estrategia aplicada por la Alcaldía Iztapalapa, **infiltrarla** si es posible.

Para aplicar esta estrategia hay dos clases de intervenciones. La primera es el diseño de proyectos de usos mixtos en predios puntuales y la segunda el diseño de calles.

Para los proyectos de usos mixtos usamos como análogo el proyecto de Turenscape Parque Qunli en Haerbin, China. Un parque de humedales en el centro de la ciudad que por su ubicación en un medio urbano, lo encontramos relevante para nuestras intervenciones.

El proyecto se compone de capas, el anillo periférico fue diseñado como una zona de amortiguación para el humedal y para los usuarios, es una zona pública sobre el paisaje natural, conectando al peatón con la naturaleza. Esta infraestructura ha convertido al agua pluvial en un elemento positivo para la ciudad. El área central del parque lo ocupan humedales que reciben el agua de lluvia y continúan el proceso biológico de pulimento para su paulatina infiltración.

Tanner Springs Park en Portland, Oregon, EUA diseñado por el Atelier Dreiseitl es otro proyecto usado como análogo para la estrategia integrar. Es un parque urbano ubicado en una zona históricamente industrial con una nueva vocación habitacional. El parque recibe agua de escorrentías aledañas y de lluvia y la limpia por medio de un humedal artificial para después infiltrarla al subsuelo. Con una infraestructura suave y elementos de paisaje se logró un referente en el espacio público, un parque de bolsillo sensible al agua.

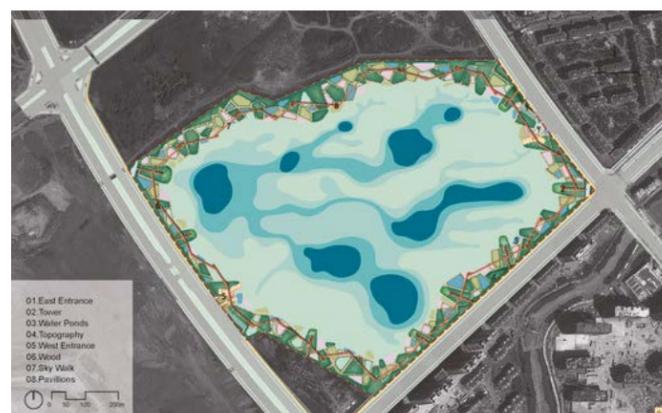


Fig. 4.21. Parque de Agua Qunli, Turenscape, 2010.

Fuente: archdaily.mx



Fig. 4.22. Springs Park, Atelier Dreiseitl, 2010.

Fuente: ramboll.com

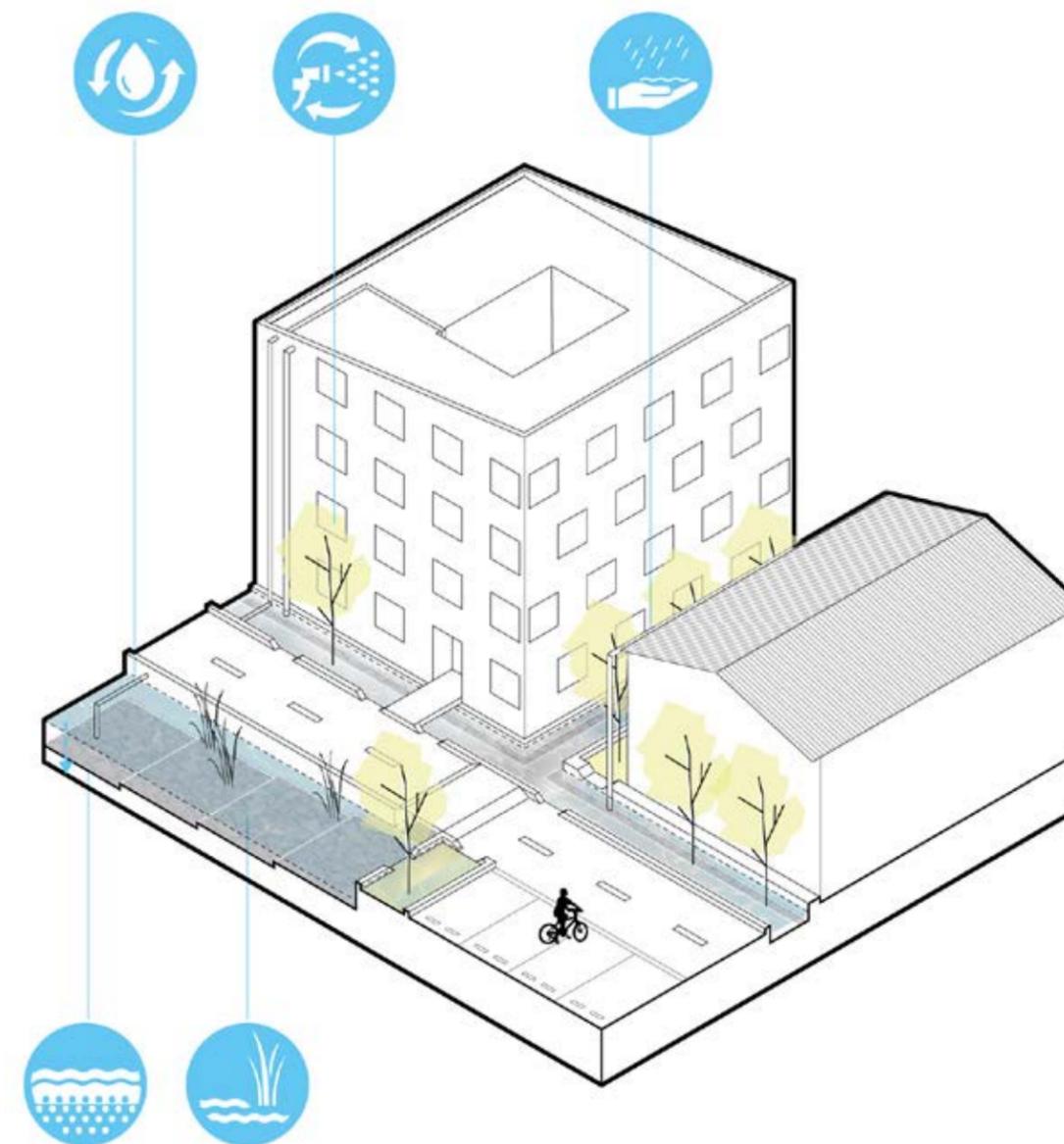


Fig. 4.23. Integrar. El proyecto será capaz de captar agua pluvial y conducirla a un área inundable, por medio de humedales artificiales el agua se filtrará para poderla almacenar y utilizar en época de estiaje.

Elaboración propia.

En cuanto a las calles, el objetivo del diseño es ralentizar las escorrentías y conducir el agua pluvial a zonas de infiltración o almacenamiento. El elemento de paisaje que aplicaremos son jardineras de biorretención que de acuerdo a la pendiente y altitud de la calle podrán ser jardineras por debajo del nivel de banqueta o tanques de almacenamiento sobre el nivel de banqueta.



Fig. 4.24. Jardinera de biorretención sobre el nivel de banqueta.
Fuente: outdoordesign.com.au



Fig. 4.25. Diseño de calle en medio medio-urbano. Plan maestro Middelfart, Dinamarca. De Urbanisten, 2014.
Fuente: deurbanisten.nl

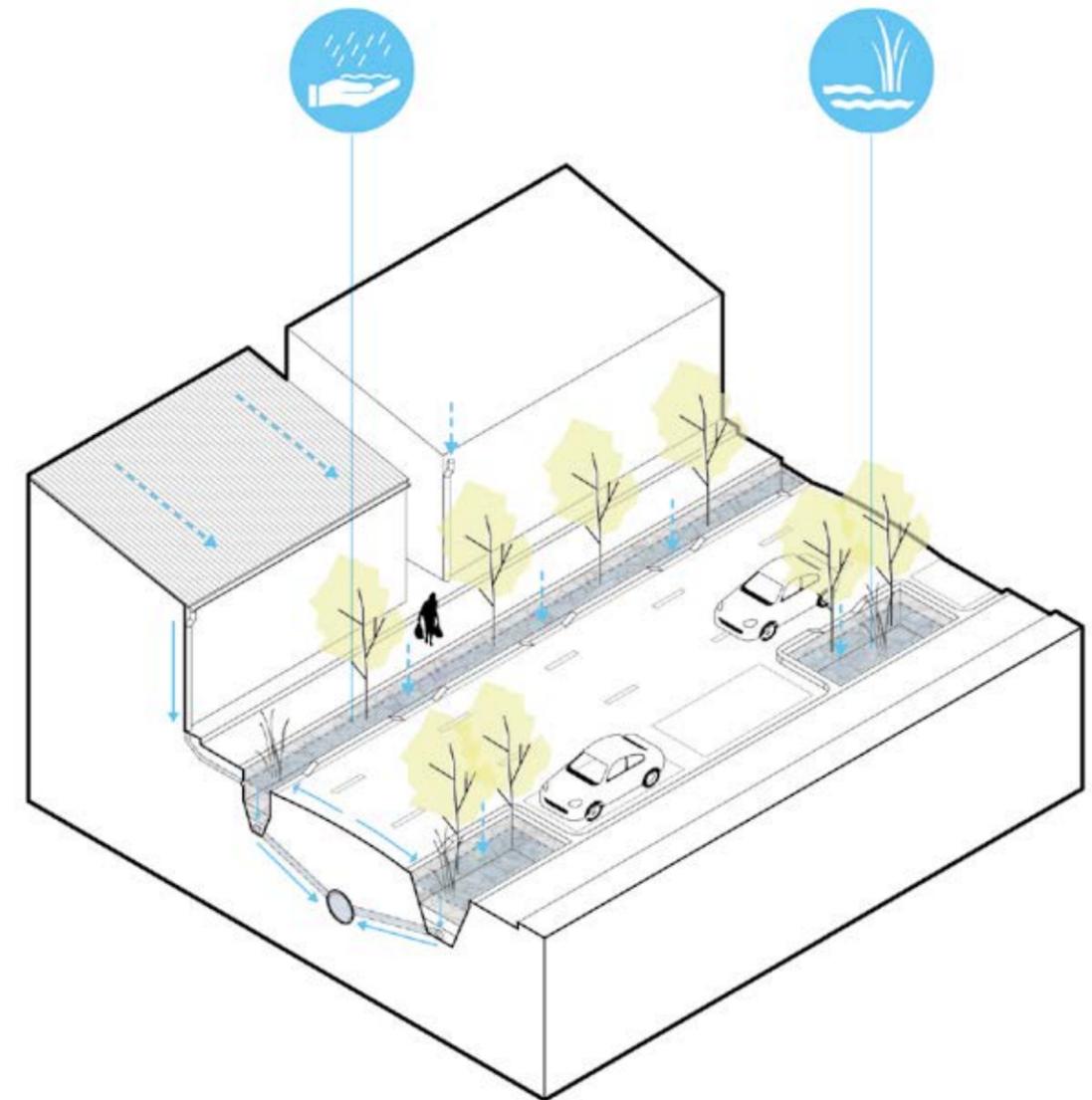


Fig. 4.26. Integrar. El diseño y ordenamiento de las calles es esencial para ralentizar y conducir las escorrentías por medio de un drenaje pluvial local a áreas de infiltración o almacenamiento.
Elaboración propia.

4.4.3 Mitigar

El parque urbano Parque Arneses es el límite bajo del plan maestro, esta área recibe las escorrentías del Cerro de la Estrella, por lo tanto el equipamiento debe ser capaz de **captar** el mayor volumen posible de **agua de lluvia** para **aliviar encharcamientos** y **usarla en época de sequías**. El uso de suelo ya es equipamiento y es un área verde, sin embargo el suelo es arcilloso y no hay capacidad de infiltración, por lo que el agua almacenada será usada para riego y servicio del parque.

El parque Arneses es un equipamiento concurrido por los habitantes de las colonias aledañas. De acuerdo al plan de ampliación de la línea 5 del Metro Bus, una estación se encontrará aledaño a este parque, esto presenta una oportunidad de mejorar la accesibilidad del parque e incrementar el impacto social del proyecto.

Como análogo analizamos la Plaza de Agua Bentemplein en Rotterdam, diseñada por la municipalidad de Rotterdam y el estudio De Urbanisten. La plaza combina estrategias de captación, canalización, almacenamiento e infiltración de agua pluvial en un proyecto que visibiliza el funcionamiento de la infraestructura para sensibilizar a los usuarios de la importancia de el manejo de agua en la plaza. La plaza se compone por tres embalses con diferente capacidad de captación, el agua es canalizada de las vialidades contiguas a la plaza por medio de tuberías y canales, el agua que capta la superficie de la plaza es conducida al embalse por medio de canales abiertos y cascadas, componiendo un paisaje hídrico atractivo para los usuarios. Cuando el embalse no está al máximo de operación o se encuentra vacío, el la plaza es un equipamiento deportivo y de recreación.



Fig. 4.27. Plaza de Agua Bentemplein. De Urbanisten, 2013. Arriba fotografía del proyecto terminado, Abajo planta de conjunto. Fuente: deurbanisten.nl

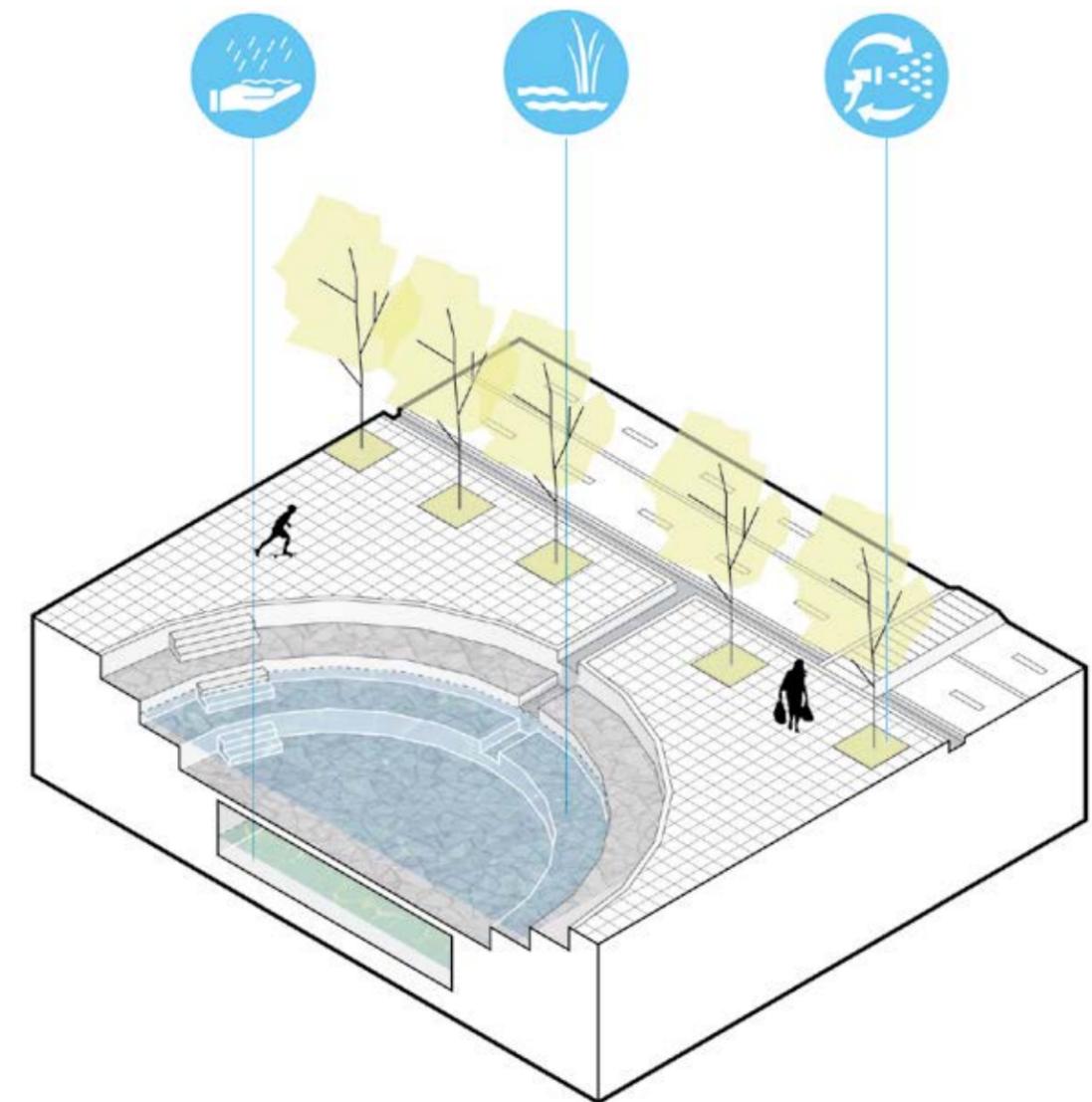


Fig. 4.28. Mitigar. Siendo un espacio público, el diseño del parque incluirá áreas de captación y almacenamiento de agua pluvial para evitar inundaciones y evidenciar el sistema hídrico en el programa del parque. Elaboración propia.

4.5 Nodos de actuación



Selección de predios

Dentro del polígono encontramos predios en todas las zonas con unidades habitacionales nuevas o predios de industria con potencial de uso de suelo habitacional. Si bien este polígono industrial es importante dentro de la ZMVM, algunos de los predios industriales se han reconvertido, paulatinamente, a uso habitacional. En este escenario, encontramos tres predios con uso de suelo industrial, cuya industria está ya en desuso o desmantelada y se encuentran dentro en dos de los bordes. Además encontramos 6 equipamientos o áreas sin construcción que podrían ser considerados dentro del plan maestro. Después de analizar estos predios, seleccionamos dos en los bordes, además de las áreas ya identificadas, parque Arneses y el límite de la reserva natural.

Fig. 4.29. Localización de las zonas de actuación.
Elaboración propia.

1 RESERVA NATURAL

ANP Cerro de la Estrella
1,000 m lineales
Suelo de conservación

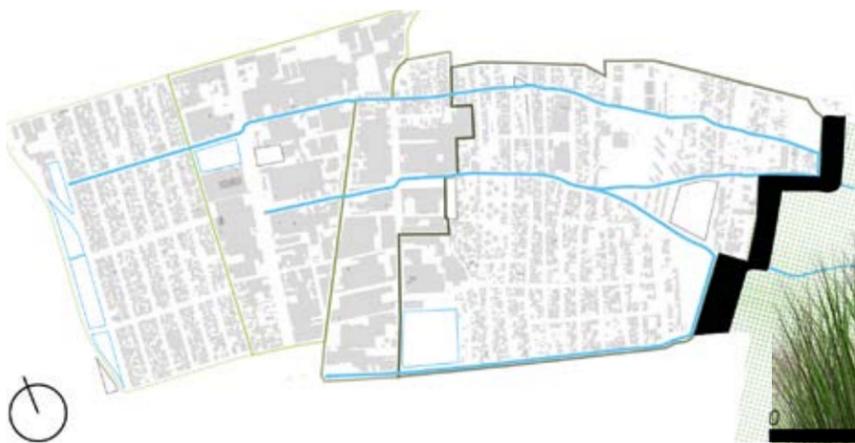


Fig. 4.30. Collage generativo para el borde del ANP Cerro de la Estrella. Elaboración propia.

2 RECONVERSIÓN URBANA



Fig. 4.31. Collage generativo para la intervención en suelo de reconversión urbana. Elaboración propia.

3

VIVIENDA Y EQUIPAMIENTO



Fig. 4.32. Collage generativo para la intervención de calles en el medio urbano.
Elaboración propia.

4 PARQUE URBANO

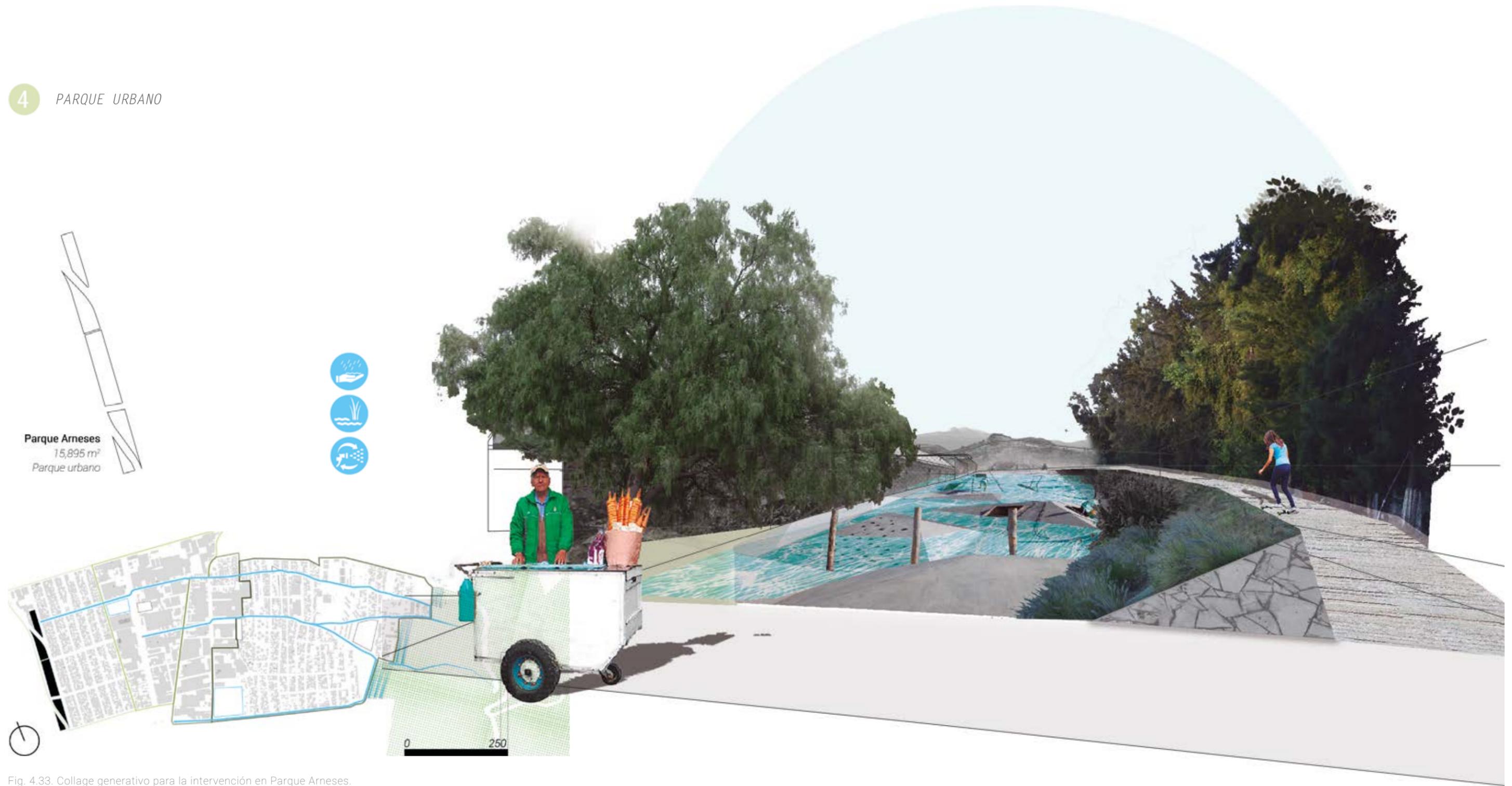
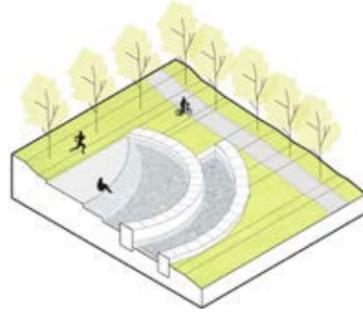
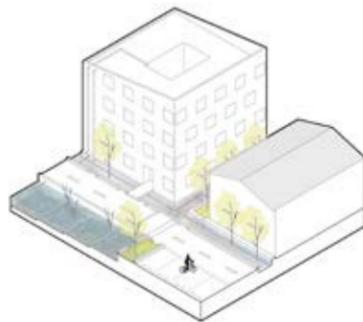


Fig. 4.33. Collage generativo para la intervención en Parque Arneses. Elaboración propia.

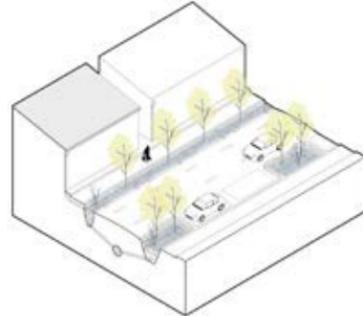
1 RETENER



2 INTEGRAR



3 INTEGRAR



4 MITIGAR

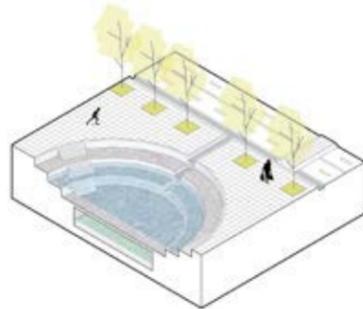


Fig. 4.34. Resumen de estrategias e imágenes objetivo.

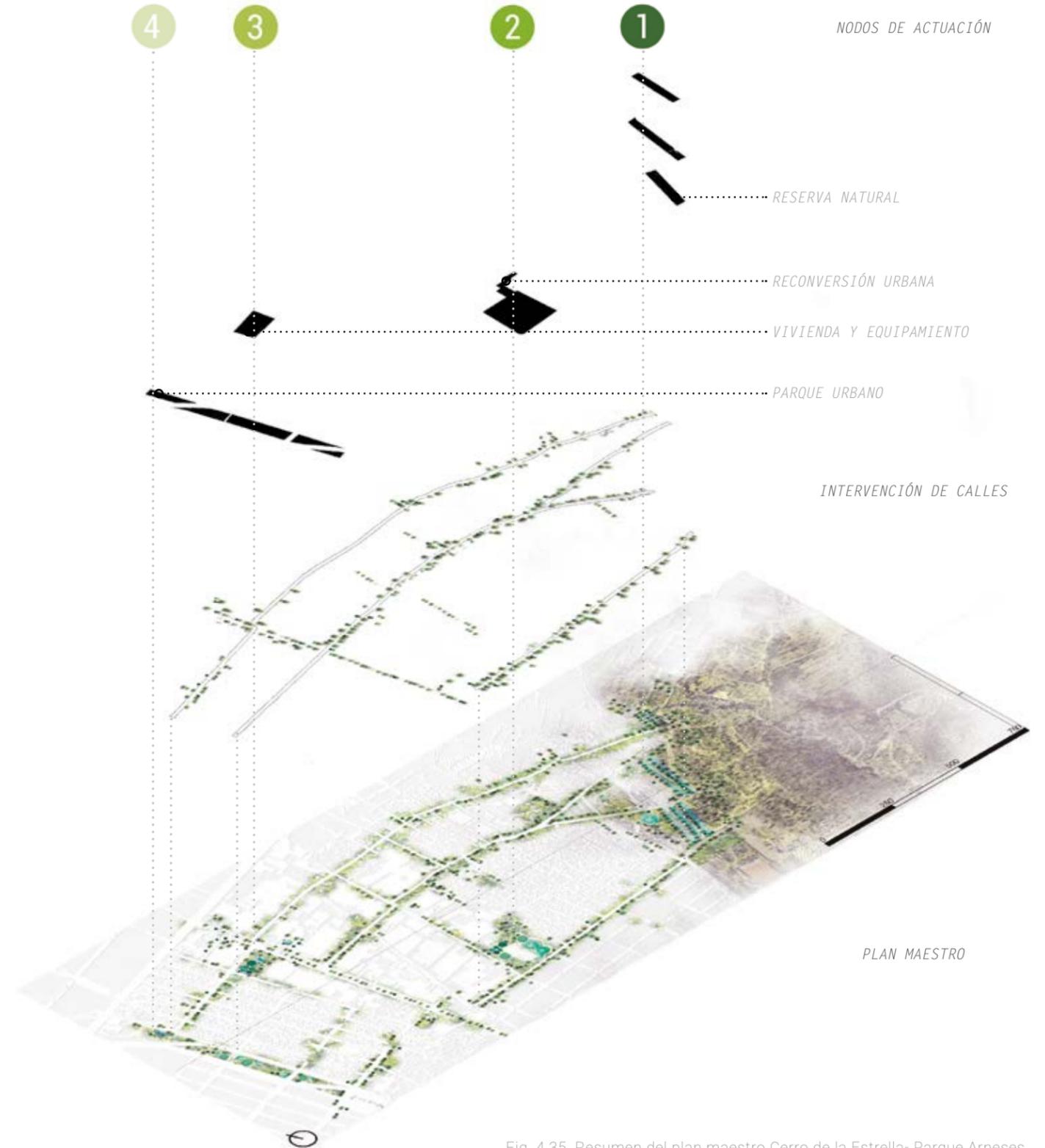
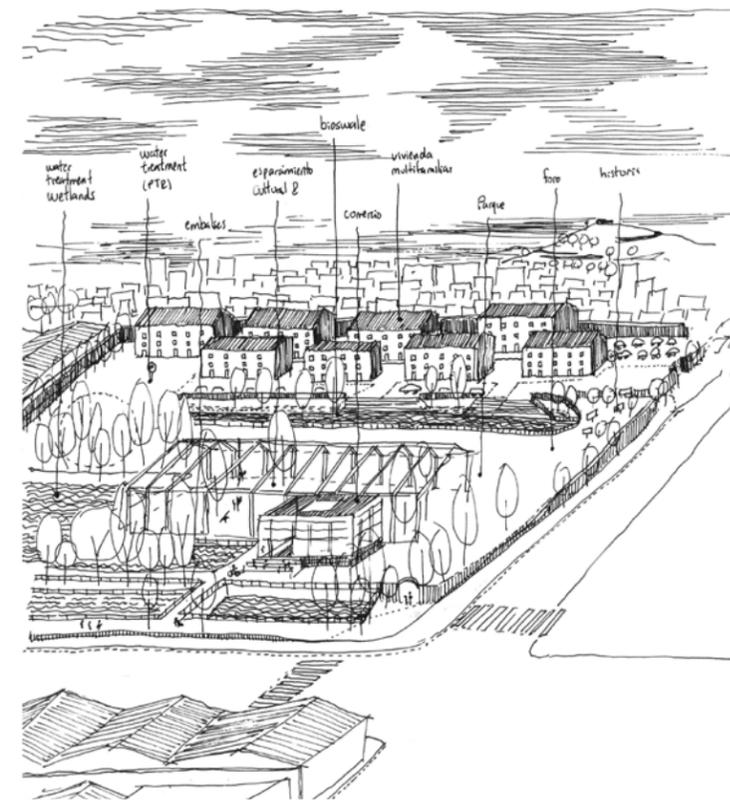


Fig. 4.35. Resumen del plan maestro Cerro de la Estrella- Parque Arneses.



5

PROYECTO DE INTEGRACIÓN HÍDRICA- URBANA

5.1 Camino Antigo a Culhuacán 218

El segundo borde por tratar es la franja entre los usos urbanos habitacional (H) e industrial (I). En este borde se encuentra el predio de Camino Antigo a Culhuacán número 218.

Como se explica anteriormente, capítulo 03.2.2, hasta la primera mitad del siglo XX los asentamientos humanos fueron de carácter rural, en las décadas de 1960 y 1970 se consolida la colonia Santa Isabela Industrial dentro del polígono industrial de Iztapalapa; y es también en estas décadas que la región aledaña al pueblo de Iztapalapa comienza su crecimiento indefinido e irregular empujado por las migraciones urbanas del centro de la Ciudad de México a sus periferias, y de otros estados del país a la capital.

Los asentamientos urbanos han continuado su expansión de forma acelerada e informal a tal punto que, de acuerdo con el Atlas de Riesgos, en un 60% del territorio de la Delegación Iztapalapa coexisten actividades que resultan poco compatibles, como el caso de industria y vivienda, este es el caso del ecotono 2 y 3 del plan maestro.

Comúnmente, como se manifiesta en las tablas de compatibilidad de usos en los manuales para equipamiento de SEDESOL, es deseable que los polígonos industriales no convivan con otros usos, principalmente, habitacional y sus equipamientos. Sin embargo, el escenario actual es otro y los usos ya se encuentran establecidos de esta manera, y a la convivencia en tensión de ambos usos los definimos como ecotonos a trabajar.

El predio Camino Antigo a Culhuacán 218 no solo se encuentra en el borde entre usos habitacional e industrial, sino que también se encuentra en una manzana con ambiguos límites entre vivienda e industria y actualmente el predio tiene un 65% de área libre y un desarrollo inmobiliario en construcción.

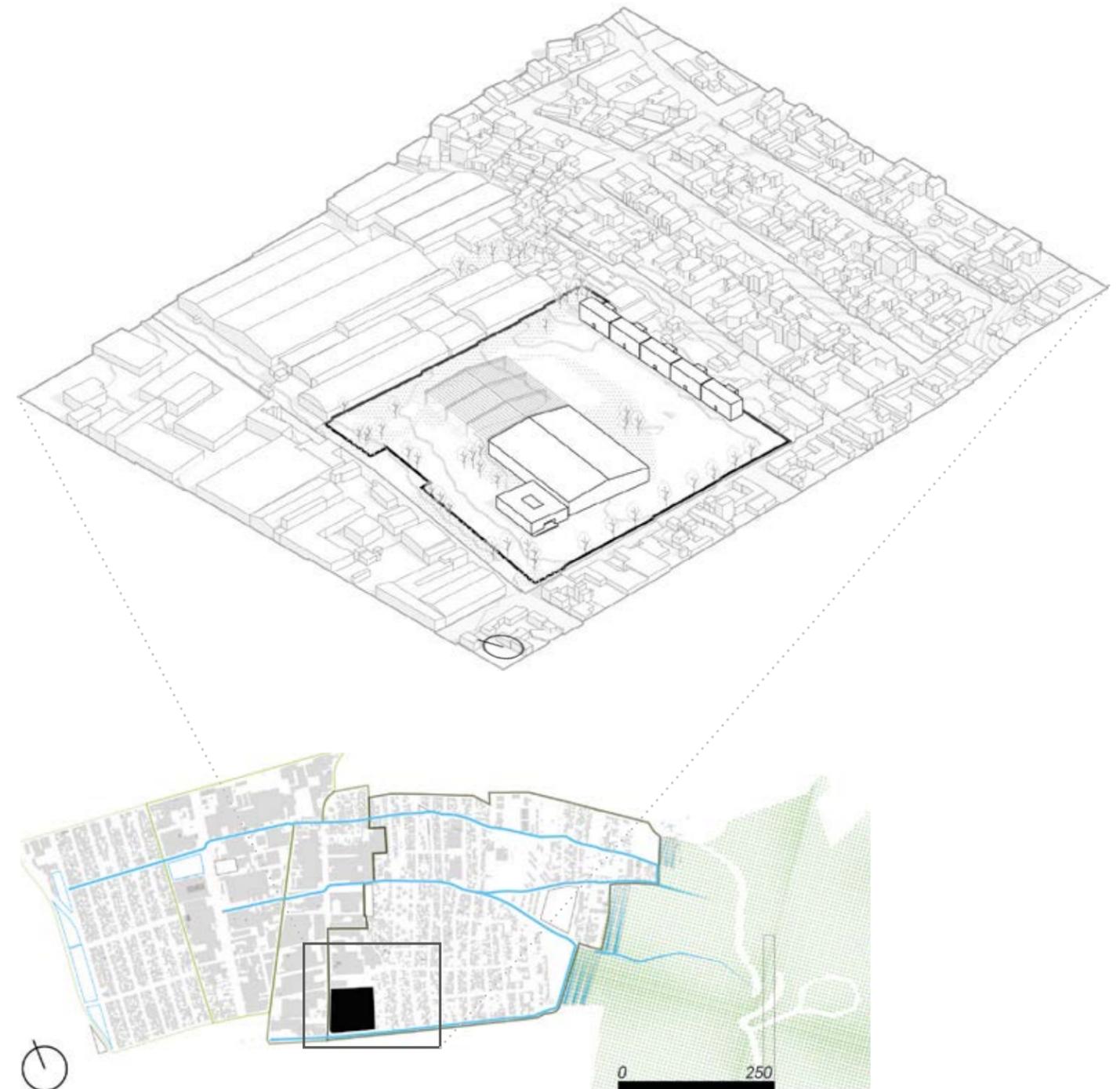


Fig. 5.01. Ubicación del predio a intervenir en el borde 2 dentro del Plan Maestro Cerro de la Estrella- Parque Arneses. Elaboración propia

05.2 Análisis de sitio

Colindancias

El terreno colinda al norte con un predio industrial, al poniente con un bloque de viviendas unifamiliares, al sur con la calle Cacama y al oriente con la calle Antiguo Camino a Culhuacán. Sobre la calle Cacama escurre una de las escorrentías principales.

Fig. 5.02. Página derecha. Isométrico del estado actual del predio Antiguo Camino a Culhuacán 218 y su contexto inmediato indicando el uso de suelo, áreas libres y colindancias. Elaboración propia

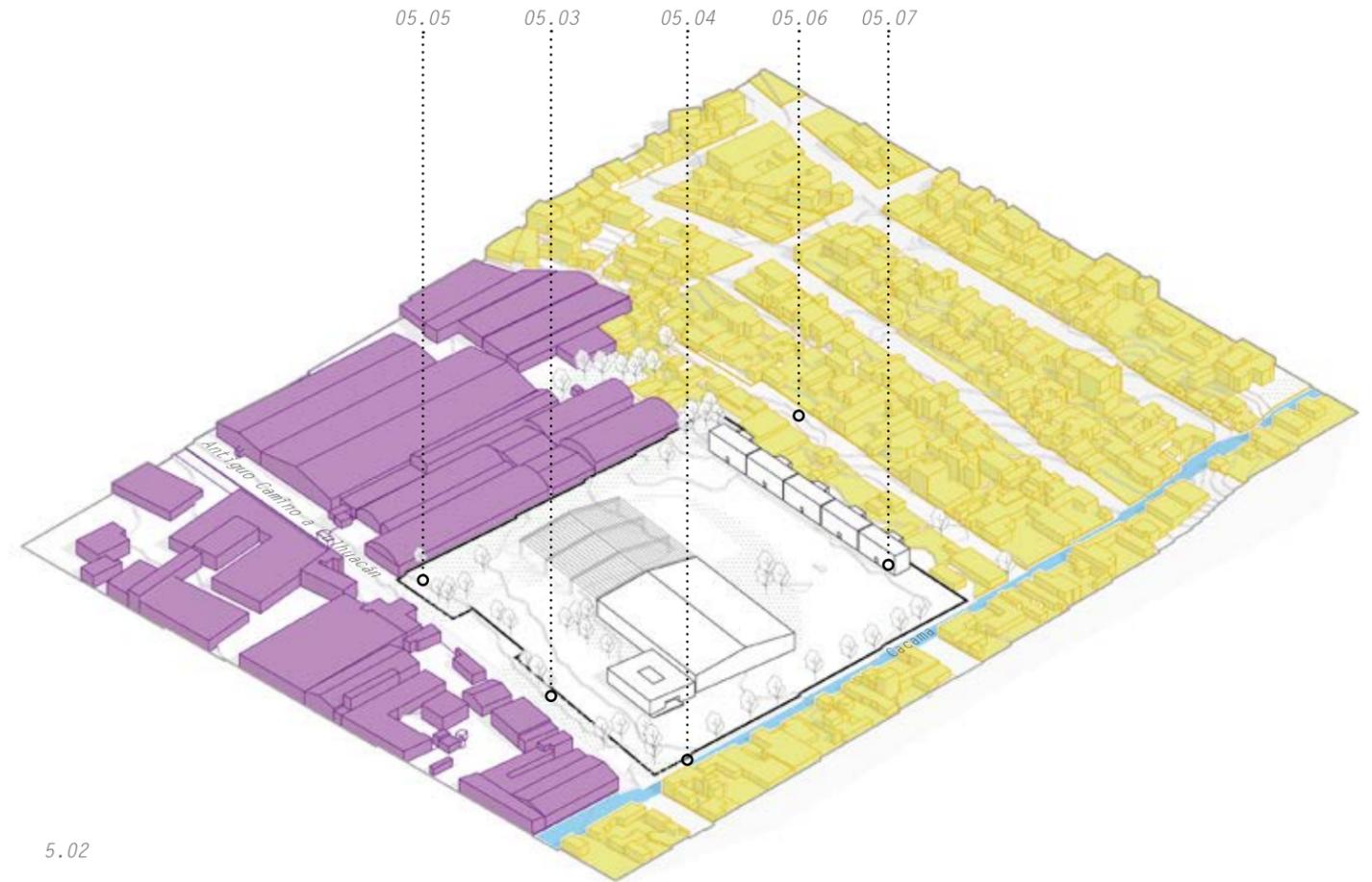


Fig. 5.03. Vista panorámica de la fachada poniente desde el paramento del predio sobre la calle Antiguo Camino a Culhuacán.



Fig. 5.04. Vista panorámica de la fachada sur, desde la calle Cacama. Actualmente el edificio de la derecha se encuentra demolido, mientras el edificio del fondo a la izquierda se conserva.

Fuente: Google Street View, 2017.



5.02



5.05



5.06



5.07

Fig. 5.05. Vista hacia la colindancia norte desde el paramento del predio sobre calle Antiguo Camino a Culhuacán, se aprecia la vegetación en suelo no pavimentado y material de demolición. Fig. 5.06. Calle trasera al predio, los predios de la derecha colindan al oriente con el predio. Fig. 5.07. Vista desde la colindancia oriente del predio hacia el área en obra, se aprecian los desplantes de los edificios. Fotografías propias.

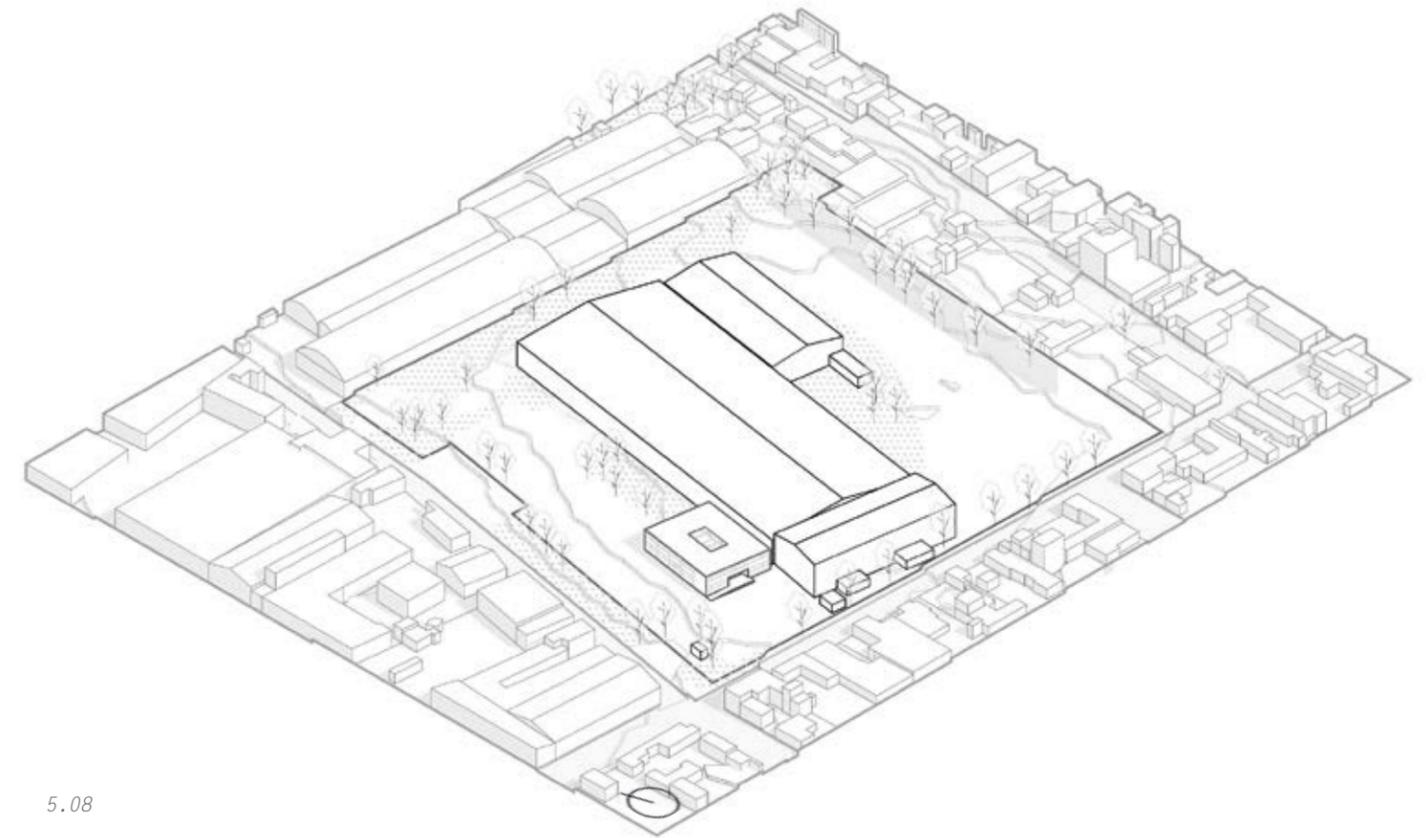
Estado actual

La industria que se encontraba en el predio se componía de cuatro edificios industriales construidos en desuso, tres de ellos eran naves industriales con cubierta ligera, además de varios volúmenes de menores tamaños sobre el predio.

Actualmente aún se conservan dos de los edificios industriales: el edificio principal y la nave industrial de mayor tamaño. La nave está en proceso de ser desmantelado, descubriendo su estructura de acero, y el edificio principal no ha sido intervenido ni demolido.

El uso de suelo del predio, de acuerdo con el programa de desarrollo urbano de la alcaldía es industrial, con un área libre del 40%, y un máximo de 3 niveles de construcción.

A pesar de tener uso de suelo industrial, actualmente está en construcción un desarrollo de vivienda colectiva en el predio, sobre la colindancia poniente, y se puede observar el tentativo crecimiento del desarrollo con el trazo de las cimentaciones de los futuros edificios.



5.08

Fig. 5.08. Isométrico del estado actual del predio Antiguo Camino a Culhuacán 218, con preexistencias de su pasado industrial.
Elaboración propia



Fig. 5.09a. Fotografía aérea histórica. Fecha de imagen 12-28-2009.
Fuente: Google Earth



Fig. 5.09b. Fecha de imagen 11-07-2013. Nave derecha desmantelada.
Fuente: Google Earth



Fig. 5.09c. Fecha de imagen 02-11-2017. Terraceo del fondo del predio.
Fuente: Google Earth



Fig. 5.09d. Fecha de imagen 09-04-2019. Basamentos de vivienda.
Fuente: Google Earth

Las áreas que conforman el terreno actualmente son:

Área libre: toda el área sin construir y sin elementos constructivos parciales o en proceso de demolición.

Edificios demolidos: se refiere al área de desplante de los edificios que fueron demolidos, donde el suelo ya no conserva sus propiedades naturales a pesar de ser área libre actualmente.

Demolición parcial: es el área de desplante de los edificios industriales que no han sido demolidos, sino que están en proceso de desmantelamiento y cuya cimentación y sistema estructural se conservan, en el caso de la nave, la estructura de acero está descubierta.

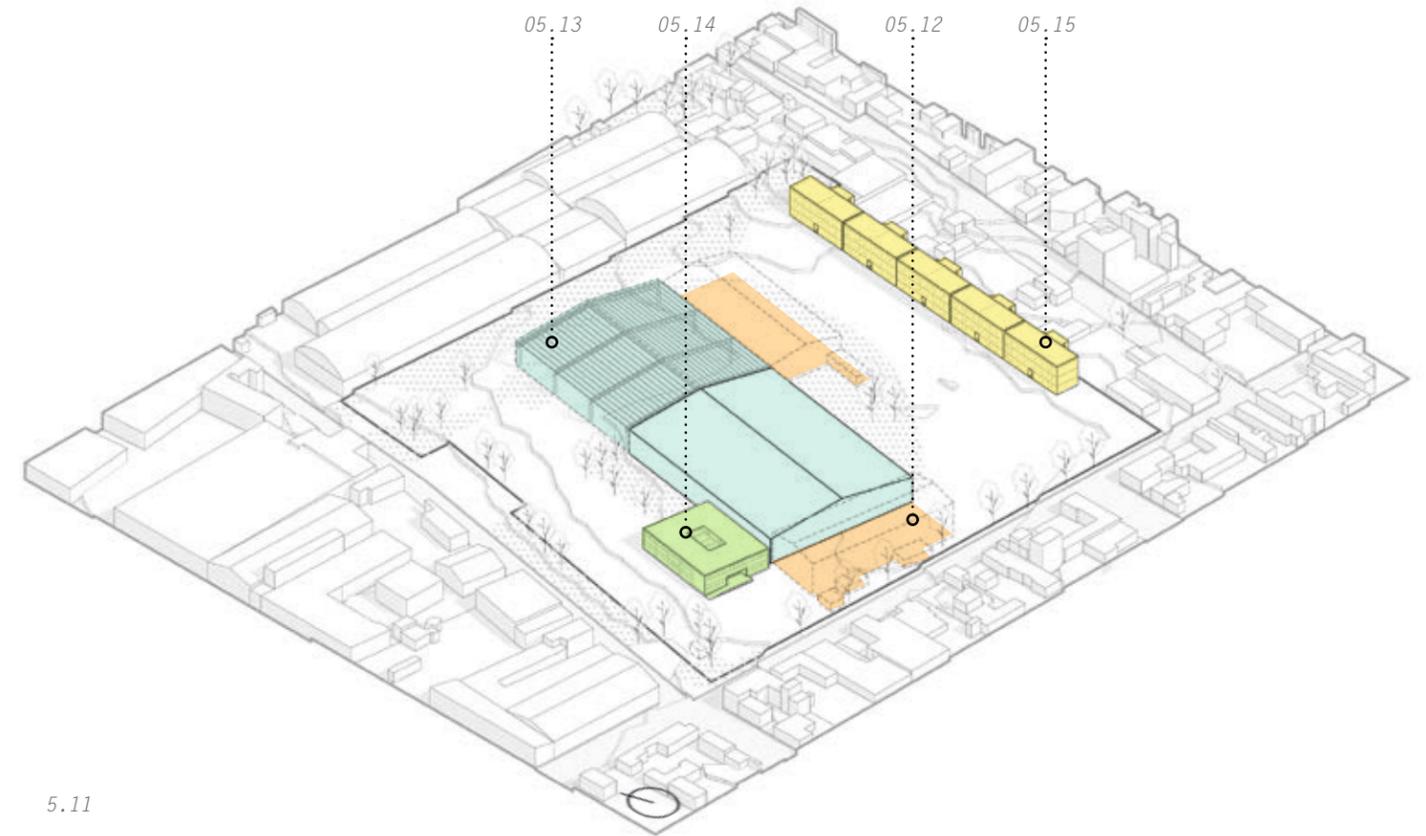
Edificios conservados: es el área de desplante de los edificios sin modificar ni demoler que se conservan con los niveles originales y los elementos estructurales y aparentes originales.

Vivienda en construcción: es el área de desplante de los edificios habitacionales en proceso de construcción.

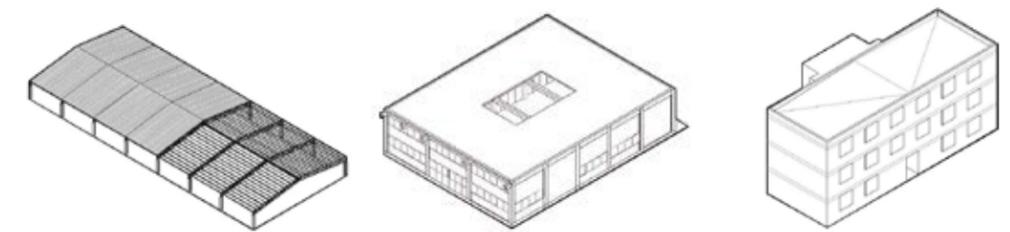
Superficie total de terreno: es el área de la superficie total del predio, compuesta por las áreas anteriormente descritas.

Área	m2	%
Área libre	14,751.00	65.04
Edificios demolidos	1,766.60	7.79
Demolición parcial	4869.40	21.47
Edificios conservados	523.00	2.31
Vivienda en construcción	770.00	3.40
Superficie total del terreno	22,680.00 m2	100 %

Fig. 5.10 Tabla de áreas del estado actual del predio. Elaboración propia.



5.11



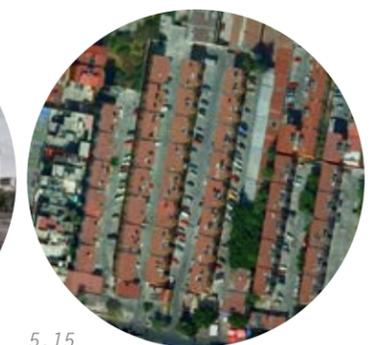
5.12



5.13



5.14



5.15

Fig. 5.11. Isométrico de preexistencias en el predio al momento de iniciar el proyecto por uso y estado. Naranja, edificios demolidos; azul, edificios parcialmente demolidos; verde, edificios conservados; amarillo, edificios de vivienda en construcción. Elaboración propia.

Fig. 5.12. Nave demolida. Fuente: Google Streetview.

Fig. 5.13. Nave parcialmente demolida. Arriba, isométrico elaboración propia. Abajo, Fotografía tomada de Google Streetview.

Fig. 5.14. Edificio de oficinas a conservar. Arriba, isométrico elaboración propia. Abajo, Fotografía tomada de Google Streetview.

Fig. 5.15. Ejemplo de tipología de vivienda en construcción. Arriba, isométrico de un edificio de vivienda, elaboración propia. Abajo, Fotografía tomada de Google Streetview.

Potencial de uso de suelo

De acuerdo al levantamiento fotográfico de los edificios en construcción, a las normativas correspondientes¹ y a la ubicación del predio, deducimos que se trata de un desarrollo de vivienda de interés social, con 4 niveles de construcción, un área máxima de 65 m² por departamento y un mínimo de 30% de los cajones de estacionamientos requeridos. Así, cada uno de los edificios en construcción albergará 10 departamentos de 65 m² y un área de circulaciones centrales.

Del total de la superficie del terreno, el 34.96% se encuentra construido, aunque esto no necesariamente indique que estas áreas tengan un uso definido, el suelo está ya pavimentado. Como premisa de diseño, el área ya pavimentada se rehabilitará y formará parte del área cubierta del programa arquitectónico para respetar lo máximo posible el área natural.

Por lo tanto, hay un área potencial de hasta 5,679 m² de la superficie del terreno, 25%, que pueden ser construidos para cumplir con el área libre mínima de 40%. Si tentativamente planteáramos que esta superficie la ocupará vivienda social con las mismas características de los prototipos en construcción, hay un potencial de hasta 36 edificios más, con un total de 328 viviendas en todo el predio.

Si bien el planteamiento de los desarrollador probablemente es usar la superficie máxima de construcción, la premisa en este proyecto es que dicho desarrollo incluya en todas las áreas un diseño hídrico integral.

Por lo tanto, el área ya pavimentada se aprovechará como parte de las áreas de servicio para dicho sistema hídrico y como equipamiento que de servicio tanto a la vivienda nueva, como a las viviendas unifamiliares existentes en los predios colindantes, como a los usuarios del polígono industrial.

¹ Normas Generales de Ordenación de SEDUVI, norma 26 para impulsar y facilitar la construcción de vivienda de interés social y popular en suelo urbano.

Fig. 5.16. Isométrico del predio con propuesta de usos a proyectar. Verde, área libre; Naranja, equipamiento; Azul, vivienda..
Elaboración propia

5.3 Programa Arquitectónico



5.16

Previo a la propuesta del programa arquitectónico, definimos en la siguiente tabla los usos que albergará el terreno y el porcentaje del área destinado para cada uso. Posteriormente, definiremos el programa arquitectónico de cada uso de suelo.

El área libre será conservada de acuerdo al requerimiento por uso de suelo, esta superficie puede integrarse en el programa de algún equipamiento al aire libre como de uso recreativo y deportivo.

Área	m2	%
Área libre	9,072.00	40 %
Equipamiento	7,160.08	31.57 %
Vivienda social	6,447.92	28.34 %
Superficie total del terreno	22,680.00 m2	100 %

Fig. 5.17. Tabla de áreas del estado actual del predio.

Análisis de equipamiento

Para definir el programa que se ubicará en el área de equipamiento es necesario hacer un estudio de equipamiento de acuerdo a las recomendaciones y requerimientos de SEDESOL. En el siguiente mapa se localizan los equipamientos existentes en el polígono de intervención con los radios de influencia según el equipamiento.

De acuerdo con los equipamientos existentes en el polígono, el uso deportivo está cubierto, existen también equipamientos culturales próximos, correspondientes a la biblioteca y casa de cultura del Antiguo Convento de Culhuacán, al sur del polígono.

Al norte del polígono no hay equipamientos culturales, además del auditorio municipal. Los equipamientos de servicios urbanos con escala local son escasos. Si bien se cuenta con panteones civiles y tanques de bombeo de agua potable, tienen un alcance a nivel alcaldía, y no conviven con el entorno.

Dentro de los manuales de SEDESOL existe la categoría de servicios urbanos, sin embargo, estos no consideran servicios urbanos sustentables tales como centros de reciclaje de residuos, huertos urbanos o plantas de tratamiento de agua residual.

Por la relevancia de estos para lograr un manejo sustentable de los recursos, los equipamientos del proyecto serán: **una planta de tratamiento de agua residual y un huerto urbano, con áreas libres para uso recreativo y deportivo.**

Clave

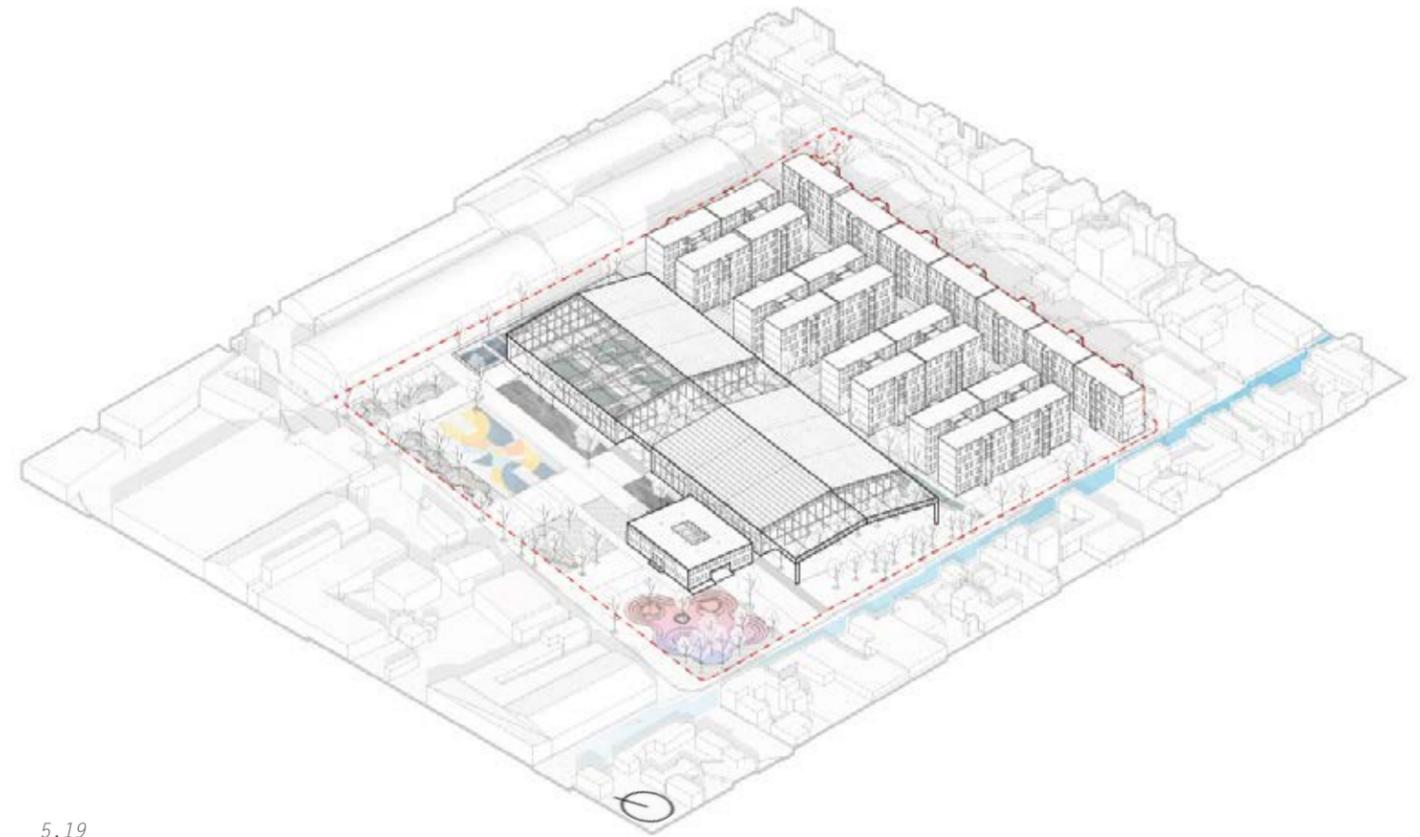
- educación
- cultura
- deporte
- recreación
- salud
- asistencia social
- comercio
- transporte
- admón. pública
- servicios urbanos
- iglesia



Fig. 5.18. Equipamiento existente y radios de influencia.

Elaboración propia

5.4 Proyecto Arquitectónico



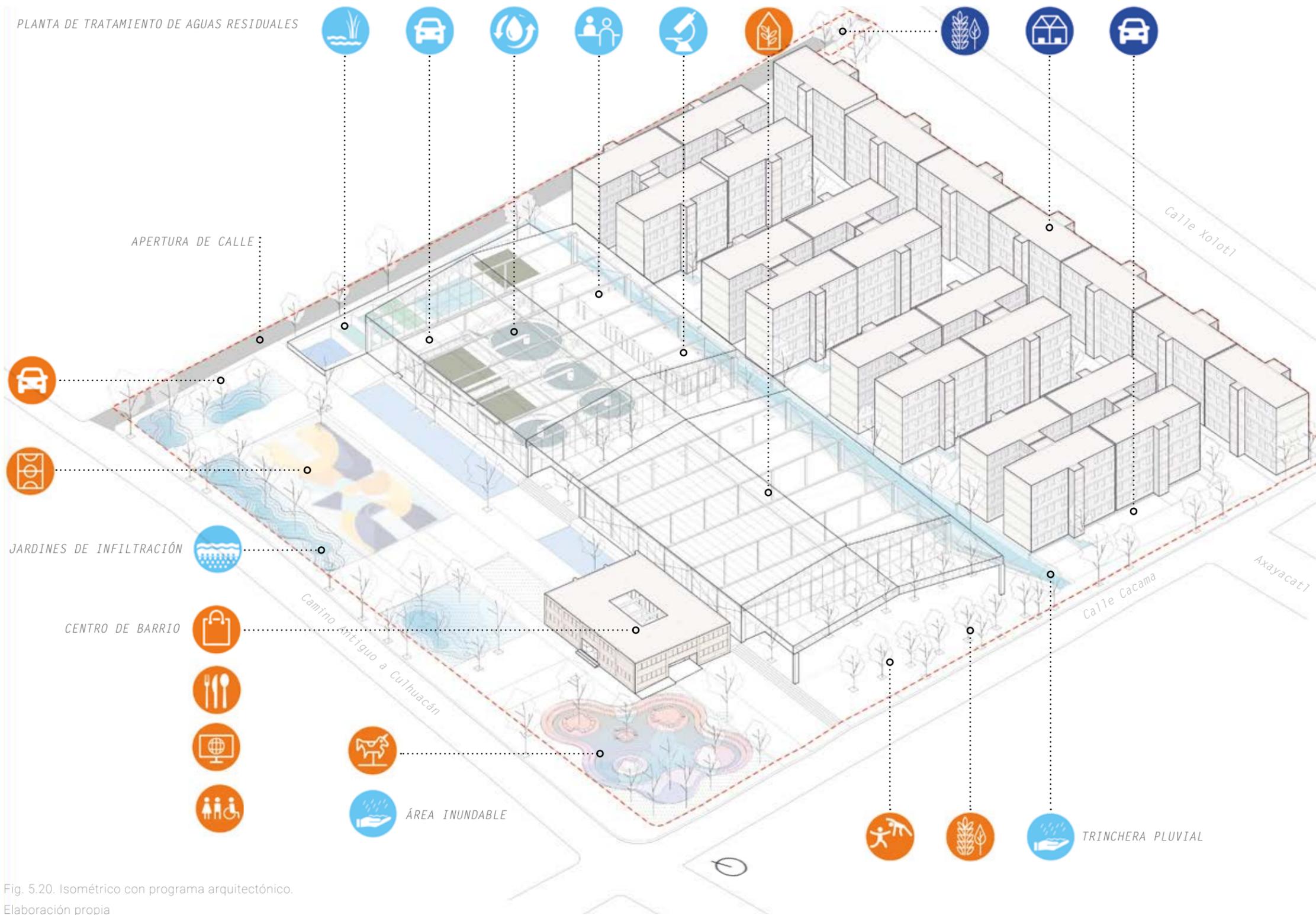
5.19

El planteamiento general del proyecto es muy cercano a la propuesta de zonificación por uso presentada en el apartado anterior. Vivienda en la zona este del predio, el equipamiento e infraestructura verde dentro de las preexistencias y el área libre alberga espacio público abierto; relacionando los usos existentes con el destino del equipamiento, al sur priorizar usos que conviven con vivienda y al norte usos que pueden convivir con la industria. Por último, es importante mencionar que la colindancia norte, con naves industriales, será abierta para liberar la tensión existente en el callejón Xolotl.

Fig. 5.19. Isométrico de intervención en el predio.
Elaboración propia

El programa de vivienda se emplaza en su totalidad en la zona oriente, colindando con los lotes de vivienda con fachada hacia la calle Xolotl; la primera línea de vivienda se encuentra sobre el levantamiento de cimentación ya ejecutada.

Dentro de las preexistencias se emplazarán los programas de equipamiento e infraestructura. Dado el sellamiento del suelo, la armadura será reutilizada y reestructurada para albergar un invernadero comunitario y el programa controlado de la planta de tratamientos. Colindando con la nueva calle, se ubican los programas de servicio: los humedales de pulimiento, pozas de captación de agua, estacionamiento y zona de maniobras.



El edificio de tabique rojo será rehabilitado y utilizado como centro de barrio, brindando servicios de comercio local, restaurante, salones para talleres y salas multiuso, además de servicios sanitarios.

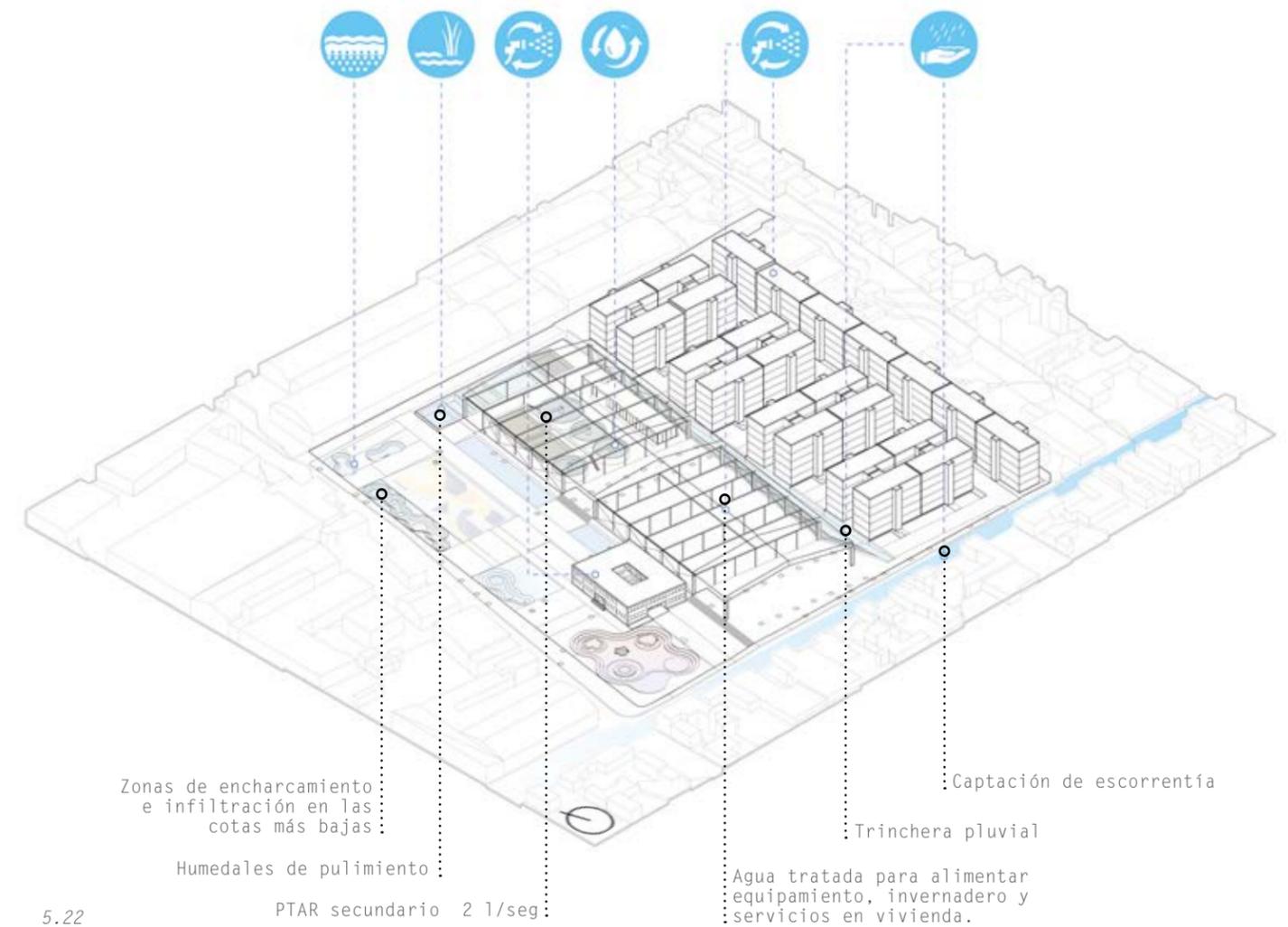
El programa arquitectónico final se desglosa en la siguiente tabla con áreas por uso.

Programa Arquitectónico	
Vivienda	
1 Edificios de departamentos	3,225.01
2 Jardines pluviales	1,229.24
3 Banquetas	588.37
4 Estacionamiento	1,110.98
5 Vialidad	1,903.05
Total vivienda	8,056.65
Infraestructura hidráulica	
6 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	1,472.75
7 Oficinas administrativas	94.86
8 Laboratorio PTAR	96.90
9 Patio de maniobras	339.97
10 Humedales de pulimiento	601.83
11 Espejo de agua	508.73
12 Trinchera pluvial	989.31
Total infraestructura	4,104.35
Equipamiento	
13 Centro de barrio	510.05
14 Invernadero Comunitario	2,009.94
15 Huerto Comunitario	638.72
16 Cancha multiusos	725.97
17 Jardín infantil	702.53
18 Explanada multiusos	1,007.58
19 Jardines inundables	1,151.48
20 Andadores y plazas	2,885.66
21 Nueva vialidad	803.73
22 Estacionamiento	83.34
Total equipamiento	10,519.01
SUPERFICIE TERRENO	22,680.00

Fig. 5.21. Tabla de áreas
Elaboración propia

Fig. 5.20. Isométrico con programa arquitectónico.
Elaboración propia

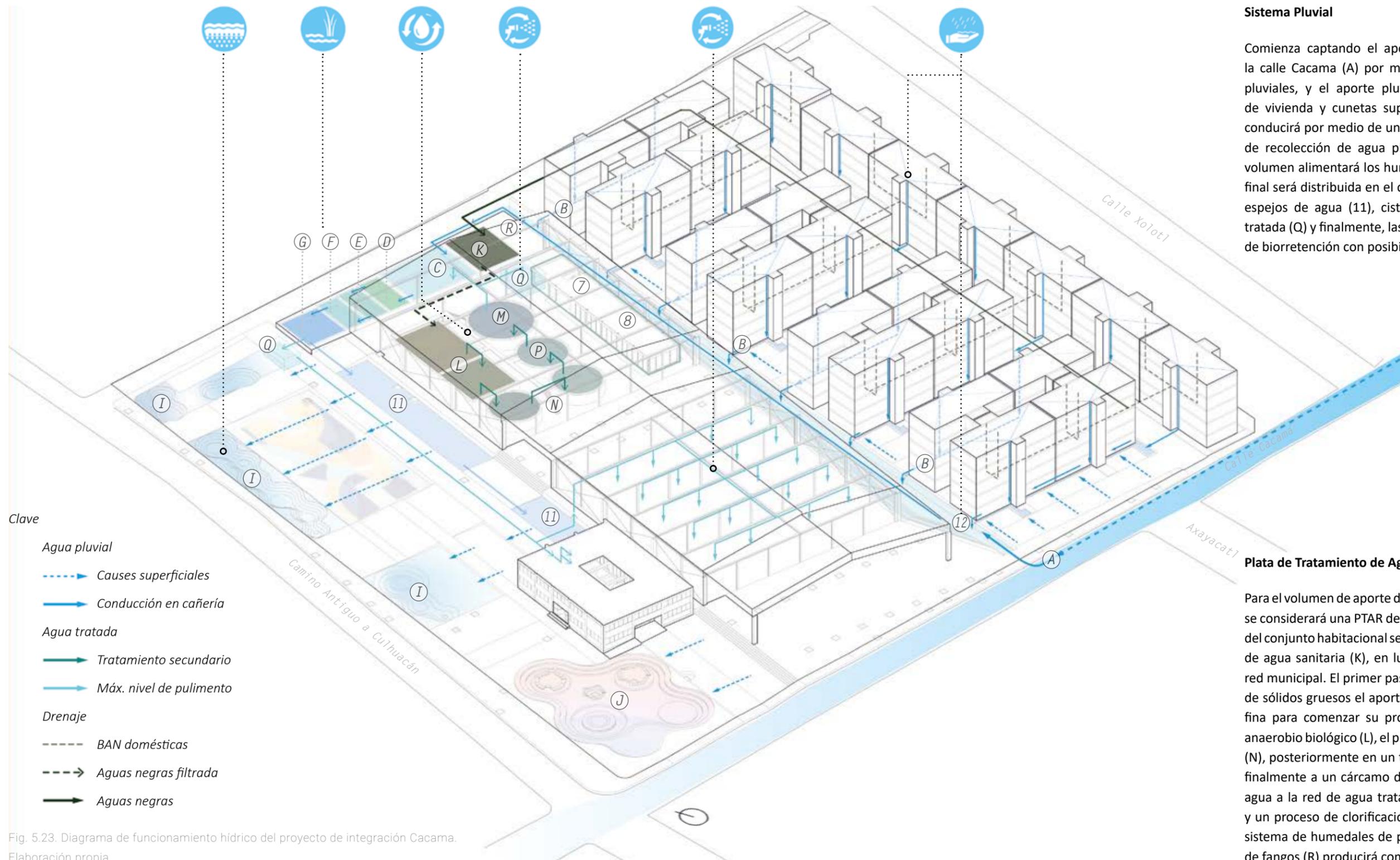
5.5 Funcionamiento Hídrico



Las estrategias hídricas en este proyecto de intervención deberán tener como objetivo INTEGRAR; integrar el agua con la arquitectura se logrará con elementos compositivos donde el agua conforma el paisaje y considerando en las infraestructuras a diseñar estas acciones.

Hay dos sistemas principales: el sistema de aprovechamiento de agua pluvial y el sistema de tratamiento de agua residual; el volumen efluente del primer sistema se destinará a riego y en época de lluvias, a la infiltración de agua al subsuelo; el volumen efluente del sistema de tratamiento de agua residual será destinado a riego y a el abastecimiento de agua para los servicios sanitarios dentro de la vivienda y el equipamiento.

Fig. 5.22. Estrategias hídricas en proyecto de integración Cacama. Elaboración propia.



Sistema Pluvial

Comienza captando el aporte pluvial de la escorrentía sobre la calle Cacama (A) por medio de bocas de tormenta y pozos pluviales, y el aporte pluvial de las azoteas de los edificios de vivienda y cunetas superficiales (B), ambos volúmenes se conducirá por medio de una trinchera pluvial (12) hacia un pozo de recolección de agua pluvial (C). En épocas de lluvia, este volumen alimentará los humedales de pulimento cuya efluencia final será distribuida en el conjunto por medio de tuberías hacia espejos de agua (11), cisternas de aprovechamiento de agua tratada (Q) y finalmente, las demasías serán captadas en jardines de biorretención con posibilidad de infiltración de agua (I).

Clave

- Agua pluvial
 - > Causes superficiales
 - > Conducción en cañería
- Agua tratada
 - > Tratamiento secundario
 - > Máx. nivel de pulimento
- Drenaje
 - > BAN domésticas
 - > Aguas negras filtrada
 - > Aguas negras

Plata de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Para el volumen de aporte de agua residual de los departamentos, se considerará una PTAR de 1.5 l/s, la red de recolección sanitaria del conjunto habitacional será conducida a un pozo de almacenaje de agua sanitaria (K), en lugar de conectarla directamente a la red municipal. El primer paso será filtrar por medio de una rejilla de sólidos gruesos el aporte sanitario y por medio de una rejilla fina para comenzar su proceso de tratamiento en un reactor anaerobio biológico (L), el proceso continúa en un reactor aerobio (N), posteriormente en un tanque clarificador de densidad (P), y finalmente a un cárcamo de bombeo (M), antes de distribuir el agua a la red de agua tratada, pasará por un sistema de filtros y un proceso de clorificación (Q) o bien, en época de estiaje, al sistema de humedales de pulimento. Por último, el tratamiento de fangos (R) producirá composta.

Fig. 5.23. Diagrama de funcionamiento hídrico del proyecto de integración Cacama. Elaboración propia.

5.6 Planos Arquitectónicos



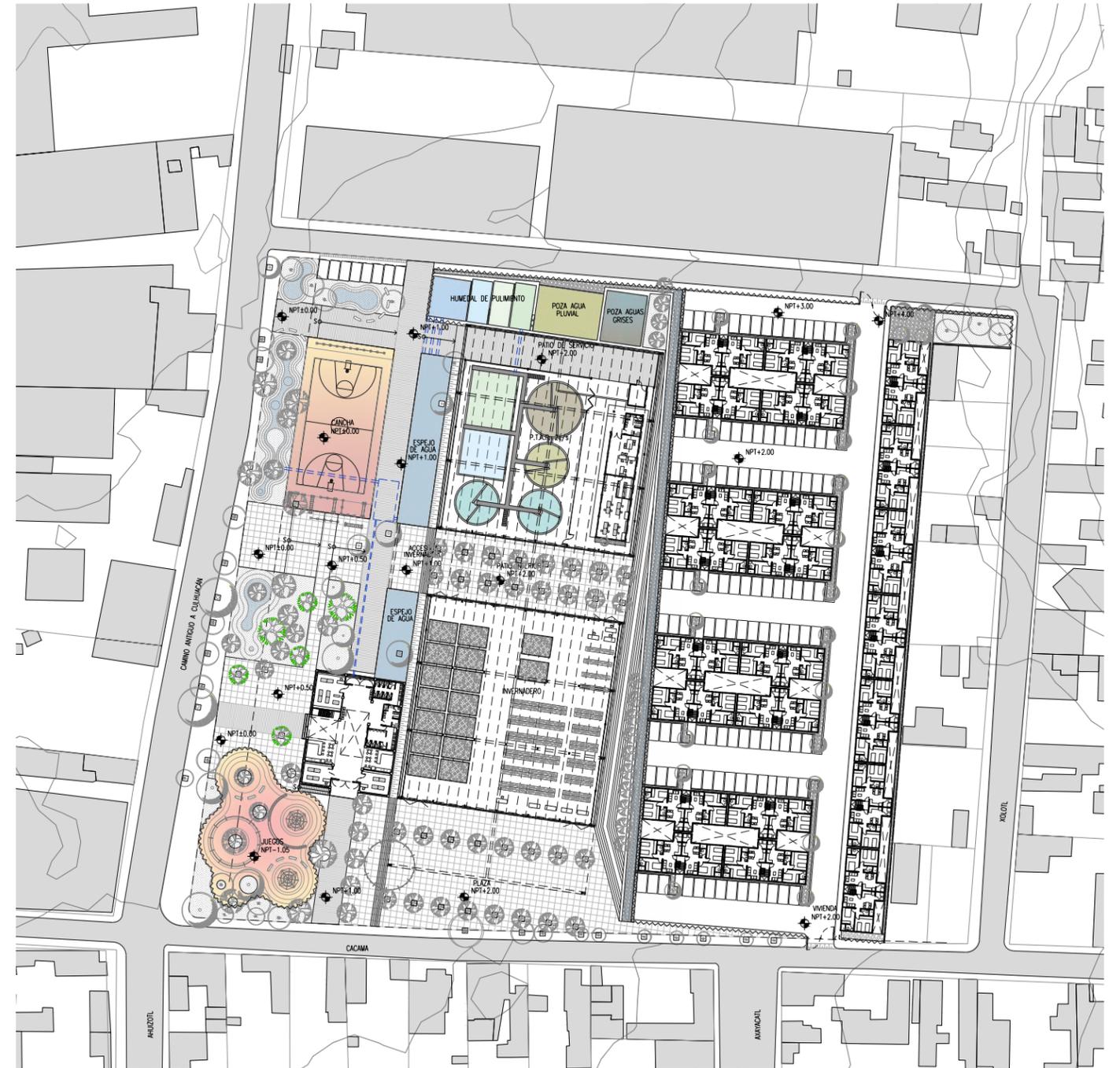
Escala 1: 1250 

Fig. 5.24. Antigua Camino a Culhuacán 72. Plano del estado actual.
Elaboración propia



Escala 1: 1250 

Fig. 5.25. Planta arquitectónica de conjunto.
Elaboración propia



Escala 1: 1250 

Fig. 5.26. Planta baja arquitectónica de conjunto.
Elaboración propia

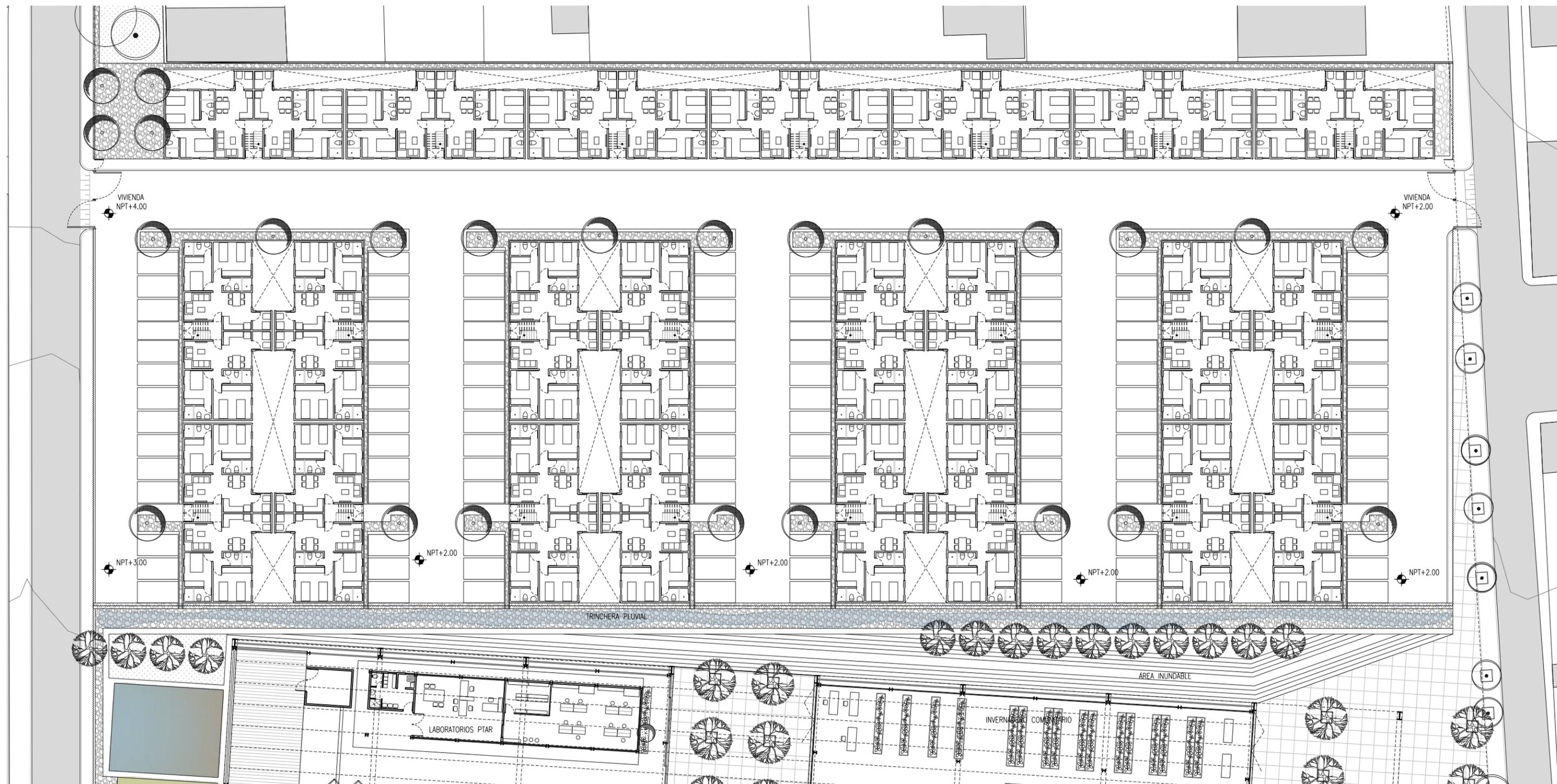


Fig. 5.27. Vivienda social
Planta de conjunto.

Escala 1: 400

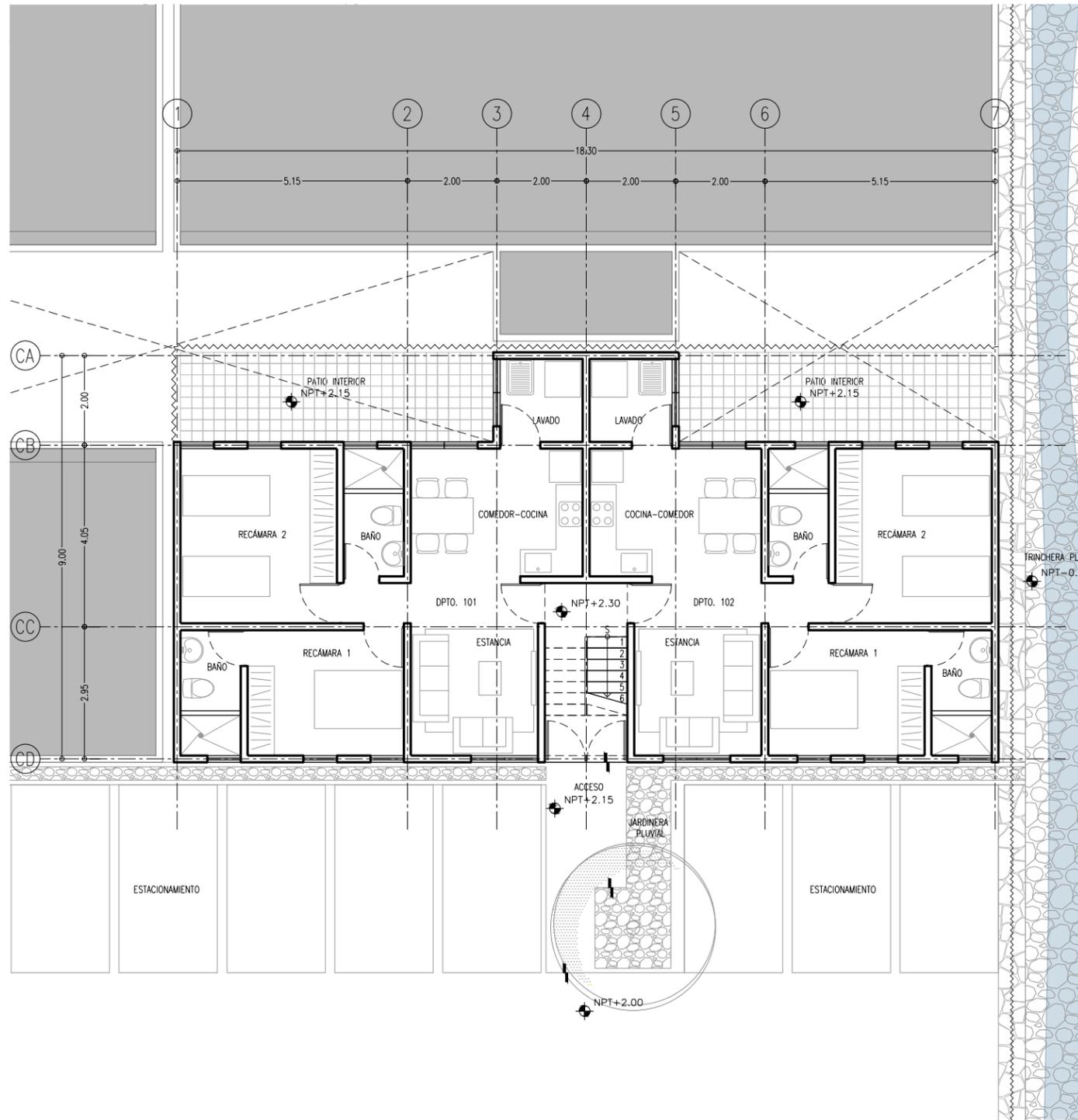


Fig. 5.28. Vivienda social. Planta baja edificio tipo

Escala 1: 200

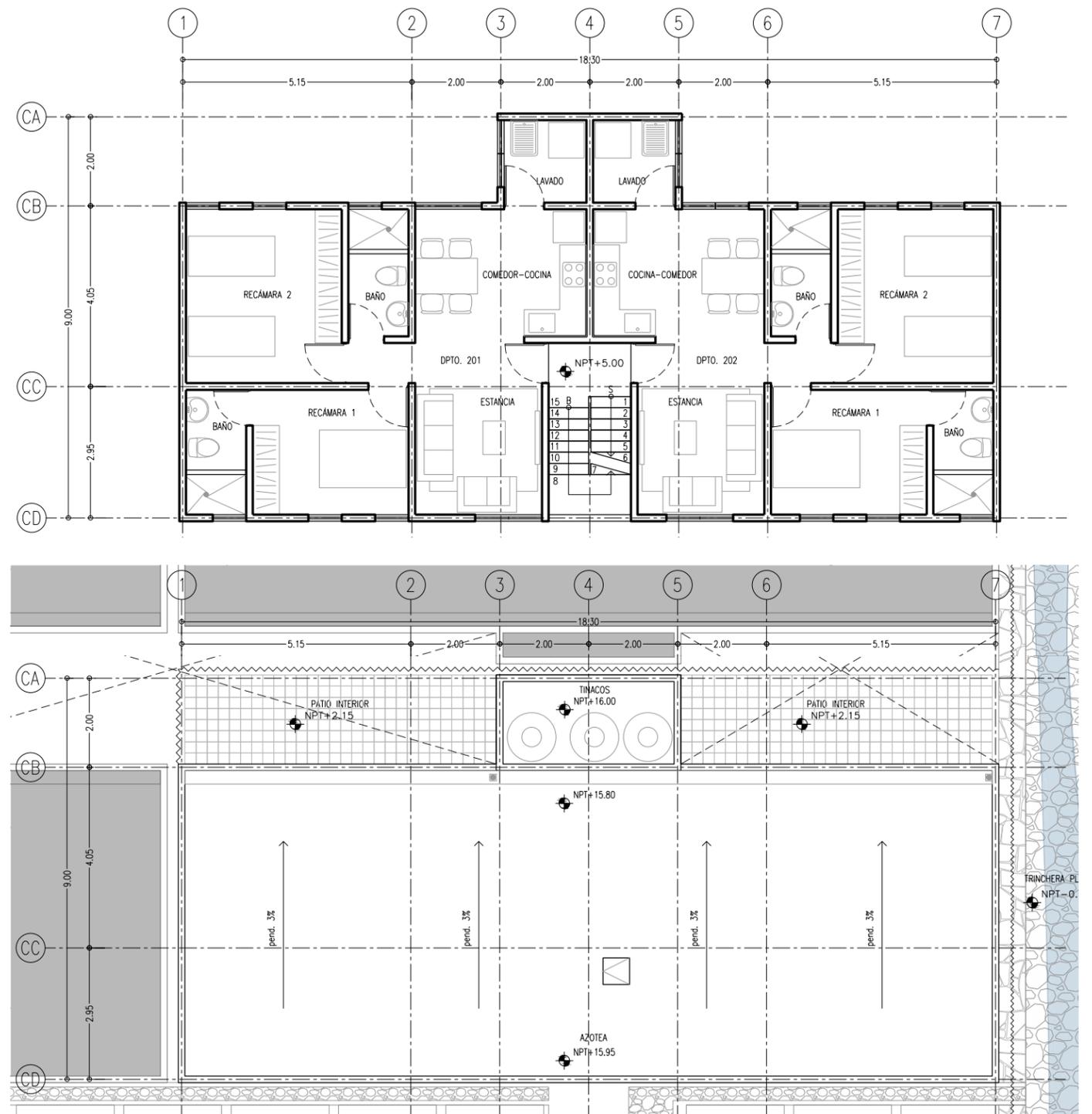


Fig. 5.29. Arriba. Plantas altas N1, N2 y N3, edificio tipo.

Fig. 5.30. Abajo. Planta de azoteas, edificio tipo.

Escala 1: 200

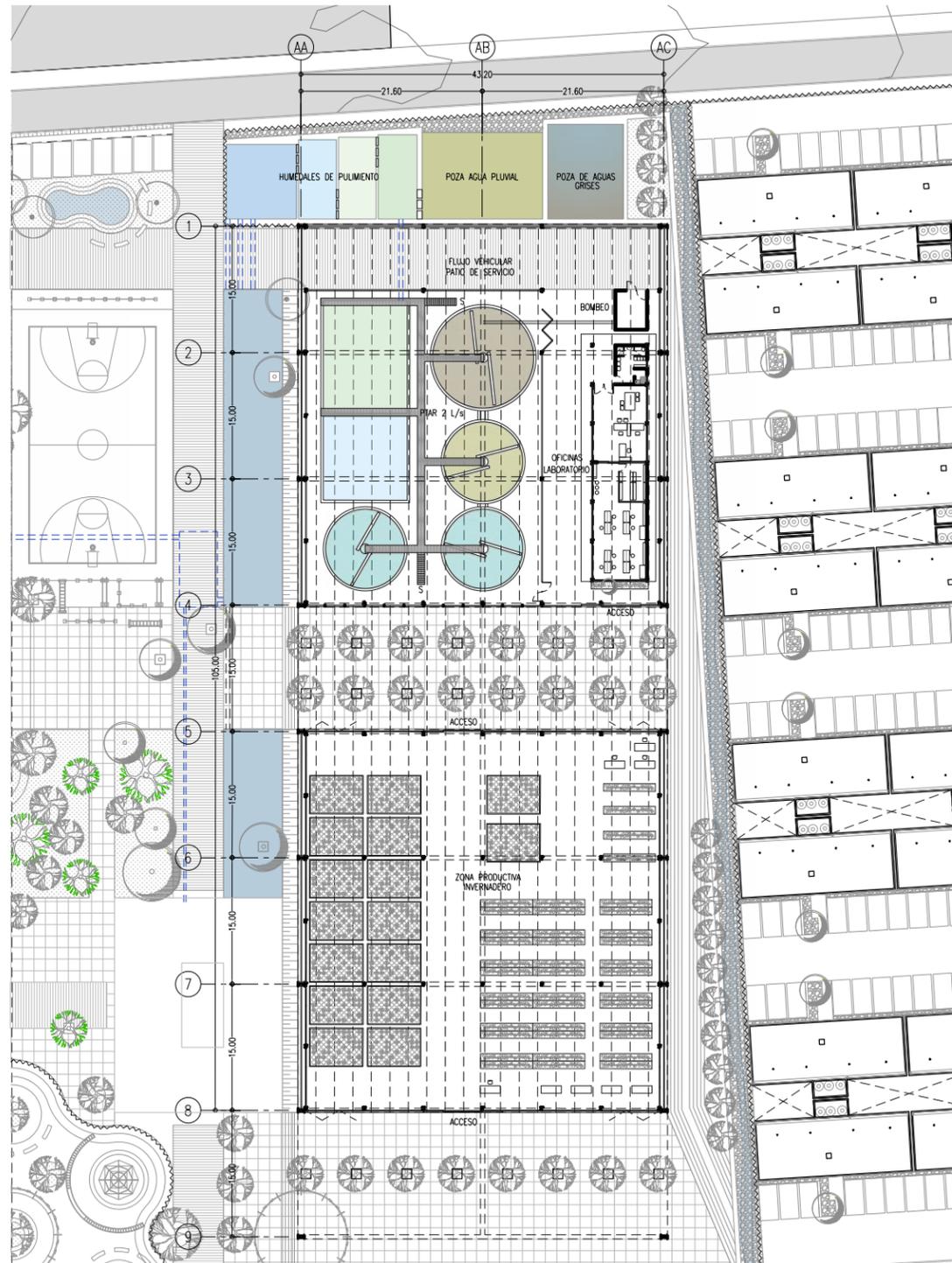


Fig. 5.31. Planta baja arquitectónica, invernadero y PTAR.

Escala 1: 750 

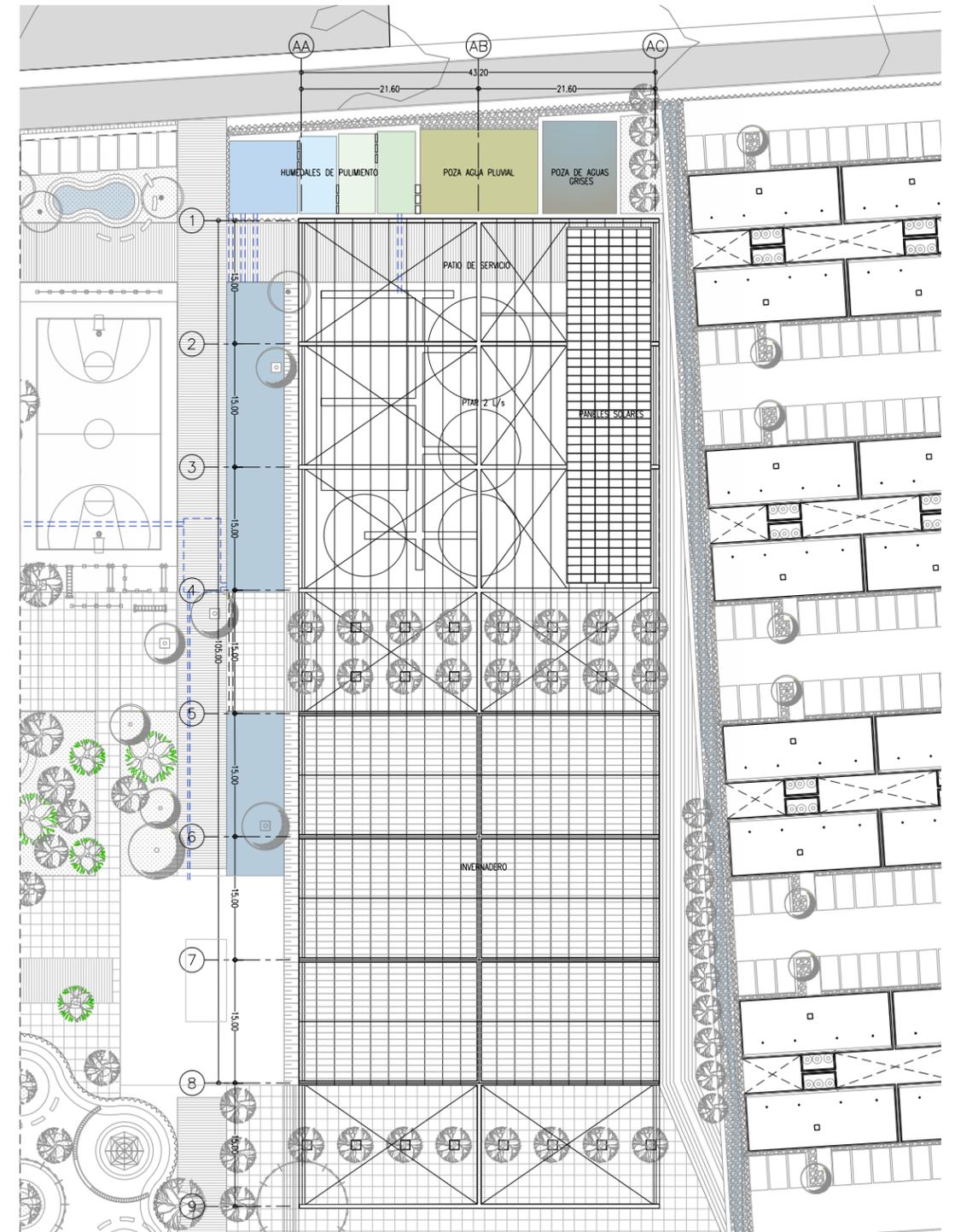


Fig. 5.32. Planta alta arquitectónica, invernadero y PTAR.

Escala 1: 750 

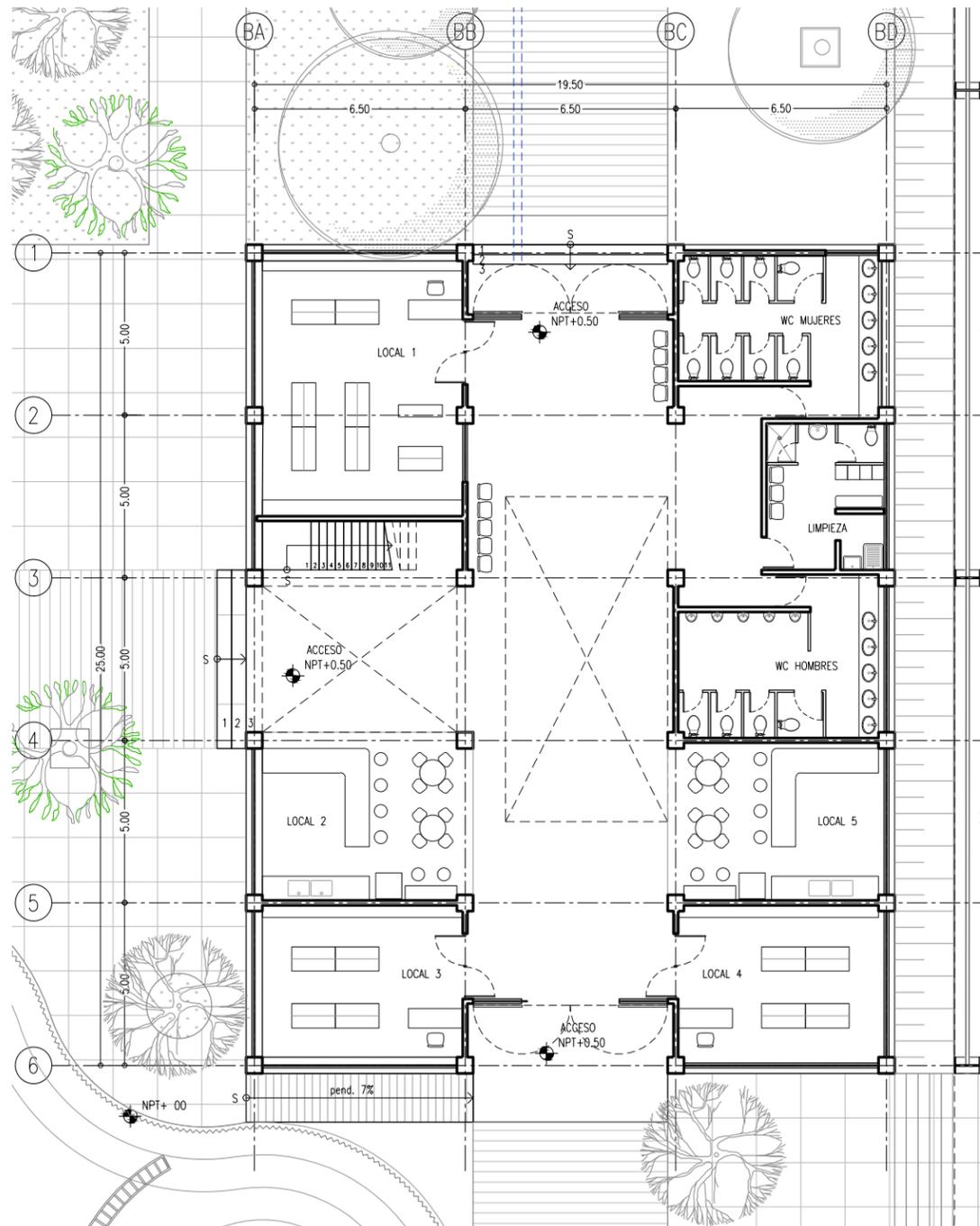


Fig. 5.33 Edificio re-usado. Centro de barrio, planta baja.

Escala 1: 200

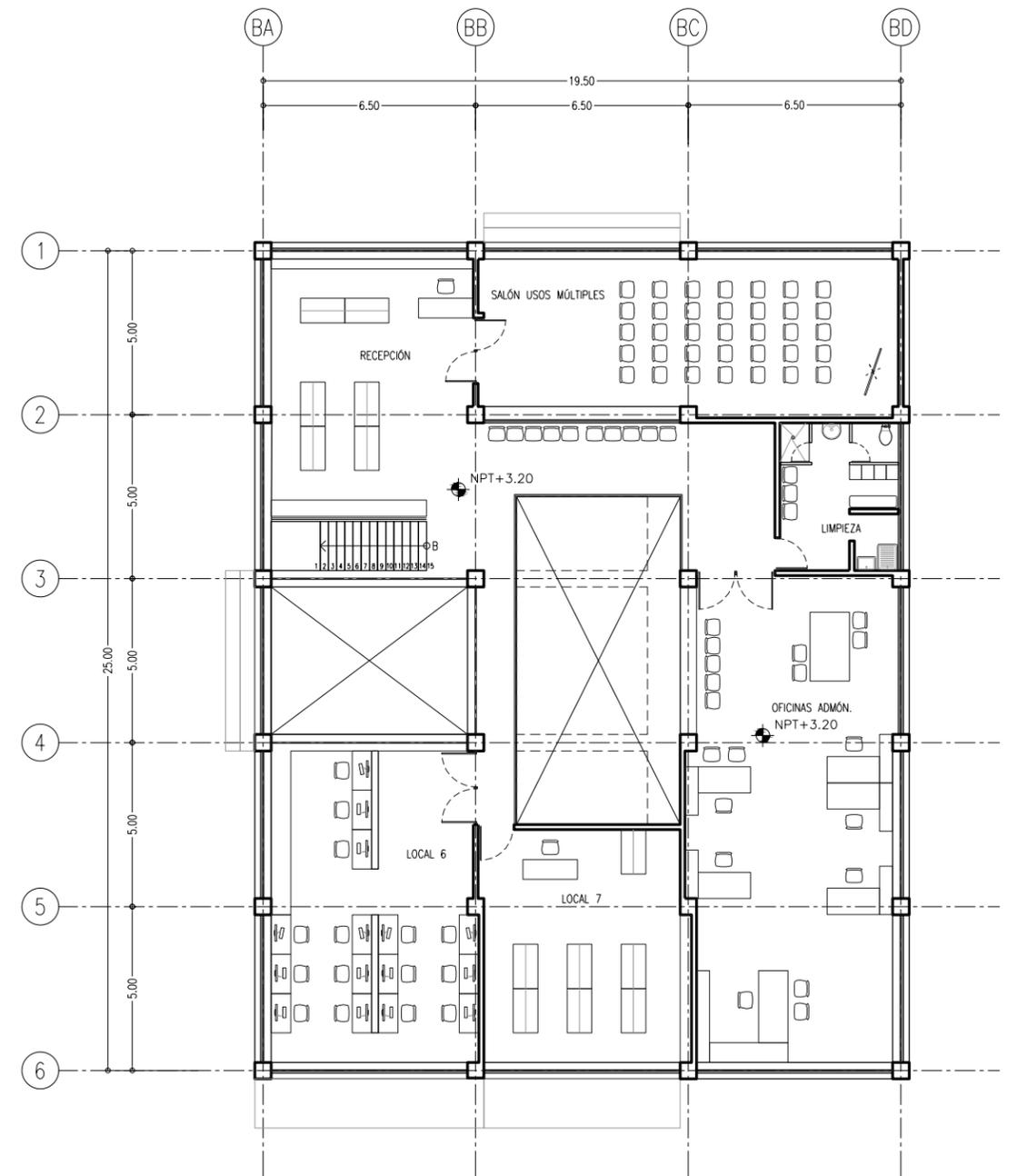


Fig. 5.34. Edificio re-usado. Centro de barrio, planta alta.

Escala 1: 200



5.7 Vistas Objetivo

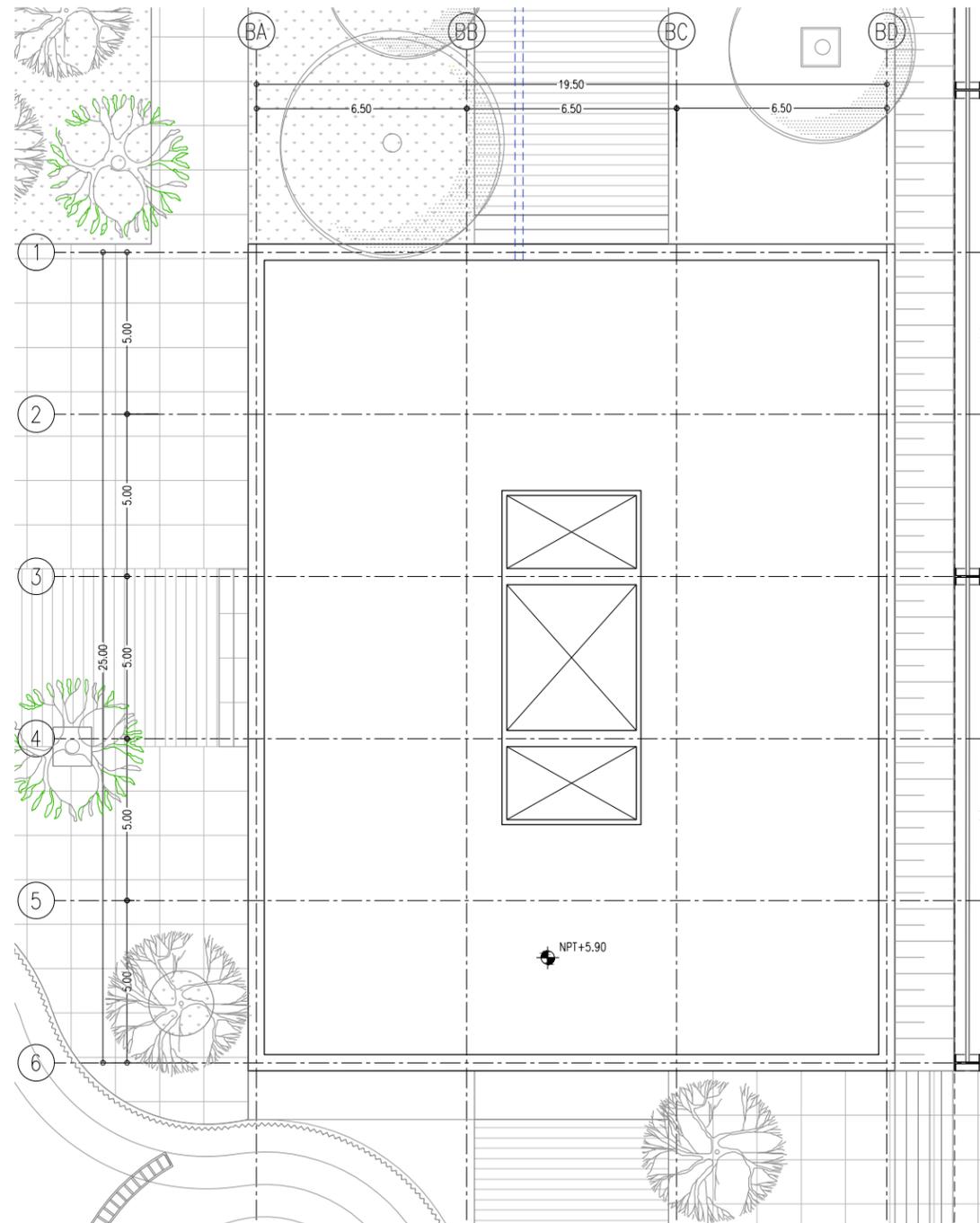


Fig. 5.35. Edificio re-usado. Centro de barrio, planta de azotea.

Escala 1: 200



Fig. 5.36. Vista aérea de conjunto.
Elaboración propia.



Fig. 5.37. Vista aérea del proyecto, ANP Cerro de la Estrella al fondo.
Elaboración propia.



Fig. 5.38. Plaza multiusos acceso a Invernadero Comunitario.
Elaboración propia.



Fig. 5.39. Vista desde calle Camino Antigo a Culhuacán, al fondo invernadero.
Elaboración propia.



Fig. 5.40. Vista aérea a PTAR.
Elaboración propia.

Conclusión

A través de los trabajos realizados en sus diferentes ediciones, el seminario de tesis y titulación Taller Hídrico Urbano logró construir un espacio dentro de la Facultad de Arquitectura de cuestionamiento e innovación entorno al diseño y al quehacer de la arquitectura frente a los retos que enfrentan los centros urbanos, en especial la Zona Metropolitana del Valle de México.

En varias ediciones, el taller salió de las aulas como una agente más para participar en proyectos e iniciativas multidisciplinarias en instituciones externas a la FA- UNAM; al conocer estas acciones y como entonces estudiante de arquitectura, coincidí con la urgencia de discutir sobre estas preguntas fundamentales que reflexionaban en el THU

¿cómo responder a la crisis hídrica en la Ciudad?

¿por qué no hay sensibilidad ambiental en la formación de arquitectos?

Si bien, *agua, ciudad y subsidencias*, no me dio la respuesta a estas preguntas, si me abrió el panorama y me dotó de metodologías para plantear nuevas preguntas que pudiéramos resolver a través del diseño; los hundimientos diferenciales no son un fenómeno que le compete extensivamente al arquitecto, sin embargo, desde el diseño arquitectónico sí se puede dar respuesta a sus repercusiones en el tejido urbano.

El propósito de esta sección es discutir los resultados del seminario de tesis a través del desarrollo de los siguientes cuestionamientos:

- Cómo las estrategias aplicadas al proyecto presentado responden al problema planteado.
- Cuál fue el objeto arquitectónico resultado de la metodología de diseño definida.
- Cuáles son las posibilidades de leer los hundimientos desde la arquitectura.

El problema detectado, motivo por el cual fue seleccionada la zona del Cerro de la Estrella como polígono de intervención, fue la amenaza bajo la que está sometida el Área Natural Protegida ante la tensión urbana que experimenta la región del Cerro de la Estrella entre los diferentes usos urbanos y las vulnerabilidades hídricas.

Los problemas puntuales se presentan en los bordes entre usos, la pérdida de identidad, la pérdida de capacidad de absorción del suelo, el desalojo de agua pluvial que provoca inundaciones y el riesgo de mayores hundimientos por ser zona de transición.

Definida la zona de trabajo, la hipótesis plantea que, aprovechando la transversalidad de las calles con escorrentía, podíamos establecer una relación entre arriba-abajo (topográficamente) y entre los diferentes usos de suelo al crear ejes conectores que permitirían un plan de manejo de agua integral y que a la vez desahogaran las tensiones en los bordes entre un uso y otro.

Nuestro objetivo fue generar un plan de desarrollo urbano e hídrico para la zona norponiente del Cerro de la Estrella que fuera capaz de mitigar problemas hídricos presentes y de propiciar la regeneración de la zona. Este además podría ser un modelo de intervención para zonas urbanas ubicadas en laderas..

Para desarrollar este plan nos propusimos: definir estrategias de manejo de agua que respondieran a los problemas presentes en cada cota de la ladera y plantear estrategias urbano-arquitectónicas que revaloricen el valor ambiental del sitio; estas estrategias estarían plasmadas en un plan maestro que partiría de los ejes-escorrentías para tratar cada borde con diseño.

Las estrategias generales propuestas por el equipo son **mitigar, integrar y retener**. Cada estrategia aplica intensivamente a uno de los bordes *_ecotonos_* detectados y tienen una relación simbiótica entre ellas; así mitigar tiene mayor relevancia en el inicio del proyecto (borde 1) al evitar encharcamientos y dar un espacio de esparcimiento de calidad; integrar (bordes 2 y 3) hace mención tanto a integrar el agua en los elementos arquitectónicos, como integrar las dinámicas entre las poblaciones de un uso y otro; y, retener (borde 4) enfatiza la necesidad de un límite sólido entre el ANP y las calles de vivienda para detener el crecimiento de los asentamientos informales y a la vez, captar el agua pluvial en suelo de infiltración.

Los ejes rectores, los bordes y las estrategias surgieron del proceso de mapeo y de los diagramas generativos, plasmado todo en el plan maestro.

El modelo de intervención del plan maestro puede ser aplicado en asentamientos humanos ubicados laderas de transición dentro de la cuenca de México para revalorizar los servicios ambientales y urbanos que las formaciones volcánicas proveen a los habitantes de la ciudad, para efectos de este trabajo, el principal servicio es su capacidad de infiltrar agua para recargar los mantos acuíferos.

El proyecto arquitectónico de integración desarrollado en el presente documento busca responder a las presiones urbanas que identificamos en los bordes. En el caso específico de Camino Antiguo a Culhuacán, este predio no contaba con intervenciones ni construcciones al momento de iniciar el proyecto conceptual; sin embargo, identificamos la necesidad de reconvertir el uso

de suelo del predio, (de industria a vivienda), para responder a los cambios de uso que se presentan en la zona de intervención, como se ve en el primer boceto de estrategias (sección 4.3).

Los trabajos de terraceo y cimentación que vimos en visitas posteriores al sitio confirmaron nuestra hipótesis de incluir vivienda en el programa de las intervenciones de integración. El proceso de definir el programa y diseñar la zonificación, respondiendo a las normativas aplicables y al estado actual del predio, fue un ejercicio valioso para nutrir el proyecto conceptual.

En este punto, es prudente señalar que cada vez más, para responder a las problemáticas hídricas en el territorio de la cuenca de México, la cooperación entre diferentes agentes es esencial; si bien las normas ambientales aplicadas a la construcción tienen una incidencia positiva en la evolución de la urbe, la colaboración entre gobierno e iniciativa privada permitirá proyectos en diferentes escalas.

El manejo de los hundimientos diferenciales no solo se limita al cálculo de los estados límites de servicio y falla por asentamiento en las construcciones, o a soluciones ingenieriles de juntas y amortiguamiento de hundimientos.

Para tener más proyectos arquitectónico y urbano sensibles a las vulnerabilidades hídricas y las subsidencias dentro del territorio, es necesario el compromiso de las autoridades locales, estatales y federales para incentivar prácticas resilientes. Luego entonces, la participación multidisciplinaria en proyectos de diseño arquitectónico es indispensable para enriquecer el proceso y resultaría casi imposible lograr un proyecto integral sin la aportación de diferentes disciplinas.

Finalmente, me gustaría señalar el valor que la metodología de diseño aportó al proyecto; generar nuevos conjuntos de posibilidades sobre un paisaje existente, al *re-territorializar* los elementos ya existentes puede provocar nuevas relaciones entre los agentes que habitan un territorio; con este principio, valoramos el potencial de sitios *no-programados* que denominamos *ecotonos* para articular los espacios sí-programados dentro del sistema urbano. Cambiar de escalas nos permite ver que la infraestructura es tan importante como el objeto arquitectónico para el funcionamiento del tejido urbano.

Índice de figuras

Introducción

Fig. 1.01 Taller Hídrico Urbano generación 2016.
Foto: Loreta Castro Mancera.

Fig. 1.02. Diagrama generativo, James Corner. Fuente: James Corner. AA Files 27, Verano 1994, 52.

Fig. 1.03. Capas programáticas de la propuesta de OMA para el Parque de la Villette, OMA, 1982. Fuente: oma.eu

Fig. 1.04. Plano Reconstructivo de la Región de Tenochtitlán al comienzo de la Conquista. Fuente: Arq. Luis González Aparicio, 1968.

Fig. 1.05. Mapa de Uppsala o Mapa de Alonso de Santa Cruz. El plano representa lo que fue México- Tenochtitlán al rededor del 1550. Fuente: Biblioteca de la Universidad de Uppsala, disponible en sitio web de Biblioteca Digital Mundial; <https://www.wdl.org/es/item/503/>

Fig. 1.06. Relación entre el hundimiento regional en el Centro Histórico y la extracción de agua del subsuelo del Valle de México. La gráfica muestra la explicación del Ing. Nabor Carrillo al relacionar los hundimientos (m) con la extracción de agua por medio de pozos (m³/s) para clasificar históricamente los periodos de hundimientos por extracción de agua del acuífero hasta el año 1990. Fuente: E. Tamez, Undécima Conferencia Nabor Carrillo: Hundimientos diferenciales de edificios coloniales en el Centro Histórico de la CDMX., México, 1992, pp. 57

Fig. 1.07. Niveles de peligro de inundación en la Delegación Iztapalapa (1998-2005). Fuente: Vera M, Evaluación de amenazas por inundaciones en el centro de México: el caso de Iztapalapa, 2007, pp. 106.

01 Cuenca de México

Fig. 1.08. Curvas isopométricas de México. Elaboración propia a partir de mapas de INEGI y CONABIO.

Fig. 1.09. Ubicación de la Cuenca de México, escurrimientos, organización territorial y organización administrativa de la cuenca. Elaboración propia a partir de mapas de INEGI y CONABIO.

Fig. 1.10. Representación de los antiguos lagos en la Cuenca hacia 1529. El albardón de Nezahualcóyotl destaca entre la infraestructura al separar y controlar los flujos de agua dulce y agua salada en el Lago de Texcoco para permitir que la Isla de México estuviera rodeada de agua dulce, dando origen a lo que se llamó Laguna de México. Elaboración propia a partir de mapas de INEGI, CONABIO y del texto y mapa del “Plano Reconstructivo de la región de Tenochtitlán” de Luis González Aparicio.

Fig. 1.11. Conflictos hídricos en la Cuenca de México. Fuente: La Crónica, 2014; @webcamsdemexico, 2017; Miguel Dimayuga, 2017; Santiago Arau, 2018.

Fig. 1.12 Visión actual de la Cuenca de México. Elaboración propia a partir de mapas de INEGI 2010, CONABIO y Google Maps.

Fig. 1.13. Mapa de la Cuenca de México, sistemas de abastecimiento de agua potable y drenaje. Fuente: Elaboración propia a partir de mapas de INEGI, CONABIO y Taller Capital.

Fig. 1.14. Balance hídrico representando la cuenca de México sin intervenciones humana. Se aprecia el aporte de agua que nutría los lagos, que solo perdían agua por la evotranspiración. Elaboración propia con datos del INEGI, 2013.

Fig. 1.15. Balance hídrico actual. Los diferentes agentes están categorizados en ingresos, reingreso y egreso. Por el volumen de agua indicado, se aprecia la sobreexplotación de los acuíferos al extraer cerca del 200% de su infiltración. Elaboración propia con datos del INEGI, 2013.

Fig. 1.16. Sección de la Cuenca hace 500 años contra escenario actual. Elaboración propia con base a los resultados de la excavación del pozo San Lorenzo Tezonco.

Fig. 1.17. Hundimientos acumulados en metros de 1862 a 2011. Fuente: Sistema de Aguas de la Ciudad de México

Fig. 1.18. Testigos del hundimiento. Fuente: Elaboración propia para Diálogos I, de acuerdo a datos del Laboratorio de Geoinformática, IPN.

02 Diálogos

Fig. 2.01. The Tijuana Projection, Krzysztof Wodiczko, 2001. Fuente: web.mit.edu/idg/cecut.html

Fig. 2.02. Fotomontaje, visión futura del Centro Histórico, pronóstico ante las grietas. Elaboración: Diana Vázquez para el video Más de un siglo de fracturas.

Fig. 2.03. Vista aérea de la Ciudad de México contrastando el área de los antiguos lagos con los índices de hundimiento registrados. Elaboración propia a partir de información de CONAGUA.

Fig. 2.04. Proyección de Más de un siglo de fracturas en la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Foto: Diana Vázquez.

Fig. 2.05. Don't cross the bridge before you get to the river, Francis Alÿs, Estrecho de Gibraltar, España- Marruecos, 2008.

Fig. 2.06. Dispositivo de medición, video cámara dentro de tubo de PVC como pozo exploratorio. Elaboración del equipo.

Fig. 2.07. Corte 2008 m. Corte hidrogeológico del pozo SLT en contraste con el corte programático del recorrido por la Central de Abastos. Elaboración propia con muestras tomadas durante el recorrido.

Fig. 2.08. Growth, Allora y Calzadilla, 2004.

Fig. 2.09. Elaboración del monolito a Tláloc, cimbra de MDF. Foto: Diana Vázquez.

Fig. 2.10. Ruptura Hídrica en el Centro Cultural Universitario Tlatelolco. Foto: Diana Vázquez.

Fig. 2.11 y 2.12 Detalles de la pieza. Fotos de Diana Vázquez.

Fig. 2.13. Mapa de los dispositivos de medición en Tlatelolco. Elaboración propia.

Fig. 2.14. Conjunto Urbano Nonoalco- Tlatelolco, Rodrigo Moya, 1965. Fuente: Archdaily, Clásicos de Arquitectura: Conjunto Habitacional Nonoalco Tlatelolco / Mario Pani, 2015.

Fig. 2.15. El Tianguis de Tlatelolco según Diego Rivera. Fuente: Mural en Palacio Nacional.

Fig. 2.16. Contenido de agua en el suelo. Tlatelolco. Fuente: Jiménez, T., Enrique A., Aplicación de la geoestadística a la caracterización geotécnica del subsuelo de la zona central de la Ciudad de México, Tesis de maestría, UNAM, 2013.

Fig. 2.17. Fotomontaje, primeras aproximaciones de las dinámicas hídricas en Tlatelolco. Elaboración propia.

Fig. 2.18. Peligrosidad para las edificaciones en caso de sismo de acuerdo con las alturas y el suelo: (a) en edificios con 1 a 3 niveles la peligrosidad es mayor en el Poniente de Tlatelolco; (b) en edificios de 6 a 10 niveles, el peligro es mayor al Oriente; y, (c) en edificios de 13 a 20 niveles el riesgo es alto al Oriente de la 2a sección y en toda la 3er sección. Fuente: Mapas de peligros Geológicos de la Secretaría de Protección Civil de la CDMX, 2000.

Fig. 2.19. Subsidiencias en Tlatelolco, los hundimientos acumulados registrados van de 6 hasta 8 metros. Fuente: CONAGUA.

Fig. 2.20. Derivas hídricas por Tlatelolco. Grado de inclinación en el edificio Cuauhtémoc y pozo referencia en el parque San Lorenzo. Fotografías propias.

Fig. 2.21. Edificios con riesgo estructural en Tlatelolco. Fuente: El Universal, 2011.

Fig. 2.22. Modelo del edificio 5 de febrero donde se muestra la ubicación de Taller de Maquetas y la cimentación del edificio. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 2.23. Emersión aparente del edificio 5 de febrero. Fotografía propia.

Fig. 2.24. Modelo de la cimentación de los edificios tipo M: celdas cóncavas de la cimentación original; pilotes y celdas de cimentación perimetral de su posterior reestructuración. Elaboración propia.

Fig. 2.25 y 2.26. Primera aproximación atmosférica en las celdas de cimentación de Tlatelolco. Fotografías propias.

Fig. 2.27. Maqueta de las celdas de cimentación. (a), (b) y (c) representan las celdas registrables y (d) representan las celdas inundadas. Elaboración del equipo.

Fig. 2.28. Corque esquemático del dispositivo, los 8 m de referencia entre el nivel de agua y la referencia a nivel de banqueta. Elaboración propia.

Fig. 2.29. Diagrama de instalación de Tlate +- Agua. Elaboración propia.

Fig. 2.30. Mediciones del nivel de agua en las celdas en la puerta de Central de Maquetas. Foto: Diana Vázquez.

Fig. 2.31. Dispositivo dentro de la celda de cimentación. Fotografía propia.

Fig. 2.32. Referencias de niveles medidos por Tlate+- Agua en la Plaza de las Tres Culturas Foto: Manuel Abad Ventura

Fig. 2.33. Resultados de la medición, diagrama donde se muestra el nivel medido desde la superficie de agua. Elaboración propia

03 Cerro de la Estrella

Fig. 3.01. Portada de capítulo. Vista hacia el Sur desde el Cerro de la Estrella. Fuente: View from the Cerro Estrella, 1880, William Henry Jackson. Detroit Publishing Co, Library of Congress.

Fig. 3.02. Vista hacia la Sierra Santa Catalina desde el Cerro de la Estrella. Fotografía propia.

Fig. 3.03. Cerro de la Estrella en relación a la Alcaldía Iztapalapa, a la ciudad y a la topografía de la Cuenca de México. Elaboración propia.

Fig. 3.04. Cuenca de México. Elaboración propia.

Fig. 3.05. Iztapalapa, estado actual. Elaboración propia.

Fig. 3.06. Iztapalapa hacia 1521. Elaboración propia.

Fig. 3.07. Hidrología en Iztapalapa. Fuente: INEGI, 2010

Fig. 3.08. Geomorfología del territorio de Iztapalapa. Fuente: Atlas de Riesgos de la Delegación Iztapalapa (2011).

Fig. 3.09. Áreas no urbanizadas en Iztapalapa.

Fig. 3.10. Subsidiencias en Iztapalapa.

Fig. 3.11. Índices de inundación en Iztapalapa.

Fig. 3.12. (Arriba) Comparación del Cerro de la Estrella años 1941 y 2017, vista hacia la Sierra Santa Catalina. Fuentes: Fundación ICA y Google Maps.

Fig. 3.13. (Abajo) Comparación del Cerro de la Estrella años 1941 y 2017, vista desde el norte. Al fondo Canal Nacional y la Ciénega Grande de Xochimilco, en amarillo el pueblo de Culhuacán. La escorrentía señalada en azul es hoy la calle Camino Cerro de la Estrella. En azul marino la avenida Ermita- Iztapalapa. Fuentes: Fundación ICA y Google Maps.

Fig. 3.14. Mapa base. Topografía, curvas a cada 10 m. Fuente: INEGI, 2010.

Fig. 3.15. Mapa Edafología. Fuente: Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., 2011, p. 19.

Fig. 3.16. Mapa Regiones Morfogenéticas Fuente: Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., 2011, p. 18.

Fig. 3.17. Mapa Hundimientos Acumulados. Fuente: SACMEX, El gran Reto del Agua en la Ciudad de México, CDMX, 2012, p.127.

3.18. Mapa Velocidad de Hundimiento Fuente: Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., 2011, p.55.

3.19. Mapa Escorrentías. Fuente: Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., 2011, p. 62.

Fig. 3.20. Pueblo de Iztapalapa y Cerro de la Estrella, 1940. Fuente: Fundación ICA.

Fig. 3.21. Mapa Iztapalapa antes hacia 1521. Fuente: González Aparicio, Plano Reconstructivo de la región de Tenochtitlán, SEP-INAH, México, 1980.

Fig. 3.22. Evolución del crecimiento urbano en Iztapalapa durante el S. XX. b) Mapa Traza Urbana, estado actual. Fuente: INEGI, 2010.

Fig. 3.23. Mapa Traza Urbana, estado actual. Fuente: INEGI, 2010.

Fig. 3.24. Vialidades del Cerro de la Estrella. Fuente: Google Maps, 2017.

Fig. 3.25. Mapa de la Red de Transporte Público. Fuente: INEGI, 2010; y Google Maps, 2017.

Fig. 3.26. Mapa Áreas Verdes. Fuente: INEGI, 2010 y Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., 2011, p. 12.

Fig. 3.27. Mapa Riesgo de Inundación. Fuente: Vera, M., Determinación de niveles de peligro de inundación en la Delegación Iztapalapa 1998- 2005, UNAM, 2008, p. 106.

Fig. 3.28. Mapa Colonias con Inundaciones Registradas. Fuente: Vera, M., Determinación de niveles de peligro de inundación en la Delegación Iztapalapa 1998- 2005, UNAM, 2008, p. 106.

Fig. 3.29. Sección de un pozo de infiltración piso. Fuente:

Hernández A., Delegación Iztapalapa, Gestión de Recarga del Acuífero, mayo del 2013, en: agua.org.mx

Fig. 3.30. Mapa Sistema de Drenaje. Fuente: Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa, México, D.F., 2011, p. 62., Hernández, A., Gestión de la Recarga del Acuífero, Delegación Iztapalapa, 2013, p. 66.

Fig. 3.31. División Política, Alcaldías. Fuente: Levantamiento a partir de Google Maps, 2017.

Fig. 3.32. Iglesia de San Lucas, por William Henry Jackson, C. 1888. Fuente: mexicoenfotos.com

Fig. 3.33. Mapa Barrios Originarios de Iztapalapa. Fuente: Bautista, B., Barrios de la Ciudad de México, caso de Iztapalapa, UNAM, CDMX, 2016, p. 60.

Fig. 3.34. Embarcadero del Ex-Convento de Culhuacán. Fuente: mxcity.mx

Fig. 3.35. Fig. 3.36. Mapa Pueblo de Culhuacán. Fuente: Torres Carlos, Tesis práctica Criterios de Diseño para el Paisaje Festivo de Culhuacán: La Santísima Trinidad, Facultad de Arquitectura, UNAM, CDMX, 2016.

Fig. 3.36. Mapa Densidad. Fuente: Estimaciones de CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010.

Fig. 3.37. Mapa Marginación. Fuente: Estimaciones de CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010.

Fig. 3.38. Maqueta de estudio, proyección de las capas de información sobre la topografía del Cerro de la Estrella para la caracterización del área. Elaboración del equipo.

Fig. 3.39. Diagrama del polígono Cerro de la Estrella- Parque Arneses que muestra las capas principales para definirlo. Elaboración propia.

Fig. 3.40. Mapa conclusión. Elaboración propia

04 Ecotonos urbanos: Cerro de la Estrella- Atlalilco

Fig. 4.01. Polígono de intervención. Elaboración propia.

Fig. 4.02. Mapa de usos reales en el polígono de estudio. Fuente: Levantamiento del equipo sobre el plano consultado en el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación Iztapalapa, Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2 de octubre de 2008.

Fig. 4.03. Mapa de vulnerabilidades hídricas en el polígono de intervención. Elaboración propia en base a los planos consultados. SACMEX 2012, Iztapalapa 2011, y Vera M. 2008.

Fig. 4.05. Diagrama generativo 1: caracterización del polígono. Elaboración del equipo.

Fig. 4.06. Plano base del polígono Cerro de la Estrella- Parque Arneses. Elaboración propia

Fig. 4.07. Caracterización del polígono: levantamiento fotográfico sobre corte longitudinal. Elaboración propia. Fotografías del equipo.

Fig. 4.08. Sección de Valle de Patrick Geddes, 1923. Fuente: cityinenvironment.blogspot.com

Fig. 4.09. Sección del Cerro de la Estrella Elaboración propia.

Fig. 4.10. Configuraciones comunes de ecotonos. Fuente: CC creative commons.

Fig. 4.10.b. Regiones morfogenéticas en el polígono y sus límites. Elaboración propia.

Fig. 4.11. Diagrama generativo. Elaboración propia.

Fig. 4.12. Ejes rectores del plan maestro. Elaboración propia con imágenes de Google Maps.

Fig. 4.13. Aplicación de estrategias generales del plan maestro. Elaboración del equipo.

Fig. 4.14. Diagrama de estrategias generales. Elaboración del equipo.

Fig. 4.15. Diagrama de estrategias hídricas. Elaboración propia.

Fig. 4.16. Plan maestro. Vista aérea. Elaboración propia.

Fig. 4.17. Estrategias hídricas en el plan maestro. Elaboración propia.

Fig. 4.18. Terrazas arroceras en Vietnam. Fuente: geeglenews.com

Fig. 4.19. Terrazas de bioretención, Parque Minghu Wetland en Liupanshui, Chuna. Turenscape, 2012. Fuente: turenscape.com/en

Fig. 4.20. Mitigar. Terrazas de biorretención para captar agua de las escorrentías y conducirla a zonas de infiltración. Elaboración propia.

Fig. 4.21. Parque de Agua Qunli, Turensacpe, 2010. Fuente: archdaily.mx

Fig. 4.22. Springs Park, Atelier Dreiseitl, 2010. Fuente: ramboll.com

Fig. 4.23. Integrar. El proyecto será capaz de captar agua pluvial y conducirla a un área inundable, por medio de humedales artificiales el agua se filtrará para poderla almacenar y utilizar en época de estiaje. Elaboración propia.

Fig. 4.24. Jardinera de biorretención sobre el nivel de banqueta. Fuente: outdoordesign.com.au

Fig. 4.25. Diseño de calle en medio medio-urbano. Plan maestro Middelfart, Dinamarca. De Urbanisten, 2014. Fuente: deurbanisten.nl

Fig. 4.26. Integrar. El diseño y ordenamiento de las calles es esencial para ralentizar y conducir las escorrentías por medio de un drenaje pluvial local a áreas de infiltración o almacenamiento. Elaboración propia.

Fig. 4.27. Plaza de Agua Benthemplein. De Urbanisten, 2013. Arriba fotografía del proyecto terminado, Abajo planta de conjunto. Fuente: deurbanisten.nl

Fig. 4.28. Mitigar. Siendo un espacio público, el diseño del parque incluirá áreas de captación y almacenamiento de agua pluvial para evitar inundaciones y evidenciar el sistema hídrico en el programa del parque. Elaboración propia.

Fig. 4.29. Localización de las zonas de actuación. Elaboración propia.

Fig. 4.30. Collage generativo para el borde del ANP Cerro de la Estrella. Elaboración propia.

Fig. 4.31. Collage generativo para la intervención en suelo de reconversión urbana. Elaboración propia.

Fig. 4.32. Collage generativo para la intervención de calles en el medio urbano. Elaboración propia.

Fig. 4.33. Collage generativo para la intervención en Parque Arneses. Elaboración propia.

Fig. 4.34. Resumen de estrategias e imágenes objetivo.

Fig. 4.35. Resumen del plan maestro Cerro de la Estrella- Parque Arneses.

5 Proyecto de Integración hídrica urbana

Fig. 5.01. Ubicación del predio a intervenir en el borde 2 dentro del Plan Maestro Cerro de la Estrella- Parque Arneses. Elaboración propia

Fig. 5.02. Página derecha. Isométrico del estado actual del predio Antigo Camino a Culhuacán 218 y su contexto inmediato indicando el uso de suelo, áreas libres y colindancias. Elaboración propia

Fig. 5.03. Vista panorámica de la fachada poniente desde el paramento del predio sobre la calle Antigo Camino a Culhuacán.

Fig. 5.04. Vista panorámica de la fachada sur, desde la calle Cacama. Actualmente el edificio de la derecha se encuentra demolido, mientras el edificio del fondo a la izquierda se conserva. Fuente: Google Street View, 2017.

Fig. 5.05. Vista hacia la colindancia norte desde el paramento del predio sobre calle Antigo Camino a Culhuacán, se aprecia la vegetación en suelo no pavimentado y material de demolición.

Fig. 5.06. Calle trasera al predio, los predios de la derecha colindan al oriente con el predio.

Fig. 5.07. Vista desde la colindancia oriente del predio hacia el área en obra, se aprecian los desplantes de los edificios. Fotografías propias.

Fig. 5.08. Isométrico del estado actual del predio Antigo Camino a Culhuacán 218, con preexistencias de su pasado industrial. Elaboración propia

Fig. 5.09a. Fotografía aérea histórica. Fecha de imagen 12-28-2009. Fuente: Google Earth

Fig. 5.09b. Fecha de imagen 11-07-2013. Nave derecha desmantelada. Fuente: Google Earth

Fig. 5.09c. Fecha de imagen 02-11-2017. Terraceo del fondo del predio. Fuente: Google Earth

Fig. 5.09d. Fecha de imagen 09-04-2019. Basamentos de vivienda. Fuente: Google Earth

Fig. 5.10. Tabla de áreas del estado actual del predio. Elaboración propia.

Fig. 5.11. Isométrico de preexistencias en el predio al momento de iniciar el proyecto por uso y estado. Naranja, edificios demolidos; azul, edificios parcialmente demolidos; verde, edificios conservados; amarillo, edificios de vivienda en construcción. Elaboración propia.

Fig. 5.12. Nave demolida. Fuente: Google Streetview.

Fig. 5.13. Nave parcialmente demolida. Arriba, isométrico elaboración propia. Abajo, Fotografía tomada de Google Streetview.

Fig. 5.14. Edificio de oficinas a conservar. Arriba, isométrico elaboración propia. Abajo, Fotografía tomada de Google Streetview.

Fig. 5.15. Ejemplo de tipología de vivienda en construcción. Arriba, isométrico de un edificio de vivienda, elaboración propia. Abajo, Fotografía tomada de Google Streetview.

Fig. 5.16. Isométrico del predio con propuesta de usos a proyectar. Verde, área libre; Naranja, equipamiento; Azul, vivienda. Elaboración propia

Fig. 5.17. Tabla de áreas del estado actual del predio.

Fig. 5.18. Equipamiento existente y radios de influencia. Elaboración propia

Fig. 5.19. Isométrico de intervención en el predio. Elaboración propia

Fig. 5.20. Isométrico con programa arquitectónico. Elaboración propia

Fig. 5.21. Tabla de áreas. Elaboración propia

Fig. 5.22. Estrategias hídricas en proyecto de integración Cacama. Elaboración propia.

Fig. 5.23. Diagrama de funcionamiento hídrico del proyecto de integración Cacama. Elaboración propia.

Fig. 5.24. Antigo Camino a Culhuacán 72. Plano del estado actual. Elaboración propia

Fig. 5.25. Planta arquitectónica de conjunto. Elaboración propia

Fig. 5.26. Planta baja arquitectónica de conjunto. Elaboración propia

Fig. 5.27. Vivienda social. Planta de conjunto.

Fig. 5.28. Vivienda social. Planta baja edificio tipo

Fig. 5.29. Plantas altas N1, N2 y N3, edificio tipo.

Fig. 5.30. Planta de azoteas, edificio tipo.

Fig. 5.31. Planta baja arquitectónica, invernadero y PTAR.

Fig. 5.32. Planta alta arquitectónica, invernadero y PTAR.

Fig. 5.33. Edificio reusado. Centro de barrio, planta baja.

Fig. 5.34. Edificio reusado. Centro de barrio, planta alta.

Fig. 5.35. Edificio reusado. Centro de barrio, planta de azotea.

Fig. 5.36. Vista aérea de conjunto. Elaboración propia.

Fig. 5.37. Vista aérea del proyecto, ANP Cerro de la Estrella al fondo. Elaboración propia.

Fig. 5.38. Plaza multiusos acceso a Invernadero Comunitario. Elaboración propia.

Fig. 5.39. Vista desde calle Camino Antigo a Culhuacán, al fondo invernadero. Elaboración propia.

Fig. 5.40. Vista aérea a PTAR. Elaboración propia.

Bibliografía

- Aguilera-Jiménez, P. (2013). *Catedral Metropolitana, hundimiento y rescate*. Ciudad de México: Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Aguirre, R. (2014). *Inundaciones y Escasez de Agua en la Delegación Iztapalapa 1945- 2010*. Ciudad de México: UAM Azcapotzalco.
- Auvient G., Méndez E., y Juárez M. (2013). *Soil Fracturing Induced by Land Subsidence in Mexico City*. Ciudad de México: Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Bautista, B. (2016). *Barrios de la Ciudad de México, caso de Iztapalapa*. Ciudad de México: Facultad de Arquitectura, UNAM.
- Breña, A. (2009). *Problemática del recurso hídrico del agua en grandes ciudades: ZMVM*. Ciudad de México: Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, UNAM.
- Calderón-Vázquez, J. (1962). *Problemas de cimentación en el área en que se localiza el Conjunto Urbano Nonoalco Tlatelolco*. Ciudad de México: Facultad de Ingeniería, UNAM.
- CONAGUA. (2009). *Estadísticas del agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.
- CONAPO. (2010). *Cartas demográficas*. Ciudad de México: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.
- Consejo Nacional de Investigación (1995). *El agua y la Ciudad de México. Abastecimiento y Drenaje, Calidad, Salud Pública, Uso Eficiente, Marco Jurídico e Institucional*. Ciudad de México: Consejo Nacional de Investigación.
- Del. Iztapalapa. (2016). *Archivo Histórico, Iztapalapa*. Ciudad de México: Iztapalapa.
- González, A. (1973). *Mapa reconstructivo de la Región de Tenochtitlán*. México; INAH, SEP.
- Gutiérrez E., (1990). *Estratigrafía y muestreo inalterado de los suelos lacustres del Valle de México*. Memoria del simposio: El subsuelo en la Cuenca del Valle de México y su relación con la ingeniería en cimentaciones a cinco años del sismo. Ciudad de México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
- Hernández, A. (2013). *Gestión de la recarga del acuífero en la Delegación Iztapalapa*. Ciudad de México: Dirección General de Recursos Urbanos, Iztapalapa.
- Instituto de Arquitectos de Japón. (1996). *Daños por el sismo de Michoacán de 1985*. Ciudad de México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Libertad, Y. (2007). *Efectos Del Hundimiento Regional En El Subsuelo Del Aeropuerto Internacional De La Ciudad De México*. Ciudad de México: Especialidad en Geotecnia, UNAM.
- Matos-Moctezuma, E. (2008). *Breve historia de Tlatelolco*. México: Rev. Arqueología Mexicana, núm. 89, p. 28-33.
- Méndez, E., Juárez, M., Tenorio, A., y Auvinet, G. (2008). *Caracterización geotécnica del subsuelo del Centro histórico de la Ciudad de México*. Ciudad de México: Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., XXIV Reunión nacional de mecánica de suelos, p. 367-375.
- Morales, E., Escolero, O., y Arce, J. (2014). *Resultados del Pozo San Lorenzo Tezonco y sus implicaciones en el entendimiento de la hidrogeología regional de la cuenca de México*. Ciudad de México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, vol.31, p.64-75.
- Pérez, D. (2009). *Modelado del Hundimiento en la Zona Lacustre del Valle de México*. Ciudad de México; Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN.
- Ruíz, G. (2015). *Estimation of the groundwater recharge in the aquifer of the Mexico Cit*. Procedia Environmental Science.
- Salomón-Abedrop L. (ed.) (2013). *El gran reto del agua en la ciudad de México*. Ciudad de México: Sistema de Aguas de la Ciudad de Mexico.
- STC Metro (2017). *Afluencia por estación por línea*. Ciudad de México: www.metro.cdmx.gob.mx/operacion/cifras-de-operacion
- Tapia-Valera, G., López-Blanco, J. (2002). *Mapeo geomorfológico analítico de la porción central de la Cuenca de México: Unidades morfogénicas a escala 1:100,000*. Ciudad de México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, vol. 19, p. 50-65.
- Terracon Ingeniería, S.A. de C.V. (2011) *Atlas de Riesgos de la Delegación Iztapalapa*. Ciudad de México: Delegación Iztapalapa.
- Torres, C. (2016). *Criterios de Diseño para el Paisaje Festivo de Culhuacán: La Santísima Trinidad*. Ciudad de México: Facultad de Arquitectura, UNAM.
- Vera, M., López, J. (2009). *Evaluación de amenazas por inundaciones en el centro de México: el caso de Iztapalapa, Distrito Federal (1998-2005)*. Ciudad de México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Wall, Alex. (1999) *Programming the urban surface*. Corner, J. (ed.) Recovery Landscape. Essays in Contemporary Landscape Architecture, Nueva York.
- Otras fuentes**
- Obras para México, Conjunto Urbano Presidente López Mateos*, Ciudad de México, 1960-1964. México: 48'46 min, Videoteca de Noticieros Televisa
- Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 16 de abril de 2007, No. 62, p. 26.

