- **INSTITUTO MUNICIPAL DE INVESTIGACION Y PLANEACION**
- **SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA**
- **DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS Y DESARROLLO URBANO DEL MUNICIPIO DE JUAREZ**
- **COMISION EDILICIA PARA LA INVESTIGACION DE LAS INUNDACIONES DE LA ZONA "EL BARREAL"**

ESTUDIO, ESTRATEGIAS Y PROPUESTAS PARA EL CONTROL Y MANEJO DE AGUA PLUVIAL EN LAS ZONAS SUR Y ORIENTE DE CIUDAD JUAREZ, CHIH.

ABRIL 2009

ESTUDIO, ESTRATEGIAS Y PROPUESTAS PARA EL CONTROL Y MANEJO DE AGUA PLUVIAL EN LAS ZONAS SUR Y ORIENTE DE CIUDAD JUAREZ, CHIH.

CONTENIDO

I.- INTRODUCCIÓN

II.- ANTECEDENTES

III.- CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

III.1.- CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

III.1.1.- Clima

III.1.2.- Precipitación pluvial

III.1.3.- Topografía

III.1.4.- Fisiografía

III.1.5.- Geología

III.1.6.- Suelos y Vegetación

III.2.- DISCRETIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

III.2.1.- Z VIII. Cuenca El Barreal

III.2.2.- Z IX. Cuencas Cerradas

III.2.3.- Zona X. Vertientes del Bravo

IV.- HIDROLOGIA SUPERFICIAL

IV.1.- METODOLOGIA

IV.2.- ANALISIS DE LA PRECIPITACION PLUVIAL

IV.2.1.- Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial para cd. Juárez.

IV.2.2.- Actualización del Análisis de precipitación

IV.2.3.- Cálculo de volúmenes escurridos

IV.2.4.- Dimensionamiento de estructuras de control de agua pluvial

IV.2.5.- Análisis de infiltración en vasos de captación de agua pluvial
IV.2.6.- Análisis del funcionamiento hidráulico en vasos de captación de agua pluvial
IV.2.7.- Conclusiones del análisis hidrológico

V.- ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL Y MANEJO DE AGUA PLUVIAL
V.1.-CRITERIOS GENERALES
V.1.1.-Areas con desarrollos urbanos existentes.
V.1.2.-Areas destinadas a nuevos desarrollos urbanos.
V.1.3.- Area de control y retención de agua pluvial Subcuenca Barreal Poniente

V.2.- CONTROL PLUVIAL POR SUBCUENCA
V.2.1.- Z VIII. Cuenca El Barreal
V.2.1.1.- ZVIII.1. Barreal Norte
V.2.1.2.- ZVIII.2. Barreal Centro
V.2.1.3.- ZVIII.3. Barreal Sur
V.2.1.4.- ZVIII.4. Barreal Poniente

V.2.2.- Z IX. Cuencas Cerradas
V.2.2.1.- ZIX.1. San Isidro
V.2.2.2.- ZIX.2. Ciudad del Conocimiento
V.2.2.3.- ZIX.3. Oriente XXI Segunda Etapa
V.2.2.4.- ZIX.4. Presidio

V.2.3.- ZX. Vertientes del Bravo
V.2.3.1.- ZIX.1. Vertientes del Bravo Zona Alta

VI.- ADMINISTRACION DE LA INFRAESTRUCTURA
VI.1.- LINEAMIENTOS EN MATERIA DE ADMINISTRACION
VI.2.- EL CONSEJO TECNICO ADMINISTRATIVO
VI.3.- EL TITULAR DEL AREA TECNICO ADMINISTRATIVO

PLAN INTEGRAL PARA EL CONTROL Y MANEJO DE AGUA PLUVIAL EN LA ZONA SUR DE CD. JUÁREZ, CHIH.

I.- INTRODUCCIÓN.

El sur de ciudad. Juárez es actualmente una de las zonas que cuenta con el mayor potencial para la construcción de nuevos desarrollos habitacionales, industriales, comerciales y educativo. En los últimos 10 años se ha creado una gran cantidad de viviendas en la denominada Zona de El Barreal cuya característica principal es que está constituida por una cuenca hidrológica de tipo endorreico cuya concentración de agua superficial se ubica al sur del aeropuerto, zona en la cual se han presentado importantes inundaciones en los fraccionamientos existentes.

Al sur de la cuenca de El Barreal, existen una gran cantidad de micro-cuencas cerradas en donde ya han iniciado la construcción de nuevos desarrollos urbanos y se cuenta con los planes parciales para incrementar intensamente en los próximos años una serie de parques industriales y fraccionamientos en donde se incluye el nuevo Campus de la Universidad de ciudad Juárez entre otros centros educativos.

El presente documento tiene el propósito de analizar las condiciones actuales del comportamiento de los escurrimientos pluviales, los efectos que estos provocan en las zonas urbanizadas durante las temporadas de lluvias y proponer un Plan Integral de Control y Manejo de Agua Pluvial para permitir nuevos desarrollos urbanos cuyos flujos de agua provenientes de la lluvia sean debidamente encauzados, almacenados y aprovechados mas como un recurso útil a la ciudad que como un problema que se deba resolver.

II.- ANTECEDENTES.

Como antecedente, es indispensable referirse a la Zona de Crecimiento Sur, tanto por encontrarse dentro de la cuenca hidrológica del *El Barreal* por la normatividad generada para esta zona en particular. Los estudios provienen desde 1989 y principios de los años 90's, cuando ya era reconocida como ubicada en una zona lacustre. Los estudios realizados en aquella época dieron como resultado la elaboración del **Plan Parcial de Crecimiento para la Zona Sur y Lote Bravo**, mismo que fue publicado en el diario oficial del gobierno del estado en el año de 1995, habiendo tenido como uno de los principales objetivos, el establecer la factibilidad de llevar a cabo procesos de urbanización, y mediante los criterios requeridos para definir la aptitud del suelo.

El resultado de esta evaluación, evidenció y ratificó la presencia de una conformación lacustre, con características bien definidas; baja permeabilidad del suelo y arcillas con espesores de hasta 14 metros de profundidad y altamente plásticas como sus principales constituyentes, pendientes muy bajas (0.003 a 0.005), importantes volúmenes de escurrimientos provenientes de la parte alta del poniente, es decir del sector en que se localiza Granjas Sta. Elena y del sector sur poniente, con una influencia importante del Arroyo Jarudo y el comportamiento laminar al ingreso de la zona lacustre, caracterizada por una depresión natural sin salida para estos volúmenes escurridos, definiendo así una cuenca de tipo endorreico. Estas condiciones del medio físico natural, obligaron a la generación de instrumentos normativos para el manejo del agua pluvial, en donde los promotores de vivienda y otros actores interesados, establecieran infraestructura que permitiera dar seguridad a los nuevos asentamientos y garantizar su eficiente funcionamiento.

Aún cuando se establecieron acciones obligadas de control pluvial, para los desarrolladores urbanos, para garantizar que los escurrimientos pluviales no constituyeran un problema de inundación para los fraccionamientos que se construyeran en esta zona de El Barreal, la falta de mecanismos de seguimiento y control técnico por parte de la autoridad, al permitir la construcción de los desarrollos urbanos sin la infraestructura hidráulica adecuada en la parte alta de la cuenca, como

de las mejores técnicas para llevar a cabo los procesos de infiltración o recarga artificial al acuífero, derivó en la inundación de varios de los fraccionamientos reciéntes. De la misma manera, la carencia de una ingeniería correcta para construir en un suelo con altos porcentajes de arcillas plásticas (expansivas), evidenció en el corto plazo la presencia de fallamientos en las viviendas recién construidas.

La construcción de los nuevos desarrollos, resuelven en principio el problema del manejo pluvial mediante la construcción de vasos de captación y pozos de absorción, pero solo durante un corto plazo por el decremento acelerado en los procesos de infiltración, debido a que en muchos de los casos el conjunto de estructuras de control pluvial construidos no cumplen con los requisitos técnicos para garantizar su eficiente funcionamiento y por la falta de mantenimiento que finalmente se observen estructuras azolvadas y pozos colmatados sin capacidad de infiltración de agua pluvial.

A partir del 2002, la presión inmobiliaria para abrir al desarrollo urbano, el área contigua a la Zona Sur, el sector conocido como el Barreal, obliga nuevamente a llevar a cabo estudios específicos, por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP), quien elaboro el ***Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial para Ciudad Juárez***[1] en los cuales cubren toda el área en su conjunto, y de manera particular el análisis a detalle del comportamiento hidrológico y las características del medio natural, evaluando ampliamente los resultados, tanto del plan parcial como los estudios que permitieron elaborar los estudios para el control de agua de la zona urbanizada actual y de las nuevas zonas de crecimiento. Con ello, los resultados de los trabajos de reconocimiento y análisis del comportamiento de los escurrimientos y los constituyentes del suelo, fueron el principal concepto de atención, estableciéndose las estrategias y condicionantes para el desarrollo urbano, las cuales se asentaron en los instrumentos de planeación vigentes, el ***Plan Parcial de El Barreal y Oriente San Isidro***[2] **y el** ***Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial para Ciudad Juárez*****,** los cuales establecieron normativas técnicas obligatorias, un cronograma de obras de infraestructura a construir, previa a la aprobación de los nuevos desarrollos en la zona

---

1 Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial de ciudad Juárez

2 Plan Parcial de El Barreal y Oriente San Isidro, publicación Periódico Oficial del Gobierno del Estado de fecha veintinueve de septiembre del año 2004.

del Barreal y las especificaciones de las obras hidráulicas, todo ello con fin de prevenir riesgos por inundación y daños a los futuros desarrollos urbanos y a la población, disposiciones que también fueron incluidas en el *Plan de Desarrollo Urbano de Ciudad Juárez 2003* y actualizaciones posteriores, y que condicionaron así, cualquier acción urbana para toda la zona normativa del Barreal, hasta en tanto no se contara con toda la infraestructura hidráulica de protección para los nuevos desarrollos.

Por otra parte, las inundaciones generadas por las altas precipitaciones del año 2006, los desarrolladores de vivienda, coordinados por la presidencia Municipal de Juárez, elaboraron el ***Plan Maestro para el Control y Manejo de Agua Pluvial de la Zona de El Barreal*** en donde se analizó con especial detenimiento la hidrología de la cuenca, se planearon las obras de control y se elaboraron los proyectos ejecutivos de las obras mas importantes, necesarias para evitar que los fraccionamientos ubicados en las partes bajas no sufrieran nuevas inundaciones y se establecieron los criterios y normas para permitir nuevos desarrollos dentro de la cuenca.

La normatividad establecida en el Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial para Ciudad Juárez y en los Planes Parciales aprobados para la zona Sur, han sido aplicados en los nuevos desarrollos, sin embargo la falta de operación y mantenimiento adecuado ha resultado en que muchos de las estructuras pluviales pierdan su nivel de eficiencia. Por otra parte, las estructuras de contención y control de escurrimientos ubicadas al poniente de la zona de inundación no fueron construidas con las capacidades y características indicadas lo que motivo que para el año 2008 se presentaran nuevamente escurrimientos importantes que dieron como resultado el rompimiento de varios bordos de contención y consecuentemente la inundación de varios fraccionamientos localizados en la zona baja de la cuenca, a la altura de la Av. Talamas Camandari y Miguel de la Madrid.

En noviembre del 2008 la Comisión Edilicia para la Investigación de las Inundaciones de la Zona de El Barreal elaboró un dictamen que evalúa los convenios realizados para el control de los escurrimientos de agua pluvial en la zona de el barreal en donde se exponen los compromisos que no fueron cumplidas y que resultaron en inundaciones de fraccionamientos en las partes bajas de la cuenca.

El Presente estudio se elabora a petición de la Comisión Edilicia para la Investigación de las Inundaciones de la Zona de El Barreal y tiene como objetivo actualizar y ampliar los alcances del Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial de ciudad Juárez en lo referente a la zona sur de ciudad Juárez.

En el alcance del presente documento se incluyen los criterios y planeación general para el desarrollo de áreas que se están abriendo al desarrollo. Cabe mencionar que los resultados servirán para complementar el Plan de Desarrollo Urbano de Centro de Población (PDU) que está en proceso de elaboración por parte del Instituto Municipal de Investigación y Planeación de ciudad Juárez.

El área de planeación encierra una superficie total de 24,844.50 Has divididas de la siguiente manera:

Zona VIII.- El Barreal ----------	10,594.40 has
Zona IX.- Cuencas Cerradas------	11,506.30 has
Zona X.- Vertientes del Bravo-----	2,743.80 has
Total.- ----------	24,844.50 has

La ubicación del área de estudio se muestra en la Figura 1.

En materia de desarrollo urbano, la zona está en pleno crecimiento, muestra una intensa construcción de vivienda y parques industriales principalmente, los cuales están normados por los planes parciales que a continuación se mencionan.

Plan Parcial de la Zona Sur
Plan Parcial El Barreal y Oriente San Isidro
Plan Parcial Oriente XXI primera etapa
Plan Parcial Oriente XXI segunda etapa (En proceso de revisión)
Plan Parcial San Isidro – Zaragoza (en proceso de revisión)
Plan Parcial Ciudad del Conocimiento (En proceso de elaboración)
Plan Parcial Surponiente

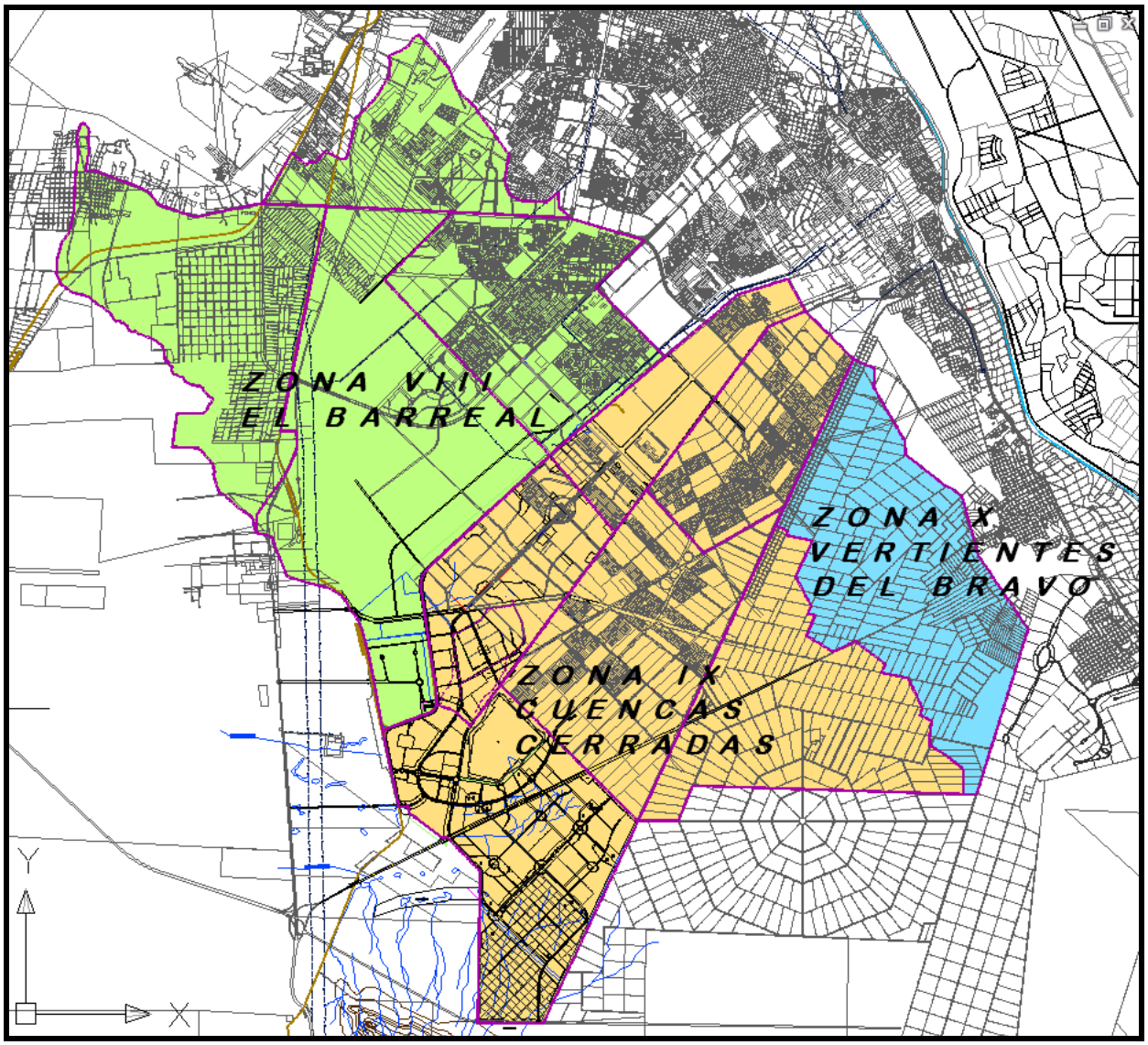


Figura 1.- Ubicación y límites del área de estudio

III.- CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

III.1.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

III.1.1.- Clima

El área de estudio se localiza en una franja mundial de clima árido-cálido, lo que genera un clima muy seco, desértico con verano cálido y con temperaturas extremas. La temperatura media anual oscila entre los 12 y 18 grados centígrados. Los meses más fríos se presentan entre noviembre y marzo con temperaturas de menos 3 °C a 18°C, en promedio, y llega a registrar hasta menos 10 °C., siendo enero el mes más frío. En promedio se tienen 47.8 días de bajas temperaturas al año, período durante el cual, se presentan heladas. Los meses con mayor elevación en la temperatura, son los meses de junio, julio y agosto, en los que se registran temperaturas que varían de los 18°C, hasta los 44°C., con una insolación del 80% durante este periodo.

El clima de la zona de acuerdo a la clasificación de Köeppen modificada por García (1981) es BWkx'(e), seco desértico templado con las siguientes temperaturas: media anual de 17.2ºC, mínima promedio de 8.5ºC y máxima promedio de 25.6ºC; con verano cálido y lluvias escasas todo el año. El mes más caliente es julio y el mes más frío es enero. Los vientos predominantes son del Norte y del SW, durante todo el año.

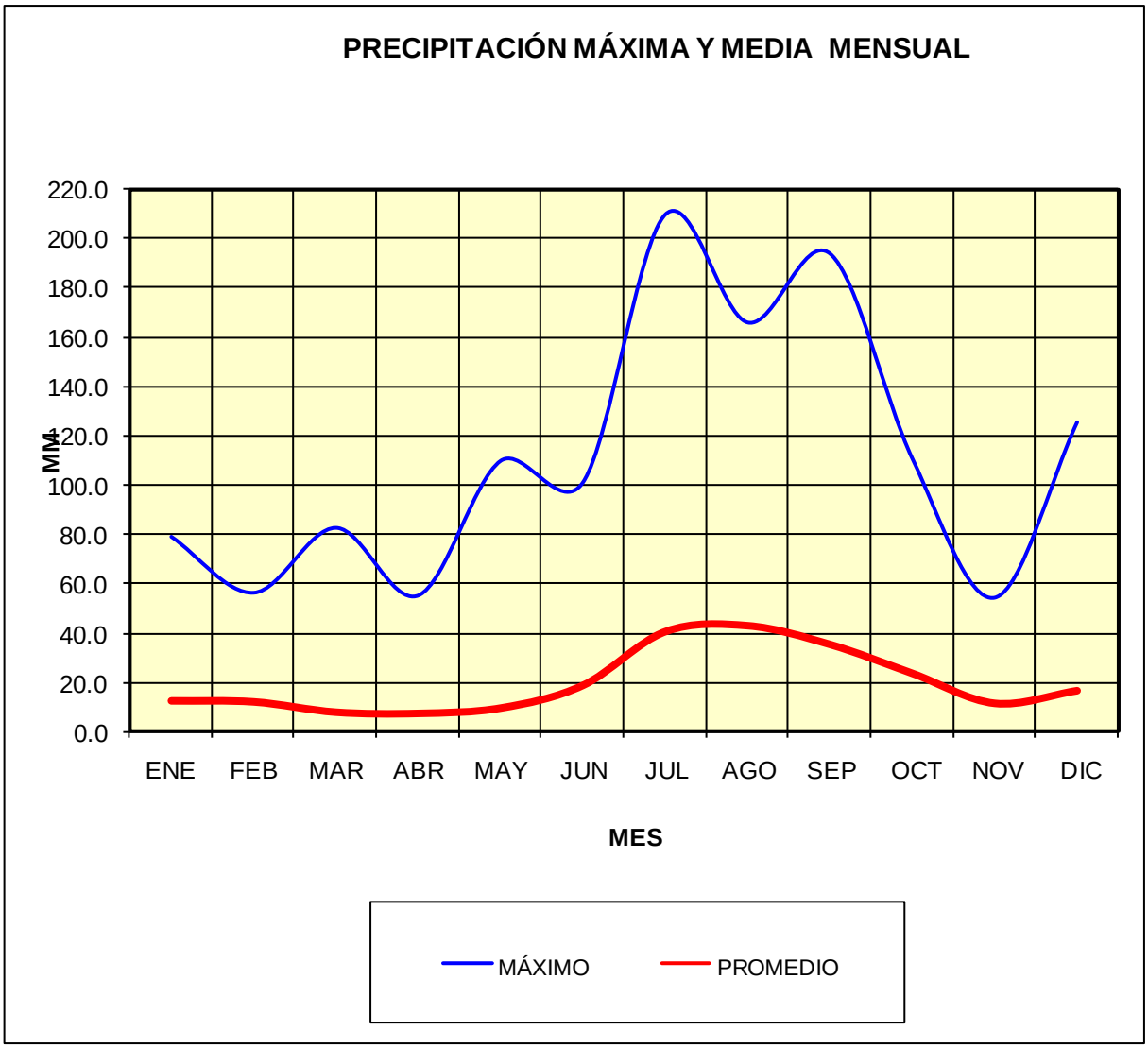
III.1.2.- Precipitación pluvial

Por lo que respecta a las precipitaciones pluviales, estas son escasas, con un registro promedio anual de 238 mm., las cuales se presentan principalmente en el verano, siendo estas las más importantes. A continuación en la Tabla 1., se presenta

la precipitación máxima, media y mínima mensual obtenida del periodo de 1931 al 2006 correspondiendo a un total de 75 años de registro.

Tabla 1. Precipitación media mensual Cd. Juárez, Chih.

PRECIPITACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MÁXIMO	78.8	56.0	82.4	54.9	109.7	101.0	210.0	166.0	194.0	110.5	54.0	125.4	463.5
PROMEDIO	12.5	12.1	7.8	7.3	9.5	18.9	40.8	43.2	35.6	23.7	11.5	16.6	238.5
MINIMO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	94.0



III.1.3.- Topografía

La zona tiene un relieve muy particular, característico de una cuenca lacustre, con pendientes topográficas muy suaves, es decir de muy baja pendiente, lo que provoca escurrimientos laminares hacia la depresión conocida también como El Barreal, siendo así que la zona presenta pendientes muy ligeras, con valores promedio de 5 al millar, y en general se puede decir que es una zona extremadamente plana, con pocos cambios topográficos, a excepción de algunos sectores en que se ubican pequeños acumulamientos de arenas y limos que son atrapadas por la escasa vegetación en el área (figura 8).

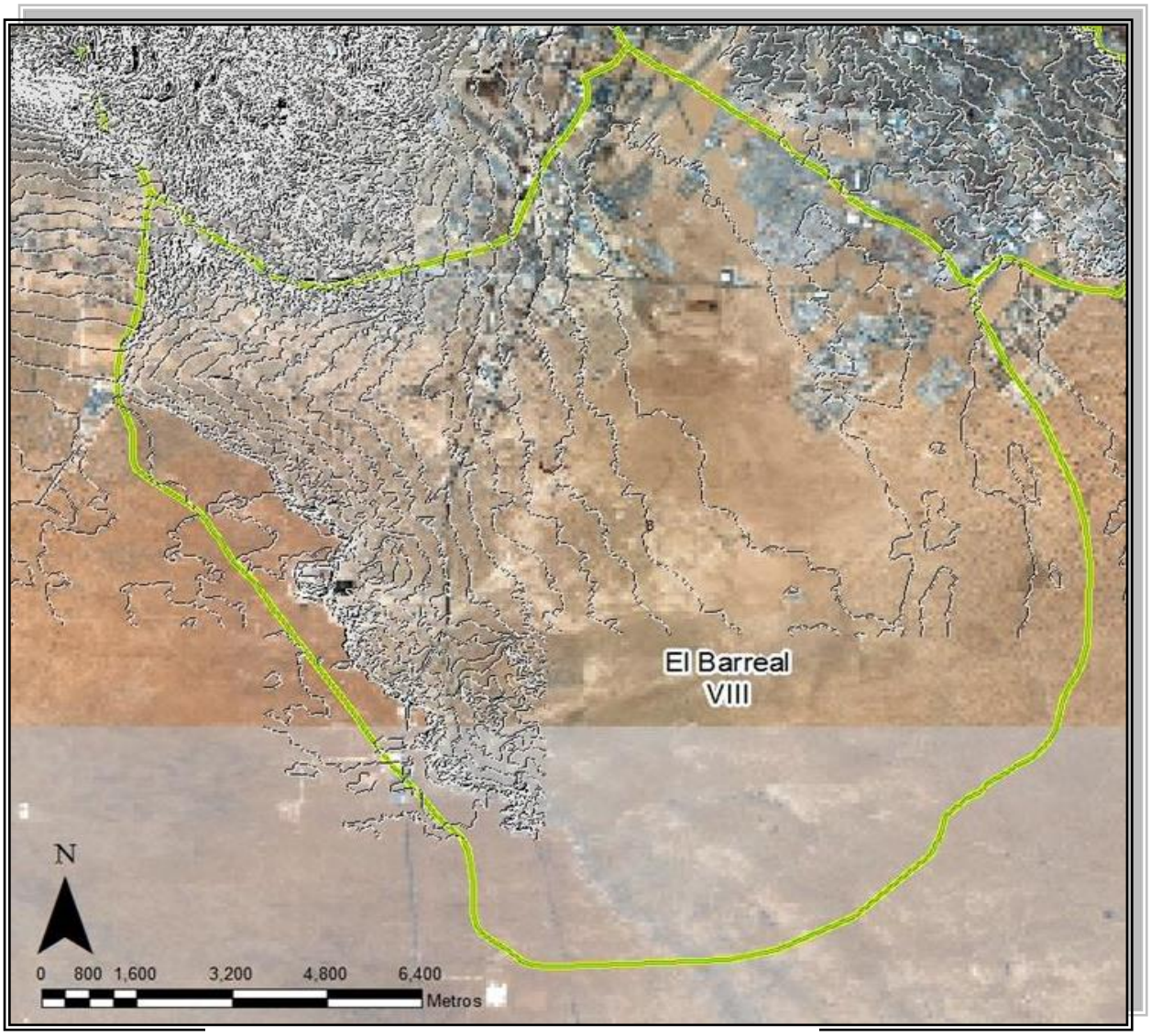


Figura 2: Topografía área de El Barreal.

III.1.4.- Fisiografía

De acuerdo a la clasificación de Provincias Fisiográficas realizada por E. Raisz, (1964), la zona se localiza en la porción centro occidental de la Provincia Cuencas y Sierras, la cual está limitada al oriente por la Sierra Madre Oriental, al sur por las Sierras Transversales y al occidente por la Sierra Madre Occidental. La Provincia Fisiográfica de Cuencas y Sierras, esta caracterizada por ser una amplia zona desértica en la que sobresalen grandes bloques montañosos, principalmente de rocas sedimentarias marinas de edad cretácica separados por amplios valles, las que durante el Terciario y Cuaternario han sido rellenadas por depósitos aluviales, fluviales y lacustres, a lo que se le ha denominado bolsones, típicos de esta provincia, y caracterizados por su escasa pendiente, y por presentar, en la mayoría de los casos, una laguna en su porción central, a la cual Ordóñez llamó barrial, que en la mayoría de los casos son temporales.

Esta zona también constituye una parte del Bolsón del Hueco, acuifero que se ubica entre los dos paises (Mexico-Estados Unidos), corresponde a un graben asimétrico, rodeado por sierras, principalmente bloques fallados inclinados. El fallamiento produjo escarpes fuertes en los flancos orientales de las sierras y moderados en los flancos del poniente. En la porción sur del bolsón la forma asimétrica de la cuenca y el espesor de los rellenos se mantiene casi constante, incluyendo la porción mexicana.

Localmente los rasgos morfológicos más importantes en la zona de estudio son: el Valle del Río Bravo/Río Grande denominado localmente Valle de Juárez/El Paso, las sierras aisladas, angostas y alargadas que presentan una orientación preferencial noroeste-sureste, como la Sierra de Juárez, Presidio, Guadalupe, La Esperanza y San Ignacio; en México; y Montañas Franklin y Hueco en los Estados Unidos, sierras que generalmente presentan un flanco escarpado y el otro con pendiente fuerte, seguido de una zona de transición constituida por lomeríos suaves que desaparecen hacia el centro del bolsón y en las cercanías del río, donde se forma la planicie aluvial del Río Bravo/Río Grande. En el caso de la zona de estudio se tiene una amplia meseta ondulada (terraza) en la parte alta, que separa la planicie del Valle de Juárez de la Sierra de Presidio, mientras que hacia el sureste la meseta se convierte en una serie

de lomeríos, aumentando notoriamente su pendiente y los escurrimientos se inician desde las sierras de Presidio y de Guadalupe.

La zona de estudio presenta características homogéneas en prácticamente toda su extensión, caracterizándose principalmente por planicies onduladas y lacustres aún cuando también se observan formaciones irregulares de quebradas con lomeríos, tal como se describen en el siguiente Tabla 2.

Tabla 2. Características del Relieve

Unidades Geomorfológicas	Descripción
Planicie Ondulada	Relieve formado por un conjunto de dunas fijas, Constituidas por arenas finas bien clasificadas, producto de intensa actividad eólica, que actuó sobre las rocas existentes, dándole una forma ondulada.
Planicie lacustre	Es la parte topográfica mas baja de la zona y de pendiente muy suave, constituida por depósitos lacustres, de arenas, limos y arcillas: a esta geoforma pertenece a la zona de inundación de la laguna de El Barreal
Quebradas con lomeríos	Esta zona presenta relieves accidentados por la presencia de lomeríos con diferentes grados de pendiente. Estos relieves son moldeados por la erosión de viento y lluvia, se puede encontrar una combinación de arcilla-arena.

III.1.5.- Geología

La geología de la zona está representada por sedimentos aluviales, eólicos y lacustres, consistentes en estratos intercalados de arena y arcillas, en estos sedimentos, el tamaño de las partículas dominantes es el de las arcillas y arenas cementadas en los primeros metros, a mayor profundidad predominan los estratos arenosos.

En la porción mexicana del bolsón, las rocas que afloran son del Mesozoico y Cenozoico. Las primeras están representadas por una secuencia marina depositada en un marco sedimentológico transgresivo en la paleocuenca de Chihuahua y en el borde de la paleopenínsula de Aldama. Esta secuencia es de carácter arcillo-arenoso hacia la base, calcáreo-arcilloso en su parte media y termina en calcáreo de facies postarrecifal.

El Cenozoico en la región evolucionó como un área continental: la cual es representada en el Terciario por rocas intrusivas de composición ácida e intermedia, y por depósitos conglomeráticos durante el Terciario, y por depósitos de sedimentos clásticos gruesos a finos de origen aluvial, lacustre, fluvial y eólico durante el Cuaternario. En la Figura se presenta el plano geológico De acuerdo a un pozo perforado en la porción estadounidense, estos depósitos presentan un espesor máximo de 2743 m (Meyer, 1976), acuñándose hacia las estribaciones de las sierras que los limitan al este y oeste. En la porción mexicana del bolsón de acuerdo a un estudio de geofísica (Burgos, 1996), el espesor de los sedimentos es del orden de los 2000 m.

Estratigráficamente estos sedimentos de bolsón en donde presentan el máximo espesor, sobreyacen discordantemente a un granito de edad precámbrica, y más al este, a una formación calcárea del Paleozoico; y subyacen a los depósitos de edad cuaternaria consistentes en arenas eólicas y en sedimentos fluviales recientes

En los pozos de agua potable de Cd. Juárez, los sedimentos de depósitos de bolsón perforados, consisten principalmente en estratos de arena, arcilla y ocasionalmente de grava. En forma general los depósitos de bolsón presentan una granulometría gruesa en las estribaciones de la sierra, y fina en el centro del valle, en ambos lados de la frontera internacional. Los sedimentos de bolsón presentan cuatro facies sedimentarias: depósitos de abanico aluvial, lacustres, fluviales y eólicos.

Depósitos de Abanico Aluvial

Estos depósitos son conglomerados poco consolidados, constituidos por estratos gruesos de gravas, arenas y arcillas, o mezclas de dos o de los tres constituyentes. Los estratos de estos depósitos son de espesor y extensión muy irregular, desapareciendo o cambiando lateral y verticalmente su granulometría en forma gradual, predominando generalmente, los estratos con alto contenido de grava y arcilla; y existiendo en menor proporción estratos de arena y/o arcilla.

Estos conglomerados están asociados a depósitos de abanicos aluviales de edad Terciaria y probablemente en algunos casos, la edad de estos abanicos se extienda hasta finales del Terciario y principios del Cuaternario (Plio-Cuaternario).

Depósitos Lacustres

Hacia el este y sureste de la porción estadounidense del bolsón, los depósitos lacustres están constituidos de gruesos depósitos de limos y arcillas depositados en ambiente de baja energía (Heywood, 2001), mientras que en la zona urbana de Juárez, consiste de arenas finas, limos y arcillas, al menos los primeros 300 m de profundidad; mientras hacia el Valle de Juárez (sureste) encontramos arcillas y limos con pocos estratos de arena, al menos hasta los 500 m de profundidad.

Sedimentos Fluviales

Estos sedimentos son aquellos que han sido depositados principalmente por el Río Bravo/Río Grande y por algunas corrientes menores, variando en edad del Terciario al Reciente. Los sedimentos fluviales de edad terciaria, corresponden a los sedimentos depositados en el paleocanal del Río Bravo/Río Grande localizado al oriente de las Montañas Franklin con una orientación de norte a sur y consisten principalmente en estratos de arenas finas y gravas con intercalaciones de limos y arcillas. Los sedimentos fluviales recientes se encuentran distribuidos en los cauces de los arroyos principales de la zona y en las márgenes del Río Bravo/Río Grande. En los cauces de los arroyos, los depósitos son de gravas y arenas mal clasificadas y de poco espesor; mientras que los sedimentos depositados por el Río Bravo consisten de arenas finas y gruesas con poca arcilla en la zona urbana de Juárez, mientras que aguas abajo pasan a un predominio de arenas, gravas y arcillas. Estos sedimentos tienen espesores que varían de 30 a 90 m.

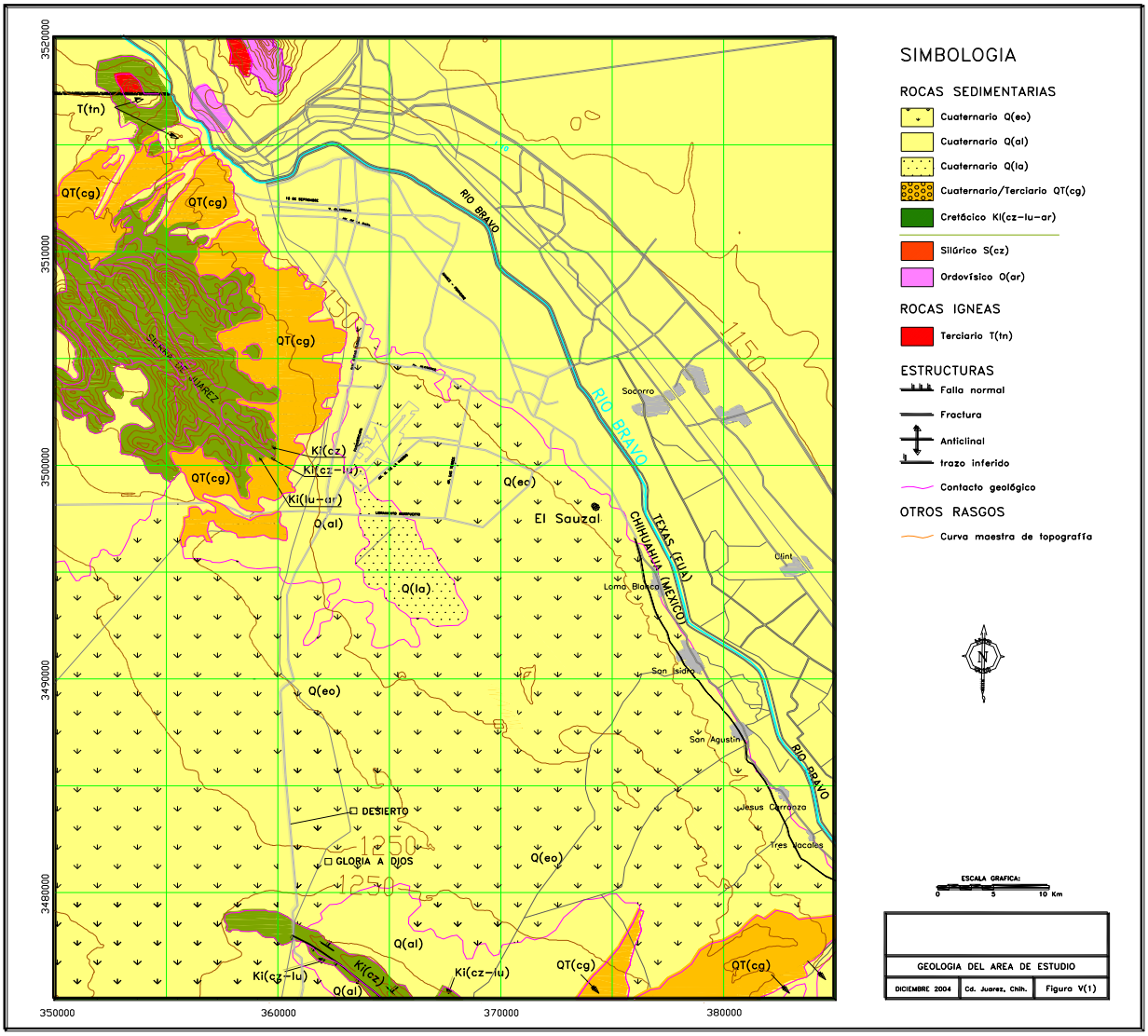


Figura 3. Geología área de estudio

Sedimentos Eólicos

Los depósitos de sedimentos eólicos están constituidos de arenas finas y limos, conformando un sistema de dunas fijas y móviles, generalmente de poco espesor. Estratigráficamente los sedimentos aluviales y eólicos sobreyacen, a los depósitos de abanico aluvial y a los sedimentos lacustres del Terciario.

III.1.6.- Suelos y Vegetación

El suelo del área de estudio, presenta una constitución uniforme, principalmente arenas arcillosas y limos, o que le da su característica de suelo impermeable, primordialmente en la zona deprimida de El Barreal. Al Sur-oriente del aeropuerto, se encuentra una unidad de suelo *Vertisol*, caracterizado por grietas anchas y profundas y de consistencia chiclosa en presencia de agua.

La vegetación identificada presenta características desérticas, de matorral espinoso. La flora que conforma al matorral espinoso presenta una fisonomía compuesta de ramificaciones (muy quebradas y alargadas) recubiertas con espinas de tipo xerófilo arbustivo como la Gobernadora (*Larrea tridentata*), el Hojasén (*Flourensia cernua)*, el Mezquite (*Prosopis Spp*), la lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y cactáceas. En las zonas sujetas a inundación se observa escasa vegetación, compuesta principalmente por comunidades halófitas con pastos, por ejemplo, *Hilaria berlandieri,* chamizo, *Atriplex Spp. y* por gramíneas con alta tolerancia a la salinidad y típicas de suelos arcillosos. En las áreas ocupadas o con perturbación urbana, se tiene la presencia de vegetación inducida, constituida principalmente por rosales, álamos, olmos lilas y moros. Por el escaso porcentaje ocupado con relación al área de estudio, porcentualmente esta vegetación no es representativa.

III.2.- DISCRETIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio del presente documento corresponde a la cuencas hidrológicas denominadas como Zona VIII “El Barreal” Además se incorporan otras dos cuencas; Zona IX “Cuencas Cerradas” y la Zona X “Vertientes del Bravo”. Esta delimitación surge del análisis detallado de los parteaguas hidrológicos naturales y de las barreras al flujo que serán construidas de manera definitiva para el control y manejo de los flujos de agua pluvial. Las tres cuencas hidrológicas tienen un funcionamiento hidrológico totalmente independiente, las características de los suelos

y los escurrimientos tienen características muy particulares por lo que la planeación del manejo en materia de agua pluvial es adecuada para cada caso en particular.

La figura muestra las áreas hidrológicas de estudio y a continuación se describe cada una de ellas.

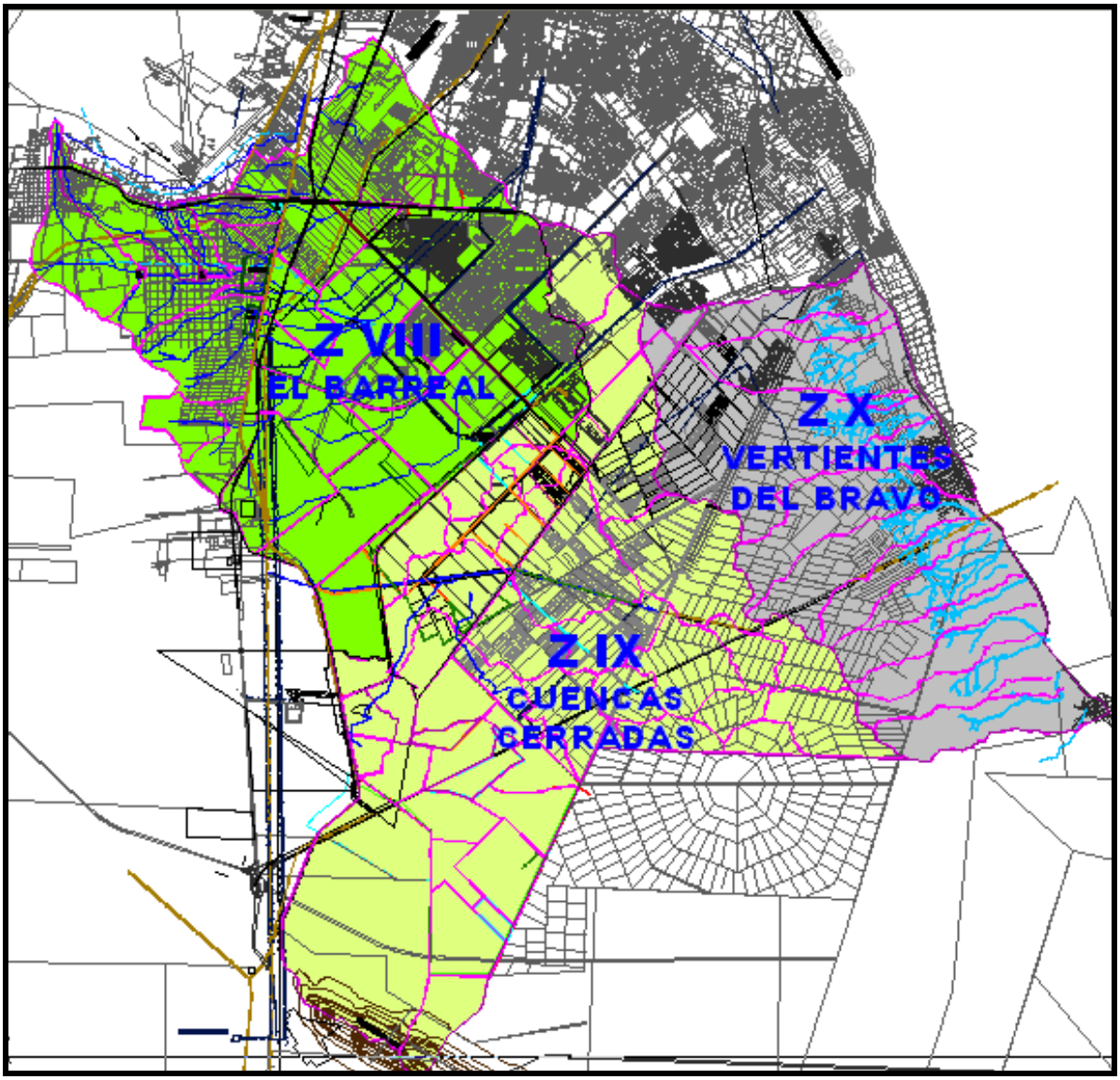


Figura 4.- Delimitación de cuencas de estudio

III.2.1.- Z VIII. Cuenca El Barreal

La característica hidrológica original de esta cuenca es la concentración del agua pluvial en una sola área de inundación ubicada al sur del aeropuerto de cd. Juárez. Con la construcción de vialidades y viviendas en los últimos 10 años, la cuenca ha sido dividida por la Av. Talamás Camandari (Libramiento Aeropuerto) y los fraccionamientos se han convertido en micro-cuencas cuyos escurrimientos se concentran al interior de los mismos.

Para fines de llevar a cabo la planeación del control y manejo del agua pluvial a futuro, se han propuesto la construcción de cuatro subcuencas principales y al interior de las mismas se contempla la formación de micro-cuencas cuyo control pluvial se realice al interior de cada una de ellas. Las subcuencas de estudio son las siguientes:

Z VIII.1.- Barreal Norte.

Z VIII.2.- Barreal Centro

Z VIII.3.- Barreal Sur

Z VIII.4.- Barreal Poniente

La ubicación de estas subcuenca se presenta en la figura 4, y la descripción de las condiciones actuales de cada una de las mismas se expone a continuación.

ZVIII.1. Subcuenca Barreal Norte.- Se ubica al norte de la Av. Talamás Camandari antes Libramiento Aeropuerto, El área de aportación incluye una sección entre la Av. Juan Gabriel y Av. Oscar Flores, otra sección es desde la Av. Oscar Flores, el Aeropuerto, Av. Miguel de la Madrid y T. Camandari.

La característica de esta zona es que los escurrimientos confluyen hacia la Av. Talamas Camandarí, siendo el punto mas bajo a 2.3 Km al oriente de la Glorieta Benito Juárez.

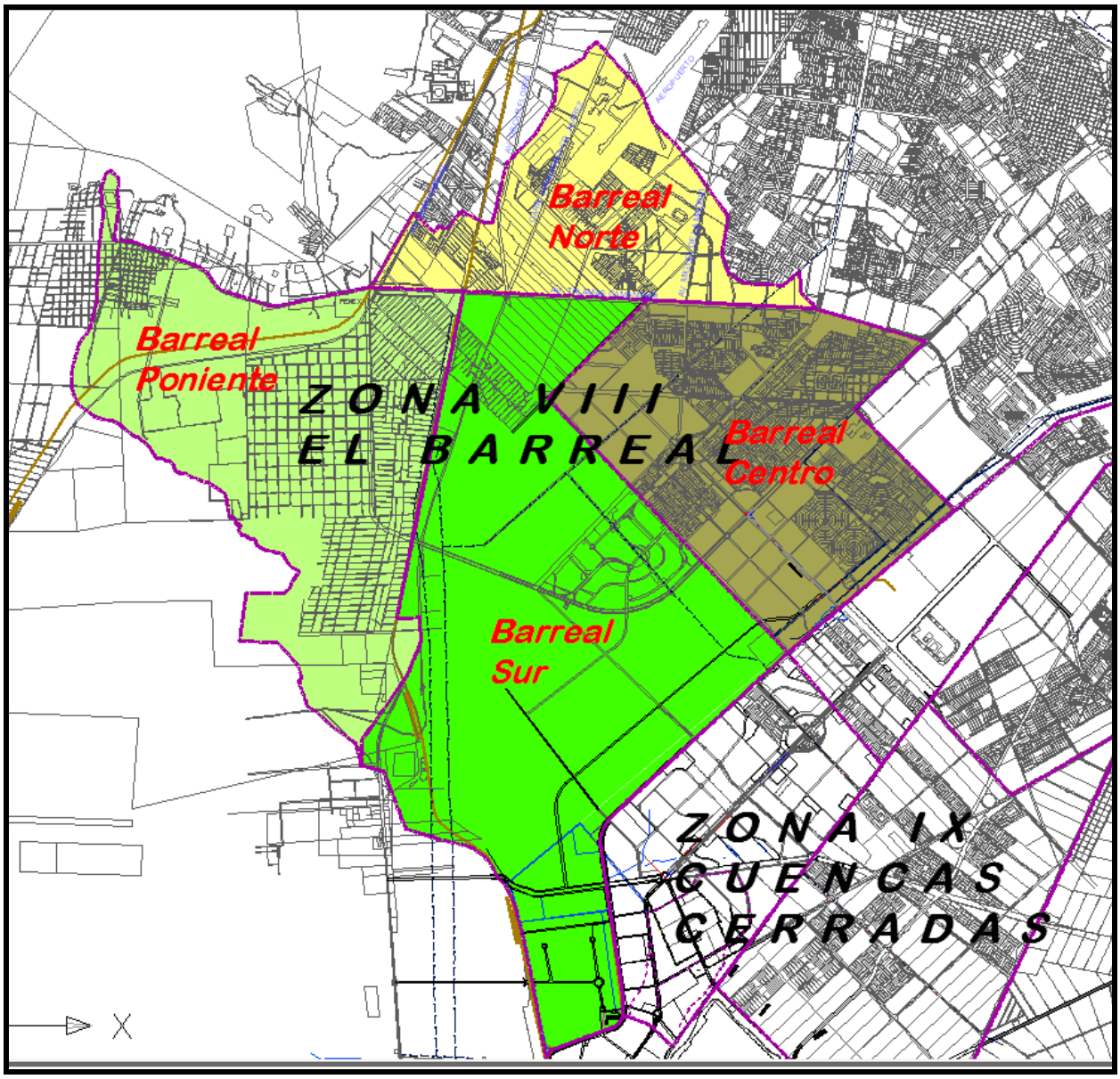


Figura 4.- Zona VIII " El Barreal".- Delimitación de subcuencas de estudio

Actualmente se están construyendo fraccionamientos en la parte baja, haciendo de estos desarrollos una serie de micro-cuencas separadas del resto de la cuenca, se observa también que en algunos predios se realizan rellenos para levantar el nivel del suelo y posteriormente construir. Estas acciones han resultado en la reducción de la zona de inundación que seguramente provocará mayores tirantes de agua en los predios todavía baldíos.

Un riesgo adicional que se presenta en esta zona es que ante una tormenta mayor, el arroyo Jarudo se desborda y parte del agua fluye hacia esta parte de la cuenca de El Barreal. Es importante tomar en cuenta este volumen de agua para la planeación de la solución, situación que se puede resolver en las obras propuestas para la regulación de las avenidas en el arroyo Jarudo.

Las condiciones de almacenamiento original en esta zona es mediante la conexión con la zona de inundación de la parte sur de la Av. Talamas Camandari o Libramiento Aeropuerto. A partir de las obras que se realizaron en el 2006, esa conexión ha quedado clausurada y por lo tanto, el volumen que estará llegando a la zona mas baja, quedará atrapada únicamente en la parte norte de esta importante vialidad, incrementándose el riesgo de inundación para las viviendas y construcciones que ahí se encuentran.

Z VIII.2. Subcuenca Barreal Centro.- En esta subcuenca se ubica la zona mas baja de la cuenca de El Barreal, Las condiciones topográficas indican que la cota de menor altitud se localiza a la altura de la Av. Talamas Camandari entre la Av. Miguel de la Madrid y la Calle Villas de Francia, extendiéndose hacia el sur con una pendiente de apenas 0.0002, es decir el terreno natural apenas sube 1.00 m en una distancia de 5.0 Kms.

La Av. Talamas Camandari es el parteaguas norte consistente en el bordo de construcción de esta importante Avenida; al Oriente está delimitada por el parteaguas natural de la cuenca de El Barreal y al Sur poniente por una línea recta que coincide con el límite del Plan Parcial El Barreal y Oriente San Isidro que físicamente corresponde con la prolongación de la calle Tapachula.

Esta subcuenca cuenta actualmente con una gran cantidad de viviendas en varios fraccionamientos como son Villas del Sur, Almeras, Palmas del Sol, Villas del Marquéz, Terranova, Residencial del Sur, Mezquital, entre otros.

Varios de estos fraccionamientos se inundaron durante las temporadas de lluvias de los años 2006 y 2008 lo cual causó severos daños a la infraestructura de

urbanización, principalmente a los pavimentos, sistema de alcantarillado, estructuras pluviales y a las propias viviendas ya que el nivel del agua llego hasta 1 m por arriba del nivel del pavimento.

Las inundaciones antes mencionadas vienen a confirmar la necesidad de construir las obras planeadas tanto en el Plan Sectorial del Manejo de Agua Pluvial como en el Plan Maestro para el Control de Agua Pluvial en la Zona de El Barreal, en donde se contempló la construcción de varios vasos de captación de agua pluvial con pozos de absorción así como la construcción de bordos – vialidad que operarían como parteaguas evitando que los escurrimientos llegaran a las zonas bajas donde actualmente se ubican los fraccionamientos mencionados.

Las gran cantidad de agua que llego a las estructuras pluviales de los fraccionamientos, además de los daños físicos, provoco que los pozos de absorción se colmataran perdiendo la capacidad de infiltración de agua hacia el subsuelo, motivo por el cual todos las estructuras y pozos de absorción existentes requieren de mantenimiento y/o rehabilitación para que pueden recibir y desalojar el agua excedente en las próximas lluvias.

Otra característica importante en esta subcuenca, es la presencia de un estrato arcilloso de alta plasticidad que va desde 1 hasta 8 m de espesor, lo cual ha hecho necesaria la construcción de pozos de absorción con profundidades suficientes para cruzar este estrato y llegar a la arena donde se cuente con suficiente permeabilidad, sin embargo, se han detectado también lentes arcillosos bajo los estratos arenosos que pudieran dificultar el flujo del agua infiltrada hacia el nivel estático del acuífero.

La protección inmediata para evitar el ingreso de importantes escurrimientos a los fraccionamientos se está dando mediante la construcción de un bordo ubicado sobre el trazo de la Av. Miguel de la Madrid desde la Planta Electrolux hasta la Av. Talamas Camandari.

Z VIII.3. Subcuenca Barreal Sur.- Está delimitada al Norte por la Av. Talamas Camandari, al poniente por la Vía del Ferrocarril, al oriente por el bordo que se

construye sobre la Av. Miguel de la Madrid y al sur por el parteaguas natural de la cuenca de El Barreal, aunque se pretende en el corto plazo construir un bordo terraplen que contendrá la vía del ferrocarril que dará servicio al parque industrial donde se encuentra la empresa Electrolux. Con motivo de la construcción de este próximo bordo, se ha considerado conveniente dejar el límite sur de esta subcuenca hasta el trazo del mismo, lo cual servirá para realizar la planeación del control de los escurrimientos al interior de esta subcuenca.

Esta subcuenca aun no ha sido desarrollada en lo que a urbanización se refiere a excepción de una pequeña porción cerca de la Glorieta Benito Juárez, sin embargo, ya se cuenta con la planeación de vialidades principales y con algunos planes parciales, lo cual indica que en el corto plazo se crearán nuevos fraccionamientos y áreas industriales que requerirán obligadamente de estructuras de control pluvial.

En la subcuenca se tienen zonas bajas donde se acumula el agua procedente de la zona poniente de la cuenca de El Barreal, la construcción del bordo sobre la Av. Miguel de la Madrid provocará que los terrenos ubicados al poniente de este terraplén son ahora los que almacenarán el agua que anteriormente inundó a los fraccionamientos construidos en la subcuenca Barreal Centro, pero que al encontrarse todavía como terrenos baldíos, son propicios para evitar daños a las viviendas e infraestructura existente.

La subcuenca recibe el agua procedente de la zona de Santa Elena y de varios escurrimientos procedentes del sur poniente donde se encuentra el basurero municipal, la pendiente general es del orden de 0.005 con una topografía plana y superficie principalmente arcillosa, los escurrimientos se presentan en pequeños arroyos de poca profundidad y en lluvias muy intensas el flujo es de tipo laminar hasta la zona de inundación de la cuenca.

Z VIII.4. Subcuenca Barreal Poniente.- Al Poniente está delimitada por la vía del ferrocarril, al norte por la carretera a Nuevo Casas Grandes, al Poniente y al sur por el parteaguas natural de la Cuenca.

Corresponde a la porción del extremo poniente de la cuenca El Barreal, cuenta con una gran número de arroyos que descargan a la subcuenca Poniente y a su vez está dividida en tres partes principales:

a) Zona de Santa Elena.- Los afluentes de esta parte se concentran en un arroyo que cruza la vía del ferrocarril al norte de la empresa Fluorex y lleva los escurrimientos hasta la Av. Talamas Camandari llegando así a la parte mas baja de la subcuenca Barreal Centro.

b) Zona Charly.- Consta de pequeños arroyos que cruzan la vía del ferrocarril al sur de la subestación eléctrica localizada entre la carretera y la vía, el escurrimiento actual descargará directamente sobre el bordo en construcción de la Av. Miguel de la Madrid.

c) Arroyos que descargan a la altura del Km 28 de la carretera a la cd. de Chihuahua. Los flujos de drenaje pluvial se juntan con los de la Zona Charly en la parte baja de la subcuenca Barreal Poniente.

En esta subcuenca se construyeron varias estructuras de captación de agua pluvial, estas son identificadas como Santa Elena I, Santa Elena II, Fluorex, Charly y Km 28. Los vasos de almacenamiento y las estructuras de vertido de estas obras no cumplen con las especificaciones técnicas estructurales e hidráulicas ni con la capacidad necesaria para regular o contener los escurrimientos que se generan en la zona, motivo por el cual, el agua pluvial del año 2008 provocó el rompimiento de todos los bordos de estas estructuras, el agua llegó a los fraccionamientos existentes en la subcuenca Barreal Centro con graves daños a la infraestructura de los mismos.

Los terrenos de la zona de Santa Elena tienen una gran cantidad de granjas, es decir se cuenta con calles, servicio de energía eléctrica, existen varias viviendas o terrenos bardeados y se observan familias viviendo en el área, siendo actualmente una zona suburbana. Las partes denominadas Charly y Km 28 no son consideradas aun para generar desarrollos urbanos.

Superficialmente, la zona de Santa Elena y la parte baja de Charly, está constituida por terrenos planos con suelos básicamente limo-arcillosos mientras que

la parte alta de Charly y las microcuencas del Km 28 son superficies mas arenosas, inclusive con la presencia de montículos a manera de dunas.

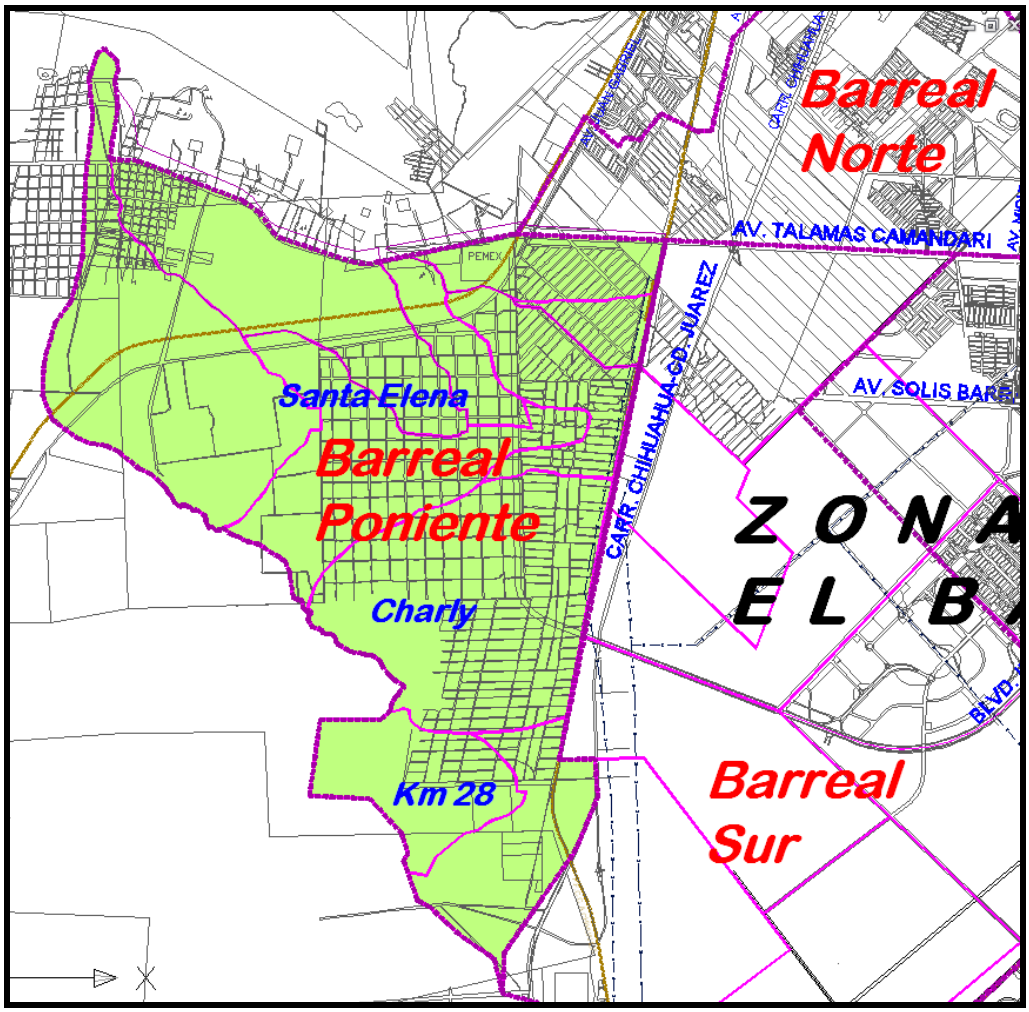


Figura 5.- Subcuenca Barreal Poniente

III.2.2.- Z IX. Cuencas Cerradas

Se ubican al poniente de la subcuenca Barreal Centro y al sur de la subcuenca Barreal Poniente. Su característica principal es que toda el área esta hidrológicamente constituida por una gran numero de micro-cuencas cerradas con áreas desde 50 a 600 has. En la figura se muestra el área que se ha designado para ser estudiada la cual prácticamente llega a la sierra de presidio, sin embargo, este tipo de cuencas

cerradas se extiende hacia el poniente y al sur oriente, incluyendo su característica de suelos arenosos.

Su superficie está constituida principalmente por dunas de arena, los escurrimientos pluviales se presentan únicamente con lluvias muy intensas y se infiltran rápidamente por la alta permeabilidad del suelo arenoso.

En esta subcuenca, denominada Zona IX, se encuentran los planes parciales Oriente XXI y San Isidro, en los cuales se han construido ya algunos fraccionamientos en los cuales se han controlado los escurrimientos pluviales en vasos de captación, permitiendo que el agua se infiltre de manera natural.

En esta área se contempla un importante crecimiento de desarrollos habitacionales y urbanos, motivo por el cual se establecerán los criterios para el diseños de las estructuras de control y manejo de agua pluvial de forma específica para este tipo de superficies y características hidrológicas.

Para fines de Planeación y desarrollo futuro de la zona, considerando el control pluvial, esta cuenca fue dividida en 6 subcuencas delimitadas por los planes parciales y por vialidades importantes que serán convertidas en parteaguas para microcuencas.

Las subcuencas son las siguientes:

Z IX.1.- San Isidro.- Area delimitada entre la Av. Miguel de la Madrid, Av. Del Desierto, el trazo de la Vía del ferrocarril que dará servicio a Electrolux hasta el nuevo campus universitario y pertenece al Plan Parcial San Isidro.

Z IX.2.- Ciudad del Conocimiento.- Area ubicada al extremo sur, cuya superficie es actualmente propiedad de gobierno del Estado y del Nuevo Campus de la UACJ.

Z IX.3.- Oriente XXI-2.- Superficie correspondiente al Plan Parcial Oriente XXI Segunda Etapa

Z IX.4.- Presidio.- Cuencas cerradas ubicadas al oriente del polígono correspondiente al Plan Parcial Oriente XXI-2, limitado al poniente por el parteaguas de la cuenca Z X

denominada Vertientes del Bravo y al sur por una línea recta imaginaria ubicada únicamente por la información disponible. Las características de estas cuencas continúan hacia el sur sin embargo por falta de información esta parte no se incluye en este estudio.

Z IX.5.- Oriente San Isidro.- Se ubica al norte de la Av. Del Desierto hasta el Blvd. Independencia. Esta superficie forma parte del Plan Paracial Oriente San Isidro

Z IX.6.- Oriente XXI-1.- Superficie correspondiente al Plan Parcial Oriente XXI Primera Etapa

Las subcuencas Oriente San Isidro y Oriente XXI primera etapa están mayormente ocupadas por desarrollos habitacionales o parques industriales, el manejo de agua pluvial se realiza mediante la construcción de vasos de captación y pozos de absorción los cuales han operado adecuadamente, sin embargo es necesario realizar trabajos de limpieza, desazolve y rehabilitación en algunos casos.

Las subcuencas San Isidro, Oriente XXI segunda etapa apenas inician su desarrollo encontrando uno o dos fraccionamientos nuevos por lo que se consideran, en términos generales, como superficies sin desarrollar.

El área correspondiente Ciudad del Conocimiento no cuenta con ningún desarrollo, sin embargo en este polígono se encuentran los terrenos donde se construirá el nuevo campus de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez así como nuevos desarrollos urbanos.

El área denominada Presidio no tiene desarrollo alguno.

La ubicación de las subcuencas mencionadas se presentan en la Figura 6

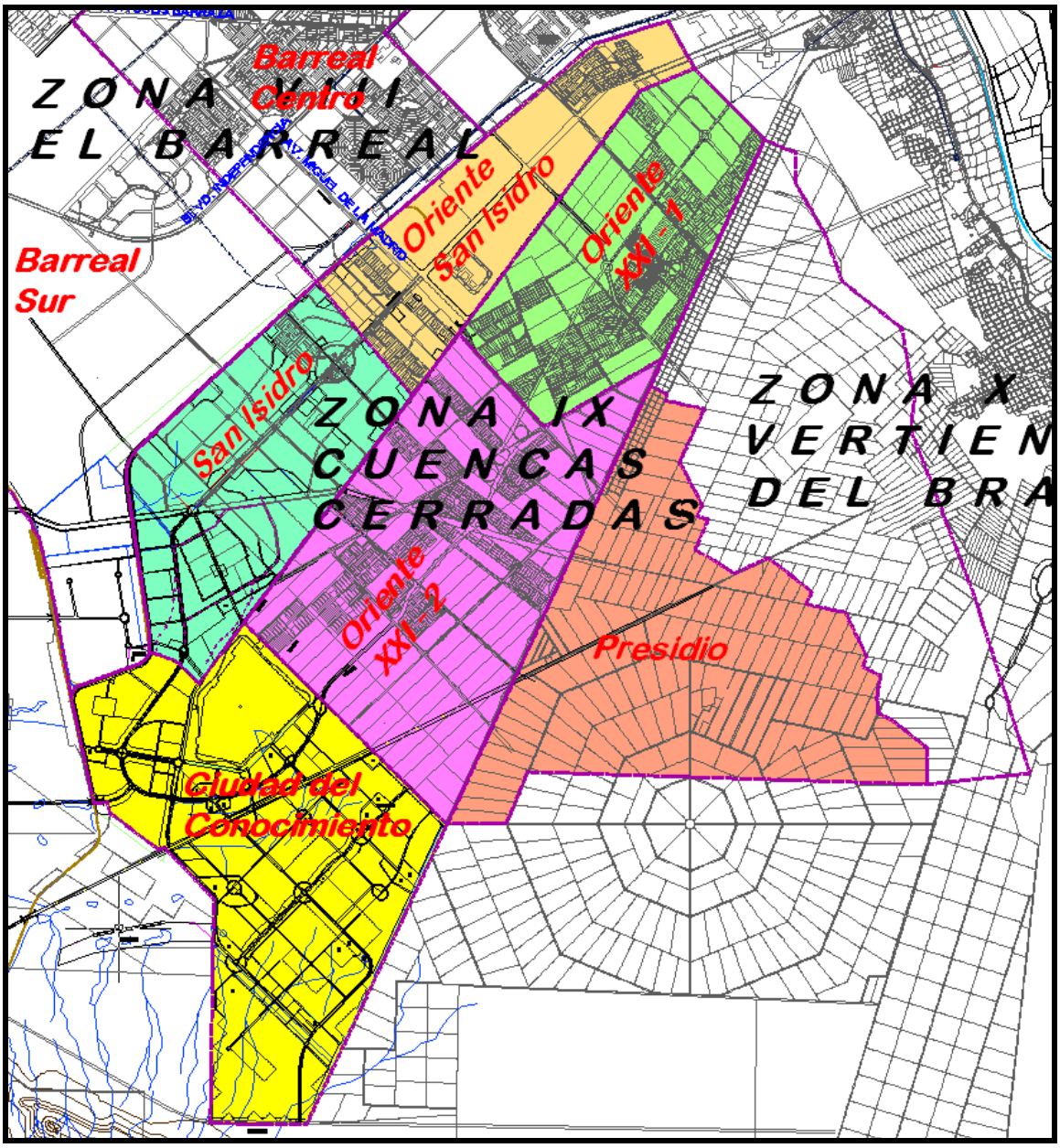


Figura 6.- Cuencas Cerradas

III.2.3.- Zona X. Vertientes del Bravo

Esta subcuenca nombrada como Zona X, se ubica al oriente de las cuencas cerradas descritas en el apartado anterior. La cuenca hidrológica fue dividida en dos superficies principales cuyas características son topográficamente muy diferentes según se describe a continuación:

ZX.1.- Vertientes del Bravo Zona Alta.- La característica principal es que tiene una serie de terrenos muy arenosos con una ligera pendiente generalizada hacia el

oriente. Una gran cantidad de agua se encharca dentro de la misma superficie y se infiltra por la alta permeabilidad del suelo. La topografía está constituida por lomeríos suaves aptas para el crecimiento urbano.

ZX.2.- Vertientes del Bravo Zona de Terrazas.- Es la parte oriente de la cuenca, se caracteriza por una fuerte pendiente formada de suelos arcillo arenosos con gran cantidad de arroyos que llegan al valle de Juárez, inundando terrenos baldíos y terrenos de cultivo.

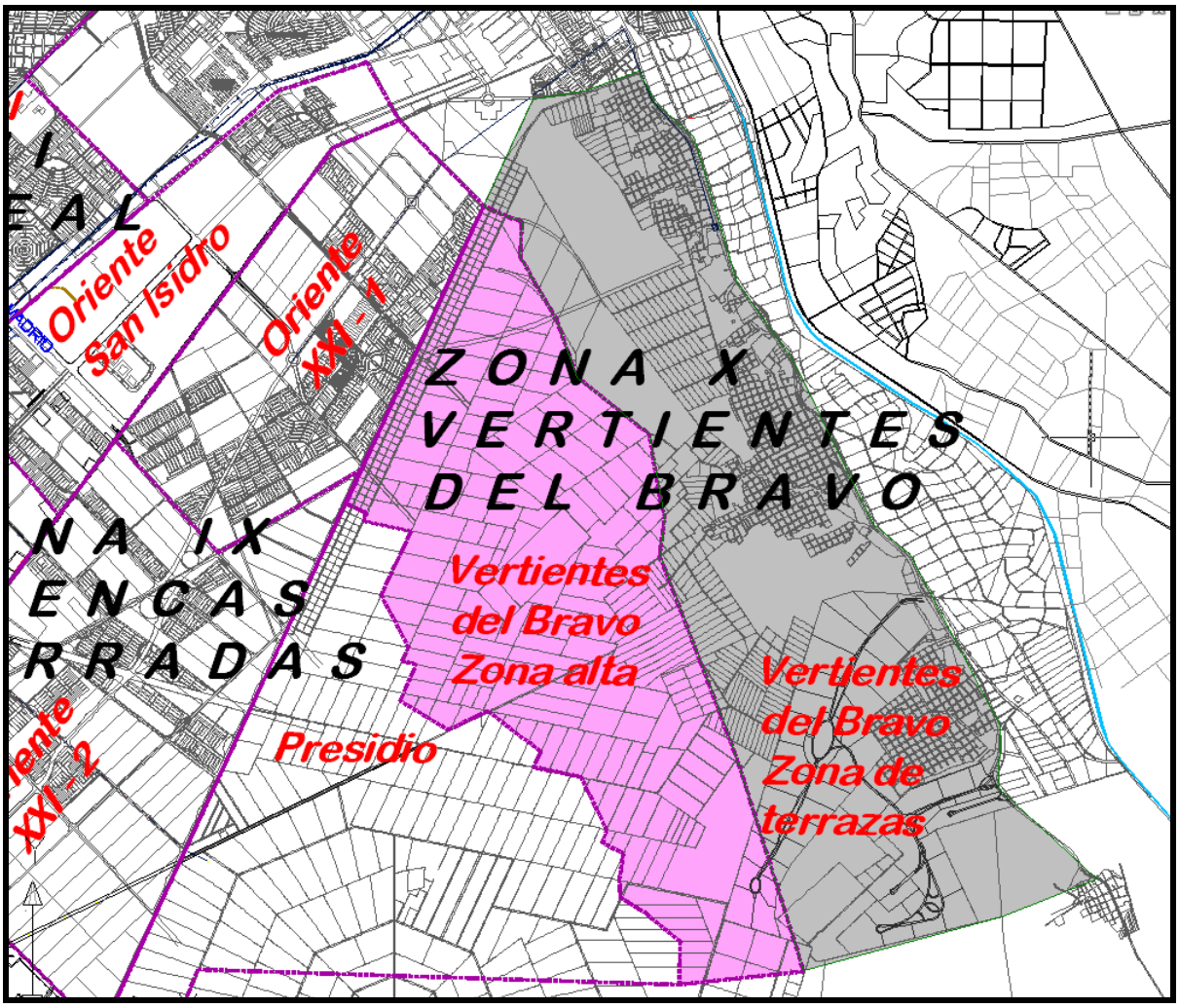


Figura 7.- Vertientes del Bravo

IV.- HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

De acuerdo a la clasificación de regiones hidrológicas de la Comisión Nacional del Agua, la zona de estudio se encuentra en la Región Hidrológica 240, Río Bravo, que tiene como principal corriente el Río Bravo, clasificado como una corriente de régimen perenne que fluye de noroeste a sureste, limitando el área de estudio en su porción norte. Asimismo, desde Ciudad Juárez, Chihuahua, hasta su desembocadura en el Golfo de México en la ciudad de Matamoros, Tamaulipas, es frontera internacional entre México y los E.U.A. (país en el que nace).

La hidrología general de la ciudad, se ha dividido en ocho zonas o cuencas locales principales, una de ellas es la Cuenca VIII, a la cual se le denomina como El Barreal, siendo esta cuenca local la que tiene una mayor superficie, y que representa 167.114 Km², se caracteriza por contener en su porción central una laguna intermitente, lo que le confiere características únicas a la zona. En su hidrología se presentan algunas corrientes efímeras de poco desarrollo, generalmente de primer y segundo orden, que drenan sus aguas hacia el centro-norte, cubriendo una zona de inundación de aproximadamente 6 km², con láminas de agua que no superan los 40 cm, siendo la parte más baja el sitio representado por el Boulevard Manuel Talamás Camandari (antes Libramiento Aeropuerto) a la altura de los Fraccionamientos Palmas del Sur, Las Alméras, Villas del Sur y Colonial del Sur.

IV.1.- METODOLOGIA

Para obtener el gasto máximo y el volumen excedente de la lluvia en el área de estudio, se analiza con detalle el comportamiento de los escurrimientos, para varios periodos de retorno de donde se obtiene un claro panorama de las posibles precipitaciones que se presentan en la ciudad y que servirán como base de diseño para los proyectos de control, manejo e infiltración de agua pluvial en sitios previamente seleccionados.

Para lo anterior, se analizaron los datos básicos que tienen que ver con la hidrología del área de estudio como son las características de las cuencas, se contó también con información de la Comisión Nacional del Agua y del IMIP en lo referente a información climatológica de la zona, principalmente los datos históricos de precipitación como son lluvias máximas en 24 horas y registros de intensidades de lluvia con datos de precipitación a cada 10 min obtenidos por CILA en los últimos años.

Se contó también con información topográfica obtenida mediante métodos fotogramétricos y por el sistema LIDER, logrando definir las cuencas hidrológicas con curvas de nivel a cada metro en la mayor parte de la zona de estudio, lo cual le da un alto grado de confiabilidad a los datos que son utilizados para el análisis hidrológico.

Se procedió a la clasificación y ordenamiento de la información, identificando los datos hidrológicos y recomendaciones específicas para las cuencas, sub-cuencas y micro-cuencas, determinando los datos físicos de cada una de ellas tales como área, longitud de cauce, pendiente promedio, tipo de suelo y la infraestructura pluvial existente. Con esta información se adoptaron y calcularon los coeficientes de escurrimiento y los tiempos de concentración y retraso para sitios de interés previamente seleccionados.

Por otra parte, se tomaron los resultados del análisis estadístico de la precipitación en base a registros de varias estaciones hidrometereológicas distribuidas en la ciudad y se calcularon los gastos máximos y volúmenes esperados para diferentes periodos de retorno mediante la aplicación del programa HEC – HMS diseñado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, el cual ha sido aplicado exitosamente para las cuencas del Norte de México.

Al modelo hidrológico de simulación se le ingresó la siguiente información:

1.- Nombre de la cuenca: En este caso se asignaron nombres a cada una de las cuencas delimitadas por el proyecto de rasantes, las cuales se identifican en la figura de las características de las cuencas presentado anteriormente.

2.- Área de la cuenca en Km^2: Determinada mediante la delimitación de las áreas que pueden escurrir natural o artificialmente a cada uno de los sitios de captación y almacenamiento de agua pluvial.

3.- Número de escurrimiento, depende del tipo de superficie y uso de suelo. Para áreas totalmente urbanizadas es de 85, que aun cuando actualmente es terreno en breña, la superficie de escurrimiento final será de calles pavimentadas totalmente.

4.- Tiempo de concentración y de retraso, que depende de la longitud de recorrido del agua desde la parte más alta hasta la descarga y de la pendiente promedio de cuenca.

El Tiempo de Concentración fue calculado con la ecuación de Kirpich.

$Tc = (0.000325 \times L0.77) / (S0.385)$

El Tiempo de retraso fue calculado como el 60% del tiempo de concentración

$Tr = 0.6\ Tc$

5.- Distribución de la precipitación en una tormenta de 24 hrs. Se incluye una serie de datos para cada periodo de retorno. Esta información se obtiene de los análisis estadísticos de los datos de precipitación máxima en 24 horas y de las intensidades de lluvia registradas por tormenta, información que fue proporcionada por la Comisión Nacional del Agua, observada en la estación meteorológica de la ciudad.

Los primeros cuatro parámetros se refieren principalmente a las características físicas y de tiempos de concentración de los gastos pico, los cuales se presentan en la tabla mostrada en el apartado de características de las cuencas considerando las condiciones finales de proyecto en el futuro a largo plazo.

También se realizó un análisis de tres eventos climatológicos registrados durante el año 2006 cuyos resultados ofrecen un estimado de los volúmenes que puedieran presentarse durante toda una temporada de lluvias en donde los volúmenes escurridos se acumulan en los sitios más bajos de las cuencas.

IV.2.- ANALISIS DE LA PRECIPITACION PLUVIAL

IV.2.1.- Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial para cd. Juárez

En el Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial para ciudad Juárez se realizó el análisis de precipitación con información de precipitación máxima en 24 horas para el periodo de 1963 – 1993. A partir de esa información se determino la precipitación más probable para diferentes periodos de retorno. Dado que ahora se cuenta con información adicional, en este trabajo se actualiza esta información tomando en cuenta los datos hasta el 2008.

Existen varios métodos de análisis estadístico. Para nuestro caso, a partir de una serie de datos de precipitación máxima anual en 24 horas, proporcionados por la Comisión Nacional del Agua en ciudad Juárez, se obtendrán las precipitaciones esperadas para los periodos de retorno (Tr) de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 y 1000 años y aunque para los fines de cálculo de gastos de diseño se seleccionará solo un Tr, se ha querido incluir todos estos periodos con el propósito de tener la información de a que periodo de retorno pertenece una tormenta cualquiera en la ciudad.

Se asoció la lluvia máxima en 24 hrs a varios periodos de retorno, utilizando las distribuciones de extremos y la normal, adoptando los resultados de la distribución exponencial calculados estos por el método de los momentos. Esta distribución es la que más se ajusta a la muestra, según el test de Smirnov - Kolmogrov. En el periodo analizado de 25 años, se han presentado 8 tormentas con precipitación mayor a 50 mm, 3 mayores a 60 mm y 1 mayor de 80 mm.

Valores de precipitación adoptados en el Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial para Ciudad Juárez son los siguientes.

Periodo de retorno (años)	Precipitación en 24 horas (mm)
2	41.3
5	54.0
10	66.8
25	84.0
50	96.8
100	110.0
500	140.0
1000	153.0
10000	196.0

IV.2.2.- Actualización del análisis de precipitación

El presente trabajo se realiza como complemento al Plan Sectorial de Drenaje Pluvial de ciudad Juárez y al Plan Maestro para el Control y Manejo de Agua Pluvial en la Zona de El Barreal. Tiene vital importancia al constituirse como el parámetro estadístico de partida para el cálculo de los volúmenes y gastos máximos escurridos para diferentes periodos de retorno, seleccionando posteriormente los gastos de diseño para las diferentes estructuras pluviales tales como encauzamiento de arroyos, construcción de diques de regulación de avenidas, puentes y alcantarillas para cruce de vialidades, diseño de pozos de estructuras de filtración y absorción de agua.

Por otra parte, considerando que la hidrología está dirigida a cuencas cerradas, los volúmenes de agua escurridos tienen una fundamental importancia, motivo por el cual se revisará en este apartado un estudio cuidadoso de este parámetro ya que las excedencias de la precipitación se acumularán durante las tormentas y el agua será infiltrada, evaporada o utilizada posteriormente representando con ello una salida lenta de los sitios de concentración de agua pluvial.

Los criterios de control establecidos en el Plan Sectorial y Plan Maestro se basan en la captación y almacenamiento del agua escurrida para tormentas con periodo de retorno hasta de 100 años incluyendo el bordo libre de los vasos. El agua almacenada es desalojada principalmente hacia el acuífero mediante pozos de absorción, estableciendo como criterio de diseño que el volumen escurrido durante

una tormenta con periodo de retorno de 5 años sea infiltrada en 72 horas y para TR=100 años hasta en 15 días. La experiencia de las estructuras construidas actualmente, han mostrado que los pozos de absorción operan adecuadamente durante las primeras lluvias, sin embargo en un periodo de tiempo no mayor a 2 años, por falta de mantenimiento estos pozos se colmatan dejando de operar como estructuras de filtración y absorción, de manera que los volúmenes que llegan a los vasos de almacenamiento quedan estancados por largos periodos de tiempo, de manera que los escurrimientos de las tormentas subsiguientes en la mima temporada se acumulen al almacenamiento de tormentas previas.

Por lo anterior, en este análisis se incluye no solo los gastos y volúmenes esperados para tormentas de 24 horas sino también los volúmenes de agua que podrían escurrir para un año completo, analizando también la cantidad de agua que puede precipitarse para diferentes periodos de retorno en la dimensión anual.

Precipitación máxima en 24 horas

De acuerdo a las recomendaciones de los manuales del modelo de simulación hidrológica HEC-HMS, para grandes ciudades es recomendable diseñar las estructuras pluviales para tormentas cuya duración sea de un día o 24 horas. Además la Comisión Nacional del Agua establece que para localidades cuya población sea mayor de 1 millón de habitantes se obtengan los gastos máximos y volúmenes para un periodo de retorno de 500 a 100 años.

Para ciudad Juárez, se ha establecido el criterio de utilizar tormentas de 24 horas y periodo de retorno de 100 años. Estos criterios se encuentran aprobados en el Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial para Ciudad Juárez el cual ha sido aprobado por la CONAGUA.

Para este análisis, se recopilo la información disponible de precipitación para un día, encontrando que históricamente se han tomado datos en diferentes estaciones climatológicas. De estos datos, se han tomado los máximos registrados para cada año, resultando lo que se muestra en la siguiente tabla:

Registro de datos

AÑO	CILA	CD. JUAREZ	CNA	CHAMIZAL Lat. 34°45' Long. 106°27'	EL PASO Lat. 31°49'43" Long. 106°26'56"'	ACEQUIA MADRE	CILA NORTE	INST ING Y TECN. Lat. 31°44'36" Long. 106°25'54"'	MONTADA Lat. 31°43'30" Long. 106'25'54"	ADOP-TADO
1969	22.80			19.50						22.80
1970	36.20			36.20						36.20
1971	55.50			55.50						55.50
1972	38.20			38.20	41.90					41.90
1973	80.20			80.20	45.00					80.20
1974	52.70			52.70	42.40					52.70
1975	63.00			63.00	62.00					63.00
1976	28.10			28.10	51.10					51.10
1977	28.70			28.70						28.70
1978	62.50			62.50	39.10					62.50
1979	26.50			26.50						26.50
1980	31.90			31.90	33.00					33.00
1981	30.90	24.00		30.90	46.50					46.50
1982	53.90	51.00		53.90	56.10					56.10
1983	38.70	23.00		30.00	24.90					38.70
1984	31.20	50.00		38.70	58.40					58.40
1985	30.50	25.70		32.20	26.90					32.20
1986	30.00	24.00		30.50	39.60					39.60
1987	28.30	70.50		33.50	44.70					70.50
1988	28.30	35.60		28.30	32.50					35.60
1989	23.00	24.30		23.00	37.30					37.30
1990	29.40	34.90		29.40	62.00					62.00
1991		40.00								40.00
1992		44.00								44.00
1993		27.40								27.40
1994										0.00
1995					21.34					21.34
1996			24.00		26.42					26.42
1997			19.00		22.86					22.86
1998			16.00		12.70					16.00
1999			22.00		22.35					22.35
2000			50.00		34.54	35.00	66.80	17.30		66.80
2001			19.00		15.24	80.00		5.00		80.00
2002			18.50		13.71			26.60	19.40	26.60
2003			25.00		15.14			28.30	26.20	28.30
2004			28.00		34.79			32.00	74.00	74.00
2005			32.00		57.40			35.20	64.00	64.00
2006			59.00		72.13			46.20	91.70	91.70
2007			36.00		33.00			25.50	23.80	36.00
2008			40.00		44.90			45.00	34.80	45.00

Todas estas estaciones meteorológicas están localizadas dentro de la zona urbana Cd. Juárez, México. – El Paso, Texas. E.U.A. Se observa que las tormentas son muy variables en su intensidad de un sitio a otro, características principal de las lluvias en estas latitudes.

La columna de lluvia adoptada, recoge la máxima precipitación registrada por todas las estaciones en el área, considerándola como la más crítica de la zona de estudio, y la que traería por consecuencia el mayor gasto y volumen escurrido, considerando como válido que la precipitación máxima se puede presentar en cualquier parte de la ciudad. Se observa que en el año 1994 no se cuenta con información, por lo cual queda eliminado como parte del análisis.

Con el criterio anterior, para el análisis estadístico se adopta la siguiente información:

AÑO	PPTACION MAX EN 24 HRS (MM)
1969	22.80
1970	36.20
1971	55.50
1972	41.90
1973	80.20
1974	52.70
1975	63.00
1976	51.10
1977	28.70
1978	62.50
1979	26.50
1980	33.00
1981	46.50
1982	56.10
1983	38.70
1984	58.40
1985	32.20
1986	39.60
1987	70.50
1988	35.60
1989	37.30
1990	62.00
1991	40.00
1992	44.00
1993	27.40
1995	21.34

1996	26.42
1997	22.86
1998	16.00
1999	22.35
2000	66.80
2001	80.00
2002	26.60
2003	28.30
2004	74.00
2005	64.00
2006	91.70
2007	36.00
2008	45.00

Análisis estadístico de la precipitación

Se asoció la lluvia máxima en 24 horas a varios periodos de retorno, utilizando la distribución normal, Log normal y Gumbel, los resultados fueron comparados con los datos de precipitación calculados en el Plan Sectorial en donde el periodo de información disponible es 15 años menor al que aquí se desarrolla.

En la tabla se muestran los valores del Plan Sectorial, los resultados del análisis por los métodos señalados y las diferencias encontradas respecto al primero. En los resultados se observa que la distribución normal se desplaza significativamente de los datos obtenidos en el Plan Sectorial, y por los cálculos de los métodos Log-normal y Gumbel, por lo que este método se descarta.

Los métodos Log-Normal y Gumbel muestran que las precipitaciones obtenidas para diferentes periodos de retorno se incrementan en un promedio de 5%, principalmente por el efecto de las intensas tormentas registradas en los años 2004, 2005 y 2006. Los incrementos en los datos de precipitación se observan principalmente para los periodos de retorno de 5 a 50 años, quedando el resto con diferencias mínimas en relación a los valores del Plan Sectorial.

TR	Plan Sectorial	Distr. Normal	Dife-rencia en %	Distr. Log Normal	Dife-rencia en %	Gumbel	Dife-rencia en %
2	41.3	45.22	109.49%	41.37	100.17%	42.30	102.42%
5	54.0	61.32	113.56%	59.28	109.78%	61.79	114.43%
10	66.8	69.73	104.39%	71.56	107.13%	74.69	111.81%
20		76.68		83.48		87.05	
25	84.0	78.7	93.69%	87.51	104.18%	91.00	108.33%
50	96.8	84.5	87.29%	99.49	102.78%	103.10	106.51%
100	110.0	89.7	81.55%	112.17	101.97%	115.10	104.64%
200		94.5		123.25		127.00	
500	140.0	100.27	71.62%	142.56	101.83%	143.00	102.14%
1000	153.0	104.32	68.18%	154.63	101.07%	155.00	101.31%
10000	196.0	116.35	59.36%	218.72	111.59%	191.00	97.45%
			87.68%		104.50%		105.45%

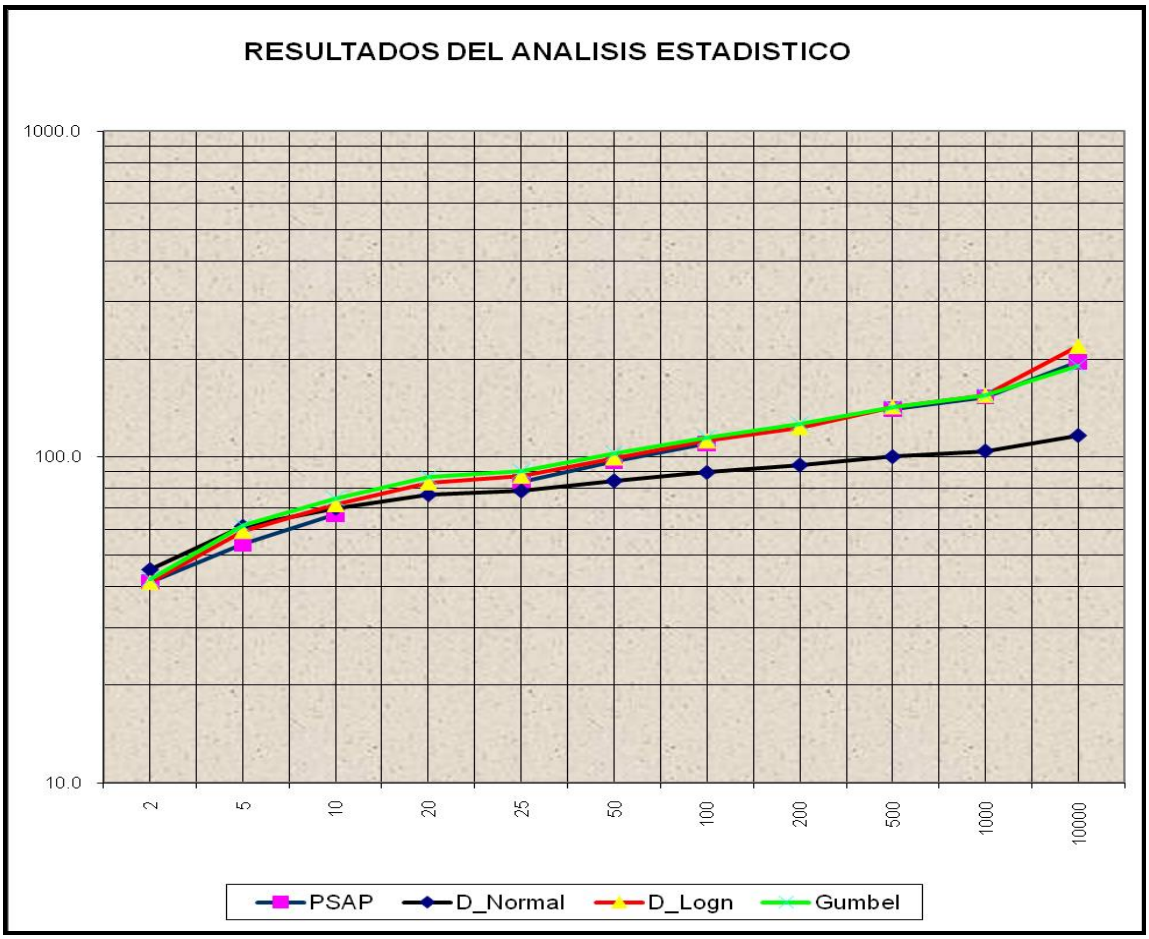


Figura 8.- Análisis estadístico de precipitación pluvial en cd. Juárez

Por lo anterior, se propone que los próximos estudios hidrológicos tomen como base los datos de precipitación obtenidos por el método Log-normal con los siguientes valores:

TR	PRECIPITACION EN mm
2	41.37
5	59.28
10	71.56
20	83.48
25	87.51
50	99.49
100	112.17
200	123.25
500	142.56
1000	154.63
10000	218.72

Distribución de la Lluvia en el Tiempo para 24 horas

La distribución de la lluvia durante una tormenta de 24 horas, utilizada en el Plan Sectorial se muestra en la siguiente tabla:

HORA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)								
	2	5	10	25	50	100	500	1000	10000
5 minutos	8.30	10.90	12.80	15.30	17.30	20.05	24.40	26.70	34.20
15 minutos	16.50	21.60	25.40	30.40	34.40	39.86	48.50	53.00	67.90
1 hora	20.70	27.00	33.40	42.00	48.40	56.09	70.00	76.50	98.10
2 horas	24.00	31.40	38.90	48.90	56.29	65.23	81.40	88.90	114.10
3 horas	26.20	34.30	42.50	53.40	61.49	71.25	88.90	97.20	124.70
6 horas	30.50	39.90	49.40	62.10	71.52	82.88	103.50	113.10	145.00
12 horas	35.50	46.40	57.40	72.20	83.18	96.39	120.30	131.50	168.70
24 horas	41.30	54.00	66.80	84.00	96.80	112.17	140.00	153.00	196.20
% PARA 1 HR	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%

Para revisar la distribución a esta fecha, es necesario contar con información histórica de la precipitación máxima, en una hora similar a la que se utilizó para el análisis correspondiente a 24 horas.

Actualmente no se cuenta con esta información, por lo cual se propone que se continúe con el criterio establecido originalmente en Plan Sectorial, es decir tomar los

datos anteriores ajustándolo únicamente para los nuevos valores resultantes de la actualización presentada previamente para 24 horas.

La distribución aproximada utilizada en el Plan Sectorial y adoptada para este caso es la siguiente:

HORA	% DE PRECIPITACION
5 minutos	20%
15 minutos	40%
1 hora	50%
2 horas	58%
3 horas	63%
6 horas	74%
12 horas	86%
24 hours	100%

Con lo anterior, la distribución de la precipitación de la lluvia para 24 horas, propuesta para los estudios hidrológicos es la siguiente:

HORA	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS										
	2	**5**	**10**	**20**	**25**	**50**	**100**	**200**	**500**	**1000**	**10000**
5 min	8.27	11.86	14.31	16.70	17.50	19.90	22.43	24.65	28.51	30.93	43.74
15 min	16.55	23.71	28.62	33.39	35.00	39.80	44.87	49.30	57.02	61.85	87.49
1 hr	20.69	29.64	35.78	41.74	43.76	49.75	56.09	61.63	71.28	77.32	109.36
2 hrs	23.99	34.38	41.50	48.42	50.76	57.70	65.06	71.49	82.68	89.69	126.86
3 hrs	26.06	37.35	45.08	52.59	55.13	62.68	70.67	77.65	89.81	97.42	137.79
6 hrs	30.61	43.87	52.95	61.78	64.76	73.62	83.01	91.21	105.49	114.43	161.85
12 hrs	35.58	50.98	61.54	71.79	75.26	85.56	96.47	106.00	122.60	132.98	188.10
24 hrs	41.37	59.28	71.56	83.48	87.51	99.49	112.17	123.25	142.56	154.63	218.72

Análisis de la precipitación anual

Considerando que la solución para cuencas cerradas puede estar definido por una serie de vasos de captación y almacenamiento de agua pluvial, es importante tomar el parámetro del volumen escurrido como la base principal para el diseño de las estructuras pluviales, dejando las tormentas con periodos de retorno de 24 horas para el cálculo de los gastos máximos que se pueden presentar durante las lluvias.

En este caso, ciudad Juárez presente sus lluvias más intensas durante los meses de Julio, Agosto y Septiembre, y la precipitación total anual en promedio es mucho menor a la evaporación, pero al concentrar el volumen en una superficie reducida, pueden equilibrarse. Es por este motivo que se analiza la probabilidad de la presencia de varias tormentas consecutivas, haciendo que la totalidad del agua sea debidamente controlada.

Registro de datos

Se presentan los datos de Estación Juárez la cual cuenta con la mayor información en la ciudad.

PRECIPITACION 1957 - 2008
ESTACION CD. JUAREZ

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	5.5	11.0	0.1	1.5	7.0	0.0	33.0	90.0	0.0	36.5	15.0	2.0	201.6
1958	27.3	38.7	82.4	3.0	27.5	17.3	30.8	35.8	149.8	40.7	8.2	0.0	461.5
1959	6.5	0.1	0.0	1.0	2.5	29.5	5.5	46.5	0.0	13.5	12.0	8.5	125.6
1960	18.9	11.5	5.6	1.0	0.0	0.0	82.0	18.0	0.1	1.0	2.0	29.0	169.1
1961	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	4.0	21.0	37.2	45.0	1.0	15.0	1.0	124.4
1962	24.5	9.0	1.0	0.1	0.0	0.0	88.0	0.1	113.0	21.0	5.0	1.0	262.7
1963	2.0	15.8	0.0	0.1	0.3	2.0	11.1	86.0	31.5	40.5	24.0	6.0	219.3
1964	2.5	7.5	10.5	1.0	0.1	1.0	27.0	34.0	15.0	6.0	0.0	15.0	119.6
1965	11.0	7.0	3.0	0.1	0.1	0.0	4.0	26.0	36.0	0.0	0.0	37.0	124.2
1966	5.0	2.0	0.1	35.0	6.0	62.0	16.0	110.0	33.0	5.5	1.0	0.0	275.6
1967	0.0	0.1	2.0	0.1	0.0	33.0	64.1	36.5	12.8	15.4	10.1	15.4	189.5
1968	12.5	35.2	29.9	5.1	0.0	0.1	220.6	23.0	3.0	8.6	93.2	9.0	440.2
1969	0.5	0.9	3.9	0.1	10.7	3.0	50.8	25.1	12.3	17.8	14.0	25.4	164.5
1970	0.1	16.2	13.9	0.0	3.5	14.1	53.9	17.2	33.5	27.4	0.1	0.6	180.5
1971	3.9	4.7	0.0	11.5	0.2	0.2	89.6	41.0	27.7	36.9	5.1	16.8	237.6
1972	11.6	0.0	0.1	0.0	0.1	89.2	27.5	106.5	38.3	36.9	9.9	8.8	328.9
1973	50.0	46.5	10.1	0.1	6.4	12.3	125.3	1.8	0.1	4.6	1.6	0.0	258.8
1974	7.4	0.1	7.3	0.1	0.2	8.1	40.8	34.3	193.7	45.0	16.5	16.7	370.2
1975	25.1	9.3	4.2	0.1	0.1	0.1	14.9	18.6	68.0	4.4	0.1	16.4	161.3
1976	11.0	14.4	0.1	5.2	37.7	14.2	86.2	7.7	49.8	32.8	10.5	9.7	279.3
1977	17.0	0.1	6.4	3.5	1.1	2.7	36.2	19.7	15.5	48.0	1.6	6.1	157.9
1978	6.3	12.3	0.9	0.1	14.8	22.9	7.2	138.0	144.0	62.6	9.7	5.2	424.0
1979	27.0	16.1	0.1	9.9	14.8	0.7	39.0	60.6	9.4	0.0	0.2	7.5	185.3
1980	15.4	15.0	7.1	6.9	3.2	0.4	10.6	44.7	82.0	28.0	9.7	0.2	223.2

1981	20.7	12.9	12.0	28.5	31.1	2.3	81.3	67.7	14.5	9.1	9.0	2.2	291.3
1982	19.1	15.0	0.1	1.2	6.1	5.5	17.6	26.7	120.6	0.1	19.7	73.3	305.0
1983	8.9	16.0	9.1	20.1	12.0	13.1	7.2	53.0	17.1	40.8	15.8	1.7	214.8
1984	9.1	0.0	5.8	0.1	12.2	70.1	35.7	128.3	12..1	86.0	16.6	38.2	402.1
1985	27.9	6.5	12.7	3.1	0.1	2.4	18.9	14.8	41.2	64.8	3.3	1.9	197.6
1986	0.1	12.7	8.1	0.1	25.4	67.6	100.8	52.8	15.2	10.0	34.6	39.1	366.5
1987	6.9	5.9	11.0	8.3	7.1	34.2	14.0	103.1	17.8	3.7	9.8	129.2	351.0
1988	5.7	10.1	3.7	9.7	6.1	2.8	41.2	90.9	37.3	12.9	2.4	16.1	238.9
1989	4.4	25.3	14.7	0.0	15.9	0.6	360.2	75.7	22.8	10.7	0.1	5.9	536.3
1990	12.4	4.4	12.6	9.8	3.0	0.1	97.0	71.5	66.5	16.2	39.7	8.1	341.3
1991	30.1	19.6	2.3	0.2	6.5	0.3	61.9	63.5	51.0	5.0	18.0	97.0	355.4
1992	34.6	11.1	17.2	29.7	109.7	3.5	24.7	39.5	10.4	20.3	7.4	70.1	378.2
1993	78.8	9.2	0.0	4.5		27.8		70.4	32.9	3.1	12.7	17.8	257.2
1994	1.0	7.9											
1995										0.0	6.1	5.2	
1996	2.5	5.0	0.0	18.0	0.0	27.0	69.5	50.0	16.0	0.0	7.5	0.0	195.5
1997	27.5	12.0	20.3	10.5	19.5	28.0	36.5	40.0	36.5	4.0	28.0	45.5	308.3
1998	2.0	7.0	6.0	1.0	inap.	10.0	16.5	32.5	22.0	59.8	11.0	8.5	176.3
1999	5.0	0.0	1.0	0.0	4.0	38.0	42.0	24.0	27.0	18.1	0.0	19.3	178.4
2000	0.0	2.0	1.5	2.5	0.0	91.3	72.0	43.5	0.0	27.0	24.0	11.0	274.8
2001	3.0	10.2	15.2	2.1	3.2	8.7	9.9	53.6	8.5	5.2	15.2	4.9	139.7
2002	26.8	30.2	0.0	0.0	0.0	10.5	14.4	35.2	3.6	24.6	0.5	37.5	183.3
2003	0.0	37.3	4.2	0.6	0.0	8.3	37.1	20.5	1.6	3.7	11.1	0.0	124.4
2004	12.0	3.1	15.5	25.5	9.7	17.6	40.0	41.9	32.0	11.5	54.9	8.9	272.6
2005	16.9	44.9	2.0	5.4	39.3	0.0	0.9	67.7	18.8	44.6	0.0	0.0	240.5
2006	0.0	17.0	0.0	2.0	9.8	9.5	119.0	166.0	112.0	23.0	0.0	2.0	460.3
2007	47.5	3.2	0.0	1.6	33.4	14.2	47.4	18.4	38.0	1.2	26.0	9.0	239.9
2008	1.6	5	0	0	1.2	3.0	106.0						116.8
PROM	**13.6**	**11.8**	**7.3**	**5.4**	**10.1**	**16.2**	**53.9**	**50.7**	**39.0**	**20.7**	**12.8**	**17.8**	**255.1**
MAX	**78.8**	**46.5**	**82.4**	**35.0**	**109.7**	**91.3**	**360.2**	**138.8**	**193.7**	**86.0**	**93.2**	**129.2**	**536.3**
MIN	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.9**	**0.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**116.8**
D.EST	**15.4**	**11.7**	**12.7**	**8.6**	**18.2**	**23.0**	**60.5**	**34.5**	**43.4**	**20.4**	**16.2**	**26.0**	**101.4**

Análisis estadístico de la precipitación

Siguiendo los mismos métodos de análisis estadísticos utilizados para las lluvias máximas en 24 horas, se obtuvo la probabilidad de precipitación anual para diferentes periodos de retorno, obteniendo los siguientes resultados:

PERIODO DE RETORNO (TR)	**PRECIPITCION**
(Años)	**(mm/Año)**
2	225.30
5	321.15
10	384.58
25	464.70
50	524.30
100	583.00
500	720.00
1000	780.00
10000	975.00

Análisis de escurrimientos de agua pluvial

La información anterior nos indica la cantidad de lluvia que precipita sobre la ciudad. Es necesario calcular la cantidad de agua que escurre a partir de las tormentas que se presentan durante los meses del año.

En los registros de información, se encontró con datos obtenidos por CILA para las tormentas de los últimos años en donde se tomaron datos de precipitación cada 10 minutos. Estos datos son aprovechados en este estudio para revisar la cantidad de agua que escurre durante toda la temporada de lluvia, seleccionando el año 2006 el cual registró un total de 460.3 mm, siendo este un año en el cual se presentaron importantes inundaciones en la zona urbanizada de la cuenca de El Barreal.

Los datos fueron clasificados y adecuados para ser incorporados a los modelos de simulación hidrológica. En el año 2006 se presentaron en especial tres tormentas importantes: del 27 de Julio con duración de 10 días y un total de 206 mm de precipitación; el 15 de agosto con dos días registrando 42 mm y el 30 de agosto con 7 días y un 108 mm de lluvia, es decir que en un periodo de un mes se registro un total de 356 mm.

Con la información detallada de la lluvia, se logro elaborar la siguiente forma de las tormentas:

TIEMPO	27jul-5ago (mm)	15-16 ago (mm)	30ago-4sep (mm)
5 min	7.90	4.40	1.67
15 min	15.79	8.81	3.34
1 hr	26.00	14.50	5.50
2 hrs	30.24	16.86	6.40
3 hrs	33.03	18.42	6.99
6 hrs	38.42	21.43	8.13
12 hrs	44.68	24.92	9.45
24 hrs	52.00	29	11.00
2 Días	63.00	42	11.00
4 Días	71.00		58.00
7 Días	205.00		108.00
10 Días	206.00		108.00

De acuerdo al análisis estadístico, las lluvias del año 2006 corresponden a un periodo de retorno de 25 años, calculado en 464.7 mm. Las estructuras pluviales tendrán la capacidad para almacenar el agua escurrida para un periodo de retorno de 100 años, es decir para 583 mm total anual.

IV.2.3.- Cálculo de volúmenes escurridos

El gasto máximo y volumen de agua que escurre en un área depende de varios factores:

- El tipo de superficie del terreno.
- La intensidad de la lluvia
- La duración de la tormenta
- Las características físicas de la cuenca como es el área, pendiente, longitud de recorrido del agua.
- Condiciones de humedad del suelo.

Los datos anteriores fueron obtenidos mediante la información disponible y aplicados al modelo de simulación HEC-HMS el cual fue descrito al inicio de este capítulo.
Considerando las características específicas de la zona de estudio, se realizó el cálculo para una superficie de una hectárea de terreno en donde el volumen escurrido depende principalmente del tipo de superficie.
Para fines de cálculo de volúmenes de agua pluvial que se generan en la zona, se obtuvo el porcentaje de lluvia que escurre, dependiendo a la vez del porcentaje de área urbanizada que se tenga en el área.

Los resultados obtenidos se presentan en la siguientes tablas, tanto para una tormenta de 24 horas como para la totalidad de la lluvia anua para diferentes periodos de retorno, indicando en las mismas los milímetros de precipitación y el porcentaje respecto a la lluvia total.

Para tormentas de 24 horas

% URBANO	N (SCS)	TR=2	TR=5	TR=10	TR=25	TR=50	TR=100	TR=500	TR=1,000
PRECIPITACION (mm)		**41.30**	**54.00**	**66.80**	**84.00**	**96.80**	**112.70**	**140.00**	**153.00**
0%	55.00	0	0.25	1.89	5.54	8.33	14.69	26.71	33.13
		0.00%	0.46%	2.83%	6.60%	8.61%	13.03%	19.08%	21.65%
10%	58.00	0.02	0.74	3.11	7.67	10.98	18.29	31.7	38.73
		0.05%	1.37%	4.66%	9.13%	11.34%	16.23%	22.64%	25.31%
20%	61.00	0.22	1.5	4.63	10.11	13.95	22.21	36.97	44.6
		0.53%	2.78%	6.93%	12.04%	14.41%	19.71%	26.41%	29.15%
30%	64.00	0.65	2.52	6.45	12.87	17.23	26.43	42.52	50.71
		1.57%	4.67%	9.66%	15.32%	17.80%	23.45%	30.37%	33.14%
40%	67.00	1.32	3.81	8.57	15.95	20.84	30.97	48.33	57.08
		3.20%	7.06%	12.83%	18.99%	21.53%	27.48%	34.52%	37.31%
50%	70.00	2.24	5.39	11.01	19.36	24.78	35.83	54.42	63.68
		5.42%	9.98%	16.48%	23.05%	25.60%	31.79%	38.87%	41.62%
60%	73.00	3.43	7.28	13.79	23.12	29.06	41	60.77	70.52
		8.31%	13.48%	20.64%	27.52%	30.02%	36.38%	43.41%	46.09%
70%	76.00	4.93	9.52	16.93	27.26	33.7	46.51	67.4	77.59
		11.94%	17.63%	25.34%	32.45%	34.81%	41.27%	48.14%	50.71%
80%	79.00	6.77	12.14	20.49	31.78	38.73	52.36	74.29	84.89
		16.39%	22.48%	30.67%	37.83%	40.01%	46.46%	53.06%	55.48%
90%	82.00	9.02	15.2	24.49	36.74	44.17	58.57	81.45	92.43
		21.84%	28.15%	36.66%	43.74%	45.63%	51.97%	58.18%	60.41%
100%	85.00	11.75	18.77	29	42.17	50.04	65.16	88.9	100.21
		28.45%	34.76%	43.41%	50.20%	51.69%	57.82%	63.50%	65.50%

Los resultados se presentan en mm de precipitación excedente y su porcentaje respecto a la precipitación total

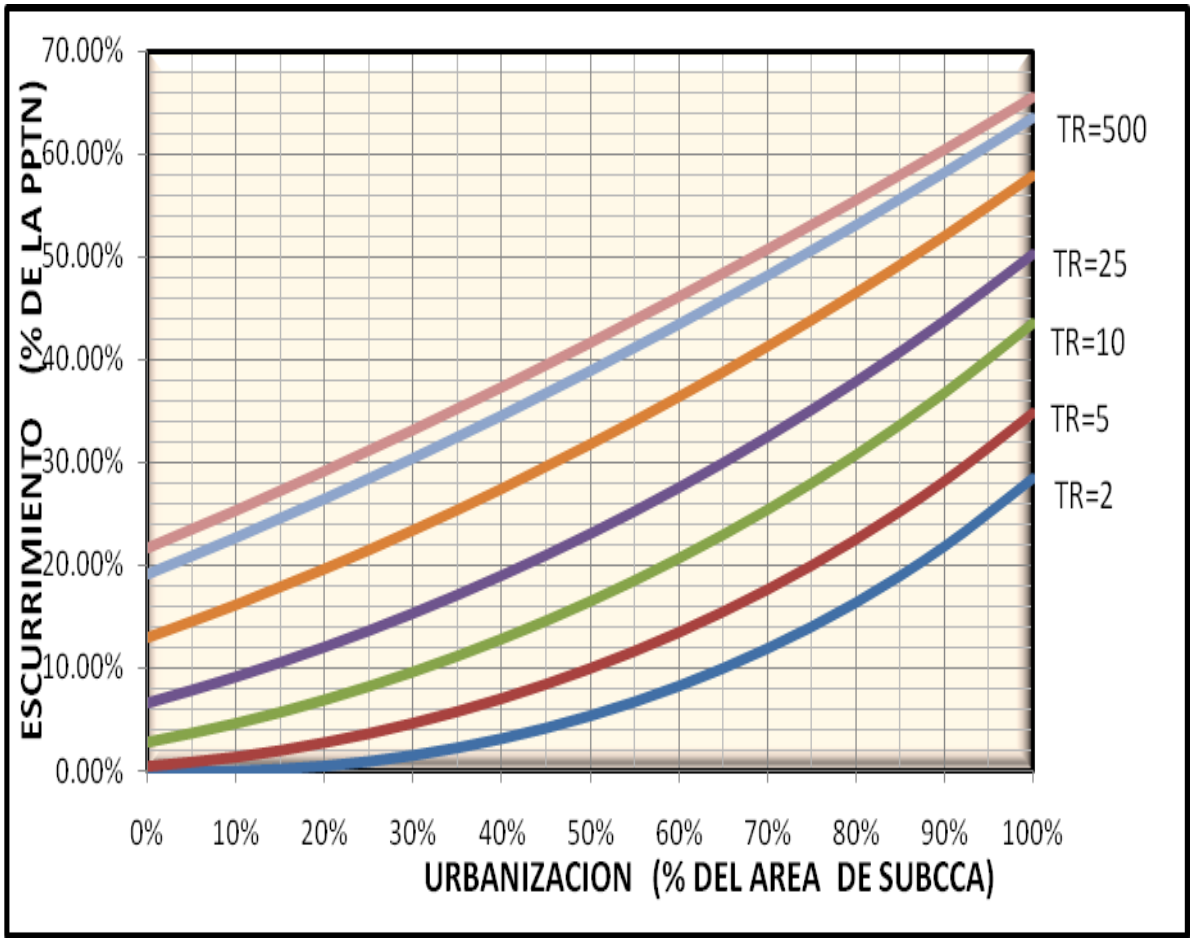


Figura 9.- Escurrimiento de agua pluvial para diferentes periodos de retorno y nivel de urbanización del suelo en tormentas de 24 horas

Para precipitación anual

% URBANO	N (SCS)	TR=2	TR=5	TR=10	TR=25	TR=50	TR=100	TR=500	TR=1,000
PRECIPITACION (mm)		**225.30**	**321.15**	**384.58**	**464.70**	**524.30**	**583.00**	**720.00**	**780.00**
0%	55.00	0	4.07	29.79	83.9	123.52	208.04	376.06	462.39
		0.00%	1.27%	7.75%	18.06%	23.56%	35.68%	52.23%	59.28%
10%	58.00	0.25	9.94	40.45	95.86	134.35	213.75	368.3	446.06
		0.11%	3.10%	10.52%	20.63%	25.63%	36.66%	51.15%	57.19%
20%	61.00	2.33	17.3	51.7	108.49	146.56	222.86	368.8	441.03
		1.03%	5.39%	13.44%	23.35%	27.95%	38.23%	51.22%	56.54%
30%	64.00	6.06	25.63	63.51	121.77	159.61	233.84	374	442.16
		2.69%	7.98%	16.51%	26.20%	30.44%	40.11%	51.95%	56.69%
40%	67.00	11.08	34.85	75.89	135.72	173.61	246.41	382.29	447.57
		4.92%	10.85%	19.73%	29.20%	33.11%	42.27%	53.10%	57.38%
50%	70.00	17.15	44.99	88.96	150.31	188.37	260.13	392.79	455.62

		7.61%	14.01%	23.13%	32.35%	35.93%	44.62%	54.55%	58.41%
60%	73.00	24.23	56.06	102.8	165.61	203.8	274.62	404.66	465.5
		10.75%	17.46%	26.73%	35.64%	38.87%	47.10%	56.20%	59.68%
70%	76.00	32.39	68.19	117.38	181.62	219.83	289.76	417.45	476.38
		14.38%	21.23%	30.52%	39.08%	41.93%	49.70%	57.98%	61.07%
80%	79.00	41.67	81.47	133.11	198.39	236.71	305.64	431.13	488.35
		18.50%	25.37%	34.61%	42.69%	45.15%	52.43%	59.88%	62.61%
90%	82.00	52.29	96.07	149.84	216.01	254.25	322	445.17	500.78
		23.21%	29.91%	38.96%	46.48%	48.49%	55.23%	61.83%	64.20%
100%	85.00	64.44	112.22	167.85	234.53	272.47	338.87	459.63	513.59
		28.60%	34.94%	43.64%	50.47%	51.97%	58.12%	63.84%	65.84%

Los resultados se presentan en mm de precipitación excedente y su porcentaje respecto a la precipitación total

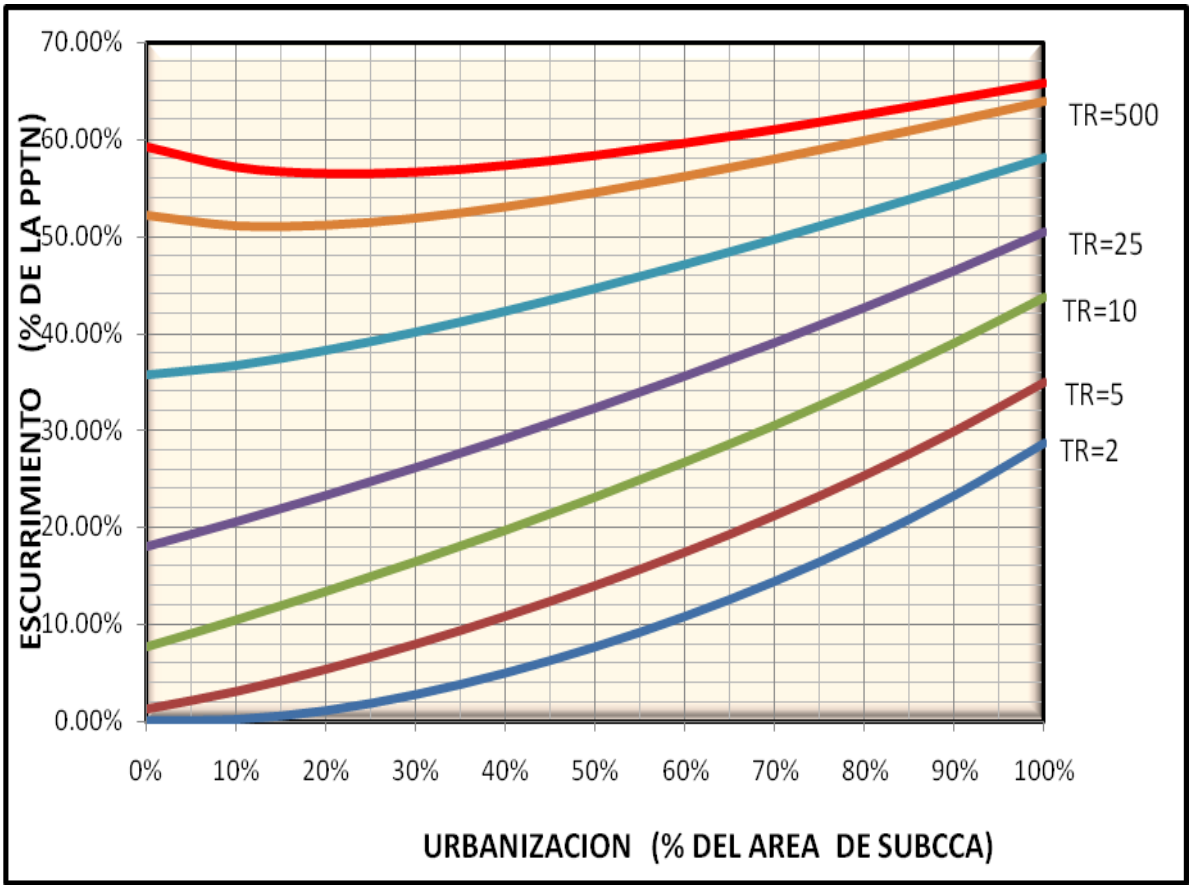


Figura 10.- Escurrimiento de agua pluvial para diferentes periodos de retorno y nivel de urbanización del suelo en precipitación anual

Los datos anteriores, son aplicados a las áreas de cada micro-cuenca en donde se toma el dato de la precipitación para un periodo de retorno de 100 años, se multiplica por el porcentaje de precipitación que escurre de acuerdo al nivel de urbanización en que se encuentre o se proyecte desarrollar dentro del polígono que se trate.

Los resultados concretos por subcuenca se muestran en las estrategias establecidas para cada una de ellas en donde se han calculado los volúmenes de agua que pudieran llegar incluyendo los gastos máximos a partir de los cuales se define la necesidad de contar con canales pluviales o simplemente permitir que el agua fluya por la superficie de rodamiento de las vialidades.

IV.2.4.- Dimensionamiento de estructuras de control de agua pluvial

El agua escurrida llegará necesariamente a un vaso de almacenamiento, considerando que en todos los casos se tendrán cuencas cerradas. El vaso de almacenamiento podrá contar con pozos de absorción como una forma de aprovechar el agua pluvial, sin embargo, la experiencia de los pozos que se han construido en los últimos años, nos muestra un escaso mantenimiento que tiene como consecuencia la colmatación de los filtros de arena o de los pozos mismos, lo cual reduce o elimina completamente la capacidad de infiltración.

Por lo anterior, la propuesta de solución se dirige hacia almacenar la totalidad del agua que pudiera escurrir durante un año cuya precipitación total llegue a los 583 mm correspondiendo con el periodo de retorno de 100 años, el agua captada quedará a disposición para ser utilizada en riego de áreas verdes, en construcción o para infiltrarse, sin embargo es necesario considerar la opción más desfavorable en donde el agua simplemente desaparece por evaporación.

Las dimensiones de los vasos de captación deberán contar con la capacidad para almacenar el volumen total, para lo cual se considera también que el área de aportación será totalmente urbanizada, debiendo utilizar en el cálculo el porcentaje máximo de 58.12% calculado para un periodo de retorno de 100 años.

Otro criterio para dimensionar los vasos de almacenamiento de agua pluvial es la profundidad. Con el volumen obtenido del análisis hidrológico, se establece que la profundidad promedio de los vasos no debe superar los 3.50 m. Con el volumen y con la profundidad, obtenemos por lo tanto el área de inundación requerida para el proyecto de la estructura la cual resulta ser de un 7.00%. Se propone que este porcentaje sea constante, en caso de que el porcentaje de urbanización sea menor, entonces podrán reducirse las profundidades del vaso, sin variar el área asignada, a excepción de casos especiales en donde quede establecido que no se urbanizará a largo plazo.

El funcionamiento hidráulico del vaso está planteado en que esta estructura reciba el volumen escurrido proveniente de las lluvias, lo almacena en su totalidad para luego permitir la evaporación continua hasta la desaparición total del agua. Si los volúmenes almacenados pueden ser aprovechados o se presenta infiltración natural, el efecto de vaciado del vaso será más rápido, lo cual representa una ventaja adicional a la situación crítica original.

El vaso de captación puede contener en su interior áreas específicas para que las lluvias normales se concentren año con año e inclusive pueda en esa sección contener un lago constante alimentado con agua tratada. En esta propuesta se considera ofrecer una imagen urbana ecológica y estética, dando a la sociedad un medio armónico con el ambiente urbano.

Por otra parte, los almacenamientos de agua requieren de una franja de terreno circundante con varias propósitos entre los cuales se pueden mencionar:

- Zona de transición entre las vialidades y el área de almacenamiento de agua
- Protección a peatones y vehículos
- Tránsito de vehículos para mantenimiento
- Estacionamientos para monitoreo, vigilancia y operación de estructuras

- Construcción de edificios, estructuras y equipos de extracción de agua para usos diversos.

La franja de terreno circundante deberá ser de un mínimo de 5.00 m, debiendo ser mayor en los sitios donde se ubiquen instalaciones para, la operación, mantenimiento o aprovechamiento del agua almacenada.

El vaso de captación requiere también de estructuras de entrada de agua con características adecuadas para disipar la energía y retener los sólidos flotantes y de arrastre. Igualmente es necesario incluir en los proyectos ejecutivos la construcción de rampas de acceso para retiro del material producto de la limpieza de los mismos, los taludes del vaso deberán estar estabilizados y protegidos contra la erosión.

IV.2.5.- Análisis de infiltración en vasos de captación de agua pluvial

Aún cuando es recomendable que se cuente con estructuras de infiltración de agua, en este análisis, se está considerando que los vasos pluviales no cuentan con pozos de absorción diseñados para este propósito debido al alto costo de operación y mantenimiento de los mismos, y aun cuando existieran la situación más crítica es su nula operación por colmatación.

Por lo anterior, es factible contar con una cierta infiltración natural a través de la plantilla del vaso, situación que se analiza a continuación.

La infiltración hacia el subsuelo depende directamente de la permeabilidad del estrato en el cual se ubica la rasante de la plantilla del vaso de almacenamiento. Los valores de permeabilidad para diferentes tipos de suelo son los siguientes:

Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)	Tipo de suelo	Tipo de drenaje
1.00E+02	Gravas	Muy buen drenaje
1.00E+01		
1.00E+00		
1.00E-01		
1.00E-02		
1.00E-03	Arenas limpias	Buen drenaje
1.00E-04	Grava-arena con arcilla	
1.00E-05	Arenas muy finas	
1.00E-06	Limos y arenas limosas	Mal drenaje
1.00E-07		
1.00E-08	Limos arcillosos con mas de 20% de arcilla	
1.00E-09	Arcillas sin fisuras	Prácticamente impermeable

En la zona de estudio existen áreas, como es el caso de El Barreal, en donde se observan estratos con arcillas plásticas prácticamente impermeables, pero también se tienen áreas caracterizadas por la presencia de estratos de arena fina, propios de una zona desértica, tal es el caso de la cuenca ZIX "Cuencas Cerradas y ZX "Vertientes del Bravo" .

La infiltración de agua pluvial hacia los estratos inferiores se presentará en los vasos donde se encuentre arena, sin embargo, los materiales finos que provocan la turbiedad del agua, los sólidos en suspensión, grasas y aceites y demás materiales de arrastre presentes en los escurrimientos pluviales, se acumulan en la plantilla del vaso bien sea por la filtración propia del estrato natural permeable o por la sedimentación, formando una capa de materia fina formada principalmente por limos, arcilla, grasas, etc. Estas capas de sedimentos reducen drásticamente la velocidad de infiltración haciéndola prácticamente nula después de un tiempo de operación del vaso si a este no se le retira dichos sedimentos.

La capa de sedimentos puede ser representada como limos arcillosos cuya permeabilidad es del orden de 1 X 10^{-6} cm/seg, lo cual representa una velocidad de flujo hacia el subsuelo de .000864 m/dia, es decir menos de un milímetro por día.

Esta velocidad de flujo representa un volumen de .026 m3/mes/m2 ó 262 m3/mes/ha de vaso lo cual se puede tomar como no significativo comparado con la evaporación.

De lo anterior, se concluye que los sedimentos, en un corto tiempo, impermeabilizar la plantilla de los vasos de almacenamiento de agua de manera que sería necesario realizar trabajos de limpieza constantes para continuar con la infiltración o almacenar el agua y hacer que el efecto de la evaporación y el aprovechamiento directo del agua sean las principales causas del destino del agua.

IV.2.6.- Análisis del funcionamiento hidráulico en vasos captación de agua pluvial

El funcionamiento del vaso a lo largo del año se muestra en la siguiente tabla y graficas, que han sido analizadas para una superficie cualquiera pero los datos están dados para una hectárea (10,000 m2) de superficie totalmente urbanizada, con un vaso de controlo pluvial que ocupa una superficie de 700 m2 que representa el 7.00% del área a desarrollar.

El análisis se realizar para un periodo de 5 años, en los dos primeros se considera una precipitación media anual de 225.3 mm (TR = 2 años), el tercer año se tiene la tormenta cuyo periodo de retorno es de 100 años, es decir que la totalidad de la lluvia llega a 583 mm durante el año y los dos últimos años nuevamente tenemos la precipitación media anual. En este funcionamiento se asume que la infiltración en el vaso es prácticamente nula

AÑO	MES	PRECIP MEDIA (MM)	% DE ESCURRIM (%)	VOLUMEN ESCURRIDO (M3/HA)	VOL.UMEN EVAPORADO EN EL VASO (M3)	VOLUMEN ALMACENADO EN EL VASO (M3)	TIRANTE DE AGUA EN EL VASO (M)
AÑO 1 PPTN = 255 MM	ENE	13.60	30.11%	40.95	44.58	0.00	0.00
	FEB	11.80	28.45%	33.57	73.54	0.00	0.00
	MAR	7.30	17.68%	12.90	127.16	0.00	0.00
	ABR	5.40	13.08%	7.06	181.40	0.00	0.00
	MAY	10.10	24.46%	24.70	230.66	0.00	0.00
	JUN	16.20	32.45%	52.57	235.19	0.00	0.00
	JUL	53.90	54.70%	294.82	212.01	82.81	0.12

	AGO	50.70	52.21%	264.69	150.49	197.01	0.28
	SEP	39.00	51.87%	202.30	126.40	272.91	0.39
	OCT	20.70	36.39%	75.33	84.68	263.56	0.38
	NOV	12.80	29.39%	37.62	73.19	227.99	0.33
	DIC	17.80	33.89%	60.32	39.64	248.67	0.36
AÑO 1 PPTN = 255 MM	ENE	13.60	30.11%	40.95	44.58	245.03	0.35
	FEB	11.80	28.45%	33.57	73.54	205.06	0.29
	MAR	7.30	17.68%	12.90	127.16	90.80	0.13
	ABR	5.40	13.08%	7.06	181.40	0.00	0.00
	MAY	10.10	24.46%	24.70	230.66	0.00	0.00
	JUN	16.20	32.45%	52.57	235.19	0.00	0.00
	JUL	53.90	54.70%	294.82	212.01	82.81	0.12
	AGO	50.70	52.21%	264.69	150.49	197.01	0.28
	SEP	39.00	51.87%	202.30	126.40	272.91	0.39
	OCT	20.70	36.39%	75.33	84.68	263.56	0.38
	NOV	12.80	29.39%	37.62	73.19	227.99	0.33
	DIC	17.80	33.89%	60.32	39.64	248.67	0.36
LLUVIA TR = 100 AÑOS = 583 MM	ENE	0.00	0.00%	0.00	44.58	204.08	0.29
	FEB	21.53	37.10%	79.87	73.54	210.41	0.30
	MAR	0.00	0.00%	0.00	127.16	83.25	0.12
	ABR	2.53	6.13%	1.55	181.40	0.00	0.00
	MAY	12.41	29.05%	36.05	230.66	0.00	0.00
	JUN	12.03	28.70%	34.54	235.19	0.00	0.00
	JUL	150.72	57.82%	871.47	212.01	659.46	0.94
	AGO	210.25	57.82%	1215.66	150.49	1724.63	2.46
	SEP	141.86	57.82%	820.21	126.40	2418.44	3.45
	OCT	29.13	43.52%	126.79	84.68	2460.55	3.52
	NOV	0.00	0.00%	0.00	73.19	2387.36	3.41
	DIC	2.53	6.13%	1.55	39.64	2349.27	3.36
AÑO 1 PPTN = 255 MM	ENE	13.60	30.11%	40.95	44.58	2345.63	3.35
	FEB	11.80	28.45%	33.57	73.54	2305.66	3.29
	MAR	7.30	17.68%	12.90	127.16	2191.40	3.13
	ABR	5.40	13.08%	7.06	181.40	2017.06	2.88
	MAY	10.10	24.46%	24.70	230.66	1811.10	2.59
	JUN	16.20	32.45%	52.57	235.19	1628.48	2.33
	JUL	53.90	54.70%	294.82	212.01	1711.29	2.44
	AGO	50.70	52.21%	264.69	150.49	1825.49	2.61
	SEP	39.00	51.87%	202.30	126.40	1901.39	2.72
	OCT	20.70	36.39%	75.33	84.68	1892.04	2.70
	NOV	12.80	29.39%	37.62	73.19	1856.47	2.65
	DIC	17.80	33.89%	60.32	39.64	1877.15	2.68

AÑO 1 PPTN = 255 MM	ENE	13.60	30.11%	40.95	44.58	1873.52	2.68
	FEB	11.80	28.45%	33.57	73.54	1833.54	2.62
	MAR	7.30	17.68%	12.90	127.16	1719.28	2.46
	ABR	5.40	13.08%	7.06	181.40	1544.94	2.21
	MAY	10.10	24.46%	24.70	230.66	1338.98	1.91
	JUN	16.20	32.45%	52.57	235.19	1156.36	1.65
	JUL	53.90	54.70%	294.82	212.01	1239.18	1.77
	AGO	50.70	52.21%	264.69	150.49	1353.37	1.93
	SEP	39.00	51.87%	202.30	126.40	1429.27	2.04
	OCT	20.70	36.39%	75.33	84.68	1419.92	2.03
	NOV	12.80	29.39%	37.62	73.19	1384.35	1.98
	DIC	17.80	33.89%	60.32	39.64	1405.03	2.01

Las siguientes graficas muestran el efecto que se produce.

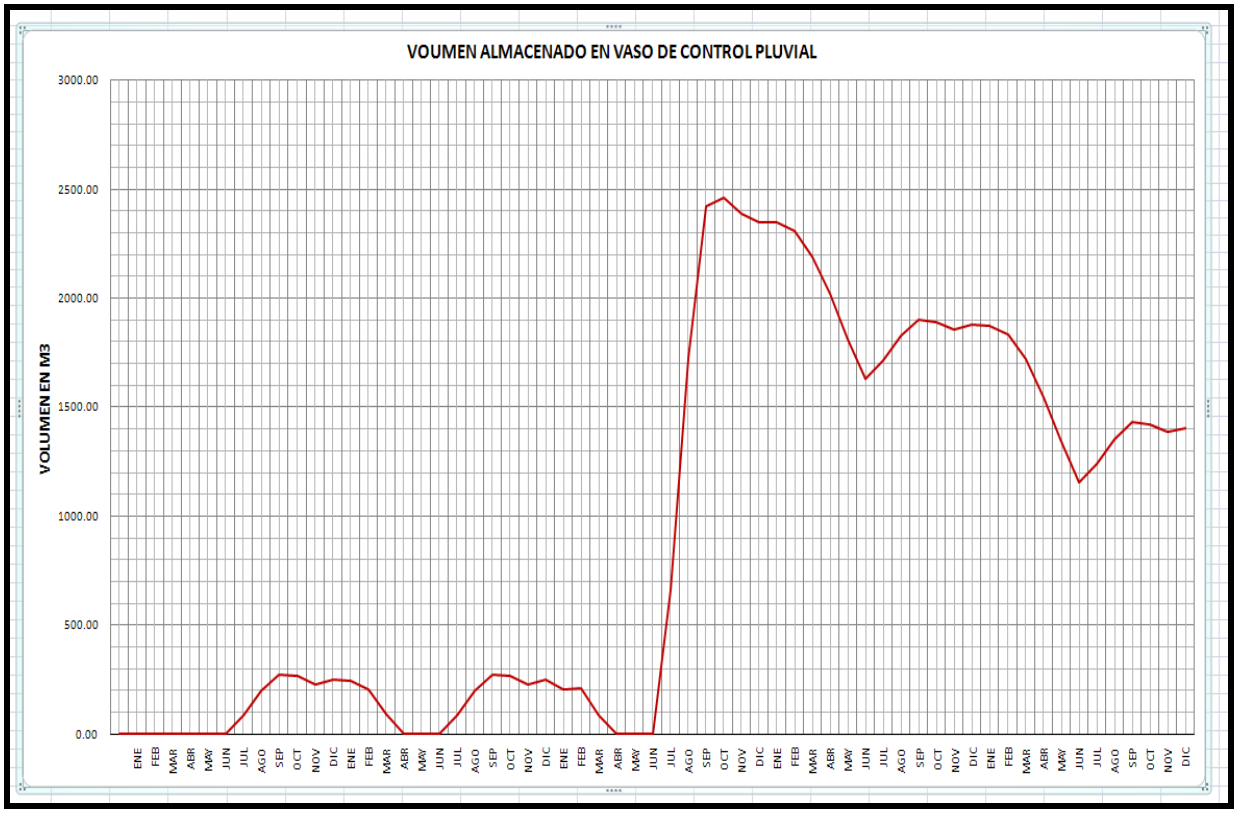


Figura 11.- Volumen de agua almacenada en vasos de captación de agua pluvial

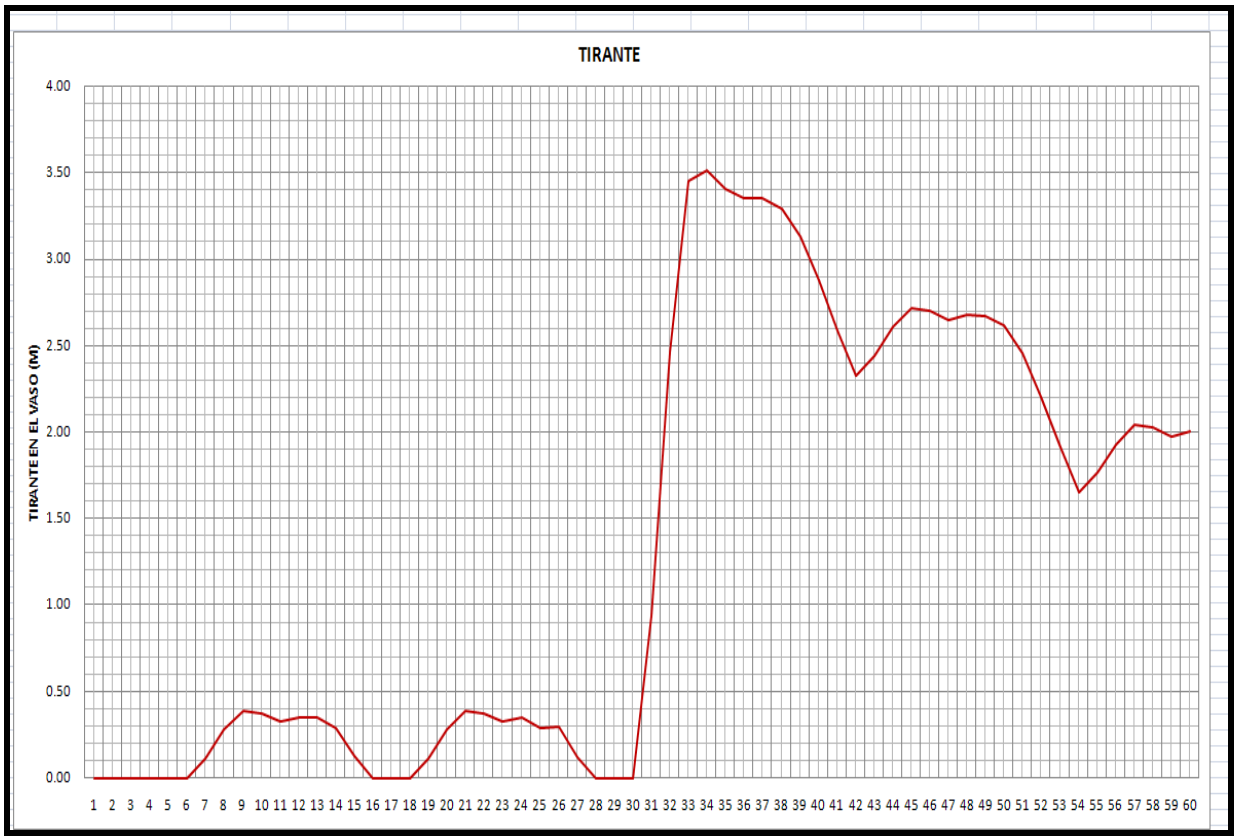


Figura 12.-Tirantes de agua en vasos de captación de agua pluvial

Las graficas anteriores muestran que en lluvias normales el tirante promedio en el vaso es apenas de unos 40 cm y se evapora desapareciendo alrededor del mes de abril, la llegada de una tormenta con TR=100 hace que el volumen ocupe prácticamente la totalidad de la capacidad prevista llegando el tirante medio a 3.56 m, que es la profundidad promedio del vaso, logrando así captar la totalidad del agua escurrida. El agua almacenada por efecto de esta gran lluvia, empieza a reducirse paulatinamente por la evaporación, bajando cada año alrededor de 1.0 M hasta estabilizarse nuevamente en volumen cero en unos tres años. Por supuesto que si existe infiltración o extracción de agua del vaso, el vaciado es más rápido.

IV.2.7.- Conclusiones del análisis hidrológico

En base a los resultados del análisis hidrológico, se establecen como criterios de control y manejo pluvial, para la zona sur de ciudad Juárez lo siguiente:

1.- Control total para el volumen escurrido durante una temporada de lluvia anual con periodo de retorno de 100 años representada por una precipitación acumulada de 583.00 mm/año

2.- El volumen escurrido de agua pluvial (TR=100) para una zona totalmente urbanizada es de 3,388 m3 por ha por año.

3.- Construir vasos de captación de agua pluvial para captar el 100% del volumen escurrido, debiendo contar con una capacidad de almacenamiento calculada en 2,460 m3 por cada hectárea de superficie de la cuenca de aportación al mismo.

4.- Los vasos de captación contarán con áreas de protección circundantes, estructuras de control de flujo y de mantenimiento.

5.- De la superficie a desarrollar, se destinará un 7% para control pluvial.

6.- La ubicación y forma de los vasos estará sujeta a los Planes Parciales de los predios a desarrollar.

7.- Los proyectos de encauzamiento de agua pluvial deberán diseñarse con el gasto máximo esperado para una tormenta con periodo de retorno de 100 años y considerar un bordo libre para el gasto máximo esperado para un periodo de retorno de 500 años

V.- ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL Y MANEJO DE AGUA PLUVIAL

V.1.-CRITERIOS GENERALES

Los criterios para el control y manejo de los escurrimientos pluviales para ciudad Juárez, donde se incluyó la Zona VIII.- “El Barreal” fueron definidos por el Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial (PSMAP), el cual establece los lineamientos generales normativos en la materia y cada uno de los planes parciales define los criterios específicos aplicables a sus propias superficies, constituyendo estos instrumentos de planeación, el marco de actuación aplicable para la autoridad en materia de desarrollo urbano y de observancia obligada para los promotores del desarrollo urbano.

Las condiciones actuales del desarrollo urbano en la zona, han sido ampliamente analizadas y discutidas en los Planes Parciales mencionados, sin embargo, los eventos climatológicos que se presentaron en los últimos años han mostrado que aun cuando la mayoría de los proyectos de las obras propuestas dentro de los fraccionamientos para la captación, conducción y disposición de agua pluvial, tienen las características y capacidad adecuadas, no se realizó el mantenimiento requerido y no se construyeron las obras de retención de agua necesarias para el control total de los escurrimientos pluviales, originando inundaciones en áreas habitacionales ubicadas en las partes más bajas de la cuenca de El Barreal.

Por lo anterior, es necesario establecer nuevos lineamientos técnicos que permitan el control total de los escurrimientos pluviales en la zona y en cualquier otra zona de crecimiento, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Hidrológicamente el área está constituida por cuencas cerradas cuyos parteaguas están definidos por la topografía natural o por vialidades.

- Evitar los riesgos por inundación mediante el control total de los escurrimientos de agua provenientes de la lluvia

- El área de estudio será totalmente urbanizada modificando el tipo de superficie que incrementa significativamente los volúmenes excedentes de la precipitación pluvial.

- Almacenar y aprovechar el agua pluvial captada para riego de áreas verdes, recarga al acuífero o en cualquier otro uso que acepte la calidad del agua pluvial

El planteamiento técnico de solución para el manejo del agua pluvial en el área de estudio puede ser factible, solo si se observan y se siguen las estrategias de manejo y la construcción de la infraestructura pluvial requerida, fundamentando dicho razonamiento, en el análisis de los procesos urbanos desarrollados hasta la fecha y las condiciones actuales que presenta la zona.

El presente trabajo se fundamenta en estudios hidrológicos realizados en donde se incluye el análisis estadístico de la precipitación para varios periodos de retorno, condiciones actuales de uso del suelo, características topográficas de la zona, planeación del crecimiento urbano a largo plazo, características estratigráficas del subsuelo, tenencia de la tierra y cálculo de volúmenes de agua escurrida para superficies con diferentes niveles de urbanización.

Las propuestas de solución que se presenta para la zona de estudio permite definir las acciones y criterios técnicos del control y manejo del agua pluvial, los cuales serán observados por quien(es) lleve(n) a cabo cualquier acción urbana previa autorización de la administración municipal quien finalmente será quien supervise y reciba las obras proyectadas.

Se deberá promover el desarrollo urbano de acuerdo con los instrumentos de planeación vigentes, tales como el Plan Director, Planes Sectoriales y Planes Parciales, por lo que la normatividad enunciada en cada uno de estos instrumentos, deberá ser observada obligatoriamente.

La característica fundamental de la zona de estudio es su constitución hidrológica como una serie de cuencas cerradas. Estas cuencas están en proceso de urbanización lo cual modifica el tipo de superficie de natural a la mezcla de suelos pavimentados, construcciones, áreas verdes, etc. que en suma incrementan el volumen de agua excedente de la lluvia convirtiéndose en escurrimientos pluviales que se concentran en las áreas de menor elevación topográfica.

Conscientes de lo anterior, el proceso de urbanización debe contemplar como acción primaria, el control de los escurrimientos y el manejo de los volúmenes de agua pluvial y dada sus características de cuencas cerradas, es necesario planear la forma, dirección y capacidad de las estructuras de conducción así como dimensionar las áreas que recibirán estos flujos, la capacidad de almacenamiento necesaria, las obras para el manejo de materia flotante, azolves, sólidos suspendidos y cualquier otro elemento que ingrese a los sitios de concentración de agua como podrían ser residuos contaminantes o de alto riesgo.

En este proceso de planeación, es necesario también incluir programas formales de una continua operación, mantenimiento y administración de las estructuras, siendo necesario para ello destinar recursos suficientes y por tiempo indefinido para estas actividades.

La planeación para el control y manejo de agua pluvial en la Zona Sur de ciudad Juárez, se atenderá en tres áreas principales de desarrollo:

1.- Para las áreas con desarrollos urbanos existentes

2.- Para áreas destinadas a nuevos desarrollos urbanos.

3.- Área de control de agua pluvial Barreal Poniente

V.1.1.- Áreas con desarrollos urbanos existentes.

Las acciones que en este apartado se establecen son aplicables a todos aquellos desarrollos urbanos que se ubican dentro de los polígonos delimitados por

los Planes Parciales El Barreal Y Oriente San Isidro, Oriente XXI primera Etapa y La Sub-cuenca que se ubica al Norte de la Av. Talamas Camandari dentro del plan parcial de la Zona Sur.

Las acciones y obras necesarias para estas áreas son los siguientes:

1.- Evitar que los escurrimientos del arroyo "El Jarudo" lleguen a la zona de El Barreal-. Esto implica la elaboración de los proyectos ejecutivos y las obras de los Diques Jarudo y Pemex I, así como la canalización de 5.5 km de cauce de este arroyo.

2.- Diagnóstico de las condiciones físicas y de operación de estructuras pluviales.- Los fraccionamientos existentes ubicados en las cuencas cerradas de la zona sur requieren de recuperar los espacios y obras que reciben y controlan los escurrimientos pluviales, para lo cual es necesario, como primer paso llevar a cabo un censo de todas las estructuras pluviales y elaborar un diagnóstico en donde se indique si la capacidad, características físicas, dimensiones y condiciones de operación.

En este trabajo, deberá incluirse el proyecto de rehabilitación, reconstrucción o ampliación de las obras que así lo requieran y definir los trabajos de operación y mantenimiento que deberán darse para conservar la capacidad necesaria para recibir, almacenar y disponer de los volúmenes de agua que se generan en la micro-cuenca. En este trabajo deberá incluirse la revisión de las micro-cuencas hidrológicas que afectan a cada uno de los vasos de captación y manejo de a gua pluvial y el cálculo de los gastos máximos y volúmenes esperados para tormentas de 24 horas con periodo de retorno de 100 años.

3.- Rehabilitación o reconstrucción de estructuras pluviales.- Los trabajos descritos en el punto anterior deberán arrojar las acciones y obras que deberán realizarse en cada uno de los fraccionamientos y en cada una de las estructuras pluviales que se encuentran en operación.

Los vasos de captación, pozos de absorción, obras de conducción o cualquier otro elemento existente para el manejo del agua pluvial, debe contar con la capacidad

de gasto y control del volumen de agua pluvial permanentemente, esto implica un dimensionamiento adecuado, eficiencia en el funcionamiento hidráulico y un programa de mantenimiento permanente.

4.- Control y manejo de agua pluvial para nuevos desarrollos urbanos. El agua pluvial generada en cada micro-cuenca será captada y conducida a un vaso de almacenamiento cuya superficie total tendrá al menos el 7.00 % del área total de la micro-cuenca. La capacidad total de almacenamiento será calculada mediante un estudio hidrológico en el cual se contemple la acumulación de agua de un año, debiendo realizar un balance entre los volúmenes que entran al vaso por efecto de los escurrimientos pluviales, los volúmenes de agua que salen por evaporación o por cualquier otro sistema que se pueda considerar permanente.

La superficie destinada al control de agua pluvial, en ningún caso será menor al 7.00%, dentro del cual se elaborarán los proyectos ejecutivos con las dimensiones y características especificas para cada caso.

5.- Características de las estructuras de captación y conducción de agua pluvial. Las áreas destinadas al control pluvial deberán contar con proyectos ejecutivos de las estructuras pluviales, siguiendo los criterios de diseño que en este documento se establecen.

Estos proyectos serán revisados y en su caso autorizados por la autoridad municipal y una vez aprobados podrán ser construidos y entregados a la autoridad municipal en condiciones de operación indicadas en el proyecto. El municipio por su parte supervisará la construcción y recibirá las obras terminadas, pasando a ser propiedad Municipal a través y a partir de un acta de Entrega – Recepción firmada entre el desarrollador que entrega y el Municipio que recibe.

La captación y conducción de agua pluvial puede realizarse a través de la superficie de las vialidades permitiendo tirantes de agua en las mismas hasta de 14 cm, debiendo construir sistemas de encauzamiento para los gastos máximos que generen tirantes mayores.

Los gastos de diseño deben ser obtenidos mediante un estudio hidrológico en el cual se calculen los gastos pico para diferentes periodos de retorno, debiendo seleccionar el correspondiente a 100 años para se aplicado a los proyectos de captación y conducción de agua pluvial.

Para los gastos máximos que superen la capacidad de las vialidades deben ser captados por bocas de tormenta o estructuras especificas para este propósito y la conducción hacia los vasos de almacenamiento pueden ser mediante canales revestidos o de tierra debiendo siempre cumplir con la normatividad de la Comisión Nacional del Agua en materia de obras hidráulicas.

6.- Características de las estructuras de almacenamiento de agua pluvial. El cálculo de los volúmenes de agua que ingresan al vaso serán calculados para un año cuyas lluvias acumuladas correspondan con un periodo de 100 años, debiendo presentar el funcionamiento hidráulico del vaso a lo largo de todo el año, considerando la secuencia de posibles tormentas durante la época de lluvias, los coeficientes de escurrimiento, los volúmenes de salida y cualquier otro elemento que pudiera afectar a la capacidad o al volumen esperado, tal como acumulación de azolves, volúmenes acumulados previamente, reducción de la extracción o infiltración entre otros.

Para fines de diseño inicial, los volúmenes generados en una micro-cuenca pueden ser calculados de acuerdo a la siguiente tabla:

AREA URBANIZADA (%)	**VOLUMEN MAXIMO ACUMULADO EN EL VASO (M3/HA)**
0%	722.00
10%	895.80
20%	1,069.60
30%	1,243.40
40%	1,417.20
50%	1,591.00
60%	1,764.80
70%	1,938.60
80%	2,112.40
90%	2,286.20
100%	2,460.00

Los vasos de captación deberán contar con los siguientes elementos estructurales:

- Obra de captación de agua pluvial.- Consiste en la estructura que permite el ingreso de agua al vaso. Su dimensión debe ser adecuada para permitir el libre flujo del gasto máximo calculado en las obras de conducción considerando un periodo de retorno de 100 años y deberá contar con el revestimiento necesario para evitar la erosión en los taludes del vaso

- Obra de retención de disipación de energía y retención azolves.- En cada sitio de entrada de agua al vaso de almacenamiento, se construirá una estructura que provoque la reducción de la velocidad del agua y simultáneamente retenga los sólidos flotantes o de arrastre, debiendo contar con las dimensiones necesarias para la acumulación de los mismos y con rampas o elementos adecuados para el retiro de esos materiales y limpieza de la estructura en su conjunto.

- Protección de taludes.- Los taludes del vaso deben estar protegidos contra la erosión o deslizamiento de materiales superficiales. La protección puede realizarse mediante cualquier tipo de revestimiento o vegetación menor. En uno de los taludes deberá construirse una rampa de acceso a la plantilla del vaso que servirá para la entrada de vehículos y personal dedicado al mantenimiento de toda la estructura pluvial.

- Área circundante de transición.- Alrededor del vaso de captación deberá existir una franja de al menos 5.00 m de ancho cuya función es la transición entre vialidades y banquetas y el almacenamiento de agua, siendo también una zona de protección y de maniobras para el mantenimiento del vaso. Esta área circundante debe permanecer libre de edificaciones altas y fijas pudiendo instalarse en ella áreas verdes, estacionamientos o andadores peatonales.

- Plantilla del vaso.- Deberá ser terreno natural dejado por la excavación con una pendiente mínima de 0.004 en una sola dirección. La parte mas baja del vaso deberá contar con una zona de acumulación de azolves y deberá contar con elementos adecuados para permitir el acceso de vehículos y personal de mantenimiento.

- Estructuras de extracción de agua. El vaso podrá contar con estructuras que permita la instalación de equipo de bombeo para la extracción y aprovechamiento del agua almacenada proveniente de la lluvia. Esta agua puede ser utilizada para riego de áreas verdes, construcción o cualquier otro uso adecuado a la calidad del agua acumulada en el vaso.

- Estructuras de infiltración de agua.- Dentro del vaso o en sitios cercanos al mismo, podrán ser construidos estructuras de absorción los cuales deberán contar con un sistema previo de filtración de agua para retención de sólidos en suspensión. Se debe contar con un diseño adecuado para permitir la operación y limpieza tanto del filtro como de la estructura de infiltración

7.- Administración, operación y mantenimiento, de estructuras pluviales. Los desarrollos urbanos como fraccionamientos habitacionales, parques industriales o comerciales donde existen vasos de captación y/o pozos de absorción deben establecer un programa permanente de operación y mantenimiento integral en donde debe ser incluido el retiro del material depositado por los escurrimientos de agua y del sedimento que acumula en las estructuras pluviales y la limpieza necesaria para que dichas estructuras se encuentran en condiciones de operar eficientemente al recibir los flujos de agua provenientes de la lluvia.

La limpieza de estructuras pluviales ubicadas en el interior de predios industriales, comerciales y privados deben ser a cargo de los propietarios y operarios de las instalaciones y las estructuras que reciben los escurrimientos de zonas habitacionales estarán a cargo de la administración municipal a partir de la firma del acta de entrega recepción entre municipio y desarrollador, siendo esta última responsable de las condiciones físicas, de la seguridad y del mantenimiento hasta la fecha de la firma antes mencionada.

8.- Area de aplicación.- Los criterios técnicos descritos en este apartado son aplicables a la superficie mostrada en la figura 13 que incluye las siguientes subcuencas hidrológicas:

CUENCA	SUBCUENCA	AREA (HAS)
ZONA VIII.- EL BARREAL	BARREAL NORTE	1,376.70
	BARREAL CENTRO	2,239.40
ZONA IX.- CUENCAS CERRADAS	ORIENTE SAN ISIDRO	1,138.00
	ORIENTE XXI-1er ETAPA	1,423.30
	ÁREA TOTAL	**6,177.40**

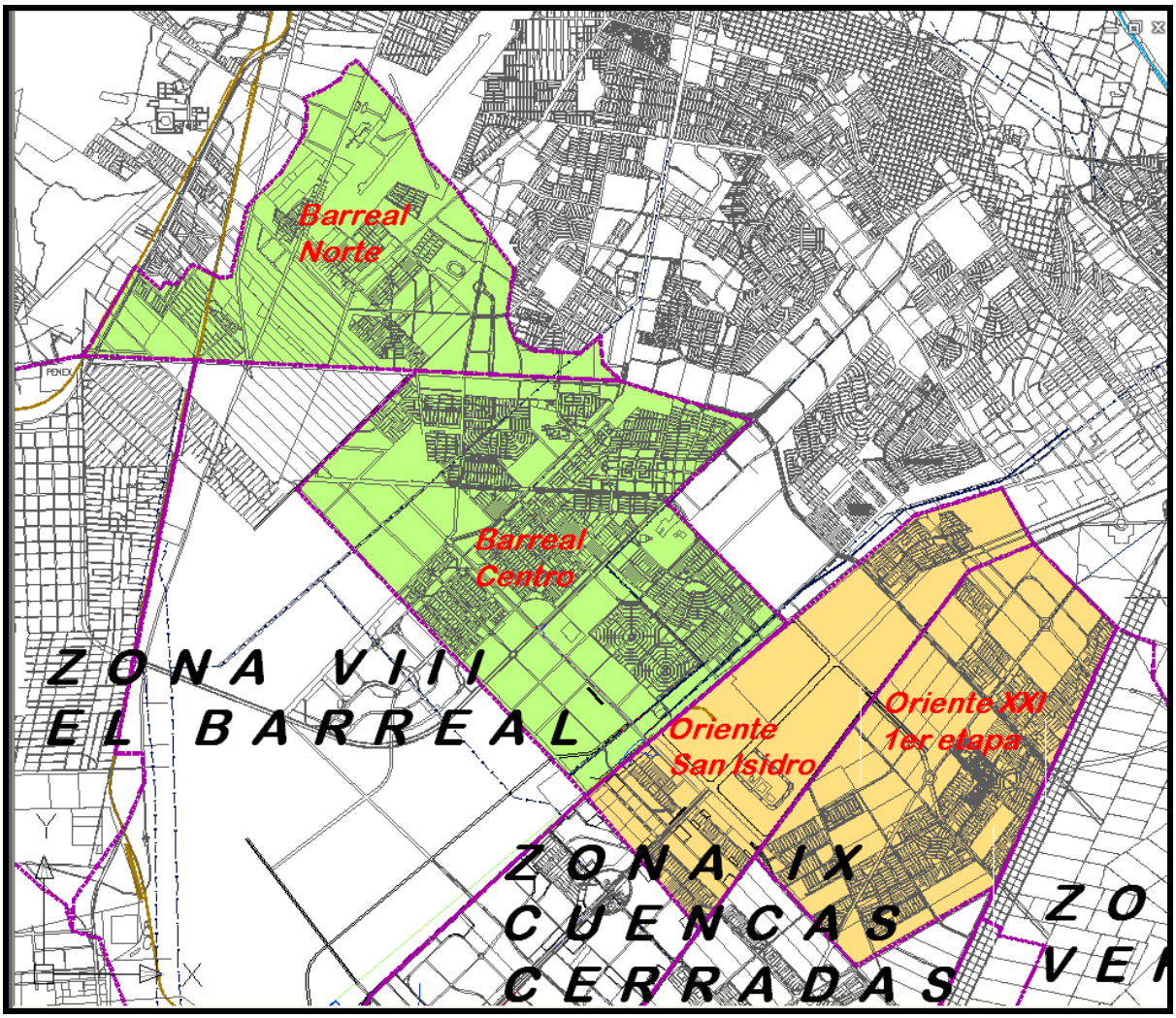


Figura 13.- Área de aplicación de acciones y criterios técnicos para zonas parcialmente desarrolladas

V.1.2.- Áreas destinadas a nuevos desarrollos urbanos.

Las propuestas que se presentan son aplicables a todos los nuevos desarrollos urbanos que se ubicarán en las Zonas “R” y “E”, que representan áreas habitacionales y de protección ecológicas respectivamente.

Aun cuando se cuenta con Planes Parciales como es el caso de Oriente XXI segunda etapa, ciudad de Conocimiento (En proceso de elaboración) y San Isidro-Zaragoza (En proceso de revisión), estas zonas están prácticamente deshabitadas siendo aplicables los criterios y normas que a continuación se describen con las cuales se garantizará la captación, control y manejo de la totalidad del agua pluvial para lluvias anuales con periodos de retorno de 100 años.

Los criterios de solución para las áreas antes descritas son los siguientes:

1.- Definición de micro-cuencas hidrológicas.- Hidrológicamente la Zona de estudio es un conjunto de cuencas cerradas. Estas a su vez son subdivididas por parteaguas naturales o artificiales definidas por vialidades o límites de propiedades.

Las micro-cuencas han sido delimitadas para el control y manejo integral del agua pluvial que toma en cuenta la topografía natural del terreno, los límites de propiedades y el trazo de vialidades de proyecto. Cada micro-cuenca ha sido numerada de acuerdo al esquema general de manejo establecida en el Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial tomando como base las tres Zonas incluidas en este Documento: Zona VIII “El Barreal”, Zona IX “Cuencas Cerradas y Zona X “Vertientes del Bravo, asignando un numero consecutivo a cada micro-cuenca quedando identificado el área total de la misma y la superficie que deberá destinarse para la captación, almacenamiento y manejo de agua pluvial.

2.- Áreas destinadas al control y manejo de agua pluvial para nuevos desarrollos urbanos. El agua pluvial generada en cada micro-cuenca será captada y conducida a un vaso de almacenamiento cuya superficie total tendrá al menos el 7.00 % del área total de la micro-cuenca. La capacidad total de almacenamiento será

calculada mediante un estudio hidrológico en el cual se contemple la acumulación de agua de un año, debiendo realizar un balance entre los volúmenes que entran al vaso por efecto de los escurrimientos pluviales, los volúmenes de agua que salen por evaporación o por cualquier otro sistema que se pueda considerar permanente.

La superficie destinada al control de agua pluvial, en ningún caso será menor al 7.00%, dentro del cual se elaborarán los proyectos ejecutivos con las dimensiones y características especificas para cada caso.

3.- Definir en los Planes Parciales las áreas que serán destinadas para el control de agua pluvial. El desarrollo urbano se realiza mediante la elaboración previa de Planes Parciales que incluyen vialidades, usos del suelo, criterios de desarrollo, infraestructura, etc.

Para lograr el adecuado control de los escurrimientos pluviales, los Planes Parciales deberán incluir la definición precisa de las micro-cuencas hidrológicas, cada micro-cuenca, debe ser dotada de una superficie mínima de 7.00 % de la superficie total de la misma que debe ser ubicada en las partes topográficamente más bajas de acuerdo a los planos del documento técnico que sustenta estos lineamientos, pudiendo ser ajustada en su forma mas no en su superficie con datos constructivos del polígono correspondiente. La planeación de las vialidades deben considerar las pendientes y trazos necesarios para que la totalidad del agua de la micro-cuenca llegue al área destinada al almacenamiento de agua pluvial.

Una vez aprobado el Plan Parcial, la superficie asignada para el control de agua pluvial será declarada zona de reserva cuyo uso se establece para este propósito exclusivamente y será propiedad Municipal.

4.- Características de las estructuras de captación y conducción de agua pluvial. Las áreas destinadas al control pluvial deberán contar con proyectos

ejecutivos de las estructuras pluviales, siguiendo los criterios de diseño que en este documento se establecen.

Estos proyectos serán revisados y en su caso autorizados por la autoridad municipal y una vez aprobados podrán ser construidos y entregados a la autoridad municipal en condiciones de operación indicadas en el proyecto. El municipio por su parte supervisará la construcción y recibirá las obras terminadas, pasando a ser propiedad Municipal a través y a partir de un acta de Entrega – Recepción firmada entre el desarrollador que entrega y el Municipio que recibe.

La captación y conducción de agua pluvial puede realizarse a través de la superficie de las vialidades permitiendo tirantes de agua en las mismas hasta de 14 cm, debiendo construir sistemas de encauzamiento para los gastos máximos que generen tirantes mayores.

Los gastos de diseño deben ser obtenidos mediante un estudio hidrológico en el cual se calculen los gastos pico para diferentes periodos de retorno, debiendo seleccionar el correspondiente a 100 años para ser aplicado a los proyectos de captación y conducción de agua pluvial.

Para los gastos máximos que superen la capacidad de las vialidades deben ser captados por bocas de tormenta o estructuras especificas para este propósito y la conducción hacia los vasos de almacenamiento pueden ser mediante canales revestidos o de tierra debiendo siempre cumplir con la normatividad de la Comisión Nacional del Agua en materia de obras hidráulicas.

5.- Características de las estructuras de almacenamiento de agua pluvial. El cálculo de los volúmenes de agua que ingresan al vaso serán calculados para un año cuyas lluvias acumuladas correspondan con un periodo de 100 años, debiendo presentar el funcionamiento hidráulico del vaso a lo largo de todo el año, considerando la secuencia de posibles tormentas durante la época de lluvias, los coeficientes de escurrimiento, los volúmenes de salida y cualquier otro elemento que pudiera afectar a la capacidad o al volumen esperado, tal como acumulación de azolves, volúmenes acumulados previamente, reducción de la extracción o infiltración entre otros.

Para fines de diseño inicial, los volúmenes generados en una micro-cuenca pueden ser calculados de acuerdo a la siguiente tabla:

AREA URBANIZADA (%)	VOLUMEN ESCURRIDO (M3/HA)
0%	722.00
10%	895.80
20%	1,069.60
30%	1,243.40
40%	1,417.20
50%	1,591.00
60%	1,764.80
70%	1,938.60
80%	2,112.40
90%	2,286.20
100%	2,460.00

Los vasos de captación deberán contar con los siguientes elementos estructurales:

- Obra de captación de agua pluvial.- Consiste en la estructura que permite el ingreso de agua al vaso. Su dimensión debe ser adecuada para permitir el libre flujo del gasto máximo calculado en las obras de conducción considerando un periodo de retorno de 100 años y deberá contar con el revestimiento necesario para evitar la erosión en los taludes del vaso

- Obra de retención de disipación de energía y retención azolves.- En cada sitio de entrada de agua al vaso de almacenamiento, se construirá una estructura que provoque la reducción de la velocidad del agua y simultáneamente retenga los sólidos flotantes o de arrastre, debiendo contar con las dimensiones necesarias para la acumulación de los mismos y con rampas o elementos adecuados para el retiro de esos materiales y limpieza de la estructura en su conjunto.

- Protección de taludes.- Los taludes del vaso deben estar protegidos contra la erosión o deslizamiento de materiales superficiales. La protección puede realizarse mediante cualquier tipo de revestimiento o vegetación menor. En

uno de los taludes deberá construirse una rampa de acceso a la plantilla del vaso que servirá para la entrada de vehículos y personal dedicado al mantenimiento de toda la estructura pluvial.

- Área circundante de transición.- Alrededor del vaso de captación deberá existir una franja de al menos 5.00 m de ancho cuya función es la transición entre vialidades y banquetas y el almacenamiento de agua, siendo también una zona de protección y de maniobras para el mantenimiento del vaso. Esta área circundante debe permanecer libre de edificaciones altas y fijas pudiendo instalarse en ella áreas verdes, estacionamientos o andadores peatonales.

- Plantilla del vaso.- Deberá ser terreno natural dejado por la excavación con una pendiente mínima de 0.004 en una sola dirección. La parte mas baja del vaso deberá contar con una zona de acumulación de azolves y deberá contar con elementos adecuados para permitir el acceso de vehículos y personal de mantenimiento.

- Estructuras de extracción de agua. El vaso podrá contar con estructuras que permita la instalación de equipo de bombeo para la extracción y aprovechamiento del agua almacenada proveniente de la lluvia. Esta agua puede ser utilizada para riego de áreas verdes, construcción o cualquier otro uso adecuado a la calidad del agua acumulada en el vaso.

- Estructuras de infiltración de agua.- Dentro del vaso o en sitios cercanos al mismo, podrán ser construidos estructuras de absorción los cuales deberán contar con un sistema previo de filtración de agua para retención de sólidos en suspensión. Se debe contar con un diseño adecuado para permitir la operación y limpieza tanto del filtro como de la estructura de infiltración

- *6.- Administración, operación y mantenimiento, de estructuras pluviales.* Los desarrollos urbanos como fraccionamientos, parques industriales o comerciales donde existen vasos de captación y/o pozos de absorción deben establecer un programa permanente de operación y mantenimiento

integral en donde debe ser incluido el retiro del material depositado por los escurrimientos de agua y del sedimento que acumula en las estructuras pluviales y la limpieza necesaria para que dichas estructuras se encuentran en condiciones de operar eficientemente al recibir los flujos de agua provenientes de la lluvia.

- La limpieza de estructuras pluviales ubicadas en el interior de predios industriales, comerciales y privados deben ser a cargo de los propietarios y operarios de las instalaciones y las estructuras que reciben los escurrimientos de zonas habitacionales estarán a cargo de la administración municipal a partir de la firma del acta de entrega recepción entre municipio y desarrollador, siendo esta última responsable de las condiciones físicas, de la seguridad y del mantenimiento hasta la fecha de la firma antes mencionada.

- *8.- Area de aplicación.-* Los criterios técnicos descritos en este apartado son aplicables a la superficie mostrada en la figura 14 que incluye las siguientes subcuencas hidrológicas:

CUENCA	SUBCUENCA	AREA (HAS)
ZONA VIII.- EL BARREAL	BARREAL SUR	4,163.30
ZONA IX.- CUENCAS CERRADAS	SAN ISIDRO	1,518.80
	CD. DEL CONOCIMIENTO	2,570.60
	ORIENTE XXI-2da ETAPA	2,437.20
	PRESIDIO	2,418.35
VERTIENTES DEL BRAVO	VERTIENTES DEL BRAVO	2,743.80
	ÁREA TOTAL	**15,852.05**

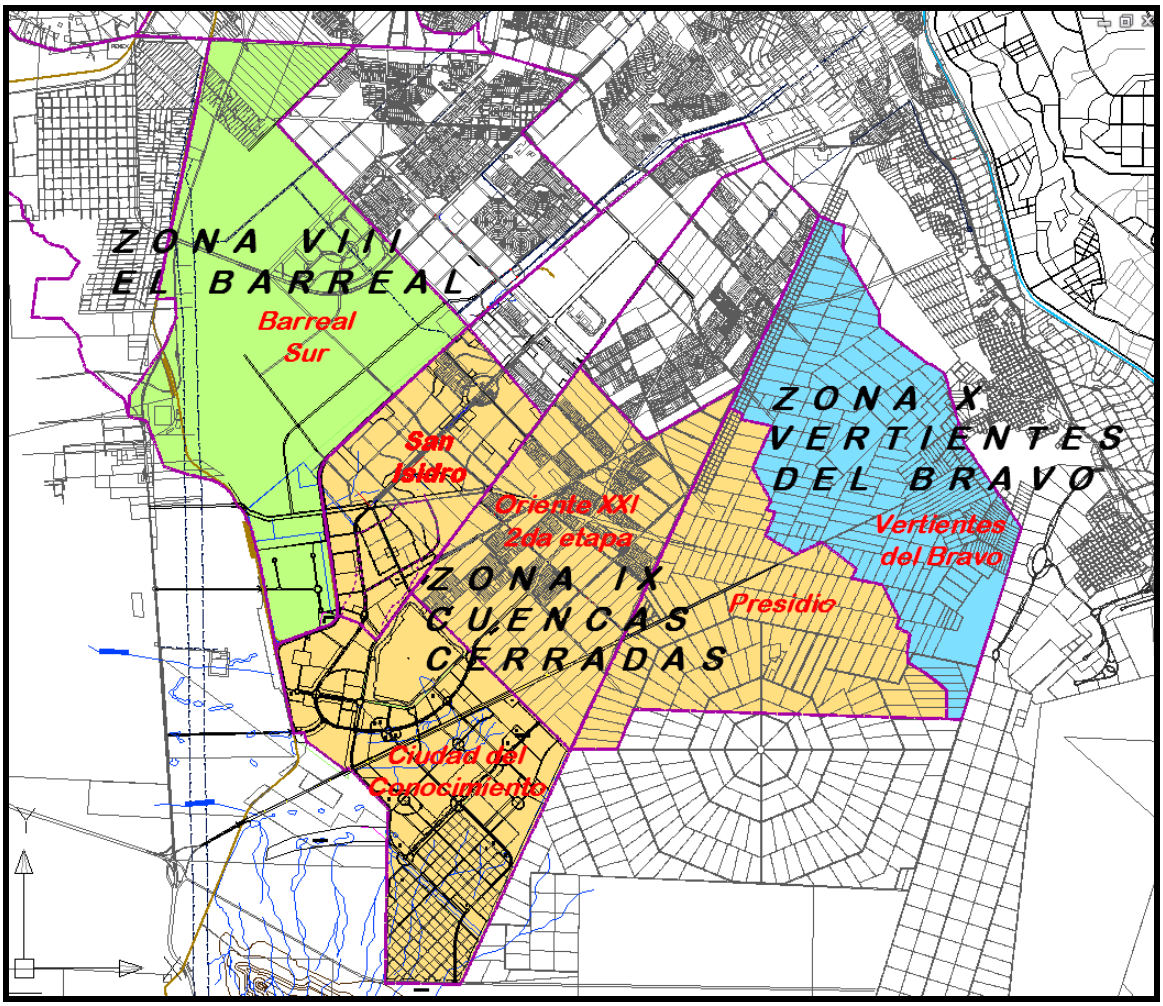


Figura 14.- Área de aplicación de acciones y criterios técnicos para zonas por desarrollar

V.1.3.- Área de control y retención de agua pluvial Subcuenca Barreal Poniente

El área de la subcuenca Barreal Poniente, conocida también como Santa Elena, forma parte de la cuenca de El Barreal, se ubica en el extremo poniente estableciendo como límite oriental de su superficie la vía del ferrocarril. Es una de las principales zonas de aportación de agua pluvial que llega a la zona de inundación de esta cuenca y que ha provocado importantes daños a la infraestructura de los fraccionamientos localizados en la Zona baja de El Barreal Centro.

El control de los escurrimientos que se generan en esta subcuenca han sido planeados a partir del Plan Sectorial de Agua Pluvial de cd. Juárez, sin embargo, no

se realizaron las obras con la capacidad y las características adecuadas para su correcta operación, motivo por el cual los volúmenes excedentes de la precipitación rebasaron la capacidad de control de las obras construidas fluyendo hacia los fraccionamientos de la zona topográficamente más baja provocando inundaciones en el año 2006 y 2008.

El control y manejo de estos escurrimientos permitirá el desarrollo urbano en la subcuenca denominada Barreal Sur y evitará mas inundaciones en la parte baja de la subcuenca Barreal Centro.

Para lograr dicho control, se ha considerado que esta Subcuenca permanezca en su totalidad sin un desarrollo urbano completo, es decir, aun cuando existen gran cantidad de granjas, lotes bardeados, casas estilo rural, etc. La superficie de terreno no ha sido pavimentado permaneciendo hasta la actualidad con las características muy similares a las originales, por lo que el cálculo de los volúmenes escurridos se realizó tomando en cuenta esta condición. Las acciones, obras y criterios de diseño para esta zona son los siguientes:

1.- Definición de micro-cuencas hidrológicas.- Las micro-cuencas hidrológicas están definidas claramente por la topografía natural desde la carretera a Nuevo Casas Grandes hasta el Km 28 de la carretera a la cd. de Chihuahua. La hidrología marca tres principales cruces de agua con la vía del ferrocarril, ubicados al norte de la empresa Fluorex, en el sitio denominado Charly y en el Km 28 antes mencionado. El área que abarca esta subcuenca es de 2,815 has.

2.- Construcción de vasos de regulación y captación de agua pluvial.- El agua que se genera en esta subcuenca será retenida totalmente mediante la construcción de varios vasos de captación y regulación de agua, los cuales deberán contar con las superficies y capacidades de almacenamiento mostradas en la siguiente tabla

VASO	AREA VASO (Has)	CAPACIDAD (M3)
SANTA ELENA 1	3.0	60,000
SANTA ELENA 2	5.0	100,000
FLUOREX	60.0	1,200,000
CHARLY	23.0	506,000
KM 28	17.7	376,200

La ubicación de estas estructuras se muestran en la Figura 15

3.- Para nuevos desarrollos urbanos. Las estructuras de captación descritas en el apartado anterior tienen la capacidad para acumular el agua pluvial para las condiciones actuales del terreno. Los nuevos desarrollos urbanos que se construyan en esta subcuenca deberán cumplir con los lineamientos establecidos en el punto II.2 de este documento.

4.- Area de aplicación.- Los criterios técnicos descritos en este apartado son aplicables a la superficie mostrada en la figura 4 que incluye únicamente la subcuenca denominada Barreal poniente perteneciente a la Zona VIII "El Barreal".

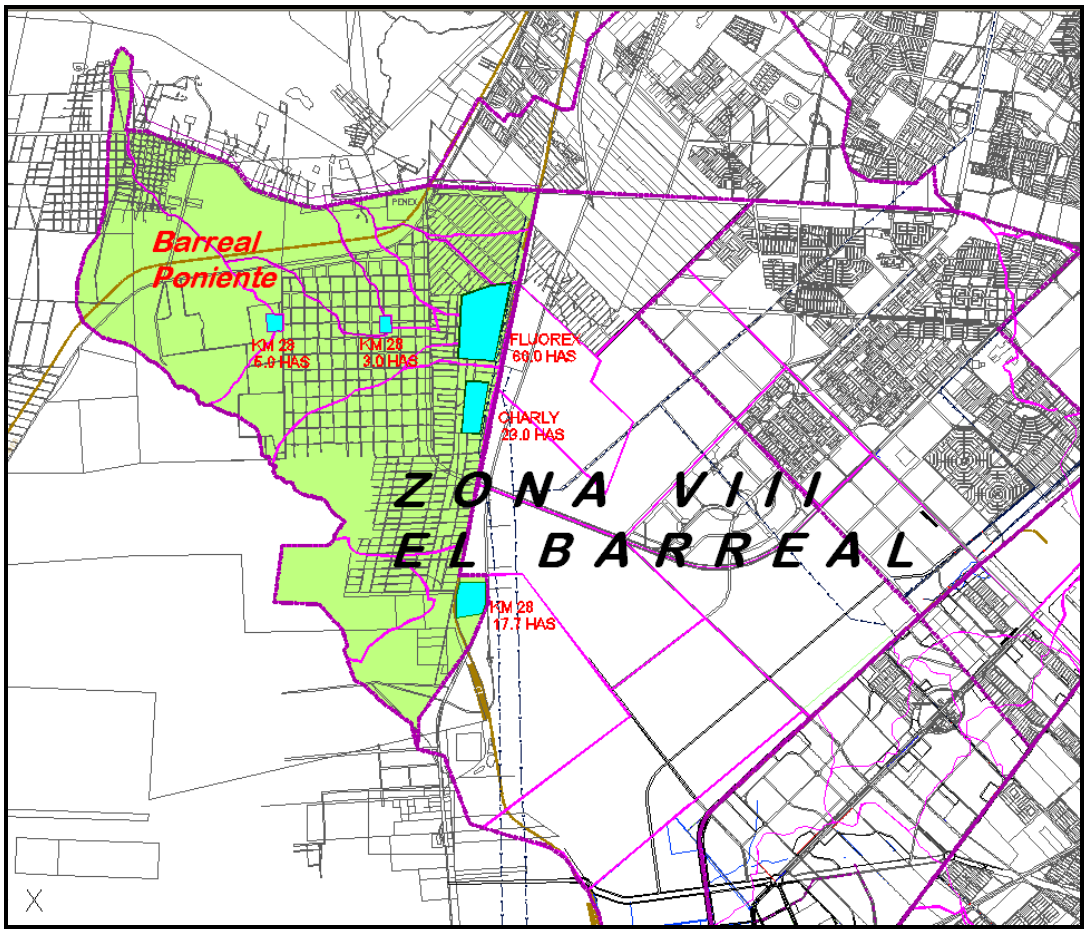


Figura 15.- Área de aplicación de acciones y criterios técnicos para la subcuenca Barreal Poniente

V.2.- CONTROL PLUVIAL POR SUBCUENCA

El control y manejo de agua pluvial de la zona de estudio queda definida por los criterios descritos en el apartado anterior. En esta sección se describen y se establecen con mayor detalle las acciones específicas por subcuencas

V.2.1.- Z VIII. Cuenca el Barreal

La cuenca está identificada en el Plan Sectorial para el Manejo de Agua Pluvial de Ciudad Juárez como “ZVIII El Barreal” . En la parte más baja de esta cuenca se encuentras varios fraccionamientos habitados que han sufrido inundaciones por los escurrimientos pluviales que se generan principalmente en la zona poniente de la cuenca.

Actualmente la cuenca ha sido seccionada en subcuencas mediante vialidades importantes y por bordos de contención. Los fraccionamientos existentes requieren de obras inmediatas de protección y los nuevos desarrollos deberán contar con un plan para evitar inundaciones tanto al interior de los polígonos como para los terrenos colindantes.

Para fines de análisis y planteamiento de estrategias de solución, la cuenca de El Barreal fue dividida en varias subcuencas denomindadas, Barreal Norte, Barreal Centro, Barreal Sur y Barreal Poniente se describen las condiciones actuales de estas zonas y en este capítulo se analizan las condiciones hidrológicas y las propuestas de solución, aplicables a partir de la aprobación del presente documento.

V.2.1.1.- Barreal Norte.

Condiciones actuales

Corresponde a la parte norte de la cuenca de El Barreal, El límite sur se ubica sobre la carretea a Casas Grandes hasta el crucero Av. Juan Gabriel en la parte poniente y sobre la Av. Talamas Camandari hasta el crucero con la Av. De las Torres hacia la parte oriente.

El agua pluvial que se genera en toda la cuenca se escurre y se concentra a la altura de la Av. Talamas Camandari y Av. Miguel de la Madrid, superficie inundable de origen que ha sido ocupada progresivamente por fraccionamientos. Actualmente se observan terrenos baldíos que reciben agua pluvial, sin embargo estos terrenos están recibiendo relleno para la construcción de nuevas construcciones, reduciendo las superficies inundables que, con el cambio del tipo de superficie por la urbanización, provocarán mayores tirantes de agua durante las temporadas de lluvia.

Propuesta Técnica Para el Control de Agua Pluvial

El área de la cuenca tiene aun importantes superficies que aun no han sido ocupadas por algún tipo de construcción, algunos fraccionamientos y áreas industriales cuentan con pozos de absorción, sin embargo, es necesario considerar, para fines de planeación, que a largo plazo toda la superficie de esta subcuenca será urbanizada, de manera que los volúmenes esperados en la parte baja de la misma se incrementará significativamente, siendo necesario por lo anterior, conservar los predios baldíos para construir vasos de captación de agua pluvial

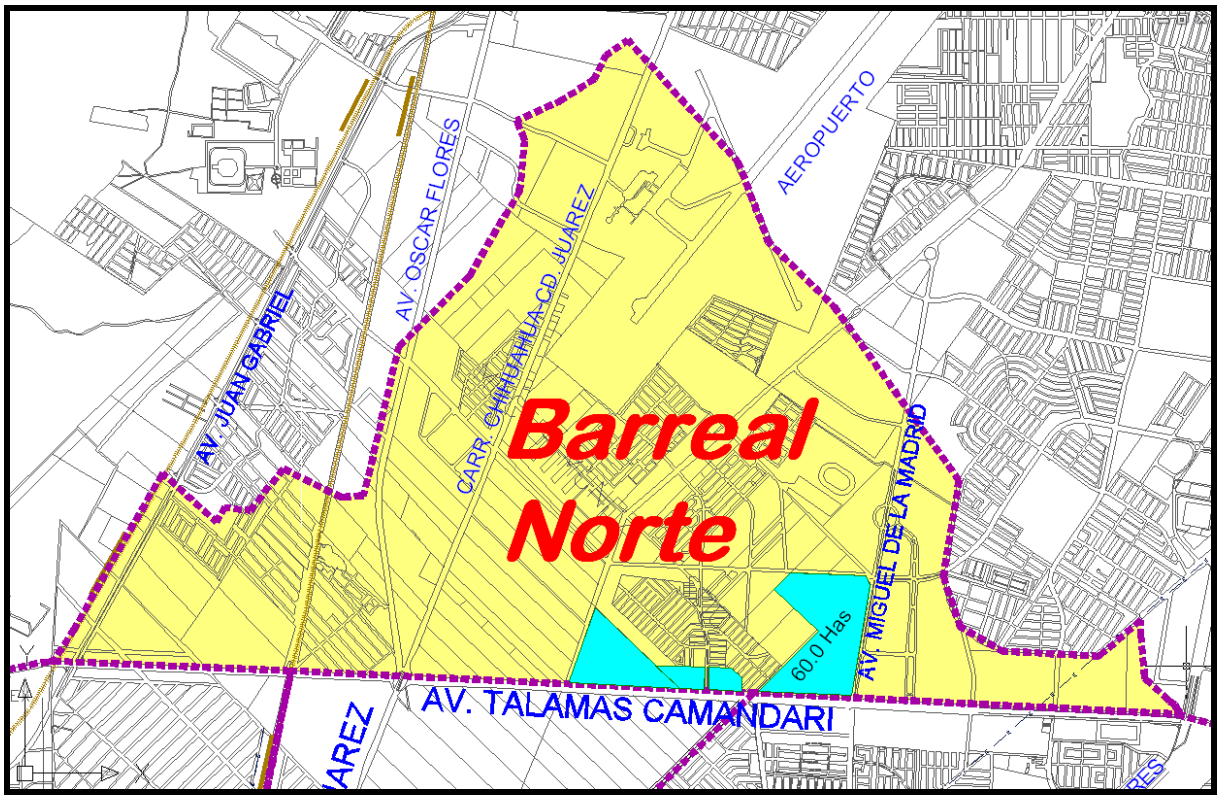


Figura 16.- Subcuenca Barreal Norte

En la Figura 16 se muestra el área de la sub-cuenca hidrológica y algunas de las superficies de terreno ubicadas en la zona más baja, actualmente son áreas inundables y cualquier obra que se considere construir en ellas tendrá alto riesgo de daños por el agua pluvial, t provocará mayores niveles de agua que se acumula extendiendo el riesgo a las obras existentes.

El control del agua pluvial, para esta zona puede ser lograda de la siguiente manera:

1.- Diagnóstico, rehabilitación y/o reconstrucción de estructuras pluviales existentes.

A los desarrollos de los últimos años se les ha exigido la construcción de vasos de almacenamiento de agua pluvial y pozos de absorción. Es necesario que estas estructuras sean revisadas y elaborar los dictámenes en donde se verifique la

capacidad y condiciones de operación, y en su caso realizar las acciones y obras para garantizar el adecuado funcionamiento a largo plazo.

2.- Declarar zona de reserva para control pluvial las áreas inundables no urbanizadas.

En la figura se muestran algunas de las superficies de terreno ubicadas en la zona inundable de la subcuenca que podrían ser reservadas para la solución del drenaje pluvial de la cuenca.

El control principal del agua pluvial, se contempla la construcción de vasos de almacenamiento. Dada la escases de terrenos disponibles para este propósito, es necesario identificar al superficie mínima de 60 hectáreas, elaborar los proyectos y construir en ellas los vasos de almacenamiento y control de agua pluvial.

3.- Construir estructuras de captación, tratamiento e infiltración de agua pluvial.

El área de esta subcuenca es de 13.767 Km2 (1,376.7 Has) que pueden genera alrededor de 900,000 m3 de agua en una tormenta de 24 hrs con periodo de retorno de 100 años que pueden ser manejadas a través de la infiltración hacia el subsuelo, considerando que no se cuenta con mayor cantidad de área disponible para resolver el problema pluvial.

Los vasos de captación deberán tener una capacidad mínima de 900,000 m3, contar con obras de entrada de agua en la cual se consideren formas de retener materia flotante y material de azolve. Es necesario también construir en el interior del mismo una estructura de filtración que retenga los sólidos en suspensión antes de ingresar a los pozos de absorción, se requiere de suficientes pozos cuya profundidad penetre los estratos arenosos subyacentes a la capa de arcilla superficial y en suma tengan la capacidad para absorber el volumen de agua almacenada durante una tormenta con un periodo de retorno de 5 años en un periodo de tiempo de 3 días.

4.- Captar agua pluvial al interior de nuevos desarrollos.-

Considerando que aun existen una gran cantidad de predios baldíos aguas arriba de la zona de inundación, pero factibles de ser ocupados por nuevos desarrollos, al considerar la construcción de obras en los mismos, es necesario que el agua pluvial sea controlada al interior de los polígonos, construir dentro de los mismos vasos de captación y pozos de absorción con lo cual reducirá el volumen que llega a los vasos descritos en el punto anterior y por consecuencia se incrementarán la seguridad en los mismos.

V.2.1.2.- Z VIII. Barreal Centro.

Condiciones actuales

Esta subcuenca tiene como límite norte la Av. Talamas Camandari, hacia el sur poniente llega hasta el bordo que se construye sobre la prolongación de la Av. Miguel de la Madrid y hacia el poniente está delimitada por el parteaguas natural de la cuenca de El Barreal.

Dentro del área se encuentran varios fraccionamientos y por ubicarse en la zona más baja de la cuenca de El Barreal, las viviendas han sufrido inundaciones durante las lluvias del año 2006 y 2008 debido al ingreso de agua proveniente principalmente de las partes sur y poniente de la cuenca.

En esta área se localizan una gran cantidad de pozos de absorción, algunos de los cuales tienen vaso de almacenamiento. Las condiciones de operación de estos es deficiente por el exceso de agua que recibieron durante las inundaciones mencionadas debiendo ser limpiados y rehabilitados para continuar con una adecuada operación en las próximas temporadas de lluvias.

1.- Diagnóstico, rehabilitación y/o reconstrucción de estructuras pluviales existentes.

Al igual que en la subcuenca de El Barreal Norte, esta zona requiere también de realizar un censo de estructuras pluviales, elaborar el dictamen técnico que represente el diagnóstico de las condiciones actuales de cada uno de los vasos y pozos de control pluvial, elaborar los proyectos las propuestas de obras para restablecer las capacidades y condiciones de operación adecuadas.

2.- Realizar las obras de protección contra inundaciones

Las inundaciones registradas en el 2006 y 2008 se debieron principalmente a la entrada de agua de las partes poniente y sur de la cuenca. Las obras de control pluvial existentes solo tienen la capacidad para recibir el agua del interior de sus polígonos y no se cuenta con obras de retención de agua en las partes altas y medias de la cuenca que eviten la llegada de grandes volúmenes a los fraccionamientos existentes.

En condiciones actuales, el área urbanizada podría recibir de las subcuencas Barreal Poniente y Barreal Sur, hasta 1.28 Mill de m3 en una tormenta de 24 horas con periodo de retorno de 100 años, y hasta 10 mill de m3 para una temporada anual de precipitación con ese mismo periodo de retorno. Para controlar estos volúmenes de agua, es necesario realizar en forma inmediata un bordo cuya altura sea suficiente para retener el agua proveniente de las subcuencas mencionadas.

La propuesta es construir un terraplén que coincida con el trazo de la prolongación de la Av. Miguel de la Madrid una línea recta que inicie en la Av. Talamas Camandari y termina a la altura de la empresa Electrolux. Esta obra evitará nuevas inundaciones permitiendo que los vasos y pozos de absorción controlen el agua que se genera únicamente dentro de los fraccionamientos.

El bordo que ya se construye a lo largo de la Av. Miguel de la, requeriría de una altura de 2.0 m en la parte más profunda si consideramos retener los escurrimientos anuales para un TR de 5 años, considerando que esta obra es de tipo provisional hasta en tanto se construyan las obras definitivas en las subcuencas Barreal Poniente

y Barreal Sur, si la obra fuera definitiva, la altura total deberá ser hasta de 4.0 m en la parte maá baja del trazo.

3.- Vasos de almacenamiento para nuevos desarrollos.

En la subcuenca aun existen terrenos baldíos factibles de ser utilizados para nuevos desarrollos urbanos. En estos terrenos deberán construirse vasos de almacenamiento de agua pluvial tomando como criterios de diseño definidos para nuevas áreas urbanas, descritas en el apartado V.1.2 de este documento

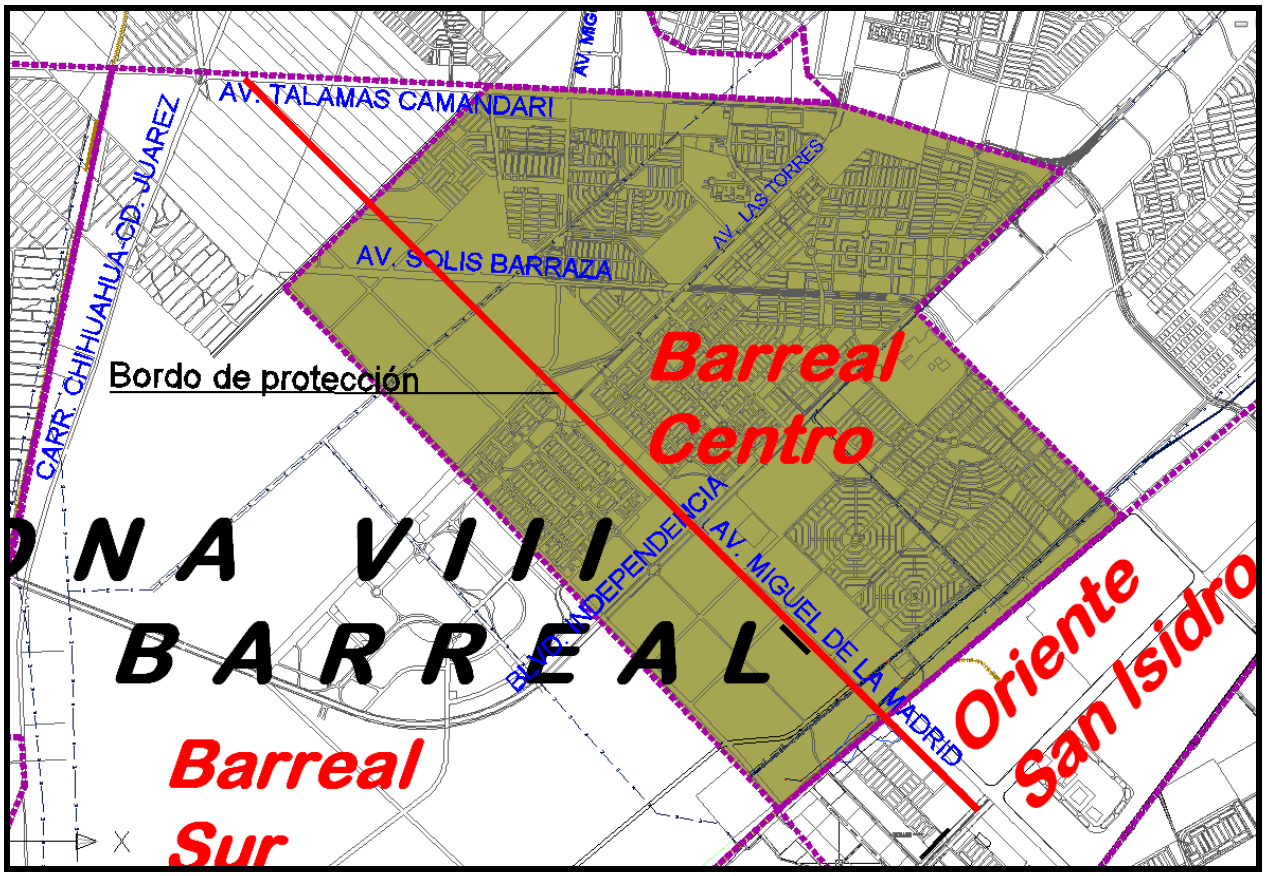


Figura 17.- Subcuenca Barreal Centro

Las áreas pluviales destinadas para el control pluvial deberá cumplir con el 7% de las micro-cuencas que se formen ya sea con la topografía natural o mediante la construcción de vialidades parteaguas.

El área de esta subcuenca es de 22.394 Km2 (2,239.40 Has) que en su conjunto pueden generar 1.46 Mill de m3 de agua en una tormenta con periodo de retorno de 100 años (112.7 mm de precipitación en 24 horas) y hasta 7.56 Mill de m3 para todo un año con el mismo periodo de retorno (583 mm) esperando un promedio anual de 1.44 millones de m3 que deberá ser infiltrado por los pozos de absorción.

V.2.1.3.- ZVIII.3 Barreal Sur.

Condiciones actuales

Es el área comprendida entre la línea recta que forma la prolongación de la calle Tapachula hasta la subestación eléctrica de Comisión Federal de Electricidad, la vía del ferrocarril que va a la cd. de Chihuahua y el bordo que se formará con la nueva vía del ferrocarril que dará servicio al parque Industrial donde se ubica Electrolux. La superficie de esta sección es de 4,163.3 has, recibe el agua pluvial proveniente de la zona de Santa Elena y subcuencas del Km 28 y Charly, estos volúmenes de escurrimiento, se suman a los de su propia superficie.

El escurrimiento que se genera, tanto en Barreal Poniente como en Barreal Sur, llega a las áreas urbanizadas de la subcuenca Barreal Centro, motivo por el cual se ha programado la construcción del bordo de protección sobre el trazo de la Av. Miguel de la Madrid que es la estructura que contendrá el flujo del agua pluvial inundando inicialemente los terrenos que colindan al Oeste de dicho bordo.

El área de estudio aun no ha sido urbanizada a excepción de algunas instalaciones localizadas frente a la Empresa Fluorex, sin embargo, la parte norte de esta superficie cuenta ya con algunas propuestas para la construcción de vivienda,

siendo necesario en primer lugar la planeación del manejo de los escurrimientos de agua pluvial.

En la zona se tiene planeada una serie de vialidades principales localizados principalmente por los límites de las propiedades de la tierra y por líneas existentes de conducción de energía eléctrica.

Los escurrimientos pluviales provocan la acumulación de agua a lo largo del bordo en construcción de la Av. Miguel de la Madrid, y de acuerdo a los estudios hidrológicos, el volumen acumulado para una temporada de lluvia con periodo de retorno de 100 años, puede llegar, para las condiciones actuales, a 10 millones de m3 lo cual provocaría la inundación del orden de 900 has al sur poniente del bordo de la Av. Miguel de la Madrid. Este cálculo considera que los vasos de Santa Elena, Charly y Km 28 se encuentran fuera de operación por la ruptura de los mismos durante las lluvias del 2008.

En la figura se muestran las micro-cuencas delimitadas por vialidades al interior de la sub-cuenca, vías de ferrocarril al poniente y al sur, bordo Miguel de la Madrid al Nororiente y Talamás Camandari al Norte. Se ubican de manera esquemática la posible ubicación de vasos de captación y almacenamiento de agua pluvial en las partes topográficamente ms bajas de cada micro-cuenca.

Propuesta Técnica Para el Control de Agua Pluvial

El objetivo de la propuesta es definir las obras y acciones necesarias para lograr una adecuado control de los gastos máximos y volúmenes de agua proveniente de los escurrimientos pluviales, con el propósito final de establecer las condiciones necesarias para permitir el desarrollo urbano de toda esta superficie.

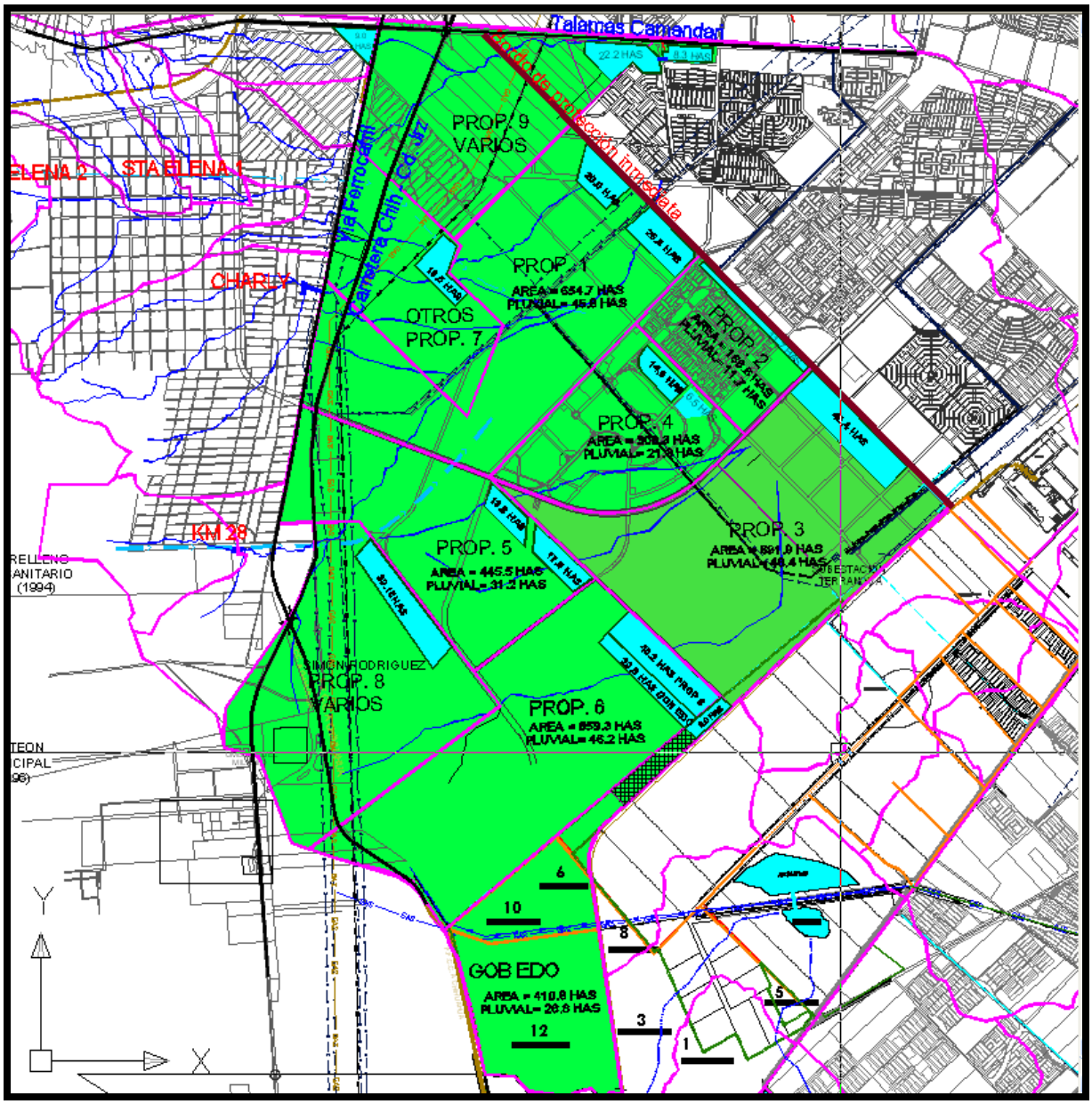


Figura 18.- Subcuenca Barreal Sur

Las primeras tres acciones propuestas tienen el propósito de darle factibilidad de desarrollo a la zona de estudio descrita para esta subcuenca y de proteger de inundaciones a las viviendas de los fraccionamientos ubicados al nor oriente de la Av. Miguel de la Madrid.

Acciones inmediatas

1.- Elaborar los proyectos de las vialidades – parteaguas El control de los escurrimientos al interior de esta subcuenca está basada en la retención del agua pluvial dentro de cada micro-cuenca. Las microcuencas serán construidas artificialmente mediante vialidades – parteaguas que deben realizarse antes de los desarrollos para lo cual es necesario elaborar los proyectos y construir los terraplenes de los mismos, en especial el bordo de la Av. Miguel de la Madrid cuya función inmediata es la protección de viviendas existentes en la subcuenca Barreal Centro. Los proyectos ejecutivos del conjunto de las vialidades – parteaguas definirán la altura de los mismos

2.- Obtener la superficie de terreno, elaborar los proyectos y construir los vasos de captación Santa Elena 1, Santa Elena 2, Fluorex, Charly y Km 28.-

Estos vasos de captación tienen la función de retener la totalidad de los escurrimientos de agua pluvial procedente del poniente de la cuenca de El Barreal, el límite se establece en la vía del ferrocarril.

Es necesario primeramente contar con las áreas de terreno necesarias para elaborar los proyectos y construir estos vasos. Los proyectos de estas estructuras toman en cuenta que la zona drenada ubicada al poniente de la vía no será desarrollada urbanísticamente y por lo tanto los coeficientes de escurrimientos representan las condiciones actuales del suelo de la zona. La construcción de estos vasos son necesarios para poder desarrollar principalmente la parte baja del área de estudio que colinda con el bordo descrito en el punto anterior. Las superficies necesarias para estas obras son las siguientes:

Santa Elena I.-	3.0 Has
Santa Elena II.-	5.0 Has
Fluorex.-	60.0 Has
Charly.-	23.0 Has
Km 28.-	17.7 Has

Acciones a mediano y largo plazo

Tienen como propósito establecer las normas que deberán cumplirse para que los futuros desarrollos garanticen la seguridad en relación a los posibles problemas por inundaciones así como el aprovechamiento y disposición de los volúmenes de agua provenientes de la lluvia.

Las obras descritas en los tres puntos anteriores son el primer paso, indispensable para lograr el control del agua pluvial a nivel de sub-cuencas, al captar y controlar el agua en micro-cuencas permitirá realizar obras específicas a nivel de planes maestros en donde se definirán estructuras por área de desarrollo.

3.- Elaborar el Plan Parcial en con la inclusión de áreas destinadas al control de agua pluvial.

Una vez que se cuente con el control del agua a nivel de sub-cuenca hidrológica, en donde se incluyen los parteaguas construidos por las vialidades principales formando micro-cuencas, es necesario que se elaboren los Planes Maestros de Desarrollo para cada una de estas, en donde se incluyen los usos del suelo, vialidades secundarias, ubicación de líneas de agua potable, drenaje, agua tratada y en materia de drenaje pluvial, se definan las superficies que recibirán y almacenarán el agua de lluvia. Estos Planes Parciales deberán ser autorizadas por la autoridad Municipal.

Cada micro-cuenca deberá considerar una superficie correspondiente al 7% del área total de la misma para fines de control pluvial en donde se construirán vasos de captación y almacenamiento de volúmenes de agua pluvial.

5.- Proyecto y construcción de vasos de captación por desarrollo.

El Plan Parcial deberá definir las microcuencas al interior de la superficie a desarrollar y cada microcouenca deberá contar con áreas que serán destinadas al control y almacenamiento de agua pluvial cuya superficie deberá ser al menos del 7% de la superficie total de la misma. Los terrenos destinados al control pluvial deberá

contar con los datos constructivos del polígono dentro del cual se realizarán los proyectos que llevarán a las obras de los vasos de almacenamiento de agua pluvial, cumpliendo cabalmente con los criterios generales de planeación y diseño descritos en el apartado V.1 de este documento. Las obras que deberán se proyectadas y construidas son las estructuras de captación y conducción de agua pluvial y los vasos de almacenamiento cuyas dimensiones, características y condiciones de operación deberán ser puestas a consideración del Municipio antes de ser ejecutadas.

6.- Aprovechamiento del agua pluvial.-

El dimensionamiento y proyecto de los vasos de captación de agua pluvial tienen como principal factor de vaciado la evaporación natural del agua, sin embargo, es factible utilizar el agua almacenada proveniente de la lluvia para usos específicos como riego de áreas verdes, construcción, recarga de los mantos acuíferos entre otras que pueda ser adecuado a las características físico-quimias y bacteriológicas del agua disponible.

Esta actividad, debe plantearse en el Plan Parcial y detallados en los proyectos ejecutivos, deberá incluir las estructuras necesarias para obtener y conducir el agua hasta su destino final como pueden ser cárcamos de bombeo, casetas de operación, estructuras de filtración, pozos de absorción, líneas para suministro de energía eléctrica, etc.

V.2.1.4.- Barreal Poniente

Condiciones actuales

Se ubica en el extremo poniente de la cuenca de El Barreal. Se ha establecido como límite oriente la vía del ferrocarril, al norte la carretera a Casas Grandes y hacia el poniente y sur el parteaguas natural de la cuenca.

Esta subcuenca escurre hacia el área de la subcuenca Barreal Poniente, cuenta con estructuras de control pluvial denominadas Santa Elena 1, Santa Elena 2 , Fluorex, Charly y Km 28 las cuales no cuentan con la capacidad necesaria para

almacenar y regular los gastos y volúmenes máximos esperados, motivo por el cual durante las lluvias del año 2008 estas estructuras se rompieron permitiendo que el agua almacenada llegara a los fraccionamientos existentes en la subcuenca Barreal Centro.

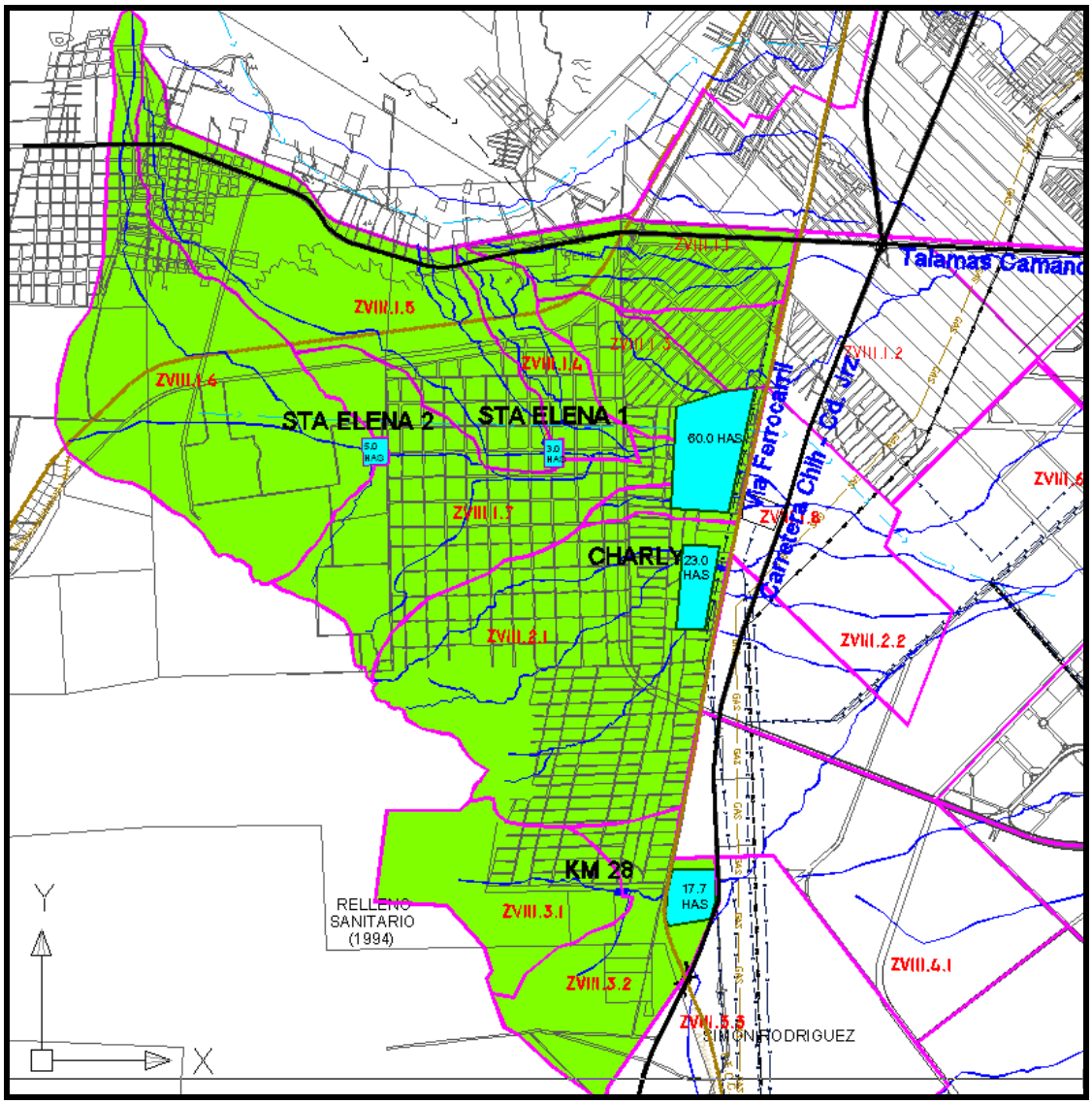


Figura 19.- Subcuenca Barreal poniente

En la figura se muestra el área correspondiente a la subcuenca en su totalidad y las superficies propuestas para la construcción de las estructuras pluviales de captación de agua pluvial.

El área de la subcuenca es de 28.803 Km2 (2,880.3 Has), la mayor parte se encuentra en condiciones naturales a excepción de la zona de Santa Elenea en la cual se han construido viviendas, granjas y bardas.

Propuesta Técnica Para el Control de Agua Pluvial

El control del agua pluvial en esta subcuenca es indispensable en primer término para evitar la acumulación de agua en la subcuenca Barreal Centro y en segundo para permitir los desarrollos en la parte baja de la subcuenca Barreal Poniente.

1.- Adquisición de superficies de terreno necesarias para la construcción de estructuras de regulación y contención de agua pluvial

De acuerdo a los volúmenes de agua esperados en el área, a la configuración de las cuencas hidrológicas y al tipo de suelos existentes en el área, se contempla la construcción de dos estructuras reguladoras y tres estructuras de almacenamiento de agua con capacidad para retener la totalidad del volumen esperado para tormentas con periodo de retorno de 100 años.

Las áreas necesarias son las siguientes:

Santa Elena I.-	3.0 Has
Santa Elena II.-	5.0 Has
Fluorex.-	60.0 Has
Charly.-	23.0 Has
Km 28.-	17.7 Has

En la figura se muestra la ubicación recomendada de las superficies necesarias tomando en cuenta que el objetivo principal es retener el agua pluvial aguas arriba de la vía del ferrocarril o de carretera Cd. Juárez, Chihuahua.

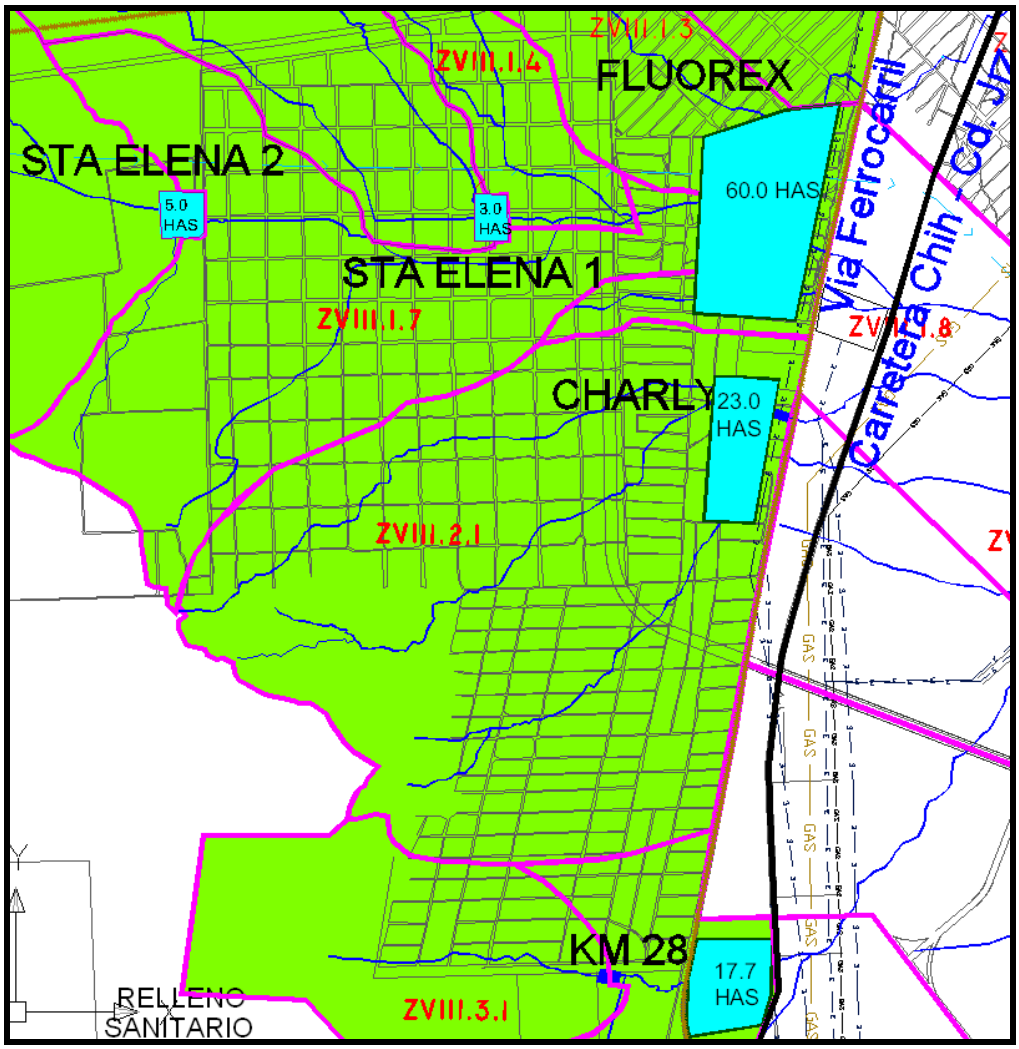


Figura 20.- Ubicación de vasos de captación de agua pluvial en la subcuenca Barreal Poniente

2.-Construcción de estructuras reguladoras y vasos de almacenamiento de agua pluvial

Los vasos Santa Elena 1 y Santa Elena 2 tienen como función la regulación del gasto máximo y el almacenamiento de una parte del volumen máximo esperado de agua pluvial y los vasos Fluorex, Charly y Km 28 son exclusivamente de almacenamiento. Los volúmenes calculados para estas estructuras corresponden con una superficie de suelo no urbanizada por lo que la cantidad de agua que se espera en los mismos es menor a la calculada para el resto de las subcuencas hidrológicas.

Las capacidades de almacenamiento de los vasos son suficientes para contener el agua que se genera durante una tormenta con periodo de retorno de 100 años. Es necesario que estas estructuras cuenten con pozos de absorción.

Las capacidades de almacenamiento mostradas en la siguiente tabla

VASO	AREA VASO (Has)	CAPACIDAD (M3)
SANTA ELENA 1	3.0	60,000
SANTA ELENA 2	5.0	100,000
FLUOREX	60.0	1,200,000
CHARLY	23.0	506,000
KM 28	17.7	376,200

3.- Asignar áreas adicionales para el control pluvial en desarrollos urbanos en la subcuenca.

Los vasos de captación de agua propuestos arriba ocupan una superficie tomando como base las condiciones actuales del suelo. En caso de que se desarrollen proyectos de urbanización, los volúmenes de agua excedentes de la lluvia se incrementarán significativamente, por lo cual es necesario que todo nuevo desarrollo controle los escurrimientos pluviales al interior del mismo destinando el 7% del área de influencia del vaso de control pluvial.

V.2.2.- Z IX. Cuencas Cerradas

Estas cuencas se ubican colindando con la parte sur de la cuenca de El Barreal. Su característica más importante es su composición hidrológica consistente en una gran cantidad de micro-cuencas cerradas formadas por lomeríos suaves de arenas limosas.

Siguiendo con la estructura de manejo pluvial establecida en el Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial para ciudad Juárez, a esta cuenca se le denominó como Zona IX “Cuencas Cerradas” . En la planeación para el desarrollo de esta cuenca se

ha considerado una serie de importantes vialidades, la configuración de los parteaguas de las microcuencas están definidas por su topografía en condiciones naturales y por terraplenes de dichas vialidades.

En esta cuenca opera hidrológicamente totalmente independiente de la cuenca de El Barreal, de hecho cada micro-cuenca es independiente de las demás, por lo que la solución propuesta es por micro-cuenca. La superficie total, motivo de este estudio es de 115.06 Km2, sin embargo, el área se extiende aun más hacia el oriente y el poniente de la misma. Algunas áreas de la cuenca cuentan ya con planes parciales como son Oriente XXI, San Isidro, Zaragoza, existiendo en los mismos varios desarrollo habitacionales e industriales cuya solución pluvial se ha realizado mediante la construcción de vasos de captación de agua pluvial y pozos de absorción.

La propuesta técnica para el control del agua pluvial se basa en los criterios establecidos en los apartados V.1 y V.2 de este documento. En esta sección se definen las acciones y la distribución de las microcuencas básicas para el control y manejo de los escurrimientos para cada subcuenca.

V.2.2.1.- ZIX.1. San Isidro

Condiciones actuales

El área de estudio es actualmente un terreno caracterizado por una serie de lomeríos suaves con pendientes mas fuertes hacia el lado poniente y con terrenos muy planos e inundables en la parte oriente del mismo en su colindancia con la Av. Miguel de la Madrid.

La parte norponiente esta limitada por el trazo de proyecto de una espuela de la vía del ferrocarril que es a su vez el límite con la subcuenca Barreal Sur, sin embargo, actualmente no existe dicha vía de comunicación de manera que las microcuencas que se ubican sobre este trazo descargan sus flujos en la Zona VIII El Barreal.

Algunos predios cercanos a la Av. Miguel de la Madrid están urbanizados correspondiendo estos a la superficie planeada por el Plan Parcial de El Barreal y Oriente San Isidro.

Propuesta técnica para el control de agua pluvial

Las propuestas de control de agua pluvial para esta Zona son las expuestas en los criterios generales, con la particularidad de que es necesario establecer de inicio la delimitación de las micro-cuencas y asignar de antemano las superficies en las cuales quedarán construidos los vasos de contención de agua.

1.- Definición de micro-cuencas hidrológicas y vasos de captación de agua pluvial

A partir de la topografía natural de la zona y del trazo de vialidades importantes, se establece la configuración de las micro-cuencas hidrológicas y al interior de cada una de estas se ubica el área que queda asignada para la construcción de los vasos de captación, siendo esta área de un 7.00 % de la superficie total de la micro-cuenca.

La subcuenca contiene un total de 38 microcuencas en las cuales se ha propuesta la ubicación de los vasos de captación de agua pluvial considerando en la mayor parte un 7% de la superficie de las mismas a excepción de las microcuencas ZIX.1.30 y ZIX.1.31 en donde el fraccionamiento ya fue construido con la normatividad del Plan Parcial El Barreal y Oriente San Isidro.

Las microcuencas ZIX.1.1 y las ZIX.1.3 a la ZIX.1.14 fluyen hacia un solo vaso (V1) y ZIX.1.2 y ZIX.1.16 descargan al otro (V16) mientras que el resto de las micro-cuencas tienen su propia estructura de control y almacenamiento de agua pluvial.

En la figura 21 se muestra en color verde el área de esta subcuenca perteneciente al Plan Parcial San Isidro y se incluye en este análisis una parte del área correspondiente al Plan Parcial El Barreal y Oriente San Isidro dentro del cual ya se encuentran fraccionamientos autorizados.

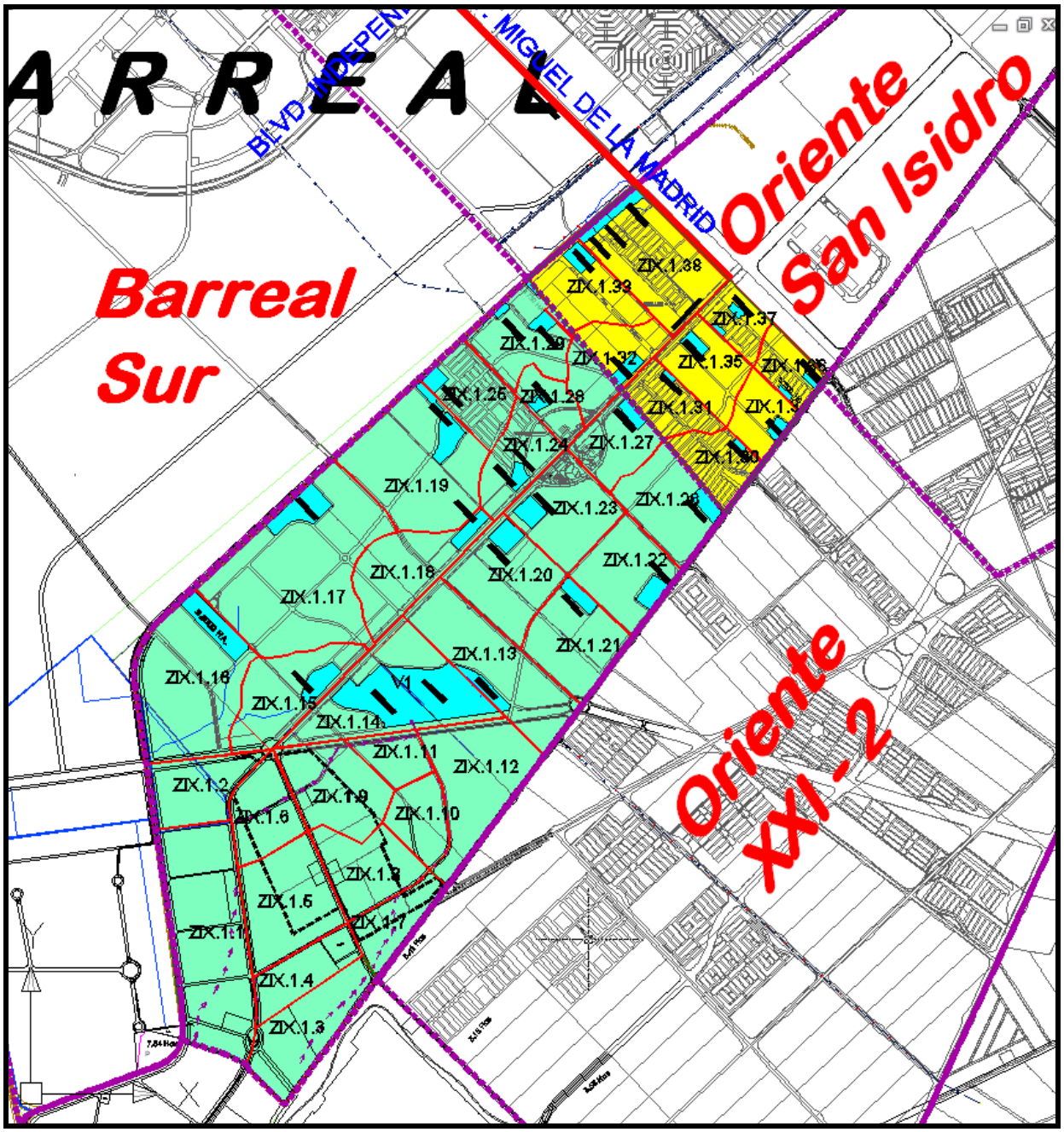


Figura 21.- Subcuenca ZIX.1.- San Isidro.- Definición de micro-cuencas y vasos de captación de agua pluvial

VASO	MICRO-CUENCA	AREA MICRO-CUENCA	AREA VASOS

		HAS	HAS (PROY)	%
V1	ZIX.1.1	1.069698	**45.9673**	**7.01%**
	ZIX.1.3	0.497191		
	ZIX.1.4	0.29255		
	ZIX.1.5	0.583233		
	ZIX.1.6	0.339354		
	ZIX.1.7	0.26478		
	ZIX.1.8	0.402838		
	ZIX.1.9	0.488829		
	ZIX.1.10	0.254266		
	ZIX.1.11	0.191148		
	ZIX.1.12	0.643541		
	ZIX.1.13	0.697199		
	ZIX.1.14	0.835792		
TOTAL V1		**6.560419**		
V15	ZIX.1.15	0.494441	4	8.09%
V16	ZIX.1.2	0.379415	9.5	10.37%
	ZIX.1.16	0.915901		
TOTAL V16		1.295316	9.5	7.33%
V17	ZIX.1.17	1.351658	9.5	7.03%
V18	ZIX.1.18	0.491337	3.35	6.82%
V19	ZIX.1.19	0.88306	6.3	7.13%
V20	ZIX.1.20	0.524608	3.75	7.15%
V21	ZIX.1.21	0.473169	3.39	7.16%
V22	ZIX.1.22	0.442001	3.4	7.69%
V23	ZIX.1.23	0.485166	3.44	7.09%
V24	ZIX.1.24	0.32319	2.145	6.64%
V25	ZIX.1.25	0.337301	2.35	6.97%
V26	ZIX.1.26	0.455526	3.105	6.82%
V27	ZIX.1.27	0.315667	2.35	7.44%
V28	ZIX.1.28	0.185281	1.32	7.12%
V29	ZIX.1.29	0.408882	3.235	7.91%
V30	ZIX.1.30	0.262163	0.465	1.77%
V31	ZIX.1.31	0.252544	0.465	1.84%
V32	ZIX.1.32	0.392957	2.76	7.02%
V33	ZIX.1.33	0.392269	3.278	8.36%
V34	ZIX.1.34	0.227275	1.6	7.04%
V35	ZIX.1.35	0.337195	2.4	7.12%
V36	ZIX.1.36	0.200412	1.15	5.74%
V37	ZIX.1.37	0.195595	1.3	6.65%
V38	ZIX.1.38	0.667044	4.825	7.23%
TOTAL	20 VASOS	17.9545	125.3453	6.98%

Los escurrimientos que llegan al Vaso 1 requieren de un encauzamiento adecuado para lo cual se han propuesto dos canales principales de flujo de a gua pluvial que se muestran en la Figura 22.

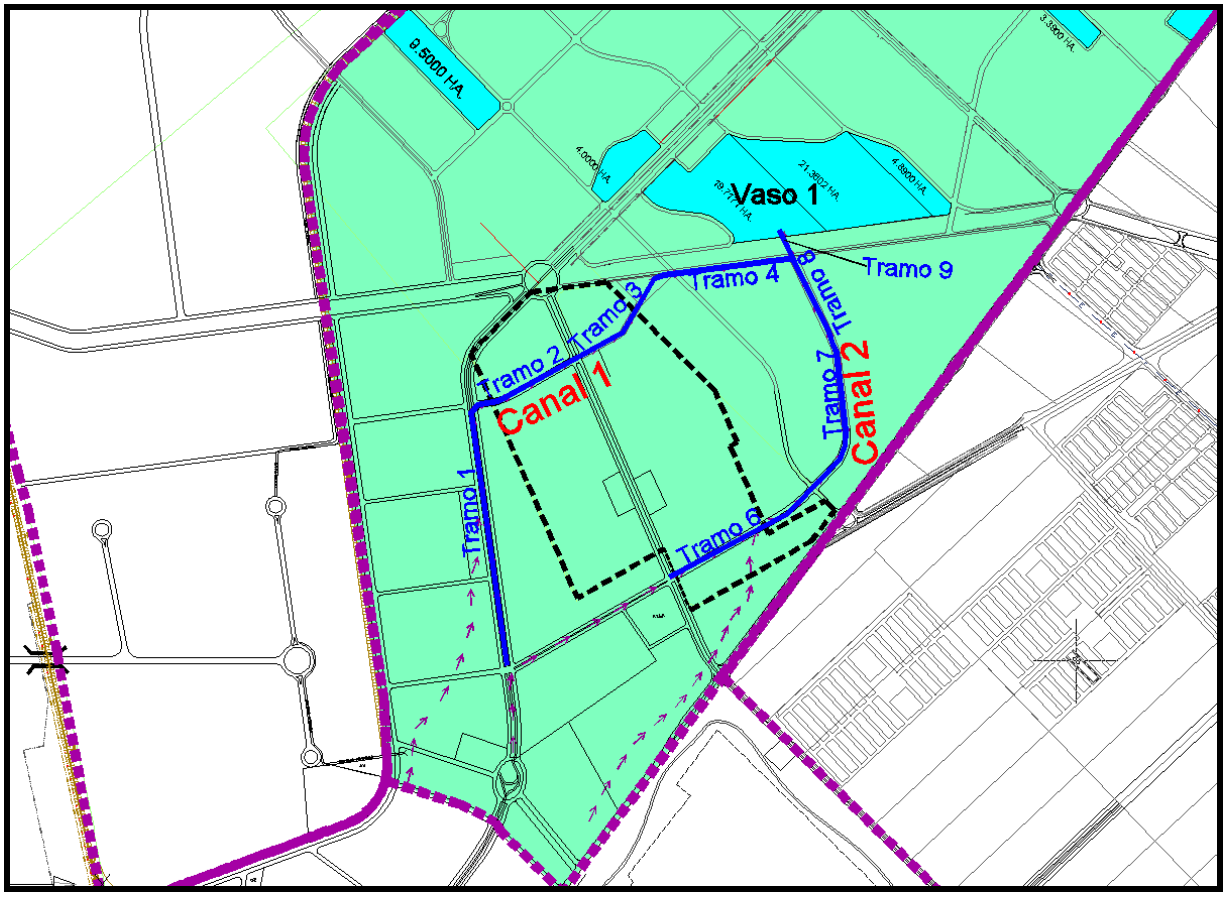


Figura 22.- Encauzamiento de agua pluvial que descarga al Vaso 1

El diseño de estos canales deberá realizarse con el gasto máximo esperado durante una tormenta con periodo de retorno de 100 años y bordo libre para el gasto máximo con un periodo de retorno de 500 años.

Los gastos son los siguientes:

TRAMO	GASTO MAX (M3/SEG)
CANAL 1	
TRAMO 1	10.20
TRAMO 2	13.27

TRAMO 3	17.11
TRAMO 4	19.89
CANAL 2	
TRAMO 6	14.01
TRAMO 7	20.71
TRAMO 8	24.17
CRUCE GASODUCTO	
TRAMO 9	44.06

2.- Elaborar el Plan Parcial en con la inclusión de áreas destinadas al control de agua pluvial.

En este documento se presenta la configuración de las micro-cuencas hidrológicas y vasos de captación de agua pluvial que deberán ser respetadas en ubicación, pudiendo realizar ajustes menores por motivo de la planeación de los desarrollos urbanos a realizar. El Plan Parcial definitivo de esta subcuenca deberá definir con precisión los polígonos de los vasos de captación e incluir el anteproyecto de los mismos que serán puestos a disposición de la autoridad municipal quien analizará y aprobará en su caso los datos técnicos, características y condiciones de operación de cada micro-cuenca en particular.

3.- Proyecto y construcción de vasos de captación por desarrollo.

El Plan Parcial deberá definir las micro-cuencas al interior de la superficie a desarrollar y cada micro-cuenca deberá contar con áreas que serán destinadas al control y almacenamiento de agua pluvial cuya superficie deberá ser al menos del 7% de la superficie total de la misma. Los terrenos destinados al control pluvial deberá contar con los datos constructivos del polígono dentro del cual se realizarán los proyectos que llevarán a las obras de los vasos de almacenamiento de agua pluvial, cumpliendo cabalmente con los criterios generales de planeación y diseño descritos en el apartado V.1 de este documento. Las obras que deberán se proyectadas y construidas son las estructuras de captación y conducción de agua pluvial y los vasos

de almacenamiento cuyas dimensiones, características y condiciones de operación deberán ser puestas a consideración del Municipio antes de ser ejecutadas.

4.- Aprovechamiento del agua pluvial.-

El dimensionamiento y proyecto de los vasos de captación de agua pluvial tienen como principal factor de vaciado la evaporación natural del agua, sin embargo, es factible utilizar el agua almacenada proveniente de la lluvia para usos específicos como riego de áreas verdes, construcción, recarga de los mantos acuíferos entre otras que pueda ser adecuado a las características físico-quimias y bacteriológicas del agua disponible.

Esta actividad, debe plantearse en el Plan Parcial y detallados en los proyectos ejecutivos, deberá incluir las estructuras necesarias para obtener y conducir el agua hasta su destino final como pueden ser cárcamos de bombeo, casetas de operación, estructuras de filtración, pozos de absorción, líneas para suministro de energía eléctrica, etc.

V.2.2.2.- ZIX.2.- Ciudad del Conocimiento

Condiciones actuales

La totalidad de la superficie de esta subcuenca se encuentra sin desarrollo alguno. El terreno esta compuesto por una serie de lomeríos suaves formando una serie de cuencas cerradas, los escurrimientos son escasos por la composición arenosa del suelo superficial observándose flujos importantes solo durante las lluvias muy intensas, los volúmenes de agua se concentran en peños encharcamientos que duran periodos de tiempo muy cortos por la infiltración y rápida evaporación de los mismos.

Propuesta técnica para el control de agua pluvial

Las propuestas de control de agua pluvial para esta subcuenca son las expuestas en los criterios generales, las subcuencas fueron definidas en base a la

topografía general de la zona tomando en cuenta además la ubicación de los trazos de las vialidades importantes y los proyectos referentes al uso futuro del suelo.

1.- Definición de micro-cuencas hidrológicas y vasos de captación de agua pluvial

Se definió la configuración de las micro-cuencas hidrológicas y al interior de cada una de estas se ubica el área que queda asignada para la construcción de los vasos de captación, siendo esta área de un 7.00 % de la superficie total de la micro-cuenca.

La subcuenca contiene un total de 17 micro-cuencas en las cuales se ha propuesta la ubicación de los vasos de captación de agua pluvial considerando en todos los casos un 7% de la superficie de las mismas

Cada micro-cuenca cuenta con un vaso de captación y almacenamiento de agua pluvial. En la figura 23 se muestra la definición de las micro-cuencas y la ubicación de cada uno de los vasos pluviales.

Cabe señalar que las micro-cuencas ubicadas en la parte norte fueron definidas con mayor precisión por contar con topografía fotogramétrica cuya configuración esta compuesta por curvas de nivel a cada metro, hasta la parte sur del polígono del nuevo campus de la UACJ. La s micro-cuencas da la parte sur están definidas con información mas general obtenida por imágenes de satélite (Google) y por información del INEGI, ubicando los vasos en las partes aparentemente mas bajas de las subcuencas, pudiendo requerir de algunos ajustes al contar con la topografía mas detallada en las dos terceras partes de la superficie sur de esta subcuenca..

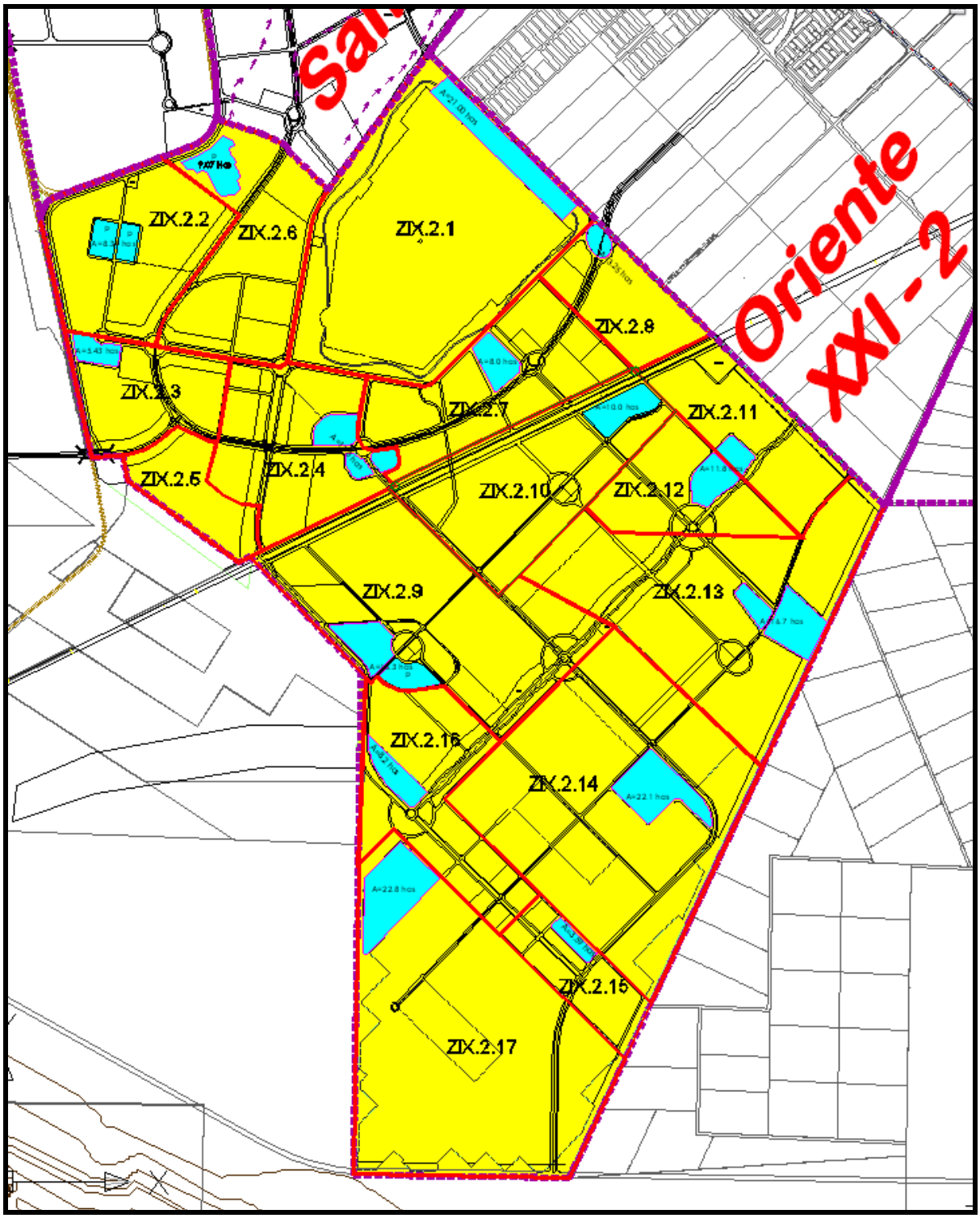


Figura 23.- Subcuenca ZIX.2.- Ciudad del Conocimiento. Micro-cuencas de proyecto y ubicación de vasos de almacenamiento de agua pluvial.

En la siguiente tabla se muestran las áreas por micro-cuenca según la figura anterior y las superficies finales de los vasos de captación.

VASO	MICRO-CUENCA	AREA DE MICRO-CCA	AREA VASOS	
		HAS	HAS (PROY)	%
V1	ZIX.2.1	3.030014	21.000	6.93%
V2	ZIX.2.2	1.247111	8.340	6.69%
V3	ZIX.2.3	0.765039	5.430	7.10%
V4	ZIX.2.4	1.223199	11.800	7.04%
	ZIX.2.5	0.452298		
V6	ZIX.2.6	1.295688	9.070	7.00%
V7	ZIX.2.7	1.238536	8.000	6.46%
V8	ZIX.2.8	0.627323	3.250	5.18%
V9	ZIX.2.9	2.185886	15.300	7.00%
V10	ZIX.2.10	1.471419	10.000	6.80%
V11	ZIX.2.11	0.900915	11.800	7.01%
	ZIX.2.12	0.782259		
V13	ZIX.2.13	2.382114	16.700	7.01%
V14	ZIX.2.14	3.145114	22.100	7.03%
V15	ZIX.2.15	0.510746	3.590	7.03%
V16	ZIX.2.16	1.19687	8.200	6.85%
V17	ZIX.2.17	3.267726	22.800	6.98%
TOTAL	**20 VASOS**	**25.7223**	**177.3800**	**6.90%**

2.- Elaborar el Plan Parcial en con la inclusión de áreas destinadas al control de agua pluvial.

En este documento se presenta la configuración de las micro-cuencas hidrológicas y vasos de captación de agua pluvial que deberán ser respetadas en ubicación, pudiendo realizar ajustes menores por motivo de la planeación de los desarrollos urbanos a realizar. El Plan Parcial definitivo de esta subcuenca deberá definir con precisión los polígonos de los vasos de captación e incluir el anteproyecto de los mismos que serán puestos a disposición de la autoridad municipal quien analizará y aprobará en su caso los datos técnicos, características y condiciones de operación de cada micro-cuenca en particular.

3.- Proyecto y construcción de vasos de captación por desarrollo.

El Plan Parcial deberá definir las micro-cuencas al interior de la superficie a desarrollar y cada micro-cuenca deberá contar con áreas que serán destinadas al

control y almacenamiento de agua pluvial cuya superficie deberá ser al menos del 7% de la superficie total de la misma. Los terrenos destinados al control pluvial deberá contar con los datos constructivos del polígono dentro del cual se realizarán los proyectos que llevarán a las obras de los vasos de almacenamiento de agua pluvial, cumpliendo cabalmente con los criterios generales de planeación y diseño descritos en el apartado V.1 de este documento. Las obras que deberán se proyectadas y construidas son las estructuras de captación y conducción de agua pluvial y los vasos de almacenamiento cuyas dimensiones, características y condiciones de operación deberán ser puestas a consideración del Municipio antes de ser ejecutadas.

4.- Aprovechamiento del agua pluvial.-

El dimensionamiento y proyecto de los vasos de captación de agua pluvial tienen como principal factor de vaciado la evaporación natural del agua, sin embargo, es factible utilizar el agua almacenada proveniente de la lluvia para usos específicos como riego de áreas verdes, construcción, recarga de los mantos acuíferos entre otras que pueda ser adecuado a las características físico-quimias y bacteriológicas del agua disponible.

Esta actividad, debe plantearse en el Plan Parcial y detallados en los proyectos ejecutivos, deberá incluir las estructuras necesarias para obtener y conducir el agua hasta su destino final como pueden ser cárcamos de bombeo, casetas de operación, estructuras de filtración, pozos de absorción, líneas para suministro de energía eléctrica, etc.

V.2.2.3.- ZIX.3. Oriente XXI Segunda Etapa

Condiciones actuales

A excepción de algunos proyectos de urbanización, el área de la cuenca no cuenta con desarrollos construidos. El terreno está compuesto por una serie de lomeríos suaves formando una serie de cuencas cerradas, los escurrimientos son escasos por la composición arenosa del suelo superficial observándose flujos

importantes solo durante las lluvias muy intensas, los volúmenes de agua se concentran en peños encharcamientos que duran periodos de tiempo muy cortos por la infiltración y rápida evaporación de los mismos.

Propuesta técnica para el control de agua pluvial

Las propuestas de control de agua pluvial para esta subcuenca son las expuestas en los criterios generales, las micro-cuencas fueron definidas en base a la topografía general de la zona tomando en cuenta además la ubicación de los trazos de las vialidades importantes y los proyectos referentes al uso futuro del suelo.

1.- Definición de micro-cuencas hidrológicas y vasos de captación de agua pluvial

Se definió la configuración de las micro-cuencas hidrológicas y al interior de cada una de estas se ubica el área que queda asignada para la construcción de los vasos de captación, siendo esta área de un 7.00 % de la superficie total de la micro-cuenca.

La subcuenca contiene un total de 28 micro-cuencas en las cuales se ha propuesta la ubicación de los vasos de captación de agua pluvial considerando en todos los casos un 7% de la superficie de las mismas

Cada micro-cuenca cuenta con un vaso de captación y almacenamiento de agua pluvial. En la figura 24 se muestra la definición de las micro-cuencas y la ubicación de cada uno de los vasos pluviales.

En la Figura 24 se presenta la distribución de las micro-cuenca con la ubicación de los vasos de captación de agua pluvial en donde se tomó en cuenta la topografía natural, los limites de las parcelas y la ubicación de vialidades principales.

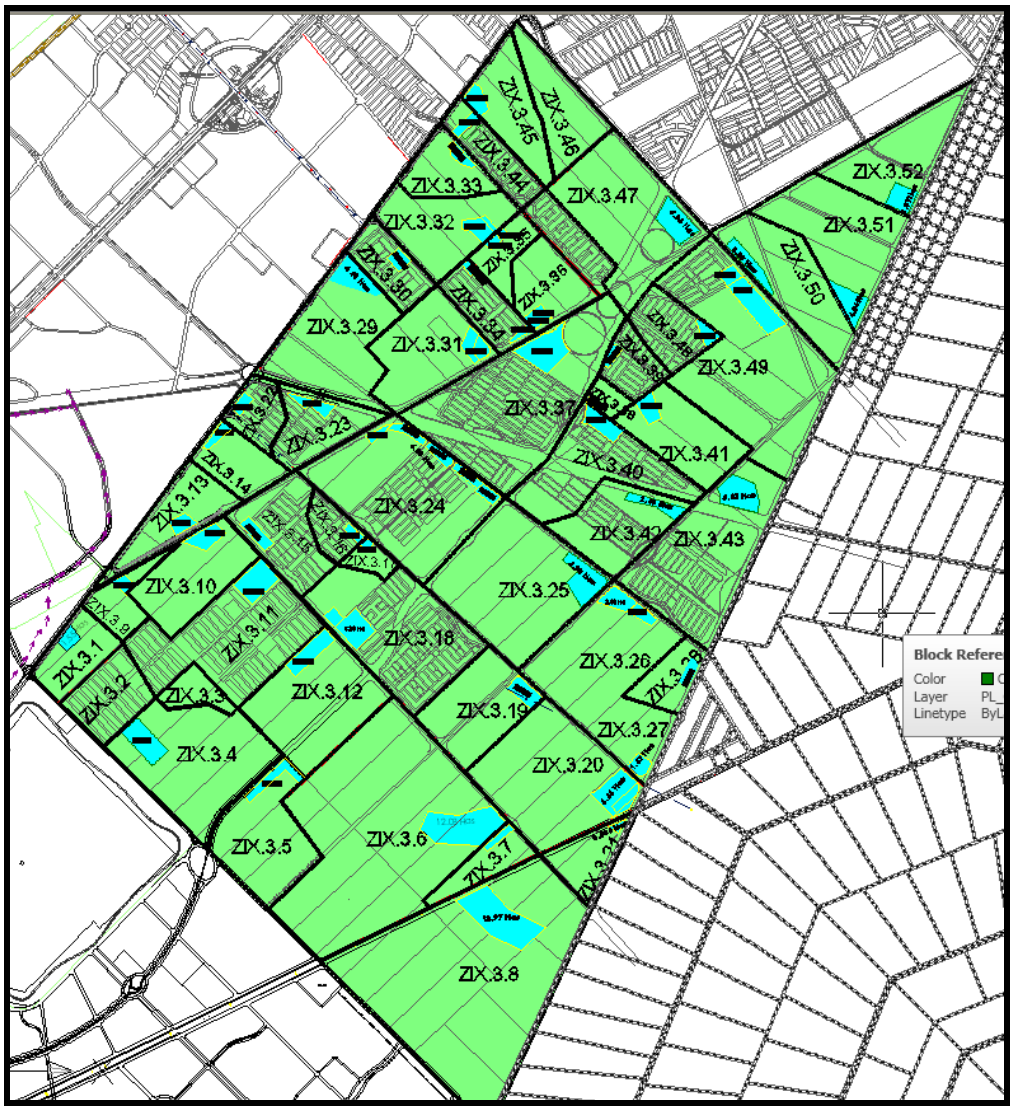


Figura 24.- Subcuenca ZIX.3.- Oriente XXI Segunda Etapa. Micro-cuencas de proyecto y ubicación de vasos de almacenamiento de agua pluvial.

En la siguiente tabla se muestran las áreas por micro-cuenca según la figura anterior y las superficies finales de los vasos de captación.

VASO	MICRO-CUENCA	AREA DE MICRO-CCUENCA	AREA VASOS	
		HAS	HAS (PROY)	%
V1	ZIX.3.1	22.09	1.546	7.00%
V2	ZIX.3.2	25.42	1.779	7.00%
V3	ZIX.3.3	10.53	0.737	7.00%
V4	ZIX.3.4	71.70	5.019	7.00%
V5	ZIX.3.5	47.86	3.350	7.00%
V6	ZIX.3.6	172.56	12.079	7.00%
V7	ZIX.3.7	16.65	1.166	7.00%
V8	ZIX.3.8	185.23	12.966	7.00%
V9	ZIX.3.9	15.23	1.066	7.00%
V10	ZIX.3.10	40.11	2.808	7.00%
V11	ZIX.3.11	74.36	5.205	7.00%
V12	ZIX.3.12	60.63	4.244	7.00%
V13	ZIX.3.13	30.58	2.140	7.00%
V14	ZIX.3.14	21.40	1.498	7.00%
V15	ZIX.3.15	35.30	2.471	7.00%
V16	ZIX.3.16	12.28	0.860	7.00%
V17	ZIX.3.17	6.79	0.476	7.00%
V18	ZIX.3.18	75.49	5.284	7.00%
V19	ZIX.3.19	42.13	2.949	7.00%
V20	ZIX.3.20	79.22	5.545	7.00%
V21	ZIX.3.21	20.11	1.408	7.00%
V22	ZIX.3.22	15.98	1.119	7.00%
V23	ZIX.3.23	27.45	1.922	7.00%
V24	ZIX.3.24	91.16	6.381	7.00%
V25	ZIX.3.25	85.37	5.976	7.00%
V26	ZIX.3.26	63.60	4.452	7.00%
V27	ZIX.3.27	23.91	1.674	7.00%
V28	ZIX.3.28	17.85	1.250	7.00%
V29	ZIX.3.29	62.91	4.404	7.00%
V30	ZIX.3.30	20.80	1.456	7.00%
V31	ZIX.3.31	46.46	3.252	7.00%
V32	ZIX.3.32	40.08	2.806	7.00%
V33	ZIX.3.33	22.07	1.545	7.00%
V34	ZIX.3.34	20.84	1.459	7.00%
V35	ZIX.3.35	14.53	1.017	7.00%
V36	ZIX.3.36	26.26	1.838	7.00%
V37	ZIX.3.37	100.34	7.024	7.00%
V38	ZIX.3.38	5.84	0.409	7.00%
V39	ZIX.3.39	16.07	1.125	7.00%
V40	ZIX.3.40	52.15	3.650	7.00%
V41	ZIX.3.41	37.17	2.602	7.00%
V42	ZIX.3.42	38.32	2.682	7.00%
V43	ZIX.3.43	80.09	5.606	7.00%
V44	ZIX.3.44	20.60	1.442	7.00%

V45	ZIX.3.45	32.29	2.261	7.00%
V46	ZIX.3.46	31.12	2.178	7.00%
V47	ZIX.3.47	72.16	5.051	7.00%
V48	ZIX.3.48	22.16	1.551	7.00%
V49	ZIX.3.49	114.35	8.004	7.00%
V50	ZIX.3.50	47.09	3.296	7.00%
V51	ZIX.3.51	57.84	4.049	7.00%
V52	ZIX.3.52	43.81	3.067	7.00%
TOTAL	**52**	**2,416.35**	**169.14**	7.00%

2.- Elaborar el Plan Parcial en con la inclusión de áreas destinadas al control de agua pluvial.

En este documento se presenta la configuración de las micro-cuencas hidrológicas y vasos de captación de agua pluvial que deberán ser respetadas en ubicación, pudiendo realizar ajustes menores por motivo de la planeación de los desarrollos urbanos a realizar. El Plan Parcial definitivo de esta subcuenca deberá definir con precisión los polígonos de los vasos de captación e incluir el anteproyecto de los mismos que serán puestos a disposición de la autoridad municipal quien analizará y aprobará en su caso los datos técnicos, características y condiciones de operación de cada micro-cuenca en particular.

3.- Proyecto y construcción de vasos de captación por desarrollo.

El Plan Parcial deberá definir las micro-cuencas al interior de la superficie a desarrollar y cada micro-cuenca deberá contar con áreas que serán destinadas al control y almacenamiento de agua pluvial cuya superficie deberá ser al menos del 7% de la superficie total de la misma. Los terrenos destinados al control pluvial deberá contar con los datos constructivos del polígono dentro del cual se realizarán los proyectos que llevarán a las obras de los vasos de almacenamiento de agua pluvial, cumpliendo cabalmente con los criterios generales de planeación y diseño descritos en el apartado V.1 de este documento. Las obras que deberán se proyectadas y construidas son las estructuras de captación y conducción de agua pluvial y los vasos

de almacenamiento cuyas dimensiones, características y condiciones de operación deberán ser puestas a consideración del Municipio antes de ser ejecutadas.

4.- Aprovechamiento del agua pluvial.-

El dimensionamiento y proyecto de los vasos de captación de agua pluvial tienen como principal factor de vaciado la evaporación natural del agua, sin embargo, es factible utilizar el agua almacenada proveniente de la lluvia para usos específicos como riego de áreas verdes, construcción, recarga de los mantos acuíferos entre otras que pueda ser adecuado a las características físico-quimias y bacteriológicas del agua disponible.

Esta actividad, debe plantearse en el Plan Parcial y detallados en los proyectos ejecutivos, deberá incluir las estructuras necesarias para obtener y conducir el agua hasta su destino final como pueden ser cárcamos de bombeo, casetas de operación, estructuras de filtración, pozos de absorción, líneas para suministro de energía eléctrica, etc.

V.2.2.4.- ZIX.4. Presidio

Condiciones actuales

Esta subcuenca está totalmente despoblada, el terreno está compuesto por una serie de lomeríos suaves formando una serie de cuencas cerradas, los escurrimientos son escasos por la composición arenosa del suelo superficial observándose flujos importantes solo durante las lluvias muy intensas, los volúmenes de agua se concentran en peños encharcamientos que duran periodos de tiempo muy cortos por la infiltración y rápida evaporación de los mismos.

Propuesta técnica para el control de agua pluvial

Las propuestas de control de agua pluvial para esta subcuenca son las expuestas en los criterios generales, las micro-cuencas fueron definidas en base a la

topografía general de la zona tomando en cuenta además la ubicación de los trazos de las vialidades importantes y los proyectos referentes al uso futuro del suelo.

1.- Definición de micro-cuencas hidrológicas y vasos de captación de agua pluvial

Se definió la configuración de las micro-cuencas hidrológicas y al interior de cada una de estas se ubica el área que queda asignada para la construcción de los vasos de captación, siendo esta área de un 7.00 % de la superficie total de la micro-cuenca.

La subcuenca contiene un total de 24 micro-cuencas en las cuales se ha propuesta la ubicación de los vasos de captación de agua pluvial considerando en todos los casos un 7% de la superficie de las mismas

Cada micro-cuenca cuenta con un vaso de captación y almacenamiento de agua pluvial. En la Figura 24 se presenta la distribución de las micro-cuenca con la ubicación de los vasos de captación de agua pluvial en donde se tomó en cuenta la topografía natural, los límites de las parcelas y la ubicación de vialidades principales.

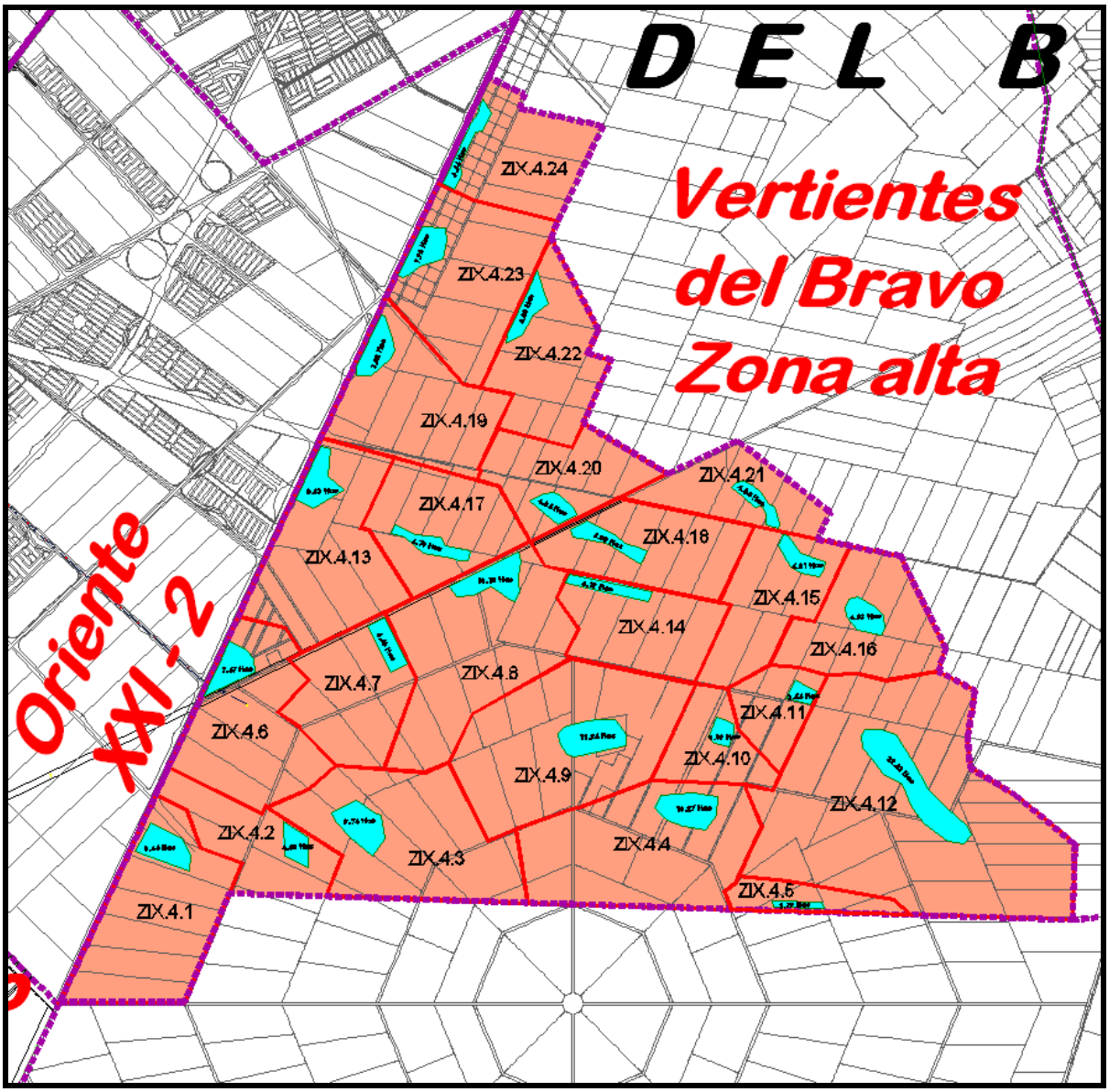


Figura 24.- Subcuenca ZIX.4.-Presidio. Micro-cuencas de proyecto y ubicación de vasos de almacenamiento de agua pluvial.

En la siguiente tabla se muestran las áreas por micro-cuenca según la figura anterior y las superficies finales de los vasos de captación.

VASO	MICCRO-CUENCA	AREA DE MICROCUENCA	AREA VASOS	
		HAS	HAS (PROY)	%
V1	**ZIX.4.1**	**1.208564**	8.460	7.00%
V2	**ZIX.4.2**	**0.643569**	4.505	7.00%
V3	**ZIX.4.3**	**1.391364**	9.740	7.00%
V4	**ZIX.4.4**	**1.466537**	10.266	7.00%
V5	**ZIX.4.5**	**0.255062**	1.785	7.00%
V6	**ZIX.4.6**	**1.066568**	7.466	7.00%
V7	**ZIX.4.7**	**0.796705**	5.577	7.00%
V8	**ZIX.4.8**	**1.446729**	10.127	7.00%
V9	**ZIX.4.9**	**1.609053**	11.263	7.00%
V10	**ZIX.4.10**	**0.441901**	3.093	7.00%
V11	**ZIX.4.11**	**0.362239**	2.536	7.00%
V12	**ZIX.4.12**	**3.216591**	22.516	7.00%
V13	**ZIX.4.13**	**1.18937**	8.326	7.00%
V14	**ZIX.4.14**	**0.737989**	5.166	7.00%
V15	**ZIX.4.15**	**0.74411**	5.209	7.00%
V16	**ZIX.4.16**	**0.847791**	5.935	7.00%
V17	**ZIX.4.17**	**0.826102**	5.783	7.00%
V18	**ZIX.4.18**	**0.840151**	5.881	7.00%
V19	**ZIX.4.19**	**1.045383**	7.318	7.00%
V20	**ZIX.4.20**	**0.694846**	4.864	7.00%
V21	**ZIX.4.21**	**0.580557**	4.064	7.00%
V22	**ZIX.4.22**	**0.857552**	6.003	7.00%
V23	**ZIX.4.23**	**1.131918**	7.923	7.00%
V24	**ZIX.4.24**	**0.794045**	5.558	7.00%
TOTAL	**24**	**24.1947**	**169.3629**	**7.00%**

2.- Elaborar el Plan Parcial en con la inclusión de áreas destinadas al control de agua pluvial.

En este documento se presenta la configuración de las micro-cuencas hidrológicas y vasos de captación de agua pluvial que deberán ser respetadas en ubicación, pudiendo realizar ajustes menores por motivo de la planeación de los desarrollos urbanos a realizar. El Plan Parcial definitivo de esta subcuenca deberá definir con precisión los polígonos de los vasos de captación e incluir el anteproyecto de los mismos que serán puestos a disposición de la autoridad municipal quien

analizará y aprobará en su caso los datos técnicos, características y condiciones de operación de cada micro-cuenca en particular.

3.- Proyecto y construcción de vasos de captación por desarrollo.

El Plan Parcial deberá definir las micro-cuencas al interior de la superficie a desarrollar y cada micro-cuenca deberá contar con áreas que serán destinadas al control y almacenamiento de agua pluvial cuya superficie deberá ser al menos del 7% de la superficie total de la misma. Los terrenos destinados al control pluvial deberá contar con los datos constructivos del polígono dentro del cual se realizarán los proyectos que llevarán a las obras de los vasos de almacenamiento de agua pluvial, cumpliendo cabalmente con los criterios generales de planeación y diseño descritos en el apartado V.1 de este documento. Las obras que deberán se proyectadas y construidas son las estructuras de captación y conducción de agua pluvial y los vasos de almacenamiento cuyas dimensiones, características y condiciones de operación deberán ser puestas a consideración del Municipio antes de ser ejecutadas.

4.- Aprovechamiento del agua pluvial.-

El dimensionamiento y proyecto de los vasos de captación de agua pluvial tienen como principal factor de vaciado la evaporación natural del agua, sin embargo, es factible utilizar el agua almacenada proveniente de la lluvia para usos específicos como riego de áreas verdes, construcción, recarga de los mantos acuíferos entre otras que pueda ser adecuado a las características físico-quimias y bacteriológicas del agua disponible.

Esta actividad, debe plantearse en el Plan Parcial y detallados en los proyectos ejecutivos, deberá incluir las estructuras necesarias para obtener y conducir el agua hasta su destino final como pueden ser cárcamos de bombeo, casetas de operación, estructuras de filtración, pozos de absorción, líneas para suministro de energía eléctrica, etc.

V.2.3.- Z X. Vertientes del Bravo

Topográficamente esta cuenca tiene una pendiente generalizada hacia el río Bravo, esta compuesta por dos áreas principales, una en forma de plataforma ubicada al poniente del área y la segunda caracterizada por fuertes pendientes en donde se encuentran un gran cantidad de arroyos muy erosionados.

Al igual que el área denominada ZIX "Cuencas Cerradas", esta zona se le ha nombrado como ZX " Vertientes del Bravo". El planteamiento para esta zona es aplicar las propuestas técnicas descritas en el apartado V.1 de este documento específicamente para la subcuenca ubicada al poniente denominada ZX.1- Vertientes del Bravo Zona Alta" dejando la que se ubica al oriente para otro estudio diferente debido a su condición topográfica tan diferente a la zona de estudio y por su flujo rápido que descarga directamente al valle de Juárez.

V.2.3.1.- Vertientes del Bravo Zona Alta

Condiciones actuales

En esta subcuenca se encuentran algunos ranchos y construcciones aisladas, el terreno está compuesto por una serie de lomeríos suaves con pendientes mjuy planas y superficies ondulantes con montículos arenosos fornando en algunos casos pequeñas cuencas cerradas pero con una pendiente generalizada hacia el oriente, permitiendo que la mayoría de los escurrimientos proveneintes de la precipitación lleguen a los arroyos existentes en la zona de terrazas y que finalmente descargan a los terrenos de cultivo del valle de Juárez. Los flujos pluviales son escasos por la composición arenosa del suelo superficial observándose flujos importantes solo durante las lluvias muy intensas, los volúmenes de agua se concentran en pequeños encharcamientos que duran periodos de tiempo muy cortos por la infiltración y rápida evaporación de los mismos.

Propuesta técnica para el control de agua pluvial

Las propuestas de control de agua pluvial son las expuestas en los criterios generales, las micro-cuencas fueron definidas en base a la topografía general de la zona tomando en cuenta principalmente la topografía genera de la subcuenca y los límites de las parcelas o propiedades de terreno.

1.- Definición de micro-cuencas hidrológicas y vasos de captación de agua pluvial

Se definió la configuración de las micro-cuencas hidrológicas y al interior de cada una de estas se ubica el área que queda asignada para la construcción de los vasos de captación, siendo esta área de un 7.00 % de la superficie total de la micro-cuenca.

La subcuenca contiene un total de 24 micro-cuencas en las cuales se ha propuesta la ubicación de los vasos de captación de agua pluvial considerando en todos los casos un 7% de la superficie de las mismas

Cada micro-cuenca cuenta con un vaso de captación y almacenamiento de agua pluvial. En la Figura 24 se presenta la distribución de las micro-cuenca con la ubicación de los vasos de captación de agua pluvial en donde se tomó en cuenta la topografía natural, los límites de las parcelas y la ubicación de vialidades principales.

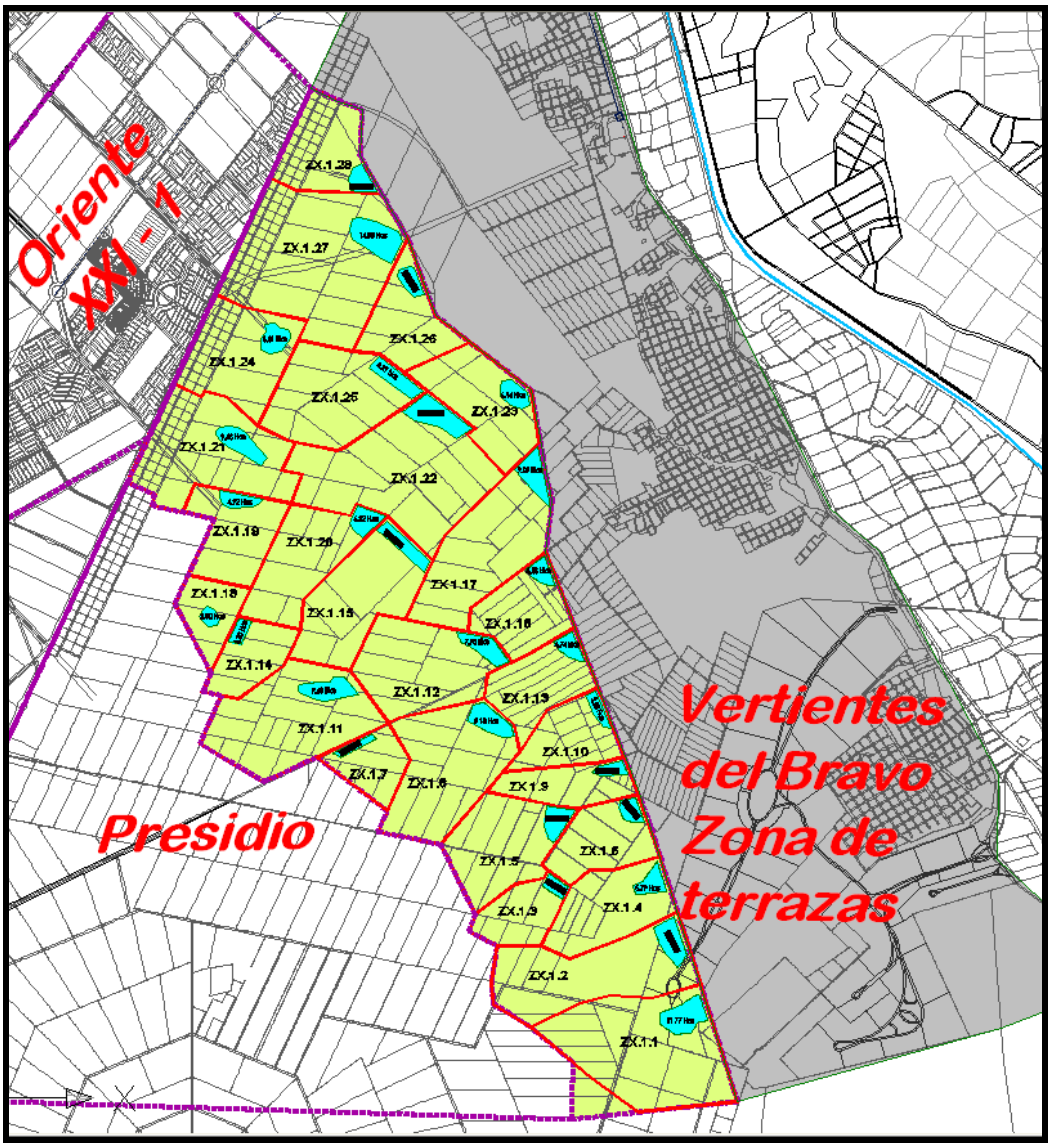


Figura 25.- Subcuenca ZX.1.- Vertientes del Bravo Zona Alta. Micro-cuencas de proyecto y ubicación de vasos de almacenamiento de agua pluvial.

En la siguiente tabla se muestran las áreas por micro-cuenca según la figura anterior y las superficies finales de los vasos de captación.

VASO	MICCRO-CUENCA	AREA DE MICROCUENCA	AREA VASOS	
		HAS	HAS (PROY)	%
V1	ZX.1.1	1.680833	11.766	7.00%
V2	ZX.1.2	1.299972	9.100	7.00%
V3	ZX.1.3	0.471353	3.299	7.00%
V4	ZX.1.4	0.82655	5.786	7.00%
V5	ZX.1.5	0.96334	6.743	7.00%
V6	ZX.1.6	0.639839	4.479	7.00%
V7	ZX.1.7	0.42104	2.947	7.00%
V8	ZX.1.8	1.304871	9.134	7.00%
V9	ZX.1.9	0.503726	3.526	7.00%
V10	ZX.1.10	0.56841	3.979	7.00%
V11	ZX.1.11	1.382323	9.676	7.00%
V12	ZX.1.12	1.135071	7.945	7.00%
V13	ZX.1.13	0.677009	4.739	7.00%
V14	ZX.1.14	0.471841	3.303	7.00%
V15	ZX.1.15	1.135569	7.949	7.00%
V16	ZX.1.16	0.651682	4.562	7.00%
V17	ZX.1.17	1.298785	9.091	7.00%
V18	ZX.1.18	0.399738	2.798	7.00%
V19	ZX.1.19	0.702356	4.916	7.00%
V20	ZX.1.20	0.903365	6.324	7.00%
V21	ZX.1.21	1.351857	9.463	7.00%
V22	ZX.1.22	1.895222	13.267	7.00%
V23	ZX.1.23	0.876901	6.138	7.00%
V24	ZX.1.24	0.973556	6.815	7.00%
V25	ZX.1.25	1.173344	8.213	7.00%
V26	ZX.1.26	0.683356	4.783	7.00%
V27	ZX.1.27	2.12585	14.881	7.00%
V28	ZX.1.28	0.739063	5.173	7.00%
TOTAL	**28**	**27.2568**	**190.7978**	**7.00%**

2.- Elaborar el Plan Parcial en con la inclusión de áreas destinadas al control de agua pluvial.

En este documento se presenta la configuración de las micro-cuencas hidrológicas y vasos de captación de agua pluvial que deberán ser respetadas en ubicación, pudiendo realizar ajustes menores por motivo de la planeación de los desarrollos urbanos a realizar. El Plan Parcial definitivo de esta subcuenca deberá definir con precisión los polígonos de los vasos de captación e incluir el anteproyecto

de los mismos que serán puestos a disposición de la autoridad municipal quien analizará y aprobará en su caso los datos técnicos, características y condiciones de operación de cada micro-cuenca en particular.

3.- Proyecto y construcción de vasos de captación por desarrollo.

El Plan Parcial deberá definir las micro-cuencas al interior de la superficie a desarrollar y cada micro-cuenca deberá contar con áreas que serán destinadas al control y almacenamiento de agua pluvial cuya superficie deberá ser al menos del 7% de la superficie total de la misma. Los terrenos destinados al control pluvial deberá contar con los datos constructivos del polígono dentro del cual se realizarán los proyectos que llevarán a las obras de los vasos de almacenamiento de agua pluvial, cumpliendo cabalmente con los criterios generales de planeación y diseño descritos en el apartado V.1 de este documento. Las obras que deberán se proyectadas y construidas son las estructuras de captación y conducción de agua pluvial y los vasos de almacenamiento cuyas dimensiones, características y condiciones de operación deberán ser puestas a consideración del Municipio antes de ser ejecutadas.

4.- Aprovechamiento del agua pluvial.-

El dimensionamiento y proyecto de los vasos de captación de agua pluvial tienen como principal factor de vaciado la evaporación natural del agua, sin embargo, es factible utilizar el agua almacenada proveniente de la lluvia para usos específicos como riego de áreas verdes, construcción, recarga de los mantos acuíferos entre otras que pueda ser adecuado a las características físico-quimias y bacteriológicas del agua disponible.

Esta actividad, debe plantearse en el Plan Parcial y detallados en los proyectos ejecutivos, deberá incluir las estructuras necesarias para obtener y conducir el agua hasta su destino final como pueden ser cárcamos de bombeo, casetas de operación, estructuras de filtración, pozos de absorción, líneas para suministro de energía eléctrica, etc.

VI.- ADMINISTRACION DE LA INFRAESTRUCTURA

En congruencia con lo establecido en los Planes Parciales para la Zona de El Barreal, la autoridad municipal deberá prever los sistemas de mantenimiento de las estructuras pluviales que serán construidas en la zona, así como sus costos correspondientes, y establecerá el mecanismo de participación para el mantenimiento de las estructuras pluviales comunes que serán construidas para protección de los desarrollos ubicados en zonas de inundación.

VI.1.- LINEAMIENTOS EN MATERIA DE ADMINISTRACION

1. Para asegurar la operación y el mantenimiento adecuado de las estructuras pluviales comunes, así como la infraestructura pluvial de los fraccionamientos y otros |desarrollos que sean entregadas al municipio, por parte de los promotores o desarrolladores urbanos, que realicen acciones urbanas dentro del polígono normativo, se tiene la obligación por la instancia municipal, de la creación de un área Técnico Administrativa Municipal para El Barreal, dedicada a mantener y operar la infraestructura pluvial;

2. Se considera pertinente, crear un área dependiente de la Dirección de Servicios Públicos Municipales, que cuente con el apoyo y con la concurrencia de las áreas de Planeación de Desarrollo Urbano, Ecología y Protección Civil y el IMIP, como apoyo técnico;

3. Dado que se requiere dar seguridad a la población y hasta en tanto no se establezca la entidad municipal operadora de la infraestructura pluvial, los promotores de desarrollos urbanos y quienes realicen cualquier acción urbana, deberán establecer y operar una oficina por su cuenta, dedicada a dar mantenimiento a las obras de infraestructura pluvial, mediante la constitución de una sociedad civil;

4. El Área Técnico Administrativa (ATA) para dar mantenimiento a las obras de infraestructura pluvial en la Zona de influencia, deberá contar con una estructura organizacional que permita administrar personal y recursos financieros, destinados a garantizar la eficiente operación de las estructuras de control pluvial, y proporcionar seguridad en materia pluvial a la población asentada en esta zona de El Barreal.

5. Para llevar a cabo la definición de las acciones que deba desarrollar el ATA, se propone formar un Consejo Técnico Administrativo Ciudadano, con participación del municipio, que asegure la permanencia y operación necesaria de la oficina, hasta en tanto se entregue al municipio, toda la infraestructura pluvial que se indica en los instrumentos normativos para la zona de El Barreal;

VI.2.- EL CONSEJO TECNICO ADMINISTRATIVO

1. El Consejo Técnico Administrativo deberá integrarse por el sector inmobiliario y de construcción que participe en las Zonas de influencia, un representante del municipio y la sociedad civil residente en el área en riesgo, los cuales no percibirán salario alguno, teniendo el carácter de honorarios.

2.El Consejo Técnico Administrativo Ciudadano, tendrá funciones consultivas, de coordinación de acciones y de participación social; en sus decisiones se procurará el acuerdo de la mayoría de sus integrantes y será presidido por un presidente y secretario técnico.

3.El Presidente del Consejo, será designado por el Presidente Municipal, y el Secretario elegido por los representantes de los comités de vecinos de la zona de El Barreal.

VI.3.- EL TITULAR DEL AREA TECNICO ADMINISTRATIVO

El titular técnico administrativo tendrá las siguientes funciones:

1. Administrar los recursos financieros para la ejecución de las acciones y obras requeridas, de acuerdo a objetivos claros en el corto, mediano y largo plazo.

2. Gestionar los recursos financieros para llevar a cabo las acciones de operación y mantenimiento, serán aportados inicialmente por el sector inmobiliario y de construcción que participe en las Zonas de influencia.

3. Generar los reportes financieros, de operación y mantenimiento de las obras hidráulicas de control y aprovechamiento del agua pluvial, así como de las obras complementarias que sean necesarias para proporcionar la seguridad a la población asentada en las Zonas de influencia.

4. Citar por lo menos una vez al mes al Consejo Técnico Administrativo Ciudadano, para darle a conocer los estados financieros, avances en las acciones de operación y mantenimiento, así como de los planes y programas encomendados.

5. Elaborar los programas de acción operativa y mantenimiento para las Zonas de influencia.

6. Elaborar los proyectos, con recursos propios o con apoyo externo, dando prioridad a la protección a la sociedad residente en la zona, el crecimiento ordenado de la zona urbana y el aprovechamiento óptimo de los recursos hidráulicos disponibles.

7. Hacer investigación continua con apoyo del IMIP, que lleve a un amplio conocimiento de las características físicas de la zona, el comportamiento dinámico de los sistemas hidrológicos e hidráulicos, la calidad del agua y su relación con el medio y determinar los mejores procesos de control y aprovechamiento del agua en su conjunto (Agua pluvial, subterránea, sanitaria, agrícola, potable, etc).

8. Administrar los bienes físicos y financieros, buscando autonomía en la generación de los recursos económicos requeridos para el sustento indefinido de esta organización.

9. Elaborar los reportes sobre la dinámica del agua pluvial y los impactos causados en la población asentada en las cuencas de Las Zonas de influencia.

10. Evaluar las prácticas de manejo seguidas por los responsables de los desarrollos urbanos, antes y después de que la infraestructura pluvial sea entregada al Municipio.

11. Proponer nuevas tecnologías, así como alternativas que mejoren los esquemas de control, manejo y aprovechamiento del agua pluvial en las cuencas de las Zonas de influencia, en base a los reportes y evaluaciones de las prácticas de manejo.

12. Generar los reportes a la oficina responsable del municipio de vigilar la operación del Consejo Técnico Administrativo, sobre las condiciones que guarda la infraestructura y medidas que requieren ser implementadas, para garantizar la seguridad de la población y el buen estado de la infraestructura pluvial y de drenaje sanitario.

13. Definir los planes y programas necesarios para dar seguimiento al Plan Maestro de la Zona Inundable de las Cuencas Hidrológicas de las Zonas de influencia.

14. Elaborar o asignar los Proyectos Ejecutivos de la infraestructura común requerida, en los que se incluyan levantamientos físicos de campo, tenencia de la tierra, afectaciones, inversiones por obra requerida, tiempos de ejecución, costos de operación, mantenimiento y administración, normatividad técnica y legal, programas físicos y financieros de inversión y operación, así como la gestoría de recursos para la construcción de las obras comunes.

15. Establecer las acciones de coordinación técnica con el Instituto Municipal de Investigación y Planeación, para la revisión y actualización de proyectos, así como la elaboración conjunta de planes y programas de operación y mantenimiento.

16. Establecer una coordinación permanente con la Dirección de Protección Civil.