

CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA
ENERO DEL 2002

REGULARIZACIÓN DE LA ZONA DE “EL MEZQUITAL”
MODIFICACIÓN DEL PLAN DIRECTOR DE DESARROLLO
URBANO DE CIUDAD JUÁREZ, CHIH.



**CONCEJO
MUNICIPAL**



Chihuahua
GOBIERNO DEL ESTADO



SEDESOL
SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL



CONCEJO MUNICIPAL DE JUÁREZ 2001 – 2004

Lic. José Reyes Ferriz
Presidente del Concejo Municipal

Lic. Isela Torres Hernández
Secretaria del Ayuntamiento

CONCEJEROS

Ing. Rodolfo Bermejo Rodríguez
Coordinador de la Comisión de Obras Públicas

Lic. Miguel Agustín Corral Olivas
Coordinador de la Comisión de Hacienda

Lic. Ricardo Martínez García
Coordinador de la Comisión de Ecología y
Protección Civil

C. Rebeca Soledad Baca Alvidrez
Coordinadora de la Comisión de Educación y
Cultura

Lic. Roxana Espinoza Ornelas
Coordinadora de la Comisión de Familia y
Asistencia Social

C. Pedro Alberto Matus Hernández
Coordinador de la Comisión de Desarrollo Rural

Dra. Margarita Peña Perez
Coordinadora de la Comisión de Trabajo y
Previsión Social

C. Rafael Navarro Barrón
Coordinador de la Comisión de Servicios Públicos

Lic. Sara Tinajero Chávez
Coordinadora de la Comisión de Turismo y
Desarrollo Económico

Lic. Clemente Delgadillo Ortíz
Coordinador de la comisión de Nomenclatura y
Monumentos

Lic. Cesar Gustavo Jáuregui Moreno
Coordinador de la Comisión de Seguridad Pública y
Protección Ciudadana

C. P. Norma Gutiérrez de Villar
Coordinadora de la Comisión Revisora y
Fraccionamientos

L.A.E. Nancy Nohemí Moriel Bueno
Coordinadora de la Comisión de Asentamientos
Humanos

L.A.E. José Luis Barrios García
Coordinador de la Comisión de Desarrollo Urbano

C. P. Carlos Riquelme Canales
Coordinador de la Comisión de Planeación y
Desarrollo Municipal

Dra. Hilda Margarita Castillo Carrera
Coordinadora de la Comisión de Deportes y Salud
Pública

Lic. Miguel Ángel Calderón Rodríguez
Coordinador de la Comisión de Gobernación

C. Arnoldo Cabada de la O
Coordinador de la Comisión de Desarrollo Social

INSTITUTO MUNICIPAL DE INVESTIGACIÓN Y PLANEACIÓN

CONSEJO DELIBERATIVO

Lic. José Reyes Ferriz

Presidente del Concejo Municipal

C. P. Alejandro Aguirre Aguirre

Tesorero Municipal

Ing. Sergio Acosta del Val

Director General de Obras Públicas y Desarrollo Urbano

Ing. Rodolfo Bermejo Rodríguez

Consejero Regidor

C. P. Carlos Riquelme Canales

Consejero Regidor

Ing. Adrian Vázquez Vázquez

Representante de Instituciones de Educación Superior

Ing. Armando Gándara Fernández

Representante de Colegios y Asociaciones de Profesionistas

Lic. José Luis Canales de la Vega

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de Gobierno del Estado

Lic. Alvaro Navarro Garete

Dirección de Fomento Económico

Ing. Juan Aragonés Harris

Director General de Servicios Públicos

Lic. Juan García López

Director General de Desarrollo Social

Lic. Maria Isela Torres Hernández

Secretaria del H. Concejo Municipal

Ing. Rafael Chávez Trillo

Secretaría de Obras Públicas Gobierno del Estado

Lic. Francisco Calzada Paredes

Director de Asentamientos Humanos

Lic. Miguel Ángel Calderón

Consejero Regidor

Arq. José Armando Clarke Bujanda

Representante del Consejo Coordinador Empresarial

Ing. Silverio Ramón Villalobos Ramírez

Representante de Colegios y asociaciones de Profesionistas

Lic. Rafael Hernández Carlos

Representante de Asociaciones y Clubes de Servicio

Ing. Everardo Medina Maldonado

Representante del Consejo de Planeación Municipal

Arq. Eduardo Varela Díaz

Director de Desarrollo Urbano

C. Pamela Franco Ruiz

Dirección General de Ecología y Protección Civil

Arq. Luis Felipe Siqueiros Falomir

Director General del IMIP

APOYO : INSTITUTO DE LA VIVIENDA DEL GOBIERNO DEL ESTADO

INDICE

INTRODUCCIÓN	7
BASES JURÍDICAS	10
I.- DIAGNÓSTICO	13
I.1.- ANTECEDENTES DE PLANEACIÓN	15
I.2.-DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	17
I.3.-MEDIO NATURAL	19
I.3.1.- Clima	19
I.3.2.-Vegetación	19
I.3.3.- Hidrología	19
I.4.- MEDIO CONSTRUIDO	22
I.4.1.- Usos de Suelo	22
I.4.2.- Infraestructura	24
I.4.3.- Vivienda	26
I.4.4.- Vialidad	26
I.4.5.- Equipamiento	26
I.5.- MEDIO SOCIOECONÓMICO	30
I.5.1.- Demografía	30
I.5.2.- Tenencia de la Tierra	30
I.5.3.- Valores del suelo	30
I.7.- RIESGO Y VULNERABILIDAD	32
I.7.1.- Riesgo por inundación	32
I.7.2.- Otros puntos de riesgo	32
I.8.- SÍNTESIS DE LA PROBLEMÁTICA	32

II.- ESTRATEGIA	35
II.1.- OBJETIVOS GENERALES	37
II.2.- DEFINICIÓN DE OBJETIVOS PARTICULARES	37
II.3.- DELIMITACIÓN DE LA ZONA NORMATIVA	38
II.4.- ESTRUCTURA URBANA GENERAL	40
II.4.1.- Vivienda	43
II.4.2.- Equipamiento y servicios	43
II.5.- VIALIDAD Y TRANSPORTE	44
II.5.1.- Vialidad	44
II.5.4.- Transporte	47
II.6.- EQUIPAMIENTO URBANO	47
II.7.- ZONIFICACIÓN Y NORMAS	51
II.7.1.- Normatividad complementaria	51
II.8.- DOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y PROGRAMACIÓN DE OBRAS	52
II.8.1.- Factibilidad de agua potable	52
II.8.2.- Factibilidad de drenaje sanitario	52
II.8.3.- Factibilidad de drenaje pluvial	54
II.8.4.- Programación de obras	54
II.9.- INCORPORACIÓN DE LA ZONA "EL MEZQUITAL" AL ÁREA	
NORMATIVA DEL PLAN DIRECTOR DE DESARROLLO URBANO	55
III.- ANEXOS	59
III.1.- Estudio Hidrológico para la cuenca de El BARREAL	61
III.2.- Manual de operación de pozos de absorción	99
III.3.- Análisis de alternativas para la disposición de aguas residuales del "Fraccionamiento Libramiento Sur"	107

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En el Plan Director de Desarrollo Urbano de Ciudad Juárez, Chihuahua, realizado en 1995, se establecieron como principales objetivos generales mejorar la calidad de vida y conciliar la magnitud del crecimiento urbano con la capacidad de los recursos disponibles. Estos lineamientos demandaron la instrumentación de un proceso de administración urbana, apoyado en acciones de planeación a largo plazo y con una visión clara de ciudad dentro del ámbito metropolitano.

En el mismo ordenamiento legal en cita, se establecieron dentro de la zonificación primaria, las áreas de conservación y protección ecológica (E), de acuerdo a una estrategia de desarrollo ecológico hacia el sur de la ciudad, en la que se tomó en cuenta el valor paisajístico natural de estas zonas y los altos costos que generaría la urbanización de las mismas.

Sin embargo, las tendencias de crecimiento, reflejadas en asentamientos regulares e irregulares, no se han visto acompañadas de iniciativas que resuelvan satisfactoriamente los aspectos de transporte público, equipamiento y regulación urbana, factor que ha impactado de manera negativa los objetivos planteados por el mencionado Plan.

La zona denominada "El Mezquital" ubicada al sur de Ciudad Juárez, es una superficie que se encuentra, según el Plan Director de 1995, dentro de las áreas denominadas de conservación y protección ecológica, restringidas al desarrollo urbano, consideradas como zonas no construibles o no urbanizables.

Mediante la introducción de servicios e infraestructura básicos como el drenaje sanitario, el agua potable y la energía eléctrica, el Gobierno del Estado en un afán por satisfacer las necesidades de vivienda y con la intención de beneficiar a 2,500 familias, realizó un fraccionamiento, dándose por hecho, que en su momento, con el Gobierno Municipal, resolvería la carencia de servicios públicos e infraestructura.

Este fraccionamiento ya se encuentra habitado, sin que hasta el momento se cumplan las condiciones necesarias para su legalización y recepción por parte del Municipio, con sus respectivos riesgos para sus habitantes por cuestiones climáticas, de salubridad e higiene, lo que hace urgente regularizar dicho fraccionamiento, de conformidad con las condiciones técnicas y mecanismos legales establecidos en la Ley de Desarrollo Urbano del Estado y el Plan Director de Desarrollo Urbano.

En virtud de esta situación, es necesario encuadrar legalmente la modificación que requiere el límite de la zona urbanizable establecida inicialmente para la Zona Sur. Esto con el propósito de atender las circunstancias existentes en dicha área y responder a una demanda social, consiguiendo al mismo tiempo, mantener actualizado el Plan Director de Desarrollo Urbano de Ciudad Juárez.

La modificación que se pretende realizar a través de este instrumento de planeación, es una consecuencia de la dinámica de crecimiento demográfico y la

constante expansión urbana a la que está sujeta la ciudad. En esta ocasión es necesario realizar la modificación al límite del área urbanizable establecido en el Plan Director actual, incorporando la zona denominada "El Mezquital".

Las modificaciones se encuadran dentro de lo establecido en el primero y segundo párrafos del Artículo 39 de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua, que por exclusión somete estas modificaciones mayores al procedimiento citado en el artículo 37 del mismo ordenamiento legal.

BASES JURÍDICAS

La presente modificación al Plan Director, representa en términos de la legislación, una afectación a las características de la estructura urbana prevista, ya que la incorporación de la zona denominada "El Mezquital" a la mancha urbana de Ciudad Juárez, genera una modificación al límite de la zona urbanizable, la cual se considera como una modificación mayor de acuerdo con lo establecido en el primero y segundo párrafo del Artículo 39° de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua, aplicando en consecuencia, el Artículo 37° del ordenamiento legal en cita.

En este sentido y de acuerdo a lo establecido en el Artículo 37 de la mencionada Ley, el procedimiento para lograr la presente modificación es el siguiente:

AVISO

La Ley de Desarrollo Urbano del Estado en su Título Segundo, Capítulo Segundo, Artículo 37, Fracción I, establece que el Municipio dará aviso público del inicio del proceso de planeación y recepción de las opiniones, planteamientos y demandas de la comunidad, a través de la publicación de las bases de la consulta en un diario de amplia circulación en el estado.

FORMULACIÓN

La formulación del proyecto de modificación al Plan Director de Desarrollo Urbano, es competencia del Ayuntamiento de Juárez, Chihuahua, con base en a las atribuciones que para ello le confiere la Ley de Desarrollo Urbano del Estado en su Título Segundo, Capítulo II, Artículo 37°, Fracción II y el Código Municipal para el Estado de Chihuahua en el Artículo 28°, Fracción XXV incisos d) y e).

INICIO DE CONSULTA Y OPINIÓN

La Ley de Desarrollo Urbano del Estado en su Título Segundo, Capítulo Segundo, Artículo 37, Fracción III cita que el proyecto de modificación del plan estará a consulta y opinión de la ciudadanía, de las organizaciones de la comunidad y de las autoridades federales y estatales interesadas durante un plazo no menor de sesenta días naturales, a partir del momento en que el proyecto se encuentre disponible. Asimismo, antes de que inicie dicho plazo remitirá copia del proyecto al Ejecutivo del Estado y al Consejo de Planeación para el Desarrollo Municipal.

AUDIENCIAS PÚBLICAS

La Ley de Desarrollo Urbano del Estado en su Título Segundo, Capítulo Segundo, Artículo 37, Fracción IV, establece que los Municipios a través de la dependencia encargada del desarrollo urbano, organizarán al menos dos audiencias públicas en las que expondrá el proyecto de modificación, recibirá las sugerencias y planteamientos de los interesados. Simultáneamente la dependencia municipal encargada de la elaboración del plan, llevará a cabo las reuniones que sean necesarias para asegurar la congruencia del mismo con la presente Ley y el Plan Estatal de Desarrollo Urbano.

DICTAMEN DE CONGRUENCIA

La Ley de Desarrollo Urbano del Estado en su Título Segundo, Capítulo Segundo, Artículo 8, Fracción III, establece que corresponde al Ejecutivo del Estado dictaminar la congruencia de los planes de desarrollo urbano municipales con el Plan Estatal de Desarrollo Urbano y con la Ley de Desarrollo Urbano del Estado. Asimismo, en el Título Segundo, Capítulo Segundo, Artículo 37, Fracción V, establece que una vez elaborado el proyecto definitivo de modificación al Plan, la Dirección General de Desarrollo Urbano y Ecología, en un plazo no mayor de treinta días naturales, emitirá un dictamen de congruencia del mismo, respecto del Plan Estatal de Desarrollo Urbano. Dicho dictamen será requisito indispensable para su aprobación.

APROBACIÓN

El Ayuntamiento de Juárez, Chihuahua, es la autoridad competente para aprobar la modificación al Plan Director de Desarrollo Urbano, facultad que le otorga el Artículo 115°, Fracción V, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; los artículos 15° y 16° de la Ley General de Asentamientos Humanos; los artículos 10° y 37° Fracción VIII de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua; el artículo 28°, Fracción I del Código Municipal para el Estado de Chihuahua.

PUBLICACIÓN

Una vez aprobada la modificación realizada al Plan Director de Desarrollo Urbano, y en cumplimiento a lo ordenado en la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua, conforme a su Título Primero, Capítulo Segundo, Artículo 8°, Fracción IV; el Título Segundo, Capítulo Segundo, Artículo 37°, Fracción VIII; y el Artículo 28° Fracción XXVI del Código Municipal para el Estado de Chihuahua, deberá publicarse en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado, misma que desde su publicación será de carácter obligatorio para las diferentes instancias del sector público en el ámbito federal, estatal y municipal, así como para los sectores privado y social.

REGISTRO

La modificación al Plan Director, deberá ser inscrita en la Sección Séptima del Registro Público de la Propiedad, dentro de los veinte días naturales siguientes a su publicación en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado, de conformidad con la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua en sus Artículos 37°, Fracción VIII y 40°.

VIGENCIA

La Ley de Desarrollo Urbano del Estado en su Título Primero, Capítulo Tercero, Artículo 40°, establece que los Planes de Desarrollo Urbano entrarán en vigor a partir de su publicación en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado, situación que se aplica supletoriamente a esta modificación del Plan Director de Desarrollo Urbano.

EJECUCIÓN

La ejecución del Plan Director de Desarrollo Urbano lo realizarán las autoridades municipales, dentro de los lineamientos para la ordenación del desarrollo urbano contenidos en el presente Plan, en coordinación con las autoridades Estatales y Federales, y de conformidad con lo establecido en el artículo 9° de la Ley General de Asentamientos Humanos y artículos 5° y 10° de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua.

MODIFICACIÓN O CANCELACIÓN

De conformidad con los artículos 15° y 16° de la Ley General de Asentamientos Humanos y 37° y 39° de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua, el Ayuntamiento tiene la facultad de modificar ó cancelar el Plan Director de Desarrollo Urbano, cuando le sea solicitado por el Presidente Municipal, la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología y el Consejo de Planeación Urbana Municipal, siempre que existan condiciones reales, financieras o técnicas que hagan necesaria su adecuación, renovación ó cancelación.

I.- DIAGNÓSTICO

I.- DIAGNÓSTICO

I.1.- ANTECEDENTES DE PLANEACIÓN

El Plan Director de Desarrollo Urbano vigente señala, en su anexo Zona Sur, como área de estudio del plan parcial de crecimiento Zona Sur y Lote Bravo a una superficie de 7,537.45 has. Dentro de su límite normativo se establecen los siguientes lineamientos:

- Impulsar un crecimiento ordenado y equilibrado en sus funciones urbanas
- Lograr una integración espacial armónica con la ciudad, en relación a las comunicaciones, la traza y la complementariedad de los usos de suelo
- Contribuir a la mejor organización de la ciudad, en el marco de la estrategia del Plan Director de 1995
- Participar de manera fundamental en la estructura vial que la ciudad está proyectando, con los viaductos Las Torres y Boulevard Independencia (Libramiento Aeropuerto) y toda la serie de vialidades primarias y secundarias que deberán formar una trama jerarquizada y funcional
- Dotar a la futura población de la zona de servicios, equipamientos y áreas verdes en varios niveles: local, de barrio, distrital; que propicien espacios a la escala humana, aptos para las relaciones vecinales y los movimientos peatonales. En este ámbito se deben diferenciar las zonas de alta y baja intensidad del uso de suelo, estas últimas orientadas hacia la utilización del vehículo.

Es importante destacar que el horizonte de ocupación de la zona sur es al año 2015, y que además esta área alojará un porcentaje elevado del crecimiento poblacional.

Respecto a la dosificación y localización de los usos de suelo, el Plan tiende a consolidar la conformación de corredores de usos mixtos e industriales sobre las vialidades de acceso controlado: avenida de Las Torres y Boulevard Independencia (Libramiento Aeropuerto), complementando el espacio con grandes áreas habitacionales, dentro de las cuales se ubican centros de servicios de cobertura distrital y equipamientos de barrio y vecinales. La dotación de suelo industrial se basa en un análisis de tendencias de empleo y oferta de suelo industrial.

En cuanto a la estructura de vialidades y el transporte, se establece una jerarquización muy clara que vincula lugares de trabajo con vivienda; y la zona con la ciudad y la región.

Por lo que a zonificación y normas se refiere, el Plan establece parámetros para la definición de usos, intensidades y los límites normativos. En cuanto a usos de suelo, destaca la clasificación en: habitacionales (H), habitacionales en corredor (HC), servicios y equipamiento (SE), Mixtos (SH, CD, CB Y SG), industria vecinal (I), industria en parque o agrupada (IP), industria aislada o de alto riego (IS) y áreas verdes (AV).

Entre los límites y perímetros indicados, el Plan identifica una zona conocida como El BARREAL, estableciendo que cualquier desarrollo que se ubique dentro de esa área, estará sujeto a la solución del drenaje pluvial y sanitario de manera satisfactoria, desde el punto de vista técnico, ecológico y legal.

Adicionalmente, la zona sur ha sido objeto de diversos análisis urbanos, los cuales presentan planteamientos que de cierta manera han sido considerados en el anexo citado anteriormente. Entre estos estudios se encuentran el Plan Director Urbano versión 1989, el Programa de Crecimiento de la Zona Sur 1990 y el de Análisis y Recomendaciones para el Plan Parcial de la Zona Sur 1993.

I.2.- DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para efectos del presente estudio, se considera adecuado realizar un análisis en una zona lo suficientemente amplia para conocer la naturaleza del ámbito urbano, por lo que el área de estudio comprende una superficie de aproximadamente 3000 hectáreas y se delimita como sigue:

Al norte tiene como límite el Boulevard Independencia (Libramiento Aeropuerto), entre la avenida Enrique Pinoncely y la vialidad propuesta que pasa por un costado del fraccionamiento Municipio Libre.

Al este la mencionada vialidad hasta el vértice sur del predio "El Mezquital".

Al sur el lindero suroeste del mismo predio El Mezquital y el límite de crecimiento que fija el Plan Director de Desarrollo urbano vigente.

Al oeste la vialidad Enrique Pinoncely, entre el límite de crecimiento fijado por el Plan y el Boulevard Independencia (Libramiento Aeropuerto).

I.3.- MEDIO NATURAL

El Plan Director señala que Ciudad Juárez se encuentra en un sistema de terrazas de pocas pendientes (entre 0 y 5%), precisando que en la zona sur es donde se encuentran las superficies más planas, con pendientes mínimas. Esta condición representa un problema a resolver en la dotación de infraestructura de drenaje pluvial y sanitario.

Los suelos de la zona son los típicos de zonas áridas, predominando los grupos de yermosoles háplicos y regosoles calcáreos, planos, con escasa vegetación y con una composición que favorece la absorción, aunque en el área conocida como el BARREAL los suelos superficiales son más compactos e impermeables.

I.3.1.- CLIMA

El clima de la región es muy seco o desértico y se clasifica por su humedad y temperatura como BWkx'(e'), templado con verano cálido y muy extremoso. La época de lluvias abarca los meses de julio, agosto y septiembre y la precipitación media anual es de 250 mm.

La temperatura media anual oscila entre 12 y 18 grados centígrados, la del mes más frío entre -3 y 18° C, y la del mes más caliente mayor a 18° C. De acuerdo a estadísticas de la estación climatológica, la temperatura promedio anual es de 18.45° C, siendo junio, julio y agosto los meses más calurosos y los más fríos de noviembre a marzo.

De acuerdo a la información de la estación mencionada, el área de estudio prácticamente se encuentra entre las isotermas de 17 y 18° C, las cuales aumentan su valor hacia el noroeste y sureste, es decir, hacia ciudad Juárez y Ojinaga; y lo disminuyen hacia el suroeste, rumbo a Casas Grandes.

I.3.2.- VEGETACIÓN

La vegetación predominante es la típica del desierto; es decir, muy pobre, observándose sólo escasas especies de tipo xerófilo, pequeños arbustos como gobernadora, mezquite, huizache y cactus menores, así como restos de pastos. No se localiza en el área ninguna especie arbórea. Incluso, en las áreas inundables, en las cuales el agua puede permanecer por períodos de tiempo prolongados, se encuentran carentes de vegetación.

Para el área urbanizada, las especies inducidas corresponden a rosales, álamos, lilas y moros.

I.3.3.- HIDROLOGÍA

Ciudad Juárez se localiza en el desierto de Chihuahua y las lluvias son escasas. Estas se caracterizan por ser torrenciales, de tal forma, que un sólo evento de lluvia puede precipitar el equivalente a más de la tercera parte de la precipitación anual, provocando problemas de inundación y desbordamientos de cauces en diferentes zonas de la ciudad.

Tanto el sur como el sureste de Ciudad Juárez se localizan dentro de una cuenca cerrada que presenta problemas para el desalojo de las aguas producto de la precipitación pluvial y de las aguas residuales urbanas.

La zona de El BARREAL es la parte mas baja de una cuenca cerrada de aproximadamente 12 km². En las partes altas de esta cuenca se encuentran suelos de alta permeabilidad. En el área de interés se presenta un estrato de arcilla compacta que evita la infiltración del agua hacia el subsuelo, almacenándose durante largos periodos de tiempo hasta que la evaporación se encarga de secar la zona.

Como el tema hidrológico es amplio y determinante para las urbanizaciones, se anexa a este documento el "Estudio hidrológico de la cuenca El Barreal y los proyectos ejecutivos de drenaje sanitario enfocado al análisis del crecimiento urbano del Ciudad Juárez". El contenido permite conocer:

- Hidrología superficial
- Geología y estratigrafía
- Análisis hidrológico de la zona calculando lluvias de 24 horas para un periodo de retorno de 100 años.
- Proyecto de drenaje pluvial
- Alternativas para la disposición de aguas residuales.

I.4.- MEDIO CONSTRUIDO

I.4.1.- USOS DE SUELO

Los usos de suelo identificados dentro del área de estudio son dos fundamentalmente. El primero son las grandes extensiones de terreno baldío. El segundo los nuevos desarrollos de vivienda, cuyas tipologías son de interés social, con densidades de 45 a 60 viviendas por hectárea. Ejemplo de lo anterior lo constituye el fraccionamiento Municipio Libre.

Otro uso destacado es el que ocupa el área educativa de la Universidad Tecnológica.

Por lo que respecta al comercio, se identifican solamente en las áreas urbanizadas, cuyos establecimientos son pequeños comercios de barrio o "tiendas de esquina"

En resumen, el uso predominante son los grandes baldíos, cuyos destinos establecidos por el Plan Director de Desarrollo Urbano vigente, son de reserva para el crecimiento y zona de preservación ecológica.

I.4.2.- INFRAESTRUCTURA

La zona sur de la ciudad es de las que mayor dotación de infraestructura de cabecera ha recibido por la gestión y participación de los propietarios y los gobiernos Estatal y Municipal.

Esta infraestructura ha sido el soporte para el desarrollo de múltiples proyectos inmobiliarios como los fraccionamientos y plantas industriales asentadas en la zona, al norte del área de estudio.

En la zona se identifican 5 pozos de agua potable, los cuales aportan al sistema de distribución de la ciudad, sirviendo a las áreas colindantes, principalmente.

Respecto a obras de drenaje sanitario, destaca la existencia del colector "Las Torres", también denominado colector "Lote Bravo", que corre por la avenida del mismo nombre y es el principal conductor de las aguas usadas hacia la planta de tratamiento sur.

De acuerdo a lo establecido por el Plan Director Urbano en su anexo Zona Sur, los predios sin posibilidad de descargar el drenaje sanitario por gravedad hacia este colector, necesitarán construir plantas de tratamiento para resolver este problema, y así poder reutilizar el agua.

Por lo que a energía eléctrica se refiere, existen en la zona dos líneas de conducción de 115 Kva, ubicadas sobre la vialidad Las Torres y al Boulevard Independencia (Libramiento Aeropuerto), esta última línea en etapa de proyecto, en dirección a una subestación también proyectada.

Algunos conjuntos habitacionales no cuentan con todos los servicios, por ser de urbanización progresiva, como son los casos de: Tierra Nueva, Fray García de San Francisco y Manuel Gómez Morín, los cuales han sido promovidos por el Municipio para programas de autoconstrucción y les falta drenaje a una sección de Tierra Nueva y pavimento a todos ellos.

La ampliación de la cobertura de energía eléctrica en esta área, de acuerdo con lo señalado en el Plan Director de Desarrollo urbano, no representa mayores inconvenientes.

I.4.3.- VIVIENDA

La construcción predominante en la zona sur es vivienda unifamiliar de una y dos plantas, en lotes individuales.

La vivienda se edifica en agrupamientos que son construidos por promotores privados o el Estado, con urbanizaciones que incluyen los servicios y equipamientos vecinales más indispensables. La densidad promedio de estos fraccionamientos es de 40 a 45 viviendas por hectárea. El lote predominante es de 120 m² de forma rectangular.

I.4.5.- VIALIDAD

La zona es cruzada por el Boulevard Independencia (Libramiento Aeropuerto), principal vialidad regional que permite rodear la ciudad conectando la carretera Panamericana con el puente internacional Zaragoza. Esta vialidad está proyectada construirla por etapas, existiendo en estos momentos dos cuerpos (de 2 carriles cada uno) en cada sentido.

La avenida de las Torres -que entronca en el Boulevard Independencia (Libramiento Aeropuerto)-, es una vialidad primaria en sentido norte-sur, que el Plan Director de Desarrollo Urbano define como indispensable avenida para la canalización del tráfico rápido hacia el resto de la ciudad.

Adicionalmente, en las zonas que han alcanzado cierta urbanización, encontramos vialidades que funcionan como colectoras y conducen los desplazamientos vehiculares hacia las vialidades principales. Ejemplo de ellas son la Ramón Rayón, Domingo García Ramos y Francisco Estrada, entre otras.

I.4.5.- EQUIPAMIENTO

Los primeros estudios para la elaboración del Plan Parcial de 1995, destacan que la zona es altamente deficitaria en equipamiento público. Actualmente, a pesar de la gran cantidad de nuevos asentamientos y de que en ellos se han localizado en las áreas municipales equipamientos básicos, este satisfactor es aún insuficiente para la población asentada.

Se puede decir que los fraccionamientos, la mayoría de reciente creación, no han consolidado una oferta de servicios de cobertura distrital para esta parte de la ciudad. En todo caso lo que sí existe es una dotación de parques vecinales, canchas deportivas y algunas escuelas de educación básica. El comercio local es escaso y en pequeña escala.

El centro de servicios y comercio de mayor importancia es el que se localiza cercano al cruce de las avenidas de las Torres y Henequén. Ahí también existen otros equipamientos deportivos y religiosos.

En suma, en la zona sur las principales deficiencias que se perciben son: áreas verdes, escuelas de educación media y técnica, servicios para la atención médica, la seguridad, el deporte, la asistencia social y la cultura.

I.5.- MEDIO SOCIOECONÓMICO

I.5.1.- DEMOGRAFÍA

El anexo Zona Sur del Plan de Desarrollo Urbano, con base en proyecciones propias, considera la existencia de entre 213 mil a 460 mil habitantes hacia el año 2015. Esta cantidad dependería de la densidad que se alcance, del grado de saturación de la zona y de los aspectos económicos. Una precisión a esta proyección, podrá efectuarse una vez que se disponga de los datos definitivos por AGEB del censo del año 2000, que emita el INEGI.

Sin embargo, de acuerdo a estudios recientes, la Zona Sur concentra cerca del 7% de la población actual de Ciudad Juárez, y ha consolidado el 41% del crecimiento del área urbana. Lo anterior significa que se han ocupado 1100 hectáreas de la reserva y habitan en ella 91 mil personas aproximadamente.

I.5.2.- TENENCIA DE LA TIERRA

La titularidad de la tierra en el área de estudio se encuentra dentro del régimen de propiedad privada, distribuyéndose entre varios propietarios. Los predios tienen superficies que van de 3 mil metros cuadrados hasta terrenos con más de mil hectáreas.

I.5.3.- VALORES DEL SUELO

Uno de los efectos más sensibles en el desarrollo de un proyecto en la periferia de la ciudad es la modificación de los usos de suelo y el incremento de sus valores.

Lo anterior es consecuencia de la introducción de infraestructura de cabecera de agua y drenaje, y la construcción de vialidades de acceso. La presencia del mismo asentamiento y sus habitantes genera también interés en los usos colindantes y en el valor de los terrenos.

El impacto sobre los costos del suelo se percibirá con mayor nitidez en las áreas equidistantes al fraccionamiento en un radio de 3 km. También a lo largo del futuro libramiento sur y de la Avenida de Las Torres; y finalmente en las superficies que tributan al colector sanitario. Estos terrenos serán los más beneficiados en cuanto al valor adicional que estas obras les aportan. Seguramente por lo anterior, es que el destino de las franjas antes descritas es la de corredores de servicios, comercio e industria.

I.7.- RIESGOS Y VULNERABILIDAD

I.7.1.- RIESGO POR INUNDACIÓN

Ciudad Juárez recibe poca precipitación pluvial al año, aproximadamente 250 mm. Aún así se llegan a presentar períodos cortos de importante intensidad que provocan inundaciones.

Por otra parte, la topografía contribuye a agravar este riesgo, el cual es el más importante para la zona, principalmente por la acumulación de aguas de lluvia en la zona del Barreal. Aquí, como se ha dicho, el tipo de subsuelo no permite la rápida infiltración lo que hace que se acumule el agua. Por lo anterior, en toda urbanización del predio, este es el principal problema a resolver para evitar inundaciones.

I.7.2.- OTROS PUNTOS DE RIESGO

Aparentemente no se encuentran en el sitio riesgos por alguna causa adicional, sin embargo, la existencia de tuberías para el transporte de combustibles, así como líneas de conducción de energía eléctrica constituyen elementos de riesgo para los asentamientos humanos. No se identifica en la zona la ubicación de depósitos de desechos tóxicos o algún elemento que provoque contaminación al suelo, aire o agua.

Los asentamientos habitacionales en la mayoría de los casos no tienen un impacto negativo perceptible sobre el medio natural, a comparación con otros usos como los industriales. Los impactos que se pueden apreciar son, en todo caso, la modificación de la topografía original y la obstrucción o modificación de los escurrimientos pluviales.

I.8.- SÍNTESIS DE LA PROBLEMÁTICA

La reserva de crecimiento Zona Sur ha estado sujeta a un proceso de ocupación acelerada, fundamentalmente por la construcción de conjuntos de vivienda unifamiliar, producidos masivamente, en paquetes de 500 unidades en promedio y la instalación de industrias de manufacturas. Destaca también el hecho del emplazamiento en la zona de una institución educativa de carácter superior.

Derivado del análisis de las condiciones que presenta la zona, se puede concluir lo siguiente:

El área está conformada fundamentalmente por terrenos baldíos, cuyos usos el Plan Director de Desarrollo Urbano fija como urbanizables al norte del predio y como áreas de protección y preservación ecológica al sur.

La ausencia de equipamientos públicos y comercio es notoria en el área. Esto se debe a la lenta consolidación de los recientes fraccionamientos, y a que estos satisfactorios se constituyen, en el mejor de los casos, posteriores a la edificación de la vivienda y ocupación de la población del sector.

Los equipamientos más demandados para esta zona son escuelas de diferente nivel, áreas recreativas y deportivas, instituciones de atención a la salud, mercados o áreas comerciales, templos y espacios para la cultura.

Otra característica determinante es la carencia de una estructura vial que permita la conexión rápida y eficiente con el resto de la ciudad, y la permanente demanda de rutas de transporte público que comuniquen las zonas habitacionales con los lugares de trabajo, el comercio, los servicios y las escuelas; lo que privilegia el uso de vehículos privados.

La infraestructura de cabeza es incipiente, por lo que hay que poner especial atención en su consolidación, y muy especialmente en la solución del desalojo de las aguas servidas y pluviales.

II.- ESTRATEGIA

II.- ESTRATEGIA

II.1.- OBJETIVOS GENERALES

Con base en los datos del diagnóstico se puede establecer que la zona sur de Ciudad Juárez es de las áreas en donde se manifiesta una de las mayores tendencias del crecimiento urbano.

Este fenómeno de expansión de la ciudad está dado fundamentalmente por la reciente construcción de obras de infraestructura vial y urbana, por la instalación de plantas industriales y por la edificación de importantes equipamientos.

También por la dinámica histórica que ha mantenido esta zona en las promociones de desarrollos habitacionales; y por supuesto, por las limitaciones que ofrecen al crecimiento urbano otros rumbos de la ciudad.

Uno de los objetivos generales es lograr la mejor y más eficiente integración del predio del “El Mezquital” al resto de la ciudad, a pesar de la situación periférica que guarda con relación a su estructura urbana.

Por tal motivo, este estudio de regularización tiene como propósito principal fijar las bases para un desarrollo ordenado, que permita establecer con claridad la estructura urbana del predio, tomando en consideración todos los factores del sitio y aspirando a promover modelos de crecimiento sustentable.

En consecuencia, el desarrollo planteado en “El Mezquital” parte de la indispensable necesidad de disponer de la infraestructura y los servicios necesarios, pues sólo así se evita el incremento de los déficits en la ciudad.

II.2.- DEFINICIÓN DE OBJETIVOS PARTICULARES

De acuerdo a la ubicación y características del predio “El Mezquital”, y a las condicionantes que establece el Plan Director de Desarrollo Urbano de Ciudad Juárez en su actualización de 1995, y específicamente el anexo Zona Sur, se considera importante establecer los siguientes objetivos particulares:

- 1.- Generar una estructura vial que permita integrar eficientemente el predio con el resto de la ciudad, prolongando la avenida de Las Torres (vialidad El Mezquital) más allá del cruce con el Boulevard Independencia.
- 2.- Determinar una estructura urbana clara y legible, que facilite el sentido de orientación, y favorezca el sentimiento de pertenencia por el sitio.
- 3.- Establecer una estructura de usos de suelo que permita la progresiva conformación de un corredor de equipamientos, servicios y usos mixtos a lo largo de la prolongación de la avenida de Las Torres. (vialidad el Mezquital).

4.- Diseñar una zonificación de usos de suelo que permita elevar la densidad habitacional y la calidad de la vivienda, pero también la conformación de áreas verdes y espacios abiertos significativos que mejoren la imagen urbana del lugar.

5.- Precisar sistemas de infraestructura hidráulica y sanitaria que le den sustentabilidad al desarrollo del predio, tomando en consideración la problemática que presenta la zona de El Barreal para estos propósitos.

II.3.- DELIMITACIÓN DE LA ZONA NORMATIVA

El área normativa del estudio de regularización El Mezquital cuenta con una superficie total de 100 hectáreas, cuyo polígono está conformado por los siguientes vértices y linderos:

Al oeste el polígono colinda con la propiedad de la señora Amparo Rodríguez de Padilla. Este lindero mide 653.942 mts. y une los vértices 1 y 2.

Al norte colinda con el límite de crecimiento urbano señalado por el Plan Director de Desarrollo Urbano actualizado en 1995. Este lindero mide 1,258.622 mts. y une a los vértices 2 y 3.

Al este el límite del polígono coincide con el trazo de la prolongación un libramiento (vialidad regional futura). Este lindero mide 1,500.642 mts. y une a los vértices 3 y 4.

Al sur del polígono, la propiedad colinda con la de los señores Sergio Bermudez y Alicia Quevedo de Verdes. Mide 928.259 mts. y une los vértices 4 y 1.

Para los límites del 4 al 1 y del 1 al 2 la propiedad colinda con usos rústicos señalados por el Plan Director de Desarrollo Urbano como área de conservación y protección ecológica.

II.4.- ESTRUCTURA URBANA

Una de las premisas fundamentales en la estructura urbana propuesta, dado la situación periférica que tiene el predio, es lograr su adecuada integración a la estructura urbana de la ciudad.

La definición de la estructura vial primaria y secundaria, la disposición de las rutas de transporte colectivo y la asignación adecuada de los usos del suelo son elementos determinantes en el diseño urbano de la zona.

La integración de "El Mezquital" a la ciudad será paulatina, como ocurre con los fraccionamientos periféricos en las ciudades extendidas. En la medida en que la estructura planteada permita la localización de corredores y centros de barrio y vecinales se facilitará la descentralización de la vida urbana; es decir, crear espacios para el trabajo, el comercio y el resto de los satisfactores sociales cerca de las zonas habitacionales.

En la zona sur de Ciudad Juárez esta descentralización está prevista y se apoya en los corredores de la avenida de Las Torres y el Boulevard Independencia (Libramiento Aeropuerto).

La estructura urbana proyectada para el predio "El Mezquital" tiene como base de diseño los siguientes criterios de ordenación:

- 1.- Crear un espacio urbano, fundamentalmente habitacional, que por su escala se consolide con cierta autonomía funcional y se reconozca como un agrupamiento social integrado por la complementariedad entre habitación, espacio público y movilidad.
- 2.- Otorgar jerarquía a los espacios centrales de forma alargados, que permiten asentar equipamientos y espacios públicos para que sean los centros vecinales. Un espacio central de mayor dimensión actuará como centro de barrio.
- 3.- Organizar el sistema de vialidades en función de su jerarquía y especialización: una avenida central como acceso principal; calles paralelas continuas a la anterior para rutas de transporte público; vías locales a los lados de los equipamientos vecinales para entrar y salir a las zonas habitacionales.
- 4.- Dosificar el uso del suelo con base al predominio habitacional, de densidad media alta, ubicando el comercio en el eje central y las áreas públicas entre los barrios. También se asignan algunas manzanas como reserva habitacional y otras para usos mixtos.

II.4.1.- VIVIENDA

Dentro de la zona normativa del estudio de regularización se puede identificar que el uso predominante es la vivienda. La densidad bruta máxima que se prevé para los usos habitacionales de tipo unifamiliar que desarrolla el Instituto de la Vivienda del Estado, es de 35 viv/ha. El tipo de vivienda que se edificará será mayoritariamente popular, de tipo progresiva, que crece mediante el proceso de autoconstrucción.

Sin embargo, se han dejado algunas manzanas como reserva para que en un futuro se pueda desarrollar vivienda de mayor densidad, y así favorecer una mayor mixtura de usos habitacionales, pues un conjunto urbano funciona mejor cuando distintos estratos de la sociedad conviven en un mismo lugar y distintos tamaños y tipos de vivienda se hacen accesibles.

II.4.2.- EQUIPAMIENTO Y SERVICIOS

Siguiendo la clasificación establecida por el Plan Director de Desarrollo Urbano de la ciudad, los servicios y equipamientos pueden ubicarse en función de las disposiciones señaladas en la tabla de compatibilidades de uso, sin embargo es conveniente proponer su localización más óptima en función de los siguientes elementos concentradores:

Centros Vecinales

Son los concentradores de equipamiento y servicios que más están en contacto con las zonas habitacionales. Para el polígono objeto de este estudio de regularización, se han dispuesto de cuatro elementos que hacen las veces de centros vecinales. La forma de cada uno de ellos es longitudinal y se traban entre los usos de vivienda y los corredores urbanos. Ubican los parques vecinales, las escuelas de educación básica, canchas deportivas y el comercio de barrio.

Centro de Barrio

El centro de barrio está localizado al centro del polígono y su elemento distintivo es una glorieta localizada en el quiebre de la prolongación de la avenida de Las Torres (avenida El Mezquital). En él se ubican equipamientos de educación media, oficinas gubernamentales, locales comerciales y servicios como la gasolinera y el mercado público.

Corredor Urbano

El corredor urbano es otro elemento concentrador de servicios y equipamiento. El más importante se localiza sobre la prolongación de la avenida de Las Torres (vialidad El Mezquital), y actúa como columna vertebral de todo el desarrollo. En él se ubican los espacios abiertos, zonas deportivas y lugares para el comercio; además de los usos ya señalados en el centro de barrio.

Un segundo corredor urbano está localizado sobre el borde del lindero oriente, que es la continuación del libramiento (vialidad regional futura), y aunque su jerarquía es menor con relación al anterior, ubica los mismos usos del suelo.

Espacios abiertos

La estructura urbana propuesta para el predio "El Mezquital" considera también una secuencia de espacios abiertos que se entrelazan con la vialidad principal, prolongación de la avenida de Las Torres (vialidad El Mezquital), pues ésta última mantiene un camellón arborizado en todo su trazo.

Estos espacios abiertos están destinados a parques y zonas deportivas, y en el caso de los primeros están diseñados como depresiones en el terreno (parques hundidos) para facilitar el drenaje pluvial de la zona y la recarga de los mantos acuíferos; y para generar mayor sentido de pertenencia al tener dominio perceptual sobre ellos.

II.5.- VIALIDAD Y TRANSPORTE

II.5.1.- VIALIDAD

La zona de estudio de regularización de El Mezquital se estructura con una trama vial perfectamente jerarquizada, para con ello contribuir a la zonificación de los usos de suelo propuestos. La vialidad es un componente esencial que facilita la integración del polígono objeto de este proyecto a la ciudad, y un factor que ayuda a la definición de la estructura urbana, por eso la movilidad se resuelve sobre dos principios básicos:

1. Proyectando vías de comunicación y rutas de transporte público que conecten eficientemente el predio con el resto de la zona sur, de manera que se aminore el efecto de lejanía; y
2. Ofreciendo a la población del asentamiento calles que faciliten la relación interna entre los barrios y sus espacios públicos.

La vialidad principal que cruza el conjunto es la prolongación de la avenida de Las Torres (vialidad El Mezquital), lo cual facilita y hace más directa la comunicación vehicular con el resto de la ciudad.

Por ser una vialidad secundaria de acceso, la sección es amplia, de 30 m., y tiene dos cuerpos de circulación vehicular de dos carriles cada uno separados por un camellón de seis metros y banquetas a ambos lados de cinco metros.

El resto de la trama son vialidades colectoras y locales con secciones de 23, 18, 17 y 13 mts., cuyo trazo obedece a una retícula preponderantemente ortogonal con relación al eje de la vialidad principal.

La organización del esquema vial se ha diseñado favoreciendo recorridos dentro del propio conjunto urbano, ya sea hacia los espacios públicos y equipamientos o a otras zonas urbanas en el exterior.

II.5.2.- TRANSPORTE

El transporte colectivo diseñado en la zona del estudio de regularización está considerado como una continuidad del sistema general de toda la ciudad.

La articulación con el transporte de la ciudad se hace a través de varias calles y avenidas que cruzan el libramiento de carácter regional. A ambos lados de la vialidad prolongación Las Torres (vialidad El Mezquital) están dos calles de 18 m. de sección, con el propósito de que funcionen como rutas de transporte público. Su ubicación facilita la cobertura de todo el desarrollo, ya que a lo largo de ellas se localizan los puntos de ascenso y descenso, para que de ahí los usuarios se desplacen a pie a sus casas, a una distancia no mayor de 400 m.

II.6.- EQUIPAMIENTO URBANO

El equipamiento es uno de los aspectos nodales en la definición de la estructura urbana, ya que es un elemento que aglutina y potencia la interacción social, permitiendo a la población acceder a mejores niveles de calidad de vida y a un mejor desarrollo económico y cultural.

La dotación de equipamiento brinda la posibilidad de edificar elementos o establecer zonas que proporcionen carácter e identidad al predio dentro de la ciudad.

Para la dosificación de los equipamientos urbanos, se tomó en cuenta una densidad de 26 viviendas por hectárea y para estimar la población a albergar se consideró a razón de 4.5 habitantes por vivienda, lo que da como resultado una población de 11,700 habitantes.

Derivado de lo anterior, y con base en las tablas para la dosificación de equipamiento que emite la Sedesol, se describe a continuación el equipamiento que se deberá dotar:

RESUMEN DE DOSIFICACIÓN DE EQUIPAMIENTO

NIVEL VECINAL

SISTEMA	ELEMENTO	SUPERFICIE DE TERRENO (M ²)		No. ELEMENTOS
		Vendible	Donación	
Educación	Jardín de niños		1575	1
	Primaria		11790	4
Comercio	Comercio	340		2
	Plaza para tiangus o mercado sobre ruedas		16206	3
Recreación	Juegos Infantiles		7500	6

NIVEL BARRIAL

SISTEMA	ELEMENTO	SUPERFICIE DE TERRENO (M ²)		No. ELEMENTOS
		Vendible	Donación	
Educación	Escuela Técnica		3000	1
	Secundaria		9180	1
	Bachillerato General		9350	1
Cultura	Biblioteca local		810	3
	Centro Social Popular		3900	3
Salud	Clínica		1500	1
Asistencia Pública	Guardería Infantil		579	1
Comercio	Centro comercial	3000		1
	Mercado Público		4500	1
Deporte	Salón deportivo	255		1
	Canchas deportivas		11000	1
Servicios Urbanos	Gasolinera	1600		2
Administración Pública	Delegación Municipal		600	1
	Ofnas. Gobierno Edo.		850	

II.7.- ZONIFICACIÓN Y NORMAS

La normatividad aplicable para esta zona se sujeta a lo establecido en el apartado 3.7 Zonificación Secundaria del Plan Director de Desarrollo Urbano, en su versión 2001, publicada en el Periódico Oficial el día 10 de noviembre del 2001.

En esta zona se utilizan las siguientes claves:

USOS	
CLAVE	USO PREDOMINANTE DE LA ZONA
H	HABITACIONAL
HC	HABITACIONAL EN CORREDOR URBANO
SE	SERVICIOS Y EQUIPAMIENTO
SH	MIXTO HABITACIONAL Y SERVICIOS
CD	MIXTO CENTRO DE DISTRITO
CB	MIXTO CENTRO DE BARRIO
SG	MIXTO SERVICIOS / INDUSTRIA / HABITACIÓN
AV	AREAS VERDES

EQUIPAMIENTO	
CLAVE	USO PREDOMINANTE DE LA ZONA
EG	ADMINISTRACIÓN PÚBLICA
EE	EDUCACIÓN Y CULTURA
ES	SALUD
EA	ABASTOS
ED	RECREACIÓN Y DEPORTE
EP	PROTECCIÓN Y SEGURIDAD
EM	MORTUORIO
EC	COMUNICACIONES Y TRANSPORTE
ECR	RESERVA PARA COMUNICACIONES Y TRANSPORTE
EI	INFRAESTRUCTURA

II.7.1.- NORMATIVIDAD COMPLEMENTARIA

POZOS DE ABSORCIÓN EN ÁREAS VERDES

Los pozos de absorción e inyección ubicados en áreas verdes que constituyen parques hundidos, tienen la finalidad de desalojar el agua pluvial. Deben de protegerse sus taludes con jardinería y pueden ser utilizados como centros recreativos, deportivos o de entretenimiento.

La arena removida en el proceso de mantenimiento a los pozos de absorción, debe ser reemplazada para asegurar una adecuada infiltración. De igual manera debe evitarse la compactación del suelo y la instalación de vegetación que impermeabilice la superficie de

filtración. Para esto último, se recomienda la forestación preferentemente con arbolados y pastos.

La operación y mantenimiento de las superficies de los parques hundidos y el filtro de arena, será responsabilidad del Municipio; y la operación y mantenimiento del pozo de absorción, deberá realizarla en coordinación con la Junta Municipal de Agua y Saneamiento.

Durante la época de lluvias, el Municipio, a través de la Dirección General de Servicios Públicos, deberá llevar a cabo la limpieza del parque y filtro de arena del pozo de absorción, ya que cuando escampe, quedará una gran cantidad de humedad, lodo y basura.

La rehabilitación del pozo deberá efectuarse una vez cada cuatro años (cinco como máximo), considerando que se dará mantenimiento anual al parque y filtro de arena. Lo anterior por parte del Municipio, en coordinación con la Junta de Municipal Agua y Saneamiento.

Para la operación y mantenimiento deberán seguirse las indicaciones del "Manual de operación y mantenimiento de pozos de absorción", anexo.

II.8.- DOSIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y PROGRAMACIÓN DE OBRAS

II.8.1.- FACTIBILIDAD DE AGUA POTABLE

El suministro de agua potable para la zona del estudio de regularización se proporcionará a través de dos pozos profundos ubicados dentro del predio. La distribución contempla un sistema constituido por dos tanques de regularización elevados, ubicados en el mismo lugar que los pozos, y líneas de conducción de 8 pulgadas que formarán dos circuitos interconectados a cada uno de los pozos de abastecimiento.

II.8.2.- FACTIBILIDAD DE DRENAJE SANITARIO

Para el desalojo de las aguas usadas que genere el asentamiento, se construyó un sistema que las conduce hasta el colector Lote Bravo localizado en la avenida de Las Torres, el cual forma parte del sistema de alcantarillado de la ciudad. Su destino final será la planta de tratamiento sur. Por la diferencia de niveles que presenta la zona con relación al mencionado colector, es necesario la construcción de un cárcamo de bombeo. El colector de aguas usadas construido es de 61 y 45 cms de diámetro, lo que le asegura una capacidad para canalizar un gasto de aproximadamente 500 litros por segundo, similar al generado por un asentamiento de cerca de 300 has.

Cabe hacer mención que esta solución se establece como medida temporal, debido a los altos costos de operación que representa a largo plazo el sistema de rebombeo y en razón de que es necesaria la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales para esta zona. También, debido a que la Planta de Tratamiento Sur y el colector Lote Bravo se encuentran saturados. De igual manera por constituir una cuenca cerrada.

En el análisis comparativo efectuado para la solución del drenaje sanitario en la zona, documento que se anexa, se recomienda la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, aún y cuando no se consideraron los costos de tratamiento del agua servida en el caso del colector, lo cual hace aún más onerosa la solución del cárcamo en relación a la planta local de tratamiento de aguas residuales.

La ubicación de la futura planta de tratamiento deberá acordarse con la Junta Municipal de Agua y Saneamiento, con base en los estudios y proyectos que para tal efecto se realicen.

II.8.3.- FACTIBILIDAD DE DRENAJE PLUVIAL

El esquema propuesto para resolver el drenaje pluvial de la zona de El Barreal, área en la que se encuentra el predio "El Mezquital", es dividirla en microcuencas con superficies promedio de 25 hectáreas, delimitadas por vialidades. Estas microcuencas absorberán las aguas de lluvia del propio terreno del fraccionamiento, evitando su acumulación en cuencas vecinas.

El proyecto de "El Mezquital", considera las rasantes de calles como conductos superficiales del agua de lluvia, hasta concluir en ocho parques hundidos, los cuales están planteados como almacenamientos artificiales, de tal forma que el nivel de dichos parques se encuentre por debajo de la vialidad. Estos parques se distribuyen en predios de acuerdo al proyecto de escurrimientos, y en ellos se perforarán pozos de absorción e inyección. Toda el agua captada en el interior del predio será eliminada de esta manera.

Datos más precisos acerca de la captación, control y absorción del agua de lluvia, así como de los proyectos, construcción y mantenimiento de las estructuras para su manejo se encuentran en el anexo "Estudio Hidrológico de la cuenca de El Barreal, versión sintética", que forma parte de este estudio de regularización.

II.8.4.- PROGRAMACIÓN DE OBRAS

El desarrollo del predio se ejecutará en tres etapas. La primera de ellas consiste en la construcción de infraestructura necesaria para la dotación agua potable, drenaje sanitario, electrificación y alumbrado público, además de las obras de pavimentación a nivel de subrasante con riego de impregnación.

La segunda etapa considera la urbanización y edificación de vivienda con las características descritas en el párrafo anterior.

La tercera y última etapa comprende la consolidación del conjunto urbano, mediante la edificación de vivienda de tipo de interés social o en condominio y la ocupación de lotes destinados a comercio y servicios.

Por tratarse de un desarrollo con vivienda de tipo progresivo, las obras de pavimentación se efectuarán hasta el nivel de terracerías. Para la conclusión de estas obras, será necesaria la coordinación con la dependencia municipal correspondiente (SUMA) y la participación comunitaria.

II.10 INCORPORACION DE LA ZONA "EL MEZQUITAL" AL AREA NORMATIVA DEL PLAN DIRECTOR DE DESARROLLO URBANO

El conjunto de los textos y gráficos contenidos en esta regularización de "El Mezquital" constituyen una modificación mayor del Plan Director de Desarrollo Urbano del Municipio de Juárez, Chihuahua, por lo tanto serán parte complementaria del mismo.

Esta modificación mayor a que hacemos referencia en este documento, modifica la última versión del Plan Director de Desarrollo Urbano de 1995, modificado a su vez en varias ocasiones. La última de ellas, y que constituye la última versión del Plan Director fue publicada en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado, el día 10 de Noviembre del 2001, y constituye la base de los cambios que se enuncian a continuación:

ZONIFICACION PRIMARIA:

La pagina 130 del Plan Director de Desarrollo Urbano "Zonificación primaria", será sustituida por el plano adjunto en la página 56 de este documento, en virtud de que se incorpora la zona denominada "EL MEZQUITAL" como zona de reserva para crecimiento ("R").

ZONIFICACIÓN SECUNDARIA:

La pagina 98 del Plan Director de Desarrollo Urbano, denominada "Carta Urbana", será sustituida por el plano adjunto en la pagina 57 de este documento, en virtud de que se incorpora la zona denominada "EL MEZQUITAL".

La zonificación secundaria de la zona de "El Mezquital" se muestra en detalle en la página 42 de este documento.

BIBLIOGRAFÍA

- Plan Director de Desarrollo Urbano de Ciudad Juárez, Chih. Actualización 1995
- Anexo Zona Sur. Plan Director de Desarrollo Urbano de Ciudad Juárez, Chih. Actualización 1995
- Modificaciones menores y Actualización de Gráficos. Plan Director de Desarrollo Urbano de Ciudad Juárez, Chih.
- Ley de Desarrollo Urbano para el Estado de Chihuahua
- Estudio de Impacto Urbano de la Zona del Mezquital. Instituto de la Vivienda de Chihuahua.
- Estudio Hidrológico de la cuenca de “El Barreal” en Ciudad Juárez, enfocado al análisis del crecimiento urbano. Instituto de la Vivienda del Estado

III.- ANEXOS

ANEXO III.1
ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA "EL
BARREAL"

ESTUDIO HIDRÓLOGICO DE LA CUENCA DE "EL BARREAL" EN CIUDAD JUAREZ ENFOCADO AL ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD

I.- INTRODUCCIÓN

I.1.- Antecedentes

Ciudad Juárez como una de las fronteras más importantes del país ha estado experimentado un crecimiento muy acelerado desde la década de los 70's, provocando una fuerte presión para dotar de vivienda a los casi 60,000 nuevos habitantes que se integran cada año a la ciudad, y que debido a las restricciones que tiene el uso del suelo en las zonas de crecimiento más cercanas, la dinámica del desarrollo urbano se ha dirigido hacia el sur y sureste de la ciudad.

Tanto el sur como el sureste requieren de condiciones especiales para su desarrollo urbano por sus características hidrológicas, pero particularmente el sur, ya que gran parte del área que ocupa se encuentra localizada dentro de la cuenca endorréica (cerrada), que presenta problemas para el desalojo de las aguas producto de la precipitación pluvial y de las aguas residuales urbanas.

Aunque la zona se localiza dentro del Desierto de Chihuahua y las lluvias son escasas, estas se caracterizan por ser torrenciales, de tal forma, que en un solo evento de lluvia se puede precipitar el equivalente a más de la tercera parte de la precipitación anual, provocando problemas de inundación y desbordamientos de cauces en diferentes zonas de la ciudad, como el ocurrido en el mes de Junio del año en curso (2000).

Esta problemática se agudizará en la medida que avance la urbanización, provocando compactación y pavimentación sobre los suelos, lo que permitirá mayores tasas de escurrimiento hacia las zonas mas bajas, por lo que es imperativo dar solución a esta problemática.

La zona de El Barreal es la parte mas baja de una cuenca cerrada de aproximadamente 120 Km². En las partes altas de esta cuenca se encuentran suelos de alta permeabilidad y en el área de interés se presenta un estrato de arcilla compacta que evita la infiltración del agua hacia el subsuelo, almacenándose durante largos periodos de tiempo hasta que la evaporación se encarga de secar la zona.

I.2.- Objetivo

Dado que el Area de El Barreal esta colindando con la zona urbana del motivo de este estudio es conocer la magnitud de los efectos de la precipitación pluvial en el dentro de la cuenca y particularmente en la zona inundable, donde ya existe un desarrollo urbano, habitacional, comercial e industrial y donde en el futuro inmediato se establecerán nuevos desarrollos de este tipo.

I.3.- Metodología

La metodología de trabajo la podemos dividir en actividades de campo y de gabinete. Las actividades de campo corresponden a reconocimiento del área de trabajo, levantamiento de pozos y trabajos de geofísica para complementar la información hidrogeológica y geofísica existente.

Por otra parte, las actividades de gabinete corresponden a la recopilación de información, interpretación de la información hidrogeológica y geofísica, análisis hidrológico e hidráulica de la cuenca, y diseño del anteproyecto de las obras de manejo y control del agua en la zona; así como, de su operación, mantenimiento y costo de las mismas.

Los análisis de alternativas se desarrollaron considerando la necesidad de liberar de agua proveniente de la lluvia en la zona de inundación de El Barreal, para lo cual se estudiaron varias opciones diferentes pero competitivas entre si. Se revisaron los volúmenes de agua que entran a la cuenca y las formas de controlarlos y disponer de los mismos.

II.- ZONA DE ESTUDIO

II.1.- Localización

Geográficamente la zona se localiza entre las coordenadas 31° 36' 00" y 31° 35'30" de latitud norte y 106° 26' 46" y 106° 24'23" de longitud oeste, con una superficie aproximada de 120 km² ubicadas al sur de Cd. Juárez, de las cuales la superficie ocupada por el Lote Bravo fue estudiada con más detalle por la zona de inundación (**Figura II.1(1)**).

II.2.- Clima

De acuerdo a la clasificación de climas realizada por Köeppen y modificada por Enriqueta García (1964) para las condiciones de la República Mexicana, el clima de la región es muy seco o desértico y se clasifica por su humedad y temperatura como BWkx'(e'), templado con verano cálido (**Tabla II.2(1)**).

La temperatura media anual oscila entre 12 y 18 °C; la del mes más frío entre -3 y 18 °C, y la del mes más caliente mayor a 18 °C, con régimen de lluvias intermedio y muy extremoso.

Con base en datos de la estación climatológica Ciudad Juárez, la temperatura promedio anual en ésta ciudad es de 18.45°C, siendo los meses más calurosos de Junio a Agosto y los más fríos de Noviembre a Marzo.

Tabla II.2(1).- Clasificación del clima.

Grupo	Tipo	Por su humedad	Régimen de lluvias	Por oscilación térmica anual
B	W	k	x'	(e')
Seco	Muy seco o árido	Templado con verano cálido	Intermedio	Muy extremoso

La precipitación media anual en la franja estudiada es de 250 mm. en el período analizado, presentándose las mayores precipitaciones entre los meses de Junio, Julio, Agosto, Septiembre y Octubre; y las menores en Marzo y Abril.

De acuerdo a estudios previos y a los análisis de estaciones climatológicas de la zona norte del Estado, la precipitación aumenta hacia el suroeste, pasando la isoyeta de 200 mm por Praxedis G. Guerrero, la de 250 mm entre Samalayuca y Ciudad Juárez y la de 300 mm al sur de Villa Ahumada (**Figura II.2(1)**).

Respecto a la temperatura de acuerdo a la información de las mismas estaciones, prácticamente el área de estudio se encuentra entre las isotermas de los 17 y 18°C. las cuales aumentan su valor hacia el noroeste y sureste es decir hacia Cd. Juárez y Ojinaga, y lo disminuyen hacia el suroeste, rumbo a Casas Grandes.

II.3.- Hidrología superficial.

En forma general, 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", misma que tiene como principal corriente precisamente el Río Bravo, del cual tomó su nombre; es una corriente de régimen perene que fluye de noroeste a sureste, limitando el área de estudio en su porción norte; así mismo desde Ciudad Juárez, Chih., hasta su desembocadura en el Golfo de México, en la ciudad de Matamoros, Tamaulipas, es frontera internacional entre México y E.E.U.U. (país en el que nace).

Particularmente, el área de estudio se localiza en la pequeña cuenca cerrada de la Laguna El Barreal donde se presentan algunas corrientes intermitentes de poco desarrollo, generalmente de primer y segundo orden, que drenan sus aguas hacia ésta, donde depositan láminas de agua generalmente muy pequeñas (algunos centímetros) y extraordinariamente hasta de 50 cm. cubriendo una zona de inundación de aproximadamente 12 km².

II.4.-Geología.

II.4.1- 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.

Manuel Alvarez Jr., (1958) denomina a esta provincia, Antigua Zona Lacustre siendo ésta una subprovincia de la Mesa Central del Norte (E. Ordoñez, 1936), también llamada Mesa del Norte (Garfias 1949) **(Tabla II.4(1))**.

La Provincia Fisiográfica de Cuencas y Sierras, se caracteriza por ser una extensa zona desértica en la que emergen grandes bloques montañosos, principalmente de rocas sedimentarias marinas de edad cretácica separados por amplias llanuras, las que al paso del tiempo, 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 Ordoñez llamó Barreal, que en la mayoría de los casos son temporales, como las lagunas de Patos y de El Cuarenta, ubicadas al sur, fuera de la zona de estudio.

Tabla II.4(1).- Provincias Fisiográficas

NOMBRE	AUTOR	AÑO
SIERRAS Y CUENCAS	E. RAISZ	1964
ANTIGUA ZONA LACUSTRE	M. ÁLVAREZ JR.	1958
MESA DEL NORTE	GARFIAS	1949
MESA CENTRAL DEL NORTE	E. ORDOÑEZ	1936

Localmente los rasgos topográficos más importantes en la zona de estudio son: el Valle del Río Bravo denominado localmente Valle de Juárez, y las sierras aisladas, angostas y alargadas que presentan una orientación preferencial noroeste - sureste, como la Sierra de Juárez, El Presidio, Guadalupe, La Esperanza y San Ignacio, las cuales en general presentan un flanco escarpado y el otro con pendientes muy fuertes, seguido de una zona de transición constituida por lomeríos y una planicie ondulada que desaparecen en las cercanías del río, donde se forma la planicie aluvial del Río Bravo.

II.4.2.- Geomorfología

De acuerdo al comportamiento de las diferentes rocas ante los agentes atmosféricos y a sus formas adoptadas ante los procesos de intemperismo y erosión, se diferenciaron dos unidades geomorfológicas en la zona de estudio: Planicie Ondulada y Planicie Lacustre.

Planicie Ondulada.- Se asignó este nombre al relieve formado por una conjunto de dunas fijas, constituidas por arenas finas bien clasificadas producto de la intensa actividad eólica que ha actuado sobre las rocas preexistentes dándole al relieve una forma ondulada.

Planicie Lacustre.- Como planicie lacustre se definió a la parte topográficamente más baja del de la zona y de pendiente muy suave, constituida por los depósitos lacustres, consistentes en arenas, limos y arcillas. Esta geoforma conforma toda la zona de inundación de la Laguna el Barreal.

Con base en las características geomorfológicas que presenta la zona de estudio como son: su alto grado de intemperismo y erosión, su relieve suave presentando extensas áreas planas o semiplanas, la litología y permeabilidad de los materiales por los que atraviesa; se le puede ubicar en una etapa de madurez.

II.4.3- Estratigrafía

Regionalmente en la zona afloran rocas del Mesozoico, Cenozoico y Reciente. 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: siendo representado en el Terciario por rocas intrusivas de composición ácida e intermedias, y por depósitos conglomeráticos; y en el Cuaternario o Reciente, por depósitos de sedimentos clásticos gruesos a finos de origen aluvial, lacustre y eólico. En la **Figura II.4.3(1)** se presenta el plano geológico con la distribución de estas rocas.

Terciario Sedimentario

El Terciario Sedimentario de la región esta representado por dos formaciones depositadas en ambientes diferentes: los Depósitos de Abanico Aluvial y los Depósitos de Bolsón.

Depósitos de Bolsón (Tb)

Estos depósitos consisten en estratos de gravas, arenas y arcillas no consolidados, depositados en un ambiente lacustre, en una interestratificación múltiple. De acuerdo a un pozo perforado en la porción estadounidense del bolsón, estos depósitos presentan un espesor máximo de 2743 m (Meyer, 1976), acuniándose hacia las estribaciones de las sierras que los limitan al este y oeste.

Estratigráficamente estos sedimentos en donde presentan el máximo espesor, sobreyacen discordantemente a un granito y más al este, a una formación calcárea; y subyacen a los depósitos de edad cuaternaria consistentes en arenas eólicas y en sedimentos aluviales (Qal).

En los pozos de agua potable de Ciudad Juárez, los sedimentos de depósitos de bolsón perforados, consisten principalmente en estratos de arena y arcilla y solo los que se encuentran cercanos a la sierra perforaron gravas de los abanicos aluviales.

En forma general los depósitos de bolsón presentan una granulometría gruesa en las estribaciones de la sierra, y fina principalmente arcillas y limos, en el centro del valle, en ambos lados de la frontera internacional.

Depósitos de Abanico Aluvial (TQcg).

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 extiende hasta finales del Terciario y principios del Cuaternario (Pliocuatnario); sin embargo, no se pudo recabar todas las evidencias necesarias para poder definir su edad con mayor precisión.

Estratigráficamente se encuentran sobreyaciendo en discordancia erosional a las rocas del Cretácico y subyacen a los depósitos de edad Cuaternaria consistentes en arenas eólicas y en los sedimentos aluviales (Qal). Estos depósitos se encuentran distribuidos en las estribaciones de la sierra de Juárez.

Sistema Cuaternario

El Cuaternario de la zona está representado por depósitos de sedimentos aluviales (Qal), lacustres y por sedimentos eólicos recientes.

Sedimentos Aluviales

Estos sedimentos se encuentran distribuidos en los cauces de los arroyos principales de la zona y en las márgenes del Río Bravo. En los cauces de los arroyos, los depósitos consisten en gravas y arenas mal clasificadas y de poco espesor; mientras que los depósitos ubicados en las márgenes del Río Bravo, son sedimentos que tienen espesores que varían de 30 a 90 m.

Los sedimentos aluviales depositados por el Río Bravo en los Estados Unidos son denominados Aluvión Río Grande, donde predominan principalmente, los depósitos de grava y arena con algunos estratos de arcilla intercalados.

Sedimentos Eólicos

Los depósitos de sedimentos eólicos están constituidos de arenas finas y limos, conformando un sistemas de dunas fijas y móviles, generalmente de poco espesor.

Estratigráficamente los sedimentos aluviales y eólicos sobreyacen en discordancia erosional, a los depósitos de abanico aluvial y a los sedimentos de bolsón del Terciario.

Sedimentos Lacustres

Se localizan al sur de la zona urbana de Ciudad Juárez en una pequeña cuenca endorréica de relativa poca extensión denominada Laguna El Barreal. En estos sedimentos el tamaño de partículas dominantes es el de las arcillas y arenas cementadas en los primeros metros, predominando los estratos arenosos a mayor profundidad.

Localmente la geología de la zona esta representada por sedimentos aluviales, eólicos y lacustres que sobreyacen a los sedimentos de bolsón, consistentes en estratos intercalados de arena y arcilla.

II.4.4- Geología del subsuelo.

Localmente el subsuelo de la laguna, de acuerdo a los pozos perforados por la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez (JMAS), esta constituido principalmente por arena y arcillas depositados en estratos delgados intercalados, predominando el contenido de arena. En la **Tabla II.4.4(1)** se muestra el corte litológico de los pozos Victoria y196 que son los mas representativos de la zona, ya que se ubican dentro de la zona de inundación de la laguna y en las **Figuras II.4.4(1)** y **II.4.4(2)** se muestran dos secciones donde se observa las distribución de las unidades litológicas en el subsuelo hasta los 100 m de profundidad. Las localización de las secciones litológicas se muestra en el plano de la

Figura .II.4.4(3).**Tabla II.4.4(1).- Cortes litológicos de los pozos Victoria y 196.**

POZO VICTORIA		POZO 196	
Profundidad (m)	Litología	Profundidad (m)	Litología
2-8	Arcilla con arena fina cementada	2-4	arcilla con arena cementada
8-14	Arena fina	4-10	Arena fina y media
14-28	Arcilla con arena	10-38	Arcilla con arena mixta
28-36	Arena fina	38-44	Arena fina
36-38	Arena fina con arcilla	44-54	Arcilla con arena fina y mixta
38-48	Arcilla con arena fina	54-68	Arena fina
48-74	Arena fina	68-72	Arcilla con arena fina
74-80	Arcilla con arena media	72-82	Arena fina
80-86	Arena fina	82-86	Arcilla con arena media
86-90	Arcilla con arena	86-92	Arena fina y media
90-96	Arena mixta	92-96	Arcilla con arena fina y media
96-98	Arcilla con arena fina	96-102	Arena media
98-116	Arena fina	102-104	Arcilla con arena fina

Según la geología e hidrogeología de la zona, en la cuenca se presentan características muy favorables para la infiltración de agua proveniente de la lluvia, lo cual sucede de manera natural en forma muy significativa respecto a los volúmenes de lluvia, sin embargo, por el tipo de clima de la región, las tormentas de corta duración y alta intensidad generan escurrimientos que llegan hasta el Río Bravo y/o se depositan en áreas de inundación, como es el caso de El Barreal, perdiendo en estos casos volúmenes importantes de agua, ya sea por el escurrimiento mismo o por evaporación.

Una parte importante para el control de avenidas y para el aprovechamiento óptimo de la precipitación pluvial es la captación e infiltración del agua de lluvia, lo cual es muy factible en esta zona debido a los tipos de estratos de alta permeabilidad presentes en el subsuelo, situación que se ha descrito en este apartado del estudio.

IV.- ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA CUENCA

Este estudio se desarrolló considerando que dentro de la cuenca se establecerán desarrollos urbanos, lo cuales deberán resolver individualmente el problema de los escurrimientos provenientes del agua de lluvia.

Para esto, se analiza una lluvia extrema de 24 horas de duración para diferentes periodos de retorno, seleccionado el de 100 años con el cual se realizarán los diseños de las estructuras de control y disposición de los volúmenes de agua provenientes de la precipitación pluvial.

IV.1.-Lluvias máximas en 24 horas

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- Colmogorov. Después se compararon los resultados con los obtenidos de las curvas isomáximas, de la SARH dando valores similares.

Tabla IV.1(1).- Precipitación máxima en 24 hrs. en mm (Est. Juárez 1969 – 1996)

Año	Chamizal	C.M. Cd. Juárez	Adoptado
1969	19.5		19.5
1970	36.2		36.2
1971	55.5		55.5
1972	38.2		38.2
1973	80.2		80.2
1974	52.7		52.7
1975	63.0		63.0
1976	28.1		28.1
1977	28.7		28.7
1978	62.5		62.5
1979	26.5		26.5
1980	31.9		31.9
1981	30.9	24.0	30.9
1982	53.9	51.0	53.9
1983	30.0	23.0	30.0
1984	38.7	50.0	50.0
1985	32.2	25.7	32.2
1986	30.5	24.0	30.5
1987	33.5	70.5	70.5
1988	28.3	35.6	35.6
1989	23.0	24.3	24.3
1990	29.4	34.9	34.9
1991		40.0	40.0
1992		44.0	44.0
1993		27.4	27.4

Tabla IV.1(2).- Parámetros de la muestra

Parámetro	Valor
Media	41.0880
Desviación estándar	15.8144
Coefficiente de asimetría	.8905

Tabla IV.1(3).- Distribución Gumbel

DISTRIBUCION GUMBEL	PARAMETROS DE LA FUNCION A PARTIR DEL AJUSTE					
	ALFA	.0886	MEDIA DESV.ESTANDAR	40.6275		
	BETA	34.1138	COEF. DE ASIMETRIA	14.4725		
				1.1396		
PERIODO DE RETORNO (EN Años) PRECIPITACION EN mm						
	5	25	100	500	1000	1000
EVENTO ESTIMADO	51.05	70.22	86.04	104.26	112.09	138.09

Tabla IV.1(4).- Distribución Normal

DISTRIBUCION NORMAL	PARAMETROS DE LA FUNCION A PARTIR DEL AJUSTE					
	A	41.0880	MEDIA DESV.ESTANDAR	41.0880		
	B	16.6259	COEF. DE ASIMETRIA	16.6259		
				0.00000		
PERIODO DE RETORNO (EN Años) PRECIPITACION EN mm						
	5	25	100	500	1000	1000
EVENTO ESTIMADO	55.08	70.20	79.77	88.95	92.47	102.92

Tabla IV.1(5).- Distribución Log. Normal de dos parámetros

DISTRIBUCION LOGNORMAL DE 2 PARAMETROS	PARAMETROS DE LA FUNCION A PARTIR DEL AJUSTE					
	DELTA	0.0000	MEDIA DESV.ESTANDAR	41.0090		
	MU-L	3.6502	COEF. DE ASIMETRIA	15.1083		
	SIGMA-L	0.3568		0.00000		
PERIODO DE RETORNO (EN Años) PRECIPITACION EN mm						
	5	25	100	500	1000	1000
EVENTO ESTIMADO	51.95	71.87	88.26	107.46	115.9	145.03

Tabla IV.1(6).- Distribución Log Normal de 3 parámetros

DISTRIBUCION LOGNORMAL DE 3 PARAMETROS	PARAMETROS DE LA FUNCION A PARTIR DEL AJUSTE					
		DELTA	12.6801	MEDIA DESV.ESTANDAR	41.1922	
	MU-L	3.2009	COEF. DE ASIMETRIA	16.826		
	SIGMA-L	0.5466		1.9759		
PERIODO DE RETORNO (EN Años) PRECIPITACION EN mm						
EVENTO ESTIMADO	5	25	100	500	1000	1000
	51.58	76.63	100.28	131.12	145.68	200.21

Tabla IV.1(7).- Distribución gamma de 2 parámetros

DISTRIBUCION GAMMA DE 2 PARAMETROS	PARAMETROS DE LA FUNCION A PARTIR DEL AJUSTE					
		ALFA	4.8734	MEDIA DESV.ESTANDAR	41.0880	
	BETA	8.4311	COEF. DE ASIMETRIA	14.1505		
	DELTA	0.0000		0.6888		
PERIODO DE RETORNO (EN Años) PRECIPITACION EN mm						
EVENTO ESTIMADO	5	25	100	500	1000	1000
	52.25	68.86	61.01	93.92	99.22	116.11

Tabla IV.1(8).- Distribución gamma de 3 parámetros

DISTRIBUCION GAMMA DE 3 PARAMETROS	PARAMETROS DE LA FUNCION A PARTIR DEL AJUSTE					
		ALFA	10.7065	MEDIA DESV.ESTANDAR	41.0880	
	BETA	2.1869	COEF. DE ASIMETRIA	15.8328		
	DELTA	17.6743		1.3524		
PERIODO DE RETORNO (EN Años) PRECIPITACION EN mm						
EVENTO ESTIMADO	5	25	100	500	1000	1000
	52.26	74.50	92.61	113.22	122.05	151.4

Tabla IV.1(9).- Distribución exponencial (adoptada)

DISTRIBUCION EXPONENCIAL	PARAMETROS DE LA FUNCION A PARTIR DEL AJUSTE					
		ALFA	23.4921	MEDIA DESV.ESTANDAR	42.2520	
	BETA	18.7599	COEF. DE ASIMETRIA	18.7599		
				2.0000		
PERIODO DE RETORNO (Años)						
EVENTO ESTIMADO (mm)	5	25	100	500	1000	1000
	53.69	83.88	109.88	140.88	153.08	196.28

Tabla IV.1(10).- Pruebas de bondad del ajuste (dif. Mayor)

DISTRIBUCION	KOLMOGORNOV SMIRNOV(SUMA DE LOS CUADRADOS DE LOS EVENTOS ESTUDIADOS Y OBSERVADOS	SUMA DE LOS CUADRADOS DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LAS PROBABILIDADES ESTIMADAS Y LAS OBSERVADAS
GUMBEL	0.1173	0406X10 ³	0.1013
NORMAL	0.1541	0.55X10 ³	0.1587
LONG-NORMAL 2 PARAMETROS	0.1144	0.31X10 ³	0.0922
LONG-NORMAL 3 PARAMETROS	0.0858	0.209X10 ³	0.0529
GAMMA 2 PARAMETROS	0.137	0.442X10 ³	0.1395
GAMMA 3 PARAMETROS	0.0885	0.21X10 ³	0.0573
EXPONENCIAL	0.0643	0.1235X10 ³	0.0246

Tabla IV.1(11).-Comparación de los criterios empleados para estimación de lluvia

TR AÑOS	EXPONENCIAL P 24 HR. (mm)	CURVAS P 24 HR. (mm)
5	54	50
25	83	70
100	110	110
500	140	
1,000	153	150
10,000	196	200

Conclusión: Para los fines de este estudio, se adoptan los valores obtenidos en el método exponencial, a partir del cual, se realizarán los cálculos y diseños de estructuras de control de aguas pluviales, considerando un periodo de retorno de 100 años.

IV.2.-Distribución de la lluvia en el tiempo

Posteriormente la lluvia en 24 horas se distribuyó en el tiempo, tomando en cuenta la fórmula de Chen-Lung-Chen. Esta formula toma en cuenta la relación de lluvias de 1 a 24 hr., y periodos de retorno de 2 años. Resultando dicha relación de 0.53 y fue tomada de las curvas de E.U. debido a que en la zona no se tiene esa información. En las Tablas V.6(1) y V.6(2) se muestra la distribución de la lluvia para diferentes periodos de retorno

Tabla IV.2(1).- Distribución de la lluvia en el tiempo

TIEMPO (hrs)	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS					
	5	25	100	500	1000	10000
1.0	27.0	42.0	55.0	70.0	76.5	98.1
1.75	30.5	47.5	62.1	79.1	86.4	110.8
2.0	31.4	48.9	63.9	81.4	88.9	114.1
3.0	34.3	53.4	69.8	88.9	97.2	124.7
4.0	36.5	56.8	74.4	94.7	103.5	132.7
5.0	38.3	59.7	78.1	99.4	108.7	139.3
6.0	39.9	62.1	81.3	103.5	113.1	145.0
12.0	46.4	72.2	94.6	120.3	131.5	168.7
24.0	54.0	84.0	110.0	140.0	153.0	196.2

Esta tabla nos muestra la cantidad de lluvia que se presenta en una tormenta de 24 horas, la cual servirá para conocer los gastos máximos en cada momento durante la tormenta y con ello los volúmenes de almacenamiento y disposición de agua.

Tabla IV.2(2).- Precipitación máxima en 24 horas (mm) en la Estación C.M de Cd. Juárez.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1981	14.0	6.7	2.5	16.0	24.0	6.0	11.5	16.6	13.0	9.0	2.6	1.5	24.0
1982	8.0	13.5	0.2	2.0	4.5	5.5	18.0	2.5	7.0	0.2	4.0	28.5	28.5
1983	5.0	14.0	4.0	23.0	16.0	9.5	8.5	18.5	10.0	20.0	5.0	2.5	23.0
1984	4.0	0.0	10.0	0.0	8.7	50.0	10.0	30.0	7.0	31.5	0.5	17.0	50.0
1985	9.1	4.3	6.3	3.0	0.2	2.5	8.0	19.5	9.5	25.7	3.7	0.1	25.7
1986	0.1	5.3	6.0	0.1	8.7	23.0	24.0	7.2	3.8	6.7	20.7	15.0	24.0
1987	0.1	7.9	8.0	1.7	1.0	21.0	13.3	36.6	7.3	0.2	6.2	39.5	39.5
1988	3.0	10.0	2.0	3.3	1.6	0.5	27.0	23.1	35.6	29.4	2.7	4.0	35.6
1989	0.7	24.3	8.8	5.4	3.8	8.4	14.5	11.8	11.9	11.9	0.0	3.2	24.3
1990	4.3	2.1	4.6	3.6	0.0	0.1	22.4	34.9	34.3	12.0	18.3	5.6	34.9
1991	17.0	4.8	0.4	3.0	28.8	1.2	13.5	40.0	19.9	2.0	7.8	32.2	40.0
1992	7.2	4.2	4.5	18.8	44.0	2.1	11.2	19.4	6.4	8.4	3.3	18.7	44.0
1993	25.3	3.2	0.0	3.6	0.0	9.3	12.5	27.4	26.3	12.0	10.7	10.3	27.4

La precipitación máxima de 24 horas que se ha presentado en este periodo observado, es de 44

Milímetros, la cual es significativamente inferior a la que se utilizaría en los diseños de estructuras que para 100 años es de 110 mm lo cual nos permite tener un buen factor de seguridad en el proyecto

IV.3.- Ecurrimientos

En las Tablas V.7(1) a la V.7(x) se presentan las características de los escurrimientos para diferentes tipos de terreno de donde se seleccionaron los datos para los análisis del presente estudio.

Tabla IV.3(1).- Número de escurrimiento NII

USO DE LA TIERRA TIPO DE SUELO O COBERTURA	CONDICION DE LA SUPERFICIE	A	B	C	D
BOSQUES (SEMBRADOS O CULTIVADOS)	ESPARCIDO O BAJA	45	66	77	83
	TRANSPIRACION DENSO O ALTA TRANSP.	36	60	73	79
CAMINOS	DE TIERRA	72	82	87	89
	SUPERFICIE DURA	74	84	90	92
BOSQUE NATURALES	MUY ESPARCIDO O BAJA	56	75	86	91
	TRANSP.	46	68	78	84
	ESPARCIDO O BAJA TRANSP.	36	60	70	78
	NORMAL	26	52	62	69
	DENSO O ALTA TRANSP.	15	44	54	61
DESCANSO (SIN CULTIVO)	SURCOS CULTIVOS	77	86	91	94
CULTIVOS DE SURCO	SURCOS RECTOS	70	80	87	90
	SURCOS (CURVAS DE NIVEL)	67	77	83	87
	TERRAZAS	64	73	79	82
CEREALES	SURCOS RECTOS	64	76	84	88
	SURCOS (CURVAS DE NIVEL)	62	74	82	85
	TERRAZAS	60	71	79	82
LEGUMINOSA (SEMBRADAS CON MAQUINARIA O AL VOLEO) O POTRERO DE ROTACION	SURCOS DE ROTACION	62	75	83	87
	SURCOS (CURVAS DE NIVEL)	60	72	51	84
	TERRAZAS	57	70	78	82
PASTIZAL	POBRE	68	79	66	89
	NORMAL	49	69	79	84
	BUENO	39	61	74	80
	CURVAS DE NIVEL POBRE	47	67	81	88
	CURVAS DE NIVEL NORMAL	25	59	75	83
	CURVAS DE NIVEL BUENO	6	35	70	79

Tabla IV.3(2).-Coeficiente de escurrimiento (C) de la fórmula racional

TIPO DE AREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
CESPED:	
SUELO ARENOSO PLANO 2 %	0.05-0.10
SUELO ARENOSO MEDIO 2-7 %	0.10-0.15
SUELO ARENOSO ESCALONADO 7%	0.15-0.20
SUELO DENSO PLANO 2 %	0.13-0.17
SUELO DENSO MEDIO 2-7 %	0.18-0.22
SUELO DENSO EMPINADO 7 %	0.25-0.35
ZONAS COMERCIALES:	
AREAS DEL CENTRO DE LA CIUDAD	0.70-0.95
AREAS EN ALREDEDORES DE LA CIUDAD	0.50-0.70
ZONAS RESIDENCIALES:	
AREAS UNIFAMILIARES	0.30-0.50
AREAS MULTIFAMILIARES	0.40-0.60
AREAS MULTIFAMILIARIAS JUNTAS	0.60-0.75
AREAS SUBURBANA	0.25-0.40
ZONAS INDUSTRIALES:	
AREAS DESPEJADAS	0.50-0.80
AREAS DENSAS	0.60-0.90
PARQUES Y CEMENTERIOS	0.10-0.25
PARQUES DEPORTIVOS	0.20-0.35
AREAS DE PATIOS DE FERROCARRIL	0.20-0.40
AREAS IMPROVISADAS	0.10-0.30
CALLES:	
PAVIMENTO ASFALTICO	0.70-0.95
CONCRETO HIDRAULICO	0.80-0.95
LADRILLO	0.10-0.65
PASEOS ANDADORES	0.75-0.85
AZOLVES	0.75-0.95

El coeficiente de escurrimiento adoptado para los proyectos de control pluvial se adopta de 0.70 el cual corresponde a un promedio de zonas residenciales unifamiliares con calles de pavimento asfáltico, incluyendo zonas industriales y comerciales.

IV.4.- Tránsito de avenida máxima

En este apartado se desarrolla el modelo del comportamiento de los escurrimientos que llegan a la zona de inundación considerando una tormenta para un periodo de retorno de 100 años. Para este análisis, se toma como válidos los cálculos para las Subcuencas existentes en el área, calculados anteriormente

La revisión se realiza por tres métodos: MGRAY, I PAI WU y H.U.T. los cuales se presentan en la **Tabla IV.4(1)** y el hidrograma unitario promedio se calcula en la **Tabla IV.4(2)** y se muestra en la **Figura IV.4(1)**.

A partir de estos resultados, se determinó el hidrograma unitario adimensional, el cual es válido para todos los eventos de la zona en el periodo de retorno considerado (100 años), el cual nos indica el comportamiento de la entrada de agua a cada una de las subcuencas.

Tabla IV.4(1).- Cálculo del hidrograma unitario por tres métodos

M GRAY				I PAI WU				H.U.T	
T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q
0	0.0	3.615	43.6	0	0.0	5.3	73.9	0	0.0
0.1	0.7	0.1		0.1	0.0	5.4	74.7	0.1	9.8
0.2	1.4	0.2		0.2	0.0	5.5	75.5	0.2	19.7
0.213	1.4	3.828	33.0	0.3	0.0	5.6	76.3	0.3	29.5
0.3	6.9	0.3		0.4	0.0	5.7	76.8	0.4	39.4
0.4	8.5	0.4		0.5	0.0	5.8	76.7	0.5	49.2
0.425	14.7	4.04	24.7	0.6	0.0	5.9	76.0	0.6	61.3
0.5	25.9	0.5		0.7	0.0	6	75.3	0.7	73.5
0.6	31.5	0.6		0.8	0.0	6.1	74.6	0.8	85.6
0.638	46.4	4.252	18.3	0.9	0.0	6.2	73.9	0.9	97.7
0.7	59.2	0.7		1	0.1	6.3	73.2	1	109.8
0.8	69.7	0.8		1.1	0.1	6.4	71.9	1.1	121.9
0.851	90.4	0.9		1.2	0.1	6.5	70.1	1.2	134.0
0.9	100.8	1		1.3	0.1	6.6	68.4	1.3	146.1
1	113.9	4.678	9.7	1.4	0.2	6.7	66.6	1.4	147.2
1.062	135.1	1.1		1.5	0.2	6.8	64.9	1.5	143.6
1.1	141.4	1.2		1.6	0.2	6.9	63.1	1.6	140.0
1.2	154.1	4.891	7.0	1.7	0.2	7	61.0	1.7	136.4
1.276	170.8	1.3		1.8	0.6	7.1	60.8	1.8	132.7
1.3	173.3	1.4		1.9	0.9	7.2	58.6	1.9	126.6
1.4	182.3	1.5		2	1.2	7.3	58.4	2	119.3
1.489	192.5	5.103	5.0	2.1	1.5	7.4	56.2	2.1	112.1
1.5	192.8	1.6		2.2	1.8	7.5	49.8	2.2	104.8
1.6	196.1	1.7		2.3	1.8	7.6	47.6	2.3	97.5
1.7	196.1	5.316	3.5	2.4	3.7	7.7	45.4	2.4	90.3
1.701	199.3	1.8		2.5	5.4	7.8	43.2	2.5	83.0
1.8	196.6	1.9		2.6	7.1	7.9	41.0	2.6	75.8
1.9	193.9	5.529	2.5	2.7	8.8	8	38.7	2.7	68.5
1.914	193.5	2		2.8	10.5	8.1	36.6	2.8	61.3
2	187.5	2.1		2.9	12.2	8.2	34.7	2.9	54.0
2.1	180.4	5.741	1.7	3	13.9	8.3	32.7	3	46.8
2.126	178.6	2.2		3.1	15.6	8.4	30.8	3.1	39.5
2.2	171.5	2.3		3.2	17.3	8.5	28.9	3.2	32.3
2.3	161.9	5.954	1.2	3.3	19.0	8.6	27.0	3.3	25.0
2.339	158.1	2.4		3.4	20.0	8.7	25.3	3.4	17.8
2.4	151.6	2.5		3.5	24.8	8.8	23.9	3.5	10.5
2.5	140.9	6.167	0.8	3.6	28.0	8.9	22.4	3.6	6.1
2.552	135.3	2.6		3.7	31.3	9	21.0	3.7	4.8
2.6	130.2	2.7		3.8	34.5	9.1	19.6	3.8	3.4
2.7	119.5	6.379	0.6	3.9	37.7	9.2	18.1	3.9	2.1
2.764	112.6	2.8		4	38.8	9.3	16.8	4	0.7
2.8	109.0	2.9		4.1	43.4	9.4	15.7	4.1	0.0
2.9	99.1	6.592	0.4	4.2	46.7	9.5	14.5		
2.977	91.4	3		4.3	49.9	9.6	13.4		
3	89.4	3.1		4.4	53.2	9.7	12.2		
3.1	80.6	3.2		4.5	56.4	9.8	11.1		
3.19	72.7	6.805	0.3	4.6	56.9	9.9	10.3		
3.2	71.9	3.3		4.7	61.3	10	10.3		
3.3	64.4	3.4		4.8	63.6	10.1	9.5		
3.4	56.9	7.017	0.2	4.9	65.9	10.2	9.5		
3.402	56.7	3.5		5	68.3	10.3	8.7		
3.5		3.6		5.1	69.5	10.4	6.7		
3.6		7.23	0.1	5.2	73.1	10.5	6.2		

Nota: T en hrs., Q en m³/seg

Figura IV.4(1)

Tabla IV.4(2).- Hidrograma unitario

	D. M. GRAY	I-PAI WU	H.U.T	PROMEDIO
T/TP	Q/QP	Q/QP	Q/QP	Q/QP
0	0.000	0.000	0.000	0.000
0.1	0.070	0.000	0.120	0.063
0.2	0.037	0.001	0.201	0.080
0.3	0.130	0.003	0.300	0.144
0.4	0.297	0.024	0.400	0.240
0.5	0.453	0.159	0.499	0.370
0.6	0.678	0.280	0.600	0.519
0.7	0.773	0.506	0.740	0.673
0.8	0.900	0.741	0.850	0.830
0.9	0.970	0.952	0.950	0.957
1.0	1.000	1.000	1.000	1.000
1.1	0.970	0.953	0.960	0.961
1.2	0.930	0.822	0.900	0.884
1.3	0.860	0.600	0.880	0.780
1.4	0.761	0.504	0.810	0.692
1.5	0.679	0.351	0.761	0.597
1.6	0.580	0.236	0.700	0.505
1.7	0.497	0.159	0.600	0.419
1.8	0.400	0.114	0.564	0.359
1.9	0.340	0.055	0.465	0.287
2	0.285	0.035	0.416	0.245
2.1	0.233	0.019	0.330	0.194
2.2	0.180	0.013	0.268	0.154
2.3	0.151	0.005	0.200	0.119
2.4	0.115	0.003	0.130	0.083
2.5	0.092	0.001	0.071	0.055
2.6	0.077	0.000	0.035	0.037
2.7	0.053		0.023	0.025
2.8	0.041		0.014	0.018
2.9	0.030		0.000	0.010
3	0.025			0.008
3.1	0.018			0.006
3.2	0.013			0.004
3.3	0.011			0.004
3.4	0.008			0.003
3.5	0.006			0.002
3.6	0.005			0.002
3.7	0.003			0.001
3.8	0.002			0.001
3.9	0.001			0.000
4	0.001			
4.1	0.000			

Este hidrograma unitario es el que se utilizará para calcular los escurrimientos de agua pluvial representados en m³/seg de entrada a los almacenamientos de agua o sitios de especial interés tales como cruces en arroyos. Para llegar a estos gastos, deberá tomarse en cuenta la precipitación calculada para los diferentes periodos de retorno y el área de aportación hasta el sitio de estudio, lo cual puede ser aplicado para cualquier parte de la zona de estudio dentro de la cuenca.

Para fines de revisión a nivel general, se presentan los gastos esperados para las subcuencas mostradas en el plano anexo.

Los gastos que se muestran en estas tablas son los que finalmente llegan al área de inundación para diferentes periodos de retorno.

La propuesta del control de los escurrimientos en base a microcuencas, se determina de manera proporcional al área de estudio de cada estas subcuencas las cuales tiene las siguientes características:

Tabla IV.4(2).- Características físicas

PARAMETRO		SUBCUENCA			
		1	2	3	4
AREA DE LA SUBCUENCA	Km ²	48.5	38.1	42.8	12.8
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING	Adim	0.04	0.04	0.04	0.04
LONGITUD DE LA CUENCA	Km.	9.0	7.6	9.0	5.2
LONGITUD TOTAL DEL RIO EN SU CAUCE	Km.	7.8	7.4	8.2	4.6
PENDIENTE PROMEDIO TAYLOR-SCHWARZ	%	0.804	0.825	0.817	1.158
PENDIENTE PROMEDIO AREAS SIMILARES	%	1.025	0.731	0.780	1.016
PERIMETRO TOTAL DE LA CUENCA	Km.	43.0	38.1	35.5	19.0
LONG. (SUMA) TOTAL DE CORRIENTES EN LA CUENCA	Km.	14.4	20.7	50.2	3.0

Las cuencas 1, 2 y 3 son muy similares en características por lo que el cálculo de los gastos esperados se estima en una sola tabla, adoptando como válido el dato para las tres primeras, mientras que para la Subcuenca No. 4 las características son diferentes por lo que se calcula aparte.

Tabla IV.4(3).- Hidrograma de entrada para Subcuencas 1,2 y 3

H. PROMEDIO		T	Q5	Q25	Q100	Q500	Q1000	Q10000
T/TP	Q/QP							
0	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.063	0.17	1.90	4.40	8.90	15.2	17.7	28.5
0.2	0.080	0.34	2.40	5.60	11.2	19.1	22.3	35.9
0.3	0.144	0.51	4.30	10.1	20.2	34.6	40.4	65.0
0.4	0.240	0.68	7.20	16.8	33.6	57.7	67.3	108.2
0.5	0.370	0.85	11.1	25.9	51.8	88.9	103.7	166.7
0.6	0.519	1.02	15.6	36.4	72.7	124.6	145.4	233.7
0.7	0.673	1.19	20.2	47.1	94.2	161.5	188.4	302.9
0.8	0.830	1.36	24.9	58.1	116.2	199.3	232.5	373.7
0.9	0.957	1.53	28.7	67.0	134.0	229.8	268.1	430.8
1.0	1.000	1.70	30.0	70.0	140.0	240.0	280.0	450.0
1.1	0.961	1.87	28.8	67.3	134.5	230.6	269.1	432.5
1.2	0.884	2.04	26.5	61.9	123.8	212.2	247.5	397.8
1.3	0.780	2.21	23.4	54.6	109.2	187.2	218.4	351.0
1.4	0.692	2.38	20.8	48.4	96.8	166.0	193.7	311.3
1.5	0.597	2.55	17.9	41.8	83.6	143.3	167.2	268.7
1.6	0.505	2.72	15.2	35.4	70.7	121.3	141.5	227.4
1.7	0.419	2.89	12.6	29.3	58.6	100.5	117.2	188.4
1.8	0.359	3.06	10.8	25.2	50.3	86.2	100.6	161.7
1.9	0.287	3.23	8.6	20.1	40.1	68.8	80.3	129.0
2	0.245	3.4	7.4	17.2	34.3	58.9	68.7	110.4
2.1	0.194	3.57	5.8	13.6	27.2	46.6	54.3	87.3
2.2	0.154	3.74	4.6	10.8	21.5	36.9	43.0	69.2
2.3	0.119	3.91	3.6	8.3	16.6	28.5	33.2	53.4
2.4	0.083	4.08	2.5	5.8	11.6	19.8	23.1	37.2
2.5	0.055	4.25	1.6	3.8	7.7	13.1	15.3	24.6
2.6	0.037	4.42	1.1	2.6	5.2	9.0	10.5	16.8
2.7	0.025	4.59	0.8	1.8	3.5	6.1	7.1	11.4
2.8	0.018	4.76	0.6	1.3	2.6	4.4	5.1	8.3
2.9	0.010	4.93	0.3	0.7	1.4	2.4	2.8	4.5
3	0.008	5.1	0.3	0.6	1.2	2.0	2.3	3.8
3.1	0.006	5.27	0.2	0.4	0.8	1.4	1.7	2.7
3.2	0.004	5.44	0.1	0.3	0.6	1.0	1.2	2.0
3.3	0.004	5.61	0.1	0.3	0.5	0.9	1.0	1.7
3.4	0.003	5.78	0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	1.2
3.5	0.002	5.95	0.1	0.1	0.3	0.5	0.6	0.9
3.6	0.002	6.12	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.8
3.7	0.001	6.29	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5
3.8	0.001	6.46	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3
3.9	0.000	6.63	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
SUMA	m3/seg		340.0	793.3	1586.5	2719.8	3173.1	5099.6
VOLUMEN=	m3		208,062	485,477	970,954	1,664,493	1,941,909	3,120,925
AREA PARA H=3 m	Ha		6.9	16.2	32.4	55.5	64.7	104.0
VOL DESFOGADO q=20 LTS/POZO t=6 hr			477	477	477	477	477	477

Nota: T en hrs, Q25 = gasto en m3/seg para el periodo de retorno correspondiente

Tabla V.8(4).- Hidrograma de entrada para Subcuenca 4

H. PROMEDIO		T	Q5	Q25	Q100	Q500	Q1000	Q10000
T/TP	Q/QP							
0	0.000	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1	0.063	0.09	1.3	2.2	4.1	7.0	8.2	12.7
0.2	0.080	0.18	1.6	2.8	5.2	8.8	10.4	15.9
0.3	0.144	0.27	2.9	5.1	9.4	15.9	18.8	28.9
0.4	0.240	0.36	4.8	8.4	15.6	26.4	31.2	48.1
0.5	0.370	0.45	7.4	13.0	24.1	40.7	48.1	74.1
0.6	0.519	0.54	10.4	18.2	33.8	57.1	67.5	103.9
0.7	0.673	0.63	13.5	23.6	43.7	74.0	87.5	134.6
0.8	0.830	0.72	16.6	29.1	54.0	91.3	107.9	166.1
0.9	0.957	0.81	19.1	33.5	62.2	105.3	124.5	191.5
1	1.000	0.9	20.0	35.0	65.0	110.0	130.0	200.0
1.1	0.961	0.99	19.2	33.6	62.5	105.7	124.9	192.2
1.2	0.884	1.08	17.7	30.9	57.5	97.2	114.9	176.8
1.3	0.780	1.17	15.6	27.3	50.7	85.8	101.4	156.0
1.4	0.692	1.26	13.8	24.2	45.0	76.1	89.9	138.3
1.5	0.597	1.35	11.9	20.9	38.8	65.7	77.6	119.4
1.6	0.505	1.44	10.1	17.7	32.8	55.6	65.7	101.1
1.7	0.419	1.53	8.4	14.7	27.2	46.1	54.4	83.7
1.8	0.359	1.62	7.2	12.6	23.4	39.5	46.7	71.9
1.9	0.287	1.71	5.7	10.0	18.6	31.5	37.3	57.3
2	0.245	1.8	4.9	8.6	15.9	27.0	31.9	49.1
2.1	0.194	1.89	3.9	6.8	12.6	21.3	25.2	38.8
2.2	0.154	1.98	3.1	5.4	10.0	16.9	20.0	30.7
2.3	0.119	2.07	2.4	4.2	7.7	13.1	15.4	23.7
2.4	0.083	2.16	1.7	2.9	5.4	9.1	10.7	16.5
2.5	0.055	2.25	1.1	1.9	3.6	6.0	7.1	10.9
2.6	0.037	2.34	0.7	1.3	2.4	4.1	4.9	7.5
2.7	0.025	2.43	0.5	0.9	1.6	2.8	3.3	5.1
2.8	0.018	2.52	0.4	0.6	1.2	2.0	2.4	3.7
2.9	0.010	2.61	0.2	0.4	0.7	1.1	1.3	2.0
3	0.008	2.7	0.2	0.3	0.5	0.9	1.1	1.7
3.1	0.006	2.79	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	1.2
3.2	0.004	2.88	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.9
3.3	0.004	2.97	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.7
3.4	0.003	3.06	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.5
3.5	0.002	3.15	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4
3.6	0.002	3.24	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
3.7	0.001	3.33	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2
3.8	0.001	3.42	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
3.9	0.000	3.51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
SUMA	m3/seg		226.6	396.6	736.6	1246.6	1473.2	2266.5
VOLUMEN=	m3		73,433.5	128,508.7	238,658.9	403,884.4	477,317.9	734,335.2
AREA PARA H=3 m		Ha	2.4	4.3	8.0	13.5	15.9	24.5
V. DESFOGADO q=20 Lps/POZO		t = 6h	240	240	240	240	240	240

Nota: T en hrs, Q25 = gasto en m3/seg para el periodo de retorno correspondiente

Hasta esta parte del estudio, se ha logrado obtener los parámetros generales para el análisis de hidrológico aplicable a cualquier área y sitio de la cuenca. A partir de este trabajo, se calcularán los volúmenes de agua que se presentarán para un periodo de retorno de 100 años y de acuerdo a las áreas de aportación de cada fraccionamiento en particular se podrán diseñar los almacenamientos de agua pluvial que será contenidos en parques municipales los cuales estarán “hundidos” para que en cada tormenta se acumule el agua en estos sitios, donde será infiltrada en las siguientes horas de la tormenta por medio de pozos de absorción, logrando con ello varios beneficios de control de agua pluvial y recarga al acuífero, entre otros.

V.- PROYECTO DE DRENAJE PLUVIAL EN EL FRACCIONAMIENTO “LIBRAMIENTO SUR” EN CD. JUAREZ.

V.1.- Datos generales

El fraccionamiento se ubica dentro del área de El Barreal, en el cual se desarrollo el estudio hidrológico presentado en el capítulo anterior, los datos principales, que tienen que ver con el drenaje pluvial son los siguientes:

Tabla V.1 (1).- Características generales del área del fraccionamiento

DESCRIPCION	
Area total	1,000,000.00 M2 (100 Has)
Tipo de suelo	Urbano habitacional
Periodo de retorno en proyecto de Drenaje Pluvial (T)	100.00 años
Precipitación estimada para T = 100 años en 24 horas	110.00 mm
Coefficiente de escurrimiento considerado para el proyecto	0.75
Pendiente del terreno	0.003 – 0.01
Tipo de escurrimiento	Efimero
Superficie de escurrimiento	Pavimento asfáltico

V.2.- Proyecto de drenaje pluvial

Criterios Básicos.- La planeación conceptual, para la solución del drenaje pluvial en la zona, se basa en la construcción de 5 Diques de retención y control de avenidas, dos de los cuales se construirían sobre el cauce de un afluente del arroyo El Jarudo, ubicados frente a la planta Pémex (Diques 1 y 2), uno mas al Oriente de la planta de Fluor (Dique 3) otro al sur de la termoeléctrica colindando con la vía del ferrocarril (4) y el quinto Dique se ubicara a la altura del Km. 20 de la carretera Ciudad Juárez – Chihuahua.

Estos Diques tendrán la función de retener el agua que se precipita y escurre de las partes altas de la cuenca en su parte occidental, volúmenes que podrán ser infiltrados en el mismo sitio o almacenados para su posterior evaporación, con la alternativa de dejar pasar algún volumen hacia zonas topográficamente mas bajas pero con caudales menores que no provoquen corrientes torrenciales en los cauces de los arroyos.

El agua de lluvia que se precipita en las partes bajas de la cuenca, será controlada en base a la construcción de microcuencas delimitadas por vialidades, las microcuencas podrán tener superficies promedio de 25 has, el escurrimiento del agua es dirigida hacia un solo sitio a través del manejo de pendientes del terreno. En el sitio donde se acumulará el agua pluvial se construirá un parque municipal el cual tiene la característica de constituir un almacenamiento artificial de tal forma que el nivel de dicho parque se encuentre por debajo del nivel normal de vialidades y plataformas de viviendas, con un volumen similar al escurrimeinto de una tormenta de 24 horas en un periodo de retorno de 100 años, dependiendo de la superficie disponible en dichos parques será la profundidad del mismo, recomendando que sea entre 1.5 y 3 metros. El agua

Para el caso del fraccionamiento se analiza el escurrimiento de acuerdo al proyecto geométrico, y la topografía de la zona, diseñando las rasantes de las vialidades de tal forma que algunas de ellas tengan una elevación por encima de las demás para formar las microcuencas y las vialidades que delimitan las fronteras del fraccionamiento servirán también para evitar que el agua pluvial que escurre en terrenos aledaños ingrese al fraccionamiento.

Una vez que el agua se acumula en el parque hundido, es dirigida a un pozo de absorción, haciendo en su recorrido un flujo semi lento para provocar la sedimentación de sólidos en suspensión, al llegar el agua al área del pozo, se encontrará con un filtro de grava –arena bien clasificado que servirá para atrapar mas finos hacer que el agua llegue a la entrada del pozo con un mínimo de sólidos suspendidos y de turbiedad. El cálculo se ha realizado para que el volumen máximo esperado para una tormenta con una intensidad de 110 mm de lluvia en 24 horas, sea infiltrada en un periodo no mayor de 3 días, quedando asegurado así que no se presentarán inundaciones en las calles y un periodo relativamente corto de almacenamiento de agua en el parque hundido, con la ventaja adicional de provocar una recarga al acuífero libre de la zona.

En el análisis del fraccionamiento, se formaron 5 microcuencas, cuatro de ellas cuentan con un pozo de absorción y una mas con dos pozos. Los parques hundidos corresponden a áreas municipales en los cuales se propone desarrollar áreas verdes y deportivas, con accesos fáciles y confiables continuamente.

Microcuencas.-

Las microcuencas están definidas en el plano anexo denominado “Rasantes y Drenaje Pluvial” numeradas del I al V, en donde se muestra además las elevaciones de las vialidades en los cruceros y algunos puntos intermedios, conduciendo el agua hacia los parques hundidos marcados en el plano de color verde.

Algunos parques están divididos pro vialidades, las cuales tendrán una rasante continua con el resto, los parques deberán estar interconectados por tuberías de por lo menos 24” de diámetro para permitir el paso del agua de un parque a otro con el propósito de hacer llegar el agua a los pozos de absorción.

La ubicación de los pozos de absorción deberá ser preferentemente hacia las orillas del parque con el propósito de tener un acceso mas fácil desde las calles y niveles superiores, para mantenimiento y adecuada operación, principalmente en los casos en que se encuentre el parque inundado y con la ventaja de disponer de mayor superficie sin este obstáculo para el proyecto de áreas deportivas y recreativas.

Las rasantes de las vialidades, han sido calculadas de tal forma que sea necesario excavar algunos centímetros sobre el terreno natural para que esos volúmenes sean utilizados en la construcción de las plataformas de las viviendas, compensando volúmenes de excavación con volúmenes de rellenos en la urbanización, debiendo aun así, que realizar los estudios de mecánica de suelos para verificar su utilización en este tipo de construcción

El dimensionamiento de los parques se basa en el volumen escurrido el cual corresponde a un 75% del volumen de lluvia dentro de cada cuenca, se conoce el área del parque y a partir de estos dos datos, se calcula la profundidad del mismo.

Tabla V.2. (1) Dimensionamiento de parques hundidos

CUENCA	AREA TOTAL	VOL. AGUA PRECIPITADA	VOL. AGUA ESCURRIDA	AREA DEL PARQUE	PROFUNDIDAD DEL PARQUE
I	162,249.40	17,847.43	13,385.58	7,366.00	1.82
II	248,455.54	27,330.11	20,497.58	9,596.00	2.14
III	109,262.14	12,018.84	9,014.13	6,737.00	1.34
IV	100,472.99	11,052.03	8,289.02	5,912.64	1.40
V	379,559.92	41715.60	31,313.69	14,683.60	2.13
TOTAL	1,000,000.0	110,000.00	82,500.00	44,295.24	

El volumen de material extraído de los parques también puede ser utilizado para la conformación de rellenos en vialidades y plataformas, previa confirmación de sus características para este uso.

Las profundidades de los parques calculadas en la tabla anterior, son las mínimas que deberán considerarse en los parques, siendo posibles mayores profundidades para casos en donde se requiera de volúmenes adicionales para la construcción de vialidades y plataformas en la urbanización del fraccionamiento. Para este caso, se considero conveniente uniformizar las profundidades a 2.00 metros en todos los casos, tomando en

cuenta que en las cuencas III y IV se requerirá de volúmenes adicionales de material para construcción.

Para dar la profundidad de los parques, es necesario definir un talud, el cual puede quedar con una relación de 1:2, es decir un metro en la vertical por dos metros en la horizontal, lo que permitirá dar seguridad a los peatones para tener acceso al parque por cualquier sitio, aunque se propone que en las esquinas y partes medias del mismo, se encuentren escalinatas de acceso.

V.3.- Pozos de absorción

Los pozos de absorción tienen una función muy importante en el manejo de las aguas pluviales de la zona, constituyen la estructura básica para el aprovechamiento del agua que se acumulará en los parques hundidos, recargando el acuífero, provocando tiempos cortos de inundación dentro de los parques y con ello la eliminación de posible contaminación del agua almacenada.

El gasto factible de infiltrar depende de las características del subsuelo y del pozo mismo, por lo cual ha sido necesario realizar un análisis de los estratos existentes en el área, conocer sus propiedades hidrodinámicas y su comportamiento ante volúmenes de agua inyectados por gravedad a los mismos.

A continuación se hace una breve descripción de las características hidrogeológicas de la región, lo que ayudara al diseño del pozo de absorción.

V.3.1.- Medio poroso

Depósitos de Bolsón (Tb1)

Estos sedimentos se encuentran subyaciendo a los sedimentos del Aluvión Río Grande. Por su posición respecto a las demás unidades hidroestratigráficas, funciona como receptora y almacenadora de agua, constituyendo un acuífero semiconfinado en la porción que subyace a los depósitos de aluvión, y como libre en el resto de su extensión, dentro del área de estudio.

Los Depósitos de Bolsón están constituidos por gravas, arenas y arcillas; predominando las arenas y arcillas en la zona urbana de Ciudad Juárez, para cambiar gradualmente a un predominio de gravas y arcillas hasta el inicio de la segunda unidad.

En el área donde este acuífero se encuentra semiconfinado, sobre todo en la zona urbana de Cd. Juárez, presenta niveles artesianos entre 20 y 60 m de profundidad, disminuyendo su profundidad hacia las partes bajas del valle, donde se convierte en brotante.

Este acuífero presenta buena permeabilidad, permitiendo la extracción hasta de 90 lps, en los pozos de agua potable de Ciudad Juárez, con profundidades del orden de 250 m, disminuyendo un poco su potencialidad hacia la parte baja del valle.

Conglomerados (TQcg)

Esta unidad permite la infiltración, almacenamiento y transmisión de agua hacia unidades topográficamente más bajas.

Estos conglomerados poco compactados están constituidos por gravas, arenas y arcillas; ocupan topográficamente diferentes niveles, en las partes altas funcionan como transmisores de agua al acuífero profundo; y en las partes bajas pueden llegar a estar saturados, y funcionar como un acuífero libre.

El espesor total de estos sedimentos, por la información proporcionada por los pozos perforados en ellos, puede ser desde unos cuantos metros en las partes altas, hasta de varios cientos de metros en su parte baja.

Aluvión Río Grande y Sedimentos Aluviales (Qal)

Por su posición topográfica respecto a las demás unidades hidroestratigráficas y la pendiente tan baja que presentan, los sedimentos depositados en la planicie aluvial del Río Bravo, funcionan como receptoras y almacenadoras de agua, constituyendo el acuífero aluvial del valle, acuífero que funciona como libre.

Este acuífero presenta niveles freáticos a muy poca profundidad, que varían de decímetros en algunas zonas cercanas al río, hasta mas de 10 m en las zonas mas alejadas de el.

La permeabilidad de algunas zonas que presentan alto contenido de arena y grava, y las altas láminas de riego aplicadas en las zonas de cultivo, permiten altos porcentajes de infiltración.

Los sedimentos aluviales que se localizan en los cauces y márgenes de los arroyos que bajan de las partes altas de la Sierra de Juárez, están constituidos por gravas y arenas, presentando alta permeabilidad y funcionan principalmente como zonas que transmiten el agua de recarga infiltrada en las rocas fracturadas de la sierra hacia los depósitos terciarios de bolsón.

Sedimentos Eólicos

Debido a la escasa pendiente, a su litología constituida de arenas finas bien clasificada (dunas fijas) y a la prácticamente nula presencia de drenaje, esta unidad funciona como transmisora de agua hacia los sedimentos que sobreyace, ya que del agua que recibe, una parte se infiltra rápidamente y otra se evapora, sin existir escurrimiento significativo.

Sedimentos Lacustres

Se localizan al sur de la zona urbana de Ciudad Juárez en una pequeña cuenca endorréica de relativa poca extensión denominada Laguna El Barreal. En estos sedimentos el tamaño de partículas dominantes es el de las arcillas y arenas cementadas en los primeros metros

V.3.2.- Parámetros de hidráulicos

Dado que la zona de interés es la zona de la laguna El Barreal solo se describirán los parámetros hidráulicos del área, describiendo la variación de la profundidad al nivel estáticos y la conductividad hidráulica, parámetros que determinan, dada la necesidad, el volumen posible de infiltrar.

Profundidad al nivel estático

Dentro de la zona la profundidad al nivel estático varía de 90 a 100 m, localizándose los niveles más profundos hacia el poniente y hacia el sur, mientras que los menos profundos se ubican en una zona limitada al norte por la avenida Santiago Blancas, al sur por el

Libramiento Aeropuerto, al poniente por el aeropuerto y al este por la Avenida de las Torres.

Conductividad hidráulica

De acuerdo a las pruebas de bombeo realizadas por la JMAS en los pozos de agua potable ubicados en la zona sur, tenemos que se obtuvieron trasmisividades que varían de 764.6 a 1001.2 m²/d, , de donde se obtiene la conductividad hidráulica mediante la fórmula

$$K = T/h \quad \text{donde:}$$

K = Conductividad hidráulica (m/d)

T = Trasmisividad (m²/d)

h = Espesor saturado de acuífero (m)

Como se muestra en la **Tabla III.2(1)**, los valores de conductividad hidráulica obtenidos varían de 3.00 a 3.25 m/d.

Tabla V.3(1).- Valores de trasmisividad y conductividad hidráulica.

POZO	TRASMISIVIDAD (m ² /d)	CONDUCTIVIDAD (m/d)
177	764.6	3.25
182	902.8	3.00
197	1001.2	3.25

V.4.- Diseño de pozos de absorción

En este apartado se desarrolla el análisis y diseño de los pozos de absorción que forma parte de la solución y que estará presentes en todas las microcuencas planeadas en el área de El Barreal, aun en fraccionamientos o desarrollos urbanos independientes del IVI.

En primer término se calculará la cantidad de agua que puede infiltrar un pozo en la zona de acuerdo a los resultados de conductividad hidráulica obtenido en las pruebas de bombeo realizadas a los pozos de agua de la zona sur, específicamente se usará el resultado de 3.0 m/d obtenido en el pozo 182 que es el pozo más representativo de la zona, ya que es el que se ubica dentro de la zona de inundación del área de interés.

Para el cálculo de gasto se utiliza la teoría de la Ley de Darcy mediante la fórmula:

$$Q = K C h_m t \quad (1)$$

Donde:

Q = Gasto (lps)

K = Conductividad hidráulica (m/d)

h_m = Zona de inyección (m)

t = Tiempo (seg)

$$C = \frac{2pD((l/D)^2-1)^{1/2}}{\ln(l/D + ((l/D)^2-1)^{1/2}}$$

Donde:

D = Diámetro de la cámara cilíndrica (m)

l = Longitud de la cámara cilíndrica (m)

En la **Tabla V.4(1)** se muestran los gastos calculados para diferentes valores de **K** a fin de observar el comportamiento para un pozo de absorción de 50 m de profundidad.

Tabla V.4(1).- Gastos de infiltración para diferentes valores de K en un pozo de 50 m de profundidad.

K(m/d)	h _m (m)	C (m)	l (m)	D (m)	t (seg)	Q(m ³ /d)	Q(lps)
1	50	50.16	44	0.3556	86400	2508.06	29.03
2	50	50.16	44	0.3556	86400	5016.12	58.06
3	50	50.16	44	0.3556	86400	7524.18	87.09
4	50	50.16	44	0.3556	86400	10032.23	116.11
5	50	50.16	44	0.3556	86400	12540.29	145.14
6	50	50.16	44	0.3556	86400	15048.35	174.17

Es conveniente observar el comportamiento de los gastos de infiltración para diferentes profundidades de pozo para un valor de **K** igual a 3.0 m/d , que es el valor representativo

de la zona. En la **Tabla V.4(2)** se muestran los gastos calculados a fin de observar este efecto en la capacidad de infiltración del acuífero.

Tabla V.4(2).- Gastos de infiltración para diferentes profundidades de pozo con valor de

K = 3.0 m/d.

K(m/d)	h_m (m)	C (m)	l (m)	D (m)	t (seg)	Q(m³/d)	Q(lps)
3	50	50.16	44	0.3556	86400	7524.18	87.09
3	60	59.36	54	0.3556	86400	10684.16	123.66
3	70	68.32	64	0.3556	86400	14346.81	166.05
3	80	77.09	74	0.3556	86400	18501.99	214.14
3	90	85.71	84	0.3556	86400	23141.25	267.84
3	100	94.19	94	0.3556	86400	28257.42	327.05

Como se puede deducir de las Tablas VI.2(1) y VI.2(2), el gasto es directamente proporcional al incremento de **K** y de la profundidad del pozo (**h_m**), respectivamente.

Como forma de comprobar los datos obtenidos se hará una verificación mediante el uso de una ecuación simplificada que se expresa de la forma siguiente:

$$Q = K A i \quad (2)$$

Donde:

Q = Gasto (lps)

K = Conductividad hidráulica (m/d)

A = Area de infiltración

i = **h₁-h₂** = Carga hidráulica (m)

En la **Tabla V.4(3)** se muestran los gastos calculados para diferentes valores de **K** a fin de observar el comportamiento para un pozo de absorción de 50 m de profundidad, mediante la ecuación simplificada.

Tabla V.4(3).- Gastos de infiltración para diferentes valores de K en un pozo de 50 m de

Profundidad con la ecuación simplificada.

K(m/d)	A(m²)	i (m)	h₁-h₂	h₁ (m)*	h₂ (m)*	Q(m³/d)	Q(lps)
1	55.85	50	50	1191	1141	2513.59	29.09
2	55.85	50	50	1191	1141	5027.18	58.18
3	55.85	50	50	1191	1141	7540.78	87.27
4	55.85	50	50	1191	1141	10054.38	116.37
5	55.85	50	50	1191	1141	12567.97	145.46
6	55.85	50	50	1191	1141	15081.56	174.55

*** h₁ y h₂ están dados en metros sobre el nivel del mar.**

Es conveniente observar el comportamiento de los gastos de infiltración para diferentes profundidades de pozo para un valor de **K** igual a 3.0 m/d , que es el valor representativo de la zona. En la **Tabla V4(4)** se muestran los gastos calculados a fin de observar este efecto en la capacidad de infiltración del acuífero mediante la ecuación simplificada.

Tabla V.4(4).- Gastos de infiltración para diferentes profundidades de pozo con valor de**K = 3.0 m/d con la ecuación simplificada.**

K(m/d)	A(m ²)	i (m)	h ₁ -h ₂	h ₁ (m)*	h ₂ (m)*	Q(m ³ /d)	Q(lps)
3	55.85	50	50	1191	1141	8378.64	96.97
3	67.03	60	60	1191	1131	12065.25	139.64
3	78.20	70	70	1191	1121	16422.15	190.07
3	89.37	80	80	1191	1111	21449.34	248.25
3	100.5	90	90	1191	1101	27146.82	314.19
3	111.71	100	100	1191	1091	33514.59	387.90

* h₁ y h₂ están dados en metros sobre el nivel del mar.

Mediante la ecuación (1) obtenemos valores más bajos que los obtenidos con la ecuación (2), por lo que para estar dentro de un mayor rango de seguridad, utilizaremos los datos obtenidos con la ecuación (1) para el cálculo del número de pozos de absorción necesarios para infiltrar el agua generada por los eventos de lluvia dentro de las diferentes áreas en que se dividió el fraccionamiento.

En la tabla anterior, se observa que con solo incrementar 10 metros la profundidad de los pozos, el gasto se incrementa de un 30 a un 40%, lo cual nos conviene utilizar una profundidad que pueda infiltrar un gasto razonable, pero sin llegar al nivel estático que es del orden de los 90 metros en la zona.

La profundidad seleccionada en este caso es la de 70 metros, en donde es posible infiltrar hasta 190 litros por segundo, lo cual sucederá al inicio de la operación del mismo, sin embargo, con el tiempo el pozo reducirá su capacidad de infiltración, por efecto del azolvamiento y taponamiento parcial de los poros aledaños al pozo. Con este motivo, hemos adoptado una infiltración promedio de 160 lps para este pozo.

Constructivamente, el pozo deberá perforarse con un diámetro de 22 pulgadas, con ademe ranurado de 14" instalándole un filtro de grava entre la pared del pozo y el ademe. El agua que se filtra provocará una presión en las paredes del pozo, inyectando el agua a presión a en toda su profundidad.

En la parte superior del pozo, se deberá construir un filtro de grava de por lo menos un metro de espesor, en la parte inferior se depositará grava graduada de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, en un espesor de 30 cm, sobre esta capa una capa también de 30 cm de grava de $\frac{1}{4}$ " de diámetro y en la parte superior una capa de arena fina en un espesor de 40 cm.

En la capa superior, se depositarán los finos que arrastra el agua de lluvia por lo que será necesario estar retirando dichos sedimentos y reponer la arena que se extrae junto con los sedimentos debiendo siempre mantener el filtro en óptimas condiciones de limpieza y pureza de los materiales filtrantes.

Considerando un gasto de infiltración de 160 lps por pozo y la permeabilidad del filtro de grava de 0.001 m/seg, el área necesaria del filtro será de por lo menos 160 m², lo cual se puede cumplir con un espacio cuadrado de 13 x 13 metros o un círculo de 15 metros de diámetro. En todos los casos se instalarán las capas de material graduado con un espesor total de 1 metro.

En la entrada del agua al pozo, es necesario construir un embudo de captación el cual tendrá un diámetro de 3 metros con una rejilla que detenga el filtro de grava sobre el mismo.

ANEXO III.2

MANUAL DE OPERACIÓN DE POZOS DE ABSORCIÓN

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS DE ABSORCIÓN

Los pozos de absorción propuestos para este proyecto tienen características constructivas similares a los pozos de bombeo, pero en este caso en particular, la profundidad total es menor a la profundidad del nivel estático, y en la parte superior cuenta con un filtro de arena para la retención de sólidos en suspensión del agua pluvial.

El mantenimiento requerido se puede dividir en tres partes principales:

- 1.- Mantenimiento en el parque hundido
- 2.- Mantenimiento en el filtro de arena
- 3.- Mantenimiento en el pozo de absorción

Operación y mantenimiento en el parque hundido.

El parque hundido trabajará como un depósito de regulación entre el caudal de entrada de agua proveniente de las tormentas y el gasto de infiltración que se registrará a través de los pozos de absorción.

El la capacidad de almacenamiento de este parque fue calculada de acuerdo al volumen de agua que escurrirá en la cuenca que le corresponde para un periodo de retorno de 100 años, encontrando que para las superficies disponibles como áreas municipales en este fraccionamiento, la profundidad obtenida varía entre 1.3 y 2.2 m.

Las características físicas de esta estructura de control, es de una depresión bajo el nivel de la rasante de las vialidades con taludes de 1:2 conformados con el material del lugar y dependiendo del tipo de terreno existente, deberá o no darle una protección para evitar la erosión y derrumbamiento del talud. Es recomendable que se proteja con jardinería lo cual le dará una apariencia ecológica. El fondo de este parque puede ser utilizado como centro recreativo, deportivo o de entretenimiento, pero no es recomendable construir edificaciones dentro del mismo, a excepción de las estructuras mínimas indispensables para los fines mencionados.

En toda la superficie del parque pueden instalarse áreas verdes, preferentemente arbolados y pasto, ya que las plantas de flores serían seriamente afectadas por la inundación del área en épocas de lluvias.

Es necesario también construir escalinatas en diferentes partes del parque para tener un acceso seguro al mismo.

Al ocurrir las tormentas, los escurrimientos llegarán a este parque y la entrada de agua hacia el fondo del parque será a través de canaletas de concreto con una longitud suficiente para que el agua llegue hasta el fondo del mismo.

La parte baja del parque será básicamente plana, pero con una pendiente mínima para el agua escurra en forma laminar hacia el pozo de absorción. La pendiente recomendada es de 0.003, lo que ayudara a tener velocidades menores a 0.3 m/seg. y con ello, registrar sedimentación de finos a en la superficie del parque, logrando que el agua llegue al pozo con menor cantidad de sólidos en suspensión.

Una vez que la tormenta ha cesado, el agua llegará al pozo en donde será infiltrada en su mayor parte, sin embargo, quedará una gran cantidad de humedad, lodo y basura en toda la extensión del parque, situación que requerirá de un trabajo de mantenimiento continuo durante las épocas de lluvias.

Con lo anterior, el mantenimiento requerido en el parque hundido, consiste básicamente en llevar a cabo la limpieza del mismo después de que el agua que quedará encharcada se evapore, debiendo también desalojar el lodo seco que se junte en las estructuras deportivas y de entretenimiento que se instalen en el área.

Operación y mantenimiento en el filtro de arena

El agua que llega al parque escurrirá lentamente hacia el pozo de absorción el cual cuenta con un depósito de grava y arena, siendo la parte inferior grava gruesa, luego una capa de

grava media y en la parte superior otra capa de grava fina (ver proyecto de pozo de absorción).

Este depósito constituye el filtro, cuya función es atrapar finos y sólidos en suspensión, evitando que en su mayoría lleguen al acuífero a través del pozo de absorción.

El agua que llegará a este filtro, tendrá por lo menos un contenido de sólidos suspendidos totales de 3,000 ppm, según algunos análisis realizados a encharcamientos de agua pluviales. El filtro de grava tendrá la función de retener por lo menos un 70% de estos sólidos lo cual implica 2,100 ppm.

En el proceso de filtración los sólidos quedarán atrapados principalmente en la capa superior compuesta por arena fina, formando una capa de lodo y lodo y arena la cual deberá ser removida después de cada lluvia y reponer la arena que se extraiga del filtro junto con el sedimento superior.

Este trabajo deberá realizarse cada vez que se registre un evento de infiltración de agua, ya que de no llevarse a cabo el filtro se puede tapar, situación que provocaría una pobre infiltración y esto a su vez un encharcamiento o inundación de tiempo prolongado en el parque.

Es importante también que el área del filtro quede totalmente resguardada con el objetivo es evitar el paso de personas del público en el mismo, para lo cual se ha considerado instalar un cerco de maya ciclónica con un espacio suficiente para alojar también a vehículos de carga y operación, inclusive a una máquina perforadora que de mantenimiento al pozo profundo.

Operación y mantenimiento en el pozo de absorción

El pozo tiene una profundidad de 70 m y un diámetro de ademe ranurado de 35 cm con una rejilla en el extremo superior que retiene la grava gruesa que conforma el filtro de grava y arena.

El pozo recibirá el agua sedimentada, situación que se dará en el área plana del parque y filtrada, proceso que se presentará en la parte superior del pozo, esperando entonces que el agua que entra al área de infiltración en las paredes del pozo tenga un mínimo de sólidos finos en suspensión, con lo cual se permitirá la infiltración en los poros del acuífero.

Estos finos se irán acumulando en el fondo del pozo principalmente pero también tendrán un efecto de incrustación en las partes inmediatas al pozo, principalmente en el filtro de grava que se instalará entre la pared y el ademe ranurado, situación que con el tiempo reducirá sensiblemente la capacidad de infiltración de esta estructura.

Lo anterior implica una rehabilitación del pozo, consistente en un desazolve que puede realizarse una vez cada 4 o 5 años, dependiendo en gran medida del mantenimiento que se de al parque y filtro de arena.

El mantenimiento consiste en retirar el filtro de grava – arena y descubrir el ademe del pozo para instalar una máquina perforadora con equipo de bombeo con el cual se pueda inyectar dispersor de arcilla y agua limpia para lavado del pozo.

El tratamiento del pozo podrá realizarse también por cepillado del ademe, pisoneo del pozo y aplicación de aire comprimido a alta presión.

El desazolve debe realizarse empleando una máquina propia de un sistema de perforación por percusión con cable y herramienta, primero aflojando el material producido del azolve y después extrayéndolo hacia la superficie, por medio de la cubeta o cuchara, hasta lograr desazolvar el volumen calculado, de acuerdo a la profundidad original del pozo, mas el abundamiento que se cauce con dicha maniobra.

Nunca se deben llevar a cabo trabajos de desazolve por medio de máquina rotatoria, ya que el uso de lodos en este método y la presencia de la grava en el espacio anular,

provocarían una mezcla cementante con la consecuente obstrucción de los espesores del acuífero aprovechable dentro del pozo.

De igual forma, estos trabajos se pueden realizar por medio de sifoneo, contando con un compresor de alta presión de 17.58 Kg/cm² y 1.7 m³/min (250 libras/pulg² y 600 pies³/min); con una línea de doble tubería, una interior o exterior de 2.54 cm (1") de diámetro y una tubería principal de 7.84 cm (3") de diámetro, con una longitud suficiente o igual a la profundidad original del pozo. La extracción del material de azolve se realiza mediante la inyección de aire por la línea exterior o interior y retorno del material producto del azolve por la línea principal.

Este procedimiento es muy efectivo sobre todo ayuda a la limpieza del espacio anular del pozo.

Por otra parte, es conveniente realizar un cepillado del ademe del pozo. Estos trabajos se realizan una vez que se ha detectado por medio de videograbación, que la causa de disminución del caudal de infiltración es la incrustación en las ranuras del mismo. Para realizar esta maniobra, se adapta un cepillo de alambre al barretón de diámetro similar al ademe o rejilla, enseguida se inicia el cepillado en forma descendente desde la parte superior del ademe hasta la profundidad total.

ANEXO III.3
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA DISPOSICIÓN
DE AGUAS RESIDUALES DEL FRACCIONAMIENTO
"LIBRAMIENTO SUR"

