

operan para el control de avenidas, en su mayoría requieren de trabajos de rehabilitación. Estos diques pueden ser aprovechados para retener totalmente los volúmenes de agua que llegan a ellos para avenidas hasta de 25 años, que son las que históricamente se han presentado en la ciudad. Esto implica la rehabilitación de los mismos y en varios casos incrementar la capacidad de almacenamiento.

- Dentro de la zona urbana, los cauces de los arroyos han sido modificados o invadidos por viviendas y vialidades sin una planeación adecuada. Se propone abrir estos cauces para que puedan conducir sin peligro para la población el caudal que se presentara para tormentas con periodo de retorno de 500 años, reubicando a los habitantes que actualmente invaden el cauce, revistiendo los tramos donde se encuentre densamente poblado, incluyendo estructuras de cruce en vialidades principales. El dimensionamiento de estas canalizaciones será de acuerdo al gasto calculado, considerando que los diques retienen el volumen de agua de una tormenta de TR = 25 años.
- El agua almacenada en los diques tiene la opción de poder ser infiltrada en su mayor parte mediante un tratamiento de sedimentación y filtración y finalmente conducida hacia pozos de absorción e infiltración. Es necesario para ello construir estructuras de filtración aguas abajo de cada dique y controlar el gasto de entrada a los mismos con válvulas en las estructuras de desfogue.
- El agua almacenada en los diques puede también ser usada para otros usos donde no se requiere de alta calidad, tal es el caso de riego de áreas verdes y la construcción entre otros.
- Para lograr la máxima retención del agua de lluvia, será necesario construir algunos diques nuevos que además den protección a la población que se encuentra en las partes bajas de la ciudad.
- El volumen de agua que escurre por los arroyos, principalmente de la Zona II (Centro), llega a la Acequia del Pueblo donde se estanca provocando

inundaciones o grandes encharcamientos. Se propone construir un gran Dren pluvial en la franja que actualmente ocupa esta acequia, dado que ha dejado de ser utilizada para conducir agua hacia el Distrito de Riego. Este gran canal o Dren Pluvial "Acequia del Pueblo" recibirá el agua de los arroyos pertenecientes a la Zona II, y una buena parte del agua que se acumula en la Zona VI (Acequias); llega al Dren 2-A donde se junta con el agua proveniente de la Zona III (El Jarudo); Este dren se convierte entonces en un gran canal pluvial que recibe el agua que se genera en los arroyos de la Zona IV (Aeropuerto) y conduce la totalidad de estos caudales hasta descargar en el Río Bravo o a un vaso de almacenamiento. Será posible utilizar parte de este volumen de agua en el Distrito de Riego lo cual requerirá de estructuras de derivación en algunos puntos convenientes para los agricultores.

## V.2.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA LAS ZONAS V.- RÍO BRAVO, VI.- ACEQUIAS Y VII.-CHAMIZAL.

- El agua pluvial de la Zona V, puede ser drenada mediante pequeños canales o sistemas de drenaje pluvial con tuberías hasta un dren interceptor, ubicado a lo largo del Río Bravo. Al final de cada micro-cuenca, a un lado de este dren, se construyen vasos de retención en los cuales puedan ser almacenados e infiltrados estos volúmenes de agua. Al final del dren, se dejará una descarga directa al Río Bravo.
- La primera micro-cuenca de esta Zona puede utilizar para este fin una sección del antiguo cauce del río Bravo en el área del Chamizal.
- Los volúmenes que escurren y actualmente se concentran en encharcamientos importantes dentro de la Zona VI, pueden ser conducidos en parte hacia el Dren Pluvial que se propone construir en la Acequia del Pueblo. Para ello también es necesario construir un sistema de drenaje pluvial por las calles, considerando canalizaciones y tuberías

Estrategia

- con descarga en varios sitios del Drenaje Pluvial.
- En la Zona VII se propone desalojar el agua hacia el antiguo cauce del Río Bravo, donde se almacene y se conduzca hacia pozos de absorción, previo tratamiento de sedimentación y filtración. Esta área del antiguo cauce, es utilizado actualmente para fines recreativos y deportivos, lo cual se vería afectado en tiempos muy reducidos durante el periodo de lluvias.

promotores de vivienda interesados y los propietarios de los predios ubicados dentro de la cuenca, habiéndose realizado un enorme esfuerzo por el IMIP y todos los participantes.

### V.2.3. PROPUESTA PARA LA ZONA VIII.- EL BARREAL:

Esta zona es una cuenca cerrada, acumulándose el agua a unos dos Kms al Oriente de la Glorieta Benito Juárez, ubicada en el Km 20 de la Carretera Cd. Juárez – Chihuahua.

La propuesta de solución para esta cuenca se da con todo detalle en la sección V.3.8 de este mismo capítulo.

Derivado de las características físicas que presenta la cuenca, y de los niveles de protección contra inundaciones que se requieren para hacer factible los procesos de su urbanización, fué necesario generar un análisis más detalle del que se hizo para las otras zonas, que se describen en este Plan Sectorial de Agua Pluvial, sobre todo ante los riesgos y la responsabilidad que representa para la autoridad, el aprobar asentamientos en el seno de la laguna conocida como El Barreal.

La complejidad técnica de la solución respecto a la desecación artificial de la laguna, requirió un análisis hidrológico y topográfico de mayor precisión, a efecto de garantizar la interceptación de flujos provenientes de la parte alta de la cuenca, así mismo fué necesario recurrir a estudios e información a detalle de las características físicas e hidrodinámicas del subsuelo, a fin de evaluar la factibilidad de desalojo de los volúmenes de agua pluvial, que se prevee puden presentarse por evento de lluvia (Periodos de Retomo), información que fué utilizada para el diseño de estructuras de captación, almacenamiento e infiltración, tomando en cuenta capacidades esperadas de gastos (gastos pico y volúmenes escurridos) por zonas de concentración dentro del área de estudio. El proceso de análisis fué de tipo participativo, con los



## Ciudad Juárez 2004

Estrategia



## V.3.-ANÁLISIS DE LOS ESCURRIMIENTOS POR ZONAS (CUENCAS) EN CONDICIONES FUTURAS

### V.3.1. ZONA I ANAPRA

#### V.3.1.1. DESCRIPCIÓN

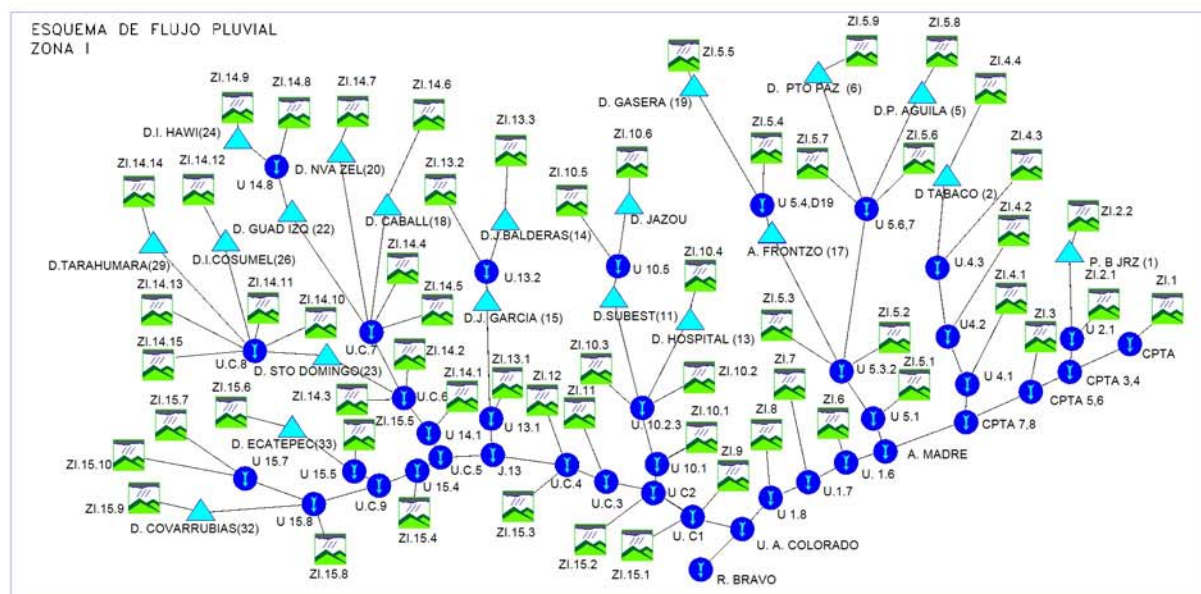
Esta cuenca fue dividida en 15 Sub-cuencas y estas a su vez suman 57 Micro-cuencas, se propone habilitar 20 diques para la retención, control e infiltración de agua pluvial y encauzar 8 arroyos en las partes mas bajas de los mismos, principalmente en las zonas

urbanas. El esquema del modelo de simulación HEC-HMS que fue utilizado para el calculo de los gastos máximos y volúmenes escurridos por tramo de arroyo se muestra en el gráfico siguiente:

Los resultados del modelo, de acuerdo con los datos ingresados por Micro-cuenca, respecto a las características físicas de cada una de ellas y las capacidades de los diques, se muestran a continuación en los apartados correspondientes.

#### V.3.1.2. CARACTERÍSTICAS DE SUB-CUENCAS Y MICRO CUENCAS DE LA ZONA I EN CONDICIONES FUTURAS.

FIGURA V.3.1.1. ESQUEMA DE ESCURRIMIENTO





# Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial

Ciudad Juárez 2004

Estrategia

### Plan Sectorial de Agua Pluvial

Ciudad Juárez 2004

#### SIMBOLOGIA

**INFORMACION GENERAL**

- LIMITE MUNICIPAL
- LIMITE ZEDECO
- LIMITE INTERNACIONAL
- LIMITE ZEDECO
- LIMITE INTERNACIONAL
- LIMITE ZEDECO
- LIMITE INTERNACIONAL

**TIPOS DE ESTRUCTURAS**

- VASO DE CAPTACION
- ADECUACION DE DESCARGA
- VASO DE PRESA
- PUENTE
- DOQUE
- DESFOQUE
- BORDO
- VASO
- ALICANTARILLA
- COMPUERTAS

**VIALIDADES**

- PRIMARIA
- SECUNDARIA
- RUTA DE TRANSPORTE
- ACCESO
- CONTROLADO

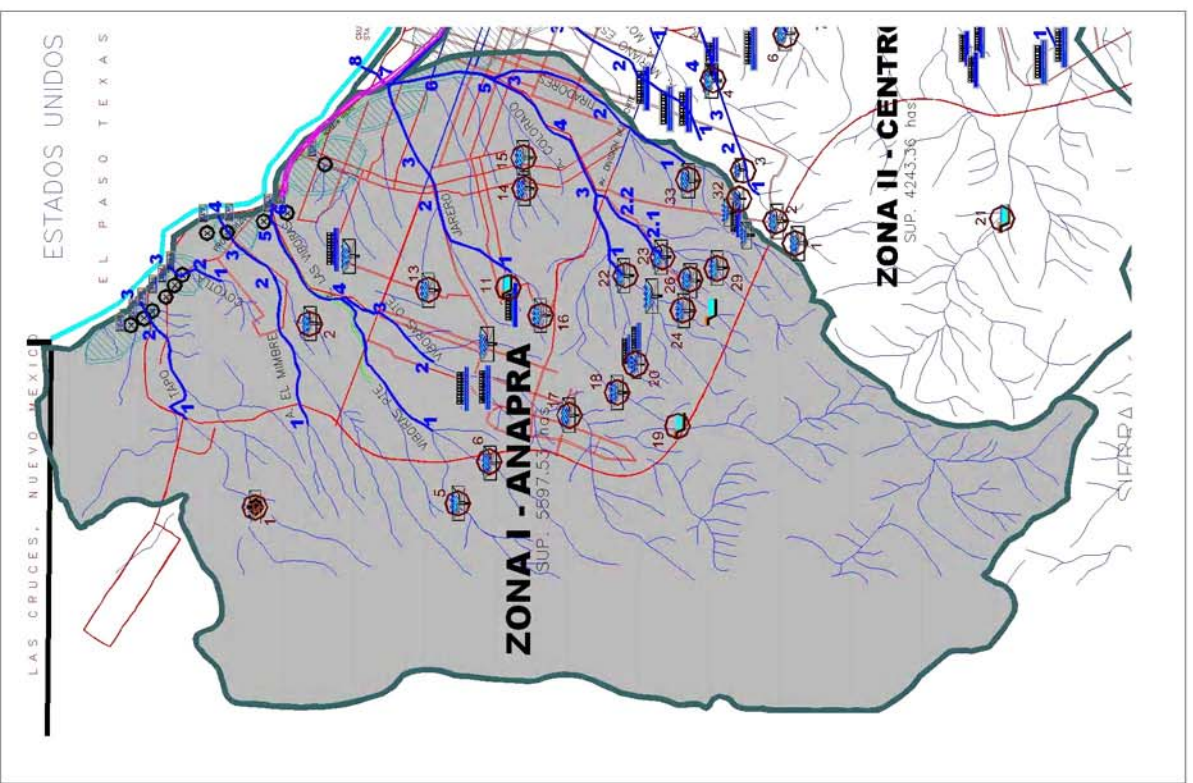
**DRENAJE PLUVIAL**

- ESCURRIMIENTO NATURAL
- CUENCA
- AREA INUNDABLE
- ENCAUZAMIENTO DE ARROYO
- CANAL PLUVIAL
- DOQUE CON ESTRUCTURA DE INFLTRACION
- VASO DE ALMACENAMIENTO CON ESTRUCTURA DE INFLTRACION
- R.B.8
- RULO PLUVIAL
- PARQUE PLUVIAL CON ESTRUCTURAS DE INFLTRACION
- PLANTA DE TRATAMIENTO
- REHABILITACION
- PUNTO DE REFERENCIA
- CENTRO METEOROLOGICO
- PEQUEÑOS VASOS DE ALMACENAMIENTO

#### ESTRATEGIA

**ZONA I - ANAPRA**

Sup. 5697.53 has



ZONA I – ANAPRA

ESTRUCTURAS DE CONTROL PLUVIAL ZONA I "ANAPRA"

NOMBRE	Nº. ID	ARROYO	CAPACIDAD ACTUAL (M3)	VALOR DE PROYECTO (M3)	PUNTO DE ASOCIACIÓN (POTOS)	INVERSIÓN (MILES DE \$)
Arroyo Juárez	1	Arroyo	1,000,000	1,000,000	1	1,000,000
Arroyo Juárez	2	Arroyo	1,000,000	1,000,000	2	1,000,000
Arroyo Juárez	3	Arroyo	1,000,000	1,000,000	3	1,000,000
Arroyo Juárez	4	Arroyo	1,000,000	1,000,000	4	1,000,000
Arroyo Juárez	5	Arroyo	1,000,000	1,000,000	5	1,000,000
Arroyo Juárez	6	Arroyo	1,000,000	1,000,000	6	1,000,000
Arroyo Juárez	7	Arroyo	1,000,000	1,000,000	7	1,000,000
Arroyo Juárez	8	Arroyo	1,000,000	1,000,000	8	1,000,000
Arroyo Juárez	9	Arroyo	1,000,000	1,000,000	9	1,000,000
Arroyo Juárez	10	Arroyo	1,000,000	1,000,000	10	1,000,000
Arroyo Juárez	11	Arroyo	1,000,000	1,000,000	11	1,000,000
Arroyo Juárez	12	Arroyo	1,000,000	1,000,000	12	1,000,000
Arroyo Juárez	13	Arroyo	1,000,000	1,000,000	13	1,000,000
Arroyo Juárez	14	Arroyo	1,000,000	1,000,000	14	1,000,000
Arroyo Juárez	15	Arroyo	1,000,000	1,000,000	15	1,000,000
Arroyo Juárez	16	Arroyo	1,000,000	1,000,000	16	1,000,000
Arroyo Juárez	17	Arroyo	1,000,000	1,000,000	17	1,000,000
Arroyo Juárez	18	Arroyo	1,000,000	1,000,000	18	1,000,000
Arroyo Juárez	19	Arroyo	1,000,000	1,000,000	19	1,000,000
Arroyo Juárez	20	Arroyo	1,000,000	1,000,000	20	1,000,000
Arroyo Juárez	21	Arroyo	1,000,000	1,000,000	21	1,000,000
Arroyo Juárez	22	Arroyo	1,000,000	1,000,000	22	1,000,000
Arroyo Juárez	23	Arroyo	1,000,000	1,000,000	23	1,000,000
Arroyo Juárez	24	Arroyo	1,000,000	1,000,000	24	1,000,000
Arroyo Juárez	25	Arroyo	1,000,000	1,000,000	25	1,000,000
Arroyo Juárez	26	Arroyo	1,000,000	1,000,000	26	1,000,000
Arroyo Juárez	27	Arroyo	1,000,000	1,000,000	27	1,000,000
Arroyo Juárez	28	Arroyo	1,000,000	1,000,000	28	1,000,000
Arroyo Juárez	29	Arroyo	1,000,000	1,000,000	29	1,000,000
Arroyo Juárez	30	Arroyo	1,000,000	1,000,000	30	1,000,000
Arroyo Juárez	31	Arroyo	1,000,000	1,000,000	31	1,000,000
Arroyo Juárez	32	Arroyo	1,000,000	1,000,000	32	1,000,000
Arroyo Juárez	33	Arroyo	1,000,000	1,000,000	33	1,000,000
TOTAL	34		1,794,000	1,794,000	34	1,794,000

ZONA I – ANAPRA

ENCUENTRO DE ARROYOS EN ZONA I "ANAPRA"

Nº. ID	TIPO	VALOR DE PROYECTO (M3)	VALOR DE INVERSIÓN (M3)	PUNTO DE ASOCIACIÓN (POTOS)	INVERSIÓN (MILES DE \$)	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	1	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	2	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	3	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	4	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	5	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	6	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	7	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	8	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	9	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	10	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	11	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	12	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	13	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	14	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	15	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	16	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	17	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	18	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	19	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	20	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	21	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	22	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	23	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	24	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	25	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	26	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	27	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	28	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	29	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	30	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	31	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	32	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	33	1,000,000	
TOTAL	34		1,794,000	1,794,000	34	1,794,000

ZONA I – ANAPRA

ENCUENTRO DE ARROYOS EN ZONA I "ANAPRA"

Nº. ID	TIPO	VALOR DE PROYECTO (M3)	VALOR DE INVERSIÓN (M3)	PUNTO DE ASOCIACIÓN (POTOS)	INVERSIÓN (MILES DE \$)	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	1	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	2	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	3	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	4	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	5	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	6	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	7	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	8	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	9	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	10	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	11	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	12	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	13	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	14	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	15	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	16	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	17	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	18	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	19	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	20	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	21	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	22	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	23	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	24	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	25	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	26	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	27	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	28	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	29	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	30	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	31	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	32	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	33	1,000,000	
TOTAL	34		1,794,000	1,794,000	34	1,794,000

ZONA I – ANAPRA

ENCUENTRO DE ARROYOS EN ZONA I "ANAPRA"

Nº. ID	TIPO	VALOR DE PROYECTO (M3)	VALOR DE INVERSIÓN (M3)	PUNTO DE ASOCIACIÓN (POTOS)	INVERSIÓN (MILES DE \$)	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	1	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	2	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	3	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	4	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	5	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	6	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	7	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	8	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	9	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	10	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	11	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	12	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	13	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	14	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	15	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	16	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	17	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	18	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	19	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	20	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	21	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	22	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	23	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	24	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	25	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	26	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	27	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	28	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	29	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	30	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	31	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	32	1,000,000	
Arroyo Juárez	Arroyo	1,000,000	1,000,000	33	1,000,000	
TOTAL	34		1,794,000	1,794,000	34	1,794,000

TABLA V.3.1.2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS EN CONDICIONES FUTURAS ZONA I. ANAPRA

SUBCUENCA (CLAVE)	ÁREA KM2	COBERTURA %		PENDIENTE	LONGITUD M	COEFIC. "N"	TIEMPO CONCENTR TC	TIEMPO RETRASO TR
		ZONA URBANA	CERRIL O LOMERIO					
ZI.1	1.47	50	50	0.0633	1,920.00	76.5	0.3087	0.1852
ZI.2.1	4.476	80	20	0.0143	2,990.00	81.6	0.7584	0.455
ZI.2.2	11.533	10	90	0.0269	7,550.00	69.7	1.2211	0.7327
ZI.3	1.018	100	0	0.0247	1,450.00	85	0.3539	0.2123
ZI.4.1	0.595	100	0	0.0208	750	85	0.2272	0.1363
ZI.4.2	2.691	70	30	0.0272	4,240.00	79.9	0.7798	0.4679
ZI.4.3	0.17	100	0	0.0269	620	85	0.1782	0.1069
ZI.4.4	0.202	100	0	0.034	670	85	0.1732	0.1039
ZI.5.1	0.677	100	0	0.0124	1,300.00	85	0.4213	0.2528
ZI.5.2	1.201	100	0	0.0178	1,980.00	85	0.5086	0.3052
ZI.5.3	2.653	100	0	0.0209	2,940.00	85	0.6493	0.3896
ZI.5.4	6.976	60	40	0.0554	5,940.00	78.2	0.7743	0.4646
ZI.5.5	5.889	20	80	0.068	5,170.00	71.4	0.6443	0.3866
ZI.5.6	0.511	80	20	0.0142	970	81.6	0.3196	0.1918
ZI.5.7	0.329	80	20	0.0569	750	81.6	0.1558	0.0935
ZI.5.8	1.452	40	60	0.0388	3,070.00	74.8	0.5323	0.3194
ZI.5.9	1.027	40	60	0.0427	1,090.00	74.8	0.2314	0.1388
ZI.6	0.201	100	0	0.0667	400	85	0.0905	0.0543
ZI.7	1.364	100	0	0.0249	2,250.00	85	0.4949	0.2969
ZI.8	0.230	100	0	0.0316	700	85	0.1842	0.1105
ZI.9	0.65	100	0	0.0286	1,790.00	85	0.394	0.2364
ZI.10.1	0.690	100	0	0.0123	1,550.00	85	0.4839	0.2903
ZI.10.2	0.227	100	0	0.0396	1,000.00	85	0.2227	0.1336
ZI.10.3	0.963	100	0	0.0197	1,280.00	85	0.35	0.21
ZI.10.4	0.235	100	0	0.0225	900	85	0.2539	0.1523
ZI.10.5	0.137	100	0	0.0388	600	85	0.1514	0.0909
ZI.10.6	0.118	100	0	0.035	350	85	0.1039	0.0624
ZI.11	0.725	100	0	0.0224	1,770.00	85	0.428	0.2568
ZI.12	0.361	100	0	0.0218	1,600.00	85	0.4001	0.24
ZI.13.1	0.461	100	0	0.0183	1,050.00	85	0.3089	0.1853
ZI.13.2	0.536	100	0	0.0261	350	85	0.116	0.0696
ZI.13.3	0.359	100	0	0.032	1,000.00	85	0.2412	0.1447
ZI.14.1	1.035	100	0	0.0159	1,910.00	85	0.5161	0.3097
ZI.14.2	0.555	100	0	0.014	750	85	0.2636	0.1581
ZI.14.3	0.522	100	0	0.0207	1,370.00	85	0.362	0.2172
ZI.14.4	0.349	100	0	0.0163	900	85	0.2865	0.1719
ZI.14.5	0.917	100	0	0.0203	1,900.00	85	0.469	0.2814
ZI.14.6	0.321	60	40	0.055	1,000.00	78.2	0.1969	0.1181
ZI.14.7	0.081	60	40	0.11	550	78.2	0.0958	0.0575
ZI.14.8	1.406	60	40	0.234	2,020.00	78.2	0.1966	0.118
ZI.14.9	0.076	90	10	0.0965	530	83.3	0.0978	0.0587
ZI.14.10	0.164	100	0	0.0671	850	85	0.1613	0.0968
ZI.14.11	0.229	90	10	0.163	800	83.3	0.1103	0.0662
ZI.14.12	0.106	100	0	0.126	490	85	0.0833	0.05
ZI.14.13	0.455	100	0	0.085	700	85	0.1271	0.0762
ZI.14.14	0.534	90	10	0.152	1,500.00	83.3	0.1838	0.1103
ZI.14.15	0.066	100	0	0.0462	400	85	0.1038	0.0623
ZI.15.1	0.097	100	0	0.0005	400	85	0.5667	0.34
ZI.15.2	0.063	100	0	0.0005	300	85	0.4541	0.2725
ZI.15.3	0.18	100	0	0.0217	500	85	0.1637	0.0982
ZI.15.4	1.105	100	0	0.0216	2,820.00	85	0.6211	0.3727
ZI.15.5	0.038	100	0	0.0375	300	85	0.09	0.054
ZI.15.6	0.083	100	0	0.1342	350	85	0.0628	0.0377
ZI.15.7	0.234	100	0	0.0693	550	85	0.1139	0.0684
ZI.15.8	0.064	100	0	0.0508	580	85	0.1334	0.08
ZI.15.9	0.045	100	0	0.0875	450	85	0.0895	0.0537
ZI.15.10	0.351	100	0	0.147	1,000.00	85	0.1362	0.0817
<b>TOTALES</b>	<b>59.203</b>	<b>89.12</b>	<b>10.88</b>	<b>0.0491</b>	<b>82,910.00</b>	<b>83.15</b>	<b>0.3183</b>	<b>0.191</b>

FUENTE: IMIP



### V.3.1.3. ANÁLISIS DE ESCURRIMIENTOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN CONDICIONES FUTURAS ZONA IANAPRA

A continuación se presentan los resultados del modelo de simulación de escurrimientos pluviales para los

periodos de retorno de 5, 25 y 100 años, para cada una de las Sub-cuencas que componen esta Zona. Ver Tablas V.3.1.3 (1) a V3.1.3 (16):

TABLA V.3.1.3 (1) - ARROYO LADRILLERA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI.1	1.47	3.9521	21.99	7.9345	44.694	11.995	68.166
CPTA 1,2	1.47	4.58	25.34	7.835	50.31	11.85	67.32

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.3 (2) - ARROYO TAPO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM 2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI.2.2	11.532	13.553	142.27	28.78	284.65	44.607	445.47
P B. JRZ (1)	11.532	0	0	0	0	0	0
ZI.2.1	4.476	8.2105	81.174	16.129	159.47	23.738	237.81
U 2.1	16.008	8.2105	81.19	16.129	159.51	23.738	237.86
CPTA 3,4	17.478	9.5944	103.13	18.936	204.2	28.05	306.03

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.3 (3) - COYOTLA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI.3	1.018	3.7104	21.16	6.9552	40.402	10.051	59.235
CPTA 5,6	18.496	11.851	124.29	23.412	244.6	34.54	365.26

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.3 (4) - MIMBRE

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA RENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI.4.4	0.202	0.811	4.199	1.513	8.017	2.183	11.754
D. TABACO (2)	0.202	0.035	3.135	0.067	5.999	0.097	8.803
ZI.4.3	0.17	0.683	3.534	1.273	6.747	1.837	9.892
U.4.3	0.372	0.697	6.668	1.303	12.746	1.882	18.695
ZI.4.2	2.69	5.818	45.665	11.519	90.873	17.113	136.58
U4.2	3.062	6.21	52.333	12.258	103.62	18.166	155.28
ZI.4.1	0.595	2.389	12.368	4.455	23.614	6.429	34.622
U 4.1	3.657	7.503	64.701	14.688	127.23	21.618	189.9
CPTA 7,8	22.153	19.354	188.99	38.1	371.83	56.159	555.16

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.3 (5) - VIBORAS

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
VÍBORAS PONIENTE							
ZI.5.9	1.027	2.721	14.391	5.512	29.634	8.391	45.508
D. PTO PAZ (6)	1.027	0	0	0	0	0	0
ZI.5.8	1.452	2.725	20.347	5.558	41.898	8.403	64.34
D. P. AGUILA (5)	1.452	0	0	0	0	0	0
ZI 5.7	0.329	1.144	5.967	2.204	11.722	3.244	17.48
ZI 5.6	0.511	1.688	9.267	3.26	18.206	4.803	27.149
U 5.6,7	3.319	2.833	15.286	5.464	30.035	8.048	44.795
ZI.5.3	2.653	7.506	55.145	14.119	105.29	20.317	154.37
ZI.5.2	1.201	3.364	24.964	6.334	47.665	9.193	69.883
VIBORAS ORIENTE							
ZI.5.5	5.899	9.321	73.022	20.288	153.38	31.202	238.59
D. GASERA (19)	5.899	0	0.051	0.001	0.108	5.233	64.872
ZI.5.4	6.976	14.242	110.98	28.537	223.53	42.742	338.5
U 5.4, D19	12.875	14.242	111.03	28.538	223.64	42.741	403.37
A. FRONTZO (17)	12.875	0	0.054	0.001	0.109	15.495	152.12
VIBORAS							
U 5.3,2	20.048	12.518	95.449	23.628	183.1	34.006	421.17
ZI.5.1	0.677	2.223	14.072	4.193	26.869	6.069	39.393
U 5.1	20.725	14.338	109.52	27.491	209.97	40.065	460.56
A. MADRE	42.878	33.623	298.51	65.012	581.8	94.858	1,015.70

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.3 (6) - EL MEZQUITE

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM 2	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI.6	0.201	0.8069	4.178	1.505	7.9772	2.1719	11.696
U. 1.6	43.079	34.06	302.69	65.833	589.78	96.378	1027.4

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.3 (7) - FRANCISCO VILLA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI.7	1.364	3.873	28.352	7.37	54.134	10.691	79.368
U 1.7	44.443	37.853	331.04	72.946	643.91	107.07	1,106.80

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.3 (8) - ALTAVISTA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM 2	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI.8	0.230	0.807	4.178	1.505	7.977	2.172	11.696
U. 1.8	44.644	38.289	335.22	74.254	651.89	109.24	1,118.50

FUENTE: IMIP



TABLA V.3.1.3 (9) - VILLA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI.9	0.649	2.1871	13.49	4.118	25.757	5.958	37.764

FUENTE: IM IP

TABLA V.3.1.3 (10) - JARERO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM 2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
ZI.10.6	0.118	0.474	2.453	0.884	4.683	1.275	6.866
D. JAZOU	0.118	0	0.043	0.001	0.083	0.001	0.122
ZI.10.5	0.137	0.55	2.848	1.026	5.437	1.48	7.972
U.10.5	0.255	0.55	2.891	1.026	5.52	1.481	8.093
D. SUBEST (11)	0.255	0.358	1.756	1.115	4.363	1.231	6.908
ZI.10.4	0.235	0.943	4.884	1.76	9.327	2.539	13.674
D. HOSPITAL (13)	0.235	0.001	0.067	0.02	0.444	0.499	4.783
ZI.10.3	0.963	3.51	20.017	6.579	38.219	9.508	56.035
ZI.10.2	0.227	0.911	4.718	1.7	9.009	2.453	13.209
U.10.2.3	1.68	4.422	26.559	9.395	52.035	13.192	80.934
ZI.10.1	0.690	2.595	18.5	4.929	35.322	7.148	51.787
U.10.1	2.57	7.017	45.058	14.324	87.357	20.34	132.72

FUENTE: IM IP

TABLA V.3.1.3 (11) - ALDAMA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI.11	0.725	2.304	15.07	4.354	28.774	6.305	42.186

FUENTE: IM IP

TABLA V.3.1.3 (12) - ZACATECAS

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI.12	0.361	1.217	7.504	2.291	14.327	3.314	21.006

FUENTE: IM IP

TABLA V.3.1.3 (13) - EL CUERVO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
ZI.13.3	0.359	1.441	7.462	2.688	14.248	3.879	20.889
D. J. BALDERAS (14)	0.359	0	0.058	0.001	0.111	0.167	5.051
ZI.13.2	0.536	2.152	11.141	4.013	21.273	5.792	31.189
U.13.2	0.895	2.152	11.199	4.014	21.383	5.792	36.239
D. J. GARCIA (15)	0.895	0	0.058	0.001	0.111	0.391	12.405
ZI.13.1	0.46	1.756	9.562	3.283	18.256	4.741	26.766
U.13.1	1.355	1.756	9.619	3.283	18.367	4.742	39.171

FUENTE: IM IP

TABLA V.3.1.3 (14) - COLORADO NORTE

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI.14.6	0.321	0.972	5.107	1.924	10.286	2.883	15.576
D. CABALL (18)	0.321	0	0.052	0.001	0.106	0.11	3.703
ZI.14.4	0.349	1.391	7.254	2.594	13.851	3.744	20.308
ZI.14.5	0.917	2.746	19.061	5.209	36.394	7.55	53.358
ZI.14.7	0.081	0.255	1.289	0.485	2.596	0.728	3.93
D. NVA ZELANDA (20)	0.081	0	0.011	0	0.021	0	0.032
ZI.14.9	0.076	0.284	1.474	0.538	2.857	0.785	4.226
D. I. HAWAI	0.076	0	0.045	0.001	0.088	0.001	0.126
ZI.14.8	1.406	4.259	22.368	8.427	45.053	12.629	68.224
U 14.8	1.482	4.258	22.413	8.427	45.141	12.629	68.35
D. GUAD IZQ (22)	1.482	0	0.046	0	0.093	0.445	8.763
U.C.7	3.15	4.137	26.424	7.803	50.465	11.295	86.165
ZI.14.3	0.522	1.86	10.85	3.48	20.72	5.04	30.37
ZI.14.2	0.555	2.228	11.536	4.155	22.027	5.997	32.294
U.C.6	5.715	8.222	48.842	15.445	93.268	22.33	148.93
ZI.14.1	1.035	2.898	21.514	5.458	41.077	22.33	148.93
U 14.1	6.75	11.087	70.355	20.903	134.35	30.253	209.16
U.C.5	8.668	16.46	107.71	31.079	205.82	45.001	315.31
U. 13	10.023	18.216	117.33	34.362	224.19	49.742	354.48

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.3 (15) - COLORADO SUR

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI.14.14	0.534	1.993	10.36	3.781	20.075	5.514	29.689
D. TARAHUMARA (29)	0.534	0	0.055	0	0.108	0.591	6.931
ZI.14.12	0.106	0.425	2.203	0.793	4.206	1.145	6.167
D. I. COZUMEL	0.106	0	0.054	0	0.103	0.089	1.225
ZI.14.13	0.455	1.826	9.457	3.406	18.058	4.916	26.475
ZI.14.11	0.229	0.855	4.442	1.621	8.608	2.364	12.732
ZI.14.10	0.164	0.658	3.408	1.228	6.508	1.772	9.542
ZI.14.15	0.063	0.252	1.309	0.471	2.5	0.68	3.665
U.C.8	1.551	3.359	18.725	6.726	35.877	9.732	60.57
D. STO DOMINGO (23)	1.551	0	0	0	0	0	0

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.3 (16) - TIRADORES

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZI 15.9	0.045	0.18	0.935	0.336	1.785	0.486	2.618
D. COVARUBIAS (32)	0.045	0	0.022	0	0.044	0	0.064
ZI.15.10	0.351	1.409	7.295	2.628	13.93	3.792	20.424
ZI.15.7	0.234	0.939	4.863	1.752	9.286	2.528	13.616
U 15.7	0.585	2.348	12.16	4.38	23.217	6.321	34.04
ZI.15.8	0.064	0.252	1.309	0.471	2.5	0.68	3.665
U 15.8	0.693	2.601	13.492	4.852	25.762	7.002	37.77
ZI 15.6	0.08	0.321	1.662	0.599	3.175	0.864	4.655
D. ECATEPEC (33)	0.08	0	0.067	0.011	0.274	0.103	1.754
ZI 15.5	0.038	0.16	0.831	0.299	1.587	0.432	2.327
U15.5	0.12	0.16	0.890	0.299	1.860	0.432	2.327
U.C.9	0.813	2.762	14.39	5.151	27.624	7.435	41.852
ZI 15.4	1.105	3.136	22.969	5.894	43.855	8.475	64.293

FUENTE: IMIP



### V.3.1.4. PROYECTOS DE VASOS DE RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL.

Los diques que se propone utilizar son todos existentes, no se contempla la necesidad de construir nuevos almacenamientos pero se observa que algunos de ellos requieren de mayor capacidad, tal es el caso de los Diques Balderas, Jesús García, Fronterizo, Caballerizas, Gasera, Cozumel y Tarahumara. Es necesario realizar trabajos de rehabilitación de los diques existentes y estudios de detalle de las conducciones actuales de la cortina y el vaso de almacenamiento, incluyendo levantamientos topográficos, invasiones, capacidad de almacenamiento, condiciones de operación etc.

### V.3.1.4.1. CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO DE DIQUES DE RETENCIÓN DE AGUA PLUVIAL (VER TABLA V.3.1.4.1.)

### V.3.1.5. ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS - DIMENSIONAMIENTO ZONA I ANAPARA

El encauzamiento se propone en los tramos que se encuentran dentro de la zona urbana, algunos tramos se requiere de revestimiento a fin de evitar la erosión, sobre todo en las partes donde existe gran densidad de población y en algunos otros se propone solamente darle la forma con el área hidráulica necesaria. Se han diseñados para un periodo de retorno de 500 años de sección rectangular con talud 1:1 en canales revestidos y de 1.5:1 en canales de tierra.

El dimensionamiento de los Arroyos para esta Zona I se da en las Tablas V.3.1.5. (1) a la V.3.1.5 (8)

TABLA V.3.1.4.1. CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO DE DIQUES DE RETENCIÓN DE AGUA - ZONA I

NOMBRE	NO. ID	TIPO DE OBRA	CORRIENTE	CAPACIDAD ACTUAL	CAPACIDAD PROYECTO	ALTURA A. ARR.	LONG. CORONA	LONG. VERT	DESFOGUE
BENITO JUÁREZ	1	PRESA	A. ANAPARA O TAPO	1,000,000	1,000,000	3.8	600	90	COMPUERTA DE 1 X 1
TABACO	2	DIQUE	AFLA. EL MIMBRE	9,000	9,000	4.7	94		CAJÓN CON TUBERÍA 60 CM.
PICO DEL ÁGUILA	5	DIQUE	AFLA. LAS VÍBORAS	150,000	150,000	8.5	145	7.3	CAJÓN CON TUBERÍA 91 CM.
PUERTO LA PAZ	6	DIQUE	AFLA. LAS VÍBORAS	50,000	50,000	4.6	168		CAJÓN CON TUBERÍA 61 CM.
LA SUBESTACIÓN	11	BORDO	AFLA. JARERO	1,000	1,000	2.2	27		NO TIENE
HOSPITAL	13	DIQUE	A. JARERO	9,000	9,000	3.5	75		CAJÓN CON TUBERÍA 60 CM.
JUAN BALDERAS	14	DIQUE	A. CUERCO AFLA. COL.	8,000	16,000	2.2	130		CAJÓN CON TUBERÍA 60 CM.
JESÚS GARCÍA	15	DIQUE	AFLA. COLORADO	2,000	24,000	2.3	85		CAJÓN CON TUBERÍA 110 CM.
JAZOU	16	A	A. JARERO	7,000	7,000	5.7	166		2 TUBERÍAS DE CONCR. DE 122 CM.
FRONTERIZO	17	A	A. LAS VÍBORAS	250,000	254,000	6.3	212		CAJÓN CON TUBERÍA 45 CM.
LAS CABALLERIZAS	18	DIQUE	A. COLORADO	3,000	12,000	2.4	143		CAJÓN CON TUBERÍA 60 CM.
LA GASERA	19	BORDO	A. COLORADO	130,000	175,000	4.3	50	DESÍO 7.5	NO REQUIERE
NUEVA ZELANDA	20	DIQUE	AFLA. COLORADO	15,000	15,000	4.2	31		CAJÓN CON TUBERÍA 60 CM.
GUADALAJARA IZQ.	22	DIQUE	AFLA. COLORADO	60,000	60,000	4.1	120	8	CAJÓN CON TUBERÍA 60 CM.
SANTO DOMINGO	23	DIQUE	A. COLORADO	70,000	70,000	5.7	210		CAJÓN CON TUBERÍA 91 CM.
ISLA HAWAII	24	DIQUE	AFLA. COLORADO	12,000	12,000	3	60	5	CAJÓN CON TUBERÍA 60 CM.
ISLA COZUMEL	26	DIQUE	AFLA. COLORADO	2,000	5,000	2.8	33		CAJÓN CON TUBERÍA 60 CM.
TARAHUMARA	29	DIQUE	AFLA. COLORADO	8,000	23,000	3.5	35		CAJÓN CON TUBERÍA 60 CM.
COVARRUBIAS	32	DIQUE	AFLA. TIRAD. DEL NTE	5,000	5,000	3	50		CAJÓN CON TUBERÍA 60 CM.
ECATEPEC	33	DIQUE	AFLA. TIRAD. DEL NTE	3,000	3,000	3.5	40		CAJÓN CON TUBERÍA 60 CM.
TOTAL	20			1,794,000	1,900,000				

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.4.1 (2) ZONA I ANAPRA – RESUMEN OBRAS EN VASOS DE RETENCIÓN E INFILTRACIÓN

NOMBRE	NO. ID	ARROYO	CAPACIDAD ACTUAL (M3)	CAPACIDAD PROYECTO (M3)	VASO DE FILTRACION (M3)	POZOS DE ABSORCION (POZOS)
BENITO JUÁREZ	1	TAPO	1,000,000	1,000,000	50,000	17
TABACO	2	AFL. DE EL MIMBRE	9,000	9,000	450	1
PICO DEL ÁGUILA	5	AFL. DE VÍBORAS	150,000	150,000	7,500	2
PUERTO LA PAZ	6	AFL. VÍBORAS	50,000	50,000	2,500	1
LA SUBESTACIÓN	11	AFL. JARERO	1,000	1,000	50	1
HOSPITAL	13	JARERO	9,000	9,000	450	1
JUAN BALDERAS	14	AFL. COLORADO	8,000	16,000	800	1
JESÚS GARCÍA	15	AFL. COLORADO	2,000	24,000	1,200	1
JAZOU	16	JARERO	7,000	7,000	350	1
FRONTERIZO	17	LAS VÍBORAS	250,000	254,000	12,700	4
LAS CABALLERIZAS	18	COLORADO	3,000	12,000	600	1
LA GASERA	19	COLORADO	130,000	175,000	8,750	2
NUEVA ZELANDA	20	AFL. COLORADO	15,000	15,000	750	1
GUADALAJARA IZQ.	22	AFL. COLORADO	60,000	60,000	3,000	1
SANTO DOMINGO	23	A. COLORADO	70,000	70,000	3,500	1
ISLA HAWAI	24	AFL. COLORADO	12,000	12,000	600	1
ISLA COZUMEL	26	AFL. COLORADO	2,000	5,000	250	1
TARAHUMARA	29	AFL. COLORADO	8,000	23,000	1,150	1
COVARRUBIAS	32	AFL. TIRADORES	5,000	5,000	250	1
ECATEPEC	33	AFL. TIRADORES	3,000	3,000	150	1
TOTAL	20		1,794,000	1,900,000	95,000	41

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.5. (1) - ARROYO TAPO DISEÑO

NO. ID	TRAMO	GASTO DE DISEÑO (M <sup>3</sup> /SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M <sup>2</sup> )	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUNDIDAD (A) (M)
TAPO 1-2	MITAD DEL TRAMO ENTRE PRESA B. JUÁREZ Y RIO	INICIO	23.74	REVESTIDO	0.0045	3	7.9	2.0803	1.72
TAPO 2-3		FINAL	23.74	REVESTIDO	0.0045	3	7.9	2.0803	1.72

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.5. (2) - ARROYO COYOTLA DISEÑO

NO. ID	TRAMO	GASTO DE DISEÑO (M <sup>3</sup> /SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M <sup>2</sup> )	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUNDIDAD (A) (M)
COY 1-2	50% DE SURECORRIDO TOTAL	INICIO	9.95	REVESTIDO	0.008	3	3.32	1.3468	1.12
COY 2-3		FINAL	9.95	REVESTIDO	0.008	3	3.32	1.3468	1.12

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.5. (3) - ARROYO MIMBRE DISEÑO

NO. ID	TRAMO	GASTO DE DISEÑO (M <sup>3</sup> /SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M <sup>2</sup> )	TIRANTE (T) (M)	PLANT (B) (M)	DIDAD (A) (M)
MIMB 1-2	AGUAS ARRIBA DE UNION DE 2 AFLUENTES (NORTE)	FINAL	17.11	TIERRA	0.0043	2	8.56	2.016	1.22
MIMB 2-3	UNION DE 2 AFLUENTES - RIO	INICIO	18.17	REVESTIDO	0.0054	3	6.06	1.8198	1.5
MIMB 3-4	BRAVO	FINAL	21.62	REVESTIDO	0.0048	3	7.21	1.9852	1.64

FUENTE: IMIP



TABLA V.3.1.5. (4) - ARROYO VIBORAS DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M <sup>3</sup> /SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO- CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M <sup>2</sup> )	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN- DIDAD (A) (M)
VIV 1-4	VIBORAS PTE HASTA UNION CON V. OTE	FINAL	9.19	TIERRA	0.0064	2	4.6	1.4776	0.89	1.92
VIV 2-3	VIBORAS OTE HASTA UNION CON V. PTE	INICIO	20.32	TIERRA	0.0038	2	10.16	2.1966	1.33	2.86
VIV 3-4		FINAL	20.32	TIERRA	0.0038	2	10.16	2.1966	1.33	2.86
VIV 4-5	UNION PTE Y OTE - RIO BRAVO.	INICIO	34.01	REVESTIDO	0.0035	3	11.34	2.4899	2.06	3.24
VIV 5-6		FINAL	40.07	REVESTIDO	0.0032	3	13.36	2.7026	2.24	3.51

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.5. (5) - ARROYO JARERO DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M <sup>3</sup> /SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO- CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M <sup>2</sup> )	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN- DIDAD (A) (M)
JARE 1-2	D. SUBESTACIÓN - UNIÓN A FLUENTE NTE	FINAL	9.51	TIERRA	0.0063	2	4.75	1.5026	0.91	1.95
JARE 2-3	UNION A FLUENTE NTE	INICIO	13.19	REVESTIDO	0.0066	3	4.4	1.5508	1.28	2.02
JARE 3-4	- A. COLORADO	FINAL	20.34	REVESTIDO	0.005	3	6.78	1.9256	1.59	2.5

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.5. (6) - ARROYO COLORADO PARTE ALTA DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M <sup>3</sup> /SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO- CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M <sup>2</sup> )	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN- DIDAD (A) (M)
COLO 3-Jan	D. GUADALAJARA 22 - A.V. DIV. DEL NORTE	FINAL	11.3	TIERRA	0.0056	2	5.65	1.6378	0.99	2.13
COLO 2.1 - 2.2	D. STO DOMINGO 23 - A.V. DIVISION DEL NORTE	INICIO	5.04	TIERRA	0.0096	2	2.52	1.0938	0.66	1.42
COLO 2.2 - 3		FINAL	5.04	TIERRA	0.0096	2	2.52	1.0938	0.66	1.42
COLO 3-4	A.V. DIV. DEL NORTE - A.V. 16 DE SEPT.	INICIO	22.33	REVESTIDO	0.0047	3	7.44	2.0176	1.67	2.62
COLO 4-5		FINAL	30.25	REVESTIDO	0.0038	3	10.08	2.3485	1.94	3.05

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.5. (7) - ARROYO TIRADORES DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (m <sup>3</sup> /seg)	TIPO	PENDIENTE	VELO- CIDAD (m/seg)	AREA HIDR. (m <sup>2</sup> )	TIRANTE (T) (m)	ANCHO PLANT (B) (m)	PROFUN- DIDAD (A) (m)
TIRA 1-2	D. Ecatepec - Av. 16	Inicio	7	REVESTIDO	0.0101	3	2.33	1.1298	0.94	1.47
TIRA 2-3	de Septiembre	Final	14.75	REVESTIDO	0.0062	3	4.92	1.6397	1.36	2.13

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.1.5. (8) - ARROYO COLORADO PARTE BAJA DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (m <sup>3</sup> /seg)	TIPO	PENDIENTE	VELO- CIDAD (m/seg)	AREA HIDR. (m <sup>2</sup> )	TIRANTE (T) (m)	ANCHO PLANT (B) (m)	PROFUN- DIDAD (A) (m)
COLO 5-6		Inicio	45	REVESTIDO	0.0029	3	15	2.8643	2.37	3.72
COLO 6-7	TIRADORES - JARERO	Final	61.31	REVESTIDO	0.0024	3	20.44	3.3431	2.77	4.35
COLO 7-8		Inicio	82.18	REVESTIDO	0.002	3	27.39	3.8706	3.2	5.03
COLO 8-9	JARERO - RIO BRAVO	Final	88.83	REVESTIDO	0.0019	3	29.61	4.0241	3.33	5.23

FUENTE: IMIP

## V.3.2. CUENCA ZONA II CENTRO

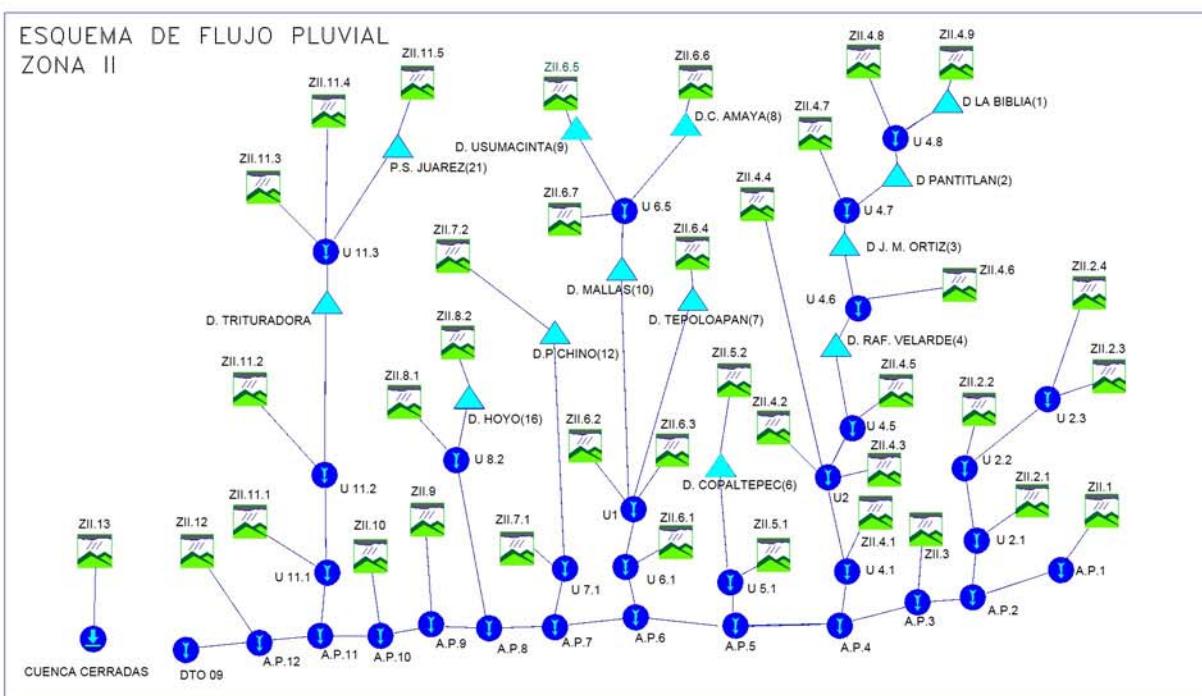
### V.3.2.1. DESCRIPCIÓN

Esta Zona se dividió en 12 Sub-cuencas, cada una de ellas representa un arroyo y a su vez se dividieron en micro-cuencas para un total de 36 micro-cuencas. De los diques existentes se propone aprovechar un total de 13 estructuras de este tipo de las cuales 7 requieren de un incremento en su capacidad de almacenamiento, según se puede observar en la tabla

correspondiente a proyectos de vasos de retención.

En el modelo de simulación se integró esta Zona a la del Jarudo (Zona III) y a la del Aeropuerto (Zona IV) ya que en el proyecto descarga sus aguas al Dren Interceptor denominado Acequia del Pueblo.

FIGURA V.3.2.1.- ESQUEMA ESCURRIMIENTOS MODELO DE SIMULACIÓN

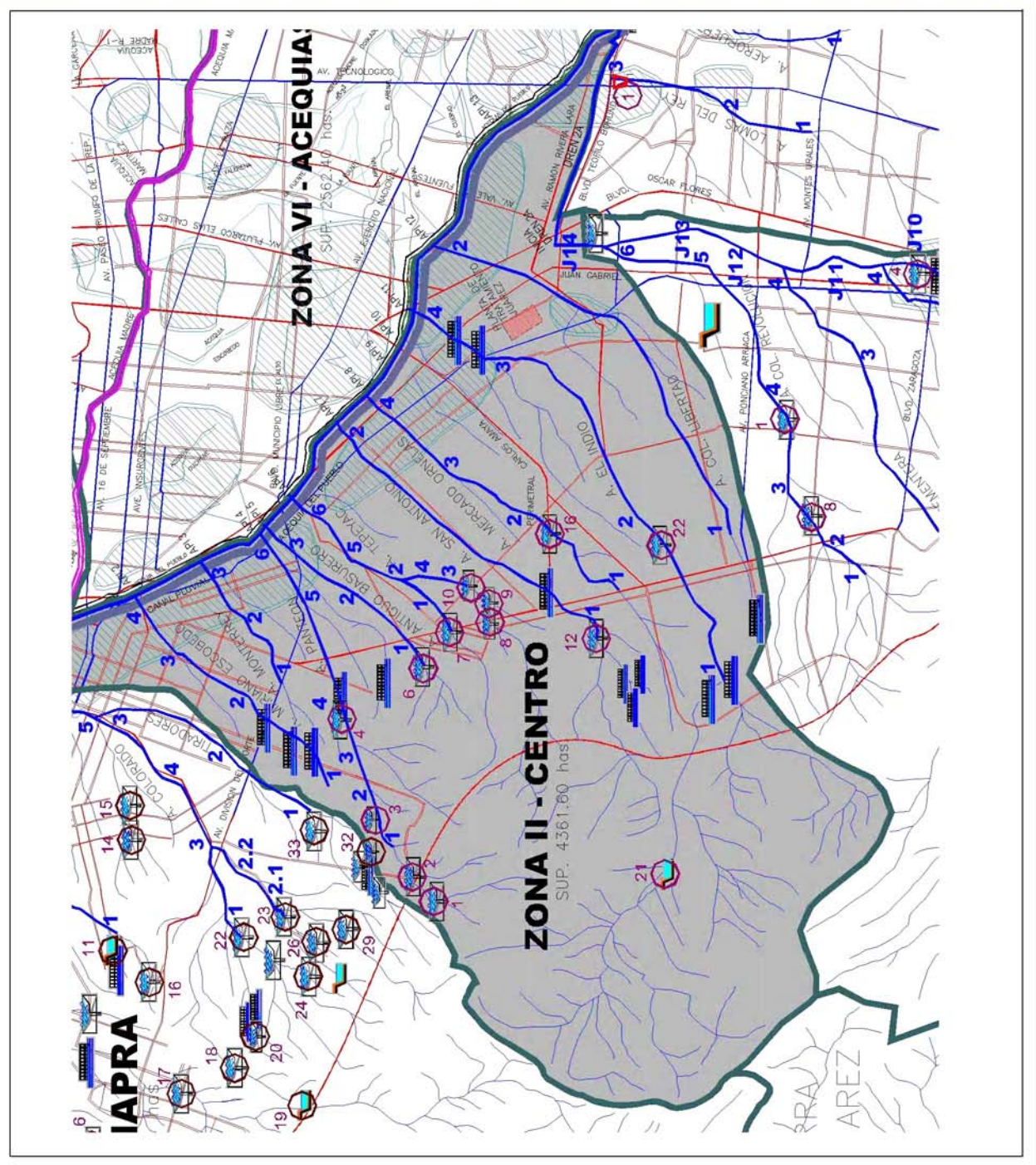
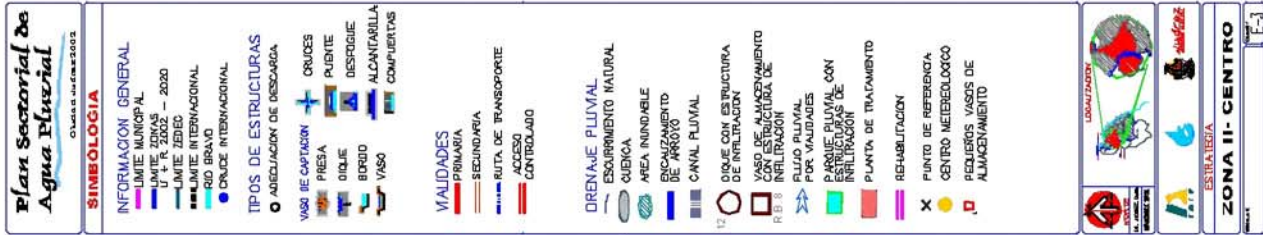




# Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial

Ciudad Juárez 2004

Estrategia



ESTRUCTURAS PLUVIALES  
CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO  
ZONA II - CENTRO

ESTRUCTURAS DE CONTROL PLUVIAL ZONA II "CENTRO"							
NOMBRE	No. ID	ARROYO	CAPACIDAD ACTUAL (M3)	CAPACIDAD PROYECTO (M3)	VASO DE FILTRACIÓN (M3)	POZOS DE ABSORCIÓN (POZOS)	INVERSIÓN APROX. (MILES DE \$)
La Biblia	1	A. Panteón	55,000	55,000	2,800	1	600,758
Pantitlan	2	A. Panteón	7,000	23,000	1,150	1	1,301,473
Juan Mata Ortiz	3	A. Panteón	15,000	15,000	750	1	501,590
Rafael Valarde	4	A. Panteón	15,000	55,000	2,750	1	2,305,403
Copaltepec	6	A. Ant. Basurero	24,000	55,000	2,750	1	2,037,123
Teloloapan	7	A. Tepeyac	10,000	60,000	3,000	1	2,766,268
Carlos Amaya	8	A. Tepeyac	10,000	47,000	2,350	1	2,268,863
Usamacintas	9	A. Tepeyac	15,000	15,000	900	1	737,085
Mayas	10	A. Tepeyac	80,000	80,000	4,000	1	605,427
Palo Chino	12	A. M. Ornelas	50,000	50,000	2,500	1	499,655
El Hoyo	16	A. Libertad	30,000	34,000	1,700	1	1,081,889
Parque Sierra Juárez	21	A. El Indio	20,000	20,000	1,000	1	674,658
La Trituradora	22	A. El Indio	200,000	200,000	10,000	3	1,256,465
TOTALES	13		632,000	713,000	35,650	15	16,537,554

ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS  
DIMENSIONAMIENTO POR TRAMOS  
ZONA II - CENTRO

ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS EN ZONA II "CENTRO"										
No. ID	TRAMO	LONGITUD (M)	GASTO DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TRANTE (M)	ANCHO PLANTILLA (M)	PROFUNDIDAD (M)
ARROYO MARIANO ESCOBEDO										
M ESC 1-2	Aguas arriba de Av. Div. Del Norte	1,031.66	14.72	TIERRA	0.0047	2.00	7.35	1.87	1.13	2.43
M ESC 2-3	Av. Div. Del Nte	1,155.88	6.96	REVESTIDO	0.0102	3.00	2.32	1.13	0.93	1.46
M ESC 3-4	Asequia del Pueblo	759.30	14.72	REVESTIDO	0.0062	3.00	4.91	1.54	1.36	2.13
	TOTAL	2,946.85							3,885,193.43	
ARROYO MONTERREY										
MONTE 1-2	Av. Div. Del Nte	645.00	12.17	REVESTIDO	0.010	3.00	4.06	1.49	1.23	1.94
MONTE 2-3	Asequia del Pueblo	850.00	12.17	REVESTIDO	0.010	3.00	4.06	1.49	1.23	1.94
	TOTAL	1,595.00							4,155,065.23	
ARROYO PANTEON										
PANT 1-2	Asequia al D. M. Ortiz	340.00	3.72	TIERRA	0.0118	2.00	1.88	0.84	0.57	1.23
PANT 2-3	D. Ortiz - D. R. Valarde	652.50	3.72	REVESTIDO	0.0154	3.00	1.24	0.82	0.68	1.07
PANT 3-4	Valarde	602.00	3.72	REVESTIDO	0.0156	3.00	1.24	0.82	0.68	1.07
PANT 4-5	D. R. Valarde	685.00	16.11	REVESTIDO	0.0061	3.00	5.04	1.56	1.37	2.16
PANT 5-6	Asequia del Pueblo	1,469.90	15.11	REVESTIDO	0.0061	3.00	5.04	1.56	1.37	2.16
	TOTAL	3,619.40							7,425,195.99	
ARROYO BASURERO										
BASU 1-2	D. Copaltepec (S)	1,009.61	1.37	REVESTIDO	0.0300	3.00	0.46	0.50	0.41	0.66
BASU 2-3	Asequia del P	1,247.23	5.03	REVESTIDO	0.0126	3.00	1.68	0.66	0.79	1.25
	TOTAL	2,256.84							3,626,350.14	
ARROYO TEPEYAC										
TEPE 1-2	D. Tepeyac (7) Union afluyente	750.00	7.11	REVESTIDO	0.0100	3.00	2.37	1.14	0.94	1.48
TEPE 3-4	D. Melles (10) Union afluyente	350.00	5.91	REVESTIDO	0.0113	3.00	1.97	1.04	0.86	1.35
TEPE 4-2	Union afluyente	390.00	5.91	REVESTIDO	0.0113	3.00	1.97	1.04	0.86	1.35
TEPE 2-5	Union 2 arroyos Asequia del Pueblo	640.00	13.16	REVESTIDO	0.0066	3.00	4.39	1.55	1.28	2.01
TEPE 5-6	Asequia del Pueblo	790.00	24.00	REVESTIDO	0.0044	3.00	8.02	2.09	1.73	2.72
	TOTAL	2,920.00							6,991,430.13	
ARROYO SAN ANTONIO										
SANT 1-2	D. Palo Chino Asequia del Pueblo	3,578.18	13.31	REVESTIDO	0.0065	3.00	4.44	1.56	1.29	2.03
	TOTAL	3,578.18							9,883,199.97	
ARROYO MORGADO ORNELAS										
MORN 1-2	Av. Asteca - D. Hoyo	1,039.91	6.12	REVESTIDO	0.0111	3.00	2.04	1.06	0.87	1.37
MORN 2-3	D. Hoyo - Asequia del Pueblo	1,219.05	1.88	REVESTIDO	0.0244	3.00	0.63	0.58	0.46	0.75
MORN 3-4	Asequia del Pueblo	1,219.77	11.17	REVESTIDO	0.0074	3.00	3.72	1.43	1.18	1.86
	TOTAL	3,478.73							5,976,987.51	
ARROYO EL INDI										
INDIA 1-2	D. Trituradora - A. Chichontepec	1,680.00	4.04	TIERRA	0.0112	2.00	2.02	0.88	0.59	1.27
INDIA 2-3	Chichontepec - Indio Asequia del Pueblo	2,850.00	32.09	REVESTIDO	0.0037	3.00	10.70	2.42	2.00	3.14
INDIA 2-3	Chichontepec - Indio Asequia del Pueblo	790.00	64.35	REVESTIDO	0.0023	3.00	21.45	3.43	2.84	4.45
	TOTAL	5,320.00							9,975,987.51	
ARROYO LIBERTAD 1										
INDIO 1-2	Av. Asteca - Asequia del Pueblo	5,780.30	25.85	REVESTIDO	0.00	3.00	8.62	2.17	1.80	2.80
	TOTAL	5,780.30							20,193,145.74	



### V.3.2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SUB-CUENCAS Y MICRO-CUENCAS DE LA ZONA II CENTRO EN CONDICIONES FUTURAS

TABLA V.3.2.2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS EN CONDICIONES FUTURAS ZONA II. CENTRO

SUBCUENCA (CLAVE)	AREA KM2	COBERTURA %		PENDIENTE	LONGITUD M	COEFIC. "N"	TIEMPO CONCENTR TC	TIEMPO RETRASO TR
		ZONA URBANA	CERRIL O LOMERIO					
ZII.1	0.414	100	0	0.023	550	85	0.1723	0.1034
ZII.2.1	1.542	100	0	0.0138	1,965.00	85	0.5563	0.3338
ZII.2.2	0.31	100	0	0.0375	300	85	0.09	0.054
ZII.2.3	0.128	100	0	0.0417	250	85	0.0751	0.0451
ZII.2.4	0.206	100	0	0.0277	750	85	0.2041	0.1224
ZII.3	1.44	100	0	0.0247	2,000.00	85	0.4533	0.272
ZII.4.1	0.203	100	0	0.0032	450	85	0.3093	0.1856
ZII.4.2	0.346	100	0	0.0192	1,840.00	85	0.4673	0.2804
ZII.4.3	0.659	100	0	0.0231	1,230.00	85	0.3197	0.1918
ZII.4.4	0.171	100	0	0.3143	400	85	0.0506	0.0303
ZII.4.5	0.132	100	0	0.0667	200	85	0.053	0.0318
ZII.4.6	1.201	100	0	0.0322	1,100.00	85	0.259	0.1554
ZII.4.7	0.344	100	0	0.0537	550	85	0.1254	0.0752
ZII.4.8	0.549	70	30	0.3	400	79.9	0.0515	0.0309
ZII.4.9	0.56	30	70	0.0641	1,350.00	73.1	0.2342	0.1405
ZII.5.1	0.658	100	0	0.0154	2,100.00	85	0.5619	0.3372
ZII.5.2	0.578	100	0	0.0468	800	85	0.1762	0.1057
ZII.6.1	1.008	100	0	0.0267	900	85	0.2381	0.1428
ZII.6.2	0.56	100	0	0.0286	650	85	0.1806	0.1084
ZII.6.3	0.658	100	0	0.0667	700	85	0.1392	0.0835
ZII.6.4	0.689	70	30	0.0504	2,000.00	79.9	0.3469	0.2082
ZII.6.5	0.658	100	0	0.034	900	85	0.2174	0.1305
ZII.6.6	1.409	40	60	0.0446	1,800.00	74.8	0.3349	0.201
ZII.6.7	0.2	100	0	0.034	500	85	0.1383	0.083
ZII.7.1	1.836	100	0	0.0174	3,500.00	85	0.7954	0.4773
ZII.7.2	2.637	0	100	0.0435	2,650.00	68	0.4554	0.2732
ZII.8.1	1.473	100	0	0.0115	2,400.00	85	0.6948	0.4169
ZII.8.2	1.277	100	0	0.0278	2,600.00	85	0.5308	0.3185
ZII.9	0.432	100	0	0.0166	1,500.00	85	0.4216	0.253
ZII.10	0.414	100	0	0.0162	1,500.00	85	0.4255	0.2553
ZII.11.1	2.97	100	0	0.0063	500	85	0.2602	0.1561
ZII.11.2	0.564	100	0	0.024	300	85	0.1063	0.0638
ZII.11.3	2.38	0	100	0.0155	1,900.00	68	0.519	0.3114
ZII.11.4	2.29	0	100	0.0244	3,700.00	68	0.7314	0.4388
ZII.11.5	5.949	0	100	0.0489	2,650.00	68	0.4358	0.2615
ZII.12	4.147	100	0	0.017	4,850.00	85	1.0315	0.6189
ZII.13	2.624	100	0	0.01	1,215.00	85	0.4335	0.2601
TOTAL/PROM	43.616	83.61	16.39	0.05	51,735.00	82.21	0.34	0.2

FUENTE: IMIP

#### V.3.2.2.1. ESCURRIMIENTOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN CONDICIONES FUTURAS ZONA II. CENTRO

Los datos que se ingresaron al modelo corresponden a las condiciones estimadas para dentro de 20 años, considerando el crecimiento probable de la mancha

urbana, pero conservando el área total de aportación por Micro-cuenca así como las pendientes y longitudes de recorrido del agua. Ver Tabla V.3.2.2.1 (1) hasta Tabla V.3.2.2.1 (12)

TABLA V.3.2.2.1 (1) - ÁREA CENTRO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.1	0.414	1.662	8.605	3.099	16.43	4.47	24.09

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.2.2.1 (2) - ARROYO MARIANO ESCOBEDO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.2.4	0.206	0.827	4.282	1.542	8.176	2.226	11.987
ZII.2.3	0.128	0.514	2.661	0.958	5.08	1.38	7.45
U 2.3	0.334	1.34	6.943	2.5	13.256	3.61	19.435
ZII.2.2	0.31	1.245	6.444	2.321	12.303	3.35	18.038
U 2.2	0.644	2.586	13.386	4.822	25.56	6.959	37.47
ZII.2.1	1.542	4.011	32.052	7.604	61.198	10.988	89.726
U 2.1	2.186	5.41	45.44	10.234	86.757	14.724	127.2

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.2.2.1 (3) - ARROYO MONTERREY

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.3	1.439	5.07	34.11	7.9	63.59	12.08	82.79

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.2.2.1 (4) - PANTEÓN

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA	DESCARGA PICO	VOLUMEN ESCURRIDO	DESCARGA PICO	VOLUMEN ESCURRIDO	DESCARGA PICO	VOLUMEN ESCURRIDO
	KM2	M3/SEG	X 1000 M3	M3/SEG	X 1000 M3	M3/SEG	X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.4.9	0.56	1.3899	7.373	2.845	15.338	4.362	23.709
D LA BIBLIA (1)	0.56	0	0.016	0	0.034	0	0.052
ZII.4.8	0.549	1.781	9.32	3.478	18.546	5.168	27.875
U 4.8	10.109	1.781	9.336	3.478	18.58	5.168	27.927
D PANTITLAN(2)	1.109	0	0	0	0.01	0.37	5.08
ZII.4.7	0.344	1.381	7.15	2.576	13.653	3.717	20.017
U 4.7	1.453	1.38	7.16	2.576	13.66	3.717	25.103
D J. M. ORTIZ(3)	1.453	0	0.06	0	0.113	0.723	10.255
ZII.4.6	1.201	4.822	24.964	8.99	47.665	12.978	69.88
U 4.6	2.654	4.822	25.023	8.993	47.78	12.98	80.14
D. RAFAEL VELARDE(4)	2.654	0	0	0	0.011	1.973	25.52
ZII.4.5	0.132	0.53	2.744	0.99	5.239	1.426	7.681
U 4.5	2.786	0.53	2.749	0.99	5.25	2.097	33.198
ZII.4.4	0.171	0.687	3.554	1.28	6.787	1.848	9.95
ZII.4.2	0.346	1.036	7.192	1.965	13.732	2.849	20.133
ZII.4.3	0.659	2.515	13.698	4.703	26.154	6.792	38.346
U2	3.962	4.768	27.194	8.937	51.922	12.915	101.63
ZII.4.1	0.203	0.815	4.22	1.52	8.057	2.193	11.812
U 4.1	4.165	5.583	31.413	10.457	59.979	15.108	113.44

FUENTE: IMIP



TABLA V.3.2.2.1 (5) - ARROYO BASURERO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.5.2	0.578	2.321	12.014	4.328	22.94	6.246	33.633
D. COPALTEPEC (6)	0.578	0	0.027	0	0.051	1.37	14.62
ZII.5.1	0.658	1.867	13.677	3.504	26.115	5.033	38.288
U 5.1	1.236	1.867	13.704	3.504	26.167	5.033	38.364

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.2.2.1 (6) - ARROYO TEPEYAC

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.6.5	0.658	1.347	7.209	2.835	15.418	4.432	24.27
D. USUMACINTA(9)	0.658	0	0	0	0	0.64	6.08
ZII.6.6	1.409	3.464	19.744	7.04	40.657	10.726	62.435
D.C. AMAYA(8)	1.409	0	0.005	0	0	1.31	14.98
ZII.6.7	0.2	0.803	4.157	1.498	0.01	2.161	11.638
U 6.5	2.267	0.803	4.167	1.498	7.959	2.479	33.81
D. MAYAS (10)	2.267	0	0.006	0	0.012	0	0
ZVI.6.4	0.689	2.025	11.696	3.975	23.276	5.915	34.983
D. TELOLOAPAN (7)	0.689	0	0.024	0	0.048	1.53	17.55
ZII.6.2	0.56	2.248	11.64	4.193	22.225	6.051	32.585
ZII.6.3	0.658	2.642	13.677	4.927	26.115	7.11	38.288
U1	4.174	4.89	25.348	9.12	48.4	13.162	70.994
ZII.6.1	1.008	4.047	20.952	7.548	40.005	10.892	58.653
U 6.1	5.182	8.937	46.3	16.667	88.405	24.054	129.65

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.2.2.1 (7) - ARROYO SAN ANTONIO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.7.2	2.637	4.094	28.89	8.728	61.788	13.689	97.263
D. P. CHINO (12)	2.637	0	0.07	0.8	12.21	0.29	4.03
ZII.7.1	1.836	4.87	38.163	9.218	72.867	13.31	106.83
U 7.1	4.473	4.87	38.234	9.218	85.08	13.311	154.52

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.2.2.1(8) - ARROYO MERCADO ORNELAS

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.8.2	1.277	1.861	13.99	3.944	29.922	6.125	47.101
D.HOYO (16)	1.277	0	0.005	0	0.011	1.875	13.376
ZII.8.1	1.473	4.116	30.618	7.755	58.46	11.172	87.711
U 8.1	2.75	4.116	30.623	7.755	58.471	11.172	99.086

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.2.2.1 (9) - ARROYO C. AMAYA I

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.9.9	0.432	1.419	8.979	2.676	17.145	3.873	25.137

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.2.2.1 (9) - ARROYO C. AMAYA II

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.10	0.414	1.316	8.605	2.486	16.431	3.6	24.09

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.2.2.1 (10) - ARROYO EL INDIO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM 2	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.11.5	5.949	9.538	65.175	20.301	139.39	31.826	219.42
P. S. JUÁREZ (21)	5.949	7.804	45.393	20.32	119.61	19.06	109.35
ZII.11.3	2.38	3.453	26.074	7.32	55.767	11.363	87.784
ZII.11.4	2.29	3.23	25.088	6.873	53.658	10.723	84.464
U 11.3	10.619	14.488	96.556	32.201	229.04	52.466	371.89
D. TRITURADORA	10.619	0	0.005	1.529	30.413	4.04	80.68
ZII.11.2	2.97	11.924	61.735	22.238	117.87	32.093	172.82
U 11.2	13.589	11.924	61.74	22.238	148.29	32.093	346.08
ZII.11.1	2.985	11.984	62.046	22.35	118.47	32.255	173.69
U 11.1	16.574	23.908	123.79	44.589	266.75	64.348	519.77

FUENTE: IMIP

TABLA IV.3.2.2.1.11 ZONA II.12 ARROYO LIBERTAD

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM 2	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.12	4.147	9.32	86.2	17.82	164.59	25.85	241.3

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.2.2.1 (12) - ARROYO LIBERTAD 2 CBTI

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM 2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.13	2.624	5.89	54.54	11.27	104.14	16.35	152.68

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.2.2.1 (13) - RESUMEN POR ARROYO ZONA II CENTRO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM 2	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3	DESCARGA PICO M 3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZII.1.- CENTRO	0.414	1.662	8.605	3.099	16.43	4.47	24.09
ZII.2.- M. ESCOBEDO	2.186	5.41	45.44	10.234	86.757	14.724	127.2
ZII.3.- MONTERREY	1.439	4.436	29.911	8.397	57.11	12.165	83.732
ZII.4.- PANTEÓN	4.165	5.583	31.413	10.457	59.979	15.108	113.44
ZII.5.- A. BASURERO	1.236	1.867	13.704	3.504	26.167	5.033	38.364
ZII.6.- TEPEYAC	5.182	8.937	46.3	16.667	88.405	24.054	129.65
ZII.7.- SAN ANTONIO	4.473	4.87	38.234	9.218	85.08	13.311	154.52
ZII.8.- MERC. ORNELAS	2.75	4.116	30.623	7.755	58.471	11.172	99.086
ZII.9.- C. AMAYA 1	0.432	1.419	8.979	2.676	17.145	3.873	25.137
ZII.10.- C. AMAYA 2	0.414	1.316	8.605	2.486	16.431	3.6	24.09
ZII.11.- EL INDIO	16.574	23.908	123.79	44.589	266.75	64.348	519.77
ZII.12.- LIBERTAD	4.147	9.317	86.2	17.818	164.59	25.85	241.3
ZII.13.- LIBERTAD 2	2.624	5.89	54.54	11.27	104.14	16.35	152.68

FUENTE: IMIP



### V.3.2.3.PROYECTOS DE VASOS DE RETENCION, CONTROL E INFILTRACION DE AGUA PLUVIAL

Es necesario realizar trabajos de rehabilitación de los diques existentes y estudios de detalle de las conducciones actuales de la cortina y el vaso de almacenamiento.

#### V.3.2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO DE DIQUES DE RETENCIÓN DE AGUA PLUVIAL.

TABLA V.3.2.4.1 - CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO DE DIQUES DE RETENCIÓN DE AGUA

NOMBRE	NO. ID	TIPO DE OBRA	CORRIENTE	CAPACIDAD ACTUAL	CAPACIDAD PROYECTO	PROFUND MEDIA	LONG. CORONA	LONG. VERT	DESFOGUE
LA BIBLIA	1	DIQUE	A. PANTEÓN	56,000	56,000	5.5	50		2 TUBOS DE CONCR. 60 CM
PANTITLÁN	2	DIQUE	A. PANTEÓN	7,000	23,000	3.2	50	10	TUBERÍA DE 60 CM
JUAN MATA ORTÍZ	3	DIQUE	A. PANTEÓN	15,000	15,000	3.4	40		TUBERÍA DE 1.22 M
RAFAEL VELARDE	4	DIQUE	A. PANTEÓN	15,000	55,000	4.1	42		CAJA, 2 TUBOS DE 1.22 M
COPALTEPEC	6	DIQUE	A. ANT. BASURERO	24,000	55,000	2.9	63	5.6	CAJÓN CON TUBERÍA. 60 CM
TEOLOAPAN	7	DIQUE	A. TEPEYAC	10,000	60,000	3	45		2 COND. RECT. DE CONC. 1.5X2.0M
CARLOS AMAYA	8	DIQUE	A. TEPEYAC	10,000	47,000	2.2	50		2COND.CUADRADOS 1.06 M
USUMACINTAS	9	DIQUE	A. TEPEYAC	15,000	18,000	3.3	61		CONDUCT. CONCR. 60 CM
MAYAS	10	DIQUE	A. TEPEYAC	80,000	80,000	5.5	45		CONDUCTO CON TUBERÍA. 1.22 M
PALO CHINO	12	DIQUE	A. M. ORNELAS	50,000	50,000	5	12	10	CAJA CON TUBERÍA DE 91 CM
EL HOYO	16	DIQUE	A. LIBERTAD	30,000	34,000	5.8	174		TORRE DE CONCR. CON TUBO DE 1.2M
PARQUE SIERRA JUÁREZ	21	BORDO	A. EL INDIO	20,000	20,000	2	50	NO TIENE	NO TIENE
LA TRITURADORA	22	DIQUE	A. EL INDIO	200,000	200,000	7.8	100	12	TORRE DE CONCR. DUCTO DE 0.60 CM
TOTAL	13			532,000	713,000				

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.2.3.1 (2) ZONA II CENTRO RESUMEN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL DE AGUA PLUVIAL

NOMBRE	NO. ID	ARROYO	CAPACIDAD ACTUAL (M3)	CAPACIDAD PROYECTO (M3)	VASO DE FILTRACION (M3)	POZOS DE ABSORCION (POZOS)
LA BIBLIA	1	A. PANTEÓN	56,000	56,000	2,800	1
PANTITLÁN	2	A. PANTEÓN	7,000	23,000	1,150	1
JUAN MATA ORTÍZ	3	A. PANTEÓN	15,000	15,000	750	1
RAFAEL VELARDE	4	A. PANTEÓN	15,000	55,000	2,750	1
COPALTEPEC	6	A. ANT. BASURERO	24,000	55,000	2,750	1
TEOLOAPAN	7	A. TEPEYAC	10,000	60,000	3,000	1
CARLOS AMAYA	8	A. TEPEYAC	10,000	47,000	2,350	1
USUMACINTAS	9	A. TEPEYAC	15,000	18,000	900	1
MAYAS	10	A. TEPEYAC	80,000	80,000	4,000	1
PALO CHINO	12	A. M. ORNELAS	50,000	50,000	2,500	1
EL HOYO	16	A. LIBERTAD	30,000	34,000	1,700	1
PARQUE SIERRA JUÁREZ	21	A. EL INDIO	20,000	20,000	1,000	1
LA TRITURADORA	22	A. EL INDIO	200,000	200,000	10,000	3
TOTALES	13		532,000	713,000	35,650	15

FUENTE: IMIP

### V.3.2.4. ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS - DIMENSIONAMIENTO

La propuesta consiste en realizar las obras necesarias para darle a cada arroyo las dimensiones necesarias para desalojar el agua. Estos trabajos se realizarían dentro de la zona urbana ya que fuera de esta los cauces aún presentan sus dimensiones naturales, mientras que en la ciudad han sido modificadas por invasión o azolvamiento.

El diseño de los encauzamientos (Tablas V3.2.5. (1) al V.3.2.5. (9) se propone con base a canales trapeziales, los gastos de diseño fueron calculados para un periodo de retorno (TR) de 100 años con un bordo libre de un 30 % del tirante máximo, con lo cual podría conducir el gasto para un TR = 500 años. Los cauces que presentan gastos máximos menores a 7 m<sup>3</sup>/seg han quedado fuera de la propuesta de encauzamiento debido a que ese gasto podría ser desalojado por las propias vialidades de la ciudad.

V.3.2.5. (1) - ARROYO MARIANO ESCOBEDO DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO-CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN-DIDAD (A) (M)
M ESC 1-2	AGUAS ARRIBA DE AV. DIV. DEL NORTE	FINAL	14.72	TIERRA	0.0047	2	7.36	1.87	1.13	2.43
M ESC 3-Feb	AV. DIV. DEL NTE - ACEQUIA DEL PUEBLO	INICIO	6.96	REVESTIDO	0.0102	3	2.32	1.1264	0.93	1.46
M ESC 3-4		FINAL	14.72	REVESTIDO	0.0062	3	4.91	1.6384	1.36	2.13

FUENTE: IMIP

V.3.2.5. (2) - ARROYO MONTERREY DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO-CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN-DIDAD (A) (M)
MONT 1-2	AV. DIV. DEL NTE - ACEQUIA DEL PUEBLO	INICIO	12.17	REVESTIDO	0.007	3	4.06	1.4892	1.23	1.94
MONT 2-3		FINAL	12.17	REVESTIDO	0.007	3	4.06	1.4892	1.23	1.94

FUENTE: IMIP

V.3.2.5. (3) - ARROYO PANTEÓN DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO-CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN-DIDAD (A) (M)
PANT 1-2	DESCARGA AL D. M. ORTIZ	FINAL	3.72	TIERRA	0.0118	2	1.86	0.9395	0.57	1.22
PANT 3-Feb	D. ORTIZ - D. R. VELARDE	INICIO	3.72	REVESTIDO	0.0154	3	1.24	0.8232	0.68	1.07
PANT 4-Mar		FINAL	3.72	REVESTIDO	0.0154	3	1.24	0.8232	0.68	1.07
PANT 5-Apr	D. R. VELARDE - ACEQUIA DEL PUEBLO	INICIO	15.11	REVESTIDO	0.0061	3	5.04	1.6596	1.37	2.16
PANT 6-May		FINAL	15.11	REVESTIDO	0.0061	3	5.04	1.6596	1.37	2.16

FUENTE: IMIP



V.3.2.5 (4) - ARROYO BASURERO DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUNDIDAD (A) (M)
BASU 1-2	D.COPALTEPEC(6) ACEQUIA DEL PUEBLO	Inicio	1.37	REVESTIDO	0.03	3	0.46	0.4998	0.41	0.65
BASU 2-3		Final	5.03	REVESTIDO	0.0126	3	1.68	0.9579	0.79	1.25

FUENTE: IMIP

V3.2.5 (5) - ARROYO TEPEYAC DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUNDIDAD (A) (M)
TEPE 1-2	D. TEPOLOAPAN(7) - UNION AFLUENTE	FINAL	7.11	REVESTIDO	0.01	3	2.37	1.1385	0.94	1.48
TEPE 3-4		INICIO	5.91	REVESTIDO	0.0113	3	1.97	1.0384	0.86	1.35
TEPE 4-2	D. MALLAS (10) - UNION AFLUENTE	FINAL	5.91	REVESTIDO	0.0113	3	1.97	1.0384	0.86	1.35
TEPE 2-5		INICIO	13.16	REVESTIDO	0.0066	3	4.39	1.549	1.28	2.01
TEPE 5-6	UNION 2 ARROYOS - ACEQUIA DEL PUEBLO	FINAL	24.05	REVESTIDO	0.0044	3	8.02	2.0941	1.73	2.72

FUENTE: IMIP

V.3.2.5 (6) - ARROYO SAN ANTONIO DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUNDIDAD (A) (M)
SANT 1-2	D. PALO CHINO - ACEQUIA DEL PUEBLO	FINAL	13.31	REVESTIDO	0.0066	3	4.44	1.5577	1.29	2.03

FUENTE: IMIP

V.3.2.5 (7) - ARROYO MERCADO ORNELAS

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUNDIDAD (A) (M)
M ORN 1-2	AV. AZTECA - D. HOYO	FINAL	6.12	REVESTIDO	0.0111	3	2.04	1.0567	0.87	1.37
M ORN 2-3	D. HOYO - ACEQUIA DEL PUEBLO	INICIO	1.88	REVESTIDO	0.0244	3	0.63	0.5847	0.48	0.76
M ORN 3-4		FINAL	11.17	REVESTIDO	0.0074	3	3.72	1.4271	1.18	1.86

FUENTE: IMIP

V.3.2.5 (8) - ARROYO EL INDIO DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO- CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN- DIDAD (A) (M)
INDIO 1-2	D. TRITURADORA - A. CHICHONTEPEC	FINAL	4.04	TIERRA	0.0112	2	2.02	0.9795	0.59	1.27
INDIO 2-3	CHICHONTEPEC - ACEQUIA DEL	INICIO	32.09	REVESTIDO	0.0037	3	10.7	2.4188	2	3.14
INDIO 3-4	PUEBLO	FINAL	64.35	REVESTIDO	0.0023	3	21.45	3.4251	2.84	4.45

FUENTE: IMIP

V.5.2.4 (9) - ARROYO LIBERTAD DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO- CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN- DIDAD (A) (M)
LIBER 1-2	AV. AZTECA - ACEQUIA DEL PUEBLO	FINAL	25.85	REVESTIDO	0.0042	3	8.62	2.1709	1.8	2.82

FUENTE: IMIP

El arroyo Libertad 2 no tiene cauce, motivo por el cual no es analizado para ser encauzado, sin embargo, será necesario realizar los proyectos y construcción de obras de conducción de agua pluvial hacia los drenes que se recomiendan en el Estudio Para el manejo integral de las Aguas Pluviales y Sanitarias de Ciudad Juárez, Chihuahua, y en forma muy particular para el Dren Pluvial Acequia del Pueblo.

### V.3.3.CUENCA ZONA III JARUDO

#### V.3.3.1.DESCRIPCIÓN

Los escurrimientos de esta cuenca tienen la característica de que se juntan todos en el Arroyo El Jarudo a excepción de los volúmenes de agua que se quedan retenidos en los diques o atrapados en los cauces invadidos, el total del volumen que finalmente llega al dique Central Camionera (6) descarga al Dren 2-A por el cual el agua es conducida hasta los terrenos de cultivo del Distrito de Riego 09 de Juárez. Debido a las pendientes que se presentan en la Sierra de Juárez y las precipitaciones sobre dicha zona, este arroyo conduce escurrimientos considerables, lo que ha provocado inundaciones importantes en diferentes épocas. En la actualidad se le ha prestado especial

atención a esta Cuenca, lo que ha permitido que las nuevas estructuras de control disminuyan el impacto de los caudales que se generan.

1.- Construir vasos de retención de agua con capacidad para captar la totalidad del agua de una tormenta con un periodo de retorno de 25 años. Este volumen podrá ser utilizado para infiltrar y recargar el acuífero, para almacenarlos superficialmente o desfogarlos con caudales controlados hasta hacerlos llegar al Distrito de riego.

Será necesario construir cinco nuevos diques: PEMEX I, PEMEX II, Safari y Huertas, habilitar los diques existentes Oasis Revolución, Soriana, Cementera, Revolución, Campo Militar, Basurero y Oasis 2 revisando su capacidad de almacenamiento.

2.- Habilitar los cauces naturales de los arroyos canalizándolos hasta su descarga final en diques o en otros cauces con una capacidad para caudales pico con TR = 100 años, incluyendo la construcción de nuevos diques o habilitar los existentes según se describe en el párrafo anterior.

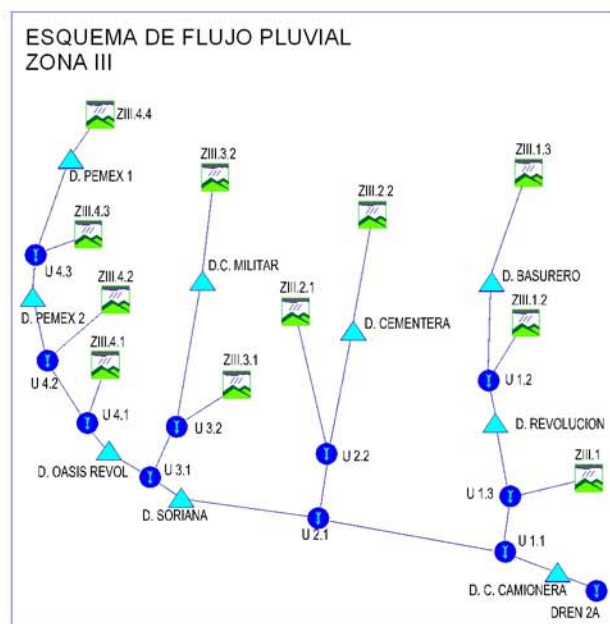
3.- Reconstruir el Dren 2-A para el desfogue del agua que no puede ser retenida en los diques para una capacidad del total de flujo de los afluentes que



descargan finalmente en este Dren, que se junta aguas abajo con el Dren Pluvial "Acequia del Pueblo" para finalmente descargar al Río Bravo y/o derivar el agua hacia los terrenos de cultivo del Distrito de Riego 09 de Juárez.

El diagrama de Flujo que se presenta a continuación muestra el patrón seguido por los escurrimientos pluviales de la Zona III, y los que provienen de las Zonas II y IV que se adicionan en la intersección de la Acequia del Pueblo con el Dren 2ºA: Ver Gráfico V.3.3.1.

FIGURA V.3.3.1. ESQUEMA ESCURRIMIENTOS MODELO DE SIMULACIÓN ZONA III

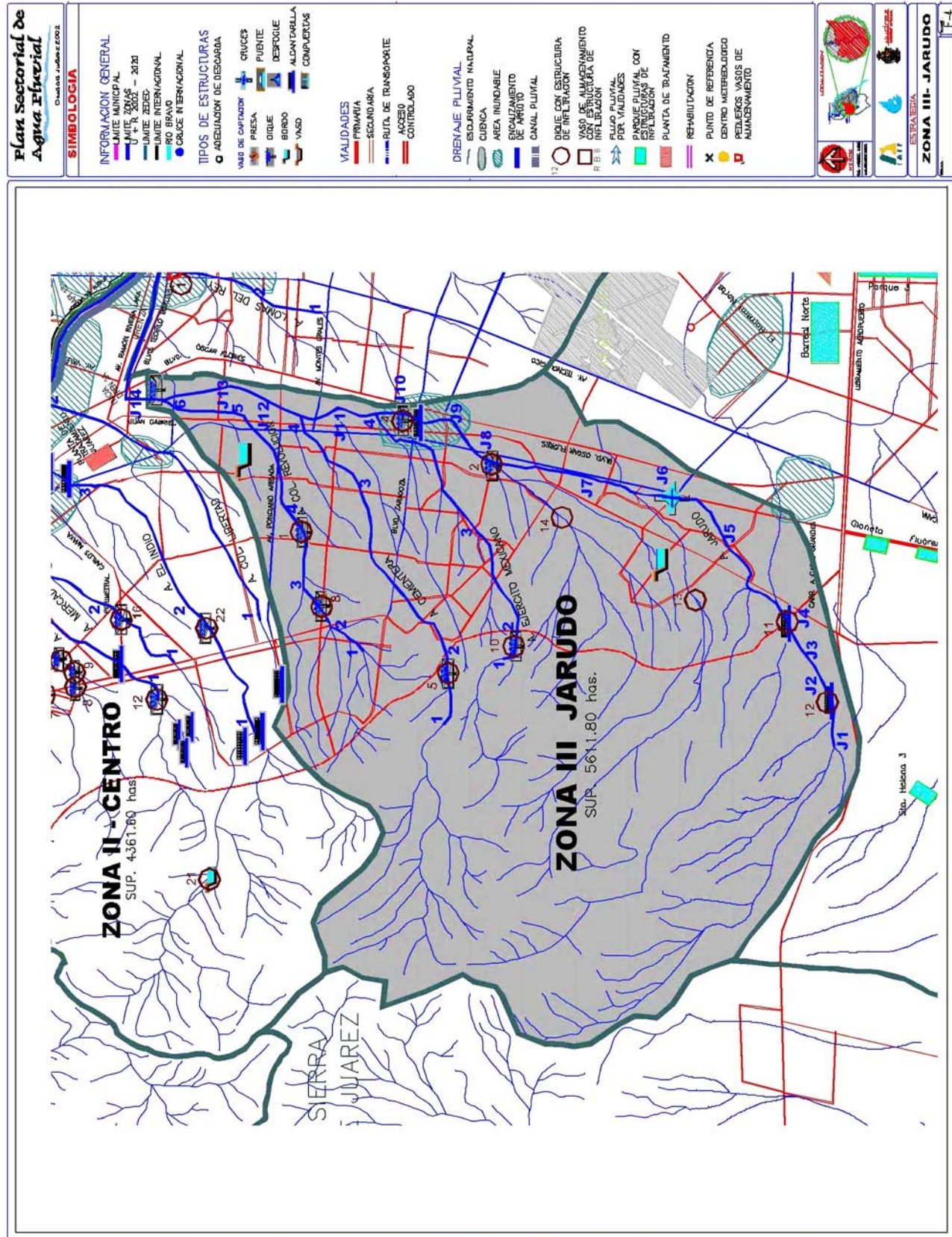


### V.3.3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SUB-CUENCAS Y MICRO-CUENCAS EN CONDICIONES FUTURAS.

TABLA V.3.3.2 (1) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS ZONA III CONDICIONES FUTURAS

SUBCUENCA (CLAVE)	ÁREA Km2	COBERTURA %		PENDIENTE	LONGITUD KM	COEFIC. "N"	TC hr	TR hr
		ZONA URBANA	CERRIL O LOMERIO					
ZIII.1.1	2.162	100	0	0.0132	2,900	85	0.7633	0.458
ZIII.1.2	3.546	100	0	0.0133	1,100	85	0.3608	0.2165
ZIII.1.3	1.814	90	10	0.0767	1,100	83.3	0.187	0.1122
ZIII.2.1	4.542	100	0	0.0028	6,350	85	2.4965	1.4979
ZIII.2.2	6.079	20	80	0.0951	3,700	71.4	0.4391	0.2635
ZIII.3.1	4.893	100	0	0.02	4,000	85	0.8367	0.502
ZIII.3.2	2.044	10	90	0.0458	2,650	69.7	0.4466	0.268
ZIII.4.1	6.551	50	50	0.0068	3,023	76.5	1.0107	0.6064
ZIII.4.2	1.758	70	30	0.0081	1,200	79.9	0.4647	0.2788
ZIII.4.3	5.54	20	80	0.0243	1,200	71.4	0.3078	0.1847
ZIII.4.4	7.73	10	90	0.0428	6,950	69.7	0.9625	0.5775
ZIII.4.5	4.208	50	50	0.025	2,935	76.5	0.6063	0.3638
ZIII.4.6	5.251	50	50	0.03	4,430	76.5	0.7775	0.4665

FUENTE: IMIP







Estrategia

### V.3.3.2.1 ESCURRIMIENTOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN CONDICIONES FUTURAS ZONA III EL JARUDO

TABLA V.3.3.2.1 (1) ARROYO REVOLUCIÓN

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIII.1.3	1.814	6.77	35.19	12.85	68.19	18.73	100.85
D. BASURERO	1.814	0	0	0	0	0	0.01
ZIII.1.2	3.546	12.61	73.71	23.68	140.73	34.23	206.33
U 1.2	5.36	12.61	73.71	23.68	140.74	34.23	206.34
D. REVOLUCIÓN	5.36	0	0	0	0	2.69	47.44
ZIII.1.1	2.162	5.85	44.94	11.06	85.81	15.96	125.8
U 1.3	7.522	5.85	44.94	11.06	85.81	15.96	173.25

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.3.2.1.(2) ARROYO CEMENTERA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIII.2.2	6.079	11.092	75.25	23.194	158.06	35.912	245.87
D CEMENTERA	6.079	0	0	0	0.001	5.483	67.109
ZIII.2.1.	4.542	9.685	94.41	18.428	180.26	26.588	264.29
U 2.2	10.621	9.685	94.411	18.428	180.26	26.588	331.4

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.3.2.1. (3) ARROYO EJÉRCITO MEXICANO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
Z III.3.2	2.04	3.38	23.8	7.15	50.45	11.15	78.96
D. C. MILITAR	2.04	0	0.01	0	0.03	0	0.05
Z III.3.1	4.89	12.73	101.71	24.13	194.19	34.87	284.71
U 3.2	6.94	12.73	101.72	24.13	194.22	34.87	284.76

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.3.2.1. (4) ARROYO HUERTAS

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIII.4.5	4.208	9.81	72.55	16.37	144.04	25.59	192.73
D. HUERTAS	4.208	0	0	0	0	2.79	47.73

FUENTE: IMIP



TABLA V.3.3.2.1. (5) ARROYO SAFARI

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM 2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIII.4.6	5.251	12.25	90.54	20.42	179.74	31.93	240.5
D. SAFIRO	5.251	0	0	0	0	2.79	59.75

FUENTE: IM IP

TABLA V.3.3.2.1. (6) ARROYO EL JARUDO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIII.4.4	7.73	9.8523	90.003	20.961	190.8	32.655	298.6
D. PEMEX 1	7.73	0	0	0	0.001	2.814	80.118
ZIII.4.3	5.54	12.503	68.578	25.88	144.05	39.961	224.07
U 4.3	13.27	12.503	68.578	25.88	144.05	39.961	304.18
D. PEMEX 2	13.27	0	0	0	0	3.289	135.28
ZIII.4.2	1.758	4.23	29.843	8.395	59.388	12.53	89.26
U 4.2	15.028	4.23	29.843	8.395	59.388	12.53	224.54
U 4.6	18.992	0.47	3.34	0.78	6.78	8.07	189.01
ZIII.4.1	6.551	24.263	238.94	49.491	486.77	74.651	742.41
U 4.1	31.038	26.539	268.78	53.986	546.16	81.192	966.95
D. OASIS REVOL	31.038	0	0.005	0	0.011	40.087	410.81
U 3.1	37.975	12.726	101.73	24.128	194.24	46.187	695.57
D. SORIANA	37.975	0	0	0	0	33.133	482.04
U 2.1	48.596	9.685	94.411	18.428	180.26	43.502	813.44
U 1.1	56.118	14.238	139.35	27.264	266.07	48.165	986.69
D. C. CAMIONERA	56.118	14.889	139.35	27.135	266.07	48.519	986.45
DREN 2A	56.118	14.889	139.35	27.135	266.07	48.519	986.45

FUENTE: IM IP

TABLA V.3.3.2.1. (7) RESUMEN POR ARROYO - ZONA III EL JARUDO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIII.1.- Revolución	7.522	6.69	51.25	10.51	95.54	15.91	159.6
ZIII.2.- Cementera	10.621	7.47	107.69	12.53	200.88	18.23	315.23
ZIII.3.-E. Mexicano	6.937	14.55	116.01	22.99	216.22	34.65	281.53
ZIII.4.5.-H uertas	4.208	9.81	72.55	16.37	144.04	25.59	192.73
ZIII.3.- Safari	5.251	12.25	90.54	20.42	179.74	31.93	240.5
ZIII.4.- Jarudo	25.647	12.79	118.1	21.97	234.29	34.03	493.81
Dren 2-A	54.531	10.4	158.95	17.58	290.24	26.99	810.29

FUENTE: IMIP

### V.3.3.3. PROYECTOS DE VASOS DE RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL

### V.3.3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO DE DIQUES PARA RETENCIÓN DE AGUA PLUVIAL

TABLA V.3.3.3.1. (1) ZONA III CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO DIQUES

NOMBRE	NO. ID	TIPO DE OBRA	CORRIENTE	D PROYECTO	PROF MEDIA	LONG. CORONA	LONG. VERTICAL	DESFOGUE
REVOLUCIÓN	1	DIQUE	A. REVOLUCIÓN	170,000	6	230	23	TORRE DE CONC. CONDUCTO 0.60 CM
OASIS REVOLUCIÓN	2	DIQUE	A. REVOLUCIÓN	260,000	8.6	380	38	TORRE C/TUB 90 CM Y VERTEDOR
BOULEVARD ZARAGOZA	3	ALCANTARILLA	A. EL JARUDO	150,000	6.9	134		2 TUBOS DE 0.65 CM
SORIANA	4	DIQUE	A. EL JARUDO	225,000	4.8	235	20	CAJÓN C/TUB 0.90 CM Y VERTEDOR
LA CEMENTERA	5	DIQUE	A. LA CEMENTERA	190,000	10	79	8	CAJÓN C/TUBERÍA 0.60 CM, VERTEDOR
CENTRAL CAMONERA	6	DIQUE	A. EL JARUDO	6,000	1.7	50		LIBRE
PAVORREAL (BASURERO)	8	DIQUE	A. REVOLUCIÓN	180,000	4	200		VERTEDOR
SAFARI	13	DIQUE	AFL. A. EL JARUDO	182,000	5	150		VERTEDOR
HUERTAS	14	DIQUE	AFL. A. EL JARUDO	145,000	5	135		VERTEDOR
CAMPO MILITAR	10	DIQUE	AFL. A. EL JARUDO	200,000	6	150	20	CAJÓN CON TUBERÍA DE 1.07 M
PEMEX I	11	BORDO	A. EL JARUDO	230,000	5	172.5	17	DESFOGUE D=90 CM Y VERTEDOR
PEMEX II	12	ALCANTARILLA	A. EL JARUDO	180,000	3.5	135	14	

FUENTE: IMIP

V.3.3.3.1 (2) OBRAS EN VASOS DE RETENCIÓN E INFILTRACIÓN ZONA III

DESCRIPCION		EXCAV. (M3)	CORTINA (ML)	VERTEDOR (ML)	VASO FILT (M3)	POZO AB (POZO)	ESTR. OP (M2)
REVOLUCIÓN	CANTIDAD	20,000	230	23	8,500	3	240
OASIS REVOLUCIÓN	CANTIDAD	0	380	38	13,000	4	320
SORIANA	CANTIDAD	75,000	235	24	11,250	4	320
CEMENTERA	CANTIDAD	100,000	79	8	9,500	3	240
BASURERO	CANTIDAD	0	200	20	9,000	3	240
SAFARI	CANTIDAD	182,000	150	15	10,000	3	240
HUERTAS	CANTIDAD	145,000	135	14	9,000	3	240
CAMPO MILITAR	CANTIDAD	0	200	20	10,000	3	240
PEMEX I	CANTIDAD	190,000	173	17	11,500	4	320
PEMEX II	CANTIDAD	170,000	135	14	9,000	3	240
	TOTAL	555,000	1,632	163	81,750	27	2,160

FUENTE: IMIP

TABLA V. 3.3.3.1 (3) RESUMEN ESTRUCTURAS DE CONTROL PLUVIAL ZONA III "JARUDO"

NOMBRE	NO. ID	ARROYO	CAPACIDAD ACTUAL (M3)	CAPACIDAD PROYECTO (M3)	VASO DE FILTRACION (M3)	POZOS DE ABSORCION (POZOS)
REVOLUCIÓN	1	A. REVOLUCIÓN	150,000	170,000	8,500	3
OASIS REVOLUCIÓN	2	A. REVOLUCIÓN	260,000	260,000	13,000	4
SORIANA	4	A. EL JARUDO	150,000	225,000	11,250	4
CEMENTERA	5	A. LA CEMENTERA	90,000	190,000	9,500	3
BASURERO	8	A. REVOLUCIÓN	180,000	180,000	9,000	3
SAFARI	13	A. SAFARI	0	182,000	10,000	3
HUERTAS	14	A. HUERTAS	0	145,000	9,000	3
CAMPO MILITAR	10	AFL. A. EL JARUDO	200,000	200,000	10,000	3
PEMEX I	11	A. EL JARUDO	40,000	230,000	11,500	4
PEMEX II	12	A. EL JARUDO	10,000	180,000	9,000	3
TOTAL	10		1,080,000	1,962,000	100,750	33

FUENTE: IMIP



### V.3.3.4. ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS – DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de los cauces que se presenta, como en todas las demás Zonas, considera que se llevarán a cabo las obras de retención de agua en los diques en las partes medias y altas de las subcuencas. Se manifiesta en este caso con mas énfasis, debido a que si no se cuenta con los diques PEMEX I y II, el gasto que se registra en ese arroyo rebasa con mucho la capacidad actual en muchos tramos del mismo y el volumen que llega al Dique existente denominado Oasis Revolución es muy superior a la capacidad estimada de éste, existiendo con ello altas probabilidades de daños mayores a la población.

El calculo de diseño y los costos de inversión se

Elaboraron tomando en cuenta una  $TR=100$ , tal como ya se ha comentado, y que para establecer una base referenciada a los costos y superficies requeridas para la conducción de los volúmenes estimados en la modelación, se plasman dichos cálculos en las tablas que a continuación se presentan:

En el caso del Arroyo Cementera se observó un fuerte grado de urbanización, en el que gran parte del escurrimiento se da por las calles, por lo que se recomienda que se lleve a cabo un reconocimiento de campo exhaustivo que permita establecer con detalle los tramos que son factibles de ser encauzados, mediante el diseño propuesto o bien modificando el diseño en función de los resultados del reconocimiento. Para efectos de planeación se tomó en cuenta como si este pudiese ser encauzado en la longitud propuesta

TABLA V.3.3.4 (1) ARROYO REVOLUCIÓN DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (m3/seg)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (m/seg)	AREA HIDR. (m2)	TIRANTE (T) (m)	ANCHO PLANT (B) (m)	PROFUNDIDAD (A) (m)
REVO 1-2	DESCARGA AL D. BASURERO	FINAL	18.73	TIERRA	0.004	2	9.37	2.1091	1.28	2.74
REVO 2-3	D. BASURERO - DIQUE REVOLUCIÓN	INICIO	0							
REVO 3-4		FINAL	34.23	TIERRA	0.0027	2	17.11	2.851	1.72	3.71
REVO 4-5	DIQUE REVOLUCIÓN - ARROYO EL JARUDO	INICIO	0							
REVO 5-6		FINAL	15.96	REVESTIDO	0.0058	3	5.32	1.7055	1.41	2.22

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.3.4 (2) ARROYO CEMENTERA DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUNDIDAD (A) (M)
CEME 1-2	DESCARGA AL DIQUE CEMENTERA	FINAL	35.91	TIERRA	0.0026	2	17.96	2.9204	1.77	3.8
CEME 2-3	D. CEMENTERA - ARROYO EL JARUDO	INICIO	5.48	REVESTIDO	0.0119	3	1.83	0.9998	0.83	1.3
CEME 3-4		FINAL	26.59	REVESTIDO	0.0042	3	8.86	2.2016	1.82	2.86

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.3.4. (3) ARROYO EJÉRCITO MEXICANO DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUNDIDAD (A) (M)
EJ MEX 1-2	AL DIQUE	FINAL	11.15	TIERRA	0.0057	2	5.58	1.6275	0.98	2.12
EJ MEX 2-3	D. MILITAR - ARROYO EL JARUDO	INICIO	0			3	0	0	0	0
EJ MEX 3-4		FINAL	34.87	REVESTIDO	0.0035	3	11.62	2.5212	2.09	3.28

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.3.4 (4) ARROYO HUERTAS DISEÑO

No. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (m3/seg)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (m/seg)	AREA HIDR. (m2)	TIRANTE (T) (m)	ANCHO PLANT (B) (m)	PROFUNDIDAD (A) (m)
HUER 1-2	D. Huertas - Campo Militar	Final	25.59	TIERRA	0.0033	2	12.8	2.47	1.49	3.2

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.3.4 (5) ARROYO SAFARI DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUNDIDAD (A) (M)
SAFI 1-2	D. SAFIRO - A. JARUDO	FINAL	31.93	TIERRA	0.0028	2	15.97	2.75	1.67	3.58

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.3.4 (6) ARROYO JARUDO DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUNDIDAD (A) (M)
JAR	DESCARGA AL D. PEMEX I	FINAL	32.66	TIERRA	0.0028	2	16.33	2.78	1.68	3.62
J1-J2										
JAR	D. PEMEX I - D. PEMEX II	INICIO	2.81							
J2-J3										
JAR	D. PEMEX I - D. PEMEX II	FINAL	39.96	TIERRA	0.0024	2	19.98	3.08	1.86	4
J3-J4										
JAR	D. PEMEX II - U 4.2	INICIO	3.29	REVESTIDO	0.0167	3	1.1	0.77	0.64	1.01
J4-J5										
JAR	D. PEMEX II - U 4.2	FINAL	12.53	REVESTIDO	0.0069	3	4.18	1.51	1.25	1.96
J5-J6										
JAR	U 4.2 - D. OASIS REVOLUCIÓN	INICIO	12.53	REVESTIDO	0.0069	3	4.18	1.51	1.25	1.96
J6-J7										
JAR	D. OASIS REV. D. SORIANA	FINAL	81.19	REVESTIDO	0.002	3	27.06	3.85	3.19	5
J7-J8										
JAR	D. OASIS REV. D. SORIANA	INICIO	40.09	REVESTIDO	0.0032	3	13.36	2.7	2.24	3.51
J8-J9										
JAR	D. OASIS REV. D. SORIANA	FINAL	46.19	REVESTIDO	0.0029	3	15.4	2.9	2.4	3.77
J9-J10										
JAR	D. SORIANA - U 2.1	INICIO	33.13	REVESTIDO	0.0036	3	11.04	2.46	2.03	3.2
J10-J11										
JAR	D. SORIANA - U 2.1	FINAL	43.5	REVESTIDO	0.003	3	14.5	2.82	2.33	3.66
J11-J12										
JAR	U 2.1 - D. C. CAMIONERA	INICIO	43.5	REVESTIDO	0.003	3	14.5	2.82	2.33	3.66
J12-J13										
JAR	U 2.1 - D. C. CAMIONERA	FINAL	48.17	REVESTIDO	0.0028	3	16.06	2.96	2.45	3.85
J13-J14										
JAR	SALIDA AL DREN 2-A	INICIO	48.17	REVESTIDO	0.0028	3	16.06	2.96	2.45	3.85
J14-J15										

FUENTE: IMIP



## V.3.4. CUENCA ZONA IV AEROPUERTO

### V.3.4.1. DESCRIPCIÓN

En esta cuenca no se cuenta con la existencia de diques, tan solo se observan en las partes altas de la cuenca, donde afloran terrenos arenosos, algunos sitios donde se concentra el agua y se permite la infiltración hacia el subsuelo. Los arroyos principales de esta zona escurren aproximadamente en forma paralela, en sentido Suroeste-Noroeste, tal como se puede apreciar en el modelo de situación.

Debido también a la dificultad para encontrar sitios adecuados para almacenar agua en grandes cantidades e infiltrarlas, se propone utilizar para este fin, solamente una parte del área de inundación del Parque Central ubicado en la Carretera a Chihuahua y Av. Teófilo Borunda y un almacenamiento importante en el Campo de Golf llamado Misión de los Lagos que es donde descarga el arroyo con mayor caudal denominado Tapioca, también se contempla utilizar un parque recreativo en el Fraccionamiento Roma donde ya existen algunas estructuras de infiltración. El resto de los arroyos descargarán directamente al Dren 2-A acumulándose estos volúmenes de agua a las de las Zonas II y III.

Estrategia

Esta Zona se encuentra en proceso de crecimiento de la mancha urbana, encontrando actualmente una gran cantidad de colonias sin pavimentar, sin embargo para fines de proyecto, se consideró que en el futuro se contará con superficies en su mayoría impermeables.

Por otra parte, en las zonas urbanizadas, no se observan cauces de arroyos bien definidos de manera que el agua fluye por las calles donde se presentan problemas de tráfico, sobre todo por las altas velocidades que alcanza el agua al encontrar pendientes fuertes por las que escurren la mayoría de los arroyos, algunos con tirantes de agua que impiden en ocasiones el cruce por las calles. Un ejemplo claro de esta condición es el Arroyo Tapioca, que es el más caudaloso y a pesar de ello, todo el caudal es desalojado por las calles del sector, descargando sin control en un parque industrial donde provoca serios problemas de inundación y termina abruptamente, canalizándose mediante una obra de alcantarilla con muy limitadas dimensiones para finalmente ingresar a un ducto de canalización que descarga en los terrenos del Club Misión de los Lagos. Es en este sitio de Misión de los Lagos en donde se han propuesto generar un almacenamiento con estructuras para llevar a cabo la infiltración de las aguas que hasta este punto ingresan.

FIGURA V.3.4.1. ESQUEMA ESCURRIMIENTOS MODELO DE SIMULACIÓN ZONA IV.

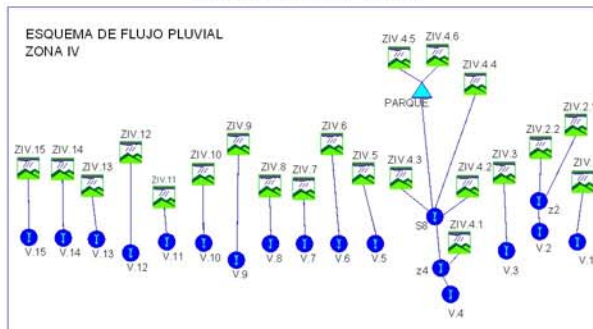


FIGURA V.3.4.1. OBRA DE ALCANTARILLA . ARROYO TAPIOCA









Plan Sectorial de Agua Pluvial  
Ciudad Juárez 2004

**SIMBOLOGIA**

**TABLAS**

ESTRUCTURAS PLUVIALES  
CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO

ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS  
DIMENSIONAMIENTO POR TRAMOS

**ZONA IV - AEROPUERTO**

### ESTRUCTURAS PLUVIALES CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO

#### ZONA IV - AEROPUERTO

ESTRUCTURAS DE CONTROL PLUVIAL ZONA IV "AEROPUERTO"							
NOMBRE	No. ID	ARROYO	CAPACIDAD ACTUAL (M3)	CAPACIDAD PROYECTO (M3)	VASO DE FILTRACIÓN (M3)	POZOS DE ABSORCIÓN (POZOS)	INVERSIÓN APROX (MILES DE \$)
Parque Central	1	L. del Rey	2000	275,000	13750	5	14,504,308
Misión de los Lagos	2	Tapiooa	0	625,000	26250	9	27,053,768
Parque Roma	3	Tapiooa	0	15,000	750	1	1,122,940
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>		<b>2,000</b>	<b>2,445,000</b>	<b>40,764</b>	<b>603</b>	<b>42,681,071.86</b>

### ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS DIMENSIONAMIENTO POR TRAMOS

#### ZONA IV - AEROPUERTO

ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS EN ZONA IV "AEROPUERTO"										
No. ID	TRAMO	LONGITUD (M)	GASTO DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (M)	ANCHO PLANTILLA (M)	PROFUNDIDAD (M)
<b>ARROYO LOMAS DEL REY</b>										
L. REY 1-2	Av. Montañas Azules	1,165.00	40.16	REVESTIDO	0.0032	3.00	13.39	2.71	2.24	3.52
L. REY 2-3	Parque Central	1,165.00	40.16	REVESTIDO	0.0032	3.00	13.39	2.71	2.24	3.52
<b>TOTAL</b>		<b>2,330.00</b>								
<b>ARROYO AEROPUERTO</b>										
AER 1-2	Av. M. Clouthier	980.00	35.83	REVESTIDO	0.0034	3.00	11.94	2.56	2.12	3.32
AER 2-3	Dren 2A	980.00	35.83	REVESTIDO	0.0034	3.00	11.94	2.56	2.12	3.32
<b>TOTAL</b>		<b>1,960.00</b>								
<b>ARROYO TAPIÓCA</b>										
TAPI 1-2	Santiago Blancas	1,680.00	12.67	REVESTIDO	0.0068	3.00	4.18	1.51	1.25	1.97
TAPI 2-3	B. Zaragoza - M. Clouthier	816.00	12.67	REVESTIDO	0.0068	3.00	4.18	1.51	1.25	1.97
TAPI 3-4		816.00	27.13	REVESTIDO	0.0041	3.00	9.04	2.22	1.84	2.89
TAPI 4-5	M. Clouthier - Dren 2A	300.00	73.21	REVESTIDO	0.0021	3.00	24.40	3.85	3.02	4.75
TAPI 5-6		780.00	78.22	REVESTIDO	0.0020	3.00	26.07	3.78	3.13	4.91
<b>TOTAL</b>		<b>4,600.00</b>								
<b>ARROYO SALVARCAR</b>										
SALV 1-2	Av. M. Clouthier	1,165.00	36.03	REVESTIDO	0.0034	3.00	12.01	2.56	2.12	3.33
SALV 2-3	Dren 2A	1,165.00	36.03	REVESTIDO	0.0034	3.00	12.01	2.56	2.12	3.33
<b>TOTAL</b>		<b>2,330.00</b>								
<b>ARROYO MORELOS I</b>										
MOR I 1-2	Bld. Zaragoza - Canal Principal	1,420.00	13.21	REVESTIDO	0.0065	3.00	4.40	1.55	1.29	2.02
<b>TOTAL</b>		<b>1,420.00</b>								
<b>ARROYO MORELOS II</b>										
MOR II 1-2	Bld. Zaragoza - Canal Principal	1,560.00	43.32	REVESTIDO	0.0030	3.00	14.44	2.81	2.33	2.86
<b>TOTAL</b>		<b>1,560.00</b>								
<b>ARROYO ZARAGOZA</b>										
ZAR 1-2	Ramón Rayón - Canal Principal	1,630.00	34.59	REVESTIDO	0.0035	3.00	11.53	2.51	2.08	3.26
<b>TOTAL</b>		<b>1,630.00</b>								
<b>ARROYO EL PAPALOTE</b>										
PAPAL 1-2	Bld. Independencia - Canal Principal	1,420.00	13.72	TIERRA	0.0048	2.00	6.83	1.81	1.09	2.34
<b>TOTAL</b>		<b>1,420.00</b>								
<b>ARROYO INDEPENDENCIA</b>										
INDEP 1-2	Bld. Zaragoza - Canal Principal	2,420.00	14.61	TIERRA	0.0047	2.00	7.30	1.86	1.13	2.41
<b>TOTAL</b>		<b>2,420.00</b>								
<b>ARROYO PATRIA</b>										
PATRIA 1-2	Bld. Zaragoza - Canal Principal	2,120.00	23.65	TIERRA	0.0034	2.00	11.83	2.36	1.43	3.07
<b>TOTAL</b>		<b>2,120.00</b>								
<b>LONGITUD TOTAL ZONA IV</b>		<b>24,840.00</b>	<b>GASTO APROXIMADO ZONA IV</b>							
			<b>\$51,401,848.80</b>							

Estrategia

### V.3.4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS SUB-CUENCAS Y MICRO-CUENCAS DE LA ZONA IV AEROPUERTO EN CONDICIONES FUTURAS

TABLA V.3.4.2. CARACTERÍSTICAS DE SUB-CUENCAS Y MICRO-CUENCAS ZONA IV - CONDICIONES FUTURAS

SUBCUENCA (CLAVE)	ÁREA KM2	COBERTURA %		PENDIENTE	LONGITUD KM	COEFIC. "N"	TC HR	TR HR
		ZONA URBANA	CERRIL O LOMERÍO					
ZIV.1	6.134	100	0	0.0136	4.050	85	0.9762	0.5857
ZIV.2	5.953	100	0	0.0103	5.650	85	1.4001	0.84
ZIV.2.1	0.676	100	0	0.0103	1.496	85	0.5032	0.3019
ZIV.3	3.103	100	0	0.0128	1.880	85	0.5531	0.3318
ZIV.4.1	0.864	100	0	0.02	600	85	0.1942	0.1165
ZIV.4.2	4.371	100	0	0.0212	3.000	85	0.656	0.3936
ZIV.4.3	1.925	100	0	0.0118	2.500	85	0.7101	0.4261
ZIV.4.4	0.526	100	0	0.0029	700	85	0.451	0.2706
ZIV.4.5	1.958	100	0	0.0104	1.000	85	0.3677	0.2206
ZIV.4.6	2.184	100	0	0.0083	1.450	85	0.5327	0.3196
ZIV.5	1.813	100	0	0.0175	1.550	85	0.4239	0.2544
ZIV.6	4.683	100	0	0.0256	4.100	85	0.7774	0.4664
ZIV.7	0.543	100	0	0.0175	900	85	0.2789	0.1674
ZIV.8	0.168	100	0	0.015	600	85	0.2163	0.1298
ZIV.9	1.797	100	0	0.0136	3.000	85	0.7748	0.4649
ZIV.10	4.009	100	0	0.0146	4.000	85	0.9415	0.5649
ZIV.11	0.489	100	0	0.0135	4.500	85	1.0617	0.637
ZIV.12	5.713	100	0	0.0135	4.714	85	1.1003	0.6602
ZIV.13	1.789	100	0	0.0135	2.255	85	0.6236	0.3742
ZIV.14	2.002	100	0	0.0135	3.062	85	0.7893	0.4736
ZIV.15	3.164	100	0	0.0135	2.825	85	0.7418	0.4451

FUENTE: IMIP

### V.3.4.3. ESCURRIMIENTOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN CONDICIONES FUTURAS

Las Condiciones a futuro de los escurrimientos se obtuvieron de acuerdo con los resultados del modelo de simulación, siendo los valores que se presentan a continuación en las Tablas V.3.4.3 (1) a la V.3.4.3.(16)

TABLA V.3.4.3. (1) ARROYO LOMAS DEL REY

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.1	6.134	14.537	127.5	27.719	243.44	40.161	356.92
PARQUE CENTRAL	6.134	0	0.005	0	0.011	5.1625	83.827

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.3 (2) ARROYO AEROPUERTO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.2.1	5.95	11.899	123.68	22.737	236.14	32.887	346.22
ZIV.2.2	0.676	1.92	14.051	3.652	26.829	5.298	39.335
Z2	6.626	13	137.73	24.812	262.97	35.828	385.55

FUENTE: IMIP



TABLA V.3.4.3 (3) ARROYO MORELIA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.3	3.103	8.776	64.499	16.469	123.15	23.642	180.56

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.3 (4) ARROYO TAPIOCA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.4.6	2.184	6.1455	45.397	11.53	86.678	16.544	127.08
PARQUE FRACC. ROMA	2.18	0.237	5.732	5.3073	47.011	12.569	87.413
ZIV.4.5	1.958	6.9648	40.699	13.073	77.709	18.89	113.93
U 4.5	4.14	6.965	46.431	13.074	124.72	21.417	201.34
ZIV.4.3	1.925	5.362	40.013	10.106	76.399	14.563	112.01
ZIV.4.2	4.371	12.35	90.856	23.235	173.48	33.439	254.34
ZIV.4.4	0.525	1.6182	10.913	3.0636	20.836	4.4384	30.549
U 4.3	10.963	23.883	188.21	54.44	469.61	73.206	598.24
ZIV.4.1	0.864	3.4688	17.959	6.469	34.29	9.33	50.274
U IV 4.1	11.827	25.761	206.17	49.003	429.72	78.219	648.52
D. MISION DE LOS LAGOS	11.827	0	0.005	0	0.011	8.3827	166.86

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.3 (5) ARROYO ARCADAS

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.5	1.813	0.034	1.622	0.065	3.1368	0.0966	4.628

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.3 (6) ARROYO SALVARCAR

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.6	4.908	13.202	102.02	24.961	194.79	36.025	285.59

TABLA V.3.4.3 (7) ARROYO CAMINO A LA ROSITA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.7	0.543	2.178	11.287	4.0628	21.55	5.863	31.596

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.3 (8) ARROYO TABASCO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.8	0.167	2.4812	12.846	4.6273	24.527	6.6779	35.96

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.3 (9) ARROYO MORELOS

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.9	1.797	5.53	42.6	9.156	71.319	13.214	104.56

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.3 (10) ARROYO MORELOS II

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.10	4.009	16.095	83.331	30.018	159.11	43.32	233.27

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.3 (11) ARROYO INSURGENTES

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.11	0.489	1.092	10.164	2.066	19.407	2.9845	28.454

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.3 (12) ARROYO ZARAGOZA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.12	5.713	12.692	118.75	24.044	226.74	34.593	332.43

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.3 (13) ARROYO PAPALOTE

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.13	1.789	5.0746	37.186	9.5395	71.001	13.719	104.1

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.3 (14) ARROYO INDEPENDENCIA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV.14	2.002	5.3477	41.61	10.117	79.455	14.605	116.49

FUENTE: IMIP



TABLA V.3.4.3 (15) ARROYO PATRIA

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZIV-15	3.164	8.689	65.767	16.402	125.57	23.652	184.11

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.3 (16) RESUMEN POR ARROYO – ZONA IV

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3	DESCARGA PICO M3/SEG	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
Z IV.1	6.134	0	0.005	0	0.011	5.1625	83.827
Z IV.2	6.626	13	137.73	24.812	262.97	35.828	385.55
Z IV.3	3.103	8.776	64.499	16.469	123.15	23.642	180.56
Z IV.4	11.827	0	206.17	49.003	429.72	78.219	648.52
Z IV.5	1.813	0.034	1.622	0.065	3.1368	0.0966	4.628
Z IV.6	4.908	13.202	102.02	24.961	194.79	36.025	285.59
Z IV.7	0.543	2.178	11.287	4.0628	21.55	5.863	31.596
Z IV.8	0.167	2.4812	12.846	4.6273	24.527	6.6779	35.96
Z IV.9	1.797	5.53	42.6	9.156	71.319	13.214	104.56
Z IV.10	4.009	16.095	83.331	30.018	159.11	43.32	233.27
Z IV.11	0.489	1.092	10.164	2.066	19.407	2.9845	28.454
Z IV.12	5.713	12.692	118.75	24.044	226.74	34.593	332.43
Z IV.13	1.789	5.0746	37.186	9.5395	71.001	13.719	104.1
Z IV.14	2.002	5.3477	41.61	10.117	79.455	14.605	116.49
Z IV.15	3.164	8.689	65.767	16.402	125.57	23.652	184.11
TOTAL	54.084	94.1915	935.587	225.3426	1812.4568	337.6015	2759.645

FUENTE: IMIP

#### V.3.4.4.PROYECTOS DE VASOS DE RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN LA ZONA IV AEROPUERTO

En esta propuesta, el Parque Central recibe actualmente el agua que escurre del Arroyo Lomas del Rey que ingresa principalmente por la Avenida

Tecnológico rumbo a la Ciudad de Chihuahua. En este sitio existe un lago artificial que es mantenido en base a agua tratada, de tal manera que la infiltración al subsuelo de los volúmenes que llegan a este sitio no necesariamente podrán ser infiltrados, sino que existe la alternativa de utilizarlos para riego también. No se descarta la posibilidad de llevar a cabo infiltración en este sitio.

TABLA V.3.4.4 (1) ZONA IV OBRAS EN VASOS DE RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN

DESCRIPCION	ID	EXCAV. (M3)	CORTINA (ML)	VERTEDOR (ML)	VASO FILT (M3)	POZO AB (POZO)	ESTR. OP (M2)	DESFOGUE
PARQUE CENTRAL	1	275,000	224	22	13,750	5	400	VIERTE AL DREN 2 A
MISIÓN DE LOS LAGOS	2	525,000	324	32	26,250	9	720	VIERTE AL DREN 2 A
PARQUE ROMA	3	15,000	40	4	750	1	80	VIERTE AL DREN 2 A
TOTAL		815,000	588	59	40,750	15	1,200	

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.4 (2) RESUMEN ZONA IV "AEROPUERTO" ESTRUCTURAS DE CONTROL PLUVIAL

NOMBRE	NO. ID	ARROYO	CAPACIDAD ACTUAL	CAPACIDAD PROYECTO	VASO DE FILTRACION	POZOS DE ABSORCION
			(M3)	(M3)	(M3)	(POZOS)
PARQUE CENTRAL	1	L. DEL REY	2000	275,000	13750	5
MISIÓN DE LOS LAGOS	2	TAPIOCA	0	525,000	26250	9
PARQUE ROMA	3	TAPIOCA	0	15,000	750	1
TOTAL	6		2,000	2,445,000	40,764	603

FUENTE: IMIP

### V.3.4.5. ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS - DIMENSIONAMIENTO

A nivel de planeación, se propone realizar obras de encauzamiento en las partes bajas de los cauces, análisis que se presenta en este apartado, sin embargo debido al rápido crecimiento urbano, algunos de los cauces de estos arroyos han desaparecido, siendo entonces necesario realizar un estudio ejecutivo para cada uno de ellos, que tenga como objetivo la conveniencia de realizar este tipo de obra, ya que

construir canalizaciones por calles estrechas y con tráfico continuo pudiera crear un problema mayor, comparado con la posibilidad de permitir que el agua fluya por dichas vialidades, sobre todo en las cuencas de menor área. Por este motivo algunos de los arroyos menores no fueron considerados para realizar inversiones de encauzamiento, tal es el caso de los Arroyos Arcadas, Morelia, Rosita y Tabasco.

A continuación se presentan las tablas con los valores de diseño para cada uno de los arroyos considerados, ver tablas V.3.4.5. (1) al V.3.4.5 (12)

TABLA V.3.4.5. (1) ARROYO LOMAS DEL REY DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIEN-TE	VELO-CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN-DIDAD (A) (M)
L REY 1-2	AV. MONTES URALES - PARQUE CENTRAL	INICIO	40.16	REVESTIDO	0.0032	3	13.39	2.7058	2.24	3.52
L REY 2-3		FINAL	40.16	REVESTIDO	0.0032	3	13.39	2.7058	2.24	3.52

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.5 (2) ARROYO AEROPUERTO DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (m3/seg)	TIPO	PENDIEN-TE	VELO-CIDAD (m/seg)	AREA HIDR. (m2)	TIRANTE (T) (m)	ANCHO PLANT (B) (m)	PROFUN-DIDAD (A) (m)
AER 1-2	AV. M. CLOUTHIER - DREN 2A	INICIO	35.83	REVESTIDO	0.0034	3	11.94	2.5557	2.12	3.32
AER 2-3		FINAL	35.83	REVESTIDO	0.0034	3	11.94	2.5557	2.12	3.32

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.5 (3) ARROYO TAPIOCA DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO-CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN-DIDAD (A) (M)
TAPI 1-2	SANTIAGO BLANCAS - BULEVARD ZARAGOZA	FINAL	12.57	REVESTIDO	0.0069	3	4.19	1.5137	1.25	1.97
TAPI 2-3		INICIO	12.57	REVESTIDO	0.0069	3	4.19	1.5137	1.25	1.97
TAPI 3-4	B. ZARAGOZA - M. CLOUTHIER	FINAL	27.13	REVESTIDO	0.0041	3	9.04	2.224	1.84	2.89
TAPI 4-5	M. CLOUTHIER - DREN 2A	INICIO	73.21	REVESTIDO	0.0021	3	24.4	3.6532	3.02	4.75
TAPI 5-6		FINAL	78.22	REVESTIDO	0.002	3	26.07	3.7762	3.13	4.91

FUENTE: IMIP



TABLA V.3.4.5 (4) ARROYO SALVARCAR DISEÑO

	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO-CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN-DIDAD (A) (M)
SALV 1-2	AV. M. CLOUTHIER - DREN 2A	INICIO	36.03	REVESTIDO	0.0034	3	12.01	2.5627	2.12	3.33
SALV 2-3		FINAL	36.03	REVESTIDO	0.0034	3	12.01	2.5627	2.12	3.33

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.5. (5) ARROYO MORELOS DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (m3/seg)	TIPO	PENDIENTE	VELO-CIDAD (m/seg)	AREA HIDR. (m2)	TIRANTE (T) (m)	ANCHO PLANT (B) (m)	PROFUN-DIDAD (A) (m)
MOR I 1-2	BLVD. ZARAGOZA - CANAL PRINCIPAL	Final	13.21	REVESTIDO	0.0066	3	4.4	1.5521	1.29	2.02

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.5.(6) ARROYO MORELOS II DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (m3/seg)	TIPO	PENDIENTE	VELO-CIDAD (m/seg)	AREA HIDR. (m2)	TIRANTE (T) (m)	ANCHO PLANT (B) (m)	PROFUN-DIDAD (A) (m)
MOR II 1-2	BLVD. ZARAGOZA - CANAL PRINCIPAL	Final	43.32	REVESTIDO	0.003	3	14.44	2.8102	2.33	3.65

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.5. (7) ARROYO ZARAGOZA DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO-CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN-DIDAD (A) (M)
ZAR 1-2	RAMÓN RAYÓN - CANAL PINCIPAL	FINAL	34.59	REVESTIDO	0.0035	3	11.53	2.5113	2.08	3.26

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.5. (8) ARROYO PAPALOTE DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO-CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN-DIDAD (A) (M)
PAPAL 1-2	BLVD. INDEPENDENCIA - CANAL PINCIPAL	FINAL	13.72	TIERRA	0.0049	2	6.86	1.805	1.09	2.35

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.5.(9) ARROYO INDEPENDENCIA DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO-CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN-DIDAD (A) (M)
INDEP 1-2	BLVD. ZARAGOZA - CANAL PINCIPAL	FINAL	14.61	TIERRA	0.0047	2	7.3	1.8624	1.13	2.42

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.4.5.(10) ARROYO PATRIA DISEÑO

NO. ID	TRAMO		GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELO-CIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUN-DIDAD (A) (M)
PATRIA 1-2	BLVD. ZARAGOZA - CANAL PINCIPAL	FINAL	23.65	TIERRA	0.0034	2	11.83	2.37	1.43	3.08

FUENTE: IMIP

## V.3.5 CUENCA ZONA V RÍO BRAVO

### V.3.5.1. DESCRIPCIÓN

Estas Zonas tienen la gran dificultad de que integran la parte antigua de la ciudad, en terrenos de muy bajas pendientes y con una gran cantidad de sitios de concentración y encharcamiento de agua de lluvia, que en su mayoría es desalojada a través del alcantarillado sanitario.

En la Zona V, que es paralela al Río Bravo, se propone la construcción de un Dren interceptor que se ubique a lo largo del bordo de protección del mismo con lo cual tendrá la posibilidad de recibir una gran cantidad de agua proveniente de esta Zona, para esto, se hace necesario que se proyecte y se construya un sistema de drenaje pluvial que haga llegar el agua hasta este Dren. Este sistema puede estar constituido por una red de canales pluviales y tuberías instaladas bajo el pavimento de las calles con bocas de tormenta en los sitios de concentración de agua.

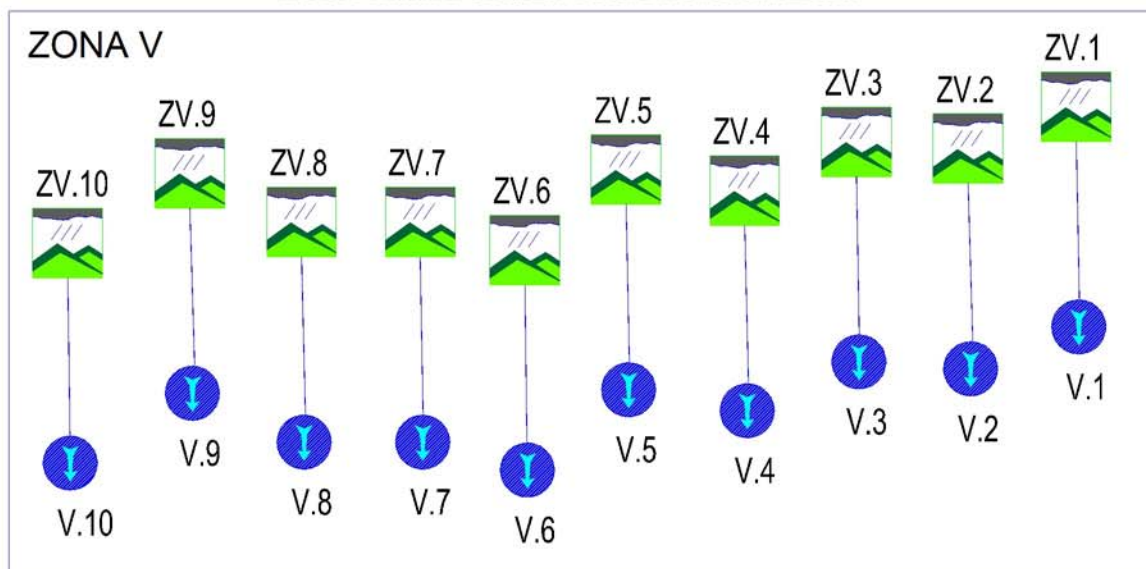
A lo largo del Dren, en los tramos donde la urbanización aun no es muy densa, es posible construir vasos de almacenamiento en donde se pueda retener el agua para darle el tratamiento de sedimentación y filtración y aprovecharla para recargar el acuífero, aun cuando

en esta zona los niveles estáticos oscilan entre 20 y 5 metros de profundidad. Otro posible beneficio es derivar estos gastos hacia los canales de riego del Distrito o finalmente descargarlo al cauce del Río Bravo.

Otra alternativa complementaria a las anteriores, es la de diseñar pequeños pozos o fosas de absorción dentro de la zona urbana, aprovechando los espacios abiertos que se localicen cerca de los sitios de concentración de agua de lluvia, como pudieran ser parques o estacionamientos públicos, en este caso, es necesario buscar y cuantificar mediante un análisis formal, los lugares adecuados y diseñar de manera particular, cada una de estas estructuras de acuerdo al área de influencia, las características de la zona y del subsuelo en el sitio en particular.

El esquema que se presenta a continuación es de la Zona V en el que se incluye el Dren Pluvial Río Bravo, que conducirá el agua hacia la zona de Zaragoza donde puede ser utilizada para riego o descargarla al río. Se propone construir vasos de retención a lo largo de este dren, para el uso directo del agua con la opción de infiltrarla, previo tratamiento para eliminar la contaminación arrastrada en la zona urbana. A continuación se presenta el esquema de flujo, ver gráfico V.3.5.1:

FIGURA V.3.5.1. ESQUEMAS DE FLUJO PLUVIAL ZONA V





# Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial

Ciudad Juárez 2004

Estrategia

**Plan Sectorial de Agua Pluvial**  
CIUDAD JUÁREZ 2004

**SIMBOLOGÍA**

**INFORMACIÓN GENERAL**

- LIMITE MUNICIPAL
- LIMITE ZONA V - 2020
- LIMITE ZEDEC
- LIMITE INTERNACIONAL
- RIO BRAVO
- CRUCE INTERNACIONAL

**TIPOS DE ESTRUCTURAS**

- ADECUACION DE DESCARGA
- VASO DE CAPTACION
- PRESA
- DIQUE
- DESFOQUE
- BORBO
- VASO
- CRUCES
- PUENTE
- ALCANTARILLA
- COMPUERTAS

**VALIDADES**

- PRIMARIA
- SECUNDARIA
- RUTA DE TRANSPORTE
- ACCESO CONTROLADO

**DRENAJE PLUVIAL**

- ESCORRIMIENTO NATURAL
- CUENCA
- AREA INUNDABLE
- ENCAUZAMIENTO DE ARROYO
- CANAL PLUVIAL

**12**

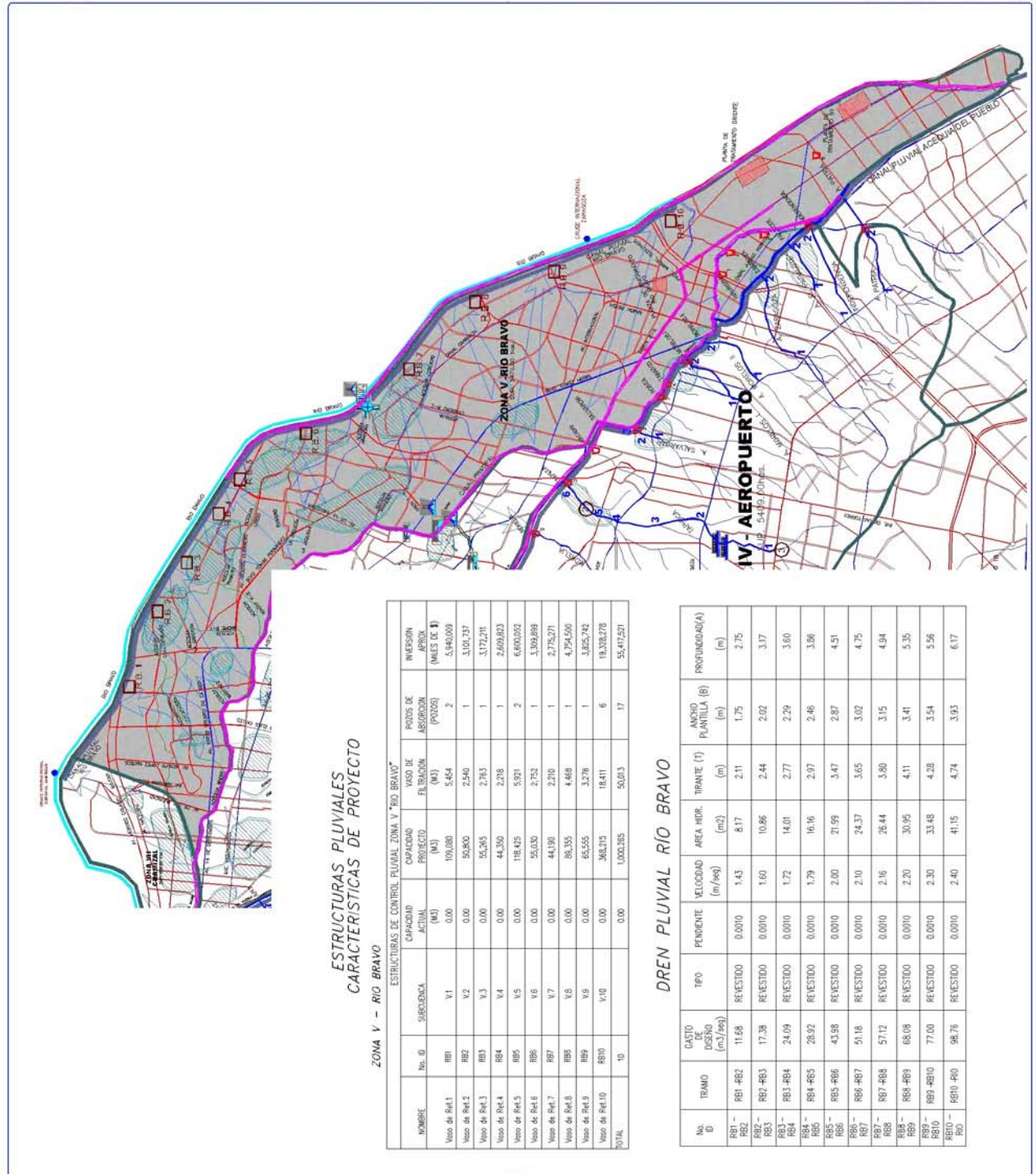
- DIQUE CON ESTRUCTURA DE INFILTRACION
- VASO DE ALMACENAMIENTO CON ESTRUCTURA DE INFILTRACION
- PASADIZO PLUVIAL
- PASADIZO PLUVIAL CON ESTRUCTURAS DE INFILTRACION
- PLANTA DE TRATAMIENTO
- REHABILITACION
- PUNTO DE REFERENCIA
- CENTRO METEOROLOGICO
- PEQUEÑOS VASOS DE ALMACENAMIENTO

**LOCALIZACION**

**ESTRATEGIA**

**ZONA V - RIO BRAVO**

**E-6**



Estrategia

### V.3.5.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SUB-CUENCAS Y MICRO-CUENCAS PARA LA ZONA V RÍO BRAVO EN CONDICIONES FUTURAS

TABLA V.3.5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SUB-CUENCAS Y MICRO-CUENCAS PARA LA ZONA V

CONDICIONES FUTURAS

SUBCUENCA (CLAVE)	ÁREA KM2	COBERTURA %		PENDIENTE	LONGITUD KM	COEFIC. "N"	TC hr	TR hr
		ZONA URBANA	CERRIL O LOMERÍO					
ZV.1	2.75	100	0	0.0035	3,393	85	1.417	0.8502
ZV.2	1.28	100	0	0.002	2,592	85	1.4206	0.8524
ZV.3	1.4	100	0	0.0026	2,533	85	1.265	0.759
ZV.4	1.1	100	0	0.0035	1,155	85	0.6183	0.371
ZV.5	3.32	100	0	0.0035	2,320	85	1.0575	0.6345
ZV.6	1.63	100	0	0.0035	1,625	85	0.8039	0.4824
ZV.7	1.17	90	10	0.0035	1,030	83.3	0.5659	0.3395
ZV.8	2.5	80	20	0.0035	2,280	81.6	1.0434	0.6261
ZV.9	1.8	80	20	0.0035	1,860	81.6	0.892	0.5352
<b>ZV.10</b>	<b>20.67</b>	<b>80</b>	<b>20</b>	<b>0.0035</b>	<b>3,425</b>	<b>81.6</b>	<b>1.4274</b>	<b>0.8564</b>

FUENTE: IMIP

#### V.3.5.2.1. ESCURRIMIENTOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN CONDICIONES FUTURAS

Debido a que no existen cauces de escurrimiento pluvial, sino más bien se presenta un flujo laminar que se concentra en sitios bien definidos, los gastos máximos arrojados por el modelo no corresponden a caudales concentrados en corrientes de agua. Por lo anterior se presentan en la tabla V.3.5.2.1 siguiente, solamente los volúmenes esperados para cada periodo de retorno, los cuales deberán ser desalojados por la red pluvial descrita anteriormente.

#### V.3.5.3. PROYECTOS DE VASOS DE RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL

Debido a la dificultad que representa drenar la totalidad del agua hacia el dren que se propone ubicar a lo largo del Río Bravo, se considera que es posible desalojar un 50% del agua pluvial por este medio. Con esta consideración, los vasos de retención propuestos son de una capacidad igual a la mitad del volumen que se espera de los escurrimientos para las tormentas con periodo de retorno de 25 años.

El resto del agua podrá ser desalojada por el esquema

TABLA V.3.5.2.1 ZONA V.- RÍO BRAVO

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	ÁREA DRENADA	VOLUMEN ESCURRIDO	VOLUMEN ESCURRIDO	VOLUMEN ESCURRIDO
	KM2	X 1000 M3	X 1000 M3	X 1000 M3
		TR = 5	TR = 25	TR = 100
ZV.1	2.75	57.162	109.14	160.02
ZV.2	1.28	26.606	50.8	74.48
ZV.3	1.4	29.1	55.563	81.463
ZV.4	1.1	22.865	43.657	64.007
ZV.5	3.32	60.209	118.28	176.39
ZV.6	1.63	27.67	55.064	82.761
ZV.7	1.17	22.698	43.984	65.05
ZV.8	2.5	45.338	89.07	132.82
ZV.9	1.8	32.644	64.13	95.633
ZV.10	20.67	374.87	736.47	1098.2
<b>TOTAL</b>	<b>46.71</b>	<b>699.16</b>	<b>1,366.16</b>	<b>2,030.82</b>

FUENTE: IMIP



V.3.5.3 (1) CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO DE DIQUES DE RETENCIÓN DE AGUA - ZONA V

NOMBRE	NO. ID	TIPO DE OBRA	CORRIENTE	CAPA- CIDAD M3	PROFUND MEDIA M	AREA HAS
DIQUE 1	RB1	VASO DE RET	V.1	109,080	3	3.6
DIQUE 2	RB2	VASO DE RET	V.2	50,800	3	1.7
DIQUE 3	RB3	VASO DE RET	V.3	55,265	3	1.8
DIQUE 4	RB4	VASO DE RET	V.4	44,350	3	1.5
DIQUE 5	RB5	VASO DE RET	V.5	118,425	3	3.9
DIQUE 6	RB6	VASO DE RET	V.6	55,030	3	1.8
DIQUE 7	RB7	VASO DE RET	V.7	44,190	3	1.5
DIQUE 8	RB8	VASO DE RET	V.8	89,355	3	3
DIQUE 9	RB9	VASO DE RET	V.9	65,555	3	2.2
DIQUE 10	RB10	VASO DE RET	V.10	368,215	3	12.3

FUENTE: IMIP

V.3.5.3 (2) RESUMEN ESTRUCTURAS DE CONTROL PLUVIAL ZONA V "RIO BRAVO"

NOMBRE	NO. ID	SUB CUENCA	CAPACIDAD ACTUAL (M3)	CAPACIDAD PROYECTO (M3)	VASO DE FILTRACION (M3)	POZOS DE ABSORCION (POZOS)
VASO DE RET.1	RB1	V.1	0	109,080	5,454	2
VASO DE RET.2	RB2	V.2	0	50,800	2,540	1
VASO DE RET.3	RB3	V.3	0	55,265	2,763	1
VASO DE RET.4	RB4	V.4	0	44,350	2,218	1
VASO DE RET.5	RB5	V.5	0	118,425	5,921	2
VASO DE RET.6	RB6	V.6	0	55,030	2,752	1
VASO DE RET.7	RB7	V.7	0	44,190	2,210	1
VASO DE RET.8	RB8	V.8	0	89,355	4,468	1
VASO DE RET.9	RB9	V.9	0	65,555	3,278	1
VASO DE RET.10	RB10	V.10	0	368,215	18,411	6
TOTAL	10		0	1,000,265	50,013	17

FUENTE: IMIP

actual o infiltrada hacia las estructuras de infiltración dentro de la misma ciudad. Los características de proyecto para los diques propuestos se presentan en la Tabla V.3.5.3.

#### V.3.5.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO, ENCAUZAMIENTO-DIMENSIONAMIENTO

En esta Zona V no existen arroyos bien definidos sino que se presenta un esquema de flujo laminar por las calles hacia los centros de acumulación de agua, que se convierten en grandes encharcamientos.

Como ya se ha descrito en el capítulo de diagnóstico, incluye una zona céntrica de gran desarrollo comercial, industrial y de servicios, en el que los escurrimientos que se generan en algunos de los sectores no

encuentran salida generando importantes perjuicios durante la temporada de lluvia.

Los datos que aquí se presentan son los gastos equivalentes a un cauce que desaloje el 50% del agua de cada una de las Micro-cuencas pero con la aclaración de que en campo la propuesta es la construcción de una gran red de pequeños canales y entubamientos para hacer llegar el agua hacia el Dren interceptor a lo largo del Río Bravo en el caso de la Zona V.

#### V.3.5.5 .DREN INTERCEPTOR RÍO BRAVO

Es el dren que se propone construir a lo largo de la margen derecha del Río Bravo, que captará parte de las aguas escurridas en la Zona V, los gastos de diseño son las consideradas que es posible captar mediante

TABLA V 3.5.4. SISTEMA DE ENCAUZAMIENTO EN LA ZONA V

NO. ID	TRAMO	GASTO DISEÑO (TR = 100) (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (m/seg)	AREA HIDR. (m2)	TIRANTE (T) (m)	ANCHO PLANT (B) (m)	PROFUN- DIDAD (A) (m)
V.1	A. MADRE - RIO BRAVO	11.68	REVESTIDO	0.001	1.55	7.54	1.9411	3.88	2.66
V.2	TRIUNFO DE LA REP. - R. BRAVO	6.11	REVESTIDO	0.001	1.3	4.7	1.533	3.07	2.1
V.3	TRIUNFO DE LA REP. - R. BRAVO	6.75	REVESTIDO	0.001	1.37	4.93	1.5696	3.14	2.15
V.4	AV. V. GUERRERO - R. BRAVO	7.06	REVESTIDO	0.001	1.39	5.08	1.5936	3.19	2.18
V.5	A. MADRE - RIO BRAVO	15.06	REVESTIDO	0.001	1.65	9.13	2.1363	4.27	2.93
V.6	T. FDEZ - RIO BRAVO	8.17	REVESTIDO	0.001	1.4	5.84	1.7082	3.42	2.34
V.7	AV. TORRES - RIO BRAVO	7.59	REVESTIDO	0.001	1.38	5.5	1.6583	3.32	2.27
V.8	G. MORIN - RIO BRAVO	11.39	REVESTIDO	0.001	1.55	7.35	1.9168	3.83	2.63
V.9	A. MADRE - RIO BRAVO	8.92	REVESTIDO	0.001	1.45	6.15	1.7538	3.51	2.4
V.10	A. MADRE - RIO BRAVO	24.28	REVESTIDO	0.001	1.86	13.05	2.5548	5.11	3.5

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.5.5 DREN PLUVIAL RIO BRAVO

NO. ID	TRAMO	GASTO DE DISEÑO (m3/seg)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (m/seg)	AREA HIDR. (m2)	TIRANTE (T) (m)	ANCHO PLANT (B) (m)	PROFUN- DIDAD (A) (m)
RB1-RB2	RB1-RB2	11.68	REVESTIDO	0.001	1.43	8.17	2.11	1.75	2.75
RB2-RB3	RB2-RB3	17.38	REVESTIDO	0.001	1.6	10.86	2.44	2.02	3.17
RB3-RB4	RB3-RB4	24.09	REVESTIDO	0.001	1.72	14.01	2.77	2.29	3.6
RB4-RB5	RB4-RB5	28.92	REVESTIDO	0.001	1.79	16.16	2.97	2.46	3.86
RB5-RB6	RB5-RB6	43.98	REVESTIDO	0.001	2	21.99	3.47	2.87	4.51
RB6-RB7	RB6-RB7	51.18	REVESTIDO	0.001	2.1	24.37	3.65	3.02	4.75
RB7-RB8	RB7-RB8	57.12	REVESTIDO	0.001	2.16	26.44	3.8	3.15	4.94
RB8-RB9	RB8-RB9	68.08	REVESTIDO	0.001	2.2	30.95	4.11	3.41	5.35
RB9-RB10	RB9-RB10	77	REVESTIDO	0.001	2.3	33.48	4.28	3.54	5.56
RB10-RIO	RB10-RIO	98.76	REVESTIDO	0.001	2.4	41.15	4.74	3.93	6.17

FUENTE: IMIP

el sistema de red de drenaje pluvial en la zona, estimando que pueda ser desalojado mediante este proceso un 50% del volumen total escurrido en cada Micro-cuenca.

Aún cuando se propone la construcción de una serie de vasos de retención a lo largo de este Dren, el dimensionamiento propuesto es para el desalojo total del agua captada (Tabla V.3.6.5), situación que da seguridad y capacidad suficiente para gastos mayores, mantenimiento de las estructuras de retención e infiltración o en su caso permite la opción de solamente desalojar la totalidad del agua hacia el distrito de riego y/o hacia el Río Bravo.

Los tramos presentados se ubican entre los sitios probables de descarga para cada una de las Sub-cuencas Ver Plano Zona VI.

La propuesta del Dren Interceptor Río Bravo, debe incluir al final, los vasos de almacenamiento e infiltración, fosas de absorción dentro de la zona urbana, los cuales no se presentan en las estimaciones debido a que es necesario que sean definidos de acuerdo con el análisis correspondiente a detalle de la zona, en tanto que sí se dan las características de diseño para la construcción del Dren Río Bravo, siendo este el elemento que vertebra la estrategia a seguir.



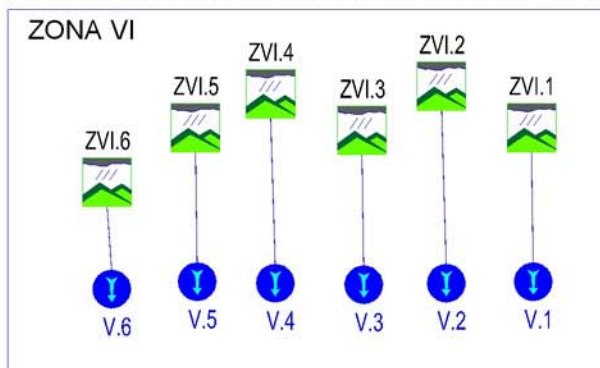
## V.3.6 CUENCA ZONA VI ACEQUIAS

### V.3.6.1. DESCRIPCIÓN

En la Zona VI tampoco se cuenta con un sistema de drenaje pluvial, observándose los mismos problemas de encharcamiento e inundaciones descritas para la Zona V. El agua de esta Zona puede ser conducida hacia el Dren "Acequia del Pueblo" mediante un sistema de drenaje pluvial similar al propuesto para la Zona V anterior. Para esta zona, también es aplicable la última alternativa descrita para la Zona V en la que se propone construir vasos de retención a lo largo de este dren, para el uso directo del agua con la opción de infiltrarla o bien de llevar a cabo un aprovechamiento directo, previo tratamiento para eliminar la contaminación arrastrada en la zona urbana.

A continuación se presenta el esquema de flujo para esta Zona VI, ver gráfico V.3.6.1:

FIGURA V.3.6.1. ESQUEMA DE FLUJO PLUVIAL ZONA VI



### V.3.6.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SUB-CUENCAS Y MICRO-CUENCAS PARA LA ZONA VI ACEQUIAS EN CONDICIONES FUTURAS

TABLA V.3.6.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SUB-CUENCAS Y MICRO-CUENCAS PARA LA ZONA VI  
CONDICIONES FUTURAS

SUBCUENCA (CLAVE)	ÁREA KM2	COBERTURA %		PENDIENTE	LONGITUD KM	COEFIC. "N"	TC HR	TR HR
		ZONA URBANA	CERRIL O LOMERÍO					
ZVI.1	3.881	100	0	0.0025	2,895	85	1.4227	0.8536
ZVI.2	4.012	100	0	0.0009	3,416	85	2.3703	1.4222
ZVI.3	3.858	100	0	0.0012	3,023	85	1.9368	1.1621
ZVI.4	6.941	100	0	0.0013	3,927	85	2.2994	1.3796
ZVI.5	2.109	100	0	0.0026	2,386	85	1.208	0.7248
ZVI.6	4.823	100	0	0.0012	3,507	85	2.1716	1.303

FUENTE: IMIP

#### V.3.6.2.1. ESCURRIMIENTOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN CONDICIONES FUTURAS

Al igual que en la Cuenca Zona V no existen cauces de escurrimiento pluvial, por lo que el flujo es laminar concentrándose en sitios bien definidos, se hace la aclaración que los gastos máximos arrojados por el modelo no corresponden a caudales concentrados en corrientes de agua. Por lo anterior se presenta en la tabla V.3.6.3 los volúmenes esperados para cada periodo de retorno, los cuales son desalojados por la red pluvial descrita anteriormente.

TABLA V.3.6.2.1. ZONA VI.- ACEQUIAS

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM 2	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M 3
		TR = 5	TR = 25	TR = 100
ZVI.1	3.881	92.494	172.39	224.46
ZVI.2	4.012	95.616	178.21	232.04
ZVI.3	3.858	91.946	171.37	223.13
ZVI.4	6.941	165.42	308.32	401.44
ZVI.5	2.109	50	93.19	121.35
ZVI.6	4.823	114.35	213.13	277.5
TOTAL	25.624	609.826	1136.61	1479.92

FUENTE: IMIP







Plan Sectorial de  
Agua Pluvial  
Ciudad Juárez 2003

**SIMBOLOGIA**

TABLAS:  
ESTRUCTURAS PLUVIALES  
CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO  
DREN PLUVIAL  
"ACEQUIA DEL PUEBLO"

**ZONA VI - ACEQUIAS**

### ESTRUCTURAS PLUVIALES (CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO)

#### ZONA VI - ACEQUIAS

ESTRUCTURAS DE CONTROL PLUVIAL ZONA VI "ACEQUIAS"							
NOMBRE	No. ID	SUBCUENCA	CAPACIDAD ACTUAL	CAPACIDAD PROYECTO	VASO DE FILTRACION	POZOS DE ABSORCION	INVERSION APROX.
			(M3)	(M3)	(M3)	(POZOS)	(MILES DE \$)
Vaso de Ret.1		V.1	0.00	77,015	3,851	1	4,081,624
Vaso de Ret.2		V.2	0.00	79,615	3,981	1	4,511,116
Vaso de Ret.3		V.3	0.00	76,560	3,828	1	4,186,853
Vaso de Ret.4		V.4	0.00	137,735	6,887	2	7,253,009
Vaso de Ret.5		V.5	0.00	41,850	2,093	1	2,659,303
Vaso de Ret.6		V.6	0.00	95,705	4,785	2	5,503,483
TOTAL	10		0.00	508,480	25,424	8	28,195,388

### DREN PLUVIAL "ACEQUIA DEL PUEBLO"

TRAMO	GASTO DE DISEÑO	PENDIENTE	AREA HIDRAULICA	TIRANTE	ANCHO PLANTILLA	PROFUNDIDAD	COSTO APROX.
	(M3/SEG)		(M2)	(M)	(M)	(M)	(MILES DE \$)
CTRD - M. ESCOBEDO	4.47	0.0050	2.00	1.00	2.00	1.37	3,677.39
M ESCOB - MTY	60.77	0.0023	18.99	3.08	6.16	4.22	5,214.64
MTY - PANTEON	72.94	0.0028	20.26	3.18	6.37	4.36	4,151.67
PANTEON - BASURERO	95.72	0.0030	24.23	3.48	6.96	4.77	3,814.20
BASURERO - TEPEYAC	100.40	0.0031	24.79	3.52	7.04	4.82	4,535.82
TEPEYAC - SN ANTONIO	125.30	0.0036	27.54	3.71	7.42	5.08	9,816.03
S ANTONIO - M ORNELAS	134.56	0.0035	29.51	3.84	7.68	5.26	8,795.99
M ORNELAS - C. AMAYA 1	143.18	0.0035	30.73	3.92	7.84	5.37	2,918.17
C. AMAYA 1 - C. AMAYA 2	147.05	0.0036	31.29	3.96	7.91	5.42	2,949.71
C. AMAYA 2 - EL INDIO	150.65	0.0035	32.05	4.00	8.01	5.48	3,577.99
EL INDIO - LIBERTAD	230.53	0.0031	46.11	4.80	9.60	6.58	20,014.46
LIBERTAD - TECNOL	277.16	0.0028	55.43	5.26	10.53	7.21	26,238.23
TECNOL - DREN 2-A	309.82	0.0026	61.96	5.57	11.13	7.63	28,232.38
INICIO DREN 2A - A. L. REY	68.82	0.0026	19.89	3.15	6.31	4.32	19,311.32
A. L. REY - INST ACEQUIA	73.45	0.0026	20.87	3.23	6.46	4.43	8,489.67
AP . 2A - A AEROPTO	323.27	0.0031	59.86	5.47	10.94	7.50	18,975.60
A. AEROP - A. MORELIA	344.16	0.0032	61.46	5.54	11.09	7.59	18,621.47
A. MORELIA - TAPIOCA	366.69	0.0032	64.33	5.67	11.34	7.77	24,650.93
TAPIOCA - ARCADAS	394.85	0.0032	68.67	5.86	11.72	8.03	18,152.80
ARCADAS - SALVARCAR	410.88	0.0033	70.00	5.92	11.83	8.10	23,519.94
SALVARCAR - ROSITA	435.28	0.0034	71.95	6.00	12.00	8.22	18,188.44
ROSITA - TABASCO	441.14	0.0034	72.32	6.01	12.03	8.24	6,120.40
TABASCO - MORELOS I	442.95	0.0034	72.61	6.03	12.05	8.26	14,685.93
MORELOS I - MORELOS II	452.35	0.0035	73.55	6.06	12.13	8.31	9,949.96
MORELOS II - INSURGENTES	469.24	0.0036	74.48	6.10	12.21	8.36	33,227.91
INSURGENTES - ZARAGOZA	471.04	0.0037	74.18	6.09	12.18	8.34	18,458.26
ZARAGOZA - PAPALOTE	495.18	0.0038	76.18	6.17	12.34	8.46	21,966.60
PAPALOTE - INDEPEND	508.90	0.0039	77.11	6.21	12.42	8.51	10,845.83
INDEPEND - PATRIA	523.49	0.0039	78.72	6.27	12.55	8.60	19,569.77
A DTO DE RIEGO 09	547.14	0.0043	78.16	6.25	12.50	8.56	88,730.91
						TOTAL	497,403.43

Estrategia

### V.3.6.3. PROYECTOS DE VASOS DE RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL

Para el caso de la Zona VI, también se incluye llevar a cabo una serie de vasos en el que se incluyen fosas o pozos pequeños de absorción dentro de la zona urbana ubicados en los mismos sitios de concentración o en áreas abiertas cercanos a los mismos. Dada la dificultad para desalojar el total del volumen escurrido y concentrado en las zonas bajas se considera un probable aprovechamiento del 50% como máximo del agua pluvial potencialmente disponible. Debido a que es difícil definir con un buen grado de precisión la ubicación, características y dimensiones de estas estructuras, El análisis se realiza para cada una de las Micro-cuencas estudiadas según se puede observar en la Tabla V.3.6.3.

### V.3.6.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO, ENCAUZAMIENTO – DIMENSIONAMIENTO

Como ya se ha mencionada en el caso de la Zona VI al no existir arroyos bien definidos y el que solo se presente un esquema de flujo laminar por las calles hacia centros de acumulación de agua, lo que obliga a considerar datos con gastos equivalentes a un cauce que desaloje el 50% del agua de cada una de las

Micro-cuencas, pero con la aclaración de que en campo la propuesta es la construcción de una gran red de pequeños canales y entubamientos para hacer llegar el agua hacia el Dren Acequia del Pueblo para esta Zona VI. Esta red de entubamientos que se hace mención, requiere de la sectorización de la cuenca y el análisis de cada sector en lo particular, con objeto de que puedan realizarse los proyectos ejecutivos.

A continuación se presenta la Tabla V.3.6.4 la cual muestra las características de diseño hidráulico que se han contemplado para el encauzamiento de las aguas pluviales dentro del esquema de solución para la Zona VI.

### V.3.6.5. DREN PLUVIAL ACEQUIA DEL PUEBLO

#### V.3.6.5.1 DESCRIPCIÓN

Uno de los problemas más importantes, en lo que se refiere a drenaje pluvial de Ciudad Juárez, es la acumulación del agua que escurre proveniente de las Zonas II y VI en el centro de la ciudad y de las Zonas III, y IV al Sur y Poniente de la mancha urbana.

Para la solución de esta problemática, se ha propuesto, como primer paso, la retención del agua en las partes

TABLA V.3.6.3. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO PARA VASOS DE RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL - ZONA VI

DESCRIPCIÓN		EXCAV. (m3)	ESTR. DE CONTENCIÓN (ml)	VERTEDOR (ml)	FILTRACIÓN (m3)	POZO O FOSA DE ABSORC (Pozo)	ESTRUCT DE OPER (m2)
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VI.1	Cantidad	86,195	170	17	4,310	1	80
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VI.2	Cantidad	89,105	172	17	4,455	1	80
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VI.3	Cantidad	85,685	169	17	4,284	1	80
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VI.4	Cantidad	154,160	227	23	7,708	3	240
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VI.5	Cantidad	46,595	125	12	2,330	1	80
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VI.6	Cantidad	106,565	188	19	5,328	2	160
TOTAL ZONA VI	Cantidad	568,305	1,051	105	28,415	9	720

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.6.4. SISTEMA DE ENCAUZAMIENTO EN LA ZONA VI ACEQUIAS

NO. ID	TRAMO	GASTO DE DISEÑO (m3/seg)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (m/seg)	AREA HIDR. (m2)	TIRANTE (T) (m)	ANCHO PLANT (B) (m)	PROFUN- DIDAD (A) (m)
VI.1	V. GERR Y AMERICAS - A. DEL PUEBLO	10.6	REVESTIDO	0.001	1.5	7.07	1.8797	3.76	2.58
VI.2	V. FTES Y AV. RAZA - A. DEL PUEBLO	8.3	REVESTIDO	0.001	1.4	5.93	1.7217	3.44	2.36
VI.3	P. E. CALLES Y S. BARBA - A. DEL PUEBLO	8.94	REVESTIDO	0.001	1.45	6.17	1.7558	3.51	2.41
VI.4	G. MORIN - A. PUEBLO Y V. FTES	14.96	REVESTIDO	0.001	1.65	9.07	2.1292	4.26	2.92
VI.5	E. NAL - AV. TEC Y A. DEL PUEBLO	6.25	REVESTIDO	0.001	1.34	4.66	1.5271	3.05	2.09
VI.6	DREN 2A EN MISIÓN DE LOS L.	10.43	REVESTIDO	0.001	1.5	6.95	1.8646	3.73	2.55

FUENTE: IMIP



altas de las sub-cuencas mediante la rehabilitación de los diques existentes y la construcción de algunos nuevos. Como segundo paso, la canalización de los arroyos aguas abajo de dichos diques hasta su descarga final, ubicada a la altura de la acequia del pueblo para el caso de la Zona II, y la construcción de una red pluvial para el desalojo de las aguas de la Zona VI, y en un tercer paso, construir un gran Dren pluvial que reciba el agua de estas Zonas y las conduzca hasta el Río Bravo o se utilicen en el Distrito de Riego.

Dado que la Acequia del Pueblo ya no es utilizada para conducir agua de riego, el Dren en cuestión puede ser construido en la franja de terreno que actualmente ocupa esta acequia, proponiendo su inicio en el centro de la ciudad, a la altura de la Av. Francisco Villa y 16 de Septiembre, hasta su confluencia con el Dren 2-A, se ocupa también el Dren 2-A desde su nacimiento en el cruce de las Av. Teófilo Borunda y Oscar Flores para desalojar el agua de la Zona III de El Jarudo y se junta este caudal con el del Dren de la Acequia del Pueblo (ver gráfico V.3.6.5.1) y sumados continúan por el actual canal del Dren 2-A recibiendo en este recorrido el agua proveniente de los escurrimientos de la Zona IV, y finalmente descargar en el Río Bravo a la altura del Poblado de El Sauzal. En su paso por los terrenos de cultivo, existe la posibilidad de derivar agua hacia el Distrito que puede ser aprovechada para el riego de los cultivos de la zona. Este Proyecto es de vital importancia para la ciudad en general, resuelve la

mayor parte de los problemas de inundación que se presentan en muchas de las colonias céntricas y se reducirá significativamente el ingreso de agua pluvial al sistema de drenaje sanitario.

Para el cálculo de los gastos de diseño, se contempló la aplicación del modelo de simulación descrito en varias acciones, integrando en el mismo un diagrama de flujo que permite conocer los gastos en cada tramo del dren así como los volúmenes que se espera conducir para cada tormenta, utilizando un periodo de retorno de 100 años.

Complementando a este proyecto, se tiene contemplado preservar el arbolado existente, para lo cual se propone la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el parque industrial Juárez y utilizar el agua tratada como fuente continua para riego de la superficie de terreno que quedara disponible en los lados del dren convirtiéndose en un corredor de áreas verdes, rescatando a su vez la gran cantidad de árboles existentes.

#### V.3.6.5.2. ESCURRIMIENTOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO DREN PLUVIAL ACEQUIA DEL PUEBLO

La modelación de los volúmenes de lluvia recibida por cuenca fue uno de los objetivos, habiéndose puesto énfasis en los sectores que inciden sobre la Acequia

FIGURA V.3.6.1. ESQUEMA DE ESCURRIMIENTOS MODELO SIMULACIÓN ZONA VI

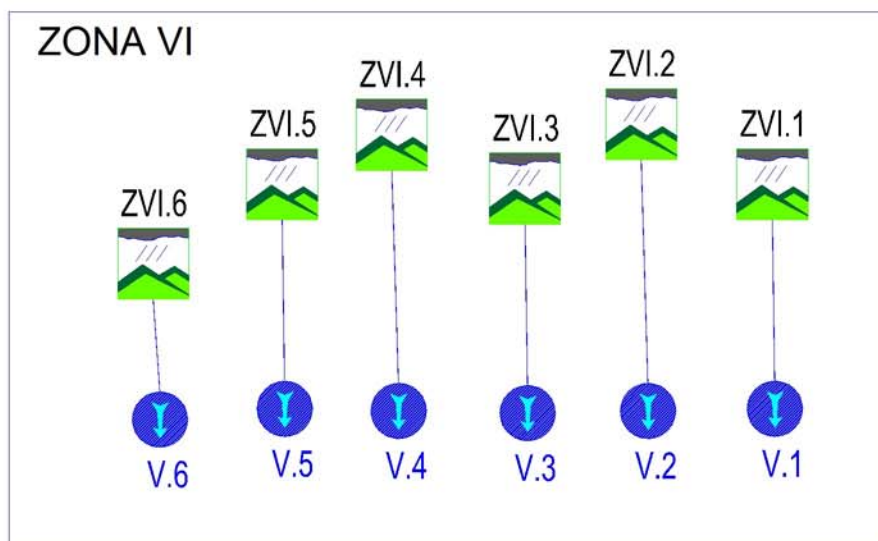


TABLA V.3.6.5.2. ESCURRIMIENTOS TR= 5,25 Y 100 AÑOS EN CONDICIONES FUTURAS DREN PLUVIAL ACEQUIA DEL PUEBLO

ZONA VI ACEQUIAS

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	DESCARGA PICO	VOLUMEN ESCURRIDO	DESCARGA PICO	VOLUMEN ESCURRIDO	DESCARGA PICO	VOLUMEN ESCURRIDO
		M3/SEG	X 1000 M3	M3/SEG	X 1000 M3	M3/SEG	X 1000 M3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
A.P.1 - A.P.2	0.41	1.66	8.61	3.1	16.43	4.47	24.09
A.P.2 - A.P.3	6.48	22.4	134.69	42.03	257.18	60.77	306.72
A.P.3 - A.P.4	7.91	26.83	164.6	50.43	314.29	72.94	460.79
A.P.4 - A.P.5	12.08	32.41	206.16	61.99	417.47	95.72	629.84
A.P.5 - A.P.6	13.32	34.1	219.89	65.21	443.7	100.4	678.01
A.P.6 - A.P.7	18.5	43.04	268.03	81	545.53	125.3	832.78
A.P.7 - A.P.8	22.97	46.26	306.27	88.19	630.61	134.56	987.3
A.P.8 - A.P.9	25.72	49.31	336.89	94.11	689.21	143.18	1,090.30
A.P.9 - A.P.10	26.16	50.73	345.87	96.78	706.35	147.05	1,115.50
A.P.10 - A.P.11	26.57	52.04	354.47	99.27	722.78	150.65	1,139.60
A.P.11 - A.P.12	44.58	81.72	508.13	154.62	1,046.60	230.53	1,742.90
A.P.12 - A.P.13	51.59	98.54	653.74	186.69	1,324.60	277.16	2,150.50
A.P.13 - DREN 2A	56.32	110.36	752.12	209.17	1,512.40	309.82	2,425.90
INICIA DREN 2A - U IV.1	54.82	8.91	223.65	29.62	942.49	68.82	1,752.80
U IV.1 - INTERSECC A.P.	60.96	8.91	223.65	29.62	942.49	73.45	1,836.60
INTERS A.P. - A AEROP	117.28	114.07	975.77	216.82	2,454.90	323.27	4,262.60
A. AEROP - A. MORELIA	123.89	121.12	1,113.10	230.93	2,717.20	344.16	4,647.10
A. MORELIA - TAPIOCA	126.99	129.23	1,177.60	246.43	2,840.40	366.69	4,827.70
TAPIOCA - ARCADAS	138.82	138.49	1,421.50	265.29	3,307.80	394.85	5,513.90
ARCADAS - SALVARCAR	140.63	144.35	1,459.20	276.36	3,379.80	410.88	5,619.40
SALVARCAR - ROSITA	145.31	152.88	1,556.80	293.04	3,565.60	435.28	5,891.90
ROSITA - TABASCO	145.86	155.06	1,567.80	297.09	3,587.20	441.14	5,923.50
TABASCO - MORELOS I	146.03	155.73	1,571.30	298.35	3,593.80	442.95	5,933.30
MORELOS I - MORELOS II	147.83	159.02	1,608.70	304.78	3,665.20	452.35	6,037.90
MORELOS II - INSURGTES	151.84	164.81	1,692.00	316.26	3,824.30	469.24	6,271.10
INSURGTES - ZARAGOZA	152.32	165.42	1,702.20	317.48	3,843.70	471.04	6,299.60
ZARAGOZA - PAPALOTE	158.03	172.21	1,820.00	336.76	4,070.40	495.18	6,632.00
PAPALOTE - INDEPEND	159.82	176.43	1,858.10	346.3	4,141.40	508.9	6,736.10
INDEPEND - PATRIA	161.83	181.77	1,899.70	356.41	4,220.90	523.49	6,852.60
A DTO RIEGO 09	164.99	190.46	1,965.50	372.81	4,346.40	547.14	7,036.70

FUENTE: IMIP

del Pueblo, ante la alternativa de su utilización como dren pluvial. Los resultados de este análisis son descritos en la siguiente tabla, en la que se presentan las proyecciones para eventos de TR=5,25 y 100 años.

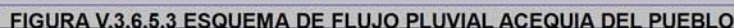
### V.3.6.5.3. DIMENSIONAMIENTO DEL DREN PLUVIAL ACEQUIA DEL PUEBLO

Para el dimensionamiento del canal, se revisó un levantamiento topográfico de la Acequia del Pueblo

realizado por el IMIP, de donde se obtuvo una pendiente promedio de 0.005 que es aplicada para el cálculo de la velocidad, y se consideró conveniente proponer una sección rectangular con el propósito de ocupar el menor espacio superficial, dadas las restricciones de terreno disponible para la construcción de esta obra:



FUENTE: IMIP



## V.3.7. CUENCA ZONA VII CHAMIZAL

### V.3.7.1. DESCRIPCIÓN

La Zona del Chamizal identificada como Zona VII, presenta los mismos problemas que las dos anteriores, pero tiene la ventaja de ser cruzada por el antiguo cauce del Río Bravo con el que se puede contar para conducir el agua pluvial hasta este sitio en donde podrá ser infiltrada sin mayor problema, mediante el diseño de pequeños pozos o fosas de absorción dentro de la zona urbana, aprovechando los espacios abiertos que se localicen cerca de los sitios de concentración de agua de lluvia, como pudieran ser parques o estacionamientos públicos, en este caso, es necesario

buscar y cuantificar mediante un análisis formal, los lugares adecuados y diseñar de manera particular, cada una de estas estructuras de acuerdo al área de influencia, las características de la zona y del subsuelo en el sitio en particular. Sin embargo, también requiere de la construcción de un sistema de desalojo de agua pluvial en base en una red urbana de canales ocultos o tuberías de conducción que desalocen estos volúmenes hacia este antiguo cauce. Al igual que en la Zona V y VI.

### V.3.7.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SUB-CUENCAS Y MICRO-CUENCAS PARA LA ZONA VII CHAMIZAL EN CONDICIONES FUTURAS

FIGURA V.3.7.1. ESQUEMA DE FLUJO PLUVIAL

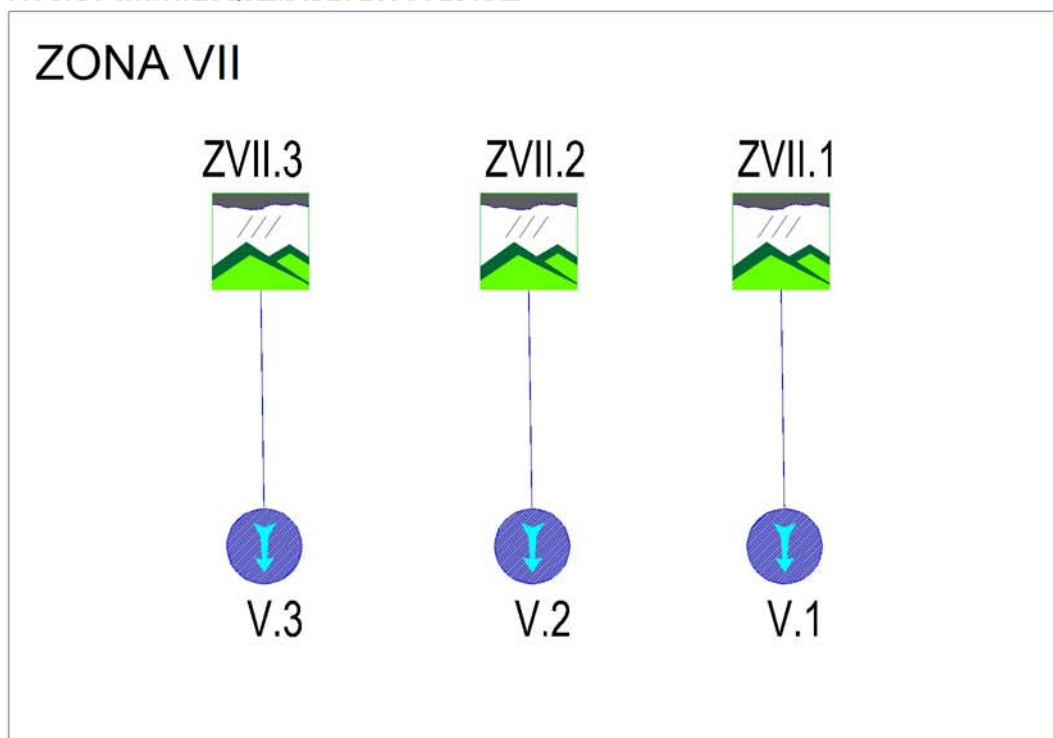


TABLA V.3.7.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SUB-CUENCAS Y MICRO-CUENCAS PARA LA ZONA VII  
CONDICIONES FUTURAS

SUBCUENCA (CLAVE)	ÁREA KM2	COBERTURA %		PENDIENTE	LONGITUD KM	COEFIC. "N"	TC hr	TR hr
		ZONA URBANA	CERRIL O LOMERIO					
ZVII.1	1.194	100	0	0.0022	2,272	85	1.2385	0.7431
ZVII.2	3.673	100	0	0.0025	2,380	85	1.2236	0.7341
ZVII.3	1.191	100	0	0.0031	1,913	85	0.9539	0.5723

FUENTE: IMIP





Estrategia

### V.3.7.2.1.ESCURRIMIENTOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN CONDICIONES FUTURAS

En la Tabla V.3.7.2.1 se presentan solamente los volúmenes esperados para cada periodo de retorno, los cuales deberán ser desalojados por la red pluvial que se proponga.

TABLA V.3.7.3. ESCURRIMIENTOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN CONDICIONES FUTURAS - ZONA VII

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA KM2	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3 TR = 5	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3 TR = 25	VOLUMEN ESCURRIDO X 1000 M3 TR = 100
ZVII.1	1.194	28.3	52.73	68.69
ZVII.2	3.673	87.08	162.31	211.33
ZVII.3	1.191	28.23	52.63	68.52
TOTAL	6.058	143.61	267.67	348.54

FUENTE: IMIP

### V.3.7.3 PROYECTOS DE VASOS DE RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL

Se considera que llegar a definir con un buen grado de precisión la ubicación, características y dimensiones de Vasos de Retención, Control e Infiltración de Agua Pluvial es bastante difícil, se ha elaborado un análisis considerando una serie de diques que representen y sean equivalentes a la suma de las estructuras menores de captación tratamiento e infiltración dentro de la zona urbana, tal como se ha hecho para otras de las Zonas donde los escurrimientos se presentan

por las calles y existe una consolidación casi total de la superficie que comprenden. El análisis se realiza para cada una de las Micro-cuencas estudiadas.

Los vasos de retención propuestos son de una capacidad igual a la mitad del volumen que se espera de los escurrimientos para las tormentas con periodo de retorno de 25 años. El resto del agua podrá ser desalojada por el esquema actual o infiltrada hacia el subsuelo mediante el sistema propuesto

### V.3.7.4.CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DEL ENCAUZAMIENTO- DIMENSIONAMIENTO

Dado que no existen cauces definidos y el flujo que se presenta es de carácter laminar, se considera la elaboración de los proyectos ejecutivos en cada una de las Micro-cuencas, cabe hacer la aclaración de que en campo, la propuesta es la construcción de una gran red de pequeños canales y entubamientos para hacer llegar el agua hasta las estructuras de almacenamiento e infiltración o bien hacia las estructuras de desalojo.

TABLA V.3.7.3 PROYECTOS DE VASOS DE RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL ZONA VII

		EXCAV.	ESTR. DE CONTENCION	VERTEDOR	FILTRACION	POZO O FOSA DE ABSORC	ESTRUCT DE OPER
DESCRIPCION		(m3)	(ml)	(ml)	(m3)	(Pozo)	(m2)
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VII.1	Cantidad	26,365	94	9	1,318	1	80
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VII.2	Cantidad	81,155	164	16	4,058	1	80
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VII.3	Cantidad	26,315	94	9	1,316	1	80
TOTAL ZONA VII	Cantidad	133,835	352	35	6,692	3	240
TOTALES	Cantidad	1,663,130	3,126	313	83,156	28	2,240

FUENTE: IMIP

TABLA V.3.7.4. SISTEMA DE ENCAUZAMIENTO EN LA ZONA VII

NO. ID	TRAMO	GASTO DE DISEÑO (M3/SEG)	TIPO	PENDIENTE	VELOCIDAD (M/SEG)	AREA HIDR. (M2)	TIRANTE (T) (M)	ANCHO PLANT (B) (M)	PROFUNDIDAD (A) (M)
VII.1	FCO VILLA Y T. DE LA REP. - ANTIGUO CAUCE DEL RÍO	3.51	REVESTIDO	0.001	1.13	3.11	1.2462	2.49	1.71
VII.2	T. DE LA REP Y PANAMA. - ANTIGUO CAUCE DEL RÍO	10.84	REVESTIDO	0.001	1.5	7.23	1.9009	3.8	2.6
VII.3	CRUCE INTL - ANTIGUO CAUCE DEL RÍO	3.93	REVESTIDO	0.001	1.16	3.39	1.3015	2.6	1.78

FUENTE: IMIP



## V.3.8. CUENCA ZONA VIII EL BARREAL

### V.3.8.1. DESCRIPCIÓN

La Zona de El Barreal, es una de las más importantes áreas de crecimiento de la ciudad, su principal problemática es el control de las aguas pluviales y sanitarias, debido a que está formada por una cuenca cerrada que no permite la salida del agua hacia sitios lejanos, La zona más baja se encuentra a unos dos kilómetros al Oriente de la glorieta Benito Juárez del Km 20 de la carretera Panamericana.

El área de inundación se extiende por unos 6 Km<sup>2</sup>, presenta láminas de agua de 5 a 40 cm y forma una laguna de gran extensión que no permite actualmente una adecuada planeación del crecimiento de la ciudad, a pesar de ser uno de los terrenos con mayor potencial para el desarrollo inmediato de zonas habitacionales, industriales y comerciales.

El Plan Sectorial define una alternativa de solución para el control, manejo y aprovechamiento del agua pluvial, congruente con la planeación urbana que realiza el Instituto Municipal de Investigación y Planeación, así como razonable económicamente, como adecuada para los inversionistas y propietarios de los predios.

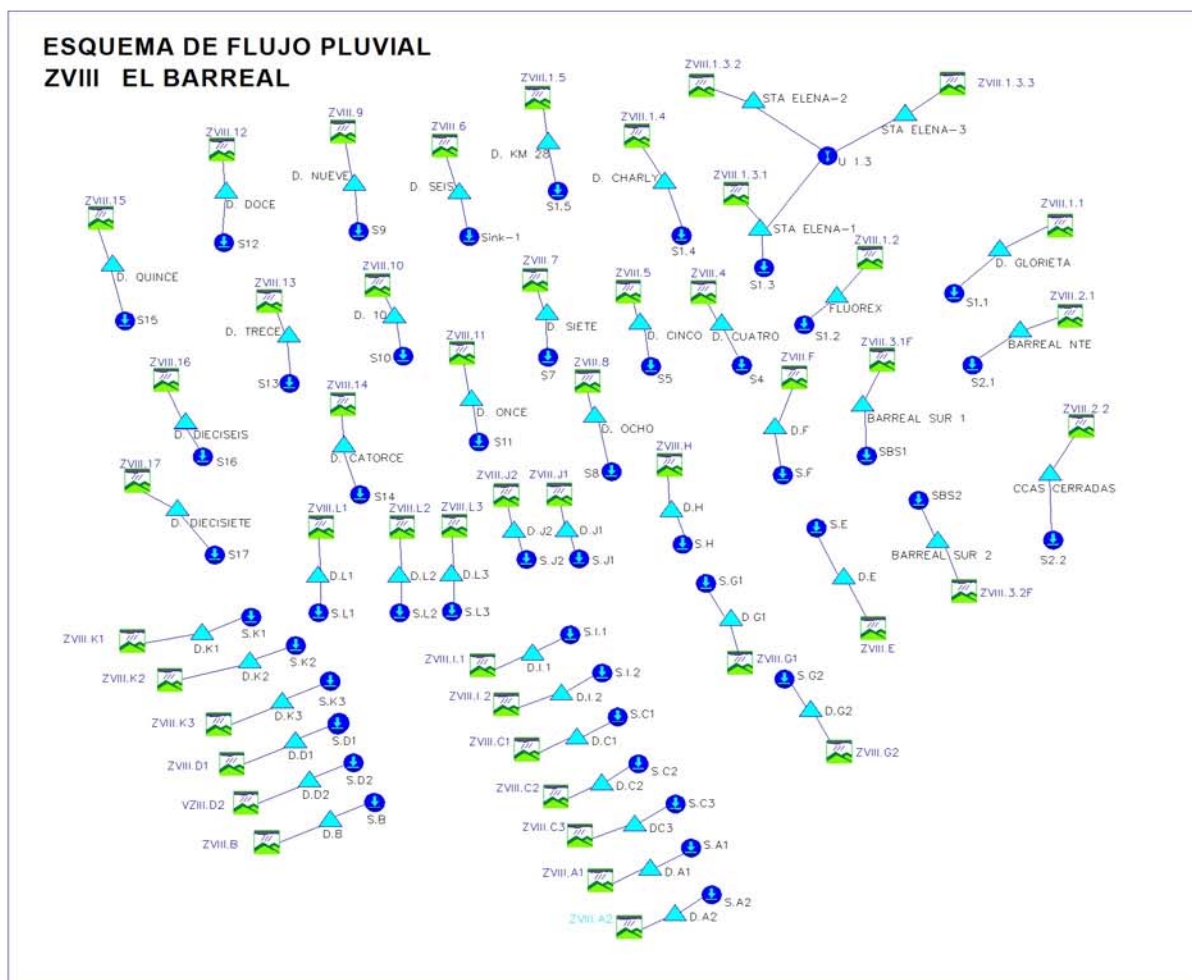
La alternativa de solución garantiza de manera permanente la seguridad de la población y de los bienes muebles e inmuebles, así como el aprovechamiento del agua pluvial y tratada, para bien de la misma población y el entorno ambiental de la zona.

### V.3.8.2. ESQUEMA DE FLUJO DE LOS ESCURRIMIENTOS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SUB-CUENCAS Y MICRO-CUENCAS EN CONDICIONES FUTURAS.

El patrón de escurrimientos planteado se muestra en el esquema de flujo (Gráfico. V.3.8.2.)

Se generó un ejercicio de las características físicas para esta Zona VIII, en una proyección de ocupación del

GRAFICO V.3.8.2 ESQUEMA DE FLUJO PLUVIAL



Estrategia

suelo para los próximos 50 años, con objeto de que los valores sean tomados en cuenta para la elaboración de proyectos pluviales requeridos para los futuros desarrollos urbanos en la zona y que se presentan a continuación en la tabla V. 3.8.2

### V.3.8.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Tomando en cuenta los conceptos mencionados en la sección anterior, se generó la siguiente propuesta de solución:

- Detener el agua en las partes altas de la Zona Poniente de la cuenca, mediante una serie de

TABLA V.3.8.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS PARA SUB-CUENCAS Y MICRO-CUENCAS ZONA VIII EN CONDICIONES FUTURAS (FUTURO 50 AÑOS) TOTALMENTE URBANIZADAS								
IDENTIF ZONA	AREA Km2	COBERTURA %		PENDIENTE	LONGITUD m	COEFIC. "N"	TIEMPO CONCENTR Tc	TIEMPO RETRASO Tr
		ZONA URBANA	CERRIL O LOMERIO					
ZVIII.1.1	3.710	100	0	0.0124	6,869	85.00	1.5180	0.9108
ZVIII.1.2	2.260	100	0	0.0068	6,219	85.00	1.7614	1.0568
ZVIII.1.3.1	8.244	70	30	0.0060	4,469	79.90	1.4313	0.8588
ZVIII.1.3.2	5.273	40	60	0.0105	4,056	74.80	1.0769	0.6461
ZVIII.1.3.3	2.493	40	60	0.0105	2,692	74.80	0.7854	0.4712
ZVIII.1.4	7.554	50	50	0.0096	8,364	76.50	1.9444	1.1667
ZVIII.1.5	5.850	20	80	0.0091	8,809	71.40	2.0646	1.2388
ZVIII.2.1	14.980	100	0	0.0050	5,495	85.00	1.7970	1.0782
ZVIII.2.2	6.470	100	0	0.0050	2,636	85.00	1.0207	0.6124
ZVIII.3.1	6.340	100	0	0.0060	4,031	85.00	1.3220	0.7932
ZVIII.3.2	3.170	100	0	0.0030	3,877	85.00	1.6638	0.9983
ZVIII.4	7.627	100	0	0.0070	3,194	85.00	1.0431	0.6258
ZVIII.5	3.799	70	30	0.0050	2,460	79.90	0.9678	0.5807
ZVIII.6	5.029	10	90	0.0060	3,155	69.70	1.0947	0.6568
ZVIII.7	2.545	100	0	0.0040	1,490	85.00	0.7153	0.4292
ZVIII.8	3.740	100	0	0.0030	2,271	85.00	1.1022	0.6613
ZVIII.9	6.534	10	90	0.0060	3,174	69.70	1.0998	0.6599
ZVIII.10	3.838	80	20	0.0040	1,751	81.60	0.8099	0.4860
ZVIII.11	4.624	100	0	0.0030	2,276	85.00	1.1040	0.6624
ZVIII.12	8.866	10	90	0.0070	3,776	69.70	1.1866	0.7119
ZVIII.13	7.097	30	70	0.0050	2,386	73.10	0.9453	0.5672
ZVIII.14	5.915	50	50	0.0040	2,292	76.50	0.9965	0.5979
ZVIII.15	3.000	10	90	0.0070	1,948	69.70	0.7128	0.4277
ZVIII.16	4.375	10	90	0.0050	1,916	69.70	0.7984	0.4790
ZVIII.17	4.659	10	90	0.0050	2,944	69.70	1.1114	0.6668
ZVIII.A1	2.735	100	0	0.0080	2,293	85.00	0.7687	0.4612
ZVIII.A2	0.566	100	0	0.0080	1,361	85.00	0.5144	0.3086
ZVIII.B	0.836	100	0	0.0050	1,017	85.00	0.4902	0.2941
ZVIII.C1	1.916	100	0	0.0080	976	85.00	0.3982	0.2389
ZVIII.C2	0.387	100	0	0.0080	509	85.00	0.2412	0.1447
ZVIII.C3	0.505	100	0	0.0080	607	85.00	0.2762	0.1657
ZVIII.D1	0.579	100	0	0.0080	619	85.00	0.2804	0.1683
ZVIII.D2	1.945	100	0	0.0080	1,287	85.00	0.4927	0.2956
ZVIII.E	0.331	100	0	0.0026	808	85.00	0.5248	0.3149
ZVIII.F	2.262	100	0	0.0026	1,770	85.00	0.9599	0.5759
ZVIII.G.1	0.898	100	0	0.0026	532	85.00	0.3804	0.2282
ZVIII.G.2	0.593	100	0	0.0026	396	85.00	0.3030	0.1818
ZVIII.H	1.950	100	0	0.0026	1,143	85.00	0.6854	0.4113
ZVIII.I.1	1.050	100	0	0.0026	532	85.00	0.3804	0.2282
ZVIII.I.2	1.173	100	0	0.0026	552	85.00	0.3913	0.2348
ZVIII.J1	2.077	100	0	0.0030	1,132	85.00	0.6448	0.3869
ZVIII.J2	0.272	100	0	0.0030	960	85.00	0.5680	0.3408
ZVIII.K1	0.321	100	0	0.0050	629	85.00	0.3386	0.2032
ZVIII.K2	0.915	100	0	0.0050	1,186	85.00	0.5518	0.3311
ZVIII.K3	1.064	100	0	0.0050	1,348	85.00	0.6090	0.3654
ZVIII.L1	1.171	100	0	0.0050	1,152	85.00	0.5396	0.3238
ZVIII.L2	0.770	100	0	0.0050	1,038	85.00	0.4980	0.2988
ZVIII.L3	0.587	100	0	0.0050	868	85.00	0.4339	0.2604
<b>TOTAL</b>	<b>162.8946</b>	<b>79</b>	<b>21</b>	<b>0.0056</b>	<b>2401.35</b>	<b>81.49</b>	<b>0.8613</b>	<b>0.5168</b>



diques ubicados inmediatamente aguas arriba de la vía del Ferrocarril Nacionales de México, desde el Km 20 al Km 28 de la Carretera a la ciudad de Chihuahua.

- Las obras de retención de agua mencionadas en el punto anterior, consisten en vasos de captación con una capacidad suficiente para almacenar el volumen escurrido en una tormenta con un periodo de retorno de 25 años, ubicados sobre los cauces de los arroyos en las inmediaciones de la vía del ferrocarril Nacionales de México. Deberán contar además con estructuras de filtración e infiltración de agua y deberán estar protegidos por una franja de 10 m alrededor de las mismas, con cerco perimetral.
- El área de la parte Centro – Oriente de la cuenca, desde la vía del ferrocarril hacia el Este, se ha considerado el control pluvial mediante la construcción de micro-cuencas cerradas en las cuales se concentra el agua escurrida, se sedimenta, se filtra y finalmente se inyecta al acuífero.
- La parte centro-oriental se encuentra dividida en dos secciones principales de acuerdo con la planeación del desarrollo urbano. La sección que se ubica al Norte, corresponde al polígono descrito por el Plan Parcial de Crecimiento para la Zona Sur y Lote Bravo, el cual ha sido autorizado para el desarrollo urbano y actualmente se encuentra en proceso de una ocupación gradual. (Figura V.3.8.2)

La otra sección se encuentra al Sur-Oriente, y se le conoce con el nombre de El Barreal, con una superficie de 2,227.22 hectáreas, al norte linda con el polígono de la Zona Sur, al noreste con los polígonos Lote Bravo y Oriente San Isidro, al este con las parcelas del Ejido Zaragoza, al Sur y Suroeste con terrenos de la laguna intermitente conocida como El Barreal, actualmente se encuentra definida como Zona de Reserva, y siendo esta una zona "R", se trata, por lo tanto, de un área donde no se autorizarán, permisos aislados de construcción.

Su desarrollo estará sujeto a las posibilidades de dotación de infraestructura y equipamiento y al establecimiento de un proyecto urbano. El Plan Parcial de Crecimiento para la Zona de El Barreal, se encuentra en proceso de elaboración y autorización, probablemente para entrar en vigencia en el presente año del (2004).

### V.3.8.3.1. CRITERIOS

El Plan Sectorial de Drenaje Pluvial, define y establece los siguientes criterios para el desarrollo en esta parte de la cuenca, mismos que son retomados por el Plan Parcial de Crecimiento de El Barreal:

1. Tiene como límite general, el parteaguas de la cuenca en sus lados Norte, Este y Sur (ver Plano Zona Z-VII), y una franja aguas arriba de la vía del ferrocarril por el lado Oeste. (Para el caso del Plan Parcial de Crecimiento de El Barreal, el límite solo llega a las vías del ferrocarril del lado Oeste)
2. Toma en cuenta los límites de los propietarios de los predios, definiendo las micro-cuencas por vialidades compartidas entre dos propietarios.
3. Toma en cuenta los planes parciales de crecimiento, siendo un parteaguas artificial el límite entre el Plan Parcial Crecimiento de la Zona Sur y Lote Bravo, y el Plan Parcial de Crecimiento de El Barreal, actualmente en proceso de elaboración.
4. Las micro-cuencas tienen una superficie entre 50 y 300 has, de manera que los propietarios podrán desarrollar sus predios sin depender de obras que se deban construir en propiedades vecinas.
5. Contempla la conveniencia de concentrar el agua, dentro de cada micro-cuenca en un número máximo de tres sitios de concentración y control de agua pluvial, lo cual ofrece facilidades para el manejo, operación y mantenimiento, obteniendo además áreas de tamaños suficientes para su uso en áreas verdes y recreativas.
6. Toma en cuenta la topografía de cada micro-cuenca, ubicando las estructuras de captación, tratamiento e infiltración, en las partes más bajas, siendo a la vez los límites de las propiedades.
7. Las estructuras de captación y manejo de agua pluvial, consisten en un vaso de almacenamiento para recibir un volumen escurrido en una tormenta con un



periodo de retorno (TR) de 25 años, con un bordo libre para un evento de (TR) de 100 años, una estructura (Vaso) de filtración y pozos de absorción profundos para desalojar el volumen correspondiente a una tormenta con un TR de 5 años en 72 horas.

8. Los desarrollos del sector, a través de Planes Maestros, destinarán las superficies de equipamiento y áreas verdes en función del total de las superficies a desarrollar, para el manejo de drenaje pluvial, en zonas que ya han sido urbanizadas serán necesarios proyectos específicos.
9. Del total del predio, se deberá disponer de un mínimo del 4% para superficie de captación. En esta superficie, deberán realizarse los proyectos ejecutivos que habrán de incluir:
  - Estudio hidrológico donde se obtengan los volúmenes y gastos pico para periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.
  - Planeación de los escurrimientos pluviales por vialidades, definiendo las rasantes de las mismas para concentrar el agua hacia la entrada de la estructura de captación y almacenamiento, o bien mediante obras de conducción pluvial.
  - El Proyecto del vaso de captación y almacenamiento deberá respetar un solo lado de ingreso del agua, una sección para retención de sólidos flotantes y retención de azolves gruesos en el punto de ingreso, una sección de almacenamiento que a la vez tenga la función de sedimentación y una segunda con una forma tal que propicie una sedimentación adicional. Las secciones divididas por muros permeables (gaviones) que permitan el paso de un gasto controlado, el cual deberá ser calculado para mantener un flujo tal que no obstaculice el ingreso de los gastos máximos de entrada.
  - Proyecto de la estructura vaso de filtración, aguas abajo del vaso de

almacenamiento, el cual recibirá el agua sedimentada. El filtro debe retener partículas finas de arcillas y puede consistir en grava y arena graduada para retener finos en suspensión y permitir el paso del agua con un gasto suficiente para el desalojo total del agua escurrida en una tormenta con un periodo de retorno de 5 años en un plazo de 72 horas.

- Los proyectos de pozos de absorción, que incluyen los estudios de mecánica de suelos a una profundidad suficiente para conocer la estratificación del subsuelo, buscando los estratos arenosos para provocar en ellos la infiltración de agua.
- Proyectos de estructuras de acceso, protección operación, mantenimiento y administración.
- Se construirán áreas verdes alrededor de las estructuras de captación y manejo de agua pluvial, con un mínimo de 12 m de ancho.
- La zona de protección y los vasos de captación podrán ser convertidas en áreas recreativo-deportivas, sin construir en ellas estructuras de cimentación de más de 30 cm de altura.

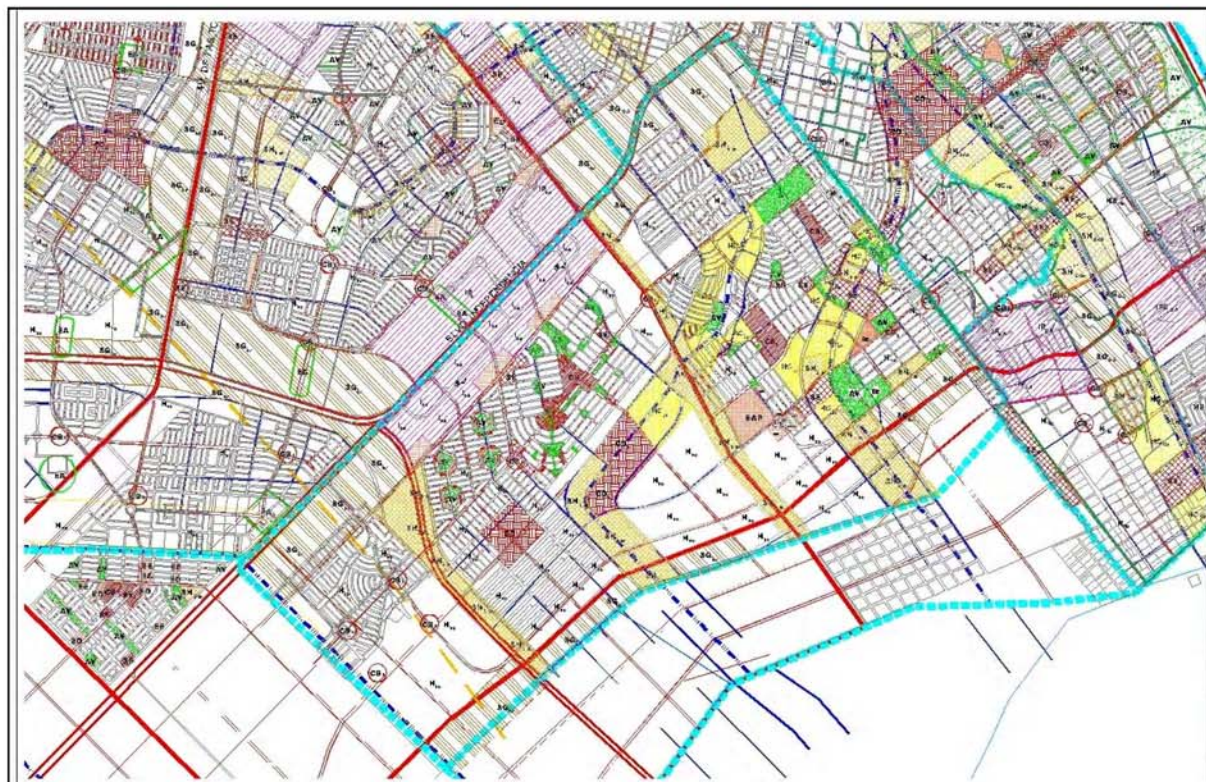
#### V.3.8.3.1.1 ÁREA DEL PLAN PARCIAL DE LA ZONA SUR

Para el área correspondiente al Plan Parcial de la Zona Sur (Figura V.3.8.1.1), se contemplan las siguientes acciones:

1. Debido a que parte de los escurrimientos del arroyo El Jarudo, pertenecientes a la Zona III (Plan Sectorial de Drenaje Pluvial), se derivan hacia la parte baja de El Barreal, es necesario realizar las obras para evitar que estos escurrimientos ingresen a la parte baja. Como primera Etapa, se deberán construir presas de control de avenidas (PEMEX I y II) en las partes altas de este arroyo, tomando en cuenta los volúmenes



**Figura V.3.8.1.1. Área de Crecimiento Zona Sur**



escurridos para una TR=25 años y bordo libre TR=100 años, así como los lineamientos técnico constructivos que dicte la Comisión Nacional del Agua, debiéndose llevar a cabo también, la canalización del cauce a partir del Eje Juan Gabriel y Carretera a Casas Grandes hasta el Dique Oasis Revolución, el cual deberá ser ampliado en su capacidad, para recibir los gastos provenientes de la parte alta de la cuenca y finalmente terminar las obras de revestimiento y canalización del tramo que parte del Dique Oasis Revolución hasta llegar al Dique Soriana. Las obras deben ligarse a las previstas para la contención de las aguas del Arroyo Ejército Mexicano y de la canalización total de los escurrimientos que concurren aguas abajo del Dique la Presa (Boulevard Zaragoza y Eje Juan Gabriel), para que todos los caudales captados puedan ser desalojados hacia el Dren 2 "A".

2. Los escurrimientos que se generan dentro de la superficie considerada en este Plan Parcial, y que no tiene salida hacia la cuenca del río Bravo, deberán

ser concentrados en sitios donde se construyan las estructuras de captación, almacenamiento, filtración e infiltración de agua hacia el subsuelo.

3. Para lo anterior, es necesario elaborar los estudios hidrológicos y de mecánica de suelos, así como los proyectos ejecutivos, ubicando los sitios de concentración y manejo de agua en áreas verdes existentes o de proyecto.
4. Al norte del Libramiento Aeropuerto se cuenta con una superficie de aproximadamente 9.0 has., que ha sido designada para este propósito, el cual ofrece una buena ubicación y características para ser utilizado en el manejo del drenaje pluvial, lo cual auxiliará para que no ingresen volúmenes importantes de agua pluvial hacia el sector Sur y El Barreal.
5. Las nuevas áreas a desarrollar deberán contar con un proyecto de drenaje pluvial donde se incluya la definición a detalle de las microcuencas, los



proyectos de rasantes, donde habrán de ser calculados los flujos y gastos esperados por las calles, los proyectos de las áreas verdes y donde se incluyan las estructuras de captación, almacenamiento, filtración y pozos de absorción.

6. Los proyectos ejecutivos en los sitios de control pluvial, deberán tener las mismas características que describa este Plan Sectorial de Agua Pluvial para la estrategia de la zona Oriente de El Barreal.
- Es indispensable que cada micro-cuenca cuente con un Plan Maestro, el cual obligadamente debe tomar en cuenta todos los lineamientos exigidos por la Comisión Nacional del Agua y la Dirección General de Obras Públicas y Desarrollo Urbano, así como las indicaciones del Instituto Municipal de Investigación y Planeación en materia de diseño y construcción, y en estricto apego a las disposiciones del Plan Parcial de Crecimiento de El Barreal. Es indispensable que se muestre claramente la ubicación, forma y tamaño de las áreas de control de agua pluvial, así como las características físicas y de diseño de las estructuras que se deberán construir, a nivel de anteproyecto,
  - Al iniciar los trabajos de urbanización de la micro-cuenca, se deberán construir las áreas verdes y estructuras de control pluvial dentro de las mismas, quedando con la capacidad suficiente para recibir los escurrimientos de toda su área de influencia. Debiéndose proporcionar los cálculos de diseño y rasantes.
  - Dado que se ya se cuenta con estudios hidrológicos y el análisis de alternativas para el manejo global de los escurrimientos en la Zona VIII, se describen mas adelante, como parte de la planeación general de las micro-cuencas y los tipos de estructuras recomendadas para el manejo del agua pluvial.

El Planteamiento para el manejo del agua pluvial, tiene como base la creación artificial de una serie de Micro-cuencas. Conociendo que la parte más baja es plana, con pendiente prácticamente cero en una buena porción, se diseñó la construcción de parteaguas con el producto de excavación de los mismos vasos de almacenamiento, siendo posible realizarse por etapas, haciendo que las vialidades que limitan las propiedades tengan una sobre-elevación, lo que no permitirá el ingreso de agua proveniente de

otras micro-cuencas y tampoco la salida de agua de las mismas, haciendo llegar el agua mediante la planeación de las pendientes de las calles, hacia los sitios donde se contempla la construcción de las estructuras de control pluvial.

#### V.3.8.4. ESCURRIMIENTOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO ZONA VIII, EN CONDICIONES FUTURAS.

En la parte poniente de la cuenca, los escurrimientos son lentos por la existencia de dunas de arena, observando en esta zona una serie de arroyos con cauces pequeños, una buena cantidad de agua es retenida por estas dunas al inicio de las precipitaciones, sin embargo, se encuentra un estrato de arcilla debajo de las arenas de manera que, una vez saturadas, el flujo del agua se presenta rápidamente hasta llegar a la zona de inundación. Estos flujos son los que serán captados por tres vasos de captación en Santa Elena, y los vasos denominados Fluorex, Glorieta, Charly y Km 28, ubicados aguas arriba de la vía del ferrocarril, según se describe al principio de este capítulo. Este esquema de flujo se podrá observar también en la parte Sur-Oeste de la cuenca donde se proponen los almacenamientos de control No. 6, 9, 12, 13, 14, 15, 16 y 17.

En el resto de la cuenca no se observan arroyos bien definidos, el agua fluye de manera laminar hasta acumularse en la parte más baja, ubicada a unos dos kilómetros al Oriente de la Glorieta Benito Juárez del Km 20 Carretera a Chihuahua, formándose una laguna de varios kilómetros cuadrados para lluvias de alta intensidad (Foto V.3.8.4).

Los gastos que resultan del modelo de simulación HEC-HMS, representan los volúmenes que llegarán a cada uno de los vasos de retención, en donde se adoptó como base de proyecto, almacenar el volumen escurrido

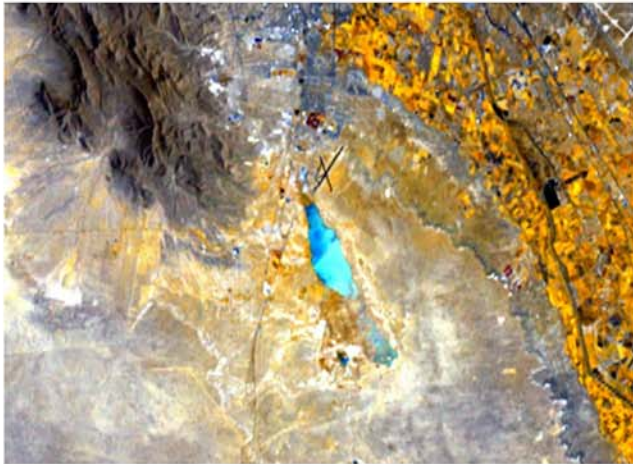
#### Sector Sur-Oeste





durante una tormenta con un periodo de retorno de 25 años y bordo libre para un periodo de retorno de 100 años, por lo que a partir de dichos volúmenes se deben diseñar las estructuras de control. La definición de las Micro-cuencas y las Áreas de Desarrollo, se se presentan a continuación y son la resultante de las condiciones topográfica propias del relieve y la conformación de la

### Laguna El Barreal



estructura del suelo, así como de la estrategia que ya se ha sido descrita, con objeto de facilitar el proceso armónico y gradual de la urbanización, sobre todo en el sector Oriente y Sur-Oriente. Figura V.3.8.4.(1). A continuación se presentan los resultados arrojados por la modelación realizada y que definen los volúmenes esperados para periodos de retorno TR= 5, 25 y 100 años, según se pueden observar en la Tabla V.3.8.4., los cuales se contemplan en las estructuras de control propuestas en el estudio.

En total se registraron 39 micro-cuencas, los diques o parques pluviales representan la suma de los volúmenes que se generan en cada una de las áreas, sin embargo, durante la construcción de las estructuras de control, podrían ubicarse varias estructuras (no más de tres), dependiendo de la topografía del área.

### V.3.8.5 VASOS DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Fig. V.3.8.4.(1) Conformación de Microcuencas y Áreas de Desarrollo

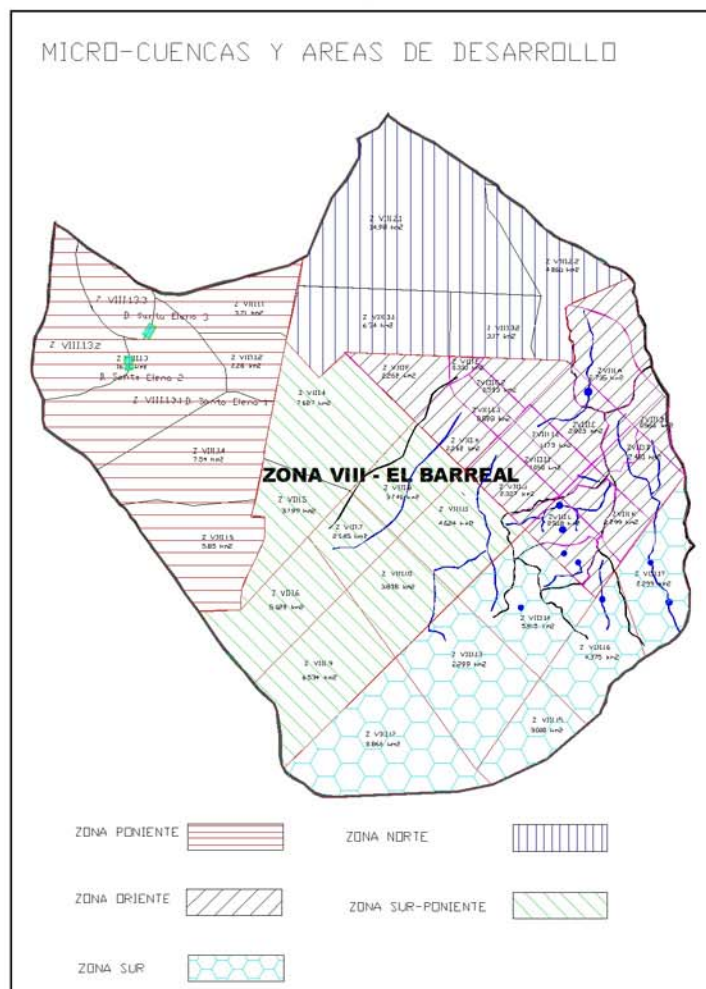


TABLA V.3.8.4. ZONA VIII - VOLUMENES ESPERADOS PARA PERIODOS DE RETORNO TR= 5, 25 Y 100 AÑOS							
IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA	DESCARGA PICO	VOLUMEN ESCURRIDO	DESCARGA PICO	VOLUMEN ESCURRIDO	DESCARGA PICO	VOLUMEN ESCURRIDO
	KM2	m3/seg	X 1000 m3	m3/seg	X 1000 m3	m3/seg	X 1000 m3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZVIII.1.1	3.71	6.93	77.11	13.30	147.24	19.28	215.88
D. GLORIETA		0.00	0.00	0.00	0.00	3.29	66.91
ZVIII.1.2	2.26	4.02	46.97	7.69	89.69	11.10	131.50
D. FLUOREX		0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	41.14
ZVIII.1.3.1	8.244	13.07	139.95	26.15	278.50	38.93	418.58
D. SANTA ELENA 1		0.00	0.00	0.00	0.00	9.09	254.24
ZVIII.1.3.2	5.273	7.81	73.89	16.04	152.15	24.31	233.65
D. SANTA ELENA 2		0.00	0.00	0.00	0.00	5.69	79.72
ZVIII.1.3.3	2.493	4.40	34.93	9.02	71.93	13.73	110.47
D. SANTA ELENA 3		0.00	0.00	0.00	0.00	1.64	35.98
ZVIII.1.4	7.554	8.83	112.74	18.16	229.67	27.48	350.29
D. CHARLY		0.00	0.00	0.00	0.00	6.68	120.89
ZVIII.1.5	5.85	5.44	72.41	11.50	152.11	17.68	236.61
D. KM 28		0.00	0.00	0.00	0.00	5.72	82.68
ZVIII.2.1	14.98	26.26	311.38	50.23	594.52	72.55	871.65
BARREAL NORTE		0.00	0.00	0.00	0.00	16.34	275.80
ZVIII.2.2	6.47	8.52	101.02	16.23	192.88	23.54	282.79
CUENCAS CERRADAS		0.00	0.00	0.00	0.00	5.96	90.13
ZVIII.3.1	6.34	13.12	131.78	25.02	251.62	36.14	368.91
BARREAL SUR 1		0.00	0.00	0.00	0.00	6.64	117.66
ZVIII.3.2	3.17	5.76	65.89	10.98	125.81	15.84	184.46
BARREAL SUR 2		0.00	0.00	0.00	0.00	4.96	58.33
ZVIII.4	7.627	17.06	158.54	32.51	302.70	47.17	443.80
PARQUE CUATRO		0.00	0.00	0.00	0.00	4.63	140.90
ZVIII.5	3.799	7.23	64.49	14.43	128.34	21.51	192.89
PARQUE CINCO		0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	63.72
ZVIII.6	5.029	5.00	58.55	10.64	124.13	16.48	194.26
PARQUE SEIS		0.00	0.00	0.00	0.00	1.42	68.54
ZVIII.7	2.545	7.07	52.90	13.34	101.01	19.22	148.09
PARQUE SIETE		0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	43.75
ZVIII.8	3.74	8.31	77.74	15.74	148.43	22.64	217.62
PARQUE OCHO		0.00	0.00	0.00	0.00	1.79	68.61
ZVIII.9	6.534	7.95	76.08	16.85	161.28	26.06	252.40
PARQUE NUEVE		0.00	0.00	0.00	0.00	2.05	90.23
ZVIII.10	3.838	8.75	69.60	17.11	136.74	25.21	203.91
PARQUE DIEZ		0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	65.83
ZVIII.11	4.624	10.27	96.11	19.45	183.52	27.99	269.06
PARQUE ONCE		0.00	0.00	0.00	0.00	6.64	83.88
ZVIII.12	8.866	10.52	103.23	22.33	218.84	34.58	342.48
PARQUE DOCE		0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	124.00
ZVIII.13	7.097	10.48	93.44	21.86	194.38	33.60	300.47
PARQUE TRECE		0.00	0.00	0.00	0.00	2.28	105.30
ZVIII.14	5.915	9.58	88.28	19.60	179.84	29.73	274.29
PARQUE CATORCE		0.00	0.00	0.00	0.00	6.80	94.54
ZVIII.15	3	4.55	34.93	9.59	74.05	14.87	115.89
PARQUE QUINCE		0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	40.41
ZVIII.16	4.375	9.54	50.94	19.91	107.99	30.94	169.00
PARQUE DIECISEIS		0.00	0.00	0.00	0.00	2.33	59.76
ZVIII.17	4.659	5.66	54.25	11.99	115.00	18.55	179.97
PARQUE DIECISIETE		0.00	0.00	0.00	0.00	2.65	63.78



**TABLA V.3.8.4. ZONA VIII - VOLUMENES ESPERADOS PARA PERIODOS DE RETORNO TR= 5, 25 Y 100 AÑOS**

IDENTIFICACION DE LA CUENCA O SITIO	AREA DRENADA	DESCARGA PICO	VOLUMEN ESCURRIDO	DESCARGA PICO	VOLUMEN ESCURRIDO	DESCARGA PICO	VOLUMEN ESCURRIDO
	KM2	m3/seg	X 1000 m3	m3/seg	X 1000 m3	m3/seg	X 1000 m3
		TR = 5		TR = 25		TR = 100	
ZVIII.A1	2.735	5.82	56.08	11.07	107.07	15.93	156.98
ZVIII.A2	0.566	1.20	11.61	2.29	22.15	3.29	32.48
ZVIII.B	0.836	1.77	17.14	3.38	32.72	4.87	47.98
ZVIII.C1	1.916	4.08	39.28	7.75	75.00	11.16	109.97
ZVIII.C2	0.387	0.82	7.93	1.56	15.15	2.25	22.21
ZVIII.C3	0.505	1.07	10.35	2.04	19.77	2.94	28.98
ZVIII.D1	0.579	1.23	11.87	2.34	22.67	3.37	33.23
ZVIII.D2	1.945	4.13	39.87	7.87	76.14	11.33	111.64
ZVIII.E	0.331	0.93	6.88	1.33	12.95	1.92	18.99
ZVIII.F	2.262	4.51	46.37	8.61	88.55	12.41	129.83
ZVIII.G.1	0.898	1.91	18.67	3.63	35.15	5.23	51.54
ZVIII.G.2	0.593	1.26	12.16	2.40	23.51	3.45	34.03
ZVIII.H	1.95	4.42	42.58	7.89	76.33	11.36	111.92
ZVIII.I.1	1.05	2.23	21.52	4.25	41.10	6.11	60.26
ZVIII.I.2	1.173	2.49	24.05	4.74	45.92	6.83	67.32
ZVIII.J1	2.077	6.58	48.37	8.40	81.31	12.10	119.21
ZVIII.J2	0.272	0.58	5.57	1.10	10.65	1.58	15.61
ZVIII.K1	0.321	0.68	6.58	1.29	12.56	1.87	18.42
ZVIII.K2	0.915	1.94	18.76	3.70	35.82	5.33	52.51
ZVIII.K3	1.064	2.26	21.81	4.30	41.65	6.20	61.06
ZVIII.L1	1.171	2.49	24.00	4.74	45.84	6.82	67.21
ZVIII.L2	0.77	1.63	15.78	3.11	10.44	4.48	44.19
ZVIII.L3	0.587	1.25	12.04	2.37	22.98	3.42	33.69
<b>TOTAL</b>	<b>162.895</b>		<b>2766.40</b>		<b>5417.80</b>		<b>10812.00</b>

Como se mencionó anteriormente, las estructuras propuestas han sido diseñadas con una capacidad suficiente como para contener el volumen de agua escurrida en una tormenta con un periodo de retorno de 25 años, en caso de registrarse una lluvia de mayor precipitación, la acumulación de agua invadirá por un corto tiempo el bordo libre de los vasos de almacenamiento y en casos extremos, parte de las calles, pero no provocará mayores daños debido a que se ha previsto un rápido desalojo las aguas pluviales mediante procesos de infiltración de agua en los pozos de absorción. Para esto, es importante que un grupo de técnicos y operadores, mantengan las estructuras de filtración y absorción en condiciones de recibir y manejar los caudales de diseño de manera permanente. Es importante señalar que la limpieza de los vasos, pozos de absorción y especialmente las estructuras de filtración deberán estar siempre en óptimas condiciones.

El dimensionamiento de las estructuras de control y manejo de agua pluvial se realizó bajo las siguientes consideraciones:

1. La capacidad de almacenamiento debe incluir al menos el volumen escurrido en una tormenta con un periodo de retorno de 25 años, más el volumen de la estructura de filtración y absorción.
2. La profundidad máxima es de 3 m con acceso directo al fondo al vaso mediante taludes.
3. En el vaso de almacenamiento no se produce infiltración hacia el subsuelo.
4. Los vasos de almacenamiento pueden ser utilizados para fines recreativos o deportivos en época de estiaje.

Estrategia

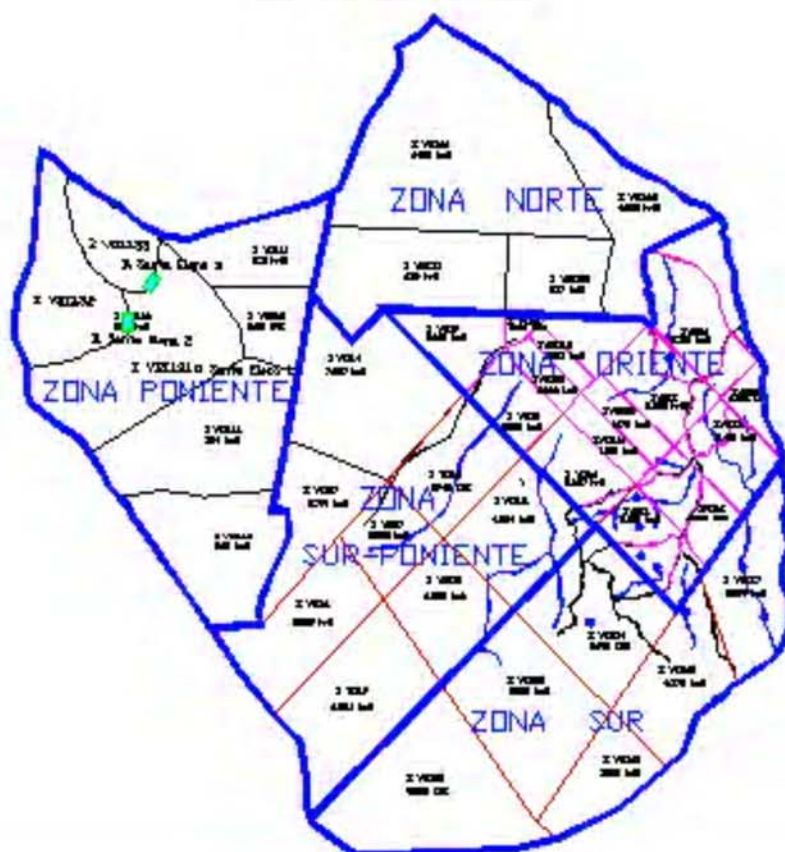
5. Se contará con una franja de terreno de áreas verdes alrededor del vaso con un ancho mínimo de 12 m.
6. En todos los casos se cuenta con estratos del subsuelo con permeabilidad adecuada para

de Desarrollo Urbano. Estas se describen a continuación:

8. La geometría de los vasos de almacenamiento se ajustará a los planes de desarrollo urbano, debiendo respetar en todos los casos la superficie requerida.

Fig. V.3.8.5. Delimitación de zonas

**ZONA VIII - EL BARREAL**



provocar la infiltración de agua subterránea a través de pozos de absorción.

7. Se contará con un programa permanente de vigilancia, operación y mantenimiento de las estructuras.

Estos conceptos no incluyen otras obras complementarias de los procesos de urbanización, como son alcantarillas, puentes sobre vialidades, atarjeas pluviales etc. que corresponde a los proyectos de urbanización, aunque ligados con los proyectos ejecutivos de drenaje pluvial.

En tanto que la distribución de las micro-cuencas se muestra en la Figura V.3.8.5 en el cual se aprecian cinco diferentes zonas delimitadas por líneas físicas o imaginarias pero que tienen que ver con la planeación del crecimiento de la ciudad, según el Plan

9. En la parte baja de la cuenca, se realizarán obras para permitir el ingreso de agua a cada vaso, exclusivamente de las áreas programadas como beneficiadas, mediante la construcción de parteaguas artificiales constituidas por vialidades primarias.

Con el fin de generar una clara visión acerca del tipo de obras que es menester se lleven a cabo para la implementación de la alternativa propuesta, se han realizado los cálculos básicos a nivel anteproyecto, con el solo fin de ampliar la información referente al dimensionamiento de cada una de las estructuras de control requeridas, tomando en cuenta los volúmenes escurridos para una TR=25 años.

Enseguida se plasman las características de proyecto para los diques y vasos de retención de las



**TABLA V.3.8.5 CAPACIDAD DE VASOS DE CAPTACIÓN**

NOMBRE	VOL ESCURRIDO TR=25 AÑOS	CAP NETA DE ALMACENAM	CAP. TOTAL DEL VASO	PROFUND TOTAL	AREA VASO DE CAPTACIÓN
	(MILES DE m3)	(MILES DE m3)	(MILES DE m3)	m	HAS
<b>ZONA PONIENTE</b>					
D. GLORIETA	147.24	150.00	187.50	2.50	7.50
D. FLUOREX	89.69	91.00	113.75	2.50	4.55
D. SANTA ELENA 1	278.50	282.00	352.50	2.50	14.10
D. SANTA ELENA 2	152.15	155.00	193.75	2.50	7.75
D. SANTA ELENA 3	71.93	75.00	93.75	2.50	3.75
D. CHARLY	229.67	231.00	288.75	2.50	11.55
D. KM 28	152.11	155.00	193.75	2.50	7.75
<b>ZONA NORTE</b>					
BARREAL NORTE	594.52	600.00	750.00	2.50	30.00
CUENCAS CERRADAS	192.88	194.00	242.50	2.50	9.70
BARREAL SUR 1	251.62	253.00	316.25	2.50	12.65
BARREAL SUR 2	125.81	127.00	158.75	2.50	6.35
<b>ZONA SUR PONIENTE</b>					
PARQUE CUATRO	302.70	305.00	381.25	2.50	15.25
PARQUE CINCO	128.34	130.00	162.50	2.50	6.50
PARQUE SEIS	124.13	126.00	157.50	2.50	6.30
PARQUE SIETE	101.01	105.00	131.25	2.50	5.25
PARQUE OCHO	148.43	150.00	187.50	2.50	7.50
PARQUE NUEVE	161.28	163.00	203.75	2.50	8.15
PARQUE DIEZ	136.74	138.00	172.50	2.50	6.90
PARQUE ONCE	183.52	185.00	231.25	2.50	9.25
<b>ZONA SUR</b>					
PARQUE DOCE	218.84	220.00	275.00	2.50	11.00
PARQUE TRECE	194.38	196.00	245.00	2.50	9.80
PARQUE CATORCE	179.84	181.00	226.25	2.50	9.05
PARQUE QUINCE	74.05	76.00	95.00	2.50	3.80
PARQUE DIECISEIS	107.99	110.00	137.50	2.50	5.50
PARQUE DIECISIETE	115.00	117.00	146.25	2.50	5.85
<b>ZONA ORIENTE</b>					
PARQUE A1	107.07	108.00	135.00	2.50	5.40
PARQUE A2	22.15	23.00	28.75	2.50	1.15
PARQUE B	32.72	33.00	41.25	2.50	1.65
PARQUE C1	75.00	76.00	95.00	2.50	3.80
PARQUE C2	15.15	16.00	20.00	2.50	0.80
PARQUE C3	19.77	20.00	25.00	2.50	1.00
PARQUE D1	22.67	23.00	28.75	2.50	1.15
PARQUE D2	76.14	77.00	96.25	2.50	3.85
PARQUE E	12.95	14.00	17.50	2.50	0.70
PARQUE F	88.55	90.00	112.50	2.50	4.50
PARQUE G1	35.15	36.00	45.00	2.50	1.80
PARQUE G2	23.51	24.00	30.00	2.50	1.20
PARQUE H	76.33	77.00	96.25	2.50	3.85
PARQUE I-1	41.10	42.00	52.50	2.50	2.10
PARQUE I-2	45.92	46.00	57.50	2.50	2.30
PARQUE J1	81.31	82.00	102.50	2.50	4.10
PARQUE J2	10.65	11.00	13.75	2.50	0.55
PARQUE K1	12.56	13.00	16.25	2.50	0.65
PARQUE K2	35.82	36.00	45.00	2.50	1.80
PARQUE K3	41.65	42.00	52.50	2.50	2.10
PARQUE L1	45.84	46.00	57.50	2.50	2.30
PARQUE L2	10.44	11.00	13.75	2.50	0.55
PARQUE L3	22.98	24.00	30.00	2.50	1.20
<b>TOTAL</b>	<b>5,384.38</b>	<b>5,485.00</b>	<b>6,812.50</b>	<b>2.50</b>	<b>274.25</b>

aguas pluviales en la Tabla V.8.3.5, de acuerdo con las proyecciones de impermeabilidad superficial causadas por los futuros desarrollos. Los conceptos considerados son:

- a) Tipo de Obras (Presa o Vaso)
- b) Longitudes (ml)

- c) Áreas (has)
- d) Profundidades (m)
- e) Capacidad de Almacenamiento (m3)
- f) Vasos de Filtración (m3)
- g) Número de Pozos de Absorción
- h) Volumen Escurrido TR=25

**Zona Alta:**

Estrategia

Se refiere a la parte Poniente de la cuenca, desde la carretera Cd. Juárez – Chihuahua, sus escurrimientos se generan en las micro-cuencas ZVIII.1.1 a ZVIII.1.5 en las cuales se concentran en los diques denominados Glorieta, Fluorex, Santa Elena 1, 2 y 3, Charly y Km 28.

#### Zona Norte (Plan Parcial de la Zona Sur):

Integra las micro-cuencas ZVIII 2.1 y 2.2 y las ZVIII 3.1. y 3.2 que forman parte del área correspondiente

al Plan Parcial de la Zona Sur. Esta Área tiene un importante avance de urbanización, esperando que en el corto Plazo (menos de 5 años) prácticamente con pozos de absorción distribuidos en toda la zona en pequeñas áreas vedes de los fraccionamientos

#### Zona Oriente (Plan Parcial El Barreal):

Dentro de esta área se encuentra la parte mas baja de la cuenca y las micro-cuencas que colindan con

Ciudad Juárez 2004

TABLA V.3.8.6 PARÁMETROS GENERALES DE DIMENSIONAMIENTO			
Permeabilidad filtro	100 m/día	0.001157407 m/seg	
Permeabilidad estratos	45 m/día	0.000520833 m/seg	
Gasto de inf por pozo	5089.392 m3/día	Prof. de pozo	30 m
Tiempo de vaciado	72 horas	Diam de pozo	1.2 m
Area por pozo	20 m2		

TABLA V.3.8.6 CAPACIDAD DEL VASO DE FILTRACIÓN Y POZOS DE ABSORCIÓN							
NOMBRE	VOL ESCURRIDO TR=5 AÑOS	AREA NETA DE FILTRACIÓN	AREA TOTAL DE FILTRACIÓN	POZOS DE ABSORCIÓN	AREA PARA ALOJAR POZOS	AREA TOTAL	VOLUMEN A EXCAVAR
	(MILES m3)	m2	(MILES m2)	No.	m2	m2	m3
<b>ZONA PONIENTE</b>							
D. GLORIETA	77.11	257.03	582.50	5.00	256.00	838.50	2,327.30
D. FLUOREX	46.97	156.57	411.27	3.00	188.95	600.22	1,598.61
D. SANTA ELENA 1	139.95	466.50	914.02	9.00	377.00	1,291.02	3,741.77
D. SANTA ELENA 2	73.89	246.30	564.75	5.00	256.00	820.75	2,284.58
D. SANTA ELENA 3	34.93	116.43	338.30	2.00	151.89	490.19	1,257.78
D. CHARLY	112.74	375.80	773.31	7.00	317.99	1,091.30	3,097.62
D. KM 28	72.41	241.37	556.56	5.00	256.00	812.56	2,264.90
<b>TOTAL Z. PONIENTE</b>	<b>558.00</b>	<b>1,860.00</b>	<b>4,140.71</b>	<b>36.00</b>	<b>1,803.83</b>	<b>5,944.54</b>	<b>16,572.56</b>
<b>ZONA NORTE</b>							
BARREAL NORTE	311.38	1,037.93	1,752.64	20.00	676.00	2,428.64	7,413.86
CUENCAS CERRADAS	101.02	336.73	711.52	7.00	317.99	1,029.51	2,946.33
BARREAL SUR 1	131.78	439.27	872.13	9.00	377.00	1,249.13	3,638.09
BARREAL SUR 2	65.89	219.63	520.16	4.00	223.33	743.49	2,019.68
<b>TOTAL Z. NORTE</b>	<b>610.07</b>	<b>2,033.56</b>	<b>3,856.45</b>	<b>40.00</b>	<b>1,594.31</b>	<b>5,450.76</b>	<b>16,017.96</b>
<b>ZONA SUR PONIENTE</b>							
PARQUE CUATRO	158.54	528.47	1,008.40	10.00	405.71	1,414.11	4,122.42
PARQUE CINCO	64.49	214.97	512.29	4.00	223.33	735.62	2,000.88
PARQUE SEIS	58.55	195.17	478.58	4.00	223.33	701.91	1,920.62
PARQUE SIETE	52.90	176.33	446.01	3.00	188.95	634.96	1,680.36
PARQUE OCHO	77.74	259.13	585.96	5.00	256.00	841.96	2,335.64
PARQUE NUEVE	76.08	253.60	576.84	5.00	256.00	832.84	2,313.66
PARQUE DIEZ	69.60	232.00	540.93	5.00	256.00	796.93	2,227.40
PARQUE ONCE	96.11	320.37	685.39	6.00	287.45	972.84	2,731.00
<b>TOTAL Z. SUR PTE</b>	<b>654.01</b>	<b>2,180.04</b>	<b>4,834.40</b>	<b>42.00</b>	<b>2,096.77</b>	<b>6,931.17</b>	<b>19,331.98</b>
<b>ZONA SUR</b>							
PARQUE DOCE	103.23	344.10	723.24	7.00	317.99	1,041.23	2,974.97
PARQUE TRECE	93.44	311.47	671.10	6.00	287.45	958.55	2,696.22
PARQUE CATORCE	88.28	294.27	643.35	6.00	287.45	930.80	2,628.79
PARQUE QUINCE	34.93	116.43	338.30	2.00	151.89	490.19	1,257.78
PARQUE DIECISEIS	50.94	169.80	434.60	3.00	188.95	623.55	1,653.45
PARQUE DIECISIETE	54.25	180.83	453.84	4.00	223.33	677.17	1,862.00
<b>TOTAL ZONA SUR</b>	<b>425.07</b>	<b>1,416.90</b>	<b>3,264.43</b>	<b>28.00</b>	<b>1,457.07</b>	<b>4,721.50</b>	<b>13,073.21</b>



el parteaguas oriental. Se identifican con ZVIII y letras de la A a la L.

#### Zona Sur-Poniente:

Corresponde a las micro-cuencas ubicadas al Poniente de la Zona Oriente y al Sur de la Zona Alta, esta integrada por las Micorcuenas ZVIII 4 a la ZVIII 11

#### Zona Sur:

Esta formada básicamente por medianos ubicados en el límite sur de la cuenca, y la componen las micro-cuencas ZVIII 12 al ZVIII 17.

La función de los vasos de captación y almacenamiento es recibir los escurrimientos pluviales, retener los sólidos flotantes mediante una sección en la entrada, sedimentar el agua en una segunda sección para posteriormente permitir el paso hacia el vaso de filtración y finalmente a los pozos de absorción.

#### V.3.8.6 VASOS DE FILTRACIÓN Y POZOS DE ABSORCIÓN.

El agua ingresa por un solo lado a los vasos de captación y almacenamiento, del lado contrario del vaso, deberá existir una cortina que limita el almacenamiento de agua y donde se contempla la construcción de un desfogue de gasto controlado que haga llegar el agua a la estructura de filtración.

El vaso de filtración consiste en una estructura cuya función es recibir agua proveniente del vaso de almacenamiento, filtrar el agua para retener los sólidos en suspensión para luego permitir la infiltración en los pozos de absorción.

Los parámetros generales de dimensionamiento, tanto del vaso de filtración como de los pozos de absorción, se presentan en el Cuadro V.3.8.6.

Los datos que se muestran en el cuadro anterior, tienen el propósito de obtener un tamaño aproximado de las estructuras de los vasos de filtración que conforman la infraestructura de los pozos de inyección,

TABLA V.3.8.6 CAPACIDAD DEL VASO DE FILTRACIÓN Y POZOS DE ABSORCIÓN

NOMBRE	VOL ESCURRIDO TR=5 AÑOS	AREA NETA DE FILTRACIÓN	AREA TOTAL DE FILTRACIÓN	No. DE POZOS DE ABSORCIÓN	AREA PARA ALOJAR POZOS	AREA TOTAL	VOLUMEN A EXCAVAR
	(MILES m3)	m2	(MILES m2)	No.	m2	m2	m3
<b>ZONA ORIENTE</b>							
PARQUE A1	56.08	186.92	464.38	4.00	223.33	687.71	1,886.94
PARQUE A2	11.61	38.68	179.17	1.00	109.67	288.84	715.77
PARQUE B	17.14	57.13	220.60	1.00	109.67	330.27	805.59
PARQUE C1	39.28	130.93	365.09	3.00	188.95	554.04	1,490.88
PARQUE C2	7.93	26.43	148.95	1.00	109.67	258.62	652.07
PARQUE C3	10.35	34.50	169.18	1.00	109.67	278.85	694.52
PARQUE D1	11.87	39.57	181.27	1.00	109.67	290.94	720.26
PARQUE D2	39.87	132.90	368.69	3.00	188.95	557.64	1,499.24
PARQUE E	6.88	22.93	139.67	0.00	36.00	175.67	351.90
PARQUE F	46.37	154.57	407.71	3.00	188.95	596.66	1,590.27
PARQUE G1	18.67	62.23	231.47	1.00	109.67	341.14	829.55
PARQUE G2	12.16	40.53	183.51	1.00	109.67	293.18	725.06
PARQUE H	42.58	141.93	385.07	3.00	188.95	574.02	1,537.35
PARQUE I-1	21.52	71.73	251.23	1.00	109.67	360.90	873.44
PARQUE I-2	24.05	80.17	268.34	2.00	151.89	420.23	1,098.45
PARQUE J1	48.37	161.23	419.52	3.00	188.95	608.47	1,617.98
PARQUE J2	5.57	18.57	127.54	0.00	36.00	163.54	327.17
PARQUE K1	6.58	21.93	136.95	0.00	36.00	172.95	346.32
PARQUE K2	18.76	62.53	232.11	1.00	109.67	341.78	830.96
PARQUE K3	21.81	72.70	253.22	1.00	109.67	362.89	877.88
PARQUE L1	24.00	80.00	268.00	2.00	151.89	419.89	1,097.68
PARQUE L2	15.78	52.60	210.76	1.00	109.67	320.43	784.04
PARQUE L3	12.04	40.12	182.55	1.00	109.67	292.22	723.00
<b>TOTAL ZONA ORIENTE</b>	<b>519.25</b>	<b>1,730.83</b>	<b>5,794.98</b>	<b>35.00</b>	<b>2,895.87</b>	<b>8,690.85</b>	<b>22,076.32</b>

La forma y la profundidad será propuesta por el desarrollador, para lo cual asignará un mínimo de 4% de la superficie total de la micro-cuenca, en donde se localizarán las estructuras pluviales rodeadas por una estructura de protección y un área verde.

y solo se definen las capacidades mínimas, sin embargo, es indispensable obtener los parámetros de diseño específicos de cada sitio definitivo, **debiendo garantizar que la calidad de agua que llegue al nivel freático sea, al menos igual o mejor a la existente.**

**TABLA V.3.8.7 RESUMEN DE CAPACIDADES Y ÁREAS REQUERIDAS**

NOMBRE	VOLUMEN TOTAL ALMACENAMIENTO	VOLUMEN EN VASO DE FILTRACIÓN Y POZOS DE ABS.	VOLUMEN TOTAL	AREA PARA ESTRUCTURA PLUVIALES	% DEL AREA DE LA MICRO-CUENCA	AREA TOTAL INCLUYE AREAS VERDES
	MILES DE m3	MILES DE m3	MILES DE m3	HAS	%	HAS
<b>ZONA PONIENTE</b>						
D. GLORIETA	187.50	2.33	189.83	7.58	2.04%	14.84
D. FLUOREX	113.75	1.60	115.35	4.61	2.04%	9.04
D. SANTA ELENA 1	352.50	3.74	356.24	14.23	1.73%	32.98
D. SANTA ELENA 2	193.75	2.28	196.03	7.83	1.49%	21.09
D. SANTA ELENA 3	93.75	1.26	95.01	3.80	1.52%	9.97
D. CHARLY	288.75	3.10	291.85	11.66	1.54%	30.22
D. KM 28	193.75	2.26	196.01	7.83	1.34%	23.40
<b>TOTAL Z. PONIENTE</b>	<b>1,423.75</b>	<b>16.57</b>	<b>1,440.32</b>	<b>57.54</b>	<b>0.12</b>	<b>141.54</b>
<b>ZONA NORTE</b>						
BARREAL NORTE	750.00	7.41	757.41	30.24	2.02%	59.92
CUENCAS CERRADAS	242.50	2.95	245.45	9.80	1.52%	25.88
BARREAL SUR 1	316.25	3.64	319.89	12.77	2.01%	25.36
BARREAL SUR 2	158.75	2.02	160.77	6.42	2.03%	12.68
<b>TOTAL Z. NORTE</b>	<b>1,467.50</b>	<b>16.02</b>	<b>1,483.52</b>	<b>59.25</b>	<b>0.08</b>	<b>123.84</b>
<b>ZONA SUR PONIENTE</b>						
PARQUE CUATRO	381.25	4.12	385.37	15.39	2.02%	30.51
PARQUE CINCO	162.50	2.00	164.50	6.57	1.73%	15.20
PARQUE SEIS	157.50	1.92	159.42	6.37	1.27%	20.12
PARQUE SIETE	131.25	1.68	132.93	5.31	2.09%	10.18
PARQUE OCHO	187.50	2.34	189.84	7.58	2.03%	14.96
PARQUE NUEVE	203.75	2.31	206.06	8.23	1.26%	26.14
PARQUE DIEZ	172.50	2.23	174.73	6.98	1.82%	15.35
PARQUE ONCE	231.25	2.73	233.98	9.35	2.02%	18.50
<b>TOTAL Z. SUR PTE</b>	<b>1,627.50</b>	<b>19.33</b>	<b>1,646.83</b>	<b>65.79</b>	<b>0.14</b>	<b>150.94</b>
<b>ZONA SUR</b>						
PARQUE DOCE	275.00	2.97	277.97	11.10	1.25%	35.46
PARQUE TRECE	245.00	2.70	247.70	9.90	1.39%	28.39
PARQUE CATORCE	226.25	2.63	228.88	9.14	1.55%	23.66
PARQUE QUINCE	95.00	1.26	96.26	3.85	1.28%	12.00
PARQUE DIECISEIS	137.50	1.65	139.15	5.56	1.27%	17.50
PARQUE DIECISIETE	146.25	1.86	148.11	5.92	1.27%	18.64
<b>TOTAL ZONA SUR</b>	<b>1,125.00</b>	<b>13.07</b>	<b>1,138.07</b>	<b>45.47</b>	<b>0.08</b>	<b>135.65</b>
<b>ZONA ORIENTE</b>						
PARQUE A1	135.00	1.89	136.89	5.47	2.00%	10.94
PARQUE A2	28.75	0.72	29.47	1.18	2.08%	2.26
PARQUE B	41.25	0.81	42.06	1.68	2.01%	3.34
PARQUE C1	95.00	1.49	96.49	3.86	2.01%	7.66
PARQUE C2	20.00	0.65	20.65	0.83	2.13%	1.55
PARQUE C3	25.00	0.69	25.69	1.03	2.04%	2.02
PARQUE D1	28.75	0.72	29.47	1.18	2.04%	2.32
PARQUE D2	96.25	1.50	97.75	3.91	2.01%	7.78
PARQUE E	17.50	0.35	17.85	0.72	2.17%	1.32
PARQUE F	112.50	1.59	114.09	4.56	2.02%	9.05
PARQUE G1	45.00	0.83	45.83	1.83	2.04%	3.59
PARQUE G2	30.00	0.73	30.73	1.23	2.07%	2.37
PARQUE H	96.25	1.54	97.79	3.91	2.00%	7.80
PARQUE I-1	52.50	0.87	53.37	2.14	2.03%	4.20
PARQUE I-2	57.50	1.10	58.60	2.34	2.00%	4.69
PARQUE J1	102.50	1.62	104.12	4.16	2.00%	8.31
PARQUE J2	13.75	0.33	14.08	0.57	2.08%	1.09
PARQUE K1	16.25	0.35	16.60	0.67	2.08%	1.28
PARQUE K2	45.00	0.83	45.83	1.83	2.00%	3.66
PARQUE K3	52.50	0.88	53.38	2.14	2.01%	4.25
PARQUE L1	57.50	1.10	58.60	2.34	2.00%	4.68
PARQUE L2	13.75	0.78	14.53	0.58	0.76%	3.08
PARQUE L3	30.00	0.72	30.72	1.23	2.09%	2.35
<b>TOTAL ZONA ORIENTE</b>	<b>1,212.50</b>	<b>22.08</b>	<b>1,234.58</b>	<b>49.37</b>		<b>99.61</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6,856.25</b>	<b>87.07</b>	<b>6,943.32</b>	<b>277.42</b>		<b>651.58</b>

Cabe hacer mención que los vasos de filtración deberán encontrarse aislados y protegidos, considerando que debe tener cuidados especiales a diferencia de las estructuras de almacenamiento. Tanto los vasos de

filtración como los pozos de inyección estarán localizados en áreas destinadas al equipamiento urbano. Para el caso de las microcuencas en que se encuentran los parques pluviales A, C, D, J, K y L se proponen un mayor



número de vasos, sin embargo la superficies y la capacidad que aparece para los paraques antes mencionados, se da en el entendido que puede llegar a ser una sola estructura, o bien hasta tres, de acuerdo con la estrategia que indiquen los proyectos ejecutivos.

En relación a las estructuras de infiltración, se cuantifica la cantidad de pozos necesarios para cada micro-cuenca, considerando los parámetros de proyecto mostrados anteriormente, pero, al igual que los vasos de filtración, deberán diseñarse con los datos obtenidos en los estudios de geotécnica de los sitios donde quedarán localizados.

Para fines de planeación, se ha considerado la construcción de pozos de 1.2 m de diámetro y profundidad promedio de 30 m.

### V.3.8.7 RESUMEN MICRO-CUENCAS Y POR ÁREAS DE DESARROLLO.

El resumen de las áreas de desarrollo para las Zonas Poniente, Norte, Sur Poniente, Sur y Oriente, se presenta en el cuadro V.3.8.7., con los datos de las áreas tributarias o de influencia, así como los volúmenes que deben ser contenidos en los vasos de control, los cuales requieren a su vez de superficies mínimas que deben ser destinadas para su construcción y los espacios de protección y mitigación que han sido considerados para dar un total del 4% de la superficie total de la zona. El plano esquemático con la delimitación de zonas para la cuenca de El Barreal, se puede observar en el apartado V.3.8.5. y su figura correspondiente.

En la Tabla V.3.8.7, se muestran los volúmenes correspondientes a los vasos de captación y los de tratamiento, que representan los volúmenes que deberán excavarse así como las superficies de terreno que son necesarias para alojar las estructuras, mismas que no incluyen las obras y espacio de protección, y que corresponde a un perímetro no menor a 10 m., que habrán de rodear a estas estructuras y que también pueden ser utilizadas como áreas verdes.

### V.3.8.7.1. CANALIZACIÓN DE ARROYOS Y OBRAS DE PROTECCIÓN AL INGRESO DE LOS DIQUES

Dado que en en la zona “El Barreal” no existe la presencia de arroyos bien definidos en su parte baja y que la gran mayoría de los escurrimientos se da en forma laminar, es necesario que se lleven a cabo obras de canalización de estos escurrimientos, que permitan no solo concentrar y conducir los caudales hacia los vasos de almacenamiento, bordos, diques, etc., sino que estos sean descargados de manera tal, que puedan ser retenidos los materiales flotantes y de arrastre mediante las estructuras de desbaste grueso, tales como rejillas y otros aditamentos, para evitar problemas de zocavación o de acumulación de basura al interior del vaso.

### V.3.8.8. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA

El Barreal, constituye una de las principales zonas de crecimiento de ciudad Juárez, actualmente se están realizando nuevos desarrollo urbanos y se encuentran en proceso intensos trabajos de planeación para establecer criterios y ordenamientos adecuados, encaminados hacia un crecimiento ordenado, en donde se incluye el presente Plan Sectorial para el manejo de los escurrimientos pluviales, sobre todo por constituir una cuenca cerrada.

La estrategia para el control y manejo del agua pluvial implica, en lo general, realizar las siguientes acciones:

- 1- La delimitación natural o artificial de las micro-cuencas, según se especifica en los cuadros mostrados anteriormente.
- 2- Construir las obras de control de avenidas y encauzamiento del arroyo El Jarudo (PEMEX I, PEMEX II y canalización desde PEMEX II hasta el Dique Soriana)

CUADRO V.3.8.7 RESUMEN POR AREAS DE DESARROLLO

ZONA	AREA DE INFLUENCIA	VOLUMEN DE VASOS DE CONTROL	AREA EN ESTRUCTURAS PLUVIALES	SUPERFICIE TOTAL. INCLUYE AREAS VERDES
	HAS	MILES DE m3	HAS	HAS
ZONA PONIENTE	3,538.40	1,440.32	57.54	141.54
ZONA NORTE	3,096.00	1,483.52	59.25	123.84
ZONA SUR-PONIENTE	3,773.60	1,646.83	65.79	150.94
ZONA SUR	3,391.20	1,138.07	45.47	135.65
ZONA ORIENTE	2,490.26	1,234.58	49.37	99.61
<b>TOTAL</b>	<b>16,289.46</b>	<b>6,943.32</b>	<b>277.42</b>	<b>651.58</b>



### 3- Construcción de vasos de captación y almacenamiento, vasos de filtración y pozos de absorción.

TABLA V.3.8.7 VOLUMENES DE EXCAVACIÓN REQUERIDOS POR ESTRUCTURA PLUVIAL	
NOMBRE	VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACION
	(MILES DE m3)
D. GLORIETA	189.83
D. FLUOREX	115.35
D. SANTA ELENA 1	356.24
D. SANTA ELENA 2	196.03
D. SANTA ELENA 3	95.01
D. CHARLY	291.85
D. KM 28	196.01
BARREAL NORTE	757.41
CUENCAS CERRADAS	245.45
BARREAL SUR 1	319.89
BARREAL SUR 2	160.77
PARQUE CUATRO	385.37
PARQUE CINCO	164.50
PARQUE SEIS	159.42
PARQUE SIETE	132.93
PARQUE OCHO	189.84
PARQUE NUEVE	206.06
PARQUE DIEZ	174.73
PARQUE ONCE	233.98
PARQUE DOCE	277.97
PARQUE TRECE	247.70
PARQUE CATORCE	228.88
PARQUE QUINCE	96.26
PARQUE DIECISEIS	139.15
PARQUE DIECISIETE	148.11
PARQUE A1	136.89
PARQUE A2	29.47
PARQUE B	42.06
PARQUE C1	96.49
PARQUE C2	20.65
PARQUE C3	25.69
PARQUE D1	29.47
PARQUE D2	97.75
PARQUE E	17.85
PARQUE F	114.09
PARQUE G1	45.83
PARQUE G2	30.73
PARQUE H	97.79
PARQUE I-1	53.37
PARQUE I-2	58.60
PARQUE J1	104.12
PARQUE J2	14.08
PARQUE K1	16.60
PARQUE K2	45.83
PARQUE K3	53.38
PARQUE L1	58.60
PARQUE L2	14.53
PARQUE L3	30.72

La delimitación de las microcuencas tiene relación con los parteaguas naturales de las sub-cuencas, con los límites de las propiedades de terrenos, límites de los planes parciales de desarrollo, con la planeación de las vialidades principales definidas en el Plan de Desarrollo Urbano.

Los diques PEMEX I y II y la canalización del arroyo el Jarudo son obras indispensables para evitar el ingreso de importantes volúmenes de agua hacia la parte norte de la cuenca de El Barreal, además de proteger las viviendas que se ubican a lo largo del cauce de este arroyo.

FIGURA V.3.8.8 PERSPECTIVA DE VASO DE ALMACENAMIENTO Y CONTROL



La construcción de las estructuras de captación, tratamiento e infiltración de agua (Figura V.3.8.8) por micro-cuenca, tienen la función de concentrar los escurrimientos en sitios específicos en donde se aprovechará el agua para uso directo o para recarga del acuífero, evitando simultáneamente perjuicios a la población por inundaciones y contaminación. Permitirán además un crecimiento ordenado, dando relativa independencia a los promotores e inversionistas de desarrollos urbanos de la zona.

Dado que no es posible realizar todas las obras simultáneamente, tanto por el costo que esto implica, como por no existir la necesidad de realizar un control total de toda la zona desde un inicio, si es necesario que se realicen algunas inversiones que son indispensables para permitir el desarrollo en las partes mas bajas de la cuenca, en consideración al hecho de que ya se ha iniciado la construcción de viviendas en áreas que actualmente son inundables de manera natural. Se contempla la implementación de obras en el siguiente orden:



- 1- Elaboración de los estudios detallados de hidrología, geología, geotecnia, y topografía, de todas las Zonas, los Planes Maestros y anteproyectos de las obras de drenaje pluvial en las micro-cuencas de las Zonas Norte y Oriente y los proyectos ejecutivos y la ejecución inmediata de las obras de las Zonas Poniente (Santa Elena) y Arroyo El Jarudo.

Es importante que se ponga especial atención en la Zona Norte, donde ya se han dado inundaciones durante años pasados y las soluciones tomadas de construir pozos de absorción solo resuelve una parte del problema, sin embargo el potencial arribo de escurrimientos externos, representa un nivel alto de riesgo por inundaciones, esto sin contar, con que ya se tiene un número importante de pozos de absorción colmatados, es decir fuera de operación.

- 2- Construcción de los diques o vaso de retención denominados Glorieta, Fluorex, Santa Elena 1, Santa Elena 2, Santa Elena 3, Charly y Km. 28. Estas obras evitarán que los escurrimientos de la Zona Poniente lleguen a las partes mas bajas de la cuenca, identificadas como Zona Norte y Zona Oriente, las cuales están en proceso de desarrollo.
- 3- Construcción de los Diques PEMEX I y PEMEX II y la canalización del arroyo El Jarudo. Estas obras protegerán de manera directa la Zona Norte de El Barreal, así como a varios fraccionamientos colindantes con el arroyo en el tramo del Sitio identificado para PEMEX II hasta la Dique Soriana localizado en la Av. Zaragoza y Eje Juan Gabriel. En esta parte es necesario habilitar debidamente los diques Oasis Revolución y Soriana, construyendo las obras que le den la capacidad planeada para los mismos así como las estructuras de desfogue que controla el gasto de salida en los mismos. Es necesario que para esta acción se realicen amplios estudios de topografía, hidrología, geología y geotecnia, buscando la posibilidad de encontrar mas sitios de control y determinar los datos base para el diseño de las obras requeridas.

- 4- Construcción de vialidad parteaguas en los límites de las Zonas Norte, Sur-Poniente y Oriente. Consiste en una vialidad que evita el paso del agua entre una zona de control y otra. Con esta obra el manejo de los escurrimientos es como sigue:
- Los vasos de captación de la Zona Poniente retienen los escurrimientos de las micro-cuencas ZVIII 1.1 a la ZVIII 1.5
  - Los escurrimientos de la Zona Sur- Poniente se acumulan en el límite con las Zonas Oriente y Norte, donde quedarán almacenadas para infiltración natural o evaporación de manera temporal, y posteriormente en el corto plazo, controladas por vasos de captación conforme se autorice el desarrollo urbano en esta Zona. Estas obras pueden ser construidas de manera paralela al permitirse el desarrollo o bien previamente a dicha autorización.
  - Los escurrimientos de la Zona Sur se acumulan en los límites con la Zona Oriente y Sur-Poniente. Esta Zona muestra gran cantidad de médanos por lo que la infiltración natural, así como la evaporación se presentarán y evitarán problemas de manejo del agua pluvial.
  - La Zona Oriente y parte de la Zona Norte que colindante no reciben volúmenes de agua externa, controlan los escurrimientos concentrándolos, en vasos de almacenamiento donde se les da tratamiento para su disposición final en uso directo o recarga del acuífero. Este proceso se realiza mediante la construcción de micro-cuencas que se construyen artificialmente según se muestra en el plano correspondiente
- 5- Construcción de vialidades – parteaguas para formar micro-cuencas al interior de las Zonas Norte y Oriente en el plazo inmediato y en las Zonas Sur-Poniente y Sur en el corto, mediano y largo Plazo, según se presente el desarrollo en cada una de ellas.
- 6- Construcción de los vasos de almacenamiento y filtración y pozos de

absorción en el interior de cada micro-cuenca. Estas estructuras de control por micro-cuenca se construirán al inicio del desarrollo de las mismas, debiendo asignar una superficie mínima del 4% del área total de la micro-cuenca, ubicadas en 1, 2 o 3 sitios diferentes como máximo y de acuerdo a las condiciones topográficas del terreno y a los Planes Maestros elaborados por los desarrolladores, atendiendo los usos del suelo establecidos en el Plan Parcial correspondiente.

Las micro-cuencas que no sean desarrolladas de inmediato, concentrarán los escurrimientos en las partes mas bajas de las mismas, en donde el agua se infiltrará naturalmente y bien se evaporará hasta su desaparición total. La construcción de los vasos de almacenamiento, filtración y pozos de absorción se deberán construir previo al proceso de urbanización de dichos predios.

Para lograr un desarrollo sin riesgos de daños por el drenaje pluvial, es necesarios que se realicen desde un principio, de manera simultánea las acciones descritas en los puntos 1 al 4 en su totalidad y la descrita en el punto 5 para las Zonas Norte y Oriente. La construcción de las estructuras de control por micro-cuenca puede ser realizada de acuerdo al avance de la urbanización dentro de cada Zona.

El cronograma de obras a realizar, se presenta en la Tabla V.3.8.8.(2), tomando en consideración las acciones prioritarias que ya han sido descritas, y que para mayor claridad se describen de acuerdo con una proyección de crecimiento sobre las distintas zonas que conforman la cuenca de El Barreal. Las acciones de la Primera Etapa incluyen las de urgente aplicación, tales como las zonas denominadas Cuencas Cerradas, Barreal Sur 1, Barreal Sur 2 y el Parque K, este último, en el cual se ha programado el desarrollo de un parque industrial. Las acciones para las Etapas 2 y 3 pueden ser adelantadas, en el caso de que se autoricen desarrollos en el corto plazo, distinto a la programación proyectada, sin embargo la observación de las estrategias planteadas, debe ser requerida por la autoridad municipal.

**TABLA V.3.8.8.(2) PROGRAMACIÓN POR ETAPAS**

PRIMERA ETAPA	SEGUNDA ETAPA	TERCERA ETAPA
2004 - 2006	2007 - 2011	2012 - 2016
D. GLORIETA	PARQUE CUATRO	PARQUE SIETE
D. FLUOREX	PARQUE CINCO	PARQUE NUEVE
D. SANTA ELENA 1	PARQUE SEIS	PARQUE DIEZ
D. SANTA ELENA 2	PARQUE OCHO	PARQUE ONCE
D. SANTA ELENA 3	PARQUE A	PARQUE DOCE
D. CHARLY	PARQUE B	PARQUE TRECE
D. KM 28	PARQUE C	PARQUE CATORCE
BARREAL NORTE	PARQUE D	PARQUE QUINCE
PARQUE F	PARQUE E	PARQUE DIECISEIS
DIQUE PEMEX I	PARQUE F	PARQUE DIECISIETE
DIQUE PEMEX II	PARQUE G1	
ENCAUZAMIENTO EL JARUDO	PARQUE G2	
CUENCAS CERRADAS	PARQUE H	
BARREAL SUR 1	PARQUE I-1	
BARREAL SUR 2	PARQUE I-2	
PARQUE K	PARQUE J	





## **VI. INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL**





## VI. INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL

En este capítulo se analiza la factibilidad de infiltrar el agua pluvial y se presentan los esquemas que son considerados como los más convenientes para llevar a cabo este proceso, cuyo objetivo principal es el de aprovechar el agua pluvial que escurre en la cuenca objeto del estudio realizado, reteniéndola en diques o vasos no solo para propósitos de control, sino ampliando el concepto de su administración a un esquema de Alta Sustentabilidad en el manejo de este recurso, y uno de los principales componentes de la estrategia para su aprovechamiento en el que se incorporan procesos para mejorar su calidad, mediante un tratamiento previo de sedimentación y filtración para su posterior inyección hacia el subsuelo, esperando con ello una significativa recarga artificial al acuífero principal, que es la fuente de abastecimiento para ciudad Juárez actualmente.

Para definir las Mejores Prácticas de Manejo (MPM), es necesario conocer en primer término, las condiciones del medio físico en el que se encuentra la cuenca hidrológica e hidrogeológica, así como el área urbana asentada sobre ella.

La definición de las prácticas de manejo que han sido consideradas en el presente documento, se hicieron de acuerdo a los objetivos planteados en el análisis previo y que a continuación se enuncian:

## VI.1. OBJETIVOS

- Conocer el marco hidrogeológico del medio físico en que se encuentra ubicada la mancha urbana.
- Efectuar un análisis de la factibilidad para el aprovechamiento de las aguas pluviales de Ciudad Juárez, tomando como fundamento la calidad del agua a obtener en los vasos de captación ubicados en zonas con diferentes grados de urbanización.
- Tomar como base la calidad del agua obtenida en los escurrimientos pluviales analizados, a fin de realizar el análisis comparativo de los criterios establecidos por la Normatividad Internacional respecto a las Normas y criterios Mexicanos, con el propósito de establecer los criterios y mejores prácticas de manejo para infiltración o recarga de acuíferos, y en su caso, su potencial aprovechamiento directo.

## VI.2. ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO

## VI.2.1.MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Regionalmente en la zona afloran rocas que varían en el tiempo geológico del Precámbrico al reciente. En la porción estadounidense las rocas más antiguas se localizan en las Montañas Franklin y corresponden a rocas meta-sedimentarias y meta-ígneas de edad precámbrica, así mismo, afloran rocas carbonatadas del Paleozoico y rocas ígneas del terciario (O.J. Anderson et al, 1997).

En la porción mexicana del bolsón, las rocas que afloran son del Mesozoico y Cenozoico. Las primeras están representadas por una secuencia marina depositada en un marco sedimentológico transgresivo en la paleocuena 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.

En la Tabla VI.2.1 (1) se muestra la correlación estratigráfica para ambas partes de la frontera.

El Cenozoico en la región evolucionó como un área continental: la cual es representada en el Terciario por rocas intrusivas de composición ácida e intermedia, por depósitos conglomeráticos durante el Terciario, y por depósitos de sedimentos clásticos gruesos a finos de origen aluvial, lacustre, fluvial y eólico durante el Cuaternario. En la Figura VI.2.1. (2) se presenta el plano geológico y en la Figura VI.2.1.(3) se presenta una sección esquemática donde se muestra la estructura y espesor de los sedimentos que rellenan el bolsón. De acuerdo a un pozo perforado en la porción

FIGURA VI.2.1 PLANO GEOLÓGICO

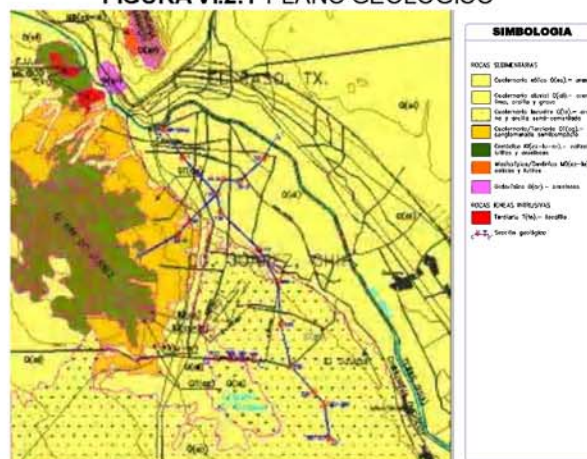


TABLA VI.2. (1) - TABLA DE CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA

ERA	SISTEMA	SERIE	PISO EUROPEO	SIERRA DE JUAREZ	NORTE DE CHIHUAHUA TOVAR ET AL (1976)	NORESTE DE CHIHUAHUA LOPEZ R. (1977)	MONTAÑAS FRANKLIN
CENOZOICO	CUATERNARIO	PLEISTOCENO	RECIENTE	SED. EÓLICOS ALUVIÓ RÍO GRANDE	SED. EÓLICOS ALUVIÓ RÍO GRANDE		SED. EÓLICOS ALUVIÓ RÍO GRANDE
	T E R C I A R I O	Plioceno		ABANICOS ALUVIALES	ABANICOS ALUVIALES		ABANICOS ALUVIALES
		Mioceno		DEPÓSITOS	DEPÓSITOS		DEPÓSITOS
		Oligoceno		DE	DE		DE
		Eoceno		BOLSÓN	BOLSÓN		BOLSÓN
		PALEOCENO		ROCAS INTRUSIVAS	ROCAS INTRUSIVAS		ROCAS INTRUSIVAS
MESOZOICO	C R E T A C I O	SUPERIOR	MAESTRICH-TIANO			EL PICACHO	
			CAMPANIANO			SAN CARLOS	
			SANTONIANO			OJINAGA	
			CONIACIANO			CHISPA	
			TURONIANO			BUDA	
		INFERIOR	CENOMANIANO			EAGLE MTS.	
			ALBIANO			LOMA DE PLATA	
						BENEVIDES	
						FINLAY	
						LAGRIMA	
	JURASICO	SUPERIOR	TITONIANO			CLZ. Y LUT. S/N	
						BENIGNO	
						CUCHILLO	
						LAS VIGAS	
						NAVARRETE	
						LA CASITA	
						SAMALA-YUCA	
PALEOZOICO	PERMICO						LECHOS ROJOS
	PENSILVANICO						HUECO
	MISSISSIPICO						SAN ANDRÉS
	DEVÓNICO						CANUTILLO
	SILURICO						
	ORDOVÍSICO						BLISS/EL PASO
	CÁMBRICO						
	PRECÁMBRICO	MEDIO					ROCAS METASE-DIMENTARIAS Y METAIGNEAS
PRO.							

NO AFLOTA, EROSIÓN Y/O NO DEPOSITO

COMPLEMENTADA DE: CNA (1996)

FUENTE: IMP





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

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.

Estratigráficamente los sedimentos aluviales y eólicos sobreyacen, a los depósitos de abanico aluvial y a

Infiltración de agua pluvial

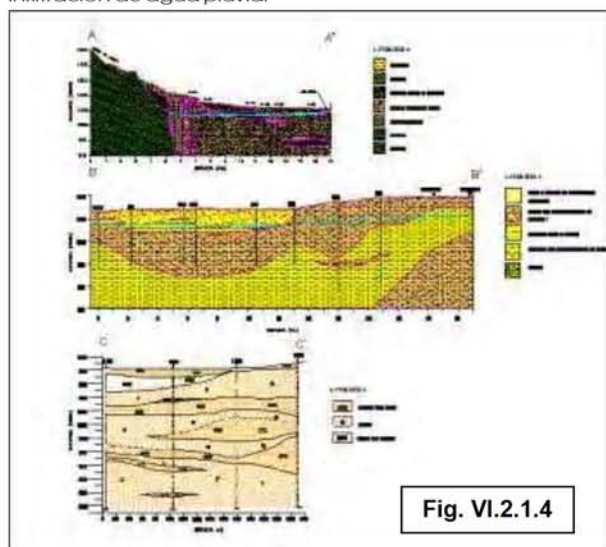


Fig. VI.2.1.4

los sedimentos lacustres del Terciario.

En la Figura VI.1.1.(1) se presenta la ubicación de las secciones y en la Figura VI.2.1.4 se muestran las secciones litológicas A-A', B-B' y C-C' elaboradas en base a algunos cortes litológicos de pozos y sondeos eléctricos verticales, donde se pueden observar los espesores de los depósitos cuaternarios y parcialmente la litología y espesor de los depósitos terciarios.

En la sección C-C' ubicada en la zona sur de la ciudad, dentro del lecho de la Laguna del Barreal, se puede observar con más detalle la litología correspondiente

a los depósitos de bolsón, constituidos principalmente de gruesos espesores de arena fina con intercalaciones de estratos de arcillas.

### VI.3. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

#### VI.3.1. ASPECTOS TEÓRICOS DEL MÉTODO ELÉCTRICO

Casi todos los métodos geoelectrónicos principales requieren del uso de cuatro electrodos clavados en el suelo. Un par de electrodos sirve para introducir al terreno una corriente eléctrica, mientras que el segundo se utiliza para medir la diferencia de potencial que se establece entre ellos como resultado del paso de la corriente eléctrica.

El método empleado en el presente trabajo fue en la modalidad de sondeos eléctricos verticales (SEV's) empleando el dispositivo Schlumberger.

Para el caso específico de este arreglo, la expresión matemática para calcular la resistividad aparente está dada:

$$\rho_a = \Delta V / I [(L/MN)^2 - 1/4] MN$$

donde  $\rho_a$  es la resistividad aparente en Ohm - m,  $I$  es la intensidad de corriente (miliamperes),  $\Delta V$  es la diferencia de potencial,  $L$  es la mitad de la distancia entre los electrodos de corriente y  $MN$  es la distancia

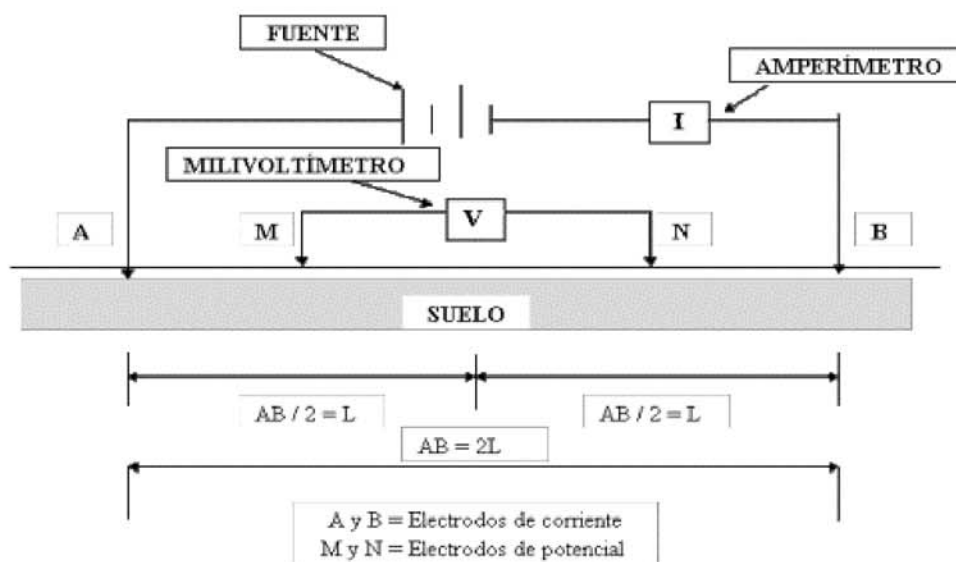


FIGURA VI.3.1 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL DISPOSITIVO



La Figura VI.3.1 muestra una representación del dispositivo Schlumberger.

### VI.3.2. TRABAJO DE CAMPO Y GABINETE

Se realizaron 20 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's) con aberturas  $AB/2 = 160, 250, 320$  y  $400$  m, empleando el dispositivo Schlumberger sondeo cuya ubicación se muestra en el Plano VI.3.2 (1).

El aparato empleado fue el SYSCAL JUNIOR, el cual es un equipo de medición de resistividad automático, diseñado para la exploración del subsuelo y estudiar las variaciones de resistividad con la profundidad (sondeos eléctricos verticales) y lateralmente (perfiles eléctricos).

Este equipo combina la fuente de poder, el transmisor y el receptor en una sola unidad. La fuente de poder es obtenida a través de una batería recargable de 12 V. Las mediciones se realizan automáticamente a través del microprocesador de control, y cuenta con varios arreglos de electrodos almacenados en la memoria: Schlumberger y Wenner (SEV's y perfiles eléctricos), gradiente y dipolo-dipolo. Además, consta de 8 tazas porosas no polarizables, dos electrodos de acero y dos carretes con 500 m de cable cada uno de alta resistencia a la tensión. Posterior a la etapa de campo, se procedió a la interpretación de los sondeos eléctricos verticales mediante el método del punto auxiliar de superposición de curvas maestras de dos capas y el programa de cómputo RESIS para dar un mejor ajuste entre la curva de campo y la teórica.

De la interpretación se obtuvieron resistividades y espesores de los diferentes estratos encontrados, los cuales se presentan en los gráficos del Anexo 1 (SEV's Interpretación).

#### VI.3.2.1. RESULTADOS

La descripción de los resultados obtenidos en los sondeos eléctricos verticales se hace para cada uno de los sondeos, indicando las unidades geoeléctricas detectadas, espesores y litología probable. Asimismo, en las Figuras VI.3.2. 1(1) se presenta la interpretación litológica de algunas de las unidades geoeléctricas encontradas en cada sondeo (Ver plano VI.3.2.1 con ubicación de los sondeos realizados).

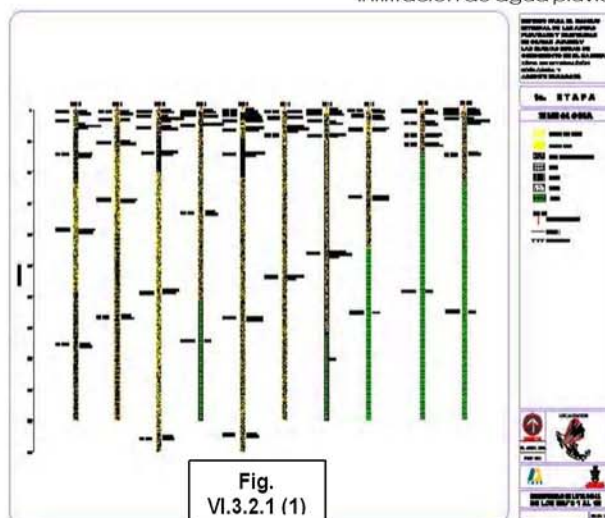


Fig.  
VI.3.2.1 (1)

La característica principal de las unidades geoeléctricas es la presencia de sedimentos aluviales (gravas y arenas) y eólicos (arenas, limos, arcillas). En los sondeos 4, 7, 8, 9, 10 y 11 se detectó la base de los sedimentos anteriormente descritos, la cual se interpretó como lutita-caliza, cuya descripción (al igual que los sedimentos no consolidados) se describe más ampliamente en el apartado de geología.

De acuerdo a la interpretación de los sondeos el basamento de lutita-caliza fue detectado a profundidades que varían entre 35 y 180 m, siendo el sondeo 9 donde se detectó a menor profundidad y en el sondeo 7 donde se detectó a mayor profundidad.

### VI.4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO

En el funcionamiento del sistema acuífero del Bolsón del Hueco intervienen varias unidades hidrogeológicas para conformar dos acuíferos conectados hidráulicamente. Un acuífero se encuentra alojado en los depósitos constituidos por el Aluvión Río Grande y otro en los depósitos del Bolsón, separados por un conjunto de estratos donde predominan los materiales finos, característica que lo hace semi-impermeable, y que aumentan considerablemente su espesor hacia el sureste. El acuífero somero presenta espesores que no superan los 100 m, mientras que el acuífero profundo presenta espesores hasta de 2743 m (Meyer, 1976), de acuerdo a un pozo perforado en la porción estadounidense del bolsón.

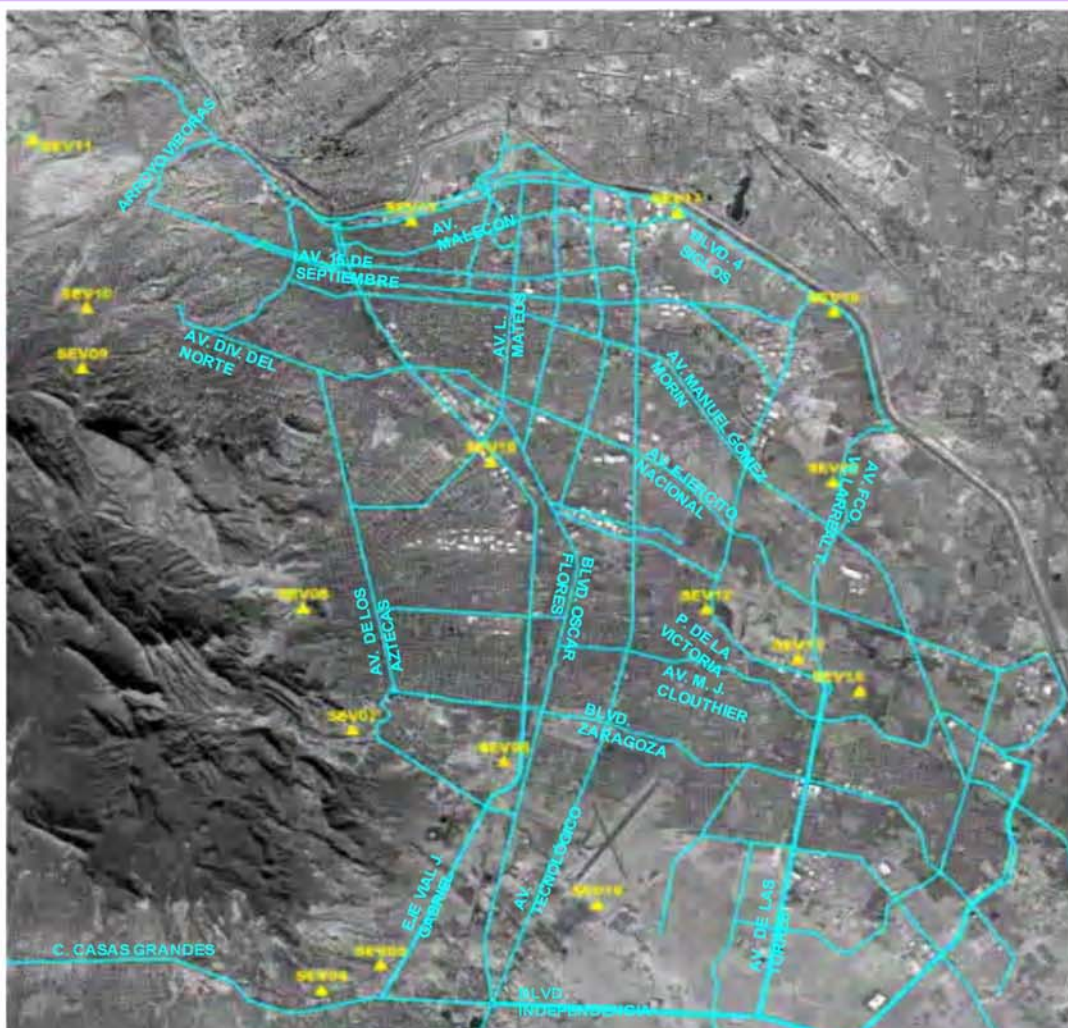
El acuífero del Aluvión Río Grande es recargado



Plan Sectorial de  
Agua Pluvial

Ciudad Juárez 2004

SIMBOLOGÍA



## SIMBOLOGÍA

SONDEOS  
ELÉCTRICOS  
VERTICALES  
VIALIDADES



ID	LATITUD	LONGITUD	X	Y
SEV01	31 33 16.190 760	106 28 4.626 160	360 667.999 870	3491 804.999 990
SEV02	31 34 53.298 120	106 28 10.169 020	360 562.000 040	3494 797.000 090
SEV03	31 35 27.785 690	106 28 52.595 320	359 458.000 010	3496 874.000 100
SEV04	31 36 31.892 640	106 29 9.547 750	359 037.999 930	3497 853.999 930
SEV05	31 36 48.434 910	106 28 26.511 530	360 178.999 930	3498 347.999 910
SEV06	31 39 1.006 140	106 28 58.477 720	362 553.000 040	3502 399.000 100
SEV07	31 39 19.864 360	106 28 49.553 870	359 634.999 980	3503 019.000 040
SEV08	31 40 38.164 170	106 29 25.879 230	359 684.800 120	3505 443.500 010
SEV09	31 43 11.188 920	106 35 10.402 980	354 444.999 900	3510 215.000 080
SEV10	31 43 49.965 080	106 32 7.699 150	354 532.999 980	3511 408.000 140
SEV11	31 45 38.161 620	106 32 48.975 190	353 494.000 040	3514 755.000 020
SEV12	31 40 40.785 930	106 24 32.532 800	366 437.000 050	3505 421.000 040
SEV13	31 40 9.418 400	106 23 25.172 090	368 198.499 920	3504 432.399 920
SEV14	31 39 49.243 660	106 22 39.668 900	369 389.000 110	3503 795.999 930
SEV15	31 44 48.832 740	106 28 11.838 790	360 764.999 930	3513 135.000 130
SEV16	31 37 29.326 260	106 25 49.195 160	364 341.000 020	3499 551.999 870
SEV17	31 44 56.420 880	106 24 57.873 060	365 872.000 120	3513 301.000 010
SEV18	31 43 53.939 470	106 23 2.282 540	368 889.071 030	3511 337.999 070
SEV19	31 42 14.293 350	106 27 11.094 250	362 301.000 050	3508 355.000 040
SEV20	31 42 3.931 020	106 23 1.372 760	368 870.000 130	3507 950.999 870



principalmente por el Río Bravo/Río Grande y por los retornos de riego debido a las excesivas láminas de riego aplicadas a los cultivos y para lavado de suelos, infiltración en canales, por pérdidas en la red de agua potable en la mancha urbana, y en mucho menor proporción, por la precipitación pluvial. Las salidas la constituyen la extracción por bombeo, las descargas laterales, la evapotranspiración, el goteo hacia el acuífero profundo y las descargas hacia el río y drenes. La base de esta unidad es un conjunto de estratos de materiales finos, que incrementan considerablemente su espesor hacia el sureste y donde predominan las arcillas, funcionando como un acuitardo.

El acuífero del Bolsón del Hueco es recargado por flujos laterales, por el goteo del acuífero somero a través del conjunto de estratos arcillosos que funcionan como semi-confinante (acuitardo), por descargas laterales del acuífero somero, por pérdidas en la red de distribución de agua potable y en menor proporción por la infiltración del agua de lluvia. Las salidas se dan debido a la extracción por bombeo, por flujos laterales en la porción sureste del área de estudio. En el caso de la mancha urbana de Cd. Juárez y El Paso los flujos naturales se han invertido hasta converger actualmente en conos de abatimiento localizados en las zonas de mayor bombeo de ambos lados de la frontera.

En la parte baja del valle, fuera del área de estudio, donde el espesor del estrato arcilloso incrementa su espesor de manera considerable, se presenta artesianismo e incluso existen algunos pozos profundos (hasta 500 m) que son brotantes.

#### VI.4.1. GEOMETRÍA DEL SISTEMA ACUÍFERO.

El acuífero está alojado en sedimentos que se fueron depositando (intercalaciones de arenas, gravas, arcillas y limos) en la depresión formada por una serie de fallas normales, donde los bloques hundidos formaron una gran depresión (graben) y los bloques levantados (horts), conforman las sierras que limitan la cuenca del Río Bravo/Río Grande. (Figura VI.2.1.(3)).

La geometría del acuífero queda definida por un sistema de fallamiento, la cual presenta menores espesores en las proximidades de las sierras que circundan al valle e incrementan considerablemente su espesor hacia la parte central del Bolsón. Estos depósitos tienen espesores máximos de 2743 m en

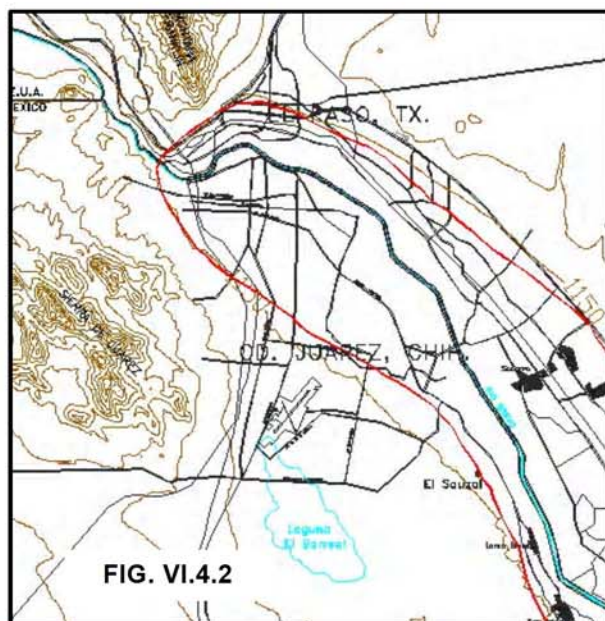
la porción estadounidense (Meyer, 1976), en la parte mexicana solo se han perforado pozos hasta los 500 m de profundidad en la parte central del bolsón, sin tocar el basamento rocoso. En el límite sur del bolsón, cerca de la Sierra El Presidio, se han detectado calizas cretácicas en tres pozos donde las profundidades a las calizas varían de 40 a 185 m.

Las sierras conformadas por rocas cretácicas que bordean al valle aunque pueden almacenar, se desconoce el potencial hidrogeológico, ya que la información de pozos perforados en esta unidad es muy escasa.

#### VI.4.2. PIEZOMETRÍA DEL SISTEMA ACUÍFERO

El sistema acuífero del Bolsón del Hueco en la zona de Cd., Juárez se encuentra constituido por un acuífero somero y por otro profundo que presentan un comportamiento hidrogeológico diferente, por lo que el análisis de la Piezometría se hace por separado.

El acuífero somero es una franja a lo largo del río con un ancho que varía de 2 a 6 km en la porción mexicana del sistema acuífero. Figura VI.4.2. La red de pozos que servía para monitorear el comportamiento del acuífero somero en la zona urbana de Cd. Juárez prácticamente ha desaparecido, debido a que la red data de finales de los años 60's, cuando la mayor parte de la actual mancha urbana eran tierras agrícolas.





Conforme la mancha urbana fue creciendo, los pozos de monitoreo fueron desapareciendo al igual que los pozos que servían para el riego agrícola, por lo que actualmente la información piezométrica correspondiente al acuífero somero en la mancha urbana es muy limitada y se concentra a las zonas más cercanas al río, al este y sureste de la mancha urbana.

Para el análisis de la Piezometría del acuífero profundo se utilizó, principalmente la información recabada de los pozos del sistema de agua potable de Cd. Juárez y algunos pozos particulares, ubicados éstos últimos, en su mayor parte hacia el sur y sureste de la ciudad.

#### VI.4.2.1. PIEZOMETRÍA DEL ACUÍFERO SOMERO

##### VI.4.2.1.1. PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTÁTICO DEL ACUÍFERO SOMERO.

La profundidad al nivel estático en el acuífero somero varía de 4 a 17 m para el 2001 (Figura VI.4.2.1.1), donde los niveles más someros se localizan en las zonas más cercanas al río, incrementándose conforme se aleja de la corriente hacia el poniente y hacia aguas arriba del río, donde se encuentra revestido de concreto y no hay contacto directo con el acuífero somero, con valores que probablemente alcancen profundidades superiores a los 40 m, en las zonas del acuífero somero más alejadas del río. Las curvas de igual profundidad al nivel estático presentan una alineación sensiblemente paralelas al río.

##### VI.4.2.1.2. EVOLUCIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO DEL ACUÍFERO SOMERO

Para configurar la evolución existen muy pocos datos en la zona urbana de Cd. Juárez, concentrándose la información en el sureste de la ciudad. Para el análisis la evolución del acuífero somero se tomó el periodo 1990-2001, donde se puede observar que tenemos evoluciones de 0 m en la Zona de Integración Ecológica, encontrándose valores de evolución negativa conforme se aleja de río, donde encontramos valores de abatimiento hasta de 8 m en la zona de El Sauzal (Figura VI.4.2.1.2).

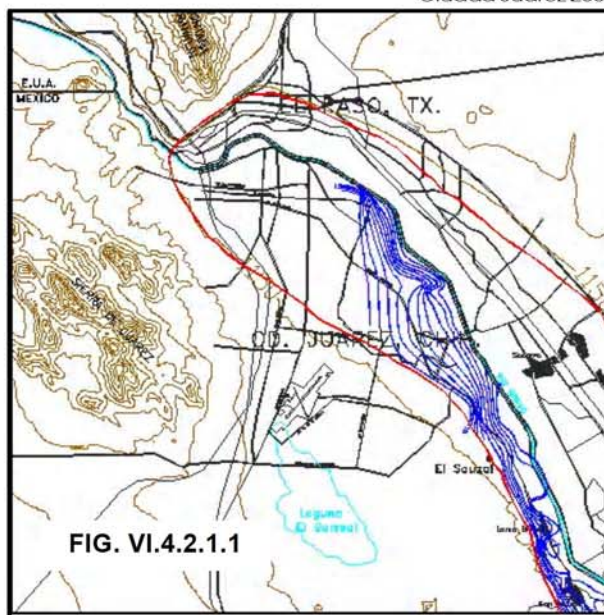


FIG. VI.4.2.1.1

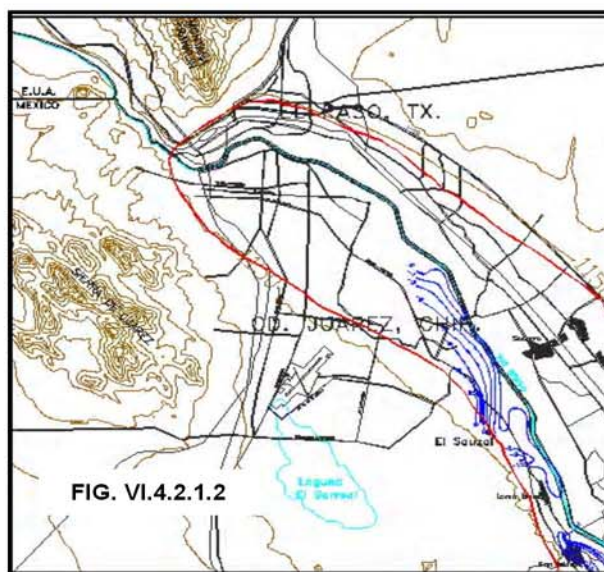
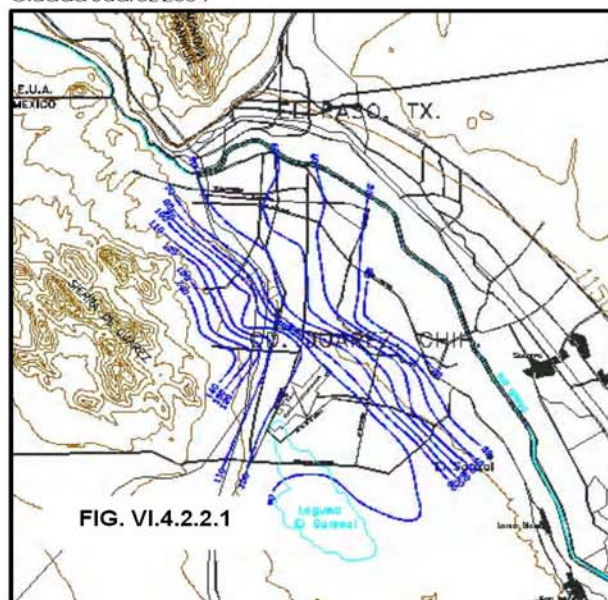


FIG. VI.4.2.1.2

Aguas abajo, fuera del área de estudio se puede observar que existen valores positivos de evolución hasta de 7 m en la zona de Praxedis G. Guerrero, como consecuencia de las excesivas láminas de riego aplicadas y a los grandes volúmenes de agua aplicadas para el lavado de tierras, y a que se han dejado de operar gran cantidad de pozos en todo el Valle de Juárez.

#### VI.4.2.2. PIEZOMETRÍA DEL ACUÍFERO PROFUNDO



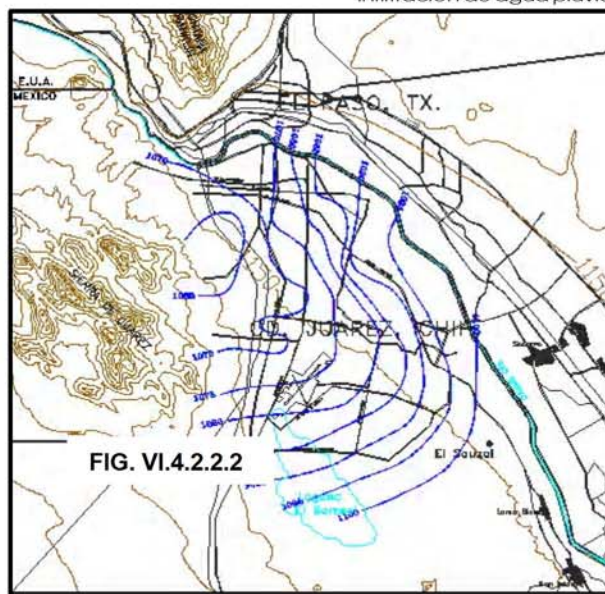


#### VI.4.2.2.1. PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTÁTICO DEL ACUÍFERO PROFUNDO

La profundidad al nivel estático en los pozos de la JMAS varía de 20 a más de 140 m en el 2000 (Figura VI.4.2.2.1), localizándose los niveles más someros en las cercanías del río a la altura de los pozos 47-R, 129 y 130, y los más profundos en las cercanías de la Sierra de Juárez, localizándose los niveles más profundo en los pozos 94-R y 142 este último con un valor de 147 m. Las curvas de igual profundidad se muestran sensiblemente paralelas al Río Bravo/Río Grande, haciéndose más profundas en dirección Sur-Suroeste. En la zona sur de la ciudad la curva de 90 m de profundidad al nivel estático se deforma o se forma otra curva cerrada, sin embargo no hay información suficiente para definir su comportamiento en el área del pozo 213. Esta deformación se da como consecuencia de la depresión que se forma por la cuenca cerrada de la Laguna del Barreal

#### VI.4.2.1.2. ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO DEL ACUÍFERO PROFUNDO

Las curvas de igual elevación del nivel estático del acuífero profundo para el año 2000, varían de 1065 a 1100 metros sobre el nivel del mar (msnm), localizándose las menores elevaciones en la zona centro definiéndose la parte más baja del gran cono de abatimiento que abarca toda la ciudad, donde el flujo subterráneo es radial confluyendo en la zona formada por los pozos 6, 12, 44, 49, 52, 59, 60, 63, 64



y 84. La curva de 1100 msnm prácticamente se encuentra envolviendo el límite de la zona urbana de la ciudad (Figura VI.4.2.2.2)

#### VI.4.2.2.3. EVOLUCIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO DEL ACUÍFERO PROFUNDO

Para configurar la evolución del nivel estático del acuífero profundo se analizó el periodo 1990-2000 (Figura VI.4.2.2.2) donde se puede observar que se tienen abatimientos del orden de 20 m en el área del aeropuerto, lo que nos indica que actualmente los mayores abatimientos se están observando hacia el Sur. Existe información obtenida mediante un modelo de flujo realizado por la JMAS, en el que se logró determinar que el acuífero desde el inicio de su aprovechamiento, a sufrido abatimientos máximos de poco más de 50 m (Rascón et al, 2000) en el periodo 1903-2000, localizándose los máximos abatimientos en la zona centro, la zona con mayor tiempo de aprovechamiento.

### VI.4.3. BALANCE HIDROGEOLÓGICO

De acuerdo al modelo de simulación del flujo realizado por la JMAS (Rascón et al, 2000), el balance para el último periodo de simulación, que comprende de 1991 a 1995, podemos observar que las principales variables en las entradas es la toma de agua del almacenamiento con 51'727,800 Mm<sup>3</sup>/año y la recarga proveniente de corrientes superficiales con 83.318,550 Mm<sup>3</sup>/año, mientras que en las salidas la principal variable es la extracción mediante el bombeo de pozos con



**TABLA VI.4.3 (1) - BALANCE HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO PROFUNDO**

PERIODO	VARIABLE	ENTRADA (m <sup>3</sup> /Año)	SALIDA (m <sup>3</sup> /Año)
1991-1995	Almacenamiento	51,727,800	648,970
	Pozos	22,854,475	171,393,050
	Recarga	10,326,945	0
	Evapotranspiración	0	378,505
	Corrientes superficiales	83,318,550	1,082,590
	Inter Capas	5,324,620	35,040
	<b>TOTAL</b>	<b>173,552,390</b>	<b>173,538,155</b>

JMAS (Rascón et al, 2000)

**TABLA VI.4.3 (2)- BALANCE HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO SOMERO.**

CAPA	ENTRADA		SALIDA	
	DESDE	FLUJO	HACIA	FLUJO
SOMERO	RECARGA	7'895,680	ACUÍFERO PROFUNDO	63'546,865
	CORRIENTES	74'058,135	ALMACENAMIENTO	186,150
	ALMACENAMIENTO	11'653,720	EVAPOTRANSPIRACIÓN	1'537,380
	INTERCAPAS	686,565	POZOS	6'509,775
	FLUJOS LATERALES	1,635,565	FLUJOS LATERALES	23'997,655
	<b>TOTAL</b>	<b>95,929,665</b>	<b>TOTAL</b>	<b>95'778,825</b>

JMAS (Rascón et al, 2000)

171'393,050 Mm<sup>3</sup>/año, como se muestra en la Tabla VI.4.3 (1).

Es importante de mencionar que con el continuo abatimiento de niveles, el río y acequias han incrementado su aporte al sistema acuífero, y en particular el Río, el cual ha dejado de ser en gran medida el dren natural que era en condiciones naturales del acuífero. La recarga por corrientes superficiales representan la más importante fuente de recarga, seguida por la recarga de entradas laterales representadas por las entradas por pozos y por la recarga por retorno de riego y pérdidas en el sistema.

Con el fin de conocer el volumen de agua que es cedida por el acuífero somero al profundo, se realizó un balance, el cual envuelve solamente el área del acuífero somero. En la Tabla VI.4.3 (2) se muestra el resultado de este balance, donde podemos observar que del volumen que recibe de recarga, el acuífero somero cede al acuífero profundo a través de goteo un flujo de 63'546,865 m<sup>3</sup>/año. Este volumen amortigua los que podrían ser muy fuertes abatimientos, y aunque es posible que generen problemas de calidad en el acuífero profundo, de no ser por este volumen, el acuífero profundo tendría serios problemas de abatimiento y probablemente más fuertes de calidad del agua.

Dentro de las corrientes superficiales que recargan al

acuífero somero, la más importante es el Río Bravo/ Río Grande, que en caso de ser canalizado o sí su volumen es conducido por canales revestidos con menos pérdidas y dejar sin flujo el cauce del río, podría originar que el acuífero sufra un aceleramiento en su abatimiento y por consecuencia una mayor salinización, además existen probabilidades que se tenga subsidencia del terreno con su consecuente costo por afectación a infraestructura.

En concordancia con el balance geohidrológico, es necesario llevar a cabo algunas acciones para mitigar la sobreexplotación a la que esta siendo sometido el acuífero, que permitan frenar el abatimiento y degradación progresiva de la calidad del agua, no solo por la sobreexplotación como ya se ha mencionado, sino por el ingreso de contaminantes al subsuelo y su migración hasta los almacenamientos del acuífero somero y el profundo.

## VI.5. ACCIONES PARA MEJORAR LAS CONDICIONES HIDRO-GEOLÓGICAS DEL SISTEMA ACUÍFERO

Dentro de las principales acciones que se pueden realizar para mejorar las condiciones hidrogeológicas



del sistema acuífero a mediano y largo plazo, podemos mencionar:

- 1) Sustitución parcial de la fuente,
- 2) Infiltración de agua pluvial previamente tratada,
- 3) Inyección de agua residual tratada a nivel terciario,
- 4) Detección y reparación expedita de fugas, y
- ...
- 5) Reuso masivo de agua residual.

### VI.5.1.SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA FUENTE

De acuerdo con el balance hidrogeológico, el acuífero profundo pierde de su almacenamiento más de 51.7 Mm<sup>3</sup>/año que se manifiestan en un abatimiento medio anual del orden de 1.3 m con tendencia a incrementarse, por lo que es necesario dejar de extraer al menos 1 m<sup>3</sup>/seg para frenar el ritmo de abatimiento y la salinización progresiva del acuífero. El 1 m<sup>3</sup>/seg podrá ser sustituido parcial o totalmente con agua de Conejos-Médanos y/o potabilizando el agua que recibe México de acuerdo al Tratado de 1906.

### VI.5.2.APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS PLUVIALES

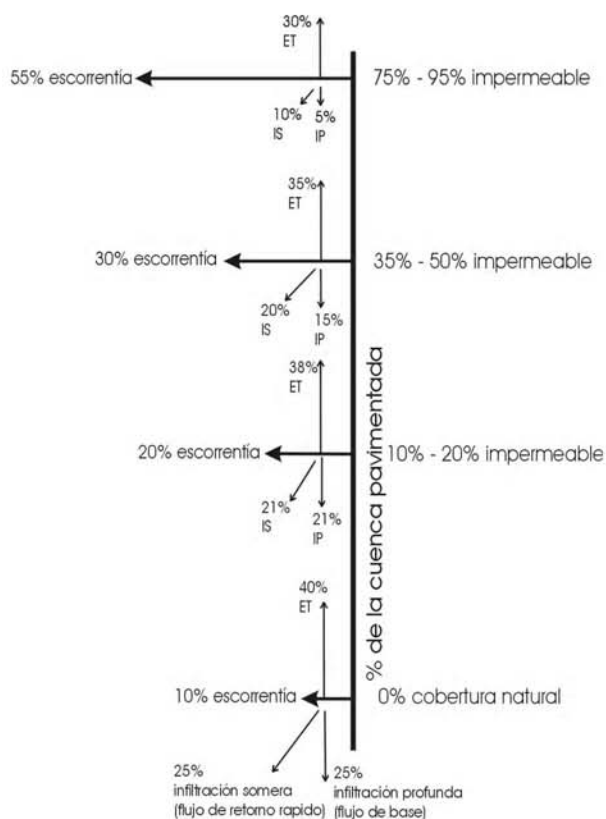
Como resultado de incremento gradual de los asentamientos humanos y la consecuente ocupación del suelo por las construcciones, los volúmenes escurridos de agua de lluvia no solo se incrementan debido a las condiciones de impermeabilización del suelo, sino que adicionalmente proceden a generar un barrido de las superficies como son techos, estacionamientos, patios aceras, etc, para seguir en su trayecto por las calles hasta las zonas bajas de confluencia en donde concentran todos los elementos extraños que encuentran a su paso, y que son susceptibles de ser solubilizados o bien arrastrados, como son basura, aceites y grasas provenientes de los automóviles, excretas, suelo, sedimentos, restos de materiales vegetales y de cualquier otra índole que pueda ser integrado a las corrientes. Este proceso afecta definitivamente la calidad del agua pluvial y por lo tanto las posibilidades para ser aprovechadas se reduce en la misma proporción a los niveles mostrados por la contaminación resultante. Desde este enfoque la calidad de los escurrimientos y almacenamientos de agua pluvial dependen en gran medida del grado de perturbación del entorno natural, es decir de las fuentes

no-puntuales.

Los escurrimientos pluviales que se generan tanto en la Sierra de Juárez como en las nuevas zonas de crecimiento, son un recurso con un enorme potencial de aprovechamiento, siendo factible la construcción de infraestructura complementaria para llevar a cabo aprovechamientos mediante el uso directo de almacenamientos o bien mediante las prácticas de recarga al acuífero, estas alternativas que han sido consideradas, representan una mitigación a las extracciones provenientes del acuífero del Hueco.

Las técnicas y procedimientos para el aprovechamiento de las aguas pluviales juegan un papel de gran importancia en la planeación estratégica de utilización de estas aguas. El diseño del Plan de Aprovechamiento, tiene como uno de sus principales objetivos, profundizar en el conocimiento de la calidad de las aguas pluviales que se generan en ciudad Juárez.

### VI.6.INFILTRACIÓN DE AGUAS PLUVIALES



**GRÁFICO VI.6.1 (1).- CAMBIOS TÍPICOS EN LA RELACIÓN ENTRE ESCORRENTÍA E INFILTRACIÓN CON EL INCREMENTO EN ÁREAS IMPERMEABLES.**

Infiltración de agua pluvial

## VI.6.1.PROCESOS DE URBANIZACIÓN

Cuando un área sin desarrollar cambia para dar paso a un área urbana, resultan cambios dramáticos en la hidrología local. La presencia de calles pavimentadas, edificios y estacionamientos, provoca que la cantidad de agua de lluvia que se puede infiltrar en el suelo se reduzca, consecuentemente, se incrementa el volumen de escorrentía de la cuenca. El Gráfico VI.6.1 (1) presenta una relación de escorrentía, infiltración y evaporación de la cuenca, cuando varían varios grados de cobertura impermeable, y la Tabla VI.6.1 muestra el porcentaje típico de cobertura impermeable según el uso de suelo del lugar.

Ya se ha mencionado que cuando un área se ha urbanizado, el patrón natural de drenaje pluvial es modificado de manera sustancial Tabla VI.6.1 (1), sobre todo cuando la escorrentía es encauzada hacia canales de desagüe. Estas modificaciones incrementan la velocidad de los escurrimientos, disminuyendo el tiempo requerido para transportarla hacia la salida de la cuenca. Al final esto da como resultado crestas más altas de descargas, así como tiempos más cortos

**TABLA VI.6.1 (1) - PORCENTAJES TÍPICOS EN ÁREAS IMPERMEABLES**

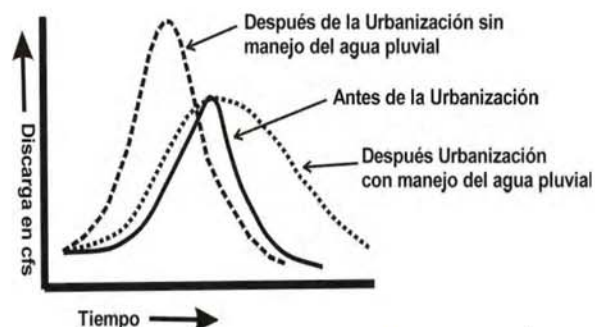
USO DE SUELO	% COBERTURA IMPERMEABLE
CENTRO COMERCIAL	95 - 100
ZONA RESIDENCIAL, ALTA DENSIDAD	60 - 75
ZONA RESIDENCIAL, DENSIDAD MEDIA	30 - 50
ZONA RESIDENCIAL, DENSIDAD BAJA	10 - 20
ÁREAS ABIERTAS	0 - 10

FUENTE: IMIP

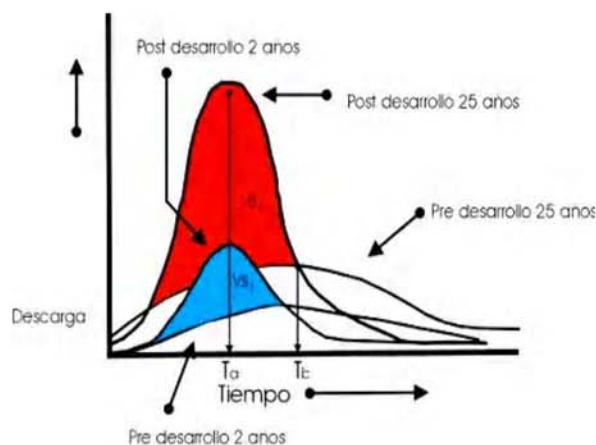
para alcanzarlas y con frecuencia se producen altos niveles de inundaciones.

En las Gráficas VI.6.1(2) y VI.6.1(3) se presentan Hidrógramas típicos de pre-desarrollo y post-desarrollo para la cuenca que ha sido urbanizada. El área debajo de cada hidrograma representa el volumen de escorrentía para cada evento particular de lluvia. El volumen en el incremento de la escorrentía después del desarrollo es significativo ya que influye en la capacidad hidráulica y en la estabilidad de las estructuras y canales aguas abajo, aunque también se observa un incremento de contaminantes a los cuerpos receptores.

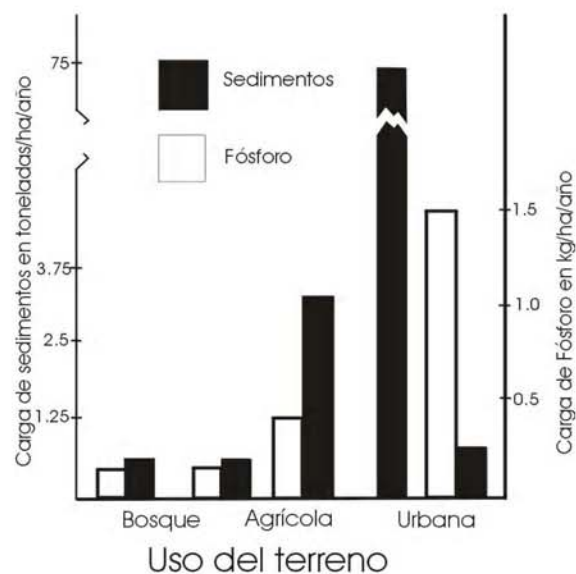
Los flujos más altos pueden causar inundaciones y tener efectos adversos en las corrientes naturales. Bajo condiciones naturales, una corriente experimenta una



**GRAFICA VI.6.1(2).- IMPACTO DE LA URBANIZACIÓN EN LAS CRESTAS DE ESCORRENTÍAS.**



**GRÁFICA VI.6.1(3).- HIDRÓGRAMAS TÍPICOS EN PRE Y POST DESARROLLO**



**GRAFICA VI.6.1(4).- USO DEL SUELO Y LA AFECTACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ESCORRENTÍA**



descarga en su capacidad total más o menos una vez cada dos años, mientras en la cuenca con desarrollo moderados la capacidad total de descarga de tres a cuatro veces por año. El flujo base en corrientes se ve afectado por los cambios hidrológicos provocados por la urbanización. Una gran parte del flujo base de una corriente proviene de infiltraciones someras. Como la infiltración somera se reduce por el incremento de cobertura impermeable, el volumen de agua disponible en el flujo base de una corriente, también se reduce. Estos cambios hidrológicos, combinados con el incremento de contaminantes, pueden provocar un efecto adverso en los ecosistemas acuáticos.

La urbanización causa un incremento en la cantidad de descargas de contaminantes en las escorrentías por dos razones principales. Primero, el volumen y la distribución de las escorrentías son incrementadas por el desarrollo de esta actividad, y segundo, algunos de los materiales que constituyen los contaminantes están presentes más frecuentemente cuando la intensidad del uso del suelo se incrementa

Todas las formas de uso de suelo afectan la calidad de agua, como se ilustra en el Gráfico VI.6.1(4). En un área sin desarrollo urbano, muchos procesos físicos, químicos y biológicos interactúan para atrapar, inmovilizar o alterar la mayoría de los materiales suspendidos y disueltos encontrados en las escorrentías. Cuando se intensifica el uso del suelo por el ser humano, estos procesos son interrumpidos. Las actividades del ser humano añade materiales a la

superficie de la tierra (plaguicidas, desechos de animales, grasas, aceites y metales pesados). Además exponen el suelo y otros materiales al incremento de la erosión.

Estos materiales que son deslavados por la precipitación y escorrentía, incrementando la carga de contaminantes que son acarreados a las aguas receptoras por la escorrentía.

En aguas pluviales existen dos tipos de fuentes de contaminación que afectan la calidad de la escorrentía: puntuales y no puntuales.

#### Fuentes puntuales

- Tienen ubicación específica
- La calidad de la escorrentía es casi constante
- Existen en regiones urbanas y rurales

#### Fuentes no puntuales

- No es posible identificar una fuente específica.
- La calidad de la escorrentía varía de un evento a otro
- Existen en regiones urbanas y rurales.

Algunos constituyentes típicos, y su importancia ambiental, presentes en fuentes no puntuales de contaminación se exponen en la Tabla VI.6.1 (2):

La calidad del agua pluvial en zonas urbanas en los Estados Unidos fue determinada por parte del programa nacional de escorrentía urbana (NURP, por sus siglas en inglés).

TABLA VI.6.1(3) CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE LLUVIA EN ZONAS URBANAS  
DE ESTADOS UNIDOS SEGÚN NURP

CONTAMINANTES	SUBURBIO NUEVE SITIOS NURP WASH, DC	AREAS URBANAS VIEJAS BALTIMORE	DISTRITO CENTRAL NEGOCIOS WASH, DC	NURP NACIONAL PROMEDIO ESTUDIO	BOSQUE HARDWOOD NORTE VIRGINIA	CARRETERA NACIONAL URBANA ESCORRENTÍA
<b>FÓSFORO</b>						
TOTAL	0.26	1.08		0.46	0.15	
ORTO	0.12	0.26	1.01		0.02	
SOLUBLE	0.16			0.16	0.04	0.59
ORGÁNICO	0.1	0.82		0.13	0.11	
<b>NITRÓGENO</b>						
TOTAL	2	13.6	2.17	3.31	0.78	
NITRATO	0.48	8.9	0.84	0.96	0.17	
AMONIA	0.26	1.1			0.07	
ORGÁNICO	1.25				0.54	
TKN	1.51	7.2	1.49	2.35	0.61	2.72
COD	35.6	163			>40.0	124
DBO (5 DÍAS)	5.1		36	90.8		
				11.9		
<b>METAL</b>						
ZINC	0.037	0.397	0.25	0.176		0.38
PLOMO	0.018	0.389	0.37	0.18		0.55
COBRE		0.105		0.047		

TABLA VI.6.1(2) CONSTITUYENTES TÍPICOS DEL AGUA PLUVIAL Y SU IMPORTANCIA AMBIENTAL

<b>NUTRIENTES</b>	
CONTAMINANTES:	FOSFATOS Y NITRÓGENO
FUENTES:	ESCORRENTÍA DEL PAISAJE URBANO (FERTILIZANTES, DETERGENTES, FOLLAJE ETC) Y ESCORRENTÍA AGRÍCOLA (FERTILIZANTES Y DESECHOS DE GANADO).
EFFECTOS:	LOS FOSFATOS SON EN GENERAL EL NUTRIENTE PRIMARIO DE MAYOR PREOCUPACIÓN EN SISTEMAS DE AGUA DULCE. EL NITRÓGENO ES UNA PREOCUPACIÓN PRIMARIA EN SISTEMAS DE AGUA SALADA, SIN EMBARGO, PUEDE SER PREOCUPANTE EN RÍOS TAMBIÉN. ESTOS NUTRIENTES ESTIMULAN EL CRE
IMPACTO:	NUTRIENTES PUEDEN CONTAMINAR FUENTES DE ABASTECIMIENTO.
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y SEDIMENTABLES</b>	
CONTAMINANTES:	SEDIMENTOS Y DESECHOS FLOTANTES
FUENTES:	SITIOS EN CONSTRUCCIÓN, CALLES Y ESTACIONAMIENTOS, SUELOS AGRÍCOLAS, Y OTROS SUELOS ALTERADOS. LA FUENTE DE LOS DESECHOS FLOTANTES ES POR LA BASURA EN LA CALLE Y POR MAL MANEJO EN LAS PRÁCTICAS DE DISPOSICIÓN DE LA BASURA.
EFFECTOS:	INCREMENTO EN TURBIDEZ Y DEPOSICIÓN DE SEDIMENTOS.
IMPACTO:	CUANDO LOS SEDIMENTOS SON DEPOSITADOS PUEDEN REDUCIR LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS, DESTRUIR EL HÁBITAT BENTÓNICO. LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS PUEDEN DISMINUIR LA TRANSMISIÓN DE LUZ EN EL AGUA, INTERFERIR CON LA RESPIRACIÓN Y DIGESTI
<b>METALES</b>	
CONTAMINANTES:	METALES PESADOS INCLUYE PLOMO, COBRE, CADMIO, ZINC, MERCURIO Y CROMO.
FUENTES:	ACTIVIDADES Y DESECHOS INDUSTRIALES, ASFALTO, AUTOMÓVILES, DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA, LIXIVIACIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DE AGUA PLUVIALES. MOVILIZACIÓN DE METALES POR MEDIO DE CAMBIOS QUÍMICOS COMO LA REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE OX
EFFECTOS:	INCREMENTO DE TOXICIDAD DE LA ESCORRENTÍA Y ACUMULACIÓN EN LA CADENA ALIMENTICIA.
IMPACTO:	LOS METALES SON BIOACUMULABLES Y AFECTAN ESPECIES SENSIBLES A METALES  PMM: METALES PESADOS Y METALES TRAZA EN ESCORRENTÍA DE CARRETERAS TIENEN SUS ORIGENES EN LA OPERACIÓN DE VEHÍCULOS CON MOTORES, DEPOSICIÓN DIRECTA Y DEGRADACIÓN DEL MATERIAL DE LA CARRETERA. LOS METALES MAS ABUNDANTES EN AGUA PLUVIAL SON PLOMO, ZINC Y CO  PARA MAXIMIZAR LA ELIMINACIÓN DE METALES PESADOS ES NECESARIO CONTEMPLAR MEDIDAS PARA PROMOVER LA SEDIMENTACIÓN DE PARTÍCULAS Y PREVER RESUSPENSIÓN. LA IMPLEMENTACIÓN DE HUMEDALES CON PLANTAS ACUÁTICAS ADECUADAS AYUDA A REMOVER METALES DISUELTOS DISMINUYE
<b>HIDROCARBUROS</b>	
CONTAMINANTES:	GRASAS Y ACEITES, TPH'S, PAH'S.
FUENTES:	ESTACIONAMIENTOS Y CALLES, DERRAME DE ACEITES, EMISIONES DE AUTOMOTORES, DISPOSICIÓN ILEGAL DE DESECHOS DE ACEITES.
EFFECTOS:	APARIENCIA DEGRADADA DE LA SUPERFICIE DEL AGUA, LIMITACIÓN DE INTERACCIÓN AGUA/AIRE, LO CUAL RESULTA EN UNA DISMINUCIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO. LOS HIDROCARBUROS TIENEN UNA AFINIDAD FUERTE CON LOS SEDIMENTOS Y SON RÁPIDAMENTE ABSORBIDOS Y TRANSPORTADOS POR
IMPACTO:	LOS HIDROCARBUROS SON TÓXICOS PARA ESPECIES SENSIBLES EN CONCENTRACIONES MUY BAJAS.

National Urban Run Off Program (NURP)



El resumen de los contaminantes encontrados se ha listado en la Tabla VI.6.1(3). Otras caracterizaciones de escorrentías urbanas fueron reportadas en la literatura, por ejemplo Brown (1990), reportó que el rango de las concentraciones de contaminantes en agua pluvial varía desde la calidad de agua potable hasta la de agua residual a causa de la gran variedad de fuentes de contaminantes en regiones urbanas. Los rangos típicos se encuentran resumidos en la Tabla VI.6.1(4).

**TABLA VI.6.1(4). CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE EN ZONA URBANA, SEGÚN BROWN (1990).**

PARÁMETRO	RANGO
DBO	1 - 700 MG/L
TOC	1 - 150 MG/L
DOC	5 - 3,100 MG/L
SS	2 - 11,300 MG/L
SÓLIDOS TOTALES	200 - 14,600 MG/L
SÓLIDOS VOLÁTILES	12 - 1,600 MG/L
SÓLIDOS	0.5 - 5,400 MG/L
NITRÓGENO ORGÁNICO	0.01 - 16 MG/L
TKN	0.01 - 4.5 MG/L
NH <sub>3</sub> -N	0.1 - 2.5 MG/L
NO <sub>3</sub> -N	0.01 - 1.5 MG/L
PO <sub>4</sub> SOLUBLE	0.1 - 10 MG/L
PO <sub>4</sub> TOTAL	0.1 - 125 MG/L
CLORO	2 - 25,000 MG/L
ACEITES	0 - 110 MG/L
FENOLES	0 - 0.2 MG/L
PLOMO	0 - 1.9 MG/L
COLIFORMES TOTALES	1.2 - 200 X 10 <sup>6</sup> /100 ML
COLIFORMES FECALIS	112 - 55 X 10 <sup>6</sup> /100 ML
ESTREPTOCOCOS	146 - 200 X 10 <sup>6</sup> /100 ML

## VI.6.2. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE AGUAS PLUVIALES

Existen varios métodos para determinar la calidad de las aguas pluviales y que puede ser utilizados en las zonas urbanas, el principal método es el monitoreo de áreas residenciales y comerciales (Pitt et al., 1993, Lalor, 1994). Estudios relacionados con la calidad y aprovechamiento del agua pluvial se han llevado a cabo en varias regiones de los Estados Unidos (Kuilterberg et al., 1998, Yoder et al. 2000, Pitt et al., 2000, entre otros.). Normalmente estos estudios se realizaron por varios años para determinar la fluctuación de la calidad del agua pluvial natural. Un método frecuentemente utilizado para estimar la carga anual de contaminantes en agua pluvial, es el basado en el modelo "Watershed Management Model" (WMM) y sus diferentes sub-modelos (Kuilterberg et al. 1998).

En algunas zonas destinadas para el desarrollo urbano de la ciudad existe la posibilidad; de incluir sistemas de recarga. Sin embargo uno de lo principales problemas al que nos enfrentamos en México, es la falta de normatividad en materia de recarga artificial de acuíferos. Ante esta ausencia normativa para recomendar las prácticas de infiltración inducida en nuestra ciudad, se presentan los resultados del estudio de "Caracterización de las Aguas Pluviales de Cd. Juárez" realizado por el IMIP con la colaboración de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, el cual ha tenido como principal objetivo el de generar información básica que permita dar una idea sobre la calidad del agua de las escorrentías en zonas no urbanizadas y las ya urbanizadas, y de las características de diseño que debe procurarse para la construcción de las estructuras hidráulicas de infiltración. Es necesario pensar en que los vasos de captación actuales y futuros requieren contar con estructuras para el pre-tratamiento de los escurrimientos, a fin de aprovechar mas eficientemente el agua disponible y que ésta cuente con la calidad requerida para la recarga del acuífero de una manera eficaz y segura.

Las prácticas de infiltración inducida generadas hasta la fecha (pozos de absorción), no contemplan los cuidados necesarios para eliminar los contaminantes que arrastra el agua pluvial, y por supuesto, evitar la contaminación a los acuíferos, tal como ya se ha comentado en el apartado VI.1.3.5, el cual define el volumen que se recibe de recarga el acuífero somero, siendo el más expuesto a la contaminación y que cede al acuífero profundo a través de goteo, un flujo de 63.5 Mm<sup>3</sup>/año, representando el 66.24% del volumen total que ingresa al acuífero somero y que finalmente es cedido al profundo. Este volumen amortigua lo que podrían ser, muy fuertes abatimientos causados por la sobre-explotación del acuífero profundo y aunque es posible que genere problemas de calidad, de no ser por este volumen, el acuífero profundo tendría serios problemas de abatimiento y probablemente aún mayores de calidad del agua.

De acuerdo con los datos que se enuncian, las aguas provenientes del acuífero somero tendrán un significativo impacto en el mediano y largo plazo sobre el profundo bajo las condiciones actuales en que se da la dinámica de la recarga al somero, y las concentraciones de contaminantes que posiblemente le puedan ingresar, sin embargo al establecer sistemas de recarga inducida de mayor proporción, sin los cuidados de la calidad del agua a infiltrar, es previsible



Infiltración de agua pluvial

un impacto mayor y por lo tanto una aceleración en la degradación del acuífero profundo.

Finalmente como ya se ha mencionado la calidad del agua pluvial en los almacenamientos, dependerán de su entorno y de las fuentes no puntuales presentes. Aún para el uso directo de las aguas pluviales que sean almacenadas en diques, es recomendable que se propicie un tratamiento mínimo que evite la degradación paulatina del agua mientras se encuentra almacenada y la utilización de estos volúmenes en tiempos cortos, con el fin de reducir la contaminación por exposición prolongada.

### VI.6.3. CALIDAD DEL AGUA PLUVIAL

#### VI.6.3.1. GENERALIDADES

La preocupación por encontrar fuentes de abastecimiento de agua ha provocado que en la actualidad exista gran interés en el aprovechamiento de aguas pluviales, sin importar los volúmenes. Con frecuencia se piensa que el aprovechamiento de aguas pluviales solamente es aplicable en áreas húmedas, con altos volúmenes de precipitación, sin embargo se han combinado tecnologías disponibles para acumular las lluvias esporádicas incidentes en zonas con climas extremos y áridos, para su posterior recuperación y utilización. En su estudio, Heaney et al. (1999), concluyeron que para zonas áridas de Estados Unidos el uso de agua pluvial en actividades de agricultura requiere de combinación del uso de la tecnología ASR y tratamiento de aguas grises.

Heaney et al. (1999) exponen los beneficios de la utilización de aguas pluviales: que representa una fuente alterna de suministro de agua, elimina la necesidad de la perforación de nuevos pozos de abastecimiento, representa un recurso local y disminuye o elimina gastos de operación derivados de sistemas de tratamiento de aguas residuales y su posterior distribución. Herrmann et al. (1996) determinaron que la utilización de aguas pluviales puede proveer hasta un 30-50% del agua residencial. Por su parte el Distrito de Florida en los Estados Unidos, visualiza el aprovechamiento de aguas pluviales como una manera de incrementar la disponibilidad de agua con tratamientos menos complejos, mediante una etapa de almacenamiento previo y tiempos de residencia de 14 días en el subsuelo con una remoción de sólidos del 50-70% antes de entrar al sistema de tratamiento para su potabilización.

Las aguas pluviales, en tanto no sean captadas en diques o pozos de infiltración, son consideradas posibles fuentes no puntuales de contaminación de cuerpos de aguas subterráneos y superficiales. La EPA ha estimado que el 60% de los problemas de calidad del agua en éste país son causados por fuentes no puntuales.

El término de “fuente no puntual de contaminación” fué creado por el organismo federal Clean Water Act para distinguirla de “Fuentes puntuales” como son descargas industriales y residuales, e incluye escorrentías asociadas a actividades agrícolas, urbanas, lluvia o nieve que arrastran contaminantes y las incorporan a los cuerpos subterráneos de agua. Si no existen medidas preventivas en el aprovechamiento de aguas pluviales pueden presentarse impactos negativos relacionados al deterioro de la calidad del medio ambiente, como consecuencia de la incorporación al ecosistema de contaminantes antropogénicos tales como aceites, fertilizantes y plaguicidas; así como otros elementos naturales acarreados por arrastre (por ejemplo fósforo). Los impactos al ecosistema (degradación de lagos, ríos y humedales) generan a su vez costos económicos debido a una disminución del valor de propiedades, infraestructura para abastecimiento de agua, disminución del turismo y por consiguiente ingresos comerciales (Maine Department of Environmental Protection Bureau of Land and Water Quality, 1 de octubre de 2002).

El aprovechamiento de aguas pluviales requiere de controles técnicos, tanto a nivel de almacenamiento, como de pretratamiento y tratamiento (Heaney and Wright, 1997), por lo que es importante determinar los efectos causados por la concentración inicial del agua pluvial, el cambio de concentración por efecto de almacenamiento y del régimen de mezclado, de la naturaleza de los sólidos suspendidos y la infraestructura de control del sistema de tratamiento.

Lo anterior implica la aplicación de una normatividad comparativa que indique la calidad y aplicación que puede darse al agua de lluvia. Existen varias reglamentaciones para el aprovechamiento de aguas pluviales, cuyas diferencias surgen de las prioridades del estado o país gestor: disponibilidad de agua, actividades de atención por sus requerimientos de agua, recursos para aplicación de infraestructura, etc. Lo que es indudable es el objetivo de tales normatividades: el verificar y regular la calidad de las aguas pluviales para controlar la carga de



contaminantes a cuerpos receptores naturales de agua y/o actividades que impliquen la reutilización del agua pluvial. Varios estudios identifican a ciertos parámetros como representativos para incluirse en el control de la calidad de aguas pluviales: nutrientes (nitrógeno, fósforo, metales, hidrocarburos, microorganismos); llegando a ser específicos según la utilidad que se le dará al agua pluvial.

#### **VI.6.4. PROCESO DE COLMATACIÓN**

La recarga artificial en un vaso de captación se da mediante el contacto directo del agua captada con respecto al medio poroso del suelo que constituye el fondo de la estructura de almacenamiento. En tanto que en los pozos de infiltración, el área de contacto solo es el perímetro que se encuentra penetrando el suelo a una determinada profundidad, por lo tanto las tasas de carga hidráulica son altas en las zonas contiguas al pozo, siendo así que aún las bajas concentraciones de sólidos suspendidos pueden llevar a un colmatamiento de los poros en las paredes del pozo.

En los procesos de infiltración, el proceso de colmatamiento (taconamiento) es uno de los problemas más serios en la operación de los sistemas de recarga de los acuíferos. De ahí que se haga énfasis en la necesidad de tomar conciencia respecto a la prevención y dar mantenimiento a esta parte del proceso.

De tiempo atrás a la fecha, la Dirección de Obras Públicas del Municipio, ha insistido en condicionar el manejo del agua pluvial en los nuevos desarrollos con la construcción de obras de infiltración, integrando los vasos de captación con superficies aledañas que son utilizadas como áreas recreativas. Esto no es incompatible desde el punto de vista de la necesidad de impulsar el aprovechamiento del agua a consecuencia de una cada vez menor disponibilidad del agua en la región la necesidad de contar con equipamiento urbano al mismo tiempo. Sin embargo las obras construidas por los desarrolladores urbanos, son diseñadas sin contar con criterios y lineamientos técnicos de diseño y supervisión alguna, y lo que es aún peor, sin considerar que no existe por parte del municipio una oficina que otorgue el servicio de operación y mantenimiento que requieren este tipo de estructuras. Por otra parte la infiltración del agua se lleva a cabo, por lo menos por el periodo en que las fosas de absorción se mantienen en funcionamiento, sin observar prácticas de manejo adecuadas para

prevenir la contaminación del Sistema Acuífero, siendo que en algunos casos, se encuentra muy cercano a la superficie.

De acuerdo con datos aportados por la Dirección de Obras Públicas del Municipio<sup>9</sup>, existen aproximadamente a la fecha 200 pozos de absorción, la Comisión Nacional del Agua tiene registrados alrededor de 29 diques y 11 bordos en los cuales se lleva en mayor o menor grado procesos de infiltración natural. En realidad no se conoce la magnitud de la eficiencia de estas obras respecto a su capacidad de recarga, debido a que no existe un procedimiento de registro, control, inspección y mantenimiento de las estructuras hidráulicas ya mencionadas. Si se toma en cuenta el estudio Sistema Integral de Regulación y Drenaje Pluvial para Cd. Juárez, realizado por la Comisión Nacional del Agua, el Municipio y el Instituto Municipal de Investigación y Planeación este documento claramente indica que la mayor parte de los diques y bordos, se encuentran con importantes grados de azolve, lo que indica una pobre o nula capacidad de los vasos para que se de la infiltración, debido a la acumulación de materiales de arrastre, en su mayoría finos que son depositados en el fondo de los vasos de captación y que evitan el proceso de infiltración del agua pluvial debido a la colmatación de la superficie porosa del suelo que se encuentra en contacto inmediato.

Uno de los aspectos que quizá atenúa esta baja capacidad y eficiencia de infiltración en los vasos de captación, es el que varios de ellos fueron diseñados y construidos con estructuras de desfogue y vertedores de demasías, con objeto de que sirvieran como vasos reguladores, siendo así que, al derivarse los escurrimientos aguas abajo, en su trayecto encuentran superficies adecuadas que facilitan la infiltración, siendo esta circunstancia la que finalmente ha favorecido este proceso.

En el caso de los denominados vasos de captación-absorción en los fraccionamientos y que actualmente funcionan como parques durante el tiempo de secas, al no contar con el mantenimiento adecuado los procesos de colmatación han inhibido totalmente su función de estructuras infiltrantes para pasar a ser consideradas estructuras de alto riesgo, en donde ya existen casos de muertes accidentales por ahogamiento y graves problemas de salud pública.

<sup>9</sup> Ing. Luis Soria, Panorama pluvial de la Ciudad, CTI 17 Reunión ordinaria -2002



## Infiltración de agua pluvial

El desarrollo de colmatación de un pozo de absorción o de un sistema de infiltración forzada o de inyección, es el resultado de la interacción de la fuente de agua, los constituyentes de la misma y el medio poroso. Las tasas de recarga declinan a medida que la presión de penetración o bien de inyección se incrementan para mantener un flujo constante, provocando la obturación del medio poroso. La colmatación ocurre como resultado de uno o más procesos físicos, químico o biológicos:

- La filtración de sólidos suspendidos
- El crecimiento microbiano
- La precipitación química
- El asentamiento y dispersión de las arcillas
- El aire atrapado y el ligamiento gaseoso
- La movilización y reacomodo de las partículas de los finos del acuífero

En las prácticas de infiltración por diferentes métodos realizados en 40 sitios de Australia<sup>10</sup>, se reporta que en el 80% de los casos, las eficiencias en la infiltración

se tuvo problemas de colmatación (Clogging), en donde la filtración de los sólidos suspendidos de diferente naturaleza (partículas orgánicas e inorgánicas), fue el problema más frecuentemente reportado. En la Figura VI.6.4 se puede ver de manera esquemática la manera como se da la colmatación por aire atrapado y la filtración de sólidos suspendidos.

En el caso de los pozos de infiltración, es factible que microorganismos nativos pueden crecer y multiplicarse alrededor del pozo de inyección, en donde existe suficiente materia orgánica, nutrientes y oxígeno presente, produciendo un biopelícula de polímeros extracelulares (polisacáridos) que reducen la permeabilidad del acuífero. Cuando existe una presencia de niveles altos de iones libres de manganeso y hierro en presencia de oxígeno, pueden estimular a la bacteria *Gallionella* y *Leptothrix*, para producir precipitados que provoquen el colmatamiento.

En las Tablas VI.6.4 (1) y (2) se presenta un resumen

TABLA VI.6.4 (1)

REPORTES DE COLMATACIÓN	PORCENTAJE (%)
FORMAS DE COLMATACIÓN CONOCIDAS	65
FORMAS DE COLMATACIÓN DESCONOCIDAS	15
SIN PROBLEMAS DE COLMATACIÓN	20

FUENTE: NWQM

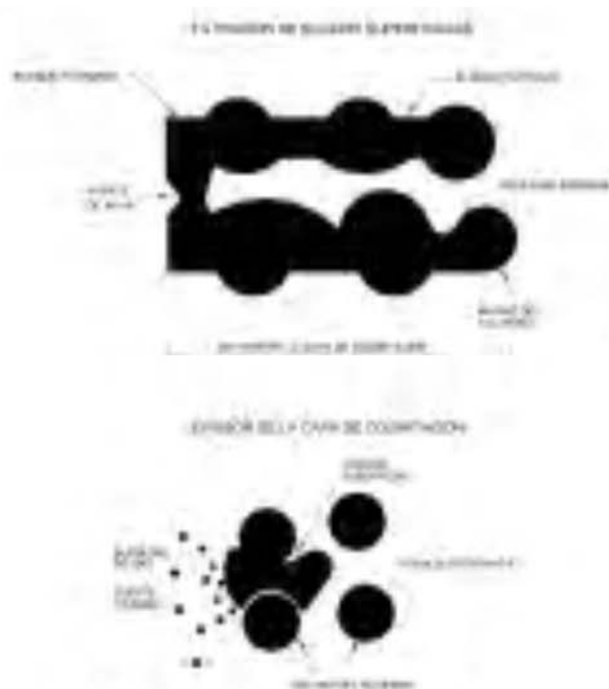
TABLA VII.6.4 (2)

	PORCENTAJE (%)
FILTRACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS	50
CRECIMIENTO MICROBIANO	15
PRECIPITACIÓN QUÍMICA	10
ASENTAMIENTO DE ARCILLAS Y DISPERSIÓN	5
AIRE ATRAPADO	10
CONGESTIONAMIENTO MECÁNICO Y MOVILIZACIÓN DE SEDIMENTOS DEL ACUÍFERO	5
OTRAS FORMAS	5

FUENTE: NWQM

del reporte de colmatación encontrado en los 40 sitios de Australia

De esta manera podemos concluir, que los procesos de colmatación, son uno de los problemas potenciales más serios a los que se enfrentan las instituciones encargadas de operar las estructuras de infiltración.



**FIGURA VI.6.4 COLMATACIÓN POR AIRE ATRAPADO**

<sup>10</sup> Guidelines on the Quality of Stormwater and Treated Water for Injection into Aquifers for Storage and Reuse, Report No. 109 Centre for Groundwater Studies 63 A



## VI.6.5. APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES: ASR (ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE AGUA EN EL ACUÍFERO)

El Almacenamiento y Recuperación de agua infiltrada al Acuífero (Proceso ASR, por sus siglas en inglés) actualmente es una tecnología utilizada para almacenar grandes volúmenes de agua dulce en el subsuelo; especialmente en muchas áreas donde se requiere proporcionar almacenamiento al agua captada en cuerpos superficiales.

ASR constituye una herramienta de manejo del agua, en la cual se utiliza los acuíferos subterráneos como un depósito para almacenar el exceso de agua superficial. Comúnmente en estos procesos, las zonas del acuífero que contienen agua salobre son diluidas y hasta un cierto grado se limpia por su dilución con el agua dulce. El agua dulce se puede almacenar en diferentes niveles de tratamiento dependiendo de los reglamentos aplicables y el grado de contaminación del agua que será almacenada. Posteriormente es posible que ésta agua tratada y almacenada sea extraída para su distribución a la población.

En un sistema de ASR el agua esta almacenada en formaciones geológicas subterráneas con agua (acuíferos de arena, arena con arcilla, grava, areniscas y/o caliza, entre otros). El agua que se almacena desplaza el agua natural presente en el acuífero, formando una gran burbuja alrededor del pozo. Esta burbuja normalmente se encuentra confinada por arriba y por abajo, por horizontes que no producen agua (sin embargo también existen sitios con ASR en acuíferos no confinados). Las cantidades de agua que pueden ser almacenadas de esta manera varían entre los 50 mil m<sup>3</sup> para pozos de ASR individuales, hasta más de 10 Mm<sup>3</sup> en baterías de pozos de ASR.

En zonas donde el nivel del agua subterránea ha sido reducido o el recurso es amenazado por la entrada de agua salada, se pueden aplicar los principios de ASR para recargar el acuífero. El agua recargada se puede recuperar a través de los mismos pozos usados para inyectar el agua o a través de otros pozos cercanos. En el caso de la recuperación usando pozos lejanos, la localización y el diseño de los pozos de recarga deben ser seleccionados cuidadosamente.

El sistema ASR, es una tecnología de almacenamiento del agua que se ha ganado la aceptación de los

planificadores y de los científicos del recurso agua en todo el mundo. Por lo que proyectos de ASR están funcionando en varios lugares de los Estados Unidos, Australia y Europa, entre otros. La tecnología ASR implica la inyección del agua disponible a través de pozos perforados hasta los acuíferos designados para almacenamiento de agua. La recuperación subsecuente del agua almacenada se lleva a cabo con la ayuda de los mismos pozos, generalmente en periodos de sequía o de mayor demanda (Figura VI.6.5). La principal ventaja por la que actualmente se ha visto una acelerada implementación de la tecnología de ASR en todo el mundo es el bajo costo del abastecimiento del agua (hasta menos de la mitad de costos por manejo del agua en comparación a otras fuentes alternativas de abastecimiento). Mientras que otras alternativas requieren la construcción de plantas de tratamiento de agua y depósitos superficiales para satisfacer las demandas de agua, la implementación de pozos ASR representa más del 90 por ciento de ahorro. Otra ventaja que presenta la tecnología ASR es su empatía con el medio ambiente y los ecosistemas acuáticos y terrestres.

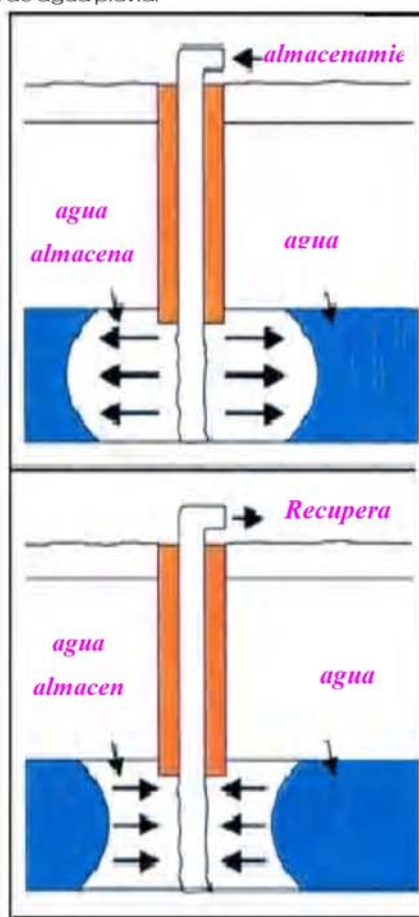
Existen muchos desafíos para los planificadores y científicos que deben cubrir respecto a la tecnología de los pozos ASR. Antes del desarrollo de una infraestructura de un ASR con magnitud regional, debe realizarse una fase de evaluación de aspectos técnicos y normativos: Es importante conocer aspectos hidrogeológicos, hidrológicos e hidroquímicos, así como instalaciones experimentales de ASR y procedimientos para la evaluación de variabilidad y eficacia de las instalaciones, antes de considerar a la tecnología ASR como opción regional de almacenamiento de agua.

Los niveles freáticos de las zonas de almacenamiento varían desde 10 metros hasta más de 200 metros por debajo de la superficie. La calidad natural del agua en estas zonas llega a tener calidad de agua para uso potable, sin tratamiento requerido, aunque puede encontrarse agua salobre con concentraciones en sólidos totales disueltos de hasta 5000 mg/l. Por ejemplo se comprobó que ASR es factible y altamente costeable para almacenar agua potable en un acuífero que contiene agua salada.

La mayoría de las zonas de almacenamiento utilizadas para ASR, en los estudios realizados, contienen uno o más constituyentes en límites superiores a la calidad de agua apta para un uso potable directo, por lo que se requiere tratamiento. Estos constituyentes pueden



Infiltración de agua pluvial



**FIGURA VI.6.5. - FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ASR.**  
FUENTE: UWRAA, AUSTRALIA

incluir al hierro, manganeso, fluoruros, sulfatos y cloruros, entre otros.

Los perfiles geofísicos aplicados en la zona de interés para la infiltración del agua requieren presentar condiciones favorables relacionadas con:

- Transmisividad y permeabilidad del material
- Espesor suficiente en la zona no saturada por encima de la zona de ASR para contar con una zona de protección para posibles derrames en la superficie

#### VI.6.6. CALIDAD DE AGUAS PLUVIALES, INFILTRACIÓN Y USO AGRÍCOLA EN OTROS PAÍSES

La experiencia del uso de ASR se sintetiza a países pertenecientes a Estados Unidos, Israel, los países nórdicos de Europa, y Australia, donde se está aplicando la inyección y/o infiltración de agua. En

éstos casos los países comparten la necesidad de aprovechar aguas de lluvia y/o agua residual tratada debido a características de baja disponibilidad de agua, y períodos aislados de lluvia. Dependiendo de las necesidades de agua inherentes a cada país los lineamientos presentan diferentes grados de restricción tanto en calidad de agua para ser infiltrada, como para ser reutilizada.

Aún cuando los lineamientos de protección de acuíferos se encuentran bien establecidos en Europa, la inyección del agua no es un proceso con fines generales, por eso en la mayoría de países los lineamientos de inyección de agua están diseñados para cubrir los requerimientos para cada sitio en específico: tratamiento para recarga de acuífero, almacenamiento como proceso para tratamiento microbiológico y su posterior extracción, potabilización de aguas de ríos, etc.

Los Estados Unidos tienen su enfoque para ASR de agua tratada en el uso de sistemas de tratamiento para el reuso del agua residual, con estándares de calidad de agua potable, y existen muy pocos ejemplos de recarga usando agua pluvial para el uso no potable (Jonson y Pyne, 1995). La EPA de los Estados Unidos desarrolló lineamientos para la inyección de agua tratada, diseñados para la protección de la salud humana y la calidad del agua subterránea.

En éstos lineamientos de reuso del agua (USEPA, 1992) la inyección del agua en el acuífero para el uso no potable esta permitida, pero existe preferencia por otras formas de recarga, las cuales involucran el paso de agua por el suelo, con valores considerables de atenuación de contaminantes orgánicos e inorgánicos en la zona no saturada, hasta niveles de calidad agua potable.

Existen muy pocas investigaciones relacionadas con cantidades de atenuación de contaminante en la zona saturada en un medio poroso y por otra parte los lineamientos de la EPA ignoran procesos de tratamiento que ocurren de manera natural en los acuíferos, lo cual implica la utilización de procesos de tratamiento de y de tecnología de punta y costos elevados.

La EPA permite el reuso indirecto para agua potable, posterior a la inyección, en base a la evaluación del impacto para la salud de un esquema de reuso establecido en Whittier Narrows, California (State of California, 1987). En éste esquema el abastecimiento



contenía cantidades significativas de agua tratada, por lo que se requirió tratamiento terciario del agua residual (National Research Council, 1994).

En Australia, los lineamientos para el manejo de agua pluvial fueron establecidos en el año 1994 por parte del Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand ARMCANZ y Australian and New Zealand Environment and Conservation Council ANZECC (National Water Quality Management Strategy, 1994). En éstos lineamientos la ARMCANZ y la ANZECC promueven el valor del agua pluvial como una fuente alterna de agua con uso potencial en la recarga de acuíferos con áreas urbanas próximas, sin deterioro de la calidad de agua del acuífero. Los lineamientos australianos no proporcionan una guía adicional relacionada con la calidad del agua pluvial para la recarga artificial, pero contienen indicaciones de medidas para el mejoramiento de la calidad de agua pluvial de origen urbano y su posterior asociación a otros usos consuntivos.

Contiene además, medidas para la implementación del monitoreo y seguimiento, como parte de una estrategia general de manejo del agua pluvial:

- a) Manejo de la colmatación (clogging)
- b) Protección o mejoramiento de la calidad del agua subterránea
- c) Asegurar que la calidad del agua recuperada coincida con los límites permisibles dependiendo de su uso final.

Los requerimientos y consideraciones para cumplir con estos objetivos son:

- a) Periodo de prueba de aproximadamente tres años de inyección, o la media del tiempo necesario desde que el agua inyectada llegue al acuífero, o a otros ecosistemas;
- b) Pre-tratamiento, depende del uso que se va a dar al agua.
- c) Monitoreo y lineamientos para determinar concentraciones máximas de contaminantes del agua inyectada;
- d) Tiempo mínimo de residencia; y
- e) Calidad del agua pluvial y su cumplimiento con la normatividad australiana

Los lineamientos australianos para la calidad de agua pluvial y agua residual tratada para la inyección en acuíferos para el almacenamiento y reuso (UWRAA,

1996) difieren de los aplicados en otras partes del mundo como los Estados Unidos o Europa en que su objetivo esencial no es el de llevar a un grado de potabilidad el agua a infiltrar, sino que consideran los procesos naturales que suceden en los acuíferos dentro del proceso de tratamiento del agua. La normatividad australiana hace una diferenciación, en contraste con la normatividad estadounidense, la cual básicamente solo permite infiltrar agua de calidad potable. Este se puede considerar como la gran ventaja de la normatividad australiana en comparación con otras normatividades existentes.

La Tabla VI.6.6(1) indica concentraciones típicas de contaminantes presentes en agua pluvial y agua residual, establecidos por la ARMCANZ y la ANZECC, y su asociación a diversos usos.

Los datos son el resultado del trabajo de Pavelic y Dillon (1995), relacionados al estudio de calidad de agua pluvial en 18 sitios ubicados en Australia.

La Tabla VI.6.6.(2) presenta los lineamientos para uso como agua potable y/o agua de irrigación, así como un resumen de porcentajes de cumplimiento para los estándares de las aguas pluviales y residuales, previo a su infiltración. Aquí pueden observarse algunos parámetros que nunca cumplen con los lineamientos para agua potable: amonio, aluminio, cadmio, cromo, fierro, plomo y coliformes fecales. Nitratos y nitritos en agua residual exceden ocasionalmente los lineamientos para su reuso en agua potable; mientras que los límites permisibles para uso en irrigación ocasionalmente fueron rebasados para cadmio, cobre, fierro, plomo, zinc y coliformes fecales.

**TABLA VI.6.6 (1) CONCENTRACIONES TÍPICAS DE CONTAMINANTES PRESENTES  
EN AGUAS PLUVIALES EN 18 SITIOS DE AUSTRALIA (ARMCANZ Y ANZECC)**

PARÁMETRO	AGUA PLUVIAL RANGO	AGUA PLUVIA PROMEDIO	AGUA RESIDUAL RANGO	AGUA RESIDUAL PROMEDIO
PH	6.7-8.5 <sup>10</sup>	7.7	6.9-8.7 <sup>10</sup>	7.6
CE (MS/CM)	197-8140 <sup>7</sup>	3250		
STD	44-208 <sup>10</sup>	118	520-4940 <sup>9</sup>	1950
CALCIO	20-38.6 <sup>3</sup>	26.8	21-236 <sup>5</sup>	114
MAGNESIO	3-15 <sup>3</sup>	8.7	2.8-157 <sup>5</sup>	59.2
SODIO	12-116 <sup>3</sup>	54	41-1540 <sup>5</sup>	56.1
POTASIO	4.6-5.8 <sup>3</sup>	5	8.1-37 <sup>3</sup>	18.6
SULFATOS	Aug-54	146	5.5-152 <sup>4</sup>	67
CLORUROS	15-173 <sup>5</sup>	62	38-494 <sup>3</sup>	223
N-NH <sub>3</sub>	0.03-6.8 <sup>14</sup>	0.9	1.6-27.7 <sup>11</sup>	11.5
N <sub>T</sub>	0.6-5.6 <sup>15</sup>	2.1	6.1-44.2 <sup>11</sup>	20.3
N-NO <sub>3</sub>	0.1-6.2 <sup>13</sup>	1.5	0.1-19.5 <sup>4</sup>	6.4
N-NO <sub>2</sub>	0.1-0.3 <sup>3</sup>	0.1	0.5-1.1 <sup>3</sup>	0.9
FÓSFORO-P	0.4.2 <sup>10</sup>	0.5	2.3-9 <sup>4</sup>	5.5
ALUMINIO	0.3-1.4 <sup>2</sup>	0.9	0.1-2.6 <sup>8</sup>	0.5
ARSÉNICO	0-0.003 <sup>3</sup>	0.002	0.004-0.007 <sup>2</sup>	0.006
BORO	0.08-0.17 <sup>2</sup>	0.13	0.6-2.7 <sup>2</sup>	1.7
CADMIO	0-0.011 <sup>9</sup>	0.003	0-0.002 <sup>11</sup>	0.001
CROMO	0-0.58 <sup>10</sup>	0.07	0-0.1 <sup>11</sup>	0.02
COBRE	0-0.48 <sup>11</sup>	0.08	0.001-0.12 <sup>11</sup>	0.04
FIERO	2.4-7.3 <sup>3</sup>	4	0.03-1.6 <sup>9</sup>	0.5
PLOMO	0-0.53 <sup>11</sup>	0.25	0-0.03 <sup>11</sup>	0.01
MANGANESO	0.04-0.11 <sup>4</sup>	0.08	0.02-0.08 <sup>10</sup>	0.04
ZINC	0.02-2.58 <sup>10</sup>	0.91	0.0-026 <sup>11</sup>	0.09
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	6-476 <sup>13</sup>	164	11-250 <sup>10</sup>	65
TURBIDEZ (NTU)	12-34 <sup>4</sup>	18		
COT	5.8-61 <sup>8</sup>	23.6	14-61 <sup>8</sup>	37.5
DBO	,3-73 <sup>10</sup>	23	,8-80 <sup>10</sup>	25
SURFACTANTES	0.2-0.45 <sup>3</sup>	0.35	0-05 <sup>8</sup>	0.3
COLIFORMES TOTALES	4000-11700000 <sup>3</sup>	3900000	1000-16500 <sup>3</sup>	8200
COLIFORMES FECALIS	0-600000 <sup>10</sup>	150000		



TABLA. IV.6.6. (2) LINEAMIENTOS EN AUSTRALIA, PARA USO COMO AGUA POTABLE Y/O AGUA DE IRRIGACIÓN,  
ASÍ COMO UN RESUMEN DE PORCENTAJES DE CUMPLIMIENTO DE LAS AGUAS PLUVIALES Y RESIDUALES PREVIO A SU INFILTRACIÓN

PARÁMETRO	AGUA POTABLE	NWQMS	LINEAMIENTOS		AGUA PLUVIAL	RANGO	PROMEDIO	AGUA RESIDUAL	% DE ANÁLISIS QUE CUMPLE CON LOS LINEAMIENTOS		AGUA PLUVIAL		AGUA RESIDUAL	
			IRRIGACIÓN	GANADO							POTABLE	IRRIGACIÓN	POTABLE	IRRIGACIÓN
PH	6.5-8.5 (MG/L)	6.5-8.5	4.5-9			6.7-8.5 <sup>10</sup>	7.7	6.9-8.7 <sup>10</sup>	7.6	100	100	100	90	100
CE (MS/CM)						197-8140 <sup>1</sup>	3250							
STD	500 <sup>1</sup>	1000	B	3000		44-208 <sup>10</sup>	118	520-4940 <sup>1</sup>	1950	100			0	
CALCIO				1000		20-38.6 <sup>1</sup>	26.8	21-236 <sup>1</sup>	114					
MAGNESIO						3-15 <sup>1</sup>	8.7	2.8-157 <sup>1</sup>	59.2					
SODIO	180 <sup>1</sup>	300	B			12-116 <sup>1</sup>	54	41-1540 <sup>1</sup>	56.1	100			65	
POTASIO						4.6-5.8 <sup>1</sup>	5	8.1-37 <sup>1</sup>	18.6					
SULFATOS	500	400		1000		Aug-54	146	5.5-152 <sup>1</sup>	67	100			100	
CLORUROS	250 <sup>1</sup>	400	B			15-173 <sup>1</sup>	62	38-494 <sup>1</sup>	223	100			65	
	MG/L													
N-NH <sub>3</sub>	0.5 <sup>1</sup>	0.01				0.03-6.8 <sup>10</sup>	0.9	1.6-27.7 <sup>10</sup>	11.5	55			0	
N <sub>T</sub>						0.6-5.6 <sup>10</sup>	2.1	6.1-44.2 <sup>11</sup>	20.3					
N-NO <sub>3</sub>	10	10		30		0.1-6.2 <sup>10</sup>	1.5	0.1-19.5 <sup>1</sup>	6.4	100			75	
N-NO <sub>2</sub>	1	1		10		0.1-0.3 <sup>1</sup>	0.1	0.5-1.1 <sup>1</sup>	0.9	100			65	
FÓSFORO-P						0.4-2 <sup>10</sup>	0.5	2.3-9 <sup>1</sup>	5.5					
	MG/L													
ALUMINIO	0.2 <sup>1</sup>	0.2	5	5		0.3-1.4 <sup>1</sup>	0.9	0.1-2.6 <sup>8</sup>	0.5	0	100	100	50	100
ARSENICO	0.007	0.05	0.1	0.5		0-0.003 <sup>1</sup>	0.002	0.004-0.007 <sup>1</sup>	0.006	100	100	100	100	100
BORO	0.3	1	0.5-6.0 <sup>10</sup>	5		0.08-0.17 <sup>1</sup>	0.13	0.6-2.7 <sup>1</sup>	1.7	100	100	100	0	
CADMITO	0.002	0.005	0.01	0.01		0-0.011 <sup>1</sup>	0.003	0-0.002 <sup>11</sup>	0.001	80	90	100	100	100
CROMO	0.05	0.1	1	1		0-0.58 <sup>10</sup>	0.07	0-0.1 <sup>11</sup>	0.02	90	100	100	80	100
COBRE	1.5	1	0.2	0.5		0-0.48 <sup>11</sup>	0.08	0.001-0.12 <sup>11</sup>	0.04	100	90	100	100	100
FIERO	0.3 <sup>1</sup>	0.3	1			2.4-7.3 <sup>1</sup>	4	0.03-1.6 <sup>1</sup>	0.5	0	0	0	80	80
PLOMO	0.01	0.05	0.2	0.1		0-0.53 <sup>11</sup>	0.25	0-0.03 <sup>11</sup>	0.01	10	45	90	90	100
MANGANESO	0.5	0.1	2			0.04-0.11 <sup>1</sup>	0.08	0.02-0.08 <sup>10</sup>	0.04	100	100	100	100	100
ZINC	3 <sup>1</sup>	5	2	20		0.02-2.58 <sup>10</sup>	0.91	0.0-0.26 <sup>11</sup>	0.09	90	90	100	100	100
SÓLIDOS SUSPENDIDOS						6-476 <sup>10</sup>	164	11-250 <sup>10</sup>	65					
TURBIDEZ (NTU)	5 <sup>1</sup>					12-34 <sup>1</sup>	18							
COT						5.8-61 <sup>1</sup>	23.6	14-61 <sup>1</sup>	37.5					
DBO						3-73 <sup>10</sup>	23	8-80 <sup>10</sup>	25					
SURFACTANTES						0.2-0.45 <sup>1</sup>	0.35	0-05 <sup>1</sup>	0.3					
	/100ML													
COLIFORMES TO	0	<10				4000-11700 <sup>1</sup>	3900000	1000-16500 <sup>1</sup>	8200	0			0	
COLIFORMES FEC	0	0	1000	1000		0-600000 <sup>10</sup>	150000			0	0	0		

FUENTE: IMIP

## VI.6.7. SEDIMENTACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS EN AGUA PLUVIAL.

En una suspensión acuosa las partículas de densidad mayor a la del agua, tienden a precipitar como resultado de la fuerza de gravedad, en tanto que las de menor densidad permanecen en suspensión. La separación por gravedad (*sedimentación*) de material suspendido presente en una suspensión acuosa es el procedimiento más ampliamente aplicado en procesos de tratamiento de aguas residuales; mientras que los procesos de flotación son aplicables a la remoción de partículas suspendidas no sedimentables (Clarkson, 2002).

La *sedimentación* es un término general utilizado para describir el proceso unitario en el cual un fluido conteniendo partículas en suspensión es separado en

un fluido clarificado (flujo superior) y una suspensión concentrada (flujo inferior).

En base al comportamiento de las partículas en suspensión (dependiente de la naturaleza de las partículas y su concentración) pueden identificarse 4 tipos de procesos de sedimentación: Tipo I, II, III, y IV (Grady, 2000), tal como se muestra en el Gráfico VI.6.7.(1).

El *Tipo I, Sedimentación libre o sin dificultad*, involucra una baja concentración de partículas discretas (partículas con propiedades que evitan permanezcan unidas o interactúen con otras). Las partículas no flotan (no floculan), preferentemente tienden a precipitar como si fueran las únicas partículas en suspensión, aun al encontrarse en bajas concentraciones. Ejemplo la arena y la grava de diámetro pequeño.

El *Tipo II*, propiamente llamada *Sedimentación*, involucra una baja concentración de partículas floculables (partículas que permanecen unidas al entrar en contacto entre sí, como resultado de poseer superficies "adherentes"). Debido a su superficie "adherente", al colisionar partículas con alta velocidad de sedimentación con partículas de lenta velocidad de sedimentación, permanecen juntas y forman una partícula que precipita a una mayor velocidad. Este proceso es típico de la clarificación primaria en un tratamiento de aguas residuales municipales y/o clarificadores posteriores a la floculación (partículas que pueden precipitarse con la adición de un químico floculante).

GRÁFICO VI.6.7 (1). DIAGRAMA PARA TIPOS DE PROCESOS DE SEDIMENTACIÓN.

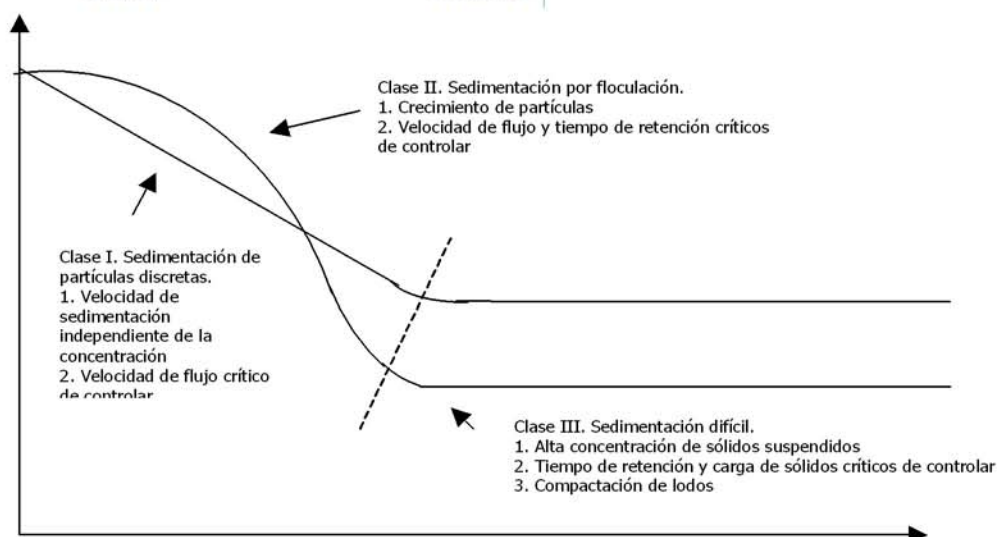
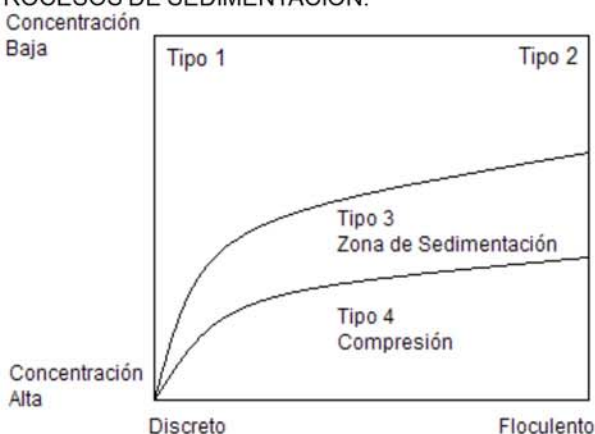


GRÁFICO VI.6.7 (2) CARACTERÍSTICAS DE SEDIMENTACIÓN DE SÓLIDOS EN AGUA



En el *Tipo III, Zona de sedimentación*, la concentración de sólidos es lo suficientemente alta para que las fuerzas entre partículas mantengan fijas a las partículas entre sí, y sucede la sedimentación de sólidos ocasionando un desplazamiento hacia arriba del nivel de la columna de líquido. La velocidad de sedimentación depende de la concentración de sólidos. La zona de sedimentación es típica de lo que sucede en lodos activados de un sistema de tratamiento, y durante la coagulación de sólidos.

Finalmente, el *Tipo IV (Compresión)*, sucede cuando existe una alta concentración de partículas. Las partículas de la parte superior se mantienen ahí debido al empuje que generan las que se localizan por debajo, a su vez sostenidas por la base del contenedor. Conforme las partículas se consolidan se presenta una ligera liberación de agua de la suspensión. Ejemplos de compresión es la compactación de lodos antes de la deshidratación.

El Gráfico VI.6.7(2), representa el comportamiento que presentan éstas partículas en una muestra de agua.

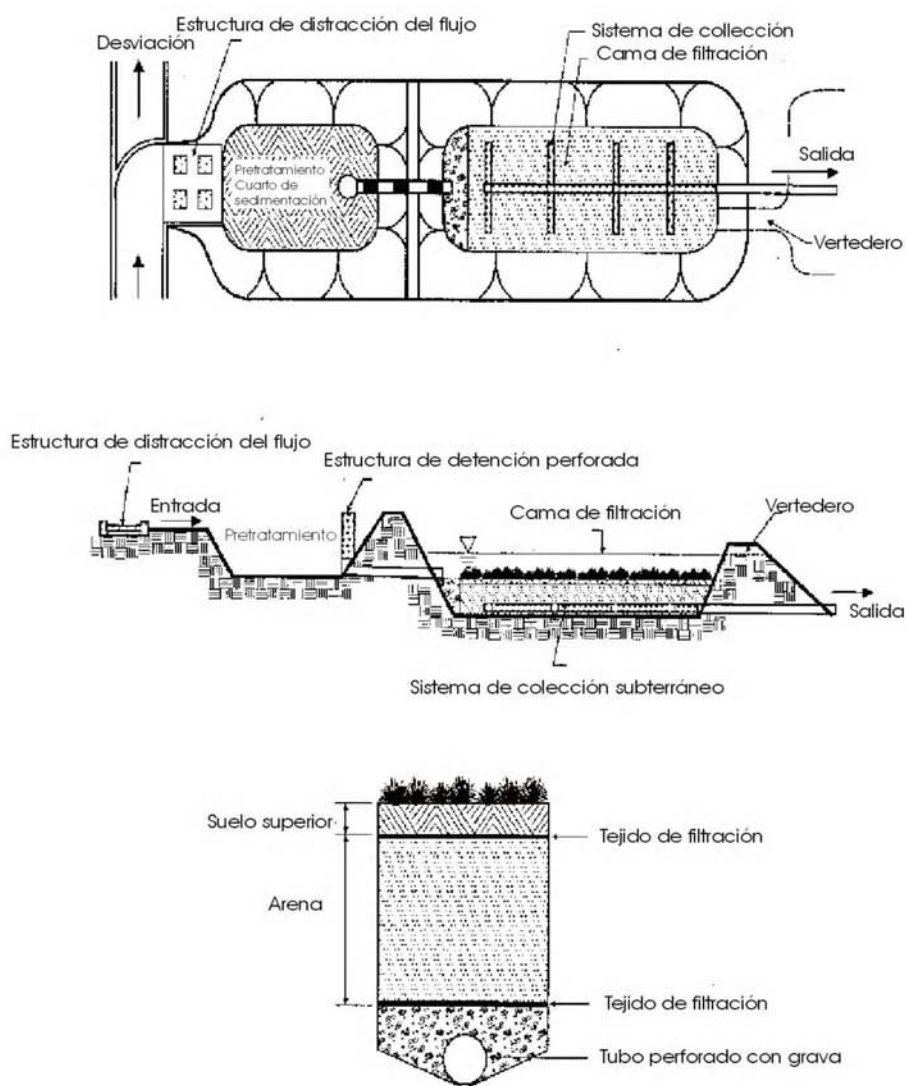


FIGURA VI.6.7(1) ESTRUCTURA DE RETENCIÓN, MANEJO Y FILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL.

#### Infiltración de agua pluvial

En la *Clase I* la velocidad de sedimentación de las partículas es acelerada a un inicio debido al efecto gravitatorio, y disminuye notoriamente hasta estabilizarse como resultado del incremento de densidad de la fase acuosa en el fondo y su resistencia al peso de los sólidos se iguala.

Los objetivos de la infraestructura para la retención, manejo e infiltración de agua pluvial, son disminuir la probabilidad de inundaciones resultantes de lluvias, remover material particulado y otros contaminantes presentes en éste tipo de agua, para finalmente cumplir con la calidad necesaria para su infiltración. En la Figura VI.6.7 (1) se presenta un ejemplo de este sistema.

Dependiendo del grado de urbanización, las aguas pluviales presentan características particulares; la mayoría de los contaminantes en escorrentías de áreas urbanizadas corresponden a material particulado, grasa y aceites. Cuando se le otorga el suficiente tiempo de retención en un pozo, un 80-85% del material particulado puede ser sedimentado.

Debido a las características hidráulicas de los pozos convencionales de retención, el proceso de sedimentación que sucede es del Tipo I, donde la velocidad de sedimentación depende del diámetro y densidad de la partícula. Debido a que las partículas de un agua pluvial son de tamaño y densidad heterogénea, la velocidad promedio de sedimentación solo puede ser determinada a partir del conocimiento de su distribución de tamaño. No obstante, existe la opción del análisis del comportamiento de sedimentación de una muestra representativa de agua de lluvia (Clarkson, 2002).

Para la solución de problemas prácticos relacionados con la determinación de tamaño de partículas y velocidades de sedimentación, así como los datos de suspensión, se puede diseñar el sistema de tratamiento requerido, apoyándose en técnicas experimentales que utilizan columnas de sedimentación para simular prototipos de clarificadores. En general, las columnas se llenan con la suspensión acuosa, se obtienen muestras a una profundidad específica a diferentes tiempos y se determina la remoción de sólidos suspendidos totales (Grady, 2000).

En un procedimiento de laboratorio de sedimentación, Clarkson basa la determinación de la velocidad

promedio de sedimentación, en la obtención de 20 ml de muestra de una columna de agua de 500 ml en diferentes tiempos, midiendo la turbidez, graficándola en función del tiempo, y finalmente graficando la remoción de la turbidez en función de la velocidad de sedimentación para cada tiempo específico. El cambio de la pendiente en la gráfica obtenida de la turbidez en función de la velocidad de sedimentación, constituye el tiempo de retención que se requiere para la remoción del 80-85% de partículas suspendidas, valor a ser considerado en el diseño del vaso de captación.

#### VI.6.8. COMPARATIVO DE LA NORMATIVIDAD MEXICANA Y AUSTRALIANA

Como ya se ha comentado el objetivo esencial de la normatividad en países como Australia no es el de generar recargas al acuífero con aguas que cumplan con calidad agua potable en el momento de proceder a la infiltración, tal como se acostumbra llevarlo a cabo en los Estados Unidos y otros países de Europa, sino considerar los procesos naturales que suceden al interior de los acuíferos y utilizar los procesos autodepuración mediante los tiempos de residencia del agua al interior del sustrato propio del acuífero. *Los límites máximos de calidad del agua que se pretenda infiltrar, deben estar en congruencia con las medidas de protección que han sido asignadas para el acuífero que se trate en particular*, sin embargo existen lineamientos básicos que pueden ser aplicados como medidas mínimas, con objeto de proteger la calidad del agua nativa presente en el acuífero.

En México aún cuando no exista la Normatividad para llevar a cabo la infiltración o recarga a los acuíferos, si existen las áreas de la administración pública federal dentro de la estructura de la Comisión Nacional del Agua, quienes tienen bajo su responsabilidad orientar y establecer los lineamientos o condicionantes que deben ser observados y la verificación de las prácticas que se lleven a cabo, sin embargo con el fin de generar una visión mas completa sobre las experiencias internacionales y en particular de la Normatividad Australiana, se presenta a continuación la Tabla VI.6.8 en la que se hace un comparativo con las Normas Mexicanas para los usos consuntivos de agua potable, agua para riego y para abreviar ganado.



TABLA VI.6.8.- COMPARATIVO DE NORMAS Y CRITERIOS PARA USO EN AGUA POTABLE, RIEGO Y USO GANADERO

PARÁMETRO	AGUA POTABLE		AGUA PARA RIEGO				AGUA PARA GANADO	
	NOM-127-SSA1-1994	NWQM (ASR)	NOM-001-ECOL-1996	NOM-003-ECOL-1997		NWQMS	CRITERIOS ECOLÓGICOS (CECCA-01-89)	NWQM (ASR)
			(EMBALSES)	-1	-2			
PH	6.5-8.5	6.5-8.5				4.5-9		
	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L
SDT	1000	500				*B	1000	3000
SODIO	200	180				*B		
SULFATOS	400	500						1000
CLORUROS	250	250				*B		
CLORO RESIDUAL LIBRE	0.2-1.5							
YODO RESIDUAL LIBRE	0.2-0.5							
AMONIO-N	0.5	0.5						
FLUORUROS	1.5							
NITRATOS-N	10	10					90	30
NITRITOS-N	1	1					10	10
TRIHALOMETANOS	0.2							
ALUMINIO	0.2					5	5	5
ARSÉNICO	0.035	0.007	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1
BARIO	0.7							
BERILIO							0.01	
BORO		0.3				0.5-6.0		5
CADMIO	0.005	0.002	0.2	0.2	0.2	0.01	0.02	0.01
CROMO	0.05	0.05	1	1	1	1		1
COBRE	2	1.5	4	4	4	0.2		0.5
FERRO	0.3	0.3				1		
PLOMO	0.01	0.01	0.5	0.5	0.5	0.2		0.1
MANGANESO	0.15	0.05				2		
ZINC	5	3	10	10	10	2	50	20

FUENTE: IMIP

### VI.6.9. ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS PLUVIALES DE CIUDAD JUÁREZ.

El primer paso para cubrir el objetivo de establecer posibles aprovechamientos de aguas pluviales fue la ubicación de los sitios de captación, y la caracterización de las mismas. Los sitios a monitorear fueron seleccionados de acuerdo con el grado de urbanización presente y las características físicas del entorno (Plano IV.6.9). Se instrumentó un monitoreo con toma de muestras al inicio y final de cuatro eventos de lluvia. Los parámetros para determinar la calidad de las aguas pluviales de Ciudad Juárez, se dieron considerando los contaminantes indicadores reportados en estudios de países con experiencia en el aprovechamiento de aguas pluviales y el presupuesto disponible.

Los parámetros indicativos fueron el pH, temperatura, conductividad, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, grasas y aceites, fosfato total,

nitrógeno total, nitritos, nitratos, aluminio, arsénico, cadmio, cobre, plomo, zinc, e hidrocarburos totales de petróleo (TPH's). Los muestreos y análisis de laboratorio fueron realizados por personal del Laboratorio Ambiental de la UACJ, bajo lineamientos normativos mexicanos. Los análisis de TPH's fueron realizados por un laboratorio acreditado y análisis de los resultados participó personal técnico e investigadores de la UACJ y el IMIP. Realizada la caracterización de las muestras, éstas se compararon con la normatividad australiana, aplicable al uso de aguas pluviales y su posible adopción, la cual estará finalmente sujeta a las indicaciones que proporcione la Comisión Nacional del Agua.

### VI.6.10. EVENTOS DE LLUVIA

Las característica de la precipitación en los distintos eventos lluvia que se presentaron, fueron registrados por las estaciones meteorológicas, proporcionando la información correspondiente para cada uno de los sitios. La distribución de la lluvia en zonas típicas del

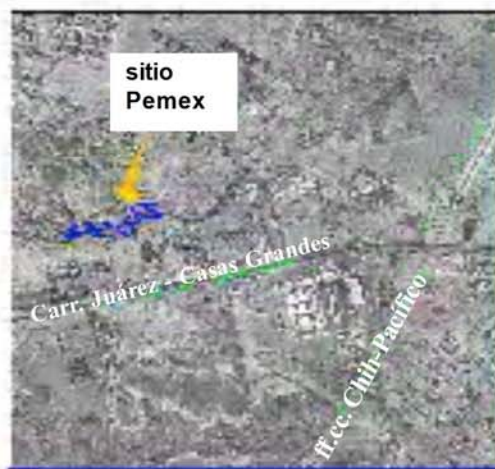
FIGURAS VI.6.10.(1-4) SITIOS DE MUESTREO



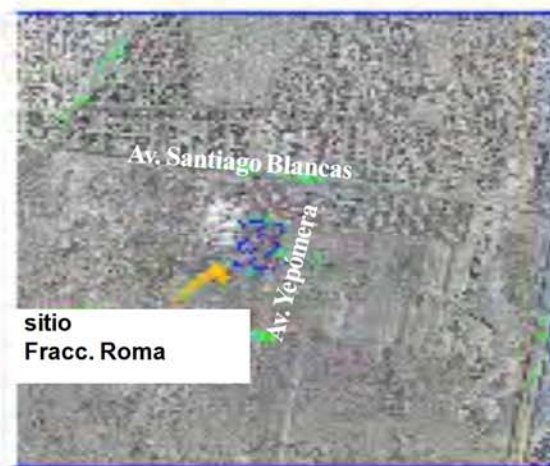
FIGURAS VI.6.10.(1)



FIGURAS VI.6.10.(2)



FIGURAS VI.6.10.(3)



FIGURAS VI.6.10.(4)



desierto, no es homogénea por lo que la precipitación reportada corresponde a una aproximación de la precipitación ocurrida en los sitios en que se llevó a cabo la toma de muestras. El evento con la precipitación más alta se registró el 7 de julio del 2002 con una precipitación total de 20.4 mm. Los días 15 y 27 de junio de 2002 no se registró una precipitación en el centro meteorológico, sin embargo en los sitios MORELIA y ROMA hubo suficiente escorrentía para poder realizar muestreos.

A continuación se presentan en tablas con los registros de fecha de evento de tormenta, en el que se incluyen la duración del evento, precipitación total registrada por la estación meteorológica y la temperatura para cada uno de los sitios. (Tabla VI.6.10(1) y Gráfico VI.6.10 (1).

## VI.6.11.DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Los sitios seleccionados para obtener muestras de calidad del agua pluvial que escurre y se almacena en

TABLA VI.6.10 (1): REGISTRO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA PARA LOS EVENTOS DE PRECIPITACIÓN DURANTE EL PERIODO DEL ESTUDIO Y POR SITIO SELECCIONADO

PUNTO DE MUESTREO PEMEX					
FECHA DEL EVENTO	NO DEL EVENTO	HORA(I)	HORA(F)	PRECIPITACIÓN TOTAL MM	TEMP.°C
7/19/02	1	22:00	12:00	4.8	22°
7/20/02	1	20:00	12:00	9.4	23°

FUENTE: IMIP

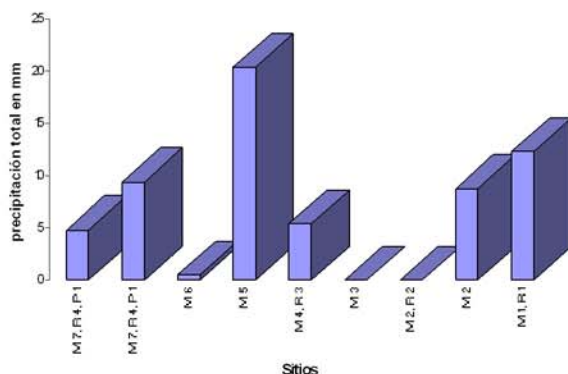
PUNTO DE MUESTREO MORELIA

FECHA DEL EVENTO	NO DEL EVENTO	HORA(I)	HORA(F)	PRECIPITACIÓN TOTAL MM	TEMP.°C
7/19/02	7	22:00	12:00	4.8	22°
7/20/02	7	20:00	12:00	9.4	23°
7/8/02	6	14:00	18:00	0.5	26°
7/4/02	5	17:30	19:00	20.4	31°A26°
6/28/02	4	23:00	23:30	5.4	28°
6/27/02	4	NO SE REPORTÓ INFORMACIÓN.			
6/14/02	3	20:00	22:00	8.8	31°A23°
6/15/02	2	NO SE REPORTÓ INFORMACIÓN.			
2/4/02	1	12:30	10:00	12.3	7° A 4°

PUNTO DE MUESTREO ROMA

FECHA DEL EVENTO	NO DEL EVENTO	HORA(I)	HORA(F)	PRECIPITACIÓN TOTAL MM	TEMP..°C
7/19/02	4	22:00	12:00	4.8	22°
7/20/02	4	20:00	12:00	9.4	23°
6/28/02	3	23:00	23:30	5.4	28°
6/15/02	2	20:00	22:00	8.8	31°A23°
2/4/02	1	12:30	10:00	12.3	7° A 4°

Infiltración de agua pluvial



**GRAFICA VI.6.10 (1).** INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LOS DIFERENTES EVENTOS. (M = MORELIA, R = ROMA, P = PEMEX, 1-7 = NÚMERO DE REGISTRO DEL EVENTOS POR SITIO.

vasos de captación existentes fueron los siguientes:

- Sitio 1. Bordo PEMEX
- Sitio 2. Pozos de absorción del Fraccionamiento ROMA
- Sitio 3. Vaso de captación Morelia

El Sitio 1, Bordo PEMEX, es un vaso que posee características naturales de los componentes del suelo (grava y arena) para facilitar la infiltración de aguas pluviales provenientes del cauce natural, el cual recibe aguas de una cuenca sin influencia urbana. Se localiza al Sur-Poniente de la ciudad en la cuenca del Arroyo El Jarudo, al Norte de las instalaciones de almacenamiento de combustibles de PEMEX, y recibe de forma directa 206 770 m<sup>3</sup> de escorrentías de la Sierra de Juárez, donde la escorrentía pluvial, se estima llega al Bordo PEMEX 2:40 hrs. después de iniciada la lluvia<sup>1</sup>. El bordo es de tipo no compactado, sin vertedor y desfogue, con un área de drenado de 7.73 km<sup>2</sup> y una capacidad estimada actual de 40,000 m<sup>3</sup>,



**FOTO VI.6.11. (1)** BORDO PEMEX 1

lo cual significa que se deben desalojar 176 700 m<sup>3</sup> de agua pluvial por falta de capacidad de retención del Bordo PEMEX (Foto VI.6.11. (1)).

El Sitio 2, Fraccionamiento ROMA, se localiza entre las calles Yécora- Los Nogales-Basanopa-Tlatole. El fraccionamiento es relativamente nuevo en la ciudad, por lo que posee características de área de captación de aguas pluviales provenientes de cauce natural con influencia urbana. Se distingue un área de infiltración hacia la parte Norte (zona urbana) y otro hacia la parte Sur, delimitados por terreno natural, y con pozos de absorción (FotoVI.6.11 (3)). Los pozos se localizan al Sur-Oriente de la ciudad en la Microcuenca ZIV.4.6 del Plano de Zonificación Hidrológica para Cd. Juárez. Los escurrimientos que se generan en la Micro-cuenca, pasan por áreas de bajo grado de urbanización. La micro-cuenca tiene un área de 2.184 km<sup>2</sup>, y el tiempo de concentración (máxima acumulación de agua) es a las 0.77 hrs (46.2 minutos) después de iniciada la lluvia (IMIP,2002).

El Sitio 3 lo constituye el Vaso de captación Morelia,



**a) Vista en dirección Norte**



**b) Vista desde el centro.**



**c) Vista al Poniente**

**FOTO VI.6.11. (2)** BORDO PEMEX (SITIO 1).





FOTO VI.6.11 (3). ZONA DE POZOS DE ABSORCIÓN EN FRACCIONAMIENTO ROMA

ubicado en el Fraccionamiento Vista del Valle. Posee características de un pozo con captación de aguas pluviales con influencia urbana.

Se localiza al Poniente de la ciudad, en el Parque Hundido de la calle Morelia (Fotografía VI.6.11 (4) y (5), dentro de la Sub-cuenca del Arroyo Morelia (Zona de influencia ZIV.3). Las aguas pluviales captadas en el Vaso de contención Morelia, ubicado en el fraccionamiento Vista del Valle, resultan de la concurrencia de áreas de medio y alto grado de urbanización. El pozo de absorción tiene un área de 3.103 km<sup>2</sup>, una capacidad de retención de 130 880 m<sup>3</sup>, y el tiempo de concentración, es a las 0.55 hrs (33 minutos) después de iniciada la lluvia<sup>11</sup>.

Se realizó un muestreo en el Bordo denominado Charly Dique I (ver foto VI.6.11 (6)), localizado al sur de la ciudad y a un costado de la empresa SOLVAY, a la altura del km 25 de la carretera panamericana. El Dique se encuentra ubicado en la Cuenca de El Barreal. Se tomaron muestras complementarias para la determinación de sólidos en todas sus formas.

## VI.6.12. CALIDAD DE LAS AGUAS PLUVIALES DE CD. JUÁREZ

Los eventos de lluvia que durante el año 2002 se registraron en Cd. Juárez estuvieron fuera del prototipo registrado para los años previos (Centro de Monitoreo Atmosférico, UACJ). Por lo general las lluvias en Cd. Juárez son intensas con duración de 30 a 40 minutos, y cubren la mayor parte de la superficie de la ciudad. En éste año las lluvias fueron de poco tiempo de



FOTO VI.6.11(4) POZO DE ABSORCIÓN SITIO MORELIA

duración, con volúmenes precipitados en ocasiones insuficientes para proporcionar un flujo consistente, y con cobertura a nivel sectorial. Debido a esto fue imposible caracterizar los cuatro eventos de lluvia, inicial y final, para cada sitio de muestreo establecido.

La calidad del agua obtenida en los muestreos de los tres sitios, muestra una importante variación en la concentración registrada para los parámetros seleccionados. Por este motivo, y para los propósitos que persigue la autoridad municipal de impulsar la infiltración del agua pluvial, es conveniente continuar un programa de muestreo de mayor duración para poder obtener información con mayor precisión. Sin embargo, los análisis realizados hasta este momento, dan una buena idea sobre el comportamiento de los diferentes sitios seleccionados con respecto a la

<sup>11</sup> IMIP, Estudio para el Manejo Integral de las Aguas Pluviales y Sanitarias de Cd. Juárez, 2002



Infiltración de agua pluvial



FOTO VI.6.11 (5) VASO DE CAPTACIÓN MORELIA

calidad de los escurrimientos concentrados en estos sitios.

### SITIO PEMEX

Se tomaron 3 muestras de las cuales representan el inicio del evento de lluvia del 19 y 20 de Septiembre del 2002, y al término del evento correspondiente al 20 de Septiembre. En el inicio se registró una fuerte acumulación de sólidos suspendidos totales de más de 6,000 mg/l. La mayor parte del material correspondió a sólidos suspendidos integrados a la escorrentía, con tan solo 5 mg/l de sólidos sedimentables. De acuerdo



FOTO VI.6.11 (6) VISTA PANORÁMICA A DIQUE I CHARLY

con la conductividad eléctrica, que puede ser utilizada como un indicador para los sólidos disueltos en el agua del escurrimiento, se determinaron 140  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Los compuestos de nitrógenados analizados en estas muestras y que representan indicadores de contaminación antropogénica, solo observaron concentraciones bajas, al igual que los metales pesados y TPH's (éstos últimos por debajo de los límites de detección, Sin embargo, se pudo observar que en el caso del aluminio éste superó en las dos muestras al término del evento de lluvia los límites permisibles propuesto por parte de ANZECC para usos

TABLA VI.6.12 (1). CONCENTRACIONES Y PROMEDIOS DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS EN LAS MUESTRAS TOMADAS EN EL SITIO PEMEX (19 Y 20/07/2002).

NO. DE MUESTRA	R02-106	R02-109	R02-113	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
PH A 25 (°C)	9.01	8.35	7.06	9.01	7.06	8.35	0.81
TEMPERATURA (°C)	20.5	26	23	26	20.5	23	2.25
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ( $\mu\text{S}/\text{CM}$ ) *	140	216	60	216	60	140	63.69
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (MG/L)	6397.5	195.6	80.5	6397.5	80.5	195.6	2951.11
SÓLIDOS SEDIMENTABLES (ML/L)	5	<0.1	<0.1	5	5	5	0
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	2.8	0.3	0.9	2.8	0.3	0.9	1.07
FOSFATOS TOTALES (MG/L)	<0.1	<0.1	<0.1	0	0		
NITRÓGENO TOTAL (MG/L)	0.742	2.365	1.11	2.365	0.742	1.11	0.69
NITRITOS (COMO NITRÓGENO, MG/L)	0.0235	0.053	0.0488	0.053	0.0235	0.0488	0.01
NITRATOS (COMO NITRÓGENO, MG/L)	0.18	1.99	0.88	1.99	0.18	0.88	0.75
ALUMINIO (MG/L)	<0.5	0.714	0.8225	0.8225	0.714	0.76825	0.05
ARSÉNICO (MG/L)	<0.005	<0.005	<0.005				
CADMIUM (MG/L)	<0.0005	<0.0005	<0.0005				
COBRE (MG/L)	<0.05	<0.05	<0.05				
PLOMO (MG/L)	<0.005	<0.005	<0.005				
ZINC (MG/L)	<0.05	<0.05	<0.05				
TPH'S (MG/L) **	<1.0	<1.0	<1.0				

FUENTE: IMIP



en riego y para ganado; los metales pesados estuvieron por debajo de los límites de detección, según se puede observar en la Tabla VI.6.12 (1)

Basándose en la calidad de los muestreos y los parámetros analizados en el sitio PEMEX, el agua acumulada en esta zona que observa condiciones de urbanización marginal, no presenta en general un problema mayor para su aprovechamiento. Sin embargo, la cantidad de sólidos suspendidos en los escurrimientos al inicio de los eventos, requiere de tratamiento para evitar que el material suspendido ingrese a las zonas de infiltración (Gráfico VI.6.12 (1)), y colmaten estas áreas, por lo que se proponen áreas específicas de sedimentación en los vasos de captación y almacenamiento

### DIQUE I

Esta estructura hidráulica de almacenamiento se encuentra ubicada en Granjas El Dorado, al sur de la ciudad y a la altura del kilómetro 26 de la carretera Panamericana, sobre el costado poniente de la vías de Ferrocarriles Nacionales. La zona donde se encuentra ubicado el Dique I tiene un bajo grado de urbanización. La muestra obtenida tuvo como objeto obtener información adicional sobre la calidad del agua pluvial almacenada después de varios eventos de lluvia, por lo cual, la muestra instantánea analizada no es comparable respecto al procedimiento seguido para los otros sitios. Los resultados se muestran en la Tabla VI.6.12. (2).

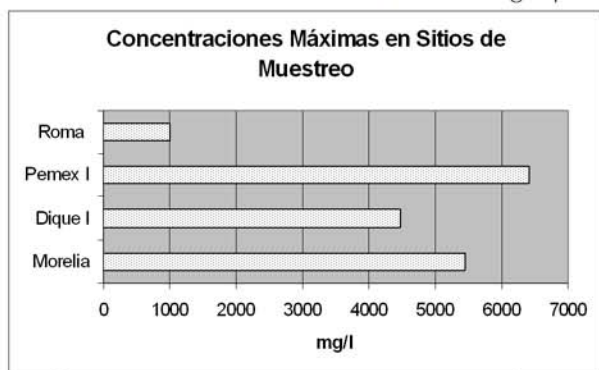


GRÁFICO VI.6.12 (1). CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN EL SITIO ROMA, PEMEX, DIQUE I Y MORELIA

Llama la atención el valor registrado para los Sólidos Disueltos Totales, los cuales se observan con alta concentración, posiblemente representativa de los procesos evaporativos, aunado a la disolución de sales de arrastre.

### SITIO ROMA

Los parámetros analizados en el sitio Roma para el agua acumulada en este sitio y bajo las condiciones de urbanización actual, que es considerada moderada, presentó valores en algunos parámetros que dificultan la infiltración si no se lleva a cabo un tratamiento previo, tal es el caso de los sólidos suspendidos en los escurrimientos al inicio para evitar que el material

TABLA VI.6.12.(2). SÓLIDOS EN MUESTRAS DEL DIQUE I.

NO. EVENTO	1	FINAL DE EVENTO	LÍMITES PERMISIBLES PARA APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES (ANZEEC)	
FECHA	1/8/02	ACUMULADA EN POZO 15:00 HRS INSTANTÁNEA P4.1	RIEGO GANADO	
FECHA				
HORA DE MUESTREO				
TIPO DE MUESTREO				
SITIO DE MUESTREO				
NO. DE MUESTRA				
PH A 25 (°C)		8.74	4.5-9.0	B
TEMPERATURA (°C)		26.4	B	B
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (µS/CM)		320	C	B
SÓLIDOS TOTALES (MG/L)		6884.6	D	D
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (MG/L)		2342.6	D	3,000
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (MG/L)		4476	B	B
SÓLIDOS SEDIMENTABLES (ML/L)		0.1	B	B

FUENTE: IMIP

#### Infiltración de agua pluvial

suspendido entre a las zonas de infiltración y colmaten estas áreas. Para el caso de grasas y aceites se notó que no existe problema con este parámetro (Gráfico VI.6.12. (2)), al igual que para fosfatos y nitrógeno que aún cuando indican una influencia urbana, no obstante las concentraciones encontradas son relativamente bajas, En el caso de hidrocarburos totales del petróleo y metales pesados, estos estuvieron por debajo del límite de detección (Tabla VI.6.12. (3)).

### SITIO MORELIA

En el punto de muestreo MORELIA se analizaron un total de 12 muestras en 7 diferentes eventos, de los cuales en tres eventos fue posible de tomar muestras al inicio y al final de la lluvia. En el punto de muestreo MORELIA se analizaron un total de 12 muestras en 7 diferentes eventos, de los cuales en tres eventos fue posible de tomar muestras al inicio y al final de la lluvia.

La influencia del alto grado de urbanización en esta zona fue notable desde el primer muestreo. Grasas y aceites presentaron concentraciones de 27.2 mg/l antes de caer al pozo y 11 mg/l en el acumulado del pozo de absorción (Gráfico VI.6.12 (3)). De igual manera se comportaron los fosfatos con 6 mg/l y 3.26 mg/l respectivamente. A excepción del zinc, ningún otro metal pesado por arriba del límite de detección.

En el segundo evento, la concentración más alta en todos los eventos en grasas y aceites con 165 mg/l fue detectado en la muestra tomada en el influente al pozo de absorción; esto junto con las altas

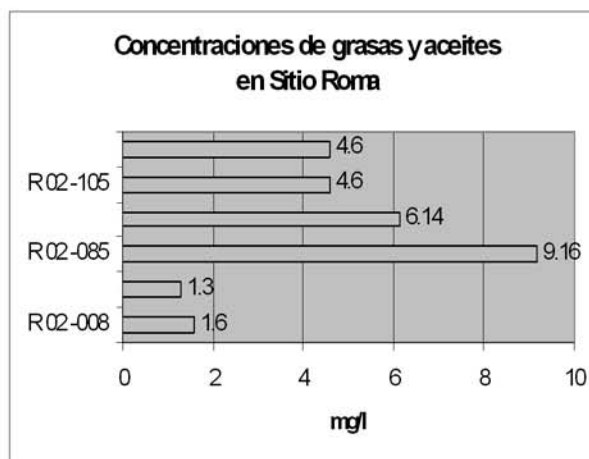


GRÁFICO VI.

concentraciones en sólidos sedimentables (gráfica 10) indican un fuerte arrastre. Las concentraciones encontradas para fosfatos se observan ligeramente altos, en tanto que los metales pesados, estos se presentaron dentro de los límites de detección, pero debajo de lo permisible, no obstante el cobre fue el único parámetro en el cual se sobrepasó el límite de ANZECC. Todos Los valores para los parámetros mencionados se encuentran resumidos en la (Tabla VI.6.12.(4)).

Respecto a los compuestos Nitrogenados, este se encontró moderadamente alto solo en tres muestras, pero dentro de límites aceptables, las muestras restantes (9) observaron valores bajos, indicando que este parámetro no es un problema que afecte la calidad de las aguas pluviales para los propósitos de

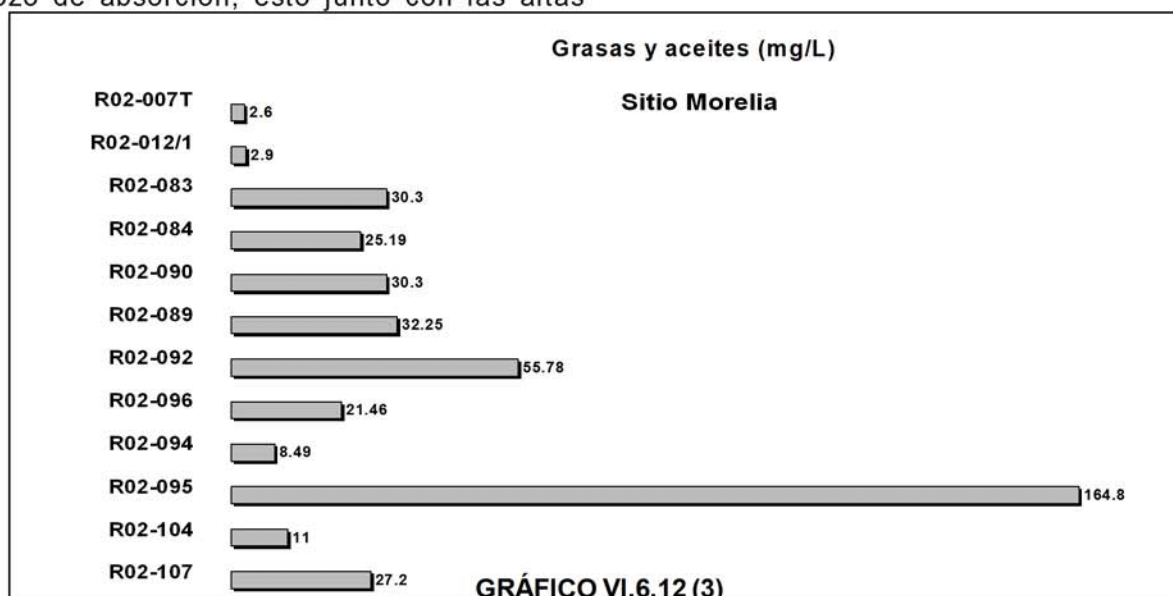


GRÁFICO VI.6.12 (3)



TABLA VI.6.12 (3). CONCENTRACIONES DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS EN LAS MUESTRAS TOMADAS EN EL SITIO ROMA.

NO. DE MUESTRA	R02-008	R02-013	R02-085	R02-091	R02-105	R02-108	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
PH A 25 (°C)	7.62	8.76	7.62	8.27	7.3	8.28	8.76	7.3	7.945	0.5
TEMPERATURA (°C)	7.1	8	24.1	23	22	26	26	7.1	22.5	7.75
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (µS/CM) *	160	191	3190	550	240	233	3190	160	236.5	1093.99
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (MG/L)	33	192	37.4	991	460.7	203.4	991	33	197.7	332.23
SÓLIDOS SEDIMENTABLES (ML/L)	<0.1	0.3	1	<0.1	0.25	0.4	1	0.25	0.35	0.3
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	4.6	4.6	6.141	9.156	1.3	1.6	9.156	1.3	4.6	2.68
FOSFATOS TOTALES (MG/L)	3.5	0.2	0.2211	0.31	<0.1	<0.1	3.5	0.2	0.26555	1.41
NITRÓGENO TOTAL (MG/L)	0.715	0.27	14	3.01	1.202	0.97	14	0.27	1.086	4.83
NITRITOS (COMO NITRÓGENO, MG/L)	0.011	0.0176	<0.1	0.08	0.0029	0.312	0.312	0.0029	0.0176	0.12
NITRATOS (COMO NITRÓGENO, MG/L)	1.87	<0.1	12.04	0.37	0.14	0.95	12.04	0.14	0.95	4.52
ALUMINIO (MG/L)	<0.5	<0.5	0.99	<0.5	<0.5	0.5	0.99	0.5	0.745	0.25
ARSENICO (MG/L)	<0.005	<0.005	0.0065	0.005	<0.005	<0.005	0.0065	0.005	0.00575	0
CADMIUM (MG/L)	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005				
COBRE (MG/L)	<0.05	<0.05	<0.05	0.0565	<0.05	<0.05	0.0565	0.0565	0.0565	0
PLOMO (MG/L)	<0.005	<0.005	0.006	<0.005	0.006	<0.005	0.006	0.006	0.006	0
ZINC (MG/L)	<0.05	<0.05	0.117	0.051	0.133	0.057	0.133	0.051	0.087	0.04
TPH'S (MG/L) **	<0.1	<0.1	0.18	0.71	N.A.	<1.0	0.71	0.18	0.445	0.27

FUENTE: IMIP

TABLA VI.6.12 (4). CONCENTRACIONES DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS EN LAS MUESTRAS TOMADAS EN EL SITIO MORELIA.

NO. DE MUESTRA	R02-007T	R02-012/1	R02-083	R02-084	R02-090	R02-089	R02-092	R02-096	R02-094	R02-095	R02-104	R02-107	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
PH A 25 (°C)	6.94	7.01	4.63	6.67	9.01	8.61	6.69	6.76	9.3	8.91	8.22	7.43	9.3	4.63	7.22	1.28
TEMPERATURA (°C)	8.3	9.3	28.3	25	25	22	28.5	25	25	28	22	26	28	8.3	25	6.29
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (µS/CM) *	258	214	2973.33	3620	522	1360	1040	1820	210	350	250	483	3920	210	502.5	1168.69
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (MG/L)	174	83	179.4	34.35	115	5450	285	286.7	381	721	319.4	207.4	5450	34.35	236.2	1446.7
SÓLIDOS SEDIMENTABLES (ML/L)	0.4	0.45	14	<0.1	1.5	1	1	0.6	0.85	1.7	0.3	0.7	14	0.3	0.85	3.8
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	27.2	11	164.817	8.484	21.463	55.783	32.247	30.3	25.185	30.329	2.9	2.6	164.817	2.6	26.1925	41.86
FOSFATOS TOTALES (MG/L)	5.99	3.16	14.01	2.646	2.86	4.14	5.51	2	2.34	4.26	<0.1	<0.1	14.01	2	3.65	3.35
NITRÓGENO TOTAL (MG/L)	1.34	0.135	0.133	14.14	12.705	5.81	2.625	2.26	2.94	2.345	1.6261	1.445	14.14	0.133	2.3025	4.47
NITRITOS (COMO NITRÓGENO, MG/L)	0.1541	0.1289	0.1062	0.1288	0.84	0.651	0.068	0.022	0.484	0.352	0.0028	0.0107	0.84	0.0028	0.12365	0.27
NITRATOS (COMO NITRÓGENO, MG/L)	2.37	2.73	16.96	13.08	1.14	5.39	0.25	2.11	0.34	0.18	1.03	0.12	16.96	0.12	1.625	5.27
ALUMINIO (MG/L)	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.9075	0.682	0.9075	0.682	0.79675	0.11
ARSENICO (MG/L)	<0.005	<0.005	<0.012	<0.005	<0.005	0.0075	0.007	0.0105	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.0105	0.007	0.0075	0
CADMIUM (MG/L)	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.00115	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.00115	0.00115	0.00115	0
COBRE (MG/L)	<0.05	<0.05	<0.424	0.0525	0.078	0.0615	0.102	0.0865	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.102	0.05	0.08975	0.02
PLOMO (MG/L)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.01	0.01	0.01	0.01	0
ZINC (MG/L)	0.087	0.08	0.3415	0.1315	0.09	0.6585	0.108	0.385	0.6525	0.0745	<0.05	0.145	0.385	0.0525	0.09	0.11
TPH'S (MG/L) **	<0.1	<0.1	21.02	0.96	5.53	2.52	5.36	16.9	30.76	26.41	N.A.	<1.0	30.76	0.96	11.215	10.84

FUENTE: IMIP

Infiltración de agua pluvial

infiltración, tomando en cuenta que las escorrentías provienen de una zona urbanizada como la representada por el Sitio Morelia, los valores se observan en el Gráfico VI.6.12 (4).

Para el caso de los TPH's, las concentraciones si se consideran altas, llegando hasta un máximo de 30.76 mg/l, reflejando una influencia directa con el alto grado de urbanización, el gráfico VI.6.12.(5), muestra los valores detectados

Tomando en cuenta que el vaso de captación Morelia se encuentra en un sector con pendientes medias a fuertes, así como la presencia de algunas calles sin pavimento en el sector, se pudo apreciar concentraciones de sólidos suspendidos totales importantes y los valores de conductividad moderados, aún cuando las columnas con valores por encima de 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  suponen arrastres de "primer flujo", al inicio de la escorrentía.

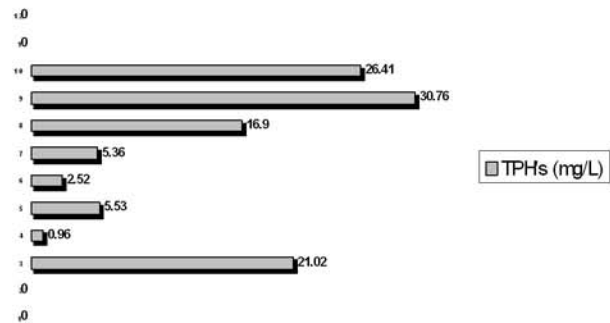
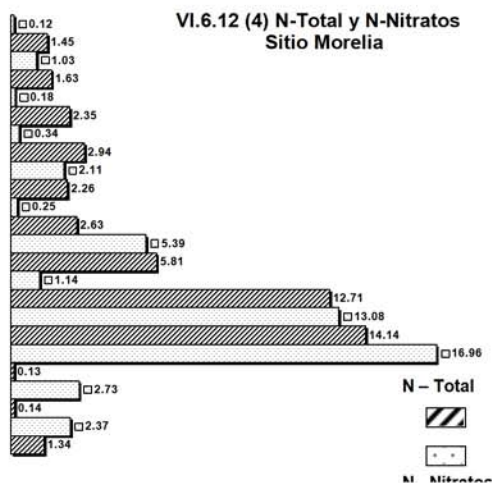


GRÁFICO VI.6.12 (5). CONCENTRACIONES DE TPH'S SITIO MORELIA

### VI.6.13. RESULTADO DEL ANÁLISIS PARA LA INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL AL SUBSUELO

Este primer intento formal para conocer la calidad de las aguas pluviales que escurren en la ciudad y su correlación con el grado de urbanización presente en los sitios seleccionados, nos permitió llegar a las siguientes conclusiones:

Al comparar los valores de conductividad, sólidos suspendidos totales, y sólidos sedimentables, se pudo apreciar una relación inversa entre el grado de urbanización y la cantidad de sólidos suspendidos; y una relación directa entre el grado de urbanización y los valores de conductividad – sólidos sedimentables (Tabla IV.6.13 (1), aún cuando los datos aportados por el Sitio PEMEX presentan mayor incertidumbre, debido a que solo se pudieron caracterizar tres muestras.



Sitio Morelia

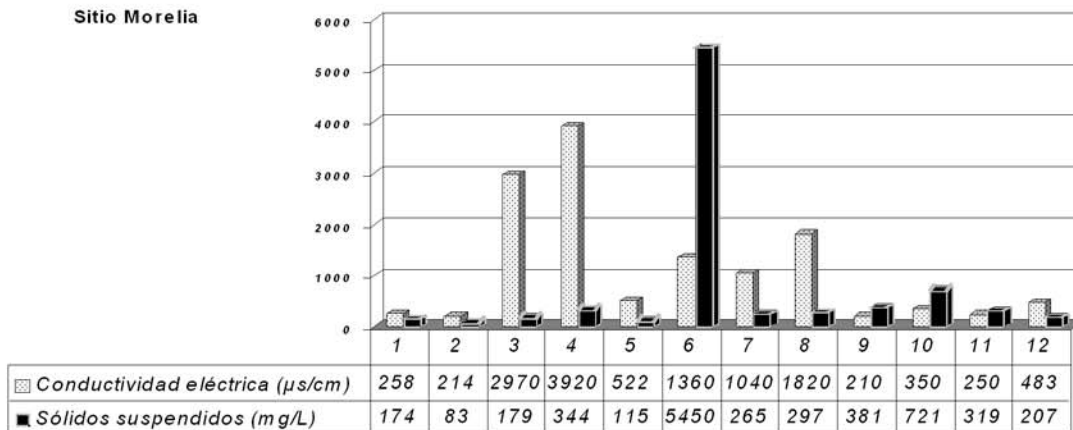


GRÁFICO VI.6.12 (6).CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN EL SITIO MORELIA.



TABLA VI.6.13 (1) RELACION ENTRE EL GRADO DE URBANIZACIÓN Y CONDUCTIVIDAD-SÓLIDOS SUSPENDIDOS -SÓLIDOS SEDIMENTABLES

PARÁMETRO	DIQUE	SITIO PEMEX	SITIO ROMA	SITIO MORELIA
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA $\mu\text{s}/\text{cm}$	320	60 - 213	160 - 550	210 - 3920
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	4476	80.5 - 195.6	33 - 991	34.5 - 381
SÓLIDOS SEDIMENTABLES (ml/l)	0.1	.1 - 5	<.1 - 1	<.1 - 14
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/l)	2342.6	"--"	"--"	"--"
SÓLIDOS TOTALES (mg/l)	6884.6	"--"	"--"	"--"

FUENTE: IMIP

MUY BAJA

BAJA

MEDIA

ALTA

GRADO DE URBANIZACIÓN

#### NOTAS:

Valores promedio de todos los eventos, eliminando valores anormales al grupo de datos para cada sitio y parámetro

Indicación "--" significa que no se realizó determinación.

Esta relación que se menciona, es descrita en la Tabla IV.6.13 (1):

De acuerdo con los resultados obtenidos y ya analizados para los eventos de lluvia registrados entre los meses de Febrero y Agosto del 2002, en los tres sitios seleccionados se pudo concluir que el agua pluvial escurrida y acumulada en los sitios PEMEX y ROMA bajo las condiciones de urbanización actual, es apropiada para el aprovechamiento, siempre y cuando se tomen en cuenta las precauciones para evitar que contaminantes como grasas y aceites o bien material como las arcillas provoquen un colmatación de los pozos de absorción, situación que ya se ha presentado.

Una estructura importante que puede aumentar la vida de las áreas de absorción, es la construcción de un vaso sedimentador, o cualquier otra estructura que permita reducir las cantidades de sólidos sedimentables y suspendidos, ante la cantidad de sólidos que pueden ser transportados por los escurrimientos.

Las concentraciones de los diferentes parámetros analizados en el primer muestreo cumplieron con la normatividad australiana para el aprovechamiento del agua pluvial en irrigación. Sin embargo el evento de Febrero, no se considera como una lluvia representativa para nuestra región, debido a su larga duración y poca intensidad

#### VI.6.14. SEDIMENTACIÓN DE LOS SÓLIDOS PRESENTES EN LA ESCORRENTÍA Y EN ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO.

Las muestras analizadas corresponden a:

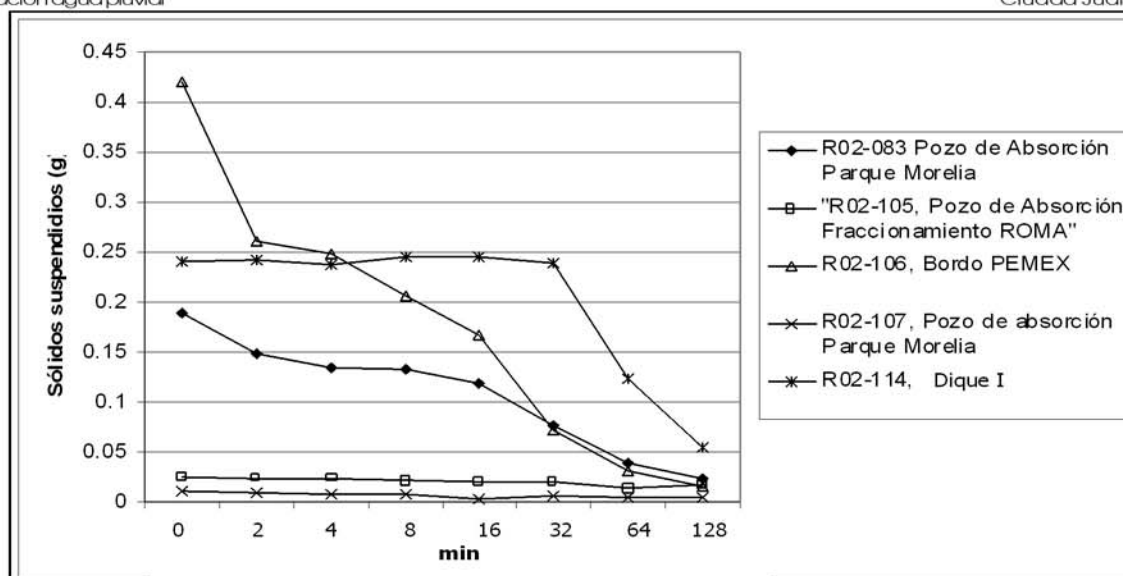
- **Bordo PEMEX** Muestra R02-106
- **Fraccionamiento ROMA** Muestra R02-105
- **Vaso de almacenamiento e infiltración MORELIA** Muestra R02-083, evento de intensidad
- **Vaso de almacenamiento e infiltración MORELIA** Muestra R02-107, evento de intensidad
- **DIQUE I** Muestra R02-114

La determinación de los sólidos suspendidos se efectuó utilizando el procedimiento descrito por R.L. Droste (1997)<sup>12</sup>, mediante lecturas que tomaron como base los sólidos suspendidos de cada muestra a los 0, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 128 minutos después de disponer la muestra en una probeta de 500 ml (por diferencia respecto al contenido inicial de sólidos suspendidos, los sólidos removidos de la suspensión, a los cuales se consideran como sedimentables) y mediante los cálculos y conversiones, se obtuvo la turbiedad y remoción de turbiedad en gramos por metro cúbico

Para las muestras R02-106 (PEMEX), R02-105 (Roma), y R02-107 (Morelia) que corresponden al mismo evento de lluvia (19 de Julio del 2002). Se pudo apreciar en los datos de partículas suspendidas y remoción de las mismas, que las velocidades de sedimentación son directamente proporcionales al grado de urbanización del área en la cual se localiza el sitio de muestreo, apreciándose también, una menor cantidad de sólidos suspendidos y una mayor velocidad de sedimentación, conforme se incrementa.

<sup>12</sup> Theory and Practice of Water & Wastewater Treatment, John Wiley & Sons, Inc. New York 1997, pp 308-319





**GRÁFICA VI.6.14 (1).** PERSISTENCIA DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS (G) EN MUESTRAS DE AGUAS PLUVIALES PARA CD. JUÁREZ, CHIH.

Tomando en cuenta que una de las estrategias que propone el Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial es la recarga de acuíferos, es que se describe el comportamiento de los sólidos suspendidos presentes en los volúmenes de agua captada en los vasos Morelia, Roma, Dique I y PEMEX., Esto se puede observar en las Gráficas VI.6.14(1), (2), (3) y (4) comparativas que se muestran a continuación:

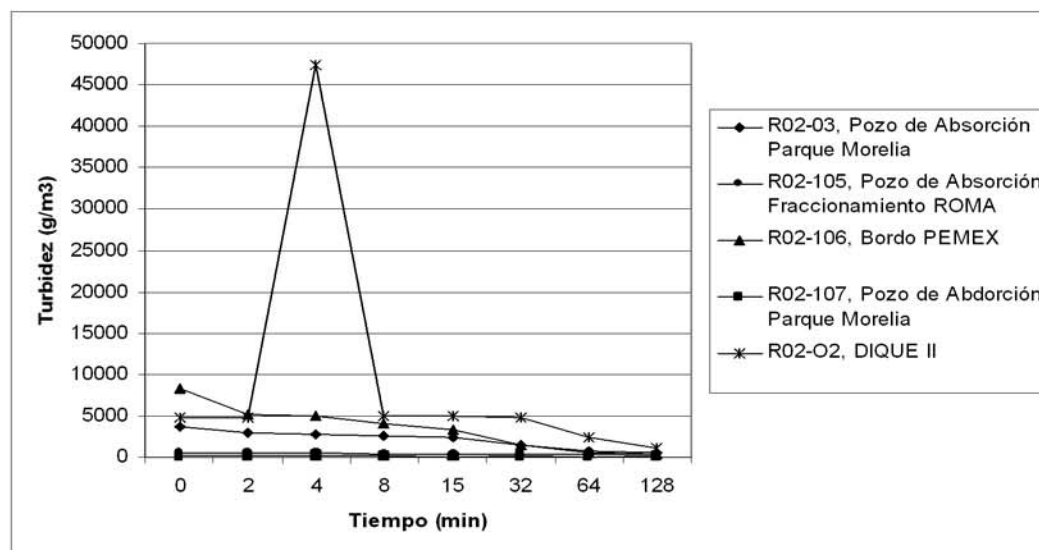
La persistencia de partículas suspendidas y su relación directa con la turbidez, muestran una disminución del 50% de su concentración inicial para el DIQUE I a los 64 minutos, y para el Bordo PEMEX en los primeros 8 minutos. En tanto que las muestras tomadas para los Sitios ROMA y MORELIA, con menos del 10% de los sólidos presentes desde su inicio con relación al Bordo PEMEX, la remoción de las partículas es inapreciable, sin embargo, para la muestra del Sitio MORELIA que recibió una mayor cantidad de sólidos, 32 minutos después se aprecia la disminución de la turbidez al 50%.

Las gráficas VI.6.14 (3) y (4) presentan velocidades de sedimentación de partículas suspendidas en unidades de  $\text{g/m}^3/\text{min}$ . En la gráfica VI.6.14 (3) se puede observar el comportamiento de sedimentación con respecto al tiempo global, en tanto que la VI.6.14 (4) permite ver el proceso por etapas, es decir por períodos (de los 0 a los 2 minutos, de los 2 a los 4 minutos, etc.).

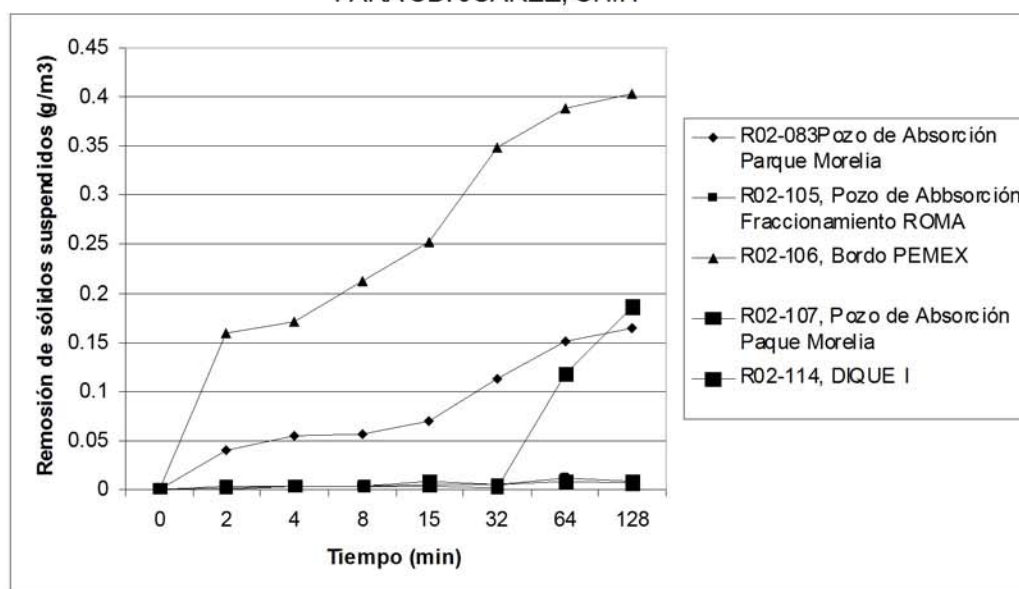
Referente a los gráficos de velocidad de sedimentación de partículas suspendidas en muestras de aguas pluviales, se aprecia una mayor velocidad de precipitación en Bordo PEMEX, seguido de MORELIA y el Sitio ROMA, con bajos contenidos de sólidos. Esta condición es favorable en la eficiencia que puede tener el vaso de captación que puede actuar como sedimentador, facilitando la operación y el mantenimiento (Gráfica VI.6.14 (4)).

La calidad del agua determinada para las muestras obtenidas en los sitios seleccionados, muestran una gran variedad en las concentraciones de los distintos parámetros analizados, por lo que es conveniente continuar con un programa que nos permita generar información más precisa y de mayor duración, incluyendo otros parámetros tales como la DBO, Bacteriológicos y COT, lo que permitirá conocer e inferir, las causas de las fluctuaciones en los parámetros analizados y su correlación con el entorno físico de la cuenca tributaria. Sin embargo, los análisis realizados hasta este momento dan una buena idea sobre el comportamiento de los diferentes sitios, con respecto a la calidad de los escurrimientos. Sin embargo, hay que evaluar estos tres sitios (PEMEX, Roma y Morelia) por separado dadas sus características particulares. De igual manera, es recomendable realizar un programa de muestreo que involucre un mayor número de muestras en eventos de lluvia para diferentes tiempos de duración e intensidad.





GRÁFICA VI.6.14 (2). TURBIEDAD (G/M<sup>3</sup>/MIN) EN MUESTRAS DE AGUAS PLUVIALES PARA CD. JUÁREZ, CHIH



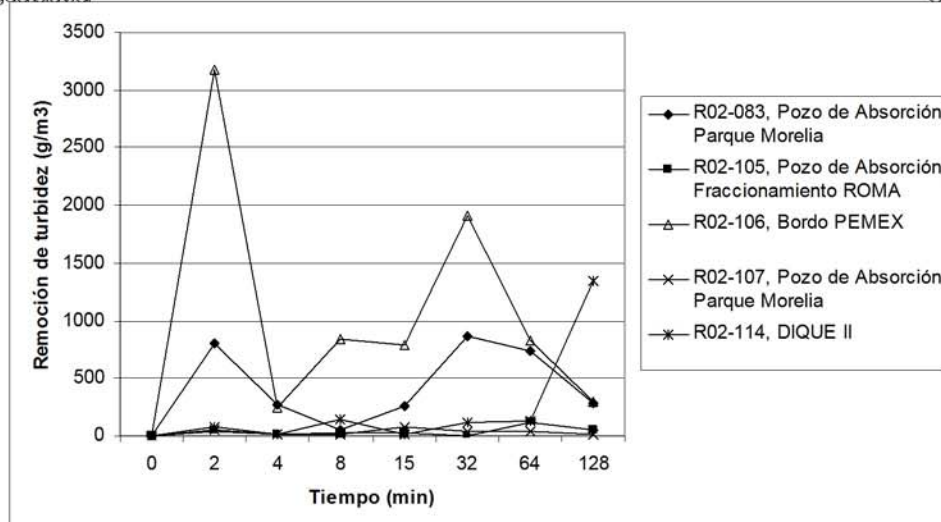
GRÁFICA VI.6.14 (3). VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS (G/M<sup>3</sup>/MIN) EN MUESTRAS DE AGUAS PLUVIALES PARA CD. JUÁREZ, CHIH

#### VI.6.15. DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES DE SEDIMENTOS DEPOSITADOS POR LA ESCORRENTÍA POR EVENTO DE LLUVIA EN SITIOS SELECCIONADOS.

Uno de los objetivos planteados en el estudio realizado por el IMIP y la UACJ, fue el de obtener información sobre el volumen de sedimentos acumulados (azolve) en vasos de captación seleccionados. Se tomaron en cuenta los resultados de 7 muestras, de las cuales,

una pertenece al sitio Bordo PEMEX, otra en el sitio Fraccionamiento ROMA y cinco muestras en el Vaso de Captación Morelia, sitios que son representativos de diferentes grados de urbanización, extrapolándose los resultados obtenidos del estudio de Caracterización de las Aguas Pluviales, para los parámetros de sólidos suspendidos totales y sólidos sedimentables de distintas muestras obtenidas en las escorrentías, justo antes de entrar en los vasos de captación. El cálculo de los volúmenes de sedimentos arrastrados por los escurrimientos del agua de lluvia hacia los sitios

Infiltración agua pluvial



**GRÁFICA VI.6.14 (4). VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS POR ETAPA (G/M³/MIN) EN MUESTRAS DE AGUAS PLUVIALES PARA CD. JUÁREZ, CHIH.**

seleccionados, se hizo tomando como base el gasto de agua pluvial de ingreso, y referenciándose a la precipitación total del evento, así como las características físicas del área tributaria, tales como el porcentaje de urbanización, pendientes, etc.

En la Tabla VI.6.15 se muestran los volúmenes de azolve calculados para cada sitio en particular durante los diferentes eventos de lluvias que fueron analizados para el año 2002 y volúmenes escurridos para tormentas con un periodo de retorno TR= 5 y 25 años, que fueron calculados mediante la modelación hidrológica<sup>13</sup>.

De acuerdo con los volúmenes obtenidos y los datos registrados para sólidos suspendidos totales y sólidos sedimentables en cada uno de los eventos de lluvia, las cantidades de azolve varían de 0.70 m³ a 158.44 m³, mientras que para escurrimientos de tormentas con periodo de retorno TR=5 años los volúmenes de azolve fluctuaron de 38.64 a 1039.48 m³; así mismo, para tormentas con TR= 25 años, los volúmenes de azolve variaron de 72.01 a 2077.50 m³.

Dado que las muestras no fueron tomadas en circunstancias óptimas de tiempo, es muy probable que los volúmenes de azolve obtenidos sean menores a los reales, por lo que se deberá tomar en consideración con las reservas del caso, para el diseño de los programas de operación y mantenimiento de los sitios de captación, almacenamiento e infiltración del agua pluvial.

## VI.6.16. OBRAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA PLUVIAL

### VI.6.16.1. ZONAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA PLUVIAL

El sistema acuífero está constituido por dos unidades hidrogeológicas comunicadas entre sí, a las que se ha denominado acuífero somero y acuífero profundo, donde el comportamiento hidrogeológico es diferente en cada uno de ellos, y los rangos de profundidad al nivel estático son diferentes, ya que mientras en el acuífero somero varían de menos de 5 m a posiblemente más de 35 m, en el acuífero profundo la profundidad varía de menos de 20 m a más de 140 m, por lo que la infraestructura para la infiltración de agua pluvial será definida en función de este parámetro, ya que no es conveniente infiltrar el agua directamente a la zona saturada si no ha recibido previamente un tratamiento de tal manera que la infiltración de agua a la que solo se le han quitado los sólidos suspendidos es conveniente infiltrar el agua por arriba del nivel estático propiciando con ello un proceso de filtrado natural antes de integrarse a la zona saturada del acuífero.

De acuerdo a la distribución de las cuencas en las que se ha dividido la red hidrológica de la zona de Juárez, tenemos cuatro áreas principales donde es

<sup>13</sup> Estudio para el Manejo Integral de las Aguas Pluviales y Sanitarias de Cd. Juárez, IMIP, 2002.



Tabla VI.6.15 CALCULO DE VOLUMENES DE AZOLVE DEPOSITADOS POR EVENTO DE LLUVIA Y POR PERIODO DE RETORNO

SITIO	MUESTRA	EVENTO	Contenido	mg/l / ml/l	Contenido	(g/m²)	Densidad *	Factor	FECHA DEL EVENTO		PERIODO DE RETORNO				
									19-20/07/02	19-20/07/02	TR=5	TR=25	TR=5	TR=25	TR=25
Pemex	R02-106	1		6397.5	5	6397.5	1390000	0.00460	16500	75.94	104790	216350	482.30	995.75	995.75
						NA	NA	NA	16500	82.50	104790	216350	523.96	1081.75	1081.75
						158.44									
Roma	R02-105	4		460.7	0.25	460.7	1390000	0.00033	66456	22.03	111030	206940	36.80	68.59	68.59
						NA	NA	NA	66456	16.61	111030	206940	27.76	51.74	51.74
						38.64									
Morelia	R02-007T	1		174	0.4	174	1390000	0.00013	15268	1.91	73570	137120	9.21	17.16	17.16
						NA	NA	NA	15268	6.11	73570	137120	29.43	54.85	54.85
						8.02									
Morelia	R02-083	2		179.4	14	179.4	1390000	0.00013	10920	1.41	73570	137120	9.50	17.70	17.70
						NA	NA	NA	10920	152.88	73570	137120	1029.98	1919.68	1919.68
						154.29									
Morelia	R02-090	3		115	1.5	115	1390000	0.00008	NR	NC	73570	137120	6.09	11.34	11.34
						NA	NA	NA	NR	NC	73570	137120	110.36	205.68	205.68
Morelia	R02-094	6		381	0.85	381	1390000	0.00027	620	0.17	73570	137120	20.17	37.58	37.58
						NA	NA	NA	620	0.53	73570	137120	62.53	116.55	116.55
						0.70									
Morelia	R02-104	7		319.4	0.3	319.4	1390000	0.00023	17625	4.05	73570	137120	16.91	31.51	31.51
						NA	NA	NA	18625	5.59	73570	137120	22.07	41.14	41.14
						9.64									

\* Densidad de las arcillas

NA = No Aplica

NR = No Registrado

NC = No Calculado

Infiltración agua pluvial

más conveniente hacer la captación, manejo e infiltración del agua pluvial: 1) el área que circunda la Sierra de Juárez, 2) la cuenca cerrada de la Laguna del Barreal o de Patos, 3) El área baja de la ciudad en la zona del corredor deportivo Bertha Chiu y 4) En la zona de Misión de los Lagos.

1) En el área que circunda la Sierra de Juárez, cerca de donde se genera un porcentaje importante del escurrimiento pluvial, existen del orden de 70 estructuras para la captación y acondicionamiento del agua pluvial, y donde es factible infiltrarla mediante la construcción de pozos de absorción. Un alto porcentaje de los vasos han sido invadidas y/o afectadas en sus estructuras de retención y regularización, por lo que es conveniente rehabilitarlos y adecuarlos para la retención e infiltración de agua pluvial. En esta área la profundidad al nivel varía de 80 a más de 150 m, sin embargo, en las partes más altas, es posible encontrar roca a profundidades menores a los 80 m, por lo que existen posibilidades de encontrar niveles de agua colgados a profundidades menores, retenidos por rocas impermeables como lutitas.

2) La cuenca cerrada de la Laguna del Barreal es un área que cuando existen lluvias torrenciales se acumula una capa de agua que inunda la parte más baja de la laguna, permaneciendo durante largos periodos de tiempo, hasta que es evaporada totalmente, ya que no se infiltra dado que el lecho de la laguna está constituido por una capa de arcilla con arena parcialmente cementada con carbonato de calcio el espesor varía de 5 a 8 m, lo que no permite la infiltración al subsuelo, por lo que es conveniente construir infraestructura para la captación, manejo e infiltración del agua pluvial. En esta zona la profundidad al nivel estático varía de 85 m a más de 110 m, aunque solo se tiene información en la porción norte de la laguna, es posible que la profundidad al nivel estático se mantenga dentro de este rango.

3) El área más baja de la ciudad corresponde a una franja paralela al río, prácticamente plana donde el drenaje pluvial no tiene salida natural, ya que al ser rectificado el cauce del río, también se construyó un bordo a largo del mismo para evitar desbordamientos, sin embargo, tampoco permite que los arroyos que cruzan la ciudad descarguen sus aguas a éste, provocando inundaciones en áreas específicas de la parte baja y que el agua sea desalojada, en su mayor parte, por las acequias y por el drenaje sanitario, provocando que se sature y causen colapsos en la

tubería al trabajar a presiones para las que no están diseñadas. Esta área se encuentra localizada totalmente en la porción que corresponde al acuífero somero, por lo que la profundidad varía de menos de 5 m a más de 35 m.

4) El área de Misión de los Lagos se ubica en el campo de golf con ese nombre entre la Avenida de las Torres, Paseo de la Victoria y el Dren 2-A. A este sitio descarga el arroyo Tapioca con importantes volúmenes de agua escurrida que puede ser infiltrada dado que en esta zona los estratos del subsuelo tienen la permeabilidad adecuada para este proceso existiendo el espacio suficiente y la disposición de los propietarios para almacenar y aprovechar el agua pluvial para el mismo campo de golf, además de la recarga del acuífero.

#### VI.6.16.2. ESTRUCTURAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA PLUVIAL

Existen varios métodos para infiltrar agua al subsuelo que van desde muy sencillos a complejos, dependiendo del volumen y la calidad del agua que se quiera infiltrar. Dentro de las obras de infraestructura que se utiliza para infiltrar agua existen tajos, pozos de absorción someros y profundos, pozos de inyección y lagunas de infiltración que pueden construirse en los lechos de ríos y arroyos; y en sitios generalmente cercanos a plantas de tratamiento para infiltrar agua tratada cuando su calidad lo permite.

De acuerdo a la variación de la profundidad al nivel estático en el sistema acuífero y en concordancia, con la ubicación de las zonas donde se propone se lleve a cabo la captación, manejo e infiltración de agua, pluvial, es factible proponer dos tipos de pozos de absorción: uno profundo, para las partes donde la profundidad al nivel estático tiene profundidades mayores a los 40 m, y otro somero, para aquellas zonas donde el nivel estático es menor a los 40 m.

La profundidad de los pozos de absorción profundos se recomienda siempre sea menor en por lo menos 20 m a la profundidad del nivel estático del sitio donde se ubica el pozo de absorción, de tal forma que el agua siempre tenga una zona de filtrado natural antes de integrarse a la zona saturada del acuífero.

En la Figura VI.6.16.(1), muestra el pozo de absorción profundo tipo, donde se puede observar que está constituido por dos partes básicas: filtro granular graduado y zona de infiltración.



Los pozos de absorción someros consisten de una fosa excavada con profundidades que pueden variar de 4 a 6 m y sus dimensiones dependerán de la disposición de terreno Figura VI.6.16. (2), ya que este tipo de pozos de absorción se proponen para las zonas donde el nivel estático está muy somero, como es el caso de la zona baja de la ciudad, que corresponde a una franja paralela al Río Bravo.

Esos pozos de absorción someros pueden utilizarse, de permitirlo las pendientes de las calles aledañas, en el corredor Bertha Chiu, donde se encuentran diversas canchas deportivas, utilizando la hondonada del antiguo cauce del río como áreas de almacenamiento.

Uno de los problemas a resolver en la retención de agua pluvial para ser infiltrada, tiene que ver con el contenido de sólidos en suspensión que arrastran las corrientes de agua, siendo el principal reto los sedimentos finos constituidos por limos y arcillas que es necesario eliminar antes de infiltrar el agua, por lo que los depósitos de almacenamiento, que en algunos casos podrán ser parques hundidos, deberán contar con estructuras que retengan los sólidos. Figura VI.6.16.2

A continuación se presenta una secuencia fotográfica de un pozo de infiltración tipo, que fue construido en fecha reciente en un centro comercial de la localidad, y que forma parte de las estrategias que plantea el Plan Sectorial de Agua Pluvial, las fotos de los tubos ranurados se pueden observar en el proceso de construcción de los pozos de absorción, según se puede apreciar en la secuencia fotográfica Foto VI.6.16.2. Existen otros ejemplos en desarrollos de Centros Comerciales, de estructuras que favorecen la infiltración y que cuentan con procesos pasivos para la eliminación de materiales de arrastre, como son arenas, arcillas, grasas y otros materiales agregados propios de los flujos pluviales. En las fotos que a continuación se muestran, se aprecia el uso de cantos rodados y de materiales de arrastre, como son arenas, arcillas, grasas y otros materiales agregados propios de los flujos pluviales, sin embargo solo pueden ser utilizados en zonas ampliamente pavimentadas. En las fotos Foto VI.6.16.2.(2) se aprecia el uso de cantos rodados y material pétreo de diferente diámetro utilizado en la conformación de un vaso de captación-infiltración, que favorece la eliminación de materiales agregados al flujo y la consiguiente depuración pasiva del agua pluvial.

Figura VI.6.16.2

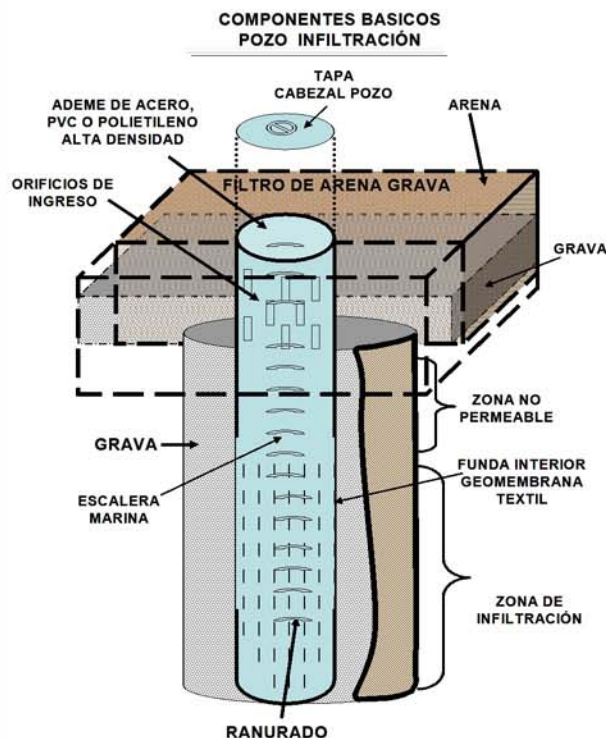


Foto VI.6.16.2.









Tubería Lisa de PVC o PEAD de 90cm(36") de Diámetro.

1.0m 0.91m 1.0m

1.20m

Nivel de Fondo del Vaso de Filtración

Arena

Grava

Piedra bola de tamaño 2.5-4"

Ranuras de 5cm(2") de Ancho por 15cm(6") de largo Espaciadas Aprox. 30cm(12") Horizontal y Verticalmente

Losas de Concreto Reforzado de 15cms. de Espesor.

4m

7m

VARIABLE

Filtro de Material Granular (Grava) con Tamaño Máximo de Agregado de 38mm(1 1/2")

Ranuras de 2.50cm(1") de Ancho por 15cm(6") de Largo Espaciadas 30cm. Horizontal y Verticalmente.

Geotextil filtrante

Tubería Lisa de PVC o PEAD de 90cm(36") de Diámetro.

1.50m

0.30 0.90 0.30

1.50m

El grosor de las capas de material granular filtrante se dan de acuerdo con los cálculos de diseño y del potencial hidráulico.

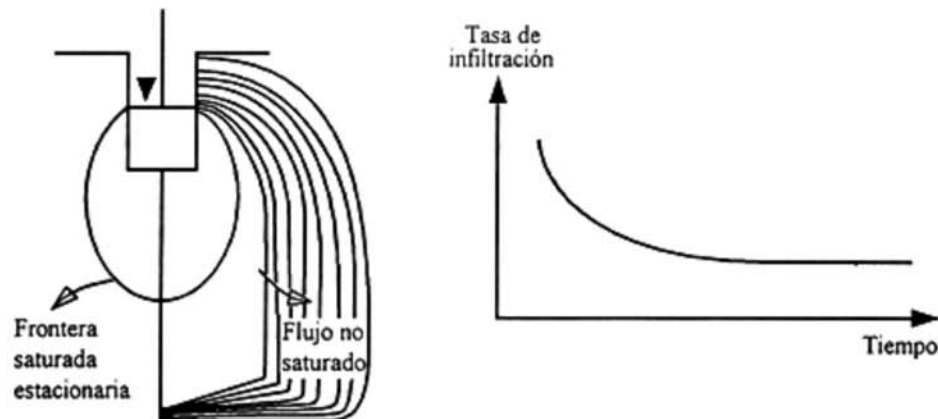
### VI.6.16.3. VELOCIDAD DE LA INFILTRACIÓN

La velocidad de infiltración se vuelve un factor clave en las estrategias de manejo de las aguas pluviales. La captación de los volúmenes escurridos en las estructuras de control combinado con la capacidad del suelo de absorber agua, nos ofrece la oportunidad de utilizar las aguas pluviales como elemento de recarga y de reuso. Sin embargo la capacidad de absorber o infiltrar el agua de lluvia depende de la composición propia del suelo, de la calidad del agua en función de sus características fisicoquímicas, de los materiales agregados durante su recorrido por la superficie hasta llegar a los vasos de captación.

donde,  $c(\theta) = \theta / t$ ,  $\theta$  : succión de agua de suelo,  
 $\theta$  : contenido de humedad del suelo  
y  $K(\theta)$ : la conductividad del suelo en sección  $\theta$ .

Usando la simulación numérica para la distribución de succión para una condición dada, esta puede ser calculada y entonces el flujo estimado puede calcularse usando la ecuación de Darcy para computar el efluente de las instalaciones de infiltración.

FIG. VI.6.16.3. BOSQUEJO CONCEPTUAL DE INFILTRACIÓN DE CEPA



Esta agua para que se pueda enviar al subsuelo, requiere además de una calidad determinada en el punto de infiltración, con objeto de que no inhiba el proceso de ingreso al subsuelo y mantenga una velocidad de penetración constante o sea la Velocidad de Infiltración. De manera general se presenta una tabla que permite estimar esta velocidad de infiltración de acuerdo con el tipo de suelo presente:

Existen varios métodos para efectuar la estimación de la capacidad de infiltración, a continuación se da como ejemplo el método de Katsumi Musiake, S. Herat y S. Hironaka<sup>16</sup>:

En el diseño de sistemas de infiltración, es necesario poder estimar la capacidad de infiltración de una instalación de ciertas dimensiones para un sitio específico. El flujo de tales estructuras puede ser descrita por la ecuación de Richard que se muestra a continuación:

$$c(\theta) = \theta / t = V \cdot [k(\theta) V(\theta + z)] \quad (1)$$

El mecanismo de infiltración se muestra en la Fig. VI.6.16.3 Al principio de la infiltración, el frente de agua se encuentra muy cerca de las estructuras de infiltración y a medida que los gradientes hidráulicos crecen, la tasa de infiltración se hace muy alta.

Conforme pase el tiempo el frente de agua se mueve de la superficie de infiltración, reduciendo el gradiente hidráulico y reduciendo también la tasa de infiltración. El agua que se mueve consiste en un frente saturado y un frente móvil insaturado. El frente saturado se vuelve más lento con el tiempo y en algún punto alcanza un perfil estacionario. La tasa de infiltración de ahí en adelante llega a ser casi constante, aunque el proceso de infiltración en sí es inestable y la corriente insaturada continua, fuera del frente saturado.

En la estimación de la capacidad de infiltración desde una zanja o pozo, es suficiente estimar la capacidad de infiltración final.

<sup>16</sup> Efectos de los Sistemas de Infiltración de Agua Pluvial y su Evaluación, Katsumi Musiake, Srikantha Herat y Sadayuki Hironaka, Instituto de Ciencia Industrial, Universidad de Tokio, Minato-ku, Tokyo, Japón



Tabla VI.6.16.3

VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN	
MUY ARENOSO	20-25 mm/h
ARENOSO	15-20 mm/h
LIMO-ARENOSO	10-15 mm/h
LIMO-ARCILLOSO	8-10 mm/h
ARCILLOSO	< 8 mm/h

FUENTE: IM IP

Para suelo con una conductividad bastante alta, este estado cuasiestacionario es alcanzado en un corto período de tiempo. Para estimar esta tasa constante, se simplifica la ec (1) como sigue:  
La función de conductividad  $K(\phi)$  está expresada como

$$k(\phi) = k_o K_r(\phi) \quad (2)$$

donde  $K_o$  : conductividad saturada del suelo,  $K_r(\phi)$ : conductividad relativa.

A continuación consideramos el estado estacionario de la ec (1) obtenida por imposición de condiciones de un límite artificial fuera de la superficie de infiltración. Ya que  $\phi / t = 0$ , substituyendo la ec (2) en la ec (1) y gradualmente con respecto a la  $K_o$ , se obtiene la ecuación gobernante para la zanja y el pozo de infiltración:

$$V \cdot [k(\phi) V(\phi + z)] = 0 \quad (3)$$

Como la corriente puede ser considerada simétrica, solamente se requiere un análisis de dos dimensiones. La ec (3) se resuelve dependiendo del tipo de instalación para infiltración por un límite dado y las condiciones iniciales y la solución final, la capacidad de infiltración de la instalación se estima usando la ley de Darcy por lo que:

$$Q / K_o = f r k_r(\phi) V(\phi + z) \quad (4)$$

donde  $r$  denota la superficie de infiltración. Para este procedimiento es necesario conocer de antemano la relación de conductividad del suelo.

#### VI.6.16.4. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DEL SUELO

Como se mencionó anteriormente, la conductividad hidráulica del suelo  $K(\phi)$  se requiere para las simulaciones. Esta relación entre la conductividad hidráulica y la humedad del suelo puede ser estimada mediante

Infiltración agua pluvial

la estimación de  $K_o$  tomada de las pruebas de campo siendo suficiente para obtener una relación de conductividad confiable (Herath et al., 1987). La  $k_r(\phi)$  puede ser medida, ya sea de pequeñas muestras o es generada de la relación succión-húmeda  $[F-\phi]$  del suelo, usando un modelo como el modelo Mualem (1976).

Para estimar confiablemente la conductividad hidráulica de campo se deben llevar a cabo pruebas en el sitio. La prueba más adecuada para esto es la de perforación de carga constante, donde una perforación se hace en el suelo y la tasa de infiltración se mide por carga constante. La tasa de infiltración se monitorea continuamente hasta que se convierte en constante para que el análisis del estado estacionario arriba mencionado pueda aplicarse. Usando la conductividad relativa estimada de acuerdo al procedimiento discutido, la tasa de infiltración final se estima simulando el experimento de campo de acuerdo al procedimiento esquematizado en la sección anterior, como el efluente estimado es expresado como  $Q/K_o$ , y ya que  $Q$  está disponible como una observación, la conductividad saturada  $K_o$  puede ser definida.





Foto VI.6.16.2.(2)



#### VI.6.16.5. VOLÚMENES SUSCEPTIBLES DE INFILTRAR

Los volúmenes susceptibles de infiltrar varían en función de tres parámetros:

a) la conductividad hidráulica de la formación donde se infiltrará el agua,

De acuerdo a un estudio de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez (Rascón, E. y Moreno, G., 2000), en el acuífero profundo la conductividad hidráulica en la zona de Juárez varía de 0.5 a 8.6 m/d, mientras que en el acuífero somero se tiene una conductividad hidráulica uniforme de 9 m/d. En el acuífero profundo se tienen los mayores valores de conductividad en una franja ubicada al norte de la ciudad, en la zona del Chamizal y zonas cercana, mientras que los valores más pequeños se localizan rodeando a la Sierra de Juárez.

Es de mencionar que los valores de conductividad fueron obtenidos mediante pruebas de bombeo por lo que sus valores son representativos de la zona saturada del sistema acuífero.

En la zona no saturada del sistema acuífero no existen estudios para determinar su conductividad, pero de acuerdo a los cortes litológicos de los pozos, la litología es muy similar a lo largo de la mayoría de los pozos, por lo que se estima que los valores de conductividad hidráulica para la zona no saturada deben ser iguales o menores, en la mayor parte de los casos.

Tenemos tres áreas principales donde es más conveniente hacer la captación, manejo e infiltración del agua pluvial:

- 1) el área que circunda la Sierra de Juárez,
- 2) la cuenca cerrada de la Laguna del Barreal o de Patos, y
- 3) El área baja de la ciudad en la zona del corredor deportivo Bertha Chiu y en la zona de Misión de los Lagos.

En concordancia con la distribución de la conductividad hidráulica en la zona de estudio, el área que circunda la Sierra de Juárez presenta valores que varían de 0.5 a 1.0 m/d, mientras que en la cuenca cerrada de la Laguna del Barreal tenemos valores que varían de 1.5 a 3.2 m/d.

De acuerdo a los valores de profundidad al nivel estático en estas zonas es recomendable hacer la infiltración mediante pozos de absorción profundos. El área baja de la ciudad en la zonas del corredor deportivo Bertha Chiu y de Misión de los Lagos, corresponden a la parte del acuífero somero, donde se recomienda hacer



la infiltración mediante pozos de absorción someros, y donde se ha determinado una conductividad hidráulica de 9 m/d para toda la zona que corresponde al acuífero somero (Rascón, E. y Moreno, G., 2000)

En las Tablas VI.6.16.3.1 (1) a la (3) se muestran los gastos susceptibles de infiltrarse en el acuífero profundo y en las Tablas VI.6.16.3.1 (4) a la (6) se muestran los gastos susceptibles de infiltrarse en el acuífero somero, para diferentes valores de conductividad hidráulica y para diferentes profundidades, con diámetros de ademe de 14 y 16" para el caso de los pozos profundos y con áreas de 36 (6x6 m) y 16 m<sup>2</sup> (4x4 m) para el caso de los pozos someros.

### VI.6.16.5.1. CÁLCULOS DEL GASTO DE INFILTRACIÓN

Los gastos fueron calculados mediante la fórmula de la Ley de Darcy:

Donde

$$Q_i = K A_i i$$

$Q_i$  = Gasto de infiltración  
 $K$  = Conductividad hidráulica  
 $A_i$  = Área de infiltración  
 $i$  = Gradiente hidráulico

TABLA VI.6.16.5.1 (1) CÁLCULO DEL GASTO DE INFILTRACIÓN PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES Y K=0.5 M/D.

K (M/D)	PROF. (M)	A <sub>14"</sub> (M <sup>2</sup> )	A <sub>16"</sub> (M <sup>2</sup> )	I	Q <sub>14"</sub> (M <sup>3</sup> /D)	Q <sub>14"</sub> (LPS)	Q <sub>16"</sub> (M <sup>3</sup> /D)	Q <sub>16"</sub> (LPS)
0.5	40	5.5764	6.4692	40	111.53	1.2908	129.38	1.4975
0.5	50	6.9705	8.0865	50	174.26	2.0169	202.16	2.3398
0.5	60	8.3646	9.7038	60	250.94	2.9044	291.11	3.3694
0.5	70	9.7587	11.3211	70	341.55	3.9532	396.24	4.5861
0.5	80	11.1528	12.9384	80	446.11	5.1633	517.54	5.99
0.5	90	12.5469	14.5557	90	564.61	6.5348	655.01	7.5811
0.5	100	13.941	16.173	100	697.05	8.0677	808.65	9.3594
0.5	110	15.3351	17.7903	110	843.43	9.7619	978.47	11.3248
0.5	120	16.7292	19.4076	120	1003.75	11.6175	1164.46	13.4775
0.5	130	18.1233	21.0249	130	1178.01	13.6344	1366.62	15.8173
0.5	140	19.5174	22.6422	140	1366.22	15.8127	1584.95	18.3444
0.5	150	20.9115	24.2595	150	1568.36	18.1523	1819.46	21.0586
0.5	200	27.882	32.346	200	2788.2	32.2708	3234.6	37.4375
0.5	250	34.8525	40.4325	250	4356.56	50.4232	5054.06	58.4961
0.5	300	41.823	48.519	300	6273.45	72.6094	7277.85	84.2344

FUENTE: IMIP

TABLA VI.6.16.5.1 (2) CÁLCULO DEL GASTO DE INFILTRACIÓN PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES Y K=1 M/D.

K (M/D)	PROF. (M)	A <sub>14"</sub> (M <sup>2</sup> )	A <sub>16"</sub> (M <sup>2</sup> )	I	Q <sub>14"</sub> (M <sup>3</sup> /D)	Q <sub>14"</sub> (LPS)	Q <sub>16"</sub> (M <sup>3</sup> /D)	Q <sub>16"</sub> (LPS)
1	40	5.5764	6.4692	40	223.06	2.5817	258.77	2.995
1	50	6.9705	8.0865	50	348.53	4.0339	404.33	4.6797
1	60	8.3646	9.7038	60	501.88	5.8088	582.23	6.7388
1	70	9.7587	11.3211	70	683.11	7.9064	792.48	9.1722
1	80	11.1528	12.9384	80	892.22	10.3267	1035.07	11.98
1	90	12.5469	14.5557	90	1129.22	13.0697	1310.01	15.1622
1	100	13.941	16.173	100	1394.1	16.1354	1617.3	18.7188
1	110	15.3351	17.7903	110	1686.86	19.5239	1956.93	22.6497
1	120	16.7292	19.4076	120	2007.5	23.235	2328.91	26.955
1	130	18.1233	21.0249	130	2356.03	27.2689	2733.24	31.6347
1	140	19.5174	22.6422	140	2732.44	31.6254	3169.91	36.6888
1	150	20.9115	24.2595	150	3136.73	36.3047	3638.93	42.1172
1	200	27.882	32.346	200	5576.4	64.5417	6469.2	74.875
1	250	34.8525	40.4325	250	8713.13	100.8464	10108.13	116.9922
1	300	41.823	48.519	300	12546.9	145.2188	14555.7	168.4688

FUENTE: IMIP

**TABLA VI.6.16.5.1 (3) CÁLCULO DEL GASTO DE INFILTRACIÓN PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES Y K=2 M/D.**

K (M/D)	PROF. (M)	A <sub>14"</sub> (M <sup>2</sup> )	A <sub>16"</sub> (M <sup>2</sup> )	I	Q <sub>14"</sub> (M <sup>3</sup> /D)	Q <sub>14"</sub> (LPS)	Q <sub>16"</sub> (M <sup>3</sup> /D)	Q <sub>16"</sub> (LPS)
2	40	5.5764	6.4692	40	446.11	5.1633	517.54	5.99
2	50	6.9705	8.0865	50	697.05	8.0677	808.65	9.3594
2	60	8.3646	9.7038	60	1003.75	11.6175	1164.46	13.4775
2	70	9.7587	11.3211	70	1366.22	15.8127	1584.95	18.3444
2	80	11.1528	12.9384	80	1784.45	20.6533	2070.14	23.96
2	90	12.5469	14.5557	90	2258.44	26.1394	2620.03	30.3244
2	100	13.941	16.173	100	2788.2	32.2708	3234.6	37.4375
2	110	15.3351	17.7903	110	3373.72	39.0477	3913.87	45.2994
2	120	16.7292	19.4076	120	4015.01	46.47	4657.82	53.91
2	130	18.1233	21.0249	130	4712.06	54.5377	5466.47	63.2694
2	140	19.5174	22.6422	140	5464.87	63.2508	6339.82	73.3775
2	150	20.9115	24.2595	150	6273.45	72.6094	7277.85	84.2344
2	200	27.882	32.346	200	11152.8	129.0833	12938.4	149.75
2	250	34.8525	40.4325	250	17426.25	201.6927	20216.25	233.9844
2	300	41.823	48.519	300	25093.8	290.4375	29111.4	336.9375

FUENTE: IMIP

**TABLA VI.6.16.5.1 (4) CÁLCULO DEL GASTO DE INFILTRACIÓN PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES Y K=6 M/D.**

K (M/D)	PROF. (M)	A <sub>16"</sub> (M <sup>2</sup> )	A <sub>16"</sub> (M <sup>2</sup> )	I	Q <sub>16"</sub> (M <sup>3</sup> /D)	Q <sub>16"</sub> (LPS)	Q <sub>16"</sub> (M <sup>3</sup> /D)	Q <sub>16"</sub> (LPS)
6	1	60	32	1	360	4.1667	192	2.2222
6	2	84	48	2	1008	11.6667	576	6.6667
6	3	108	64	3	1944	22.5	1152	13.3333
6	4	132	78	3	2376	27.5	1404	16.25
6	5	156	92	5	4680	54.1667	2760	31.9444
6	6	180	108	6	6480	75	3888	45

FUENTE: IMIP

**TABLA VI.6.16.5.1 (5) CÁLCULO DEL GASTO DE INFILTRACIÓN PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES Y K=9 M/D.**

K (M/D)	PROF. (M)	A <sub>16"</sub> (M <sup>2</sup> )	A <sub>16"</sub> (M <sup>2</sup> )	I	Q <sub>16"</sub> (M <sup>3</sup> /D)	Q <sub>16"</sub> (LPS)	Q <sub>16"</sub> (M <sup>3</sup> /D)	Q <sub>16"</sub> (LPS)
9	1	60	32	1	540	6.25	288	3.3333
9	2	84	48	2	1512	17.5	864	10
9	3	108	64	3	2916	33.75	1728	20
9	4	132	78	3	3564	41.25	2106	24.375
9	5	156	92	5	7020	81.25	4140	47.9167
9	6	180	108	6	9720	112.5	5832	67.5

FUENTE: IMIP

**TABLA VI.6.16.5.1 (6) CÁLCULO DEL GASTO DE INFILTRACIÓN PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES Y K=10 M/D.**

K (M/D)	PROF. (M)	A <sub>16"</sub> (M <sup>2</sup> )	A <sub>16"</sub> (M <sup>2</sup> )	I	Q <sub>16"</sub> (M <sup>3</sup> /D)	Q <sub>16"</sub> (LPS)	Q <sub>16"</sub> (M <sup>3</sup> /D)	Q <sub>16"</sub> (LPS)
10	1	60	32	1	600	6.9444	320	3.7037
10	2	84	48	2	1680	19.4444	960	11.1111
10	3	108	64	3	3240	37.5	1920	22.2222
10	4	132	78	3	3960	45.8333	2340	27.0833
10	5	156	92	5	7800	90.2778	4600	53.2407
10	6	180	108	6	10800	125	6480	75

FUENTE: IMIP



En el caso en que el agua pluvial reciba algún tratamiento, ésta podrá ser infiltrada directamente a la zona saturada del sistema acuífero por lo que se tendría la oportunidad de una infiltración más rápida, reduciendo el tiempo de permanencia del agua en los depósitos de almacenamiento, disminuyendo los riesgos de fomentar plagas que puedan afectar la salud en la vecindad de los depósitos de almacenamiento.

#### VI.6.16.6. GASTOS DE INFILTRACIÓN EN LOS ESTADOS UNIDOS

Todd (1959) reporta gastos de infiltración promedio para pozos de recarga en varias localidades de Estados Unidos (Tabla VI.6.16.4), donde se puede observar que los gastos de infiltración varían de 2.8 lps a 65.06 lps

Como se puede observar, la localidad de El Paso, Tx. es la que tiene mayor tasa promedio de infiltración con 65.06 lps., así mismo, en CILA/IBWC (1998) para la zona de El Paso se reportan datos de gasto promedio de infiltración de 45 lps en el Pozo No. EPWU-RW-3 que presenta una profundidad de 254.5 m. En este pozo el agua es inyectada directamente a la zona saturada, que en este caso en particular la longitud total de ademe ranurado (espesor de acuífero donde se infiltra el agua) es de 78.4 m, con una litología de arenas y gravas con intercalaciones de estratos de arcilla, presentando una conductividad hidráulica de 12 m/d.

De acuerdo a los datos arrojados por los pozos de El Paso, es de esperar que en el acuífero profundo de la zona de Cd. Juárez, podamos tener gastos de infiltración entre 2 y 20 lps en el área que circunda la Sierra de Juárez, entre 15 y 30 lps en la cuenca cerrada de la Laguna del Barreal o de Patos, y entre 10 y 35 lps en el área baja de la ciudad, en la zona que corresponde al corredor deportivo Bertha Chiu y en la zona de Misión de los Lagos. Sin embargo, si el agua se infiltra directamente a la zona saturada del sistema acuífero, es posible que los gastos de infiltración sean mayores, alcanzando gastos entre 20 y 60 lps, en aquellos pozos que presenten áreas y espesores mayores de infiltración, incluyendo la zona no saturada del sistema acuífero, y dado que los valores de conductividad hidráulica obtenidos son menores que los obtenidos en la zona de la ciudad de El Paso, específicamente para aquellos sitios donde se lleva a cabo el proceso de infiltración.

TABLA VI.6.16.6. GASTOS PROMEDIO DE INFILTRACIÓN PARA VARIAS LOCALIDADES DE U.S.A.

LOCALIDAD	Q (CFS)	Q (LPS)
FRESNO, CALIF.	0.2-0.9	5.66-25.47
LOS ANGELES, CALIF.	1.2	33.96
MANHATAN BEACH, CALIF.	0.4-1.0	11.32-28.3
ORANGE COVE, CALIF.	0.7-0.9	19.81-25.47
SAN FERNANDO VALLEY, CALIF.	0.3	8.49
TULARE COUNTY, CALIF.	0.12	3.4
MUD LAKE, IDAHO	0.2-1.0	5.66-28.3
JACKSON COUNTY, MICH.	0.1	2.83
NEWARK, N.J.	0.6	16.98
LONG ISLAND, N.Y.	0.2-2.2	5.66-62.26
EL PASO, TEXAS	2.3	65.09
WILLIAMSBURG, VA.	0.3	8.49

CFS = PIES CÚBICOS POR

LPS = LITROS POR SEGUNDO

Es de esperar que la presencia de estratos arcillosos puedan disminuir los espesores de acuífero en donde se pretenda infiltrar el agua, tal como se muestra en la sección C-C' de la Figura VI.2.1.4, donde se observa la presencia de estratos intercalados de arcilla y arena.

#### VI.6.17. CONDICIONES LITOLÓGICAS PARA LA INFILTRACIÓN DE AGUAS PLUVIALES

Los perfiles geofísicos realizados en los 20 sitios seleccionados para llevar a cabo la infiltración del agua pluvial (ver plano VI.6.17(1)), presentan en su mayoría condiciones favorables relacionadas con la transmisividad y permeabilidad del material. Respecto a las zonas de infiltración mas apropiadas para desarrollar un sistema de recarga tipo ASR. De acuerdo con la litología local y la profundidad al nivel de saturación del acuífero, es recomendable establecerlo entre los 100 y 300 metros de profundidad para la Zona Sur y Poniente de la ciudad, y de entre 40 a 100 mts para recarga en la zona baja de la ciudad, considerando que en ambos casos se infiltrará a la zona saturada.

Para el caso en que la recarga se haga directamente en la zona no saturada y para asegurar que exista suficiente espesor por encima del nivel de saturación, es deseable contar con una zona de protección para posibles derrames en la superficie. El delimitar la zona de infiltración a una profundidad de aproximadamente 70 metros en la zona Sur y Poniente, y entre 5 y 10 m en las zonas bajas de la ciudad, asegurando con ello:

Infiltración agua pluvial

- A. Tener suficiente espesor en la zona no saturada para evitar que el agua almacenada en la zona de almacenamiento se infiltre hasta el nivel de saturación, y
- B. Tener una zona no saturada con espesor suficiente, que permita la asimilación natural de posibles contaminantes, antes de que suceda la infiltración del agua almacenada a profundidades mayores, y entonces recargar con seguridad el acuífero subterráneo.

La mayoría de los sondeos eléctricos verticales obtenidos en los sitios donde se pretenden instalar sistemas de recarga presentan curvas típicas de material de arena fina y media con intercalaciones de estratos de limo y arcillas<sup>14</sup>, por lo que es recomendable se realicen los estudios a detalle en cada uno de los sitios específicos

<sup>14</sup> Estudio para el Manejo Integral de las Aguas Pluviales y Sanitarias de Cd. Juárez, IMIP, 2002



## VII.- NORMATIVIDAD

## VII. NORMATIVIDAD

El propósito de establecer lineamientos técnicos es fundamental para que se conozcan los criterios mediante los cuales se deben de regir las obras en materia de control y manejo de las aguas pluviales en la ciudad, con el fin de proteger y dar seguridad a la población y en el caso de los aprovechamientos, mejorar las condiciones de calidad requeridas para su infiltración o bien para su uso directo, procurando siempre el bienestar general, la seguridad de quienes tienen que convivir con este tipo de estructuras en su entorno inmediato, y generar el mínimo de impactos adversos que pudiesen estar asociados a la captación, almacenamiento, vertimiento, encauzamiento y procesos de infiltración.

Así mismo se describen algunas medidas que deben ser observadas de manera obligatoria, para llevar a cabo las prácticas de infiltración de agua pluvial. Quienes diseñen estos procesos deben contar con la información básica, que permita prever los potenciales problemas que se pueden presentar en la operación de estos sistemas de recarga artificial.

Respecto a la prácticas de infiltración, en este capítulo se presentan también los lineamientos en materia de calidad del agua que deben ser observados, ante la importancia que representa mantener la calidad del agua en el acuífero del bolsón del hueco.

### VII.1. NORMATIVIDAD EN MÉXICO PARA RECARGA E INFILTRACIÓN DE AGUA AL SUBSUELO

La utilización del agua pluvial y las aguas tratadas para recargar los acuíferos, son un elemento adicional que puede favorecer la conservación de los almacenamientos existentes en el subsuelo y un recurso natural que debe ser utilizado de manera más eficiente en las épocas de sequía.

El almacenamiento de agua de lluvia en el subsuelo es en la actualidad una de las prácticas más deseables desde el punto de vista del uso racional del agua en las cuencas hidrológicas de baja disponibilidad de agua, sobre todo cuando se tienen características de zonas muy áridas, topografía con pendientes fuertes, zonas con estructuras hidráulicas de control que pueden contener almacenamientos importantes, áreas de escurrimiento con grandes superficies o

escurrimientos con volúmenes de flujo importantes, o donde las aguas captadas por los diques o los bordos no tienen capacidad de infiltración adecuada y generan zonas de riesgo para la salud pública. Sin embargo, es también una práctica que exige cuidados especiales para los acuíferos respecto a la calidad del agua presente y la potencial contaminación que puede ser inducida hacia estos sistemas, de ahí que la recarga artificial con aguas no potables requiera de lineamientos que normen las prácticas de recarga artificial, a fin de proteger la integridad de las aguas en las fuentes de abastecimiento.

Dado que en nuestro país el agua pluvial al igual que las aguas del subsuelo y los procesos de infiltración son facultad de la federación, se hizo conocimiento de las autoridades correspondientes, es decir de la Comisión Nacional del Agua, sobre los propósitos de establecer este tipo de prácticas en nuestra ciudad, siendo de gran interés para la propia Comisión, el desarrollo de las técnicas y criterios que puedan ser implementados para efecto de las prácticas de infiltración, almacenamiento y recuperación para aprovechamiento en actividades consuntivas. Como parte del esquema de recarga artificial, también se ha planteado la posibilidad de establecer a manera de proyecto piloto el agua tratada mediante un proceso secundario con desinfección terciaria y una fase final de pulimento mediante sistemas de lagunas o bien de humedales.

Debido a esta carencia de reglamentación en nuestro país, se ha considerado recurrir a la utilización de los criterios internacionales y los que de manera preliminar se han plasmado en el proyecto de Norma actualmente en elaboración por la Comisión Nacional del Agua.

### VII.2. EXPERIENCIAS EN OTROS PAÍSES

Varios países están aprovechando el agua pluvial, para fines de recarga al acuífero, irrigación, y potabilización. Para esto generaron sus propios lineamientos de calidad de agua pluvial para inyección en acuíferos, almacenamiento, y uso directo.

Existe una gran cantidad de ejemplos en el mundo sobre la recarga de acuíferos con agua potable, sin embargo ha llamado la atención internacional los estudios e investigaciones realizadas en Australia, ya que sus esfuerzos se han enfocado en la utilización de las aguas no-potables como una fuente adicional



para almacenamiento y recarga. Las investigaciones realizadas por los científicos Australianos, se han centrado en el conocimiento a mayor profundidad de los efectos hidrogeoquímicos y biológicos del uso de aguas no potables, con el fin de desarrollar lineamientos que permitan el almacenamiento en el subsuelo con distintas calidades, dependiendo del tipo de aprovechamiento. Como resultado de estas investigaciones, se generaron los lineamientos básicos que se encuentran contenidos en el documento denominado "National Water Management Strategy (NWMQS).

Los lineamientos para el manejo de agua pluvial fueron establecidos en el año 1994 por parte del *Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ARMCANZ)* y del *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC)* (ANZECC and ARMCANZ, 2000) para promover el valor potencial del agua pluvial en recarga de acuíferos de áreas urbanas ubicadas cerca de un acuífero (manteniendo la integridad de éste). Los lineamientos antes mencionados incluyen compilación de medidas para el mejoramiento de la calidad de agua pluvial urbana, así como para la implementación, monitoreo y revisión, dentro de una *estrategia general de manejo del agua pluvial*

Con respecto a la calidad del agua pluvial, la asociación de investigación del agua urbana de Australia publicó en 1996 los lineamientos para la calidad de agua pluvial y agua residual tratada para la inyección en acuíferos y así mismo para el almacenamiento y reuso (UWRAA, 1996). Estos lineamientos son diferentes a los utilizados en otras partes del mundo, como los correspondientes a los Estados Unidos o Europa, porque no presumen obtener potabilidad como un objetivo esencial, y permiten procesos naturales en los acuíferos como lo es el tratamiento del agua aprovechando la capacidad autodepuradora del subsuelo. Los lineamientos generados por el gobierno Australiano, incluyen licencia, pre-tratamiento, monitoreo, guía para las concentraciones máximas de contaminantes en el inyectado, tiempo de residencia antes de la recuperación y en manejo de sistemas de almacenamiento y recuperación del agua infiltrada al acuífero (ASR<sup>15</sup>).

En Estados Unidos, la EPA (*Environmental Protection Agency*) desarrolló lineamientos para la re-

<sup>15</sup> (ASR) Aquifer Storage Recovery

inyección de agua recuperada, manteniendo presente la protección de la salud humana y la calidad del agua subterránea. En estos lineamientos de reuso del agua (USEPA, 1992) la prioridad es la inyección del agua en acuífero para uso potable, aunque el uso no potable no es excluido). Las formas de recarga involucran el paso del agua por el suelo, debido a la gran atenuación de contaminantes orgánicos e inorgánicos en la zona no saturada. Lamentablemente existen muy pocas investigaciones relacionadas a cantidades de atenuación de contaminante en la zona saturada en un medio poroso y los lineamientos de la EPA ignoran los procesos de tratamiento natural que ocurren en los acuíferos. Posterior a la inyección, el reuso indirecto para agua potable esta permitido basándose en la evaluación del impacto para la salud de un esquema de reuso establecido en Whittier Narrows, California (State of California, 1987) en el cual el abastecimiento (acuífero) contenía cantidades significativas de agua recuperada con tratamiento terciario (ANZECC and ARMCANZ, 2000).

Los Estados Unidos tienen su enfoque para ASR de agua recuperada con niveles estándares de calidad para agua potable, por lo que existen muy pocos ejemplos de recarga de agua pluvial para uso no potable (Johnson y Pyne, 1995). En resumen, mientras el aprovechamiento de agua pluvial en Australia permite tratamientos naturales por medio del acuífero, para cumplir con los lineamientos de calidad de inyección en acuíferos los Estados Unidos exigen tratamientos que implican obras de ingeniería avanzada, sofisticada y extremadamente cara.

### VII.3.- NORMAS GENERALES PARA LAS ACCIONES URBANAS.

La normatividad de este Plan Sectorial aplica a todas las acciones urbanas, en los términos en que las define la Ley de Desarrollo Urbano del Estado, que tengan lugar en Ciudad Juárez.

Se consideran de interés público los cauces naturales y sus derechos de vía, la conducción y el aprovechamiento de las aguas pluviales. Los cauces no podrán ser cegados o eliminados, como tampoco reducidos en su sección hidráulica máxima histórica, y solo en aquellos casos específicos que requieran ser modificados, se presentará un proyecto hidráulico alternativo, el cual deberá contener el proyecto



#### Normatividad

ejecutivo de las obras a realizar y las memorias de cálculo correspondientes, así como la evaluación de los impactos ambientales, urbanos y sociales que se puedan generar con dicha obra y los mecanismos y acciones de mitigación.

En ningún caso deberán existir o construirse líneas de drenaje sanitario dentro de los vasos, diques, bordos. Asimismo, se prohíbe utilizar las conducciones de desfogue como estructuras para facilitar el cruce de tubería de drenaje sanitario.

Los cauces de arroyos, drenes agrícolas y acequias no podrán ser utilizados para conducir drenaje sanitario.

Para el caso de aprovechamiento de las aguas pluviales, se habrán de observar los Límites Máximos Permisibles que se enuncian en la sección VI.9.2.8.5 de este Plan Sectorial

### VII.3.1. ACCIONES DE PLANEACION URBANA

Los planes parciales y sectoriales y aquellas acciones que deriven en instrumentos de planeación incluirán un capítulo relativo a las condiciones pluviométricas de sus límites normativos o su ámbito de acción y presentarán el análisis correspondiente de alternativas y su costo-beneficio.

### VII.3.2. ACCIONES RELATIVAS A LA URBANIZACION Y A LA PROPIEDAD

Las acciones relativas a la urbanización y a la propiedad, tales como: introducción de infraestructura, fraccionamientos, subdivisiones y fusiones, relotificaciones y enajenación de inmuebles públicos, deberán considerar las implicaciones de la acción urbana en la problemática pluvial y emitir una propuesta de solución, en función de los parámetros y estrategias de este plan y de aquellas otras disposiciones que permitan asegurar la ausencia de riesgos a la población civil y el aprovechamiento y cuidado del recurso agua.

DERECHOS DE VÍA Y ZONAS CON RESTRICCIÓN		
ESTRUCTURAS	DERECHO DE VÍA	
CANALES PRINCIPALES	20 m	A partir del eje central
ACEQUIAS PRIMARIAS	16 m	A partir del eje central
ACEQUIAS SECUNDARIAS	12 m	A partir del eje central
DRENES	20 m	A partir del eje central
ARROYOS 1er. Orden	20 m	A partir del eje central
ARROYOS 2do. Orden	14 m	A partir del eje central
DIQUES y BORDOS	100 m	Edificaciones aguas abajo
	50 m	Edificaciones aguas arriba
ALCANTARILLAS	50 m	Edificaciones

Fuente: IMIP

Para las acciones que impliquen urbanización u ocupación del territorio para actividades urbanas, será necesario presentar los estudios hidrológicos correspondientes y en su caso, el diseño estructural de las obras hidráulicas y los estudios de geotecnia y geo-hidrología que apliquen según normas o lineamientos de la autoridad competente.

Para la evaluación de alternativas de solución, se tomarán en cuenta los costos de inversión y de operación y mantenimiento a mediano y largo plazo que implique para la administración municipal.

### VII.3.3. ACCIONES RELATIVAS A LA EDIFICACION

Para efectos de las acciones que impliquen al acondicionamiento del espacio para asentamiento humano mediante la construcción, demolición, ampliación, rehabilitación de inmuebles, incluyendo las vías públicas y parques, se atenderá a la problemática específica que presente la superficie objeto de la acción urbana en materia de agua pluvial:

1. Los parámetros de diseño estarán fundamentados en este plan y deberán atender a las estrategias generales del mismo.
2. Toda obra que se realice, deberá contar con un proyecto de manejo de los escurrimientos pluviales y de solución para su desalojo dentro del predio en cuestión, a excepción de las vías públicas o de aquellos terrenos que presenten condiciones de pre-existencia o cuyas características impliquen un riesgo a la población.
3. Se prohíbe la conexión de obras de drenaje pluvial hacia el sistema de alcantarillado municipal.

Las obras de infiltración que se proyecten deberán tomar en cuenta los aditamentos necesarios para satisfacer los requisitos de calidad del agua pluvial a infiltrar o bien a ser aprovechada, incluidos en este plan.



## VII.4. UTILIZACIÓN DE ACEQUIAS Y DRENES

Para las zonas de Integración Ecológica, Oriente Zaragoza y aquellas otras zonas en las que se encuentren ubicados canales de conducción de aguas agrícolas, tales como acequias y drenes que hayan quedado en los terrenos a urbanizar, deberán ser utilizados para el desalojo de las aguas pluviales, desarrollando para ello los proyectos ejecutivos bajo los siguientes criterios:

1. Se deberán realizar los estudios hidrológicos correspondientes, tomando en cuenta la cuenca de influencia que genere escurrimientos hacia la zona en cuestión, definiendo los gastos pico y volúmenes escurridos que ingresen al o los terrenos, así como los escurrimientos propios que se generen internamente, de acuerdo con un periodo de retorno de 100 años ( $TR=100$ ).
2. Realizar las adecuaciones necesarias en sus secciones hidráulicas para que puedan alojar los volúmenes que se estimen sean generados por los nuevos desarrollos urbanos, debiendo en todos los casos realizar obras de interconexión para el desalojo correcto de los gastos de agua pluvial conducidos, estabilización de taludes y/o de revestimiento
3. Las conducciones que descarguen en los cauces de arroyos, canales, acequias y drenes, contarán con las estructuras apropiadas para su correcto encauzamiento, incluyendo disipadores de energía.
4. En caso de presencia de arbolado y vegetación que no se considere nociva o perjudicial, esta deberá de conservarse mediante las obras necesarias para su protección. En los caso en que se considere necesario la eliminación de árboles se hará mediante la correspondiente autorización dela autoridad ecológica correspondiente.
5. Las superficies que se destinen como áreas verdes se ubicaran a los costados de los arroyos, acequias y drenes.
6. Las secciones de las calles que corran paralelas a los arroyos, canales, acequias y drenes, deberán considerar el bombeo hacia el costado de estas estructuras hidráulicas de conducción.
7. En el caso de las calles que sean perpendiculares a los canales, arroyos, acequias y drenes, deberá considerarse que la

rasante drene hacia estas estructuras hidráulicas.

8. Cuando se lleven a cabo obras de urbanización, no se podrán utilizar los drenes y canales para la introducción de drenaje sanitario.

## VII.5.-LINEAMIENTOS GENERALES SOBRE EL DRENAJE DE LAS VIAS URBANAS

Las vías urbanas que sean utilizadas para conducir aguas pluviales, deberán ser diseñadas para controlar y reducir al máximo posible las velocidades, el tirante de los volúmenes de escurrimiento de agua pluvial y la destrucción de la estructura del pavimento, así como facilitar el desalojo hacia las áreas previstas para su retención temporal, canalización, infiltración, etc.

El contar con sistemas alternativos para el manejo del drenaje pluvial es uno de los factores más importantes en el proyecto de una vía urbana, y por lo tanto debe preverse:

- La ubicación sobre suelos estables
- Acondicionamiento de suelos inestables
- Un drenado natural
- En el caso de calles con fuertes pendientes, estas deberán ser construidas con pavimento de concreto hidráulico, dirigiendo el bombeo hacia el centro de la misma.

A continuación se exponen algunas normativas en lo relativo al drenaje de las vías urbanas.

Cuando la vía debe seguir el curso de un valle o corriente de agua, las terracerías deben quedar a una altura conveniente sobre el nivel de las aguas máximas del río o valle, ya sea que se admita o no que el agua llegue hasta mojar las terracerías.

En cuanto al trazo de la subrasante, también debe facilitar la remoción rápida y completa del agua. Además, es mucho más importante que la superficie sea rápida y correctamente drenada y protegida contra las inundaciones, que lograr que las terracerías tengan el costo mínimo.

### VII.5.1. BOMBEO DE LAS VIAS URBANAS

Se denomina bombeo de un camino a la forma de la sección transversal del mismo y que tiene como fin principal el drenar hacia los lados o hacia el centro, el

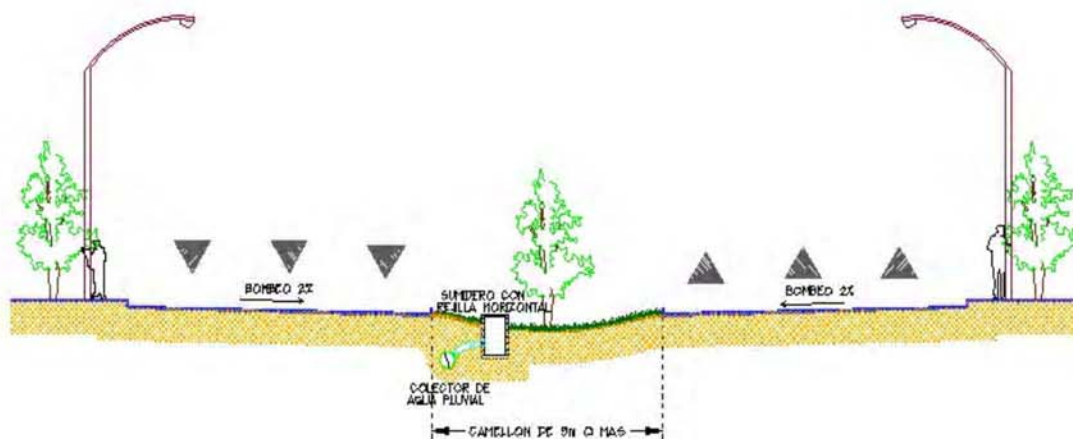
Normatividad

agua que cae en la vía misma. El bombeo que debe emplearse depende de la clase de superficie, facilidad de circulación de los vehículos y aspectos de la vía. Se acostumbra o se recomienda emplear un bombeo del 2% tanto para las vías asfaltadas y las de concreto hidráulico.

## VII.5.2.- UTILIZACIÓN DE LAS VÍAS O ARTERIAS URBANAS

Para cumplir con lo antes expuesto referente al drenaje en las vías urbanas, a continuación se dan algunos lineamientos generales.

FIGURA VII.5.2 (1)

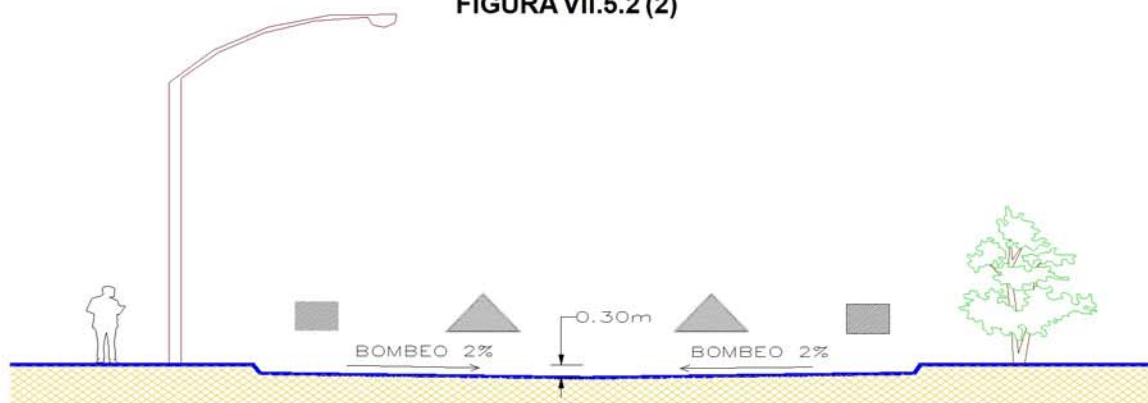


## SECCION TIPO

En la intersección de dos vías con diferente jerarquía desde el punto de vista urbano, la calzada de la vía de menor jerarquía debe acomodarse al perfil de la vía principal o de mayor jerarquía, la cual conservará su sección transversal normal a lo largo de la intersección.

1.-En vías o arterias urbanas en las que se estén planteando secciones de calles con camellón y en donde éste sea igual o mayor a 5.0 m., se considera necesario que estos (los camellones) sean deprimidos con respecto al nivel mas bajo de las calzadas a una altura mínima de 0.5 m. Además se propone que las calzadas tengan un bombeo del 2% hacia el camellón y cualquier otra vía, para así permitir que el agua que

FIGURA VII.5.2 (2)



## SECCION TIPO (CALLES CANAL)



inevitablemente entra, sea drenada hacia estas. A lo largo del camellón se ubicarán bocas de tormenta que estén por encima del nivel de la plantilla del camellón y por debajo del nivel mas bajo de las calzadas, estas bocas de tormenta deberán estar conectadas a un colector de aguas pluviales y que este a su vez lleve las aguas pluviales a una zona de infiltración.

2.-En aquellas vías que tengan que ser usadas como calles canal, se propone que estas tengan como mínimo un tirante de 0.3m y el ancho del que resulte dependiendo del área hidráulica requerida. La velocidad de los escurrimientos en las vías urbanas no deberá ser mayor a 3m/s

## **VII.6. CAUCES DE ARROYOS E INFRAESTRUCTURA PARA CONTROL DE AVENIDAS**

Los procesos de urbanización por lo general modifican las condiciones naturales del entorno, por lo cual se deberán observar las siguientes disposiciones:

- a) El diseño de fraccionamientos residenciales, industriales y comerciales, deberá respetar los cauces de arroyos presentes en sus predios, evitando la modificación en lo posible de su trayectoria, debiendo mantener la sección hidráulica máxima histórica presente
- b) En todos los casos los arroyos serán rehabilitados, debiéndose realizar las obras de encauzamiento y revestimiento correspondientes, diseñarse puentes alcantarilla con capacidad de flujo para TR=500 Años, quedando prohibido la utilización de tubos en los cruces.
- c) En el caso de contar con infraestructura existente de control de avenidas, tales como bordos, diques, vasos reguladores etc., se deberá generar un plan para reubicación de la población vecina, que garantice la seguridad de los habitantes asentados en la parte baja de la cuenca o en las zona(s) de concentración del (los) escurrimiento(s).

## **VII.7. NORMAS PARA DESARROLLO DE PROYECTOS EN MATERIA DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS PARA CONTROL DE AGUAS PLUVIALES Y ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS PARA INFILTRACIÓN.**

Para el caso específico de Cd. Juárez, se tomó para fines de planeación un periodo de retorno de TR= 100 años con bordo libre y de 500 años sin bordo libre.

Considerando que los proyectos y obras que se realicen deben satisfacer lineamientos técnicos que aseguren la debida operación de las obras hidráulicas y la protección a la población, se definen los siguientes requisitos técnicos a seguir:

- I. Todo proyecto en materia de control, retención o almacenamiento, infiltración y encauzamiento de aguas pluviales, debe ser revisado y dictaminado por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación, con el objeto de determinar el cumplimiento de la normatividad aplicable que se tiene en materia hidráulica y de planeación del desarrollo urbano, así como de la congruencia con los programas y proyectos municipales de desarrollo urbano.

Cuando se trate de obras de retención y encauzamiento para control de avenidas o protección contra inundaciones, y cualesquier obra hidráulica ó de otro propósito en cauces de jurisdicción local, estatal o zonas federales, los proyectos ejecutivos deberán ser sometidos para su revisión a la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (GASIR) de la Subdirección General Técnica de la Comisión Nacional del Agua, y el caso específico de obras en zonas federales, la Comisión Nacional del Agua es quien finalmente recibe y autoriza los proyectos de las obras hidráulicas y avala los estudios hidrológicos.

En las zonas urbanas, con respecto a la parte estructural y de construcción de la obra, es responsabilidad del municipio autorizar los proyectos ejecutivos de diseño y cálculo estructural, así como la programación y construcción de la obra. En estos casos, los proyectos ejecutivos deberán ser verificados previamente por la CNA, debido a que se encuentra en juego de manera implícita, la seguridad y



Normatividad

protección a la población.

- II. Para cumplir con todo el procedimiento, los proyectos serán presentados a la Gerencia Estatal de la CNA, quien revisará que el proyecto contenga todos los documentos y estudios que a continuación se enlistan y se describen, debiendo para ello integrar un expediente que cuente con los siguientes elementos:

- 1) Solicitud
- 2) Plano de Localización
- 3) Memoria de cálculo
- 3.1) Antecedentes

3.2) Topografía (Archivo Autocad, entregar en medio magnético)

3.2.1) Sistema planialtimétrico de apoyo

3.2.2) Configuración topográfica

3.2.3) Secciones transversales

3.3) Geotécnia

3.3.1) Sondeos

3.3.2) Pruebas de Laboratorio

3.3.3) Especificaciones

3.4) Hidrología (Archivos del Estudio en medio magnético)

3.5) Hidráulica ( Archivos de tránsitos en medios magnéticos)

3.6) Estructural

3.7) Catálogo de conceptos

3.8) Programa de ejecución

4) Planos de Proyecto (Archivos en Autocad en medio magnético)

4.1) Plano General y de Localización

4.2) Planos Particulares

**1) Solicitud.** Es un escrito firmado por la persona física o moral, o su representante legal en el que, en forma sucinta, hace una exposición de los motivos y objetivos que se persiguen con el proyecto que pretende llevar a cabo con sus propios recursos. En ella, se hará una descripción de las condiciones actuales del cauce y del sitio en particular, así como de las finales, que se espera tener con la construcción de las obras del permiso solicitado; se hará una descripción de su localización, en la que se detallará nombre de la corriente, lugar, Ejido o Colonia, Municipio y Entidad Federativa; se relacionarán los anexos que deben acompañar a la solicitud y que se describen en este documento, los cuales varían en alcance y detalles en función del tipo y magnitud del proyecto y deberán ser fijados finalmente por la Comisión Nacional del Agua.

Adicionalmente deberá presentar acreditación de representación legal, en el caso de dependencias estatales y municipales para llevar a cabo los trámites, en el caso de particulares, fotocopia del acta constitutiva de las empresas permisionarias y del poder que otorguen a su representante.

▪ **Persona Físicas Privadas:**

- Fotocopia del registro Federal de Contribuyentes
- Identificación con foto y firma
- Domicilio (el que debe ir en el permiso), en caso de ser diferente al de la identificación.

▪ **Personas Morales Privadas:**

- Acta Constitutiva de la Empresa
- Poder Notarial del Representante Legal para Actos Generales de Administración
- Identificación con foto y firma del representante
- Registro federal de causantes

▪ **Entidades gubernamentales:**

- Ley Orgánica, Acuerdo Delegatorio o Reglamento
- Identificación del Servidor Público que hace la solicitud
- Nombramiento Oficial
- Registro Federal de Causantes y domicilio

**2) Plano de localización.** Mapa de INEGI, escala 1:50,000 o menor, en el que se localizará el sitio en cuestión, circunscribiéndolo de tal forma que sea fácilmente identificable.

**3) Memoria de cálculo.** Este documento, contendrá los detalles y criterios adoptados en los estudios previos para el proyecto ejecutivo de las obras motivo de la solicitud; así como, de las revisiones, que por causa de las mismas, tuvieron que hacerse al entorno, desde los puntos de vista hidrológico, hidráulico, estructural y ecológico. La memoria deberá contener los siguientes aspectos: antecedentes, estudios y trabajos de campo y gabinete como: topografía, geotécnia y mecánica de suelos, estudio hidrológico, cálculos y dimensionamiento hidráulico, revisión de hidráulica fluvial, dimensionamiento estructural, especificaciones técnicas, cantidades de obra, programa de ejecución y estudio de impacto ambiental.

**3.1) Antecedentes.** Se hará una descripción de la zona, de la corriente y del sitio o tramo de cauce en el que se pretende llevar a cabo las obras; así como, de la necesidad de realizar el proyecto en cuestión. Se indicarán las causas o motivos que le dieron origen.



**3.2) Topografía.** Este capítulo, incluye los siguientes aspectos, cuya presentación y grado de precisión dependerá de la magnitud del proyecto, de acuerdo con el criterio de la Gerencia Estatal de la C. N. A. Deberá hacerse acompañar a la solicitud, de las libretas de campo y los cálculos de gabinete correspondientes, que posteriormente serán devueltos al solicitante.

**3.2.1) Sistema planialtimétrico de apoyo.** Deberán establecerse en el campo los monumentos o puntos de apoyo y referencia correspondientes, que servirán para la configuración topográfica, la construcción de las obras y los levantamientos de verificación. Los datos relativos a este sistema deberán aparecer en los planos de proyecto respectivos. Este consistirá en cualquiera de los siguientes sistemas: Triangulación geodésica, cuadrícula, poligonal de apoyo y bancos de nivel; y podrá ser arbitrario o referido a las coordenadas geográficas U. T. M. y al nivel medio del mar.

**3.2.2) Configuración topográfica.** Podrá efectuarse por cualquiera de los métodos convencionales terrestre o aéreo. Los planos correspondientes, se presentarán en escalas que varían, según las dimensiones del proyecto, desde 1:1000 hasta 1:5000 con equidistancia vertical entre curvas de nivel de 50 cm o 1.00 metro. Se consignarán: división catastral, linderos, infraestructura existente, toponimia, referencias del propio levantamiento.

**3.2.3) Secciones transversales.** Se levantarán secciones transversales a cada 10 m en proyectos pequeños y a cada 20 m en general para cualquier proyecto, que se dibujarán en papel milimétrico a escala 1:100 en sentidos vertical y horizontal, o mayor esta última, de acuerdo con su longitud, misma que abarcará todo el cauce y zona del proyecto. En ellas se consignarán: el eje de la poligonal de apoyo, cercos, muros, kilometrajes, escala de dibujo, distancias y elevaciones.

**3.3) Geotécnia.** En este renglón, se presentará un resumen de las conclusiones derivadas de los análisis y pruebas de laboratorio, efectuados a los suelos que alojarán las obras, a los materiales de construcción de las mismas y a los que conforman el cauce, según se requiera en cada caso, de tal forma que se asegure la estabilidad funcionamiento y permanencia de las obras. En general abarcarán los siguientes aspectos:

**3.3.1) Sondeos.** Se presentará un plano general que ubique los ejes de las obras y los bancos de materiales, con los sitios de los sondeos y sus denominación correspondiente. A la memoria de cálculo se agregarán los croquis de cada uno de los sondeos, en los que se marcarán los diferentes estratos y sus clasificación correspondiente, de acuerdo al USCS; se determinarán las propiedades índice y mecánicas de cada estrato o tipo de suelo. Los sondeos podrán hacerse con pozos a cielo abierto, pala porteadora, tubo Shelby o penetración estándar, ello dependerá del tipo de obra y suelo, y de acuerdo con el criterio de la Gerencia Estatal de la CNA.

**3.3.2) Pruebas de laboratorio.** En el capítulo correspondiente de la memoria de cálculo, se agregarán los registros, gráficos y tablas de cada una de las pruebas de laboratorio y campo efectuadas a las muestras, consignándose:

- a) Sondeo
- b) Estrato
- c) Tipo de muestra
- d) Prueba
- e) Secuencia de la prueba
- f) Resultados y conclusiones.

**3.3.3.- Especificaciones.** Para cada tipo de material en que se desplantarán las obras, y que se utilizará para su construcción, se formularán las especificaciones para su obtención, tratamiento y colocación, que además de consignarse en los planos respectivos, se integrarán al capítulo de la memoria denominado "Especificaciones Técnicas".

**3.4.- Hidrología.** En este capítulo, se presentará el desarrollo de los análisis hidrológicos encaminados a obtener los parámetros de diseño, ya sea por métodos directos e indirectos más usuales, principalmente aquellos basados en la estadística de los registros hidrométricos y climatológicos, y dependerá de que se trate de cuencas aforadas o no y de la utilización de modelos de simulación para precipitación y escurrimiento. En análisis deberá realizarse por lo menos con tres métodos, mediante los cuales se seleccionará el gasto de diseño. El periodo de retorno correspondiente deberá ser acorde con el tipo de obra y los riesgos máximos que pueden permitir según la cuenca, determinación de sus características fisiográficas, datos de las estaciones hidrométricas y climatológicas utilizadas, secuencia de la aplicación de los distintos métodos, tablas, gráficos y conclusiones.



**3.5.- Hidráulica.** El solicitante presentará en este capítulo los cálculos hidráulicos para cada uno de los tramos de encauzamiento o entubamiento de tal forma que facilite seguir la secuencia del cálculo. Los encauzamientos estarán proyectados para alojar el gasto de diseño mas un bordo libre, que asegure su seguridad contra efectos de oleaje o turbulencias por obstáculos en su cubeta; cuando se trate de secciones sin revestir, se incluirán los cálculos de hidráulica fluvial para el diseño de la sección estable, protección marginal, y estabilidad de estructuras alojadas en los cauces (pilas y estribos de puentes). En los entubamientos, su funcionamiento será libre de presiones mayores que la atmosférica. Y las estructuras de cruce respetarán un espacio libre vertical mínimo de un metro sobre el nivel de las aguas correspondientes al gasto de diseño, además de su cimentación requiere quedar protegida de los efectos de la socavación.

**3.6.- Estructural.** La memoria, en este aspecto, contendrá los cálculos y dimensionamiento de los elementos de las estructuras u obras, o las especificaciones del fabricante, que garanticen su estabilidad, permanencia y seguridad, ya que su falla o colapso puede representar la obstrucción de la corriente en consecuencia, una amenaza para la seguridad de las personas y sus bienes, localizada en sus inmediaciones aguas abajo.

**3.7.- Catálogo.** Se agregará un catálogo de conceptos principales de trabajo y sus correspondientes cantidades de obra, que servirá de base para la aprobación del programa de ejecución.

**3.8.- Programa de ejecución.** Este programa se requiere para coordinar la duración de las obras con respecto a la temporada de escurrimientos, ya que en caso de incluirse ésta, se deberá requerir un proyecto de desviación, manejo y control del gasto correspondiente a un periodo de retorno de por lo menos cinco años; el que dependerá de las características y magnitud de las obras. El programa se presentará en forma de diagrama de barras o ruta crítica, en el que se señalarán: Fecha de inicio, duraciones y fecha de terminación.

**4.- Planos de proyecto.** Entre la documentación que acompañará a toda solicitud, se incluirá una relación de los planos constructivos que integran al proyecto y que en general son los siguientes:

**4.1.- Plano general de localización.** Incluirá en su esquina superior derecha una copia del mapa de localización; en el espacio superior restante se presentará la planta topográfica a escala, desde 1:1000 hasta 1:10,000, la que dependerá del tamaño de la obra, con curvas de nivel a cada 10 metros con intervalos auxiliares a cada 2 m. o menos, si el terreno es sensiblemente plano; en dicha planta se dibujará: el sistema de coordenadas adoptado, las trazas de las obras del proyecto, y se registrarán la poligonal de apoyo y los bancos de nivel. En sendas tablas, se consignarán los datos de la poligonal de apoyo y de los ejes de proyecto, referidos a un sistema cartesiano de coordenadas planas. En este plano se presentará la o las secciones típicas del proyecto y se consignará la lista de los planos complementarios y de detalles.

**4.2.- Planos estructurales.** Se formulará el proyecto en planta, perfil, por el eje y secciones transversales, sobre las condiciones naturales del terreno, con acotaciones horizontales y verticales en centímetros; elevaciones en metros sobre el nivel del mar o arbitrarias, lo cual se aclarará; estaciones del perfil a cada 20 metros; especificaciones de materiales y de construcción. Por separado, o si fuera posible en el mismo plano, se incluirán los dibujos de los detalles; por ejemplo; de estructuras, mecanismos, filtros, sellos, etc. Se consignarán los datos de localización del tramo, datos de proyecto, especificaciones particulares de los materiales y procedimientos de construcción y las notas aclaratorias que sean necesarias. Se integrarán tantos planos particulares como sean necesarios; pero su escala, en perfil no será mayor que 1:2000 horizontal con estaciones cada 20 m y 1:100 vertical

## VII.8. DISEÑO DE ENCAUZAMIENTOS

Tomando en cuenta que existen diferentes métodos de diseño para encauzamientos de aguas pluviales, el criterio de diseño deberá darse en congruencia con cada caso en lo particular y la presentación de los conceptos que se solicitan en los apartados 3.5 al 4.2 de la Sección VII.1. Es recomendable remitirse a los manuales y criterios de diseño elaborados por la CNA, por ejemplo el Manual de Ingeniería de Ríos, elaborado en 1993.

### VII.8.1. REQUERIMIENTOS PARA PERMITIR EL ESCURRIMIENTO POR VIALIDADES



Un arroyo puede ser convertido en vialidad siempre y cuando pueda drenar el agua por la calle sin superar el cordón de la banqueta, operando como canal. La capacidad de diseño para los flujos que se canalicen por la calle-canal deben cumplir con un periodo de retorno  $TR=25$  años y ser diseñados tomanen cuenta los siguientes criterios:

#### Criterios:

Pendiente	0.05 Mín. y 1.0 Máx.
Sección Vial	Colectora ó Mayor
Coeficiente de Manning	Ver tablas
Velocidad Máxima	4 m/s
Ancho promedio	12 m ó más
Alto total promedio	25
Tirante Máximo	30 cm
Área Hidráulica	2.87 m <sup>2</sup> (Colectora)
Perímetro mojado	12.4
Velocidad según Manning.	Ver Tablas
Gasto (Velocidad * Área hidráulica)	

Ejemplo de cálculo de calle canal: Se puede conducir agua pluvial por la calle hasta un gasto de 7.0 m<sup>3</sup>/seg.

En cualquier caso la velocidad máxima permitida no deberá rebasar los 4 m/s.

En ningún caso las calles canal podrán alojar drenaje sanitario

#### VII.8.2 INSTALACIONES PARA AEROPUERTOS, ESTACIONES DE FERROCARRIL, AUTOBUSES Y CENTROS COMERCIALES

En este tipo de instalaciones de servicio, se debe considerar una capacidad de diseño para el desalojo de las aguas pluviales con un  $TR= 10$  años

#### VII.8.3. CUNETAS Y CONTRA CUNETAS EN CAMINOS Y CARRETERAS

El periodo de retorno para las estructuras hidráulicas en Caminos, Carreteras y Cunetas y Contra cunetas debe ser de  $TR=5$

#### VII.8.4. ESTRUCTURAS DE CRUCE

- a) Caminos locales entre poblados pequeños  
 $TR=25 - 50$

Normatividad

- b) Caminos Regionales  $TR=50 - 100$
- c) Carretera que comunican a poblados grandes  $TR=500 - 1000$
- d) Vialidades primarias  $TR=500$
- e) Vialidades secundarias.  
Lo que indique el estudio hidrológico

#### VII.8.5 PUENTES DE FERROCARRIL

Para este tipo de estructuras hidráulicas, se atenderá a los siguientes periodos de retorno.

- a) Vías locales aisladas (Desvíos)  $TR=50 - 100$
- b) Vías Secundarias regionales  $TR=100 - 500$
- c) Vías primarias  $TR=500-1000$

#### VII.8.6. PUENTES, CANALES O TUBERÍAS EN CONDUCCIÓN DE AGUA

Los periodos de retorno que deben ser considerados son los siguientes:

- a) Para riego área menor de 1,000 Has.  
 $TR=10 - 25$
- b) Para riego área menor de 1000 – 10,000 Has.  
 $TR=25-50$
- c) Para riego área mayor de 10000 Has.  
 $TR=50-100$
- d) Abastecimiento industrial  
 $TR=50-100$
- e) Abastecimiento de agua potable  
 $TR=100-500$

#### VII.8.7. PUENTES PARA TUBERÍAS DE PETRÓLEO Y GAS

Los periodos de retorno se deben dar de acuerdo con el tipo de abastecimiento:

- a) Abastecimiento secundario local  
 $TR= 25 - 50$
- b) Abastecimiento regional  
 $TR=50 - 100$
- c) Abastecimiento primario  
 $TR= 100 - 500$

#### VII.8.8. ALCANTARILLAS PARA PASO DE PEQUEÑAS CORRIENTES

- a) Caminos locales  
Como mínimo  $TR=25$
- b) Caminos secundarios

Normatividad

- Como mínimo TR=50  
c) Caminos Regionales  
Como mínimo TR=100

## VII.8.9.DELIMITACIÓN DE ZONAS FEDERALES

### VII.8.9.1.CORRIENTES LIBRES

- a) Zonas semiáridas a húmedas  
TR=5  
b) Zonas áridas con régimen de  
escurrimiento errático  
TR=10 ó Mayor  
c) Zonas de desbordamiento  
Con base en la capacidad del cauce natural cavado

### VII.8.9.2.CORRIENTES CON OBRAS DE CONTROL

Además del tramo libre debe tenerse en cuenta el gasto regulado. TR=10, ó el regulado de diseño de la obra, si es superior.

## VII.8.10.DELIMITACIÓN DE ZONAS DE PROTECCIÓN EN OBRAS HIDRÁULICAS

La delimitación de las zonas de protección para las estructuras hidráulicas en zonas federales será competencia de la Comisión Nacional del Agua

### VII.8.11.ENCAUZAMIENTO DE CORRIENTES

#### VII.8.11.1.CORRIENTES LIBRES EN ZONA:

- a) Agrícola de pequeña extensión, menor a 1,000 Has.  
TR=10-25  
b) Agrícola de extensión mediana, de 1,000 a 10,000 Has.  
TR=25-50  
c) Agrícola extensión grande, 10,000 Has. en adelante  
TR=50-100  
d) Para protección a poblaciones pequeñas  
TR=50-100  
e) Para protección a poblaciones medianas  
TR=100-500  
f) Para protección a poblaciones grandes  
TR=500-1000

### VII.8.12.CORRIENTES CONTROLADAS

- a) Cuando existe un tramo libre:  
(1) Para protección a poblaciones pequeñas  
TR=50-100\*  
(2) Para protección a poblaciones

medianas TR=100-500\*

- (3) Para protección a poblaciones grandes  
TR=500-1000\*

\*Más gasto regulado para ese periodo de retorno ó gasto de diseño del control si es superior

- b) Cuando no existe tramo libre. Igual a el gasto de diseño del control

## VII.8.13.OBRAS DE DESVIACIÓN TEMPORAL

- a) Presas pequeñas  
TR=10-25  
b) Presas medianas  
TR=25-50  
c) Presas grandes  
TR=50-100  
d) Cauces de alivio en corriente,  
TR=25-50 ó mayor según importancia

## VII.8.14.PRESAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL EN TRÁNSITO E INFILTRACIÓN

Para Ciudad Juárez se han propuesto almacenamientos temporales y en tránsito para TR=25 años con el propósito de retener los volúmenes máximos escurridos históricamente en la ciudad, siempre y cuando se defina sitio de infiltración, o estrategia de desalojo, debiendo observarse los conceptos que se soliciten en los apartados 2 al 4.2 de la sección VII.1.

## VII.8.15.REQUISITOS PARA CONSTRUCCIÓN DE DIQUES

En este caso también se toma en cuenta que existen diferentes métodos de diseño para encauzamientos de aguas pluviales, el criterio de diseño deberá darse en congruencia con cada caso en lo particular y la presentación de los conceptos que se solicitan en los apartados 2 al 4.2 de la Sección VII.1. Es recomendable remitirse a los manuales y criterios de diseño elaborados por la CNA, por ejemplo el Manual de Ingeniería de Ríos, elaborado en 1993.

## VII.9. LINEAMIENTOS A SEGUIR EN MATERIA DE RECARGA AL SUBSUELO

### VII.9.1.ESTRATEGIA PARA CIUDAD JUÁREZ

El caso de Cd. Juárez fué evaluado desde el punto de



vista de la constitución del subsuelo y las características propias del acuífero. Para ello se recurrió a la información geohidrológica que posee la Junta Municipal de Agua y Saneamiento y la Comisión Nacional del Agua. Este análisis previo y otras consideraciones de índole económico y social, nos llevó a considerar que la normatividad Australiana puede ser una interesante aportación para definir los criterios a seguir para fundamentar la propuesta para promover los procesos de recarga artificial del acuífero.

Los escurrimientos generados por las lluvias en Cd. Juárez representan una fuente alterna de recarga al acuífero del Bolsón del Hueco. Hasta el momento las escorrentías solamente están retardadas por diques ubicados en su mayoría en arroyos de la zona poniente de la ciudad, dado que el sistema que opera fue concebido para que los escurrimientos se den con volúmenes y velocidades mas o menos controladas y por entre las calles de la ciudad, sin embargo la aportación de recarga de estas estructuras hidráulicas es mínima, debido a que los diseños favorecen el azolvamiento y la concentración de basura y otro tipo de arrastres, situación que se hace crítica ante la falta de mantenimiento de los diques.

En zonas destinadas para nuevos desarrollos urbanos, existe la posibilidad y es recomendable, el incluir sistemas de recarga. Previo a la construcción de tales instalaciones es necesario conocer la calidad físico-química de las escorrentías en zonas urbanas con características distintas y, en función de ello, diseñar y construir el sistema de tratamiento adecuado para infiltrar al acuífero de una manera eficaz y segura.

Ante la necesidad de establecer mecanismos que nos permitan el aprovechamiento del agua pluvial, se ha procedido a proponer que se integren a las estructuras de control, sistemas de tratamiento primario que nos sirvan para acondicionar el agua a infiltrar y utilizar las bondades de recarga que ofrece el propio medio natural a través del acuífero. El contemplar el aprovechamiento mediante el proceso de infiltración al subsuelo, nos obliga a que se incorporen a este documento los criterios a seguir, de tal manera que podamos proteger la calidad del agua del sistema acuífero y reducir los abatimientos, debido a la indiscriminada sobre-explotación a que está sometido dicho sistema.

#### **VII.9.1.1. INFILTRACIÓN**

Los sistemas de infiltración de agua pluvial se están

convirtiendo gradualmente en una parte integral de las medidas para la preservación del agua en las regiones con baja disponibilidad, independientemente de su grado de urbanización. Durante los últimos años se han incorporado estructuras de infiltración a las estructuras hidráulicas para el control de avenidas (escurrimientos pluviales) y preservación del ciclo hidrológico. Como una consecuencia del desarrollo urbano, se han modificado los patrones y tendencias para el manejo de los escurrimientos pluviales, pasando de acciones de control y desalojo, a esquemas de control, almacenamiento, infiltración y su posterior aprovechamiento.

Este nuevo esquema reduce la escorrentía directa de los eventos de lluvia, acelerando las infiltraciones y al mismo tiempo aumentando la recarga freática, que a su vez mejora la disponibilidad del agua en las zonas áridas. Durante muchos años, la investigación experimental y teórica ha sido llevada a cabo para aclarar los problemas prácticos asociados con la aplicación de los sistemas de infiltración en zonas urbanas y sub-urbanas.

#### **VII.9.1.2. MÉTODOS DE RECARGA ARTIFICIAL**

De acuerdo con el método que sea utilizado para llevar a cabo la recarga artificial de las aguas, estos pueden ser clasificados como:

- A. Infiltración superficial,
- B. Subsuperficial
- C. Directa.

▪ Recarga de tipo superficial: Incluye cualquier otra obra en la que no exista conexión hidráulica entre el agua de recarga y el nivel freático del acuífero. Incluye, piletas o estanques de infiltración, inundación del terreno, rectificación de cauces, zanjas o surcos, fosas, galerías filtrantes y sobre-riego o las combinaciones de éstos.

▪ Recarga de tipo sub-superficial: incluye introducción directa del agua de recarga a la zona comprendida por debajo de la superficie del terreno y el límite superior del nivel freático, mediante pozos secos, zanjas o estanques profundos.

▪ Recarga de tipo directo: incluye introducción directa del agua de recarga al acuífero mediante pozos y oquedades naturales.

Según el uso final del agua recargada artificialmente, ésta puede ser utilizada para consumo doméstico,



Normatividad

agrícola, en servicios municipales, irrigación y uso industrial.

## VII.10. REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS PARA INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL Y TRATADA

El establecimiento de requisitos para llevar a cabo las operaciones de aprovechamiento de las aguas pluviales, tiene que ver con la utilización de las estructuras hidráulicas y no solo como sistemas de control y almacenamiento, sino también como sistemas auxiliares para mejorar la calidad del agua pluvial, mediante los esquemas denominados como de Mejores Prácticas de Manejo (MPM). Los promotores de vivienda, constructoras o quien pretenda construir infraestructura en materia de encauzamientos, captación, manejo y recarga artificial de aguas pluviales y residuales tratadas, deberá seguir los criterios de las *Mejores Prácticas de Manejo* y desarrollar el proyecto ejecutivo en coordinación con el Instituto Municipal de Investigación y Planeación para que este sea presentado para su revisión y autorización correspondiente ante la Comisión Nacional del Agua:

Se deberán tomar en cuenta para la elaboración del Proyecto Ejecutivo los siguientes conceptos:

- A. Factibilidad
- B. Requisitos para Proyecto Ejecutivo
- C. Canalización y Conducción
- D. Pre-tratamiento
- E. Tratamiento/Geometría
- F. Mantenimiento

### VII.10.1. REQUISITOS

1) De acuerdo con el propósito del Plan Sectorial, los diques, vasos y pozos de absorción, que se diseñen con procesos de infiltración, deben ubicarse en sitios en donde las condiciones del subsuelo y los volúmenes captados, representen una opción viable, tomando en cuenta:

- a. Las condiciones del entorno y la disponibilidad del agua destinada a la recarga
- b. La topografía de la zona
- c. Las características hidrogeológicas
- d. Mapas de:

- Elevación y profundidad del nivel freático
- Distribución del espesor
- Conductividad hidráulica de las rocas que conforman el acuífero a recargar y de la zona no saturada.
- Los sondeos eléctricos verticales indicando las unidades geoelectricas detectadas, espesores y litología probable, definiendo el perfil estratigráfico detallado de la zona no saturada y la zona saturada.
- Perfil estratigráfico detallado de la zona no saturada y la zona saturada, obtenido mediante perforaciones exploratorias con recuperación de muestras de canal.
- Características fisicoquímicas del agua de recarga y del agua subterránea nativa
- Determinación de la posible conexión hidráulica entre acuíferos.
- Distancia y posible conexión hidráulica entre las obras de recarga y aprovechamientos hidráulicos subterráneos en un radio de un (1) km con respecto a las obras de recarga;
- Fuentes activas o potenciales de contaminación al subsuelo en un radio de un (1) km;

2) El tratamiento del agua pluvial debe estar concebido como para obtener un agua que cumpla con los criterios de calidad exigidos para ser infiltrada.

3) Las estructuras para propósito de infiltración de agua pluvial, no deben ser ubicadas en áreas en donde se encuentren fuentes de abastecimiento del subsuelo para uso de agua potable, en un radio menor a 300 m partiendo del eje del pozo, salvo en aquellos casos en que la calidad del agua infiltrada que llega al nivel freático tiene al menos la calidad del agua existente en el acuífero; tampoco serán localizadas aguas abajo de rellenos sanitarios o plantas químico-industriales, en un radio de influencia de 1000 m de donde los estudios de la estructura del subsuelo presenten condiciones inaceptables para la infiltración del agua pluvial.

4) Cuando se ubiquen y reciban escurrimientos de origen urbano en topografía Kárstica, arenosos o roca fracturada, deben impermeabilizar la superficie o base para obtener permeabilidad de  $1 \times 10^{-5}$  cm/s.

5) Se evitará el establecimiento de cualquier estructura en superficies o áreas que hayan sido abandonadas por instalaciones industriales, salvo que exista el análisis de abandono de sitio y se encuentre limpio de contaminación.



6) El diseño y construcción de las estructuras hidráulicas de almacenamiento, control y/o infiltración, debe estar sustentados en los estudios hidrológicos de la cuenca que se trate, por lo que su diseño corresponderá a una  $TR=25$  como mínimo y con capacidad de diseño estructural para manejar adecuadamente escurrimientos de hasta  $TR=100$  años.

7) Deberá garantizarse la seguridad de la estabilidad del dique y de las personas que viven alrededor del mismo, principalmente aguas abajo, ya que el diseño estructural de los diques tiene que ver con las fuerzas de empuje del agua, el oleaje, el gasto pico en el vertedor, condiciones geotécnicas, etc.

8) El diseño de los diques queda abierto al criterio del proyectista pero deberá observar los métodos de cálculo aceptados por la CNA.

9) Cuando existan condiciones del subsuelo y volúmenes importantes de escurrimiento proporcionados por el área de captación, que favorezcan la implementación de estructuras de infiltración, tal es el caso de los diques o presas para el control de avenidas, deben ser complementados con sistemas de tratamiento de agua pluvial y estructuras para su infiltración.

10) El promotor deberá establecer mediante los estudios correspondientes, los sitios en que se deberán construir obras de infiltración, tomando en consideración la planeación del desarrollo urbano y la opinión del IMIP.

En las estructuras de almacenamiento y control en las cuales se considere la infiltración, es recomendable se diseñen con un vaso subdividido, siendo un vaso para retención de azolves y disipación de energía, y 2 vasos para sedimentación de pulimento, para luego conducir el agua a otra estructura de filtración y posterior infiltración. El agua no infiltrada se utilizará directamente ó dejará fluir.

11) En todos los casos la capacidad de almacenamiento temporal, debe calcularse para alojar un  $TR=25$  años y permitir el desalojo adecuado de un  $TR=100$  años.

12) La base del vaso de sedimentación, debe ser compactada de manera tal que permita el desalojo de los sólidos que se acumulen y deberá estar separada del almacenamiento principal por una barrera filtrante, que permita el desalojo como mínimo del 80% del volumen que capte, con periodos de retención no mayores a 12 horas y el gasto diseñado a ser infiltrado se encuentre de ser posible entre las 48 a 72 hrs.

13) En aquellos casos en que solo se considere pozo de absorción simple, la obra de ingeniería debe

ser diseñada tomando en cuenta todos los lineamientos técnicos para facilitar la infiltración de manera natural y evitar el colmatamiento.

14) En los diques o bordos, se debe contar con una estructura de maniobras que permita el acceso directo al equipo que proporcione el mantenimiento.

15) La construcción de estructuras hidráulicas de control e infiltración deben ser localizadas en zonas con pendientes bajas.

16) La separación mínima entre el nivel del agua freática y el material filtrante de por lo menos 3.0 m.

17) El agua extraída de los diques o vasos de almacenamiento para infiltración posterior, deberá ser conducida hasta una estructura de filtración para su posterior infiltración, mediante pozos construídos ex-profeso para la inyección del agua pluvial con pretratamiento previo.

## VII.10.2 REQUISITOS PARA PROYECTO EJECUTIVO DEL SISTEMA DE RECARGA

Se deberá proporcionar al Municipio y al IMIP, la siguiente información digitalizada:

- Ubicación, rasasantes y estudio hidrológico
- Diseño y tipo de obras de recarga propuestas (superficial/ subsuperficial/ directa/)
- Programa de operación y de mantenimiento de las obras de recarga
- Técnica de tratamiento propuesta para alcanzar la calidad el agua de recarga requerida, de acuerdo con la técnica y el uso destinado de la recarga
- Propuesta de diseño y operación de la red de monitoreo y la frecuencia de medición, en caso de recuperación de agua

### VII.10.2.1.CANALIZACIÓN Y CONDUCCIÓN

1) Se requiere que las conducciones o encauzamiento de los afluentes al punto de ingreso de las estructuras hidráulicas (Diques, bordos, presones, etc.), cuenten con paredes estabilizadas y revestidas así como diseñadas para avenidas de una  $TR=500$  y con aditamentos de control de sólidos gruesos y medios, así como estructuras para reducir la velocidad erosiva de los caudales que ingresan.

2) Se establezca un derecho de vía de por lo menos 16 m a cada lado a partir del eje del encauzamiento en el punto de ingreso y el diseño



Normatividad

de áreas de maniobra para mantenimiento y desalojo de arrastres.

3) Los vertedores deben contar con una estructura de disipación de energía para prever daños en la estructura o en el punto de descarga.

4) Para todos los encauzamientos de los arroyos, se tomará siempre un TR= 500 años como mínimo.

#### VII.10.2.2.CRITERIOS Y GEOMETRÍA DE LAS ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO CON PROCESOS DE INFILTRACIÓN

1) Se prevé que este tipo de estructuras puedan tener cualquier forma y deben ser calculadas como para que el patrón de flujo a partir del punto de ingreso hasta su punto de salida o descarga presente tiempos máximos de retención, sin menoscabo de su capacidad máxima de diseño de almacenamiento y de las medidas de seguridad que les sean requeridas por la autoridad.

2) Las lagunas de infiltración pueden ser diseñadas en combinación con los vasos de contención para regular los flujos pico. Su tamaño dependerá del volumen total de diseño para la escorrentía a concentrar, del grado de tratamiento que se debe alcanzar y la velocidad con que se desarrolle el desalojo del agua mediante el proceso de infiltración, utilizando para ello la tasa de infiltración del suelo en condiciones de saturación. Esto determinará la superficie requerida para la base de piso para infiltrar la escorrentía captada en 24 horas:

$$(A_R = V /_{24} \times I_{SAT})$$

donde:

$A_R$ = Área del vaso de infiltración requerido

$V$ = Volumen de diseño de tormenta (m<sup>3</sup>)

$I_{SAT}$ = Tasa de infiltración para suelo saturado, m/hr.

24 = Tiempo requerido para su vaciado (hrs)

3) Tiempos de retención mayores a 72 horas no se aconsejan debido a la generación de mosquitos y otros insectos.

4) El uso de grava con diámetros gruesos o material muy permeable que no permite la remoción de contaminantes y partículas finas, puede ser utilizado solo debajo del material de arena. El suelo en los vasos preparados para infiltración del agua pluvial no debe rebasar el 30% de contenido de arcilla y un mínimo de capacidad de intercambio catiónico de 5 meq., se recomienda una tasa de infiltración mínima de entre 7.6 y 100 mm/hr.

5) La construcción de estas estructuras de control e infiltración requieren ubicarse como mínimo a 20 m después de cualquier edificación y 100 m cuando se encuentre aguas arriba. Los materiales que constituyen los taludes y la corona o berma deben ser estabilizados y compactados con materiales que prevengan la erosión y asentamiento de la estructura.

#### VII.10.2.3. REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA PLUVIAL Y TRATADA A INFILTRAR

Los requisitos están basados con la calidad del agua para la infiltración y/o inyección de agua pluvial en acuíferos están basados en los siguientes principios, los cuales son de observación obligatoria por quien desee llevar a procesos de recarga:

- La calidad del agua pluvial y la capacidad del subsuelo para mejorar la calidad del agua que ingrese

- Para el agua tratada producto de un tratamiento terciario o bien de un secundario combinado con sistemas de pulimento debe alcanzar la norma de agua potable cuando se trate de ingreso directo al acuífero profundo, o en su defecto la norma para calidad de irrigación al recargar el acuífero somero o la zona intermedia entre del profundo y el somero, siempre y cuando no se propicie la degradación con una calidad menor que no pueda ser mejorada al interior del subsuelo o del acuífero.

- El tratamiento primario otorgado a las aguas pluviales para mejorar su calidad y cumplir con los parámetros de calidad para infiltración y prevención del colmatamiento (Clogging) del pozo.

- Manejo del efecto de colmatamiento (Clogging) y el desarrollo de los pozos de absorción

- Protección o mejoramiento de la calidad del agua subterránea, mediante la atenuación de los componentes químico y microbiológicos en el acuífero

- Aseguramiento de que la calidad del agua recuperada coincide con los límites máximos permisibles de acuerdo con el uso propuesto.

#### VII.10.2.4. PERMISO TEMPORAL DE INFILTRACIÓN

Cuando se trate de volúmenes mayores 5000 M<sup>3</sup>, se requiere que se proceda a obtener la licencia o permiso temporal que deberá ser otorgada por la Comisión Nacional del Agua, y preferentemente contar



con un plan de manejo ambiental, para evaluar los impactos ambientales potenciales, y los riesgos asociados con el sitio en que se llevará a cabo la infiltración, pudiendo ser esta por medios inducidos de recarga como pozos profundos.

#### VII.10.2.5. PRE-TRATAMIENTO

Se debe observar el mínimo nivel de pre-tratamiento requerido para llevar a cabo la infiltración de agua pluvial, el cual depende del uso final que se otorgue al agua y de la calidad del agua almacenada en el acuífero en que se pretende llevar a cabo la infiltración. Los métodos de pre-tratamiento son preferentemente sistemas pasivos, debiéndose tomar en cuenta la calidad obtenida por el sistema previo a la infiltración y la valoración del proceso de autodepuración proporcionada por el subsuelo en un tiempo X, y en relación directa con las características propias de la constitución del acuífero, así se podrá tener un proceso con la combinación de ambos.

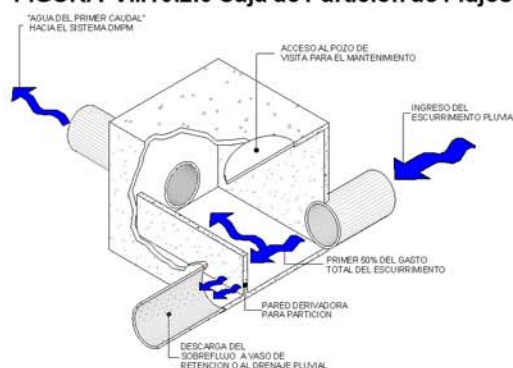
Cuando el agua que se almacene, lleve el propósito de recuperarse con extracciones posteriores, esta debe cumplir con los criterios de calidad en el punto de extracción, de acuerdo con el uso previsto y de manera obligada el permiso temporal de infiltración. Si el agua recuperada no alcanza la calidad que se requiere para el uso destinado, es necesario un tratamiento previo a su utilización (adicional al tratamiento proporcionado por el subsuelo), esto determinará si la desinfección o el tratamiento adicional se requiere, después de que el agua infiltrada ha pasado un tiempo en el seno del acuífero, se asume que en esta fase se cumpla con los parámetros Máximos Permisibles que establezca la Comisión Nacional del Agua para el uso indicado. Si el agua no será recuperada, es necesario que cumpla con el control de monitoreo para verificar que no exista impacto adverso al acuífero que sirva de fuente de abastecimiento cualquiera que este pueda ser su uso final.

#### VII.10.2.6. EFECTO DE LAVADO INICIAL

Uno de los principales problemas que se tienen con los escurrimientos pluviales que se originan en las zonas urbanas es el denominado "Lavado Inicial" o "First Wash", y que corresponde al primer flujo de escurrimiento al inicio de la lluvia. Tiene la característica de integrar en la escorrentía todos aquellos materiales y contaminantes que encuentren a su paso, esta

situación obliga a que este primer bloque de agua contaminada y saturada de diversos materiales que fueron arrastrados, al ingresar en los vasos de contención, se depositen y generen condiciones adversas en la calidad del agua de lluvia y que es captada en las estructuras hidráulicas de control y almacenamiento temporal.

FIGURA VII.10.2.6 Caja de Partición de Flujos

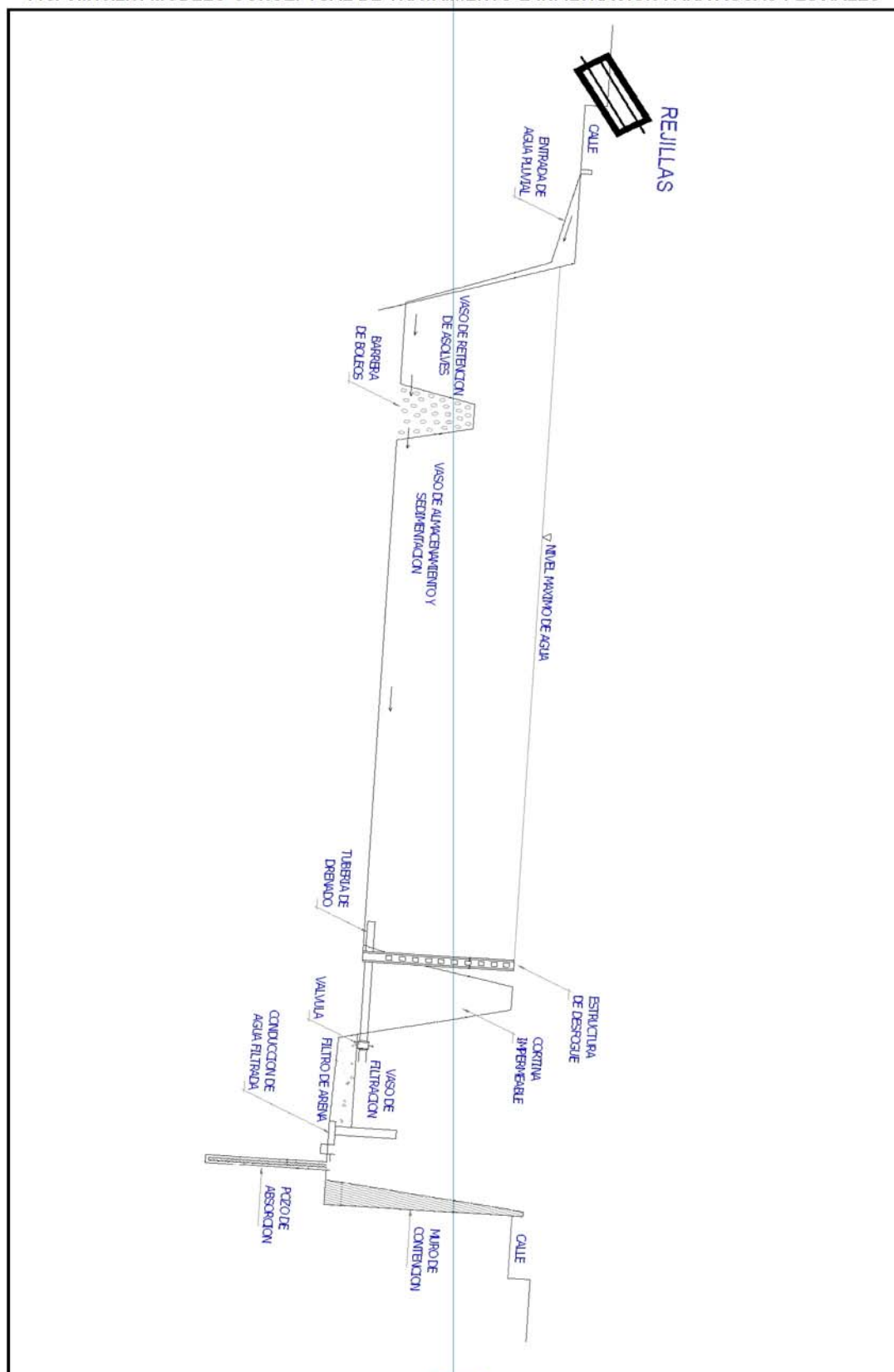


Para evitar este tipo de problemas en el caso de áreas de estacionamiento, bulevares, centros comerciales, etc., las estructuras que cuenten con sistemas de infiltración, deben prever que los sistemas de tratamiento posean no solo rejillas para eliminación de sólidos gruesos y medios sino también trampas de sólidos y cajas de partición de flujo (Fig. VII.9.2.6.(2)) lo que permite que el 50% del volumen inicial sea descartado y se asegure que muchos de los contaminantes, como son las grasas y aceites, restos de vegetación y otros materiales de menor tamaño sean eliminados de una manera sencilla, para que los escurrimientos con aguas más limpias sean los que ingresen a los vasos de captación y no obtengan las estructuras de filtración y de infiltración.



DIQUE

FIG. VII.10.2.5. MODELO CONCEPTUAL DE TRATAMIENTO E INFILTRACION PARA AGUAS PLUVIALES





## VII.10.2.7. MONITOREO

En recarga directa al acuífero profundo, debe considerarse un procedimiento de control, con objeto de evaluar de manera periódica la evolución de la calidad del agua al interior del acuífero, por lo que es obligado contar con un pozo de observación como mínimo, y con dos cuando se lleven a cabo acciones tipo ASR (Recuperación de Almacenamientos Temporales). Los parámetros necesarios de control son los mismos que los preestablecidos para el uso potencial del agua. Las frecuencias de monitoreo se deben basar en las proyecciones generadas para las características de cada sitio en lo particular, por lo que se considera indispensable la participación normativa en materia de aguas subterráneas de la CNA.

La operación del proyecto piloto debe tener una duración suficiente para alcanzar un equilibrio hidráulico que permita analizar en forma continua:

1. La calidad del agua de recarga, la calidad del agua subterránea nativa, y la derivada de la recarga, así como la interacción de éstas con el subsuelo y el método de recarga;



VERTEDOR



CAJA DE DESFOGUE

Normatividad

2. Las variaciones en la tasa de infiltración y en la elevación de niveles piezométricos.

Es necesario que se presente un informe final que incluya conclusiones para evaluar el proyecto de recarga en términos de:

- Su factibilidad técnica,
- Su posible impacto en la calidad del agua subterránea nativa, al medio ambiente o en aprovechamientos hidráulicos subterráneos de terceros.

## VII.10.2.8. LINEAMIENTOS PARA CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE CONTAMINANTES

Las fuentes potenciales de contaminantes en los escurrimientos pluviales de origen urbano son extremadamente variados, y tiene que ver con los procesos de arrastre de una gran variedad de compuestos, sustancias y elementos orgánicos y minerales en las áreas de captación pluvial, como pudiera la deposición de materiales con origen atmosférico, arrastres eólicos, acumulaciones en carreteras y calles, desechos orgánicos de origen animal y vegetal, compuestos químicos, basuras, aguas residuales etc.

Los principales contaminantes en las aguas pluviales son los siguientes:

- Sólidos Suspendidos
- Demanda de oxígeno de los materiales
- Nutrientes
- Metales pesados
- Microorganismos
- Compuestos orgánicos
- Sólidos gruesos

Las superficies en la zona de captación o tributaria es otro factor, que determina la tasa de acumulación que se tiene de estos contaminantes.

Los principales factores son:

- El uso y manejo del suelo
- El arrastre y lavado de las escorrentías
- Clima
- Hidrología
- Topografía
- Tipo de suelo y la geología superficial

En esencia la calidad del agua pluvial se encuentra determinada fundamentalmente por los procesos que



Normatividad

se dan en el área de captación o tributaria, y que exhiben importantes variaciones en el tiempo (eg. Cordery, 1977 Sidney., Australia) y en el espacio (Gutteridge et all., Melbourne, Australia) Las concentraciones de cada parámetro se determinan en función de la calidad del agua requerida y de la eficiencia de tratamiento mostrada al interior del acuífero.

Se ha considerado que los parámetros para un proceso eficiente de funcionamiento de infiltración y en su caso para sistemas de recuperación de agua mediante almacenamientos temporales (ASR) deben ser consensuados con el área correspondiente de la Comisión Nacional del Agua, sin embargo se han considerado como fundamentales los siguientes:

#### VII.10.2.8.1.SÓLIDOS DISUELTOS

- Cuando se trata de efectuar recargas para uso de agua potable, es un máximo de 500 mg/l de SDT
- Para el uso en actividades que no requieren agua potable se recomienda valores ligeramente mayores a 1000 mg/l.

Concentraciones mayores pueden ser manejadas localmente para el uso en sistemas irrigación, pero sin sobrepasar las concentraciones de Sólidos Disueltos Totales del agua del subsuelo del acuífero de que se trate (somero y/o profundo).

#### VII.10.2.8.2.COLIFORMES

Un máximo de 10,000 colonias por 100 ml, permitiendo una remoción de 1 log en 10 días (lo cual es un valor conservador), se asume que las colonias de coliformes serán abatidas en 10 días, tomando en cuenta las concentraciones permitidas para lineamientos de calidad de agua para uso en irrigación, si el tiempo de residencia es mayor a 50 días de en el acuífero se ha demostrado que las concentraciones esperadas se encontrarán cerca de los límites permisibles para agua potable.

#### VII.10.2.8.3.GRASAS Y ACEITES

Este parámetro se encuentra directamente relacionado con las zonas urbanas, por lo que su presencia es importante dado la correlación que tiene con productos derivados del petróleo, aún cuando también puede tener una relación estrecha con grasas de origen

animal o vegetal. debido a que es un material que se concentra por lo general en la superficie de los almacenamientos, implica que para la infiltración deben manejarse prácticas que eviten la toma de agua tanto de la superficie como del fondo del vaso, evitando con ello concentraciones inadecuadas en el proceso de infiltración. Deben observarse concentraciones muy bajas. Para ello es necesario que se consideren estructuras de derivación y / o de partición de flujos, en aquellas áreas en que se concentran una gran cantidad de vehículos, para que aseguren el ingreso del agua libre de materiales flotantes y contaminantes arrastrados y disueltos durante los primeros minutos de lluvia. Ver ejemplo en el Gráfico VII.8.3.8.3 para una estructura diseñada para espacios tales como estacionamientos de centros comerciales.

#### VII.10.2.8.4.TIEMPO MÍNIMO DE RESIDENCIA

Un tiempo mínimo de residencia de 50 días es recomendable para que el agua pluvial no desinfectada, pueda obtener un grado de protección aceptable a la salud. Si el agua recuperada se ha designado para áreas verdes o irrigación en campos agrícolas, los tiempos de residencia pueden ser menores y permitidos. Los protozoarios y virus pueden tener mayores tiempos de sobrevivencia en algunos acuíferos, por lo que deben efectuarse los análisis previo a su utilización, si se identifica que no satisface los valores en materia de coliformes, el agua recuperada no debe ser utilizada hasta en tanto el agua que haya sido inyectada o infiltrada, se le dé un tratamiento que permita su utilización.

#### VII.10.2.8.5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

Como ya se mencionó al inicio de este capítulo, en México no existe una normatividad que establezca límites máximos permisibles para la infiltración de aguas pluviales, lo cual pone en peligro la calidad del agua en el subsuelo si no son reguladas las operaciones de que se lleven a cabo para la recarga del acuífero y o bien para el almacenamiento temporal de agua de lluvia en el subsuelo.

En el caso de Australia y Nueva Zelanda como ya se ha mencionado, han derivado la investigación científica predominantemente hacia el conocimiento más profundo de los procesos de almacenamiento temporal en el subsuelo y la recarga de acuíferos, mediante la utilización de las aguas pluviales. De las experiencias obtenidas, se generaron criterios y lineamientos que han permitido mitigar al máximo los efectos negativos

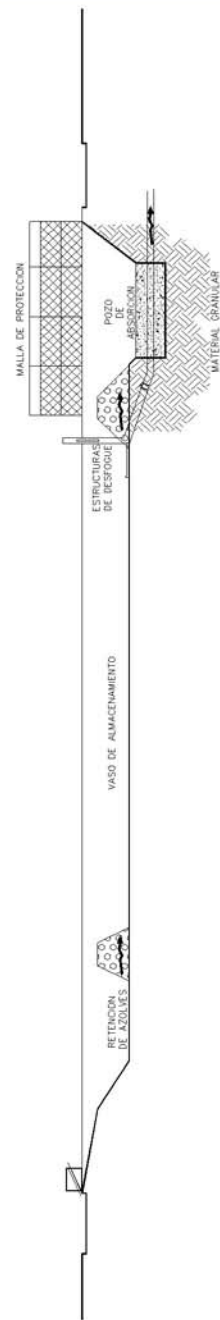
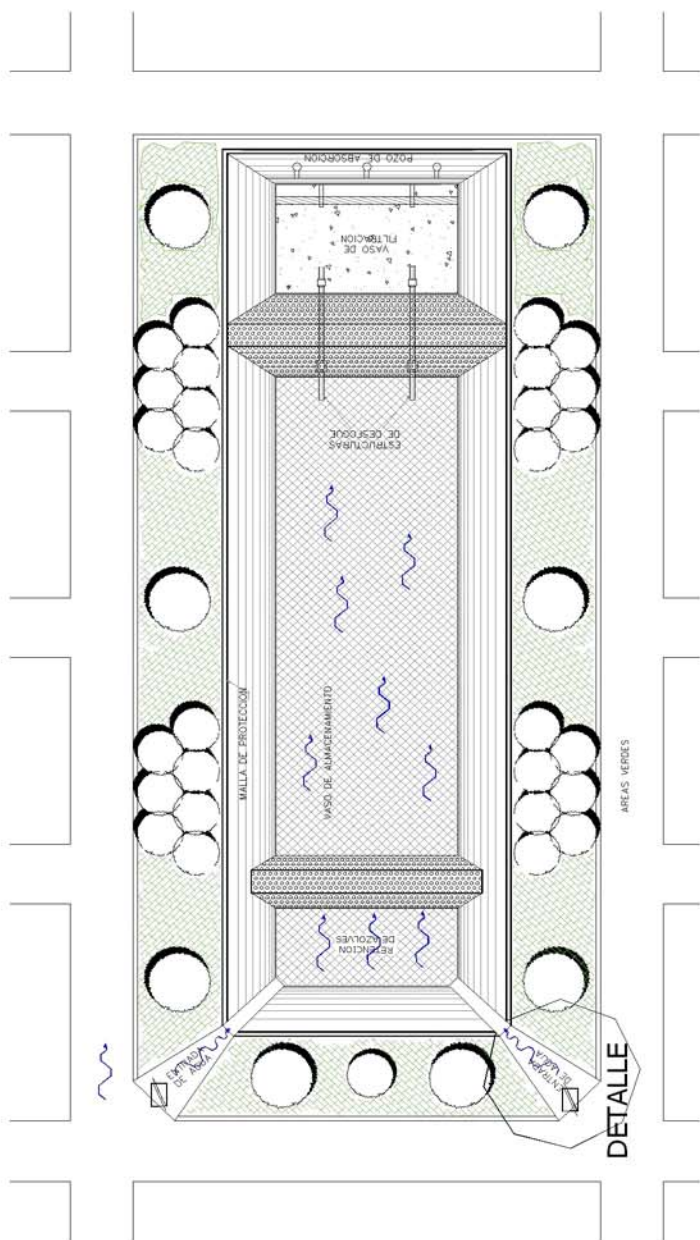


Plan Sectorial de  
Agua Pluvial

Ciudad Juárez 2004

SIMBOLOGIA

ESQUEMA DE ALMACENAMIENTO  
DE AGUA PLUVIAL PARA PARQUES URBANOS  
EN CIUDAD JUÁREZ, CHIH.



Normatividad

que pueden causar la introducción de contaminantes al subsuelo y su exposición con los acuíferos.

Estos lineamientos o estándares generados en otras partes del mundo, son considerados como lineamientos producto de una basta investigación, por lo que su aplicación para el municipio de Juárez, Chihuahua, resulta procedente, de acuerdo con el análisis realizado y descrito en este mismo documento. Se considera que el contar estos

lineamientos mínimos que se presentan, permitirá habilitar las prácticas de infiltración sin perjuicio del sistema acuífero, hasta en tanto sea publicada la Norma Oficial Mexicana para la recarga artificial de acuíferos con aguas pluviales.

Para Ciudad Juárez se definen como requisitos de calidad de agua pluvial para recarga artificial que deben ser observados, los que se dan en la Tabla VI.9.2.8.5. Parámetros de Calidad del Agua Pluvial en Obras de Recarga Artificial.

**TABLA VI.10.2.8.5.-PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA PLUVIAL EN OBRAS DE RECARGA ARTIFICIAL DESTINADA PARA USO DOMESTICO Y NO DOMESTICO**

TIPO DE CONTAMINANTES	RECARGA PARA USO DOMESTICO		RECARGA PARA USO NO DOMESTICO	
	SUPERFICIAL/ SUBSUPERFICIAL	DIRECTO	SUPERFICIAL/ SUBSUPERFICIAL	DIRECTO
MICROORGANISMOS PATOGENICOS	PRESENTES	PRESENTES	PRESENTES	PRESENTES
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN Y MATERIA ORGÁNICA	ELIMINACIÓN DEL 80% DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (sst) Y DEL 90% DE MATERIA ORGÁNICA	ELIMINACIÓN DEL 100% DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (sst) Y DEL 90% DE MATERIA ORGÁNICA	ELIMINACIÓN DEL 80% DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (sst) Y DEL 90% DE MATERIA ORGÁNICA	ELIMINACIÓN DEL 100% DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (sst) Y DEL 90% DE MATERIA ORGÁNICA
CONTAMINANTES	LIMITES PERMISIBLES NOM-127-SSA-1994	LIMITES PERMISIBLES NOM-127-SSA-1994	LIMITES PERMISIBLES NOM-003-ECOL-1997	LIMITES PERMISIBLES NOM-003-ECOL-1997
DBO	< 60 mg / l	< 30 mg / l	< 80 mg / l	< 60 mg / l
COT	< 30 mg / l	< 16 mg / l	< 60 mg / l	< 45 mg / l
<b>CONDICIONANTES ADICIONALES</b>				
TIEMPO MÍNIMO DE RESIDENCIA EN EL ACUÍFERO	6 MESES	12 MESES	3 MESES	3 MESES
DISTANCIA HORIZONTAL ENTRE EL SISTEMA DE RECARGA Y EL PUNTO DE EXTRACCIÓN	300 M	MISMO POZO (ARA)	50 M	MISMO POZO (ARA)
TIPO DE ACUÍFERO	GRANULAR	GRANULAR	GRANULAR	GRANULAR

FUENTE: IMIP

## VII.11.REAGRUPAMIENTO PARCELARIO

Se tomará como referencia en todos los casos de aplicación de este plan, lo dispuesto en la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua, Plan de Desarrollo Urbano y de los Planes Parciales vigentes.

## VII.12. ZONA VIII EL BARREAL

Para la Zona VIII El Barreal, se definieron las acciones a seguir de acuerdo con la estrategia planteada en el Capítulo V.3.8 de este Plan Sectorial de Agua Pluvial. Las acciones que habrán de ser observadas de manera obligatoria, se describen

ampliamente en la sección del capítulo ya mencionado, las cuales se conforman mediante el resultado del proceso de consulta pública en el que participaron los principales propietarios de los predios involucrados, así como del análisis técnico a mayor detalle y del comportamiento hidrológico. también se tomaron en cuenta las alternativas más viables, para solucionar el manejo del agua desde el punto de vista económico, como los beneficios sociales y costos que representa la operación del manejo y desalojo del agua a futuro para la ciudad.

Tomando en cuenta dichas consideraciones, se retoman las estrategias planteadas y descritas en este



plan, siendo obligatorio el cumplimiento de las mismas, y teniendo como fundamento principal, la protección a los futuros habitantes de la Zona del Barreal.

Es indispensable que se dé el manejo adecuado de los escurrimientos, mediante la construcción de obras hidráulicas que mitiguen los riesgos, el establecimiento de los mecanismos de desalojo de las aguas pluviales y los procedimientos técnicos para la recarga del sistema acuífero, y el diseño de los vasos de captación y almacenamiento con las medidas de protección, para que estos puedan ser utilizados durante la época de estiaje como áreas deportivas y de recreación.

## VIII. INSTRUMENTACIÓN





## VIII. ESTRUCTURA OPERATIVA

### VIII.1. INTRODUCCIÓN

El manejo de las aguas pluviales en cualquier parte del mundo es siempre un reto, al cual los gobiernos y la sociedad en su conjunto deben ser corresponsables. Las precipitaciones pluviales en las zonas semidesérticas y desérticas, han sido por lo general, vistas con un dimensionamiento de importancia mucho menor del que en realidad tienen. Esta baja apreciación de los eventos de tormenta característicos de las zonas desérticas, tiene como principal causa el escaso número de lluvias que se observan durante el año, sin embargo debido a lo torrencial de los mismos (chubascos), son causa de grandes problemas y en ocasiones de desastres. El caso que nos ocupa de Cd. Juárez, reviste un particular interés dado que a pesar de las previsiones tomadas en el pasado, con la construcción de estructuras de control, como son los diques y otras obras de encauzamiento de los escurrimientos, se han llegado a tener que lamentar pérdidas de vidas y en el menor de los casos, daños cuantiosos en perjuicio de los habitantes de esta ciudad.

Las instituciones dedicadas al manejo de las aguas pluviales en las ciudades modernas, han aprendido con el tiempo, que no es posible enfrentar los problemas ocasionados por los escurrimientos de agua durante las lluvias, sin contar con planes y programas. La implementación de estos planes y programas requieren de personal técnico calificado, sistemas de evaluación y modelación que permitan hacer un análisis de los diferentes escenarios de riesgo. Para ello es necesario fortalecer los sistemas de captura de información y la adecuada operación de las estaciones climatológicas, contar con una actualización permanente de la dinámica de los asentamientos urbanos y las acciones de mantenimiento a la infraestructura hidráulica existente, sin desestimar la construcción de nuevas estructuras. Sin embargo la incorporación formal de acciones permanentes para resolver y prevenir inundaciones en las ciudades, va más allá de las decisiones técnicas, la construcción y cuidado de la infraestructura, es decir que requiere del establecimiento de una reglamentación acorde con las características fisiográficas e hidrológicas en que se encuentra ubicada la población y de los aspectos socio-culturales prevalecientes. La promulgación de reglamentos municipales son solo una etapa de transición entre

las acciones propuestas de cómo debe operar un sistema de control de aguas de lluvia, la aceptación de los particulares para observar los lineamientos a seguir y las restricciones de uso del suelo, como de los esquemas de análisis que deben procurarse para planificar los desarrollos urbanos de una manera segura y sustentable desde el punto de vista social y ambiental.

La incorporación de estas instancias operadoras no solo reúne las acciones de operación y planeación como ya se ha mencionado, sino que enfrenta uno de los retos más difíciles, y es el que tiene que ver con la aplicación de la Ley, es decir de la vigilancia, para que se cumpla con los reglamentos que se aprueben y sean observados por todos los ciudadanos.

Así mismo es menester hacer referencia, a la coordinación que debe existir con las autoridades federales y estatales. Es importante recordar que la precipitación pluvial en nuestro país, se encuentra íntimamente ligada a disposiciones que emanan desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, de Leyes reglamentarias como es el caso de la Ley de Aguas Nacionales y de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente que son orden federal y de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua de carácter estatal.

Otro de los aspectos de relevancia es el de la coordinación que debe existir con las instituciones privadas y organizaciones de la sociedad civil, las cuales juegan un papel importante en la toma de decisiones para la implementación y ejecución de las estrategias, aceptación de programas y proyectos y sus actualizaciones.

En todos los casos el control y manejo de los escurrimientos pluviales enfrentan retos que deben ser encarados por los gobiernos locales, y que tiene que ver por lo general con:

1. Usos de suelo
2. Definición de cambios o mejoramiento de los patrones de escurrimiento
3. Espacios y superficies que deben ser destinadas exclusivamente para el control, almacenamiento y aprovechamiento del agua de lluvia.
4. Protección a cauces y obras de regulación de flujos
5. Manejo de la calidad y cantidad del agua en función del aprovechamiento seleccionado

Instrumentación

6. Áreas de preservación para reducir los escurrimientos y materiales sujetos de ser arrastrados
7. Implementación de estructuras que reduzcan la contaminación de los flujos pluviales
8. Investigación para el desarrollo o implementación de nuevas tecnologías para su control y aprovechamiento
9. Aplicación de la Ley, mediante inspecciones, verificaciones, dictámenes y recepción de obras de equipamiento e infraestructura hidráulica, controversias, etc.,
10. Educación pública para la coexistencia de la infraestructura y los vecinos
11. Creación de comités para el cuidado de las cuencas hidrológicas y apoyo para la conservación de las estructuras y su operación.

Estos dos últimos numerales (10 y 11) constituyen la parte fundamental de las nuevas instituciones creadas en los países que persiguen un modelo de desarrollo con Sustentabilidad. Estas instituciones que han sido creadas para manejar los Servicios de Control y Aprovechamiento de las Aguas Pluviales, tienen como conceptos claves los siguientes:

**1. Comités de protección de la cuenca/**

**Institución:** La administración de la cuenca es un marco de referencia en el que se da un manejo integrado de todos los recursos, llámese suelo, entorno ambiental, agua, especies biológicas (flora y fauna), infraestructura, relaciones humanas, aspectos económicos, legales, participación de instituciones educativas y académicas y finalmente la rectoría gubernamental.

**2. Dependencia prestadora de los Servicios de Control y Aprovechamiento de las Aguas Pluviales:**

Este tipo de dependencias se ha venido haciendo cada vez más populares en las ciudades y exhiben en algunos casos una similitud con los organismos operadores de agua potable y saneamiento. En este caso su mandato es llevar a cabo acciones que permitan incorporar acciones en el corto plazo para resolver problemas existentes mediante una planeación correctiva y una planeación a futuro para los nuevos desarrollos urbanos. La obtención de recursos privados por conceptos de oferta de servicios relativos al área de su especialidad (eje: elaboración de proyectos hidráulicos, estudios, etc.) y la asignación de fondos fijos gubernamentales destinados a crear infraestructura pluvial que beneficie a la ciudadanía

de manera directa, permiten generar una operación más fortalecida desde el punto de vista económico y no competir con otros programas municipales.

**3. Delegación de facultades:** Las disposiciones para otorgar permisos, revisión de proyectos pluviales en fraccionamientos y desarrollos urbanos, dictámenes, supervisiones, operación de estructuras de control, comercialización de agua pluvial y en ocasiones la suscripción de convenios de coordinación con otras instancias gubernamentales para proporcionar servicios que por su naturaleza no son facultad municipal, son algunos de los esquemas que han permitido que estas nuevas dependencias operen de manera eficiente y hasta cierto punto en forma independiente ante los altibajos que suelen presentar las administraciones municipales o estatales, demostrando con ello que existen otros esquemas que auxilian favorablemente en la solución de los problemas de riesgo por inundaciones y de la baja disponibilidad de agua en las ciudades con esta problemática.

**4. Privatización:** Este es quizá el esquema menos usual, sin embargo es una práctica que se ve menos lejos de lo que pudiera pensarse, ya que la prestación de servicios relacionados con el control de escurrimientos y el manejo del agua de lluvia ha venido adquiriendo una importancia cada vez mayor, sobre todo si consideramos los beneficios en materia de seguridad a las comunidades y el manejo del agua de lluvia como un satisfactor adicional a la demanda de agua potable y no potable.

## VIII.2. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO

Comprender adecuadamente el problema del drenaje pluvial de Ciudad Juárez nos permitirá a su vez, crear las estrategias de solución para la problemática que enfrentamos y nos permitirá establecer un programa de inversiones para prevenir cualquier daño posible a la población y sus bienes, así como de la infraestructura de la ciudad.

El contar con una estrategia fundamentada en nuevos y mejores esquemas para desarrollar las Mejores Prácticas de Manejo (MPM) del agua pluvial, requiere también del conocimiento a detalle del comportamiento de los escurrimientos pluviales, de las condiciones de operación y mantenimiento de las



estructuras pluviales y de manera muy especial de la estructura administrativa encargada de llevar a cabo todas las acciones que esto implica. Siempre es importante considerar que los escurrimientos pluviales se encuentran ligados a niveles de riesgo para la población, los cuales deben ser atendidos con los estudios necesarios para asegurar el conocimiento profundo de los patrones de comportamiento de las aguas pluviales a través de la zona urbana y su área de influencia, esto permitirá asegurar la protección a la población, y crear así mismo otras estrategias para la optimización del agua de lluvia, desarrollando esquemas de aprovechamiento y recarga del acuífero para bien de todos en la región.

Es preciso mencionar que la problemática del agua pluvial, el crecimiento de la zona urbana, la falta de agua para abastecimiento de la ciudad y el manejo de las aguas residuales son elementos que deben atenderse de manera obligada, mediante la observación de un esquema de Sustentabilidad del recurso agua, por lo que el gobierno y la sociedad civil, deben participar conjuntamente para crear lineamientos claros y con voluntad política, dado que el manejo del agua en la ciudad como en el municipio es operada y regulada por distintos niveles de gobierno. El establecimiento de esquemas operativos y de coordinación puede derivar en el corto plazo a contar con un mejor nivel de vida, en un mejor entorno ambiental y un mejor futuro de la ciudad misma, de otra manera, los problemas actuales se verán agravados irremediablemente.

Las nuevas estrategias para el manejo y aprovechamiento del agua pluvial deben plantear el establecimiento de un sistema de control sustentable y sostenible a mediano y largo plazo. En este documento se proponen acciones concretas con el propósito que contribuyan a darle forma a un programa integral que incluya, además del aspecto del agua pluvial, los temas del drenaje sanitario, agua potable, ecología, financiamientos, administración, legislación, concientización del uso eficiente del agua, entre otras. Es preciso que los esfuerzos realmente se encaminen en el uso de la tecnología actual, tal como la utilización de modelos matemáticos y otras herramientas de planeación de los procesos hidrológicos urbanos, facilitándonos la solución a los problemas que causan los escurrimientos de las aguas sin control.

### **VIII.3.ACCIONES PARA UNA NUEVA ESTRUCTURA**

Es recomendable que sea considerado como prioridad inmediata la creación de una oficina o dependencia operativa, que se encargue de manera específica del control, manejo y aprovechamiento del agua pluvial. Esto permitiría definir un equipo técnico-administrativo permanente para llevar a cabo las acciones que deban ser realizadas en la remediación de los problemas de drenaje pluvial existentes o para prevenir nuevos problemas generados por los futuros asentamientos. Este organismo es deseable que pueda estar regido por un Consejo Técnico-administrativo, con la participación de todas las instituciones involucradas en el ramo, pero con autonomía interna para el cumplimiento de los programas físicos y financieros debidamente autorizados.

La vinculación de esta oficina de manera directa con la Dirección de Obras Públicas, Desarrollo Urbano, Ecología y Protección Civil es primordial en el desarrollo e implementación de medidas y obras para el control de los escurrimientos con el fin de proteger a la población, la salud humana, aprovechar el recurso agua y crear un medio ambiente superior al existente. Para ello se requiere de una decidida participación de todos los sectores de la sociedad y particularmente de la ciudad y de la región, tales como el Municipio a través de sus Direcciones de Desarrollo Urbano, Obras Públicas, Ecología, Previsión Social y el Instituto Municipal de Investigación y Planeación como promotor de esta iniciativa; La Comisión Nacional del Agua a través de sus Gerencias; La Junta Central y Municipal de Agua y Saneamiento; La Secretaría de Salud, y la sociedad en su conjunto en una posible participación interactiva entre ciudadanos, gobierno y los técnicos y operarios encargados de la planeación, ejecución de las obras y operación del sistema en su conjunto. Es recomendable para lograr esto, el establecer rutas críticas de trabajo con la participación de los involucrados en la solución (Además del IMIP, conviene especialmente la participación activa del CTI).

Este documento representa parte del esfuerzo que se realiza con el fin de establecer los lineamientos básicos para realizar las acciones que den solución al problema del manejo del drenaje pluvial, sin embargo, es apenas el principio de todo lo que se necesita para integrar a detalle los proyectos técnicos y económicos en materia de agua dentro de la zona

Instrumentación

urbana y semi-urbana y su factibilidad de aplicación en cuanto a la aplicación de los recursos y los tiempos de ejecución de las acciones resultantes.

## VIII.4. ORGANIZACIÓN Y PRINCIPALES FUNCIONES

Es indispensable que se constituya una organización plural que promueva el establecimiento de un verdadero sistema que garantice las mejores prácticas de manejo (MPM) de los recursos pluviales de la región, que pueda colaborar con cualquier instancia de gobierno y mejor aún, la creación de un organismo descentralizado del municipio que genere los proyectos y aplique los recursos necesarios bajo normas y políticas bien establecidas.

### VIII.4.1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS REQUERIDAS PARA LAS INSTITUCIONES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE CONTROL Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS PLUVIALES

Las instituciones Prestadoras de Servicios de Control y Aprovechamiento de las Aguas Pluviales del Siglo XXI, deberán incorporar al menos 5 conceptos fundamentales:

1. **Integración:** Dadas las condiciones en que se manejan las administraciones municipales, es muy probable que un organismo de este tipo obtenga apoyos presupuestales bajos y un muy limitado personal, lo que presupone que independientemente de los apoyos económicos pueda integrarse desde un principio con técnicos que atiendan no solo los conceptos de la ingeniería de control y alejamiento del agua pluvial, sino que incorpore personal con capacidad para la elaboración de estudios hidrológicos, planeación urbana, mercado del agua y manejo de los componentes legales, esta mezcla le dará la posibilidad de emerger con mejores perspectivas económicas y de atención a la comunidad.
2. **Flexibilidad:** Tiene que ver con la operatividad primaria, es decir de la flexibilidad necesaria para afrontar la problemática local y estar en condiciones de amoldarse a las circunstancias para

generar soluciones en el corto plazo, independientemente de las propuestas a mediano y largo plazo, en este caso lo más importante es mostrar la capacidad para mostrar beneficios que sean percibidos de inmediato por la comunidad. La clave debe ser la capacidad para entender los problemas en función de acciones de alta rentabilidad social y con una mentalidad abierta para aceptar y analizar propuestas de cualquier índole que le permitan estar más cerca de la población afectada.

3. **Eficiencia:** La capacidad de operar aún cuando se cuente con bajos presupuestos y limitado número de personal. Buscar alcanzar el grado de confianza por parte de la ciudadanía, para que soporte ampliamente sus proyectos futuros y crezca su capacidad de autogeneración de recursos.
4. **Efectividad:** Este tipo de instituciones requiere del diseño e implementación de prácticas y programas sustentados en las MPM's (Mejores Prácticas de Manejo), que hagan posible no solo el control, sino también la protección de la calidad del agua e incrementen la disponibilidad de la misma para otros usos. El monitoreo de la calidad como un elemento de garantía de la calidad del agua a ofrecer, justifica ampliamente los gastos que se puedan originar.
5. **Responsabilidad:** Las instituciones Prestadoras de Servicios de Control y Aprovechamiento de las Aguas Pluviales del Siglo XXI, deben ser capaces de responder de manera inmediata las demandas de la comunidad y adaptarse a los cambios que manifiesta el desarrollo de la urbanización. El diseño de las instalaciones hidráulicas y la operación de las mismas deben estar acordes con las necesidades de protección a la población, demanda de servicios, prevención de desastres y la posibilidad de mantener un esquema de aprovechamiento del agua de lluvia, sobre todo en las poblaciones de baja disponibilidad.



## VIII.4.2.PRINCIPALES FUNCIONES

De manera general se conciben como las principales funciones las siguientes:

- 1.Llevar a cabo la actualización periódica de los volúmenes de escurrimiento, en toda las zonas o cuencas identificadas como de influencia sobre la mancha urbana y las zonas de reserva consideradas para futuro desarrollo urbano.
- 2.Generar y mantener un inventario permanente y actualizado de todas las estructuras hidráulicas que conformen el sistema de control, almacenamiento y aprovechamiento de las aguas pluviales que escurren en la ciudad y en el municipio.
- 3.Vigilar y mantener en condiciones operativas todas las estructuras hidráulicas que conformen el sistema de drenaje pluvial de la ciudad (Diques, Bordos, Cauces, Alcantarillas, Cruces, Puentes, etc.).
- 4.Establecer las medidas para retener el agua pluvial de acuerdo a las Mejores Prácticas de Manejo y Modelos de Alta Sustentabilidad para el manejo del agua pluvial, sin menoscabo de las necesidades propias del ecosistema.
- 5.Establecer los mecanismos y procedimientos para manejar la cantidad y calidad del agua pluvial en o cerca de su origen.
- 6.Elaborar los diseños y proyectos ejecutivos para instalar estructuras que faciliten el control de los escurrimientos
- 7.Elaborar los estudios necesarios para aprovechar el máximo volumen de agua escurrida en almacenamientos para usos directos o bien para recarga del acuífero y de manera indirecta mediante la utilización de sistemas de almacenamiento temporal en el subsuelo (ASR).
- 8.Promover la elaboración de los lineamientos legales (Reglamento) pertinentes para asegurar la operación, el mantenimiento y los aprovechamientos del agua pluvial.
- 9.Establecer la coordinación con el área de la administración municipal encargada de Ecología y Protección Civil para llevar a cabo la operación de los programas de prevención de inundaciones y protección a la población y al ecosistema.
- 10.Coordinarse con la Dirección General de Obras Públicas, la Dirección de Desarrollo Urbano y el Instituto Municipal de Investigación y Planeación en la revisión de proyectos desarrollo urbano y edificaciones en zonas de riesgo por inundaciones.

Instrumentación

11.Elaborar y desarrollar los planes y programas de control, manejo y aprovechamiento de las aguas pluviales, conjuntamente con el Instituto Municipal de Investigación y Planeación.

12.Generar los acuerdos de coordinación con la Comisión Nacional del Agua para mantener una permanente asistencia técnica y capacitación en el control de los escurrimientos pluviales y procesos de infiltración.

13.Proporcionar asistencia técnica a la ciudadanía, al sector de servicios públicos e instituciones para que realicen las obras de conducción, control y aprovechamiento de aguas pluviales y a quienes requieran someter solicitudes para aprobación de proyectos hidráulicos relacionado con los escurrimientos pluviales.

14.Proporcionar de manera permanente y expedita la información que se genere al Instituto de Investigación y Planeación, para su inclusión en la cartografía de la ciudad, el banco de información y el sistema de información geográfica municipal.

15.Administrar todos los bienes y activos fijos que sean incorporados a la oficina o institución.

16.Administrar los Planes y Programas que le sean aprobados.

## VIII.4.3.PRINCIPALES TAREAS

Las tareas principales de esta organización podrán ser las siguientes:

1.Crear un estructura organizacional, administrativa y de manejo de recursos financieros para la ejecución de las acciones y obras requeridas, de acuerdo a objetivos claros en el corto, mediano y largo plazo..

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

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

4.Gestionar los recursos económicos y los apoyos necesarios para el logro de las metas planteadas

Instrumentación

y aceptadas por el consejo técnico-administrativo. Para este propósito deberá contarse con el apoyo decidido de las diferentes instituciones de gobierno, iniciativa privada y sociedad civil.

5. Construir las obras necesarias para el control, manejo y aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la región, mediante la aplicación de recursos económicos, para lo cual deberá contar con equipo y personal debidamente capacitado para la supervisión y seguimiento de los procesos constructivos.

6. Operar y dar mantenimiento, a las obras construidas mediante programas y recursos suficientes.

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

8. Evaluar continuamente la dinámica del agua en su conjunto y su impacto en la sociedad, el medio ambiente, en el desarrollo económico, en la política, etcétera y prever los efectos que se tendrán a futuro con la aplicación de las prácticas de manejo actuales de los recursos hidráulicos.

9. Proponer nuevas tecnologías y alternativas que mejoren los esquemas actuales de control, manejo y aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la región.

10. Proporcionar servicios de asistencia técnica a los ciudadanos y al sector privado

11. Establecer los esquemas de comercialización de agua pluvial, mediante el acondicionamiento de las estructuras existentes y la recuperación de agua en los almacenamientos, permitiendo con ello el aprovechamiento directo del recurso en usos consuntivos.

12. Llevar a cabo la vigilancia y aplicación de las disposiciones reglamentarias, así como de las normas aplicables en la elaboración de proyectos y desarrollos urbanos, para dar seguridad a la población y cumplir con los preceptos conservación y uso racional del recurso agua.

Se puede resumir que este organismo, estaría encargado de las obras de drenaje pluvial, del tratamiento del agua pluvial, y de los estudios y proyectos necesarios como apoyo al abastecimiento de agua potable, captación, alejamiento, monitoreo y evaluación de las aguas pluviales infiltradas, aforos de aguas superficiales y subterráneas en aquellas áreas de infiltración, y el control e investigación de la calidad del agua pluvial, supervisión a desarrollos

urbanos públicos y privados y adicionalmente de los servicios que pueda prestar al sector privado.

Este organismo, estaría encargado de las obras de drenaje pluvial, del tratamiento del agua pluvial, y de los estudios y proyectos necesarios como apoyo al abastecimiento de agua potable, captación, alejamiento, monitoreo y evaluación de las aguas pluviales infiltradas, aforos de aguas superficiales y subterráneas en aquellas áreas de infiltración, y el control e investigación de la calidad del agua pluvial.

#### VIII.4.3.1. ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Independientemente de la fecha en que se considere establecer una oficina responsable para el manejo, operación y aprovechamiento de las aguas pluviales, así como del mantenimiento de las estructuras hidráulicas existentes, se enlistan a continuación los estudios y proyectos que se recomiendan sean elaborados en el corto plazo, debido a la importancia que revisten los mismos en la toma de decisiones y en lo particular para las acciones de control y seguridad inmediata para el buen resguardo de los bienes y personas de la población asentada en las zonas de riesgo:

- Evaluación de la problemática actual del drenaje pluvial y su impacto en la infraestructura urbana existente (Alcantarillado, vialidades, viviendas, etc)
- Actualización de los cálculos de escurrimientos para cada cuenca, arroyo y afluentes y su impacto en las estructuras pluviales existentes, incluyendo un diagnóstico de la dinámica de los mismos.
- Definir los planes y programas necesarios para contar con un Plan Maestro Integral que incluya las obras requeridas, inversiones en monto y tiempo, beneficio / costo, impacto social, ambiental y urbano.
- Proyectos ejecutivos de la infraestructura requerida que incluye levantamientos físicos de campo, tenencia de la tierra, afectaciones, inversiones por obra requerida, tiempos de ejecución, costos de operación, mantenimiento y administración, normatividad técnica y legal, programas físicos y financieros de inversión y operación, gestoría de recursos para la construcción de las obras.
- Evaluación amplia de los impactos que estos programas tendrán a corto, mediano y largo plazo en el medio ambiente, en la sociedad, en la



estructura urbana actual, en el desarrollo económico, de la voluntad política, todo ello reflejado en el bienestar de las familias de la región, incluyendo zona urbana, semi – urbana y rural, esto último referido al Valle de Juárez principalmente.

#### **VIII.4.3.2. CONSTRUCCIÓN MEDIANTE IMPORTANCIA PRIORITARIA DE ESTRUCTURAS PLUVIALES.**

La construcción de las obras que deriven hacia el control, manejo y aprovechamiento de las aguas pluviales se pueden priorizar de la siguiente manera:

- Minimizar riesgos a la población. Se necesita de la asignación inmediata de recursos para construir obras que reduzcan y/o eviten los daños que se registran año con año en la población, motivados por la falta de control de los escurrimientos pluviales. (Estas inversiones están descritas en este documento)
- Promover el crecimiento ordenado. Todas la Zonas de reserva y en especial las Zonas Sur, de Integración Ecológica y Oriente Zaragoza, consideradas por el nuevo Plan Director como aptas en la actualidad para el crecimiento urbano de la ciudad; deberán contar con los lineamientos generales para la construcción de la infraestructura básica, en donde se incluyan las estructuras requeridas para el control y aprovechamiento del agua pluvial y sanitarias después del tratamiento.
- Mejor aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Captación e infiltración de agua pluvial como fuente de recarga del acuífero; desalojo de volúmenes pluviales precipitados dentro de la zona urbana para su utilización en la recarga del acuífero o en terrenos de cultivo del Distrito de Riego 09 del Valle de Juárez; reuso de agua tratada; acciones de concientización en el uso adecuado del agua, tanto en los consumos de agua potable, industrial y comercial como en el sector agrícola de la región;
- Evaluación y monitoreo continuo de la dinámica del agua de la región, mediante el estudio estadístico de los balances hidrológicos, geohidrológicos y del uso del agua incluyendo su comportamiento y predicción ante las diferentes propuestas de solución planteadas

#### **VIII.4.3.3. OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, ADMINISTRACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS ESTRUCTURAS DE CONTROL DE AGUAS PLUVIALES.**

Los elementos relativos a la operación, mantenimiento y administración, son instrumentos fundamentales para el éxito del programa de manejo de las aguas pluviales, reiterando la necesidad de crear un departamento, instituto, o cualquier tipo de organismo descentralizado o encargado del manejo de las aguas pluviales.

La operación y mantenimiento requiere de la elaboración y promulgación de reglamentos y lineamientos, así como de especificaciones y normas técnicas claras y específicas para cada una de las estructuras pluviales, tales como los diques, vasos de retención, obras de infiltración, estructuras de entrada y salida, pozos de absorción, canales abiertos o cerrados, sitios de descarga, cauces etc.

El trabajo no solamente se refiere al manejo del agua durante las lluvias, sino también en el mantenimiento de las condiciones adecuadas durante la época de estiaje, como es la limpieza de cauces, vasos y estructuras, rehabilitación de taludes, cuidado de la vegetación, protección y vigilancia continua, etc.

En algunos sitios, es posible que se incluya el tratamiento adicional de aguas residuales, como componente adicional al tratamiento que se obtiene de las plantas de tratamiento planeadas para tal efecto, en este caso, es necesario considerar un trabajo continuo de operación y mantenimiento de las estructuras designadas para ello, sin menoscabo de la comercialización del agua tratada, en cuyo caso debe respetarse la entidad responsable del manejo del agua en la ciudad.

Como recomendación adicional, es importante que el organismo que tenga a su cargo el manejo del agua pluvial, coordine algunas de sus operaciones con otras instituciones encargadas de llevar a cabo las predicciones climatológicas y la elaboración de los registros inherentes a las precipitaciones, con objeto de mantener una vigilancia permanente de los posibles eventos que puedan presentarse, previendo los impactos potenciales que se obtienen al recibir importantes volúmenes de agua. De la misma manera es necesario que se lleven registros y verificaciones de los impactos positivos o negativos (daños), mediante la conducción de mediciones de agua escurrida, infiltrada y descargada a los diferentes

#### Instrumentación

cuerpos receptores, el monitoreo de la calidad del agua, tanto en los cauces como en los sitios de almacenamiento, infiltración y descarga final. Las acciones descritas son importantes para poder implementar nuevas y mejores acciones de control y aprovechamiento del agua pluvial, así como para diseñar nuevas estructuras de control, tanto en la zona urbana existente como en las nuevas áreas de crecimiento.

#### VIII.4.3.4. FUENTES DE INGRESOS

Sus fuentes de ingresos pueden provenir de las siguientes alternativas:

- Comercialización de agua infiltrada recuperada (venta directa)
  - Aportaciones de la JMAS por servicios de control y manejo de aguas pluviales que no ingresan a los sistemas de alcantarillado.
  - Impuesto adicional por lote urbano (p. ej. incluirlo en el impuesto predial) para edificaciones en zonas de alto riesgo, con objeto de contribuir al costo de mantenimiento y operación de las estructuras de control. Pago por adquisición, uso, desalojo de agua pluvial
  - Ante la obligación de los desarrolladores urbanos a construir las obras necesarias para el control y manejo del agua pluvial en las zonas a desarrollar, la oficina o institución, podrá proporcionar el servicio de supervisión, de las obras de construcción y para casos particulares la administración y operación de las obras.
- 
- Prestación de servicios profesionales en materia de estudios hidrológicos y proyectos hidráulicos.
  - Asesorías y supervisión de obras y proyectos relacionados con el manejo de las aguas pluviales
  - Inspecciones y Sanciones
  - Mediante subsidios provenientes de recursos federales, estatales o municipales.
  - Créditos externos para la construcción de obras que puedan tener forma de recuperación de la inversión (p ej.- Tratamiento de agua pluvial para recarga del acuífero y aprovechamiento directo).
  - Buscar donaciones de instituciones acionales o internacionales como apoyo al mejoramiento del entorno ambiental de la región.

Para asegurar la implementación de los proyectos de solución al drenaje pluvial y sanitario de la ciudad,

se requiere además del respaldo amplio de las Instituciones ligadas a los tres niveles de gobierno, tales como JCAS, JMAS, IMIP, CILA, CFE, COCEF, Institutos Técnicos superiores como la UACJ, UACH, TEC, la iniciativa privada, propietarios de terrenos, urbanizadores, industriales, etc) y Asociaciones Civiles como la Asociación Mexicana de Hidráulica, Cámara de la Construcción, Colegio de Ingenieros, etc.

El respaldo necesariamente debe incluir la aportación de información, propuestas de solución, participación activa en el avance de los Planes y Programas de Trabajo y la asignación o gestoría de recursos económicos para la elaboración de los estudios, proyectos e inversiones requeridas para lograr los objetivos propuestos, en conciencia de que son programas y proyectos de vital importancia para la ciudad, tanto en la solución actual de los problemas de inundaciones y prevención de riesgos, como para establecer un desarrollo planeado y bien sustentado hacia el crecimiento futuro de la ciudad.

#### VIII.5 EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS PLUVIALES

Los procesos de cuidado y conservación del agua pluvial, constituyen un componente importante en el manejo del agua en general. En la implementación de acciones tendientes a favorecer los procesos naturales que inciden sobre el ciclo del agua, se ha concluido que una vez que las actividades antropogénicas y los asentamientos humanos que derivan de ello, impactan de manera importante las condiciones propias de equilibrio en que se encuentran los ecosistemas. Los asentamientos humanos y los procesos de crecimiento urbano que se originan como parte del desarrollo natural de las ciudades, imprimen modificaciones importantes a los componentes de los ecosistemas, y en especial en los patrones de escurrimiento de las aguas de lluvia, al modificarse las características del suelo, su cobertura vegetal y los cauces a través de los cuales escurren los flujos provocados por las lluvias.

Otra de las grandes preocupaciones en este proceso de ocupación del suelo, es todo aquello que tiene que ver con la contaminación del suelo mismo, ya que los propios vecinos utilizan prácticas de disposición final de basuras y residuos de forma inadecuada, sin tomar en cuenta los impactos potenciales a las aguas pluviales.



Con el tiempo se han venido creando acciones y programas educativos tendientes a mitigar los impactos generados en este proceso de crecimiento de las ciudades, con el fin de apoyar la incorporación de tecnologías de manejo ambientalmente más adecuadas (Mejores Prácticas de Manejo (MPM's)), las cuales han auxiliado de manera importante a proteger y conservar no solo el entorno ambiental, el agua y su calidad, sino también los sistemas hidrogeológicos y de manera muy especial las estructuras hidráulicas.

Estos programas de Educación Ambiental, han tenido una gran contundencia, debido a que encaminan todos los esfuerzos a crear los mecanismos de convivencia con el medio natural y las obras hidráulicas. El principal componente de este proceso educativo es la difusión de la información sobre los procesos que ocurren de manera natural en el ambiente y de dar a conocer los beneficios de contar con la infraestructura hidráulica como un instrumento de protección a la población.

Para el caso que nos ocupa, el del manejo y de la convivencia con los escurrimientos pluviales, la educación ambiental se convierte en un recurso de tremendo impacto no solo hacia el medio natural y la infraestructura hidráulica presente, sino para la sociedad misma. La vinculación de la población con los eventos representados por la lluvia, sus efectos en los asentamientos humanos y en los procesos naturales de escurrimiento, el arrastre de todos los materiales que encuentra a su paso, los efectos de flujo ligados a los volúmenes que escurren y las velocidades que pueden alcanzar debido a las pendientes y los riesgos potenciales que representa esta acción mecánica del escurrimiento, la infiltración en el suelo y acumulación de los arrastres en las partes bajas, como de los efectos de concentración del agua, son solo algunos de los conceptos que deben ser comprendidos por la comunidad.

En la actualidad existen un increíble número de acciones que las comunidades mismas han ido creando para desarrollar programas de concientización que permitan influir en el comportamiento y actitudes que deben ser mostradas por la población respecto a las aguas pluviales y los procesos de conservación y protección del agua. El establecimiento de programas de educación en materia de agua pluvial, puede prevenir riesgos, auxiliar en las acciones para evitar la contaminación del agua, conservar los recursos naturales, apoyar acciones relacionadas con el control

de los escurrimientos de agua pluvial como son la conservación de la estructura hidráulica creada para evitar riesgos a la población, ejercer presión para que los gobiernos establezcan programas más eficientes en materia de administración del agua y sobre todo que el esfuerzo entre las acciones generadas por las administraciones municipales se vean fortalecidas por la acción comunitaria.

El Plan Sectorial de Manejo de Aguas Pluvial para la ciudad, quedaría incompleto sin este importante componente social, y por lo tanto una de las estrategias que deben ser impulsadas es la correspondiente a la difusión de un mayor conocimiento sobre las aguas pluviales, de su manejo y sus efectos en la población. No es fácil hacer entender a todos, de la importancia de las aguas pluviales, sobre todo porque esto implica en más de las ocasiones la modificación del comportamiento de una comunidad asentada en una zona desértica y que poco asocia la lluvia con sus actividades. Uno de los principales problemas es el generado por la propia actuación de las autoridades, las cuales han dado a lo largo de los años poca importancia al manejo de las aguas producto de la lluvia, sus escurrimientos y los efectos de los mismos, debido a que solo se presentan de manera estacional y en periodos muy cortos. Así los procesos de planificación del desarrollo urbano, se han venido dando a lo largo de los años sin una planificación hidrológica, lo que ha fomentado y generado graves problemas en materia de inundaciones y en el menor de los casos encharcamientos que perturban y desquician todas las actividades socioeconómicas de la población.

En materia de riesgo a la población, este es uno de los principales factores que incide de manera permanente y obligada en cuanto se presentan las tormentas y que han costado un importante número de vidas, sobre todo en aquellas zonas marginadas en que la infraestructura hidráulica no ha sido lo suficientemente eficaz para controlar los flujos caudalosos que bajan de la Sierra de Juárez. El desconocimiento de los propios desarrolladores de llevar a cabo diseños de planeación hidráulica en los fraccionamientos y otros desarrollos ha acrecentado el riesgo para la población que ahí se llega a asentar.

En el estudio realizado por la Comisión Nacional del Agua en el año 2001, refleja objetivamente el análisis de la problemática que se presenta en la ciudad, la cual fue respaldada por investigaciones de campo y de gabinete, así como históricas sobre los hechos

Instrumentación

acontecidos en la ciudad durante los diferentes eventos de lluvia y las repercusiones de la falta de atención y planeación.

Para el desarrollo de programas dirigidos a la población es necesario el involucramiento de las autoridades locales, estatales y federales, ya que es responsabilidad compartida el manejo de las aguas de lluvia, de acuerdo con las leyes que nos rigen. Dependencias como las Direcciones Generales de Ecología y Protección Civil, Obras Públicas, Desarrollo Social, Servicios Públicos, así como el Consejo Municipal de Ecología en el caso del Municipio, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, la Junta Municipal de Agua y Saneamiento como dependencias del Gobierno del Estado, así como las Secretarías de Desarrollo Social, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la Comisión Nacional del Agua y la Secretaría de Gobernación en la esfera federal, y por supuesto la Secretaría de Educación Pública de todos los niveles de gobierno entre otras, tienen una ingerencia sobre el manejo de este recurso.

En el caso de las Organizaciones de la Sociedad Civil, estas representan siempre un sector comprometido con la propia sociedad de la cual emergen, distinguiéndose en el medio local algunas organizaciones que pueden participar como Aqua 21, Proyecto del Río, Organización Popular Independiente, Sociedad Regional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, etc.

Los programas de educación ambiental se encuentran siempre íntimamente ligados al agua, y por lo tanto el agua pluvial y los escurrimientos que generan son una parte importante y obligada para las acciones que se contemplan en materia de educación ambiental. Sin embargo es menester establecer líneas de acción dedicadas únicamente al tema del agua pluvial, ya que no solo comprende modificar actitudes y costumbres de la población, sino también prácticas de manejo apropiadas, en las cuales la autoridad y la población deben ser actores vinculados.

El primer concepto que debe ser difundido y explicado a la población es el término de Agua Pluvial, lo que este describe y las actividades que se relacionan con él. Este término es muy amplio y debe ser definido en todos los ordenes, pero con especial énfasis en el contexto local. La conceptualización tiene muchas variantes debido a que participa en infinidad de procesos en los distintos ecosistemas y de manera

directa con las características fisiográficas de las cuencas hidrológicas y su posición geográfica.

Para llevar a cabo las acciones de educación, se presentan a continuación algunas propuestas que pueden ser contempladas:

- Desarrollar materiales didácticos dirigidos a los maestros y a los promotores de las organizaciones dedicadas a la educación ambiental.
- Elaborar de folletos con información de las estructuras hidráulicas de control, tales como diques, bordos, etc, y de la importancia que tienen estos para evitar daños a las personas y la población en general.
- Elaborar manuales que describan las actividades propias que deben llevar a cabo los vecinos enclavados en las inmediaciones de cauces de arroyos, presas, diques, bordos, etc., para que sepan como coexistir con ellos y las medidas de protección y conservación que se requieren para que no les generen problemas de ninguna índole.
- Organizar reuniones con vecinos para mostrarles los beneficios de las obras y estructuras hidráulicas.
- Organizar comités de apoyo para evitar la contaminación de los escurrimientos pluviales.
- Establecer mecanismos de comunicación con la autoridades de Ecología y Protección Civil para el cuidado de las obras y estructuras de control.
- Llevar a cabo seminarios para la capacitación de la población en materia de que hacer en caso de inundaciones.
- Desarrollar programas de capacitación para quienes se dedican a la administración del Desarrollo Urbano, para que conozcan de la importancia que tiene el manejo de las aguas pluviales en la planeación de la ciudad.
- Organizar de manera conjunta el Municipio y el Sector Inmobiliario, cursos sobre Planificación Pluvial Hidrológicamente Sustentable.
- Elaborar Programas para fomentar el aprovechamiento de las aguas pluviales.
- Desarrollar Planes y Programas de información sobre manejo de las aguas pluviales con todos los sectores de la población.



## IX. PROGRAMACIÓN

Programación  
**IX. PROGRAMACIÓN**

**IX.1.ZONA I ANAPRA**

**IX.1.1. INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA PARA  
RETENCIÓN, CONTROL, E INFILTRACIÓN DE  
AGUA PLUVIAL EN DIQUES**

TABLA IX.1.1 INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA PARA RETENCIÓN, CONTROL  
E INFILTRACIÓN DE AGUA EN DIQUES ZONA I ANAPRA

DESCRIPCION		EXCAV. (M3)	CORTINA (ML)	VERTEDOR (ML)	VASO FILT (M3)	POZO AB (POZO)	ESTR. OP (M2)	TOTAL (\$)	OBSERVACIONES
BENITO JUÁREZ	CANTIDAD	0	600	60	50,000	17	1,360	6,077,532	REHABILITAR COMPUERTA DE 1 X 1
	COSTO	0	867,958	822,574	783,000	2,720,000	884,000		
TABACO	CANTIDAD	0	94	9	450	1	80	678,713	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 60 CM.
	COSTO	0	135,980	266,208	64,525	160,000	52,000		
PICO DEL AGUILA	CANTIDAD	0	145	15	7,500	2	160	963,358	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 91 CM.
	COSTO	0	209,757	162,851	166,750	320,000	104,000		
PUERTO LA PAZ	CANTIDAD	0	168	17	2,500	1	80	672,449	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 61 CM
	COSTO	0	243,028	123,171	94,250	160,000	52,000		
LA SUBESTACIÓN	CANTIDAD	0	27	3	50	1	80	502,322	CONSTRUIR DESFOGUE
	COSTO	0	39,058	192,539	58,725	160,000	52,000		
HOSPITAL	CANTIDAD	0	75	8	450	1	80	508,191	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 60 CM
	COSTO	0	108,495	123,171	64,525	160,000	52,000		
JUAN BALDERAS	CANTIDAD	8,000	130	13	800	1	80	1,137,769	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 60 CM
	COSTO	280,000	270,378	305,791	69,600	160,000	52,000		
JESÚS GARCÍA	CANTIDAD	22,000	85	9	1,200	1	80	1,663,052	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 110 CM
	COSTO	770,000	349,341	256,312	75,400	160,000	52,000		
JAZOU	CANTIDAD	0	166	17	350	1	80	860,584	REHABILITAR 2 TUBERÍAS DE CONCR. DE 122CM
	COSTO	0	240,135	345,374	63,075	160,000	52,000		
FRONTERIZA	CANTIDAD	4,000	212	21	12,700	4	320	1,973,942	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 45 CM
	COSTO	140,000	347,839	395,953	242,150	640,000	208,000		
LAS CABALLERIZAS	CANTIDAD	9,000	143	14	600	1	80	1,213,258	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 60 CM
	COSTO	315,000	299,473	320,085	66,700	160,000	52,000		
LA GASERA	CANTIDAD	45,000	50	5	8,750	2	160	2,937,083	REHABILITAR NO REQUIERE
	COSTO	1,575,000	535,380	217,828	184,875	320,000	104,000		
NUEVA ZELANDA	CANTIDAD	0	31	3	750	1	80	522,656	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 60 CM
	COSTO	0	44,845	196,937	68,875	160,000	52,000		
GUADALAJARA IZQ.	CANTIDAD	0	120	12	3,000	1	80	781,887	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 60 CM.
	COSTO	0	173,592	294,796	101,500	160,000	52,000		
SANTO DOMINGO	CANTIDAD	0	210	21	3,500	1	80	1,018,289	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 91 CM
	COSTO	0	303,785	393,754	108,750	160,000	52,000		
ISLA HAWAII	CANTIDAD	0	60	6	600	1	80	594,319	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 60 CM
	COSTO	0	86,796	228,823	66,700	160,000	52,000		
ISLA COZUMEL	CANTIDAD	3,000	33	3	250	1	80	656,368	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 60 CM.
	COSTO	105,000	78,608	199,136	61,625	160,000	52,000		
TARAHUMARA	CANTIDAD	15,000	35	4	1,150	1	80	1,217,991	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 60 CM
	COSTO	525,000	204,981	201,335	74,675	160,000	52,000		
COVARRUBIAS	CANTIDAD	0	50	5	250	1	80	563,783	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 60 CM
	COSTO	0	72,330	217,828	61,625	160,000	52,000		
ECATEPEC	CANTIDAD	0	40	4	150	1	80	536,871	REHABILITAR CAJÓN CON TUBERÍA. 60 CM
	COSTO	0	57,864	206,833	60,175	160,000	52,000		
TOTALES		CANTIDAD	102,025	2,287	251	82,325	41	2,985	
		COSTO	3,710,000	4,669,621	5,471,297	2,537,500	6,560,000	2,132,000	25,080,418

FUENTE: IMIP

**IX.1.2. CAUCES DE ARROYOS,  
DIMENSIONAMIENTO Y COSTOS DE INVERSIÓN  
POR TRAMOS.**

El encauzamiento se propone en los tramos que se encuentran dentro de la zona urbana, algunos tramos se requiere de revestimiento a fin de evitar la

erosión, sobre todo en las partes donde existe gran densidad de población y en algunos otros se propone solamente darle la forma con el área hidráulica necesaria. Se han diseñados para un periodo de retorno de 500 años de sección rectangular con talud 1:1 en canales revestidos y de 1.5:1 en canales de tierra.



TABLA IX.1.2 (1) ARROYO TAPO COSTO

NO. ID			LONGI- TUD	INVASIO N	EXCAV	FORM	REVEST	ESTRUCT	REUBICAR	TOTAL
	TRAMO		(M)	(%)	\$	\$	\$	\$	\$	\$
TAPO 1-2	MITAD DEL TRAMO ENTRE PRESA B. JUÁREZ Y RÍO	INICIO	810.74	2.00%	67,833.39	132,856.85	1,861,967.88	570,420.45	40,032.69	2,673,111.26
TAPO 2-3		FINAL	91.21	2.00%	7,631.40	14,946.68	209,475.41	64,173.53	4,503.76	300,730.79
TOTAL		901.95	2.00%	75,464.80	147,803.53	2,071,443.29	634,593.98	44,536.45	2,973,842.05	
ACUMULADOS				75,464.80	223,268.33	2,294,711.61	2,929,305.59	2,973,842.05	2,973,842.05	

FUENTE: IMIP

TABLA IX.1.2 (2) ARROYO COYOTLA COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASIO N (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
COY 1-2	50% DE SU RECORRIDO TOTAL	INICIO	350	2.00%	12,294.33	37,162.74	520,830.01	246,253.00	11,197.95	827,738.02
COY 2-3		FINAL	350	2.00%	12,294.33	37,162.74	520,830.01	246,253.00	11,197.95	827,738.02
TOTAL			700	2.00%	24,588.65	74,325.48	1,041,660.01	492,506.00	22,395.90	1,655,476.05
ACUMULADOS					24,588.65	98,914.14	1,140,574.15	1,633,080.15	1,655,476.05	1,655,476.05

FUENTE: IMIP

TABLA IX.1.2 (3) ARROYO MIMBRE COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD	INVASION	EXCAV	FORM	REVEST	ESTRUCT	REUBICAR	TOTAL
			(M)	(%)	\$	\$	\$	\$	\$	\$
MIMB 1-2	AGUAS ARRIBA DE UNION DE 2 AFLUENTES (NORTE)	FINAL	1,828.00	0.00%	171,795.38	223,724.61	0	0	0	395,519.99
MIMB 2-3		INICIO	480	2.00%	30,637.50	68,701.88	962,846.07	337,718.40	20,701.39	1,420,605.23
MIMB 3-4	UNION DE 2 AFLUENTES - RIO BRAVO	FINAL	501	2.00%	38,115.23	78,286.98	1,097,179.73	352,493.58	23,589.59	1,589,665.11
TOTAL			2,809.00	0.70%	240,548.11	370,713.46	2,060,025.80	690,211.98	44,290.97	3,405,790.33
ACUMULADOS					240,548.11	611,261.57	2,671,287.37	3,361,499.35	3,405,790.33	3,405,790.33

FUENTE: IMIP

TABLA IX.1.2 (4) ARROYO VÍBORAS COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD	INVASION	EXCAV	FORM	REVEST	ESTRUCT	REUBICAR	TOTAL
			(M)	(%)	\$	\$	\$	\$	\$	\$
VIV 1-4	VÍBORAS PTE HASTA UNIÓN CON V. OTE	FINAL	1,920.00	0	96,899.86	172,199.59	0	0	0	269,099.45
VIV 2-3	VÍBORAS OTE HASTA UNIÓN CON V. PTE	INICIO	875	0	97,693.34	116,722.99	0	0	0	214,416.33
VIV 3-4		FINAL	645	0	72,013.94	86,041.52	0	0	0	158,055.46
VIV 4-5	UNIÓN PTE Y OTE - RIO BRAVO.	INICIO	1,080.00	2	123,075.29	206,546.90	2,894,722.45	759,866.40	6,223,712.16	10,207,923.21
VIV 5-6		FINAL	430	2	56,121.79	88,007.84	1,233,416.04	302,539.40	2,651,869.58	4,331,954.65
TOTAL			4,950.00	0	445,804.22	669,518.84	4,128,138.50	1,062,405.80	8,875,581.74	15,181,449.10
ACUMULADOS					445,804.22	1,115,323.06	5,243,481.56	6,305,867.36	15,181,449.10	15,181,449.10

FUENTE: IMIP

TABLA IX.1.2 (5) ARROYO JARERO COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
JARE 1-2	D. SUBESTACIÓN - UNIÓN AFLUENTE NTE	FINAL	1,265.00	0.00%	65,728.83	115,117.97	0	0	0	180,846.80
JARE 2-3	AFLUENTE NTE - RÍO BRAVO	INICIO	536	2.00%	20,436.29	59,293.19	830,984.80	0	17,866.34	928,580.63
JARE 3-4		FINAL	663	2.00%	41,920.14	94,447.29	1,323,663.92	466,473.54	28,459.04	1,954,963.93
TOTAL			2,464.00	0.97%	128,085.26	268,858.45	2,154,648.72	466,473.54	46,325.39	3,064,391.36
ACUMULADOS					128,085.26	396,943.71	2,551,592.43	3,018,065.97	3,064,391.36	3,064,391.36

FUENTE: IMIP

TABLA IX.1.2 (6) ARROYO COLORADO PARTE ALTA COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
COLO 3-Jan	D. GUADALAJARA 22 - AV. DIV. DEL NORTE	FINAL	1,033.00	0	54,872.04	95,048.58	0	0	0	149,920.62
COLO 2.1 - 2.2	D. STO DOMINGO 23 - AV. DIVISION DEL NORTE	INICIO	469	0	12,922.58	31,079.99	0	0	0	44,002.57
COLO 2.2.- 3		FINAL	637	0	17,551.56	42,213.12	0	0	0	59,764.68
COLO 4-Mar	AV. DIV. DEL NORTE - AV. 16 DE SEPT.	INICIO	486	2.00%	35,241.17	74,142.06	1,039,089.37	341,939.88	22,340.63	1,512,753.11
COLO 5-Apr		FINAL	1,058.00	2.00%	106,150.82	189,856.68	2,660,811.54	744,387.64	57,207.99	3,758,414.66
TOTAL			3,683.00	0	226,738.16	432,340.44	3,699,900.91	1,086,327.52	79,548.62	5,524,855.65
ACUMULADOS					226,738.16	659,078.60	4,358,979.51	5,445,307.03	5,524,855.65	5,524,855.65

FUENTE: IMIP

TABLA IX.1.2 (7) ARROYO TIRADORES COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
TIRA 1-2	D. ECATEPEC AV. 16 DE SEPTIEMBRE	INICIO	1,390.00	2.00%	33,957.40	123,082.42	1,724,980.77	977,976.20	37,087.44	2,897,084.23
TIRA 2-3		FINAL	1,390.00	2.00%	71,840.52	179,024.93	2,509,006.29	977,976.20	53,944.15	3,791,792.08
TOTAL			2,780.00	2.00%	105,797.93	302,107.35	4,233,987.06	1,955,952.40	91,031.58	6,688,876.32
ACUMULADOS					105,797.93	407,905.27	4,641,892.33	6,597,844.73	6,688,876.32	6,688,876.32

FUENTE: IMIP

TABLA IX.1.2 (8) ARROYO COLORADO PARTE BAJA COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
COLO 5-6	TIRADORES - JARERO	INICIO	643	0	165,529.16	166,575.07	2,334,523.50	0	0	2,666,627.74
COLO 6-7		FINAL	643	0	68,999.43	191,302.33	2,681,072.15	452,401.94	0	3,393,775.85
COLO 7-8	JARERO - RÍO BRAVO	INICIO	192.5	0	27,360.09	65,912.25	923,749.83	135,439.15	0	1,152,461.31
COLO 8-9		FINAL	192.5	0	29,755.78	68,737.39	963,343.80	135,439.15	0	1,197,276.12
TOTAL			1,671.00	0	291,644.46	492,527.04	6,902,689.28	723,280.24	0	8,410,141.03
ACUMULADOS					291,644.46	784,171.51	7,686,860.79	8,410,141.03	8,410,141.03	8,410,141.03

FUENTE: IMIP



## IX.1.3.RESUMEN DE INVERSIONES

TABLA IX.1.3 (1) ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS - ZONA I ANAPRA

ARROYO	EXCAVACION	FORMACION DE CAUCE	REVESTIM	ESTRUCT DE CRUCE	REUBICAR VIVIENDAS	TOTAL
TAPO	75,464.80	147,803.53	2,071,443.29	634,593.98	44,536.45	2,973,842.05
COYOTLA	24,588.65	74,325.48	1,041,660.01	492,506.00	22,395.90	1,655,476.05
MIMBRE	240,548.11	370,713.46	2,060,025.80	690,211.98	44,290.97	3,405,790.33
VIVORAS	445,804.22	669,518.84	4,128,138.50	1,062,405.80	8,875,581.74	15,181,449.10
JARERO	128,085.26	268,858.45	2,154,648.72	466,473.54	46,325.39	3,064,391.36
COLORADO PARTE ALTA	226,738.16	432,340.44	3,699,900.91	1,086,327.52	79,548.62	5,524,855.65
TIRADORES	105,797.93	302,107.35	4,233,987.06	1,955,952.40	91,031.58	6,688,876.32
COLORADO PARTE BAJA	(YA CONSTRUIDO)					
TOTALES	1,247,027.13	2,265,667.55	19,389,804.29	6,388,471.22	9,203,710.66	38,494,680.85
ACUMULADOS	1,247,027.13	3,512,694.68	22,902,498.97	29,290,970.19	38,494,680.85	

FUENTE: IMIP

TABLA IX.1.3 (2) DIQUES - ZONA I ANAPRA

ESCRIPCION	EXCAV. (M3)	CORTINA (ML)	VERTEDOR (ML)	VASO FILTRACION (M3)	POZO ABSORCION (POZO)	ESTRUCT OPERACION (M2)	TOTAL (\$)
CANTIDAD	102,025	2,287	251	82,325	41	2,985	
COSTO	3,710,000	4,669,621	5,471,297	2,537,500	6,560,000	2,132,000	25,080,418

FUENTE: IMIP

### INVERSIÓN MÍNIMA REQUERIDA

Incluye excavación y formación de los encauzamientos de los arroyos y la rehabilitación y adecuación de los diques para recarga artificial

ARROYOS	\$ 3,512,694
DIQUES	\$ 25,080,418
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 28,593,112</b>

### INVERSIÓN MÁXIMA REQUERIDA

Incluye excavaciones, formación, revestimiento, estructuras de cruce y operación y reubicación de viviendas que actualmente invaden el cauce además de los diques para recarga artificial

ARROYOS	\$ 38,494,680
DIQUES	\$ 25,080,418
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 63,575,098</b>

## IX.2. ZONA II CENTRO

### IX.2.1. INVERSIÓN INFRAESTRUCTURA PARA RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA EN DIQUES

La inversión estimada para las acciones y obras a realizar, se encuentran plasmadas en la Tabla IX.2. 1 que se presenta a continuación:

TABLA IX.2.1 INVERSIÓN INFRAESTRUCTURA PARA RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN  
DE AGUA EN DIQUES - ZONA II CENTRO

DESCRIPCIÓN		EXCAV. (M3)	CORTINA (ML)	VERTEDOR (ML)	VASO FILT (M3)	POZO AB (POZO)	ESTR. OP		TOTAL (\$)	OBSERVACIONES
							(M2)			
LA BIBLIA	CANTIDAD	0	50	5	2,800	1	80			
	COSTO	0	72,330	217,828	98,600	160,000	52,000	600,758		REHABILITAR CORTINA Y VERTEDOR
PANTITLÁN	CANTIDAD	16,000	50	5	1,150	1	80			
	COSTO	560,000	236,970	217,828	74,675	160,000	52,000	1,301,473		REHABILITAR CORTINA, CONSTRUIR VERT. Y DESFOGUE
JUAN MATA ORTÍZ	CANTIDAD	0	40	4	750	1	80			
	COSTO	0	57,864	162,851	68,875	160,000	52,000	501,590		REHABILITAR CORTINA Y VERTEDOR
RAFAEL VELARDE	CANTIDAD	40,000	42	4	2,750	1	80			
	COSTO	1,400,000	472,357	123,171	97,875	160,000	52,000	2,305,403		REHABILITAR DESFOGUE Y CONSTR. TANQUE AMORT.
COPALTEPEC	CANTIDAD	31,000	63	6	2,750	1	80			
	COSTO	1,085,000	410,126	232,122	97,875	160,000	52,000	2,037,123		CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
TEOLOAPAN	CANTIDAD	50,000	45	5	3,000	1	80			
	COSTO	1,750,000	579,597	123,171	101,500	160,000	52,000	2,766,268		REHABILITAR DESFOGUE Y CONSTR. TANQUE AMORT.
CARLOS AMAYA	CANTIDAD	37,000	50	5	2,350	1	80			
	COSTO	1,295,000	453,060	217,828	92,075	160,000	52,000	2,269,963		CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
USUMACINTAS	CANTIDAD	3,000	61	6	900	1	80			
	COSTO	105,000	119,112	229,923	71,050	160,000	52,000	737,085		CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
MAYAS	CANTIDAD	0	45	5	4,000	1	80			
	COSTO	0	65,097	212,330	116,000	160,000	52,000	605,427		CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
PALO CHINO	CANTIDAD	0	12	1	2,500	1	80			
	COSTO	0	17,359	176,045	94,250	160,000	52,000	499,655		CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
EL HOYO	CANTIDAD	4,000	174	17	1,700	1	80			
	COSTO	140,000	292,868	354,171	82,650	160,000	52,000	1,081,689		CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
PARQUE SIERRA JUÁREZ	CANTIDAD	0	50	5	1,000	1	80			
	COSTO	0	72,330	217,828	72,500	160,000	52,000	574,658		CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
LA TRITURADORA	CANTIDAD	0	100	10	10,000	3	240			
	COSTO	0	144,660	272,805	203,000	480,000	156,000	1,256,465		CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
TOTALES	CANTIDAD	181,025	795	102	33,175	15	1,145			
	COSTO	6,335,000	2,993,729	2,757,901	1,270,925	2,400,000	780,000	16,537,554		

FUENTE: IMP



## IX.2.2. CAUCES DE ARROYOS, DIMENSIONAMIENTO Y COSTOS DE INVERSIÓN POR TRAMOS

La propuesta consiste en realizar las obras necesarias para darle a cada arroyo las dimensiones necesarias para desalojar el agua. Estos trabajos se realizarían dentro de la zona urbana ya que fuera de esta los cauces aun presentan sus dimensiones naturales, mientras que en la ciudad han sido modificadas por invasión o azolvamiento.

El diseño de los encauzamientos se propone con

Programación

base a canales trapeziales, los gastos de diseño fueron calculados para un periodo de retorno (TR) de 100 años con un bordo libre de un 30 % del tirante máximo, con lo cual podría conducir el gasto para un TR = 500 años. Los cauces que presentan gastos máximos menores a 7 m<sup>3</sup>/seg han quedado fuera de la propuesta de encauzamiento debido a que ese gasto podría ser desalojado por las propias vialidades de la ciudad.

TABLA IX.2.2 (1) ARROYO MARIANO ESCOBEDO COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
M ESC	AGUAS ARRIBA DE AV. DIV.									
1-2	DEL NORTE	FINAL	1,031.66	0.00%	83,682.40	117,301.96	0	0	0	200,984.36
M ESC	AV. DIV. DEL NTE - ACEQUIA	INICIO	1,158.99	0.00%	28,150.22	102,329.79	1,434,135.90	0	0	1,564,615.94
3-Feb	DEL									
M ESC	PUEBLO	FINAL	759.3	5.00%	39,377.56	97,960.83	1,372,905.70	534,228.29	73,794.38	2,118,266.77
4-Mar										
TOTAL			2,949.95	1.29%	151,210.17	317,592.58	2,807,041.60	534,228.29	73,794.38	3,883,867.07
ACUMULADOS					151,210.17	468,802.76	3,275,844.40	3,810,072.69	3,883,867.07	3,883,867.07

FUENTE: IMIP

TABLA IX.2.2 (2) ARROYO MONTERREY COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
MONT	AV. DIV. DEL NTE - ACEQUIA	INICIO	645	10.00%	27,506.81	75,460.79	1,057,571.15	453,809.10	113,689.97	1,728,037.82
1-2	DEL									
MONT	PUEBLO	FINAL	950	2.00%	40,513.91	111,143.80	1,557,662.93	668,401.00	33,490.07	2,411,211.71
3-Feb										
TOTAL			1,595.00	5.24%	68,020.72	186,604.59	2,615,234.07	1,122,210.10	147,180.04	4,139,249.53
ACUMULADOS					68,020.72	254,625.31	2,869,859.38	3,992,069.48	4,139,249.53	4,139,249.53

FUENTE: IMIP

TABLA IX.2.2 (3) ARROYO PANTEÓN COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
PANT	DESCARGA AL D. M. ORTIZ	FINAL	340	0	6,890.02	19,322.79	0	0	0	26,212.81
1-2										
PANT										
3-Feb		INICIO	552.5	0	7,158.33	35,628.17	499,323.18	0	0	542,109.68
PANT										
4-Mar	D. ORTIZ - D. R. VELARDE	FINAL	552.5	0	7,158.33	35,628.17	499,323.18	388,727.95	0	930,837.63
PANT										
5-Apr	D. R VELARDE - ACEQUIA DEL	INICIO	685	0	32,235.49	84,184.83	1,179,837.12	481,952.30	0	1,778,209.74
PANT	PUEBLO	FINAL	1,489.90	0	70,113.37	183,105.07	2,566,188.81	1,048,263.84	0	3,867,671.09
6-May										
TOTAL			3,619.90	0	123,555.56	357,869.01	4,744,672.29	1,918,944.09	0	7,145,040.95
ACUMULADOS					123,555.56	481,424.57	5,226,096.86	7,145,040.95	7,145,040.95	7,145,040.95

FUENTE: IMIP

TABLA IX.2.2 (4) ARROYO BASURERO COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASIÓN (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
BASU 1-2	AV. DIV. DEL NTE - ACEQUIA DEL PUEBLO	INICIO	1,009.61	0.00%	4,883.01	39,777.92	557,481.34	710,341.40	0	1,312,483.68
BASU 2-3		FINAL	1,247.23	0.00%	22,059.61	93,970.94	1,316,988.02	877,526.08	0	2,310,544.65
TOTAL			2,256.84	0.00%	26,942.62	133,748.86	1,874,469.36	1,587,867.49	0	3,623,028.34
ACUMULADOS					26,942.62	160,691.49	2,035,160.85	3,623,028.34	3,623,028	3,623,028.34

FUENTE: IMIP

TABLA IX.2.2 (5) ARROYO TEPEYAC COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASIÓN (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
TEPE 1-2	D. TEPOLOAPAN (7) - UNION AFLUENTE	FINAL	750	0	18,613.59	66,937.13	938,113.40	527,685.00	0	1,551,349.12
TEPE 3-4	D. MALLAS (10) - UNION AFLUENTE	INICIO	350	0	16,112.36	42,543.68	596,242.94	0	0	654,898.98
TEPE 4-2		FINAL	390	0	17,953.78	47,405.81	664,384.99	274,396.20	0	1,004,140.78
TEPE 2-5	UNION DOS ARROYOS - ACEQUIA DEL PUEBLO	INICIO	640	0	29,394.82	77,704.61	1,089,017.94	450,291.20	0	1,646,408.57
TEPE 5-6		FINAL	790	0	80,991.10	143,302.43	2,008,361.14	555,828.20	0	2,788,482.87
TOTAL			2,920.00	0	163,065.65	377,893.66	5,296,120.41	1,808,200.60	0	7,645,280.32
ACUMULADOS					163,065.65	540,959.32	5,837,079.72	7,645,280.32	7,645,280.32	7,645,280.32

FUENTE: IMIP

TABLA IX.2.2 (6) ARROYO SAN ANTONIO COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASIÓN (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
S ANT 1-2	D. PALO CHINO - ACEQUIA DEL PUEBLO	FINAL	3,678.18	5.00%	172,053.08	450,680.83	6,316,221.17	2,587,893.88	339,500.10	9,866,349.07
TOTAL			3,678.18	5.00%	172,053.08	450,680.83	6,316,221.17	2,587,893.88	339,500.10	9,866,349.07
ACUMULADOS					172,053.08	622,733.91	6,938,955.09	9,526,848.97	9,866,349.07	9,866,349.07

FUENTE: IMIP

TABLA IX.2.2 (7) ARROYO MERCADO ORNELAS COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASIÓN (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
M ORN 1-2	AV. AZTECA - D. HOYO	FINAL	1,039.91	0.00%	22,063.98	85,814.60	1,202,678.10	731,659.88	0	2,042,216.55
M ORN 2-3	D. HOYO - ACEQUIA DEL PUEBLO	INICIO	1,219.08	0.00%	4,346.76	41,240.13	577,973.91	0	0	623,560.80
M ORN 3-4		FINAL	1,219.77	5.00%	47,884.65	136,917.36	1,918,875.30	858,205.78	103,140.52	3,065,023.61
TOTAL			3,478.76	1.75%	74,295.39	263,972.08	3,699,527.31	1,589,865.65	103,140.52	5,730,800.96
ACUMULADOS					74,295.39	338,267.47	4,037,794.79	5,627,660.44	5,730,800.96	5,730,800.96

FUENTE: IMIP

TABLA IX.2.2 (8) ARROYO EL INDIO COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASIÓN (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
INDIO 1-2	D. TRITURADOR A - A. CHICHONTEPEC	FINAL	1,680.00	0.00%	37,477.13	100,174.63	0	0	0	137,651.76
INDIO 2-3	CHICHONTEPEC - ACEQUIA DEL PUEBLO	INICIO	2,850.00	0.00%	62,280.07	238,681.28	3,345,080.67	0	0	3,646,042.02
INDIO 3-4		FINAL	790	5.00%	106,231.10	164,119.71	2,300,112.03	555,828.20	123,632.19	3,249,923.23
TOTAL			5,320.00	0.74%	205,988.30	502,975.62	5,645,192.70	555,828.20	123,632.19	7,033,617.01
ACUMULADOS					205,988.30	708,963.92	6,354,156.62	6,909,984.82	7,033,617.01	7,033,617.01

FUENTE: IMIP



TABLA IX.2.2 (9) ARROYO LIBERTAD COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
LIBER 1-2	AV. AZTECA - ACEQUIA DEL	FINAL								
	PUEBLO		5,780.30	5.00%	525,870.00	987,724.34	13,842,801.77	4,066,903.47	744,057.64	20,167,357.22
TOTAL			5,780.30	5.00%	525,870.00	987,724.34	13,842,801.77	4,066,903.47	744,057.64	20,167,357.22
ACUMULADOS					525,870.00	1,513,594.34	15,356,396.11	19,423,299.58	20,167,357.22	20,167,357.22

FUENTE: IMIP

### IX.2.3. RESUMEN DE INVERSIONES

TABLA IX.2.3 (1) ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS - ZONA II CENTRO

ARROYO	EXCAV	FORM	REVEST	ESTRUCT	REUBICAR	TOTAL
MARIANO ESCOBEDO	151,210.17	317,592.58	2,807,041.64	534,228.29	73,794.38	3,883,867.07
MONTERREY	68,020.72	186,604.59	2,615,234.07	1,122,210.10	147,180.04	4,139,249.53
PANTEON	123,555.56	357,869.01	4,744,672.29	1,918,944.09	0	7,145,040.95
BASURERO	26,942.62	133,748.86	1,874,469.36	1,587,867.49	0	3,623,028.34
TEPEYAC	163,065.65	377,893.66	5,296,120.41	1,808,200.60	0	7,645,280.32
SAN ANTONIO	172,053.08	450,680.83	6,316,221.17	2,587,893.88	339,500.10	9,866,349.07
MERCADO ORNELAS	74,295.39	263,972.08	3,699,527.31	1,589,865.65	103,140.52	5,730,800.96
EL INDIIO	205,988.30	502,975.62	5,645,192.70	555,828.20	123,632.19	7,033,617.01
LIBERTAD	525,870.00	987,724.34	13,842,801.77	4,066,903.47	744,057.64	20,167,357.22
DREN INTERCEPTOR	(SE ANALIZA POR SEPARADO)					
TOTALES	1,511,001.50	3,579,061.59	46,841,280.72	15,771,941.79	1,531,304.87	69,234,590.47
ACUMULADOS	1,511,001.50	5,090,063.09	51,931,343.81	67,703,285.60	69,234,590.47	

FUENTE: IMIP

TABLA IX.2.2 (2) DIQUES ZONA II CENTRO

DESCRIPCION	EXCAV. (M3)	CORTINA (ML)	VERTEDOR (ML)	VASO FILT (M3)	POZO AB (POZO)	ESTR. OP (M2)	TOTAL (\$)
CANTIDAD	181,025	795	102	33,175	15	1,145	
COSTO	6,335,000	2,993,729	2,757,901	1,270,925	2,400,000	780,000	16,537,554

FUENTE: IMIP

#### INVERSION MÍNIMA REQUERIDA

Incluye excavación y formación de los encauzamientos de los arroyos y la rehabilitación y adecuación de los diques para recarga artificial:

ARROYOS	5,090,063
DIQUES	16,537,554
TOTAL	21,627,617

#### INVERSION MÁXIMA REQUERIDA

Incluye excavaciones, formación, revestimiento, estructuras de cruce y operación y reubicación de viviendas que actualmente invaden el cauce además de los diques para recarga artificial:

ARROYOS	69,234,590
DIQUES	16,537,554
TOTAL	85,772,144

### IX.3. ZONA III JARUDO

#### IX.3.1. INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA PARA RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN DIQUES

Los montos que han sido estimados para la rehabilitación y construcción de las 10 estructuras hidráulicas propuestas se dan en la Tabla IX.3.1:

TABLA IX.3.1 DIQUES ZONA III JARUDO COSTO

DESCRIPCION		EXCAV. (M3)	CORTINA (ML)	VERTEDOR (ML)	VASO FILT (M3)	POZO AB (POZO)	ESTR. OP (M2)	TOTAL (\$)	OBSERVACIONES
REVOLUCIÓN	CANTIDAD	20,000	230	23	8,500	3	240		
	COSTO	700,000	538,517	162,851	181,250	480,000	156,000	2,218,618	REHABILITAR CORTINA Y VERTEDOR
OASIS REVOLUCIÓN	CANTIDAD	0	380	38	13,000	4	320		
	COSTO	0	549,707	580,676	246,500	640,000	208,000	2,224,882	REHABILITAR CORTINA, CONSTRUIR VERT. Y DESFOGUE
SORIANA	CANTIDAD	75,000	235	24	11,250	4	320		
	COSTO	2,625,000	1,111,700	162,851	221,125	640,000	208,000	4,968,676	REHABILITAR CORTINA Y VERTEDOR
CEMETERA	CANTIDAD	100,000	79	8	9,500	3	240		
	COSTO	3,500,000	1,143,281	123,171	195,750	480,000	156,000	5,598,202	REHABILITAR DESFOGUE Y CONSTR. TANQUE AMORT.
BASURERO	CANTIDAD	0	200	20	9,000	3	240		
	COSTO	0	289,319	382,759	188,500	480,000	156,000	1,496,578	CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
SAFARI	CANTIDAD	182,000	150	15	10,000	3	240		
	COSTO	6,370,000	2,089,770	327,782	203,000	480,000	156,000	9,626,551	CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
HUERTAS	CANTIDAD	145,000	135	14	9,000	3	240		
	COSTO	5,075,000	1,687,341	311,289	188,500	480,000	156,000	7,898,129	CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
CAMPO MILITAR	CANTIDAD	0	200	20	10,000	3	240		
	COSTO	0	289,319	123,171	203,000	480,000	156,000	1,251,490	REHABILITAR DESFOGUE Y CONSTR. TANQUE AMORT.
PEMEX I	CANTIDAD	190,000	173	17	11,500	4	320		
	COSTO	6,650,000	2,204,638	352,521	224,750	640,000	208,000	10,279,909	CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
PEMEX II	CANTIDAD	170,000	135	14	9,000	3	240		
	COSTO	5,950,000	1,944,591	311,289	188,500	480,000	156,000	9,030,379	CONSTR CORTINA, VERTEDOR, DESFOGUE Y TANQUE
TOTALES	CANTIDAD	555,000	1,632	163	81,750	27	2,160		
	COSTO	19,425,000	8,071,073	2,199,288	1,649,375	4,320,000	1,404,000	54,593,417	

FUENTE: IMIP

#### IX.3.2. CAUCES DE ARROYOS, DIMENSIONAMIENTO Y COSTOS DE INVERSIÓN POR TRAMOS

Considera que se llevarán a cabo las obras de retención de agua en los diques en las partes medias y altas de las Sub-cuencas. Se manifiesta en este caso con mas énfasis, debido a que si no se cuenta con los diques PEMEX I y II, el gasto que se registra en ese arroyo rebasa con mucho la capacidad actual en muchos tramos del mismo y el volumen que llega al Dique existente denominado Oasis Revolución es muy superior a la capacidad estimada de éste, existiendo con ello altas probabilidades de daños mayores a la población.

Los costos de inversión se elaboraron tomando en cuenta una TR=100 , tal como ya se ha comentado, y que para establecer una base referenciada a los costos y superficies requeridas para la conducción de los volúmenes

estimados en la modelación, se plasman dichos cálculos en las tablas que a continuación se presentan:



TABLA IX.3.2 (1) ARROYO REVOLUCIÓN COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
REVO 1-2	DESCARGA AL D. BASURERO	FINAL	100	0.00%	10,220.74	12,763.24	0	0	0	22,983.98
REVO 2-3	D. BASURERO - DIQUE	INICIO	720	0.00%	0	0	0	0	0	0
REVO 3-4	REVOLUCIÓN DIQUE	FINAL	780	5.00%	147,168.60	135,261.70	0	0	168,214.48	450,644.84
REVO 4-5	REVOLUCIÓN - ARROYO EL	INICIO	1,760.00	0.00%	0	0	0	0	0	0
REVO 5-6	JARUDO	FINAL	1,183.00	0.00%	66,445.95	158,835.60	2,226,056.82	832,335.14	0	3,283,673.57
TOTAL			4,543.00	0.86%	223,835.30	306,860.60	2,226,056.82	832,335.14	168,214.48	3,757,302.39
ACUMULADOS					223,835.30	530,695.90	2,756,752.77	3,589,087.90	3,757,302.30	3,757,302.39

FUENTE: IMIP

TABLA IX.3.2 (2) ARROYO CEMENTERA COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
CEME 1-2	DESCARGA AL DIQUE CEMENTERA	FINAL	200	0.00%	38,861.99	35,196.33	0	0	0	74,058.32
CEME 2-3	D. CEMENTERA - ARROYO EL	INICIO	2,866.80	10.00%	21,152.28	139,507.87	1,955,180.92	2,017,023.14	210,183.94	4,343,048.16
CEME 3-4	JARUDO	FINAL	1,417.92	2.00%	91,254.02	203,785.48	2,856,021.51	997,620.15	61,405.04	4,210,086.20
TOTAL			4,484.72	7.02%	151,268.29	378,489.68	4,811,202.43	3,014,643.30	271,588.98	8,627,192.68
ACUMULADOS					151,268.29	529,757.97	5,340,960.40	8,355,603.70	8,627,192.68	8,627,192.68

FUENTE: IMIP

TABLA IX.3.2 (3) ARROYO EJÉRCITO MEXICANO COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
EJ MEX 1-2	DESCARGA AL DIQUE MILITAR	FINAL	100	0.00%	6,134.65	9,888.14	0	0	0	16,022.79
EJ MEX 2-3	D. MILITAR -	INICIO	1,715.67	0.00%	0	0	0	1,207,111.10	0	1,207,111.10
EJ MEX 3-4	ARROYO EL JARUDO	FINAL	2,280.59	3.00%	278,974.21	451,884.04	6,333,083.97	1,604,577.51	204,243.89	8,872,763.62
TOTAL			4,096.26	1.67%	285,108.86	461,772.19	6,333,083.97	2,811,688.61	204,243.89	10,095,897.52
ACUMULADOS					285,108.86	746,881.04	7,079,965.02	9,891,653.63	10,095,897.52	10,095,897.52

FUENTE: IMIP

TABLA IX.3.2 (4) ARROYO HUERTAS COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
HUER 1-2	D. HUERTAS - CAMPO MILITAR	FINAL	450	0.00%	63,585.57	67,531.35	0	0	0	131,116.92
TOTAL			450	0.00%	63,585.57	67,531.35	0	0	0	131,116.92
ACUMULADOS					63,585.57	131,116.92	131,116.92	131,116.92	131,116.92	131,116.92

FUENTE: IMIP

TABLA IX.3.2 (5) ARROYO SAFARI COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
SAFI 1-2	D. SAFIRO - A. JARUDO	FINAL	1,740.00	0.00%	306,777.78	291,679.89	0	0	0	598,457.67
TOTAL			1,740.00	0.00%	306,777.78	291,679.89	0	0	0	598,457.67
ACUMULADOS					306,777.78	598,457.67	598,457.67	598,457.67	598,457.67	598,457.67

FUENTE: IMIP

TABLA IX.3.2 (6) ARROYO JARUDO COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
JAR	DESCARGA AL									
J1-J2	D. PEMEX I	FINAL	100	0	17,984.30	16,930.38	0	0	0	34,914.68
JAR										
J2-J3		INICIO	721.98	0	0	0	0	0	0	0
JAR	D. PEMEX I - D.									
J3-J4	PEMEX II	FINAL	532.18	0	121,068.50	101,336.28	0	0	0	222,404.87
JAR										
J4-J5		INICIO	1,526.05	0	28,715.05	118,593.40	1,662,067.00	1,073,698.26	0	2,883,074.68
JAR	D. PEMEX II - U									
J5-J6	4.2	FINAL	1,021.01	0	19,464.24	79,864.73	1,119,291.00	718,362.22	0	1,936,982.89
JAR										
J6-J7		INICIO	1,521.71	0	29,009.43	119,030.14	1,668,188.00	1,070,644.72	0	2,886,873.04
JAR	U 4.2 - D. OASIS									
J7-J8	REVOLUCIÓN	FINAL	1,033.38	0	124,146.80	202,917.36	2,843,854.00	727,065.50	0	3,897,984.60
JAR										
J8-J9		INICIO	737.67	0	33,464.08	89,010.63	1,247,469	519,009.86	0	1,888,954.52
JAR	D. OASIS REV.									
J9-J10	_ D. SORIANA	FINAL	724.93	0	88,779.76	143,723.04	2,014,255.00	510,046.25	0	2,756,804.90
JAR										
J10-J11		INICIO	865.69	0	46,759.24	113,982.00	1,597,439.00	609,082.17	0	2,367,263.31
JAR	D. SORIANA - U									
J11-J12	2.1	FINAL	923.7	0	71,447.48	145,539.31	2,039,710.00	649,896.85	0	2,906,594.19
JAR										
J12-J13		INICIO	767.49	0	59,364.76	120,926.67	1,694,768.00	539,990.61	0	2,415,050.31
JAR	U 2.1 - D. C.									
J13-J14	CAMIONERA	FINAL	1,085.02	0	97,676.82	184,431.88	2,584,783.00	763,398.37	0	3,630,291.01
JAR										
J14-J15	SALIDA AL	INICIO	250	0	22,505.77	42,495.04	595,561.36	175,895.00	0	836,457.16
	DREN 2-A									
TOTAL			11,810	0	760,386	1,478,780	19,067,393	7,357,089	0	28,663,650
ACUMULADOS					760,386	2,239,167	21,306,560	28,663,650	28,663,650	28,663,650

FUENTE: IMIP

### IX.3.3 RESUMEN DE INVERSIONES

TABLA IX.3.3 (1) ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS - ZONA III JARUDO

NO. ID	TRAMO	LONGI- TUD (M)	INVASIÓN (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
III.1	ARROYO REVOLUCIÓN	4,543.00	0.86%	223,835.34	306,860.61	2,226,056.82	832,335.14	168,214.48	3,757,302.39
III.2	ARROYO CEMENTERA	4,484.72	7.02%	151,268.29	378,489.68	4,811,202.43	3,014,643.30	271,588.98	8,627,192.68
III.3	ARROYO E. MILITAR	4,096.26	1.67%	285,108.86	461,772.19	6,333,083.97	2,811,688.61	204,243.89	10,095,897.50
III.4.5	ARROYO HUERTAS	450	0	63,585.57	67,531.35	0	0	0	131,116.92
III.4.6	ARROYO SAFARI	1,740.00	0	306,777.78	291,679.89	0	0	0	598,457.67
III.4	ARROYO EL JARUDO	11,810.81	0.00%	760,386.33	1,478,780.86	19,067,393.18	7,357,089.81	0	28,663,650.10
III	TOTAL	27,124	1.59%	1,790,962	2,985,114	32,437,736	14,015,756	644,047	51,873,617
III	ACUMULADO			1,790,962	4,776,076	37,213,813	51,229,569	51,873,617	

FUENTE: IMIP



TABLA IX.3.3 (2) DIQUES ZONA III JARUDO

DESCRIPCIÓN	EXCAV. (M3)	CORTINA (ML)	VERTEDOR (ML)	VASO FILT (M3)	POZO AB (POZO)	ESTR. OP (M2)	TOTAL (\$)
CANTIDAD	555,000	1,632	163	81,750	27	2,160	
COSTO	19,425,000	8,071,073	2,199,288	1,649,375	4,320,000	1,404,000	54,593,417

FUENTE: IMIP

#### INVERSIÓN MÍNIMA REQUERIDA

Incluye excavación y formación de los encauzamientos de los arroyos y la rehabilitación y adecuación de los diques para recarga artificial:

ARROYOS	4,776,076
DIQUES	54,593,416
TOTAL	59,369,492

#### INVERSIÓN MAXIMA REQUERIDA

Incluye excavaciones, formación, revestimiento, estructuras de cruce y operación y reubicación de viviendas que actualmente invaden el cauce además de los diques para recarga artificial:

ARROYOS	51,873,617
DIQUES	54,593,416
TOTAL	106,467,033

### IX.4. ZONA IV AEROPUERTO

#### IX.4.1. INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA PARA RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA EN DIQUES

En la Tabla IX.4.1. se presentan las inversiones requeridas:

TABLA IX.4.1 INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA PARA RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN DIQUES ZONA IV

DESCRIPCIÓN		EXCAV. (M3)	CORTINA (ML)	VERTEDOR (ML)	VASO FILT (M3)	POZO AB (POZO)	ESTR. OP (M2)	TOTAL (\$)	OBSERVACIONES
PARQUE CENTRAL	CANTIDAD	275,000	224	22	13,750	5	400		
	COSTO	9,625,000	3,153,219	408,715	257,375	800,000	260,000	14,504,309	CONSTRUIR VERTEDOR AL DREN 2-A
MISIÓN DE LOS LAGOS	CANTIDAD	525,000	324	32	26,250	9	720		
	COSTO	18,375,000	5,871,001	519,142	380,625	1,440,000	468,000	27,053,768	CONSTRUIR VERTEDOR AL DREN 2-A
PARQUE ROMA	CANTIDAD	15,000	40	4	750	1	80		
	COSTO	525,000	212,214	162,851	10,875	160,000	52,000	1,122,940	CONSTRUIR VERTEDOR AL ARROYO TAPIOCA
TOTALES	CANTIDAD	815,000	588	59	40,750	15	1,200		
	COSTO	28,525,000	9,236,434	1,090,708	648,875	2,400,000	780,000	42,681,017	

FUENTE: IMIP

#### IX.4.2. ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS, DIMENSIONAMIENTO Y COSTOS DE INVERSIÓN POR TRAMOS

Es necesario realizar obras de encauzamiento en las partes bajas de los cauces, sin embargo debido al rápido crecimiento urbano, algunos de los cauces de estos arroyos han desaparecido, siendo entonces necesario realizar un estudio para cada uno de ellos que tenga como objetivo la conveniencia de realizar

este tipo de obra, ya que construir canalizaciones por calles estrechas y con tráfico continuo pudiera crear un problema mayor, comparado con la posibilidad de permitir que el agua fluya por dichas vialidades, sobre todo en las cuencas de menor área. Por este motivo algunos de los arroyos menores no fueron considerados para realizar inversiones de encauzamiento, tal es el caso de los Arroyos Arcadas, Morelia, Rosita y Tabasco.

TABLA IX.4.2 (1) ARROYO LOMAS DEL REY COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (m)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
L REY 1-2	Av. Montes urales - Parque Central	Inicio	1,165.00	0.00%	163,484.00	247,242.00	3,465,061.10	0	0	3,875,787.91
L REY 2-3		Final	1,165.00	0.00%	163,484.00	247,242.00	3,465,061.00	819,670.70	0	4,695,458.61
TOTAL			2,330.00	0.00%	326,969.00	494,484.00	6,930,122.30	819,670.70	0	8,571,246.52
ACUMULADOS					326,969.00	821,453.00	7,751,575.80	8,571,246.50	8,571,246.00	8,571,246.52

FUENTE: IMIP

TABLA IX.4.2 (2) ARROYO AEROPUERTO COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
AER 1-2	CLOUTHIER - DREN 2A	INICIO	980	0.00%	123,719.00	197,266.00	2,764,656.90	689,508.40	0	3,775,150.80
AER 2-3		FINAL	980	0.00%	123,719.00	197,266.00	2,764,656.90	689,508.40	0	3,775,150.80
TOTAL			1,960.00	0.00%	247,438.00	394,532.00	5,529,313.80	1,379,016.80	0	7,550,301.70
ACUMULADOS					247,438.00	641,971.00	6,171,284.90	7,550,301.70	7,550,301.70	7,550,301.70

FUENTE: IMIP

TABLA IX.4.2 (3) ARROYO TAPIOCA COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
TAPI 1-2	SANTIAGO BLANCAS - BULEVARD ZARAGOZA	FINAL	1,680.00	0	112,450.45	246,238.87	3,450,999.21	1,182,014.40	0	4,991,702.94
TAPI 2-3	ZARAGOZA - M. CLOUTHIE	INICIO	915	0	61,245.34	134,112.24	1,879,562.07	0	0	2,074,919.65
TAPI 3-4	R	FINAL	915	0	108,051.50	178,134.21	2,496,522.97	643,775.70	0	3,426,484.38
TAPI 4-5	M. CLOUTHIE R - PASEO DE LA	INICIO	300	0	88,222.60	92,166.25	1,291,695.56	211,074.00	0	1,683,158.41
TAPI 5-6	VICTORIA	FINAL	790	0	246,375.82	249,938.96	3,502,855.32	555,828.20	0	4,554,998.30
TOTAL			4,600.00	0	616,345.71	900,590.54	12,621,635.13	2,592,692.30	0	16,731,263.68
ACUMULADOS					616,345.71	1,516,936.25	14,138,571.38	16,731,263.68	16,731,263.68	16,731,263.68

FUENTE: IMIP

TABLA IX.4.2 (4) ARROYO SALVARCAR COSTO

TABLA 10-2 (2) ANÁLISIS CANTAS DE OBRAS										
NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
SALV 1-2	CLOUTHIER - DREN 2A	INICIO	335	0.00%	40,458.66	65,955.27	924,352.79	235,699.30	0	1,266,466.02
SALV 2-3		FINAL	335	0.00%	40,458.66	65,955.27	924,352.79	235,699.30	0	1,266,466.02
TOTAL			670	0.00%	80,917.32	131,910.54	1,848,705.58	471,398.60	0	2,532,932.04
ACUMULADOS					80,917.32	212,827.86	2,061,533.44	2,532,932.04	2,532,932.04	2,532,932.04

FUENTE: IMIP

TABLA IX.4.2 (5) ARROYO MORELOS COSTO

NO. ID			TRAMO	LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
MOR I 1-2		BLVD. ZARAGOZA - CANAL PINCIPAL	FINAL	1,420.00	0	65,871.46	173,266.34	2,428,300.00	999,083.60	0	3,666,521.95
TOTAL				1,420.00	0	65,871.46	173,266.34	2,428,300	999,083.60	0	3,666,521.95
ACUMULADOS						65,871.46	239,137.80	2,667,438.00	3,666,521.95	3,666,521.95	3,666,521.95

FUENTE: IMIP



TABLA IX.4.2 (6) ARROYO MORELOS II COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
MOR II 1-2	BLVD. ZARAGOZA - CANAL PRINCIPAL	FINAL	1,550.00	0.00%	145,500.21	269,041.35	3,770,572.00	1,090,549.00	0	5,275,662.91
TOTAL			1,550.00	0.00%	145,500.21	269,041.35	3,770,572.00	1,090,549.00	0	5,275,662.91
ACUMULADOS					145,500.21	414,541.57	4,185,113.00	5,275,662.91	5,275,662.91	5,275,662.91

FUENTE: IMIP

TABLA IX.4.2 (7) ARROYO ZARAGOZA COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
ZAR 1-2	RAMÓN RAYÓN - CANAL PRINCIPAL	FINAL	1,630.00	0.00%	198,872.59	322,554.16	4,520,545.00	1,146,835.40	0	6,188,808.04
TOTAL			1,630.00	0.00%	198,872.59	322,554.16	4,520,545.00	1,146,835.40	0	6,188,808.04
ACUMULADOS					198,872.59	521,426.75	5,041,972.00	6,188,808.04	6,188,808.04	6,188,808.04

FUENTE: IMIP

TABLA IX.4.2 (8) ARROYO PAPALOTE COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
PAPAL 1-2	BLVD. INDEPENDEN- CIA - CANAL PRINCIPAL	FINAL	1,420.00	0.00%	107,027.83	155,636.86	0	0	0	262,664.69
TOTAL			1,420.00	0.00%	107,027.83	155,636.86	0	0	0	262,664.69
ACUMULADOS					107,027.83	262,664.69	262,664.60	262,664.69	262,664.69	262,664.69

FUENTE: IMIP

TABLA IX.4.2 (9) ARROYO INDEPENDENCIA COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
INDEP 1-2	BLVD. ZARAGOZA - CANAL PRINCIPAL	FINAL	2,420.00	0.00%	194,158.64	273,656.62	0	0	0	467,815.26
TOTAL			2,420.00	0.00%	194,158.64	273,656.62	0	0	0	467,815.26
ACUMULADOS					194,158.64	467,815.26	467,815.20	467,815.26	467,815.26	467,815.26

FUENTE: IMIP

TABLA IX.4.2 (10) ARROYO PATRIA COSTO

NO. ID	TRAMO		LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
PATRIA 1-2	BLVD. ZARAGOZA - CANAL PRINCIPAL	FINAL	2,120.00	0.00%	275,561.19	305,138.41	0	0	0	580,699.60
TOTAL			2,120.00	0.00%	275,561.19	305,138.41	0	0	0	580,699.60
ACUMULADOS					275,561.19	580,699.60	580,699.60	580,699.60	580,699.60	580,699.60

FUENTE: IMIP

### IX.4.3. RESUMEN DE INVERSIONES ZONA IV

El resumen para esta zona, presenta en la Tabla IX.4.3.

(1) v (2):

TABLA IX.4.3 (1) ENCAUZAMIENTO DE ARROYOS ZONA IV AEROPUERTO

NO. ID	TRAMO	LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
L REY	LOMAS DEL REY	2,330.00	0	326,969.05	494,484.47	6,930,122.30	819,670.70	0	8,571,246.52
AER	AEROPUERTO	1,960.00	0	247,438.44	394,532.69	5,529,313.80	1,379,016.80	0	7,550,301.74
TAPI	TAPIOCA	4,600.00	0	616,345.71	900,590.54	12,621,635.13	2,592,692.30	0	16,731,263.68
SALV	SALVARCAR	670	0	80,917.32	131,910.54	1,848,705.58	471,398.60	0	2,532,932.04
MOR I	MORELOS I	1,420.00	0	65,871.46	173,266.34	2,428,300.55	999,083.60	0	3,666,521.95
MOR II	MORELOS II	1,550.00	0	145,500.21	269,041.35	3,770,572.35	1,090,549.00	0	5,275,662.91
ZAR	ZARAGOZA	1,630.00	0	198,872.59	322,554.16	4,520,545.89	1,146,835.40	0	6,188,808.04
PAPAL	PAPALOTE	1,420.00	0	107,027.83	155,636.86	0	0	0	262,664.69
INDEP	INDEPENDENCIA	2,420.00	0	194,158.64	273,656.62	0	0	0	467,815.26
PATRIA	PATRIA	2,120.00	0	275,561.19	305,138.41	0	0	0	580,699.60
TOTAL		20,120	0	2,258,662	3,420,811	37,649,195	8,499,246	0	51,827,916
ACUMULADO				2,258,662	5,679,474	43,328,670	51,827,916	51,827,916	51,827,916

FUENTE: IMIP

TABLA IX.4.3 (2) DIQUES ZONA IV AEROPUERTO

DESCRIPCION	EXCAV. (M3)	CORTINA (ML)	VERTEDOR (ML)	VASO FILT (M3)	POZO AB (POZO)	ESTR. OP (M2)	TOTAL (\$)
CANTIDAD	815,000	588	59	40,750	15	1,200	42,681,017
COSTO	28,525,000	9,236,434	1,090,708	648,875	2,400,000	780,000	

FUENTE: IMIP

#### INVERSIÓN MÍNIMA REQUERIDA

Incluye excavación y formación de los encauzamientos de los arroyos y la rehabilitación y adecuación de los diques para recarga artificial:

ARROYOS	5,679,474
DIQUES	42,681,017
TOTAL	48,360,491

#### INVERSIÓN MÁXIMA REQUERIDA

Incluye excavaciones, formación, revestimiento, estructuras de cruce y operación y reubicación de viviendas que actualmente invaden el cauce además de los diques para recarga artificial:

ARROYOS	51,827,916
DIQUES	42,681,017
TOTAL	94,508,933



## IX.5. ZONA V RÍO BRAVO

### IX.5.1.PROYECTOS DE VASOS DE RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL

Debido a la dificultad que representa drenar la totalidad del agua hacia el dren que se propone ubicar a lo largo del Río Bravo, se considera que es posible desalojar un 50% del agua pluvial por este medio. Tomando en cuenta esta consideración, los vasos de retención propuestos fueron costeados tomando en cuenta una capacidad igual a la mitad del volumen que se espera de los escurrimientos para las tormentas con periodo de retorno de 25 años. El resto del agua podrá ser desalojada por el esquema actual o infiltrada hacia las estructuras de infiltración que se construyan dentro de la misma ciudad.

#### IX.5.1.1. COSTOS DE OBRA EN VASOS DE RETENCIÓN

#### IX.5.1.2.ENCAUZAMIENTOS COSTOS DE INVERSIÓN POR TRAMOS

En esta zona no existen arroyos bien definidos sino que se presenta un esquema de flujo laminar por las calles hacia centros de acumulación de agua que se convierten en grandes encharcamientos. Los datos que aquí se presentan, corresponden a un costo estimado para una propuesta de construcción de una red de pequeños canales y entubamientos que permitirán conducir aproximadamente el 50% del agua pluvial hasta el Dren Interceptor que debe ser desplantado a lo largo del Río Bravo. El resto del agua que se genere en la zona, dadas las características ya mencionadas, requiere de estudios de campo a mayor detalle, congruentes el desarrollo urbano existente, ya que requieren una negociación con los propietarios para obtener los espacios necesarios, a fin de establecer obras de almacenamiento temporal con procesos de infiltración y otro tipo de aprovechamientos para evitar que los volúmenes no

TABLA IX.5.1.1 ZONA V.- RÍO BRAVO

DESCRIPCION		EXCAV. (M3)	CORTINA (ML)	VERTEDOR (ML)	VASO FILT (M3)	POZO AB (POZO)	ESTR. OP (M2)	TOTAL (\$)
DIQUE 1	CANTIDAD	122,090	202	20	6,105	2	160	6,554,650
	COSTO	4,273,150	1,548,134	162,851	146,515	320,000	104,000	
DIQUE 2	CANTIDAD	56,860	138	14	2,843	1	80	3,399,793
	COSTO	1,990,100	784,244	314,226	99,224	160,000	52,000	
DIQUE 3	CANTIDAD	61,855	144	14	3,093	1	80	3,486,827
	COSTO	2,164,925	844,206	162,851	102,845	160,000	52,000	
DIQUE 4	CANTIDAD	49,640	129	13	2,482	1	80	2,863,413
	COSTO	1,737,383	696,871	123,171	93,989	160,000	52,000	
DIQUE 5	CANTIDAD	133,185	211	21	6,659	2	160	7,309,833
	COSTO	4,661,475	1,675,273	394,525	154,559	320,000	104,000	
DIQUE 6	CANTIDAD	62,025	144	14	3,101	1	80	3,653,035
	COSTO	2,170,875	846,241	320,951	102,968	160,000	52,000	
DIQUE 7	CANTIDAD	49,325	128	13	2,466	1	80	3,029,019
	COSTO	1,726,375	693,044	303,839	93,761	160,000	52,000	
DIQUE 8	CANTIDAD	99,970	183	18	4,999	2	160	5,469,362
	COSTO	3,498,950	1,292,763	123,171	130,478	320,000	104,000	
DIQUE 9	CANTIDAD	73,345	156	16	3,667	1	80	4,205,934
	COSTO	2,567,075	980,909	334,774	111,175	160,000	52,000	
DIQUE 10	CANTIDAD	252,695	290	29	12,635	4	320	13,435,568
	COSTO	8,844,325	3,020,073	481,967	241,204	640,000	208,000	
TOTAL ZONA	CANTIDAD	960,990	1,723	172	48,049	16	1,280	53,407,435
	COSTO	33,634,633	12,381,758	2,722,326	1,276,717	2,560,000	832,000	

FUENTE: IMIP

Programación  
considerados se viertan hacia los sistemas de  
alcantarillado.

TABLA IX.5.1.2 SISTEMA DE ENCAUZAMIENTO EN LA ZONA V COSTOS

NO. ID	TRAMO	LONGI- TUD (M)	INDEMNIZ AR (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	INDEMNIZAR \$	TOTAL \$
V.1	A. MADRE - RÍO BRAVO	2600	2.00%	316,594.24	518,866.06	5,876,344.65	1,829,308.00	169,571.63	8,710,684
V.2	BRAVO	1640	2.00%	124,554.73	258,475.34	2,927,326.18	1,153,871.20	84,472.83	4,548,700
V.3	BRAVO	2600	2.00%	207,002.25	419,557.31	4,751,637.38	1,829,308.00	137,116.35	7,344,621
V.4	BRAVO	1130	2.00%	92,744.22	185,139.78	2,096,774.53	795,045.40	60,505.89	3,230,209
V.5	A. MADRE - RÍO BRAVO	2160	2.00%	318,576.17	474,406.47	5,372,823.87	1,519,732.80	155,041.71	7,840,581
V.6	T. FDEZ - RÍO BRAVO	1,260.00	2.00%	118,818.23	221,280.88	2,506,085.56	886,510.80	72,317.24	3,805,012
V.7	AV. TORRES - RÍO BRAVO	1,640.00	2.00%	145,755.53	279,609.25	3,166,675.28	1,153,871.20	91,379.65	4,837,290
V.8	G. MORIN - RÍO BRAVO	1,950.00	2.00%	231,550.19	384,288.13	4,352,201.19	1,371,981.00	125,589.95	6,465,610
V.9	A. MADRE - RÍO BRAVO	3,540.00	2.00%	351,899.48	638,304.68	7,229,030.00	2,490,673.20	208,605.60	10,918,512
V.10	A. MADRE - RÍO BRAVO	4,750.00	2.00%	1,001,954.18	1,247,635.78	14,129,923.74	3,342,005.00	407,742.29	20,129,260
TOTAL		13,140.00	2.00%	2,909,449.22	4,627,563.68	52,408,822.38	16,372,306.60	1,512,343.14	77,830,485
ACUMULADOS				2,909,449.22	7,537,012.91	59,945,835.28	76,318,141.88	77,830,485.00	77,830,485

FUENTE: IMIP

### IX.5.1.3. DREN INTERCEPTOR RÍO BRAVO (DREN CHAMIZAL-ZARAGOZA)

Es el dren que se propone construir a lo largo de la margen izquierda del Río Bravo que captará parte de las aguas escurridas en la Zona V, y como ya se ha mencionado los gastos de diseño son las consideradas que es posible captar mediante el sistema de red de drenaje pluvial de un 50% del volumen total escurrido en cada Micro-cuenca de la zona.

Los costos para la construcción de este Dren incluyen los vasos de captación y el dimensionamiento propuesto para el desalojo total del agua captada, situación que da seguridad y capacidad suficiente para gastos mayores, mantenimiento de las estructuras de retención e infiltración o en su caso permite la opción de solamente desalojar la totalidad del agua hacia el distrito de riego y/o hacia el río Bravo.

El costo por tramo, se presenta a continuación.

TABLA IX.5.1.3 DREN INTERCEPTOR RIO BRAVO COSTOS ESTIMADOS

NO. ID	TRAMO	LONGI- TUD (M)	INDEMNIZ AR (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	INDEMNIZAR \$	TOTAL \$
RB1-RB2	RB1-RB2	100	5.00%	8,650.51	16,662.58	233,523.42	70,358.00	12,552.00	341,746.51
RB2-RB3	RB2-RB3	721.98	5.00%	83,059.59	138,732.71	1,944,317.12	0	104,508.03	2,270,617.46
RB3-RB4	RB3-RB4	532.18	5.00%	78,940.84	116,118.53	1,627,382.96	374,431.20	87,472.66	2,284,346.20
RB4-RB5	RB4-RB5	1,526.05	5.00%	261,125.25	357,626.91	5,012,085.04	1,073,688.26	269,402.12	6,973,937.58
RB5-RB6	RB5-RB6	1,021.01	5.00%	237,788.08	279,146.00	3,912,187.39	718,362.22	210,282.06	5,357,765.75
RB6-RB7	RB6-RB7	1,521.71	5.00%	392,778.52	437,986.96	6,138,318.61	1,070,644.72	329,937.75	8,369,666.57
RB7-RB8	RB7-RB8	1,033.38	5.00%	289,420.54	309,824.72	4,342,144.93	727,065.50	233,392.50	5,901,848.19
RB8-RB9	RB8-RB9	737.67	5.00%	241,765.23	239,248.57	3,353,031.19	519,009.86	180,227.13	4,533,281.98
RB9-RB10	RB9-RB10	724.93	5.00%	257,035.92	244,549.24	3,427,319.22	510,046.25	184,220.15	4,623,170.77
RB10-RIO	RB10-RIO	865.69	5.00%	377,282.87	323,769.64	4,537,580.67	609,082.17	243,897.27	6,091,612.62
TOTAL		8,784.60	5.00%	2,227,847	2,463,665	34,527,890	5,672,698	1,855,891	46,747,993
ACUMULADOS				2,227,847	4,691,513	39,219,403	44,892,101	46,747,993	46,747,993

FUENTE: IMIP



#### IX.5.1.4. RESUMEN DE COSTOS DE INVERSIÓN

TABLA IX.5.1.4 RESUMEN DE COSTOS DE INVERSIÓN ZONA V RIO BRAVO

NO. ID	TRAMO	LONG (M)	INVASIÓN (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
V	V	13,140.00	2.00%	2,909,449.22	4,627,563.68	52,408,822.38	16,372,306.60	1,512,343.14	77,830,485.03
D. RIO BRAVO		8,784.60	5.00%	2,227,847.35	2,463,665.85	34,527,890.55	5,672,698.18	1,855,891.68	46,747,993.61
TOTAL		21,924.60	7	\$5,137,296.57	\$7,091,229.53	\$86,936,712.93	\$22,045,004.78	\$3,368,234.82	\$124,578,478.64

FUENTE: IMIP

## IX.6. ZONA VI ACEQUIAS

### IX.6.1. COSTOS DE OBRA EN VASOS DE RETENCIÓN

En el caso de la Zonas VI, se incluye un costo estimado para el volumen total requerido en fosas o pozos pequeños de absorción dentro de la zona urbana, ubicados en los mismos sitios de concentración o en áreas abiertas cercanos a los mismos.

Debido que llegar a definir con un buen grado de precisión la ubicación, características y dimensiones de estas estructuras, se elabora un análisis de costos considerando una serie de diques que representen y sean equivalentes a la suma de las estructuras menores de captación tratamiento e infiltración dentro de la zona urbana. El análisis se realiza para cada una de las micro-cuencas estudiadas.

### IX.6.2. ENCAUZAMIENTOS

Al igual que en la Zona V esta Zona VI Acequias no presenta arroyos bien definidos sino que se presenta también con un esquema de flujo laminar por las calles hacia centros de acumulación de agua que se convierten en grandes encharcamientos. La estrategia que se ha tomado corresponde al desalojo de los gastos equivalentes al 50% del agua de cada una de las micro-cuencas, pero se prosigue con la propuesta de la construcción de una gran red de pequeños canales y entubamientos para hacer llegar el agua hacia el Dren Acequia del Pueblo.

TABLA IX.6.1 COSTOS DE OBRA EN VASOS DE RETENCIÓN - ZONA VI.- ACEQUIAS

		EXCAV.	ESTR. DE	VERTEDOR	FILTRACIÓN	POZO O FOSA	ESTRUCT	TOTAL
DESCRIPCIÓN		(M3)	(ML)	(ML)	(M3)	(POZO)	DE OPER	(\$)
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VI.1	CANTIDAD	86,195	170	17	4,310	1	80	4,517,467
	COSTO	3,016,825	1,132,151	36,000	120,491	160,000	52,000	
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VI.2	CANTIDAD	89,105	172	17	4,455	1	80	4,971,823
	COSTO	3,118,675	1,166,199	352,347	122,601	160,000	52,000	
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VI.3	CANTIDAD	85,685	169	17	4,284	1	80	4,620,124
	COSTO	2,998,975	1,126,176	162,851	120,122	160,000	52,000	
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VI.4	CANTIDAD	154,160	227	23	7,708	3	240	8,238,767
	COSTO	5,395,600	1,914,230	123,171	169,766	480,000	156,000	
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VI.5	CANTIDAD	46,595	125	12	2,330	1	80	2,894,235
	COSTO	1,630,825	659,746	299,882	91,781	160,000	52,000	
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VI.6	CANTIDAD	106,565	188	19	5,328	2	160	6,028,314
	COSTO	3,729,775	1,369,197	370,083	135,260	320,000	104,000	
TOTAL ZONA VI	CANTIDAD	568,305	1,051	105	28,415	9	720	31,270,730
	COSTO	19,890,675	7,367,700	1,344,335	760,021	1,440,000	468,000	

FUENTE: IMIP

TABLA IX.6.2 SISTEMA DE ENCAUZAMIENTO EN LA ZONA VI COSTOS

NO. ID	TRAMO	LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
VI.1	V. GERR Y AMERICAS . - A. DEL PUEBLO	2,000	2.00%	228,382.65	386,512.59	4,377,394.00	1,407,160.00	126,316.93	6,525,766.17
VI.2	V. FTES Y AV. RAZA - A. DEL PUEBLO	2,620	2.00%	250,997.77	463,770.01	5,252,362.10	1,843,379.60	151,565.58	7,962,075.06
VI.3	P. E. CALLES Y S. BARBA - A. DEL PUEBLO	1,960	2.00%	195,273.86	353,807.61	4,006,998.40	1,379,016.80	115,628.56	6,050,725.22
VI.4	G. MORIN - A. PUEBLO Y V. FTES	3,010.00	2.00%	440,993.98	658,895.68	7,462,230.49	2,117,775.80	215,334.99	10,895,230.94
VI.5	E. NAL - AV. TEC Y A. DEL PUEBLO	1,250.00	2.00%	94,211.46	196,256.46	2,222,674.98	879,475.00	64,138.96	3,456,756.87
VI.6	A. MADRE Y AV. TORRES - DREN 2A EN MISION DE LOS L.	1,400.00	2.00%	157,303.94	268,380.47	3,039,505.26	985,012.00	87,709.95	4,537,911.61
TOTAL		5,660.00	2.00%	692,509.38	1,123,532.61	12,724,410.74	3,982,262.80	367,183.89	18,889,899.42
ACUMULADOS				692,509.38	1,816,041.99	14,540,452.72	18,522,715.52	18,889,899.42	18,889,899.42

FUENTE: IMIP

#### IX.6.2.1. ZONAS V,VI y VII DREN RÍO BRAVO INVERSIÓN MÍNIMA REQUERIDA

Incluye excavación y formación de los encauzamientos de los arroyos y la rehabilitación y adecuación de los diques para recarga artificial:

ARROYOS	14,867,397.86
DIQUES	<u>90,933,642.80</u>
TOTAL	105,801,040.66

#### INVERSIÓN MÁXIMA REQUERIDA

Incluye excavaciones, formación, revestimiento, estructuras de cruce y operación y reubicación de viviendas que actualmente invaden el cauce, además de los diques para recarga artificial.

ARROYOS	153,081,613.97
DIQUES	<u>90,933,642.80</u>
TOTAL	244,015,256.78

#### IX.6.2.2 DREN PLUVIAL ACEQUIA DEL PUEBLO

##### IX.6.2.1.1. INVERSIÓN REQUERIDA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CANAL PLUVIAL (DREN) "ACEQUIA DEL PUEBLO"

Este Proyecto como ya ha sido mencionado es de vital importancia para la ciudad en general, resuelve la mayor parte de los problemas de inundación que se presentan en muchas de las colonias céntricas y se reducirá significativamente el ingreso de agua pluvial al sistema de drenaje sanitario.

El resultado del análisis de costo es descrito en la siguiente Tabla IX.6.2.1., el cual tomó el dimensionamiento del canal, para una TR=100 años con la capacidad de conducir un gasto para una TR=500 años considerando bordo libre y una pendiente promedio de 0.005 que es aplicada para el cálculo de la velocidad, y una sección rectangular, dadas las restricciones de terreno disponible para la construcción de esta obra.

La inversión total requerida para llevara a cabo esta obra, se estima en un monto de \$ 350'917,765.00 Pesos. En principio se ha considerado que requiere efectuarse esta obra en una sola etapa, sin embargo es necesario que se haga un análisis a detalle, una vez que se cuente con los proyectos ejecutivos, los cuales deben ser empatados a una estrategia de ejecución de obras, en cuanto se hayan realizados los estudios a detalle, con el fin de explorar un proceso que permita generar acciones graduales que faciliten el financiamiento de las obras a realizar.



TABLA IX.6.2.1.1 INVERSIÓN REQUERIDA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL  
CANAL PLUVIAL (DREN) "ACEQUIA DEL PUEBLO"

NO. ID	TRAMO	LONGI- TUD (M)	INVASIÓN (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICA \$	TOTAL \$
A.P.1 - A.P.2	A.P.1 - A.P.2	990	5.00%	554,164.46	0	1,343,059.00	1,594,840.50	172,471.34	3,664,535.30
A.P.2 - A.P.3	A.P.2 - A.P.3	540	5.00%	673,091.42	0	1,258,893.10	869,913.00	161,663.03	2,963,560.55
A.P.3 - A.P.4	A.P.3 - A.P.4	415	5.00%	701,589.71	0	1,170,076.77	668,544.25	150,257.52	2,690,468.25
A.P.4 - A.P.5	A.P.4 - A.P.5	345	5.00%	726,778.00	0	1,111,442.74	555,777.75	142,727.93	2,536,726.41
A.P.5 - A.P.6	A.P.5 - A.P.6	405	5.00%	908,688.65	0	1,354,824.71	652,434.75	173,982.26	3,089,930.37
A.P.6 - A.P.7	A.P.6 - A.P.7	825	5.00%	2,493,483.33	0	3,288,355.42	1,329,033.70	422,280.09	7,533,152.60
A.P.7 - A.P.8	A.P.7 - A.P.8	710	5.00%	2,141,855.82	0	2,826,873.85	1,143,774.50	363,018.11	6,475,522.28
A.P.8 - A.P.9	A.P.8 - A.P.9	230	5.00%	745,571.94	0	954,704.13	370,518.50	122,600.05	2,193,394.62
A.P.9 - A.P.10	A.P.9 - A.P.10	230	5.00%	749,919.47	0	957,915.85	370,518.50	123,012.49	2,201,366.31
A.P.10 - A.P.11	A.P.10 - A.P.11	275	5.00%	907,954.71	0	1,153,652.63	443,011.25	148,148.38	2,652,766.98
A.P.11 - A.P.12	A.P.11 - A.P.12	1,230.00	5.00%	5,230,433.54	0	5,963,300.47	1,981,468.50	765,787.99	13,940,990.40
A.P.12 - A.P.13	A.P.12 - A.P.13	1,432.50	5.00%	6,760,305.02	0	7,366,061.08	2,307,685.80	945,926.02	17,379,978.00
A.P.13 - AP. 2A	A.P.13 - DREN 2A	1,432.50	5.00%	6,760,305.02	0	7,366,061.08	2,307,685.80	945,926.02	17,379,978.00
D 2A - U IV.1	INICIA DREN 2A - U IV.1	1,950.00	5.00%	2,929,007.86	0	5,111,139.54	3,141,352.50	656,356.21	11,837,856.10
U IV.1 - AP. 2A	U IV.1 - INTERSECC A.P.	835	5.00%	1,328,607.77	0	2,268,101.94	1,345,143.20	291,262.40	5,233,115.36
AP. 2A - AEROP	INTERS A.P. - A AEROP	985	5.00%	4,718,992.83	0	5,108,094.44	1,586,785.70	655,965.16	12,069,838.10
AEROP - MORE	A. AEROP - A. MORELIA	950	5.00%	4,928,347.75	0	5,151,650.37	1,530,402.50	661,558.48	12,271,959.10
MORE - TAPI	A. MORELIA - TAPIOCA	1,220.00	5.00%	6,930,432.04	0	6,959,845.52	1,965,359.00	893,761.12	16,749,397.60
TAPI - ARC	TAPIOCA - ARCADAS	860	5.00%	4,847,246.91	0	4,884,743.08	1,385,417.00	627,283.10	11,744,690.00
ARC - SALV	ARCADAS - SALVARCAR	1,100.00	5.00%	6,519,713.88	0	6,425,247.08	1,772,045.00	825,109.70	15,542,115.60
SALV - ROSI	SALVARCAR - ROSITA	835	5.00%	5,405,896.77	0	5,122,048.01	1,345,143.20	657,757.04	12,530,845.00
ROSI - TAB	ROSITA - TABASCO	280	5.00%	1,820,336.90	0	1,721,542.09	451,066.00	221,074.93	4,214,019.92
TAB. MOR I	TABASCO - MORELOS I	670	5.00%	4,371,345.50	0	4,127,524.28	1,079,336.50	530,043.48	10,108,249.70
MOR I - MOR II	MORELOS I - MORELOS II	450	5.00%	3,053,057.70	0	2,832,746.50	724,927.50	363,772.25	6,974,503.95
MOR II - INS	MORELOS II - INSURGTES	1,490.00	5.00%	10,795,959.10	0	9,725,483.15	2,400,315.50	1,248,915.47	24,170,673.20
INS - ZAR	INSURGTES - ZARAGOZA	830	5.00%	6,026,538.02	0	5,423,831.10	1,337,088.50	696,511.06	13,483,968.60
ZAR - PAP	ZARAGOZA - PAPALOTE	970	5.00%	7,617,318.19	0	6,617,365.51	1,562,621.50	849,780.93	16,647,086.10
PAP - INDEP	PAPALOTE - INDEPEND	475	5.00%	3,819,068.58	0	3,282,545.40	765,201.25	421,533.99	8,288,349.22
INDEP - PATRIA	INDEPEND - PATRIA	845	5.00%	7,010,774.88	0	5,940,683.86	1,361,252.70	762,883.64	15,075,595.10
PATRIA - DTO 09	A DTO DE RIEGO 09	3,850.00	5.00%	32,327,536.60	0	27,244,753.60	6,202,157.50	3,498,684.19	69,273,131.90
COSTO TOTAL		27,655.00	5.00%	143,804,322.00	0	144,062,566.00	44,550,822.00	18,500,054.30	350,917,765.00
COSTOS ACUMULADOS				143,804,322	143,804,322	287,866,888	332,417,710	350,917,765	350,917,765

FUENTE: IMIP

## IX.7. ZONA VII CHAMIZAL

### IX.7.1.COSTOS DE OBRA EN VASOS DE RETENCIÓN

Para la Zona VII, se recurrió a un costo estimado para el volumen total requerido en fosas o pozos pequeños de absorción dentro de la zona urbana ubicados en los mismos sitios de concentración o en áreas abiertas cercanos a los mismos, y al igual que en la Zona VI resulta difícil y complicado llegar a definir con un buen grado de precisión la ubicación, características y dimensiones de estas estructuras, debido a los alcances mismos del estudio realizado, sin embargo se elabora un análisis de costos considerando una serie de diques que representen y sean equivalentes a la suma de las estructuras menores de captación tratamiento e infiltración dentro de la zona urbana. El análisis se realiza para cada una de las micro-cuencas estudiadas

### IX.7.2.ENCAUZAMIENTOS

La Zona VII al igual que las V y VI no existen arroyos bien definidos sino que se presenta un esquema de flujo laminar por las calles hacia centros de acumulación de agua pluvial, debido sobre todo a la configuración de la traza urbana y los desarrollos generados sin previo análisis hidrológico. A lo anterior hay que agregar que es una zona con asentamientos muy antiguos y con modificaciones de su escurritia debido a las modificaciones que se hicieron al cauce original del Río Bravo, sin embargo la presencia del cauce anterior deriva en una gran ventaja, ya que el agua pluvial se puede conducir hasta este sitio en donde puede ser infiltrada, aún cuando hay que generar algunas pequeñas adecuaciones a los mismos para que su infiltración se realice con las medidas de seguridad que demanda la protección del acuífero.

TABLA IX.7.1 ZONA VII.- CHAMIZAL

DESCRIPCION		EXCAV. (M3)	ESTR. DE CONTENCION (ML)	VERTEDOR (ML)	FILTRACION (M3)	POZO O FOSA DE ABSORC (POZO)	ESTRUCT DE OPER (M2)	TOTAL (\$)
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VII.1	CANTIDAD	26,365	94	9	1,318	1	80	
	COSTO	922,775	406,909	0	77,115	160,000	52,000	1,618,798
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VII.2	CANTIDAD	81,155	164	16	4,058	1	80	
	COSTO	2,840,425	1,073,012	343,696	116,837	160,000	52,000	4,585,971
ESTRUCT. DE INFILTRACIÓN ZONA VII.3	CANTIDAD	26,315	94	9	1,316	1	80	
	COSTO	921,025	406,266	162,851	77,078	160,000	52,000	1,779,220
TOTAL ZONA VII	CANTIDAD	133,835	352	35	6,692	3	240	
	COSTO	4,684,225	1,886,187	506,547	271,030	480,000	156,000	7,983,989
TOTALES	CANTIDAD	1,663,130	3,126	313	83,156	28	2,240	
	COSTO	58,209,533	21,635,645	4,573,208	2,307,769	4,480,000	1,456,000	92,662,155

FUENTE: IMIP

TABLA IX.7.2 SISTEMA DE ENCAUZAMIENTO EN LA ZONA VII COSTOS

NO. ID	TRAMO	LONGI- TUD (M)	INVASION (%)	EXCAV \$	FORM \$	REVEST \$	ESTRUCT \$	REUBICAR \$	TOTAL \$
VII.1	REP. - ANTIGUO CAUCE DEL RÍO	740	2.00%	37,143.16	94,813.98	1,073,802.46	520,649.20	30,986.34	1,757,395.15
VII.2	PANAMA. - ANTIGUO CAUCE DEL RÍO	1,470.00	2.00%	171,661.88	287,284.83	3,253,603.94	1,034,262.60	93,888.12	4,840,701.37
VII.3	ANTIGUO CAUCE DEL RÍO	1,230.00	2.00%	67,337.69	164,588.21	1,864,020.70	865,403.40	53,789.40	3,015,139.40
TOTAL		3,440.00	2.00%	276,142.73	546,687.03	6,191,427.10	2,420,315.20	178,663.86	9,613,235.92
ACUMULADOS				276,142.73	822,829.76	7,014,256.86	9,434,572.06	9,613,235.92	9,613,235.92

FUENTE: IMIP

## IX.8.ZONA VIII EL BARREAL

### IX.8.1.PROYECTOS DE VASOS DE RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA PLUVIAL

Como se mencionó anteriormente, las estructuras propuestas han sido diseñadas con una capacidad suficiente como para contener el volumen de agua escurrida en una tormenta con un periodo de retorno de 25 años, en caso de registrarse una lluvia de mayor



precipitación, la acumulación de agua invadirá por un corto tiempo parte de las calles, pero no provocará mayores daños debido a que se ha previsto un rápido desalojo las aguas pluviales mediante procesos de infiltración de agua en los pozos de absorción.

#### IX.8.1.1. INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA PARA RETENCIÓN, CONTROL E INFILTRACIÓN DE AGUA EN DIQUES Y VASOS DE RETENCIÓN

El costo de la inversión para cada una de las estructuras propuestas, ha sido estimado tomando en cuenta los principales conceptos para su ejecución, con objeto de que tanto las autoridades como los futuros involucrados en el desarrollo urbano de la Zona de El Barreal, consideren estas estimaciones como un instrumento de referencia.

La tabla descriptiva de las estimaciones de costos reflejan las inversiones que es menester llevar a cabo para resolver el problema de inundaciones en esta zona

TABLA V.3.8.8 COSTOS DE INVERSIÓN, CALCULADO A COSTO ÍNDICE		
NOMBRE	CAPACIDAD Y VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACION (MILES DE m3)	COSTO DE LAS OBRAS
D. GLORIETA	189.83	9,990,610.80
D. FLUOREX	115.35	6,070,797.34
D. SANTA ELENA 1	356.24	18,749,004.36
D. SANTA ELENA 2	196.03	10,317,299.95
D. SANTA ELENA 3	95.01	5,000,259.46
D. CHARLY	291.85	15,359,940.24
D. KM 28	196.01	10,316,264.19
BARREAL NORTE	757.41	39,862,691.45
CUENCAS CERRADAS	245.45	12,917,840.35
BARREAL SUR 1	319.89	16,835,710.18
BARREAL SUR 2	160.77	8,461,308.26
PARQUE CUATRO	385.37	20,282,150.46
PARQUE CINCO	164.50	8,657,681.31
PARQUE SEIS	159.42	8,390,307.23
PARQUE SIETE	132.93	6,996,124.85
PARQUE OCHO	189.84	9,991,049.73
PARQUE NUEVE	206.06	10,845,130.43
PARQUE DIEZ	174.73	9,195,903.06
PARQUE ONCE	233.98	12,314,420.03
PARQUE DOCE	277.97	14,629,822.67
PARQUE TRECE	247.70	13,036,252.06
PARQUE CATORCE	228.88	12,045,890.72
PARQUE QUINCE	96.26	5,066,046.96
PARQUE DIECISEIS	139.15	7,323,646.07
PARQUE DIECISIETE	148.11	7,795,134.56
PARQUE A TOTAL	116.60	6,136,658.00
ZVIII.A-1	96.60	5,084,058.00
ZVIII.A-2	20.00	1,052,600.00
PARQUE B	30.72	1,616,709.39
PARQUE C TOTAL	145.67	7,666,764.73
ZVIII.C-1	99.39	5,230,890.78
ZVIII.C-2	20.09	1,057,194.62
ZVIII.C-3	26.19	1,378,526.71
PARQUE D	126.66	6,666,227.38
ZVIII.D-1	29.09	1,531,039.14
ZVIII.D-2	97.77	5,145,602.66
PARQUE E	19.10	1,005,333.00
PARQUE F	115.35	6,070,832.08
PARQUE G	79.06	4,160,786.23
PARQUE G1	47.08	2,477,796.72
PARQUE G2	31.98	1,682,989.51
PARQUE H	101.51	5,342,394.46
PARQUE I	116.98	6,156,731.61
PARQUE I-1	55.88	2,940,859.67
PARQUE I-2	61.10	3,215,871.94
PARQUE J	120.37	6,334,966.79
ZVIII.J-1	106.44	5,601,700.96
ZVIII.J-2	13.93	733,372.14
PARQUE K	96.49	5,078,158.70
PARQUE K1	13.47	708,705.47
PARQUE K2	38.40	2,021,205.92
PARQUE K3	44.62	2,348,357.31
PARQUE L	127.92	6,732,572.23
ZVIII.L-1	59.25	3,118,214.78
ZVIII.L-2	38.98	2,051,337.74
ZVIII.L-3	29.70	1,562,877.07
OTRAS OBRAS		
Dique Pemex I	230.00	12,104,900.00
Dique Pemex II	180.00	9,473,400.00
Encauzamiento de El Jarudo	6.5 Km	20,000.00

Programación

de El Barreal. Las inversiones han sido estimadas en base a un costo índice propuesto, en el cual se ha tomado en cuenta, la excavación, formación de terraplenes en estructuras pluviales, construcción de estructuras de filtración, construcción de pozos de absorción y las estructuras de operación, de esta manera, el parámetro de excavación que se presenta, corresponde a un componente que incluye todos los conceptos que integran el costo índice.

La Tabla IX.8.1.1. muestra los valores obtenidos de inversión por estructura hidráulica y el costo por proyecto de las obras de canalización del Arroyo Jarudo y Vasos Pemex I y II, cuyo importe es de \$47,973,029.00 Pesos, el cual aparece en la sección dedicada a las acciones de obras que es menester realizar en la Zona III-Jarudo, sin embargo se consideran acciones de obra para la cuenca de El Barreal solo por \$41,578,300.00 pesos.

ARROYO JARUDO	41,578,300
DIQUES	362,757,750
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$404,336,050</b>

## IX.8.2. INVERSIÓN REQUERIDA

De acuerdo a lo antes expresado, las inversiones correspondientes para esta cuenca **ZVIII. EL BARREAL** en particular, corresponden a un total de **\$362,757,750 Pesos**, más la parte proporcional de la canalización del Arroyo Jarudo

En el caso de la Zona de Crecimiento Sur, como en el resto de la Cuenca de El Barreal, es necesario desarrollar los proyectos ejecutivos específicos de cada dique o vaso de almacenamiento y manejo del agua, así como los proyectos de estructuras de apoyo como son casetas de control, protección, accesos a las estructuras, manejo de áreas verdes, entre otras que no han sido considerados en el costo que se exhibe.

Las inversiones para el Sector privado por etapas, se dan de acuerdo con el siguiente esquema de inversiones y que se presenta en las tablas IX.8.2, IX.8.3 Y IX.8.4.

TABLA IX.8.2. COSTO PRIMERA ETAPA - EL BARREAL		
NOMBRE	VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACIÓN MILES DE m3	COSTO DE LAS OBRAS m2
D. GLORIETA	189.83	9,990.61
D. FLUOREX	115.35	6,070.80
D. SANTA ELENA 1	356.24	18,749.00
D. SANTA ELENA 2	196.03	10,317.30
D. SANTA ELENA 3	95.01	5,000.26
D. CHARLY	291.85	15,359.94
D. KM 28	196.01	10,316.26
BARREAL NORTE	757.41	39,862.69
CUENCAS CERRADAS	245.45	12,917.84
BARREAL SUR 1	319.89	16,835.71
BARREAL SUR 2	160.77	8,461.31
PARQUE K1	16.60	873.46
PARQUE K2	45.83	2,412.08
DIQUE PEMEX I	230.00	12,104.90
DIQUE PEMEX II	180.00	9,473.40
ENCAUZAMIENTO EL JARUDO	6.5 Km	20,000.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$198,745,574.31</b>

\*OBRAS DE LA ZONA III - JARUDO, INVERSIÓN PÚBLICO - PRIVADO

TABLA IX.8.2. (2) COSTO PRIMERA ETAPA - EL BARREAL		
NOMBRE	VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACIÓN MILES DE m3	COSTO DE LAS OBRAS m2
PARQUE CUATRO	385.37	20,282.15
PARQUE CINCO	164.50	8,657.68
PARQUE SEIS	159.42	8,390.31
PARQUE OCHO	189.84	9,991.05
PARQUE A1	136.89	7,204.36
PARQUE A2	29.47	1,550.78
PARQUE B	42.06	2,213.39
PARQUE C1	96.49	5,078.32
PARQUE C2	20.65	1,086.92
PARQUE C3	25.69	1,352.30
PARQUE D1	29.47	1,551.02
PARQUE D2	97.75	5,144.54
PARQUE E	17.85	939.55
PARQUE F	114.09	6,004.57
PARQUE G1	45.83	2,412.01
PARQUE G2	30.73	1,617.06
PARQUE H	97.79	5,146.55
PARQUE I-1	53.37	2,809.04
PARQUE I-2	58.60	3,084.04
PARQUE J1	104.12	5,479.73
PARQUE J2	14.08	740.88
<b>TOTAL</b>		<b>\$100,736,240.98</b>

TABLA IX.8.2. (3) COSTO PRIMERA ETAPA - EL BARREAL		
NOMBRE	VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACIÓN MILES DE m3	COSTO DE LAS OBRAS m2
PARQUE SIETE	132.93	6,996.12
PARQUE NUEVE	206.06	10,845.13
PARQUE DIEZ	174.73	9,195.90
PARQUE ONCE	233.98	12,314.42
PARQUE DOCE	277.97	14,629.82
PARQUE TRECE	247.70	13,036.25
PARQUE CATORCE	228.88	12,045.89
PARQUE QUINCE	96.26	5,066.05
PARQUE DIECISEIS	139.15	7,323.65
PARQUE DIECISIETE	148.11	7,795.13
<b>TOTAL</b>		<b>\$99,248,371.41</b>



## IX.9. INVERSIONES PARA REHABILITACIÓN DE OTRAS ESTRUCTURAS

TABLA IX.9 (1) DIQUE GARDENIAS

RESUMEN DE COSTO PARA REHABILITACIÓN		
DESARROLLO		SUB-TOTAL
		\$
ÁREA (m)	1000	
PROFUNDIDAD (m)	2	
VOL. AZOLVE (m3)	2000	
P.U. AZOLVE (\$)	80	
		160,000.00
PROTECCIÓN		
PERÍMETRO	1000	
P.U. PROTECCIÓN	450	
		450,000.00
TERRAPLÉN		
VOL. TERRAPLÉN (m3)	65	
P.U. TERRAPLÉN (\$)	177.5	
		11,537.50
DESFOQUE		
DESFOQUE	4000	4,000.00
VERTEDOR		
VERTEDOR		
GAVIONES		
LONGITUD (m)		
P.U. GAVIONES		
		34,524.00
ESTUDIOS		
ESTUDIOS		90,000.00
CANALIZACIÓN		
LONGITUD TUB (m)	200	
DIÁMETRO TUB (cm)	107	
P.U. TUBERÍA	4143.89	828,778.00
	TOTAL	1,578,839.50

FUENTE IMIP

## IX.10. RESUMEN GENERAL DE INVERSIONES POR ETAPAS

Se ha considerado un programa de inversiones a 9 años, iniciando en el 2004 y finalizando para el 2012.

GRÁFICO IX.10.



Programación

El monto total de inversiones a realizar es de \$1,380,324,332.00 Pesos, según puede apreciarse en la Figura IX.10, monto que muestra así mismo el desglose de los montos por sector involucrado, de los cuales al sector privado le corresponde invertir \$362,757,750 Millones de Pesos, la inversión gubernamental correspondería a \$969,593,553 Millones de Pesos y una partida de \$47,973,029 para un esquema de inversión mixta para el caso de las obras de canalización del Arroyo Jarudo y Diques. Ver Gráfico IX.10.

De acuerdo con lo anterior, al absorber cada sector el 50% de las obras en el Arroyo Jarudo la inversión para el Sector Privado será de \$386,744,264.00 y para la administración pública de \$993,580,068.00.

Las inversiones a realizar de acuerdo con un esquema de erogación municipal, se ha planteado a 9 años, durante los cuales se requiere dedicar fondos para proyectos pluviales.

El monto anual programado es de \$110,397,785.32 Millones de Pesos, para ser integrado a un plan trienal por un monto de \$331,193,355.97 Millones de Pesos por Trienio.

Si se toma en cuenta el esquema de apoyos federales y estatales para infraestructura y la inversión municipal, se puede dar mediante aportaciones tripartitas, las cuales exigirán una inversión anualizada para la administración municipal de \$36,799,262 Millones de Pesos, siendo este un monto que puede ser considerado como factible.

**TABLA IX.10. RESUMEN GENERAL DE INVERSIONES POR ETAPAS**

ZONA	2004-2006	2007-2011	2012-2016	TOTAL
	1a. ETAPA	2a. ETAPA	3a. ETAPA	
ZONA I	25,593,115.34	25,686,027.09	13,145,818.30	64,424,960.73
ZONA II	15,604,510.79	42031505.93	33,762,728.76	91,398,745.48
ZONA III	34,208,605.05	55,131,485.95	27,834,777.64	117,174,868.64
ZONA IV	26,979,529.37	44,221,972.53	22,881,463.99	94,082,965.89
ZONA V	9,049,356.05	34,390,564.49	34,390,564.49	77,830,485.03
DREN PLUVIAL RIO BRAVO	6,547,404.88	20,100,294.37	20,100,294.37	46,747,993.62
ZONA VI	2,183,225.88	8,353,336.77	8,353,336.77	18,889,899.42
ZONA VII	1,001,493.61	4,305,871.15	4,305,871.15	9,613,235.91
ZONA VIII	165,030,710.00	98,478,680.00	99,248,360.00	362,757,750.00
DREN ACEQUIA DEL PUEBLO	101,932,252.58	197,735,587.55	197,735,587.55	497,403,427.68
<b>TOTAL</b>	<b>388,130,203.55</b>	<b>530,435,325.83</b>	<b>461,758,803.02</b>	<b>1,380,324,332.40</b>
<b>ACUMULADO</b>	<b>388,130,203.55</b>	<b>918,565,529.38</b>	<b>1,380,324,332.40</b>	



## X.BENEFICIO-COSTO



## X. ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO

Las soluciones propuestas para resolver y corregir los problemas de inundaciones en la ciudad, como de las estrategias para un manejo sostenible del agua pluvial, con el enfoque a un aprovechamiento del recurso agua, fueron sustentadas evaluando las alternativas propuestas, mediante la aplicación del método Relación Beneficio/Costo (B/C), representado por los beneficios a obtener vs las Inversiones a realizar. El análisis incorpora las alternativas propuestas para cada una de las 8 Zonas estudiadas, fundamentadas en los problemática creada por la ausencia de una correcta operación del sistema de control de avenidas existente y la carencia de un sistema de drenaje pluvial en la ciudad, como de los beneficios que las mismas deberán incorporar al momento de su realización.

### X.1. METODO UTILIZADO

La evaluación de las alternativas de inversión realizado mediante el método de **Relación Beneficio/Costo**, tomó en cuenta los beneficios que se recibirán por la construcción y operación de las obras para el control y manejo del agua pluvial, los cuales se manifiestan en forma cuantitativa como es el caso del *incremento en el valor de los terrenos, contar con más agua para uso domestico, riego, construcción, etc, por evitar daños a la infraestructura como es el alcantarillado, pavimento, etc, reducir el volumen de agua que llega a las plantas de tratamiento de aguas residuales y el aprovechamiento directo del agua en los diques y vasos de almacenamiento*, estos beneficios fueron calculados obteniendo un monto promedio anual que es comparado con los costos de amortización de las inversiones y los costos de operación, mantenimiento y administración de las estructuras pluviales.

Por otra parte, con estos proyectos se obtendrán beneficios que son difíciles de cuantificar pero que se derraman de manera directa sobre la población, y son los aspectos de salud publica, embotellamientos, tiempos muertos por inundaciones, molestias a la población en áreas donde se acumula el agua y descomposturas de vehículos, entre otros varios problemas que son provocados por un mal drenaje pluvial en la ciudad. A continuación se definen algunos de los beneficios que pueden ser calculados, tomando en consideración algunos datos básicos en la ciudad como son los precios de terrenos, precios del agua, costos de reparaciones de infraestructura, etc.:

### X.2 DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS

#### X.2.1. ZONAS I,II, III y IV.

Se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

**Beneficio por plusvalía de terrenos**. Se refiere al incremento del precio los terrenos aledaños a las estructuras de encauzamiento, rehabilitación o de los parques pluviales.

En el caso de los arroyos, se consideró que en una franja de 10 m a cada lado del cauce los terrenos tienen un mayor valor al quedar debidamente protegidos y en condiciones de ser desarrollados con límites y características adecuadas, lo cual permitirá un proceso más congruente del desarrollo urbano del que se ha venido dando hasta la fecha.

En términos generales, se estimó que el valor de los terrenos en zonas actualmente con problemas de inundación o que están fuera de la zona urbana, tienen un precio promedio de 120 \$/m<sup>2</sup> y una vez que se han realizado las obras para el manejo del agua pluvial el precio llega a 200 \$/m<sup>2</sup>. La diferencia en estos precios es el beneficio económico que tendrán los propietarios de los terrenos donde se construyan las obras de drenaje pluvial.

**Fuente de abastecimiento de agua potable.** Al infiltrar el agua hacia el subsuelo, el acuífero almacena y purifica los volúmenes importantes de agua que pueden ser extraídos posteriormente para su aprovechamiento en uso potable, constituyendo una recarga muy significativa para el acuífero actualmente explotado para abastecer a ciudad Juárez.

En las tablas de análisis de beneficios por este concepto se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

**Volumen almacenado/evento.-** Es el volumen medio anual que llega a los vasos de retención obtenido de los escurrimientos para un TR= 5 años donde la precipitación es de 54 mm/tormenta.

**Volumen almacenado/año.-** El volumen almacenado es proporcional a la entrada de agua para un TR = 5 años extrapolado a una precipitación media anual de 250 mm.

**Volumen infiltrado.-** Se considera que que es factible infiltrar un volumen importante de manera directa del volumen total almacenado.

**Volumen aprovechado.-** Se asume que el 60.00% del volumen que llega al dique puede ser aprovechado.

Los precios unitarios que se manejan en los beneficios por recuperación de agua infiltrada son los promedios que se tienen en el abastecimiento de agua actual.



P.U.	USO % CONSUMO	P. U. POND
P.U. del agua 2.50 \$/m3	Domestico 89.0 %	2.23
14.00 \$/m3	Industrial 8.0 %	1.12
8.00 \$/m3	Comercial 3.0 %	0.24
	<b>100.0 %</b>	<b>3.59</b>
<b>P.U. promedio ponderado</b>		<b>3.59</b>

En el cálculo se obtiene el volumen que se puede aprovechar partiendo del volumen infiltrado, considerando que la extracción es comercializada a través del sistema de distribución de agua de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Juárez.

**Evitar daños a la infraestructura.** Al contar con un sistema de conducciones y estructuras pluviales adecuadas, se evitara una serie de daños y costos de mantenimiento a la infraestructura actual, en donde se incluyen.

**Colectores y atarjeas.** A lo largo de los arroyos se encuentran colectores que permiten el acceso de agua pluvial durante los escurrimientos, recibiendo también importantes volúmenes de azolve que es necesario extraer o que de otra manera se provocan taponamientos en las tuberías o finalmente se convierte en materia que llega a las plantas de tratamiento.

Azolve que se introduce a colectores/ml/año  
0.003 m3/ml/año

Precio/m3 de azolve desalojado = 350.00 \$/m3

**Desazolve en calles.** Los escurrimientos pluviales arrastran materiales que se depositan en las calles de las partes mas bajas de la zona urbana, Una vez que pasan las lluvias, se procede a la limpieza de estas calles con el acarreo y transporte de estos azolves hacia sitios fuera de la ciudad

**No tratar agua residual mezclada con agua residual.** Actualmente la gran mayoría del agua pluvial procedente de las Zonas II, V, VI, VII principalmente es desalojada por medio del sistema de drenaje sanitario, llegando por el alcantarillado hasta las plantas de tratamiento de aguas residuales donde es introducida al proceso de tratamiento, elevando

considerablemente los costos y perjudicando a los mecanismos de tratamiento de la planta misma.

- El volumen que ingresa se ha calculado a razón de: 0.002m3/seg/pozo de visita
- Se considera 1 pozo de visita por cada 80.00 m de colector
- El ingreso de agua al colector se estima durante 15.00 dias/año
- El precio por m3 de agua pluvial tratada es de 2.00 \$/m3

**Aprovechamiento de agua pluvial.** Es el volumen de agua que puede ser aprovechado directamente de los diques o vasos de almacenamiento propuestos para sedimentación, filtración e infiltración de agua pluvial.

Volumen que entra por evento.- Es el resultado del modelo representando el volumen de agua que entra para una tormenta de TR = 5 años con una precipitación de 54 mm.

Volumen que entra por año.- Es el volumen medio anual que llega a cada dique. Es calculado por 4 veces el volumen de una tormenta de TR = 5 años, correspondiendo a una precipitación de 216 mm.

Volumen aprovechado.- Se aprovecha un 10 % del volumen almacenado en los diques.

Volumen aprovechado.- Se estima que el agua tomada directamente de los diques o vasos de almacenamiento se puede comercializar en un Precio unitario de 2.50 \$/m3.

## X.2.2. ZONA V. RÍO BRAVO, ZONA VI. ACEQUIAS Y ZONA VII. CHAMIZAL

Para el caso específico de estas zonas, se consideró que por encontrarse ubicadas en las partes bajas del área de estudio y con un mayor grado de urbanización, dentro de las cuales se encuentran los sectores más antiguos de la ciudad, en los cuales se manifiestan variaciones en algunos de los parámetros de los beneficios, según se explica a continuación:

**Beneficio por plusvalía de terrenos.** El precio de los terrenos se incrementa al no presentar el problema de las inundaciones que actualmente se observan. El área beneficiada es del orden del 15% del total de cada sub-cuenca, la cual es la que actualmente sufre las consecuencias por enormes encharcamientos o inundaciones durante las lluvias. De ese 15%, el área que es factible de ser comercializada, quitando vialidades, parques públicos, etc, es de un 50% por

Beneficio-Costo

lo tanto el área neta beneficiada es un 7.50% del total de la micro-cuenca.

Para fines de cálculo de beneficios, se estimó que el valor actual de los terrenos es de 1,000.00 pesos/m<sup>2</sup> y una vez que se cuente con el sistema pluvial en la zona se incrementa al menos en un 5%, llegando con ello a costar 1050.00 pesos /m<sup>2</sup>. Este incremento es básicamente por la eliminación de los encharcamientos o inundaciones en los predios actualmente afectados.

### Evitar Daños a la Infraestructura

**Colectores y atarjeas.**- En el área se encuentran colectores que permiten el acceso de agua pluvial durante los escurrimientos. Se calcula con base en el volumen total que escurre por las calles, estimando que en promedio, el 30% del volumen entra al sistema de alcantarillado con un 2% de sólidos que se quedan azolvando las tuberías de drenaje

Azolve que se queda en atarjeas y colectores =  
1.00 % del volumen que ingresa al sistema.

Precio/m3 de azolve desalojado 350.00 \$/m3

El beneficio es el ahorro al evitar este tipo de azolve

**Desazolve en calles.**- Los escurrimientos pluviales arrastran materiales que se depositan en las partes mas bajas de la zona urbana, debiendo ser posteriormente desalojados. Se estima que se arrastra un 1.00% del volumen escurrido y que debe ser retirado

Costo de desalojo de azolve 55.00 \$/m3

### X.2.3. DREN PLUVIAL ACEQUIA DEL PUEBLO

Para el caso especial del canal de irrigación conocido como la **Acequia del Pueblo**, que hasta el año del 2001 condujo agua proveniente del Río Bravo y que ha quedado sin uso para ello, ha sido considerado en este estudio para encauzar todas las aguas pluviales que son factibles de incorporar a esta conducción, convirtiéndolo en un Dren de Aguas Pluviales. Esta conducción parte y cruza el centro de la ciudad, capta el agua de los arroyos de las Zonas II, III y IV y puede desalojar el agua que se acumula en la Zona VI, pudiendo ofrecer un beneficio directo a toda esta población asentada en las zonas antes descritas, beneficios que se deben representar más en términos cualitativos.

Los conceptos de Beneficio / Costo que se han venido manejado para las otras zonas, no es aplicable en este caso, dado que se trata solamente de una obra de conducción de agua pluvial donde no es posible llevar a cabo un aprovechamiento directo del agua de la estructura, pero al poder hacer un desalojo del agua es ya un beneficio a la población, teniendo la posibilidad de hacerla llegar a los terrenos de cultivo del Distrito de Riego y utilizarla con fines agrícolas.

Cuantificar los beneficios en términos de pesos es muy subjetivo, sin embargo se presenta un intento en este sentido, habiéndose tomado en cuenta los siguientes conceptos:

TABLA X.2. (1) RESUMEN DE COSTOS Y BENEFICIOS

TIPO DE BENEFICIO	ZONA I	ZONA II	ZONA III	ZONA IV	ZONAS V VI VII	ZONA VIII	DREN A. PUEBLO	TOTAL
FUENTE DE ABASTO	4,332,725	2,894,799	7,102,602	4,093,009	7,592,570	25,712,188	31,974	51,727,892
EVITAR DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA	4,457,948	2,804,519	2,892,221	2,127,816	3,119,774	56,418	0	15,458,696
TRAT. AGUA PLUVIAL EN PTAS DE A. RESIDUAL	1,546,060	2,140,274	1,757,686	1,485,216	1,213,748	233,280	0	8,376,265
APROVECHAMIENTO DE AGUA PLUVIAL	503,571	336,448	825,500	475,710	882,447	3,201,856	0	6,225,532
TOTAL DE BENEFICIOS/AÑO	15,115,632	14,944,721	18,388,303	12,491,577	52,164,382	225,064,631	5,955,842	338,169,246
CONCEPTO	ZONA I	ZONA II	ZONA III	ZONA IV	ZONAS V VI - VII	ZONA VIII	DREN A. PUEBLO	TOTAL
MONTOS DE INVERSION	64,424,961	91,398,746	117,174,869	94,082,966	245,743,769	407,005,338	497,403,428	1,517,234,077
AMORTIZACION DE LA INVERSION	8,625,135	12,236,353	15,687,229	12,595,713	32,899,876	35,484,580	66,591,764	203,125,447
AMINISTRACION Y MANTENIM.	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	5,322,687	2,000,000	17,322,687
COSTO MEDIO ANUAL	10,625,135	14,236,353	17,687,229	14,595,713	34,899,876	40,807,267	68,591,764	201,443,336
BENEFICIO / COSTO	1.42	1.05	1.04	0.86	1.49	5.52	0.09	1.68



**Beneficio por Plusvalía de Terreno**, se aplica el mismo criterio utilizado para las zonas de aportación de agua pluvial, considerando que los predios aledaños al canal pluvial incrementan su valor al contar con un menor riesgo y mayor operatividad al eliminar los problemas de inundación.

Según el análisis mostrado en la tabla X.2.(3) anterior, el Dren Pluvial beneficia a 720,540 habitantes que representan el 57% de la población total de la ciudad. De los beneficiados, un 30% se pueden considerar económicamente activos, por lo que un total de 216,162.00 personas ocupan tiempo en reparar daños, llegar a su trabajo, a su casa o a cualquier otro sitio.

<b>Tabla X.2 (2) BENEFICIOS POR PLUSVALÍA DE TERRENOS</b> (DREN PLUVIAL "ACEQUIA DEL PUEBLO")					
NOMBRE DEL ARROYO	LONGITUD DE ENCAUZAMIENTO	AREA BENEFICIADA	VALOR ACTUAL DEL AREA BENEFICIADA	VALOR FUTURO DEL AREA BENEFICIADA	BENEFICIO
	(ML)	(M2)	(\$)	(\$)	
ACEQUIA DEL PBLO – DREN 2A	9,060.00	181,200.00	21,744,000.00	36,240,000.00	14,496,000.00
DREN 2 A – RIO BRAVO	18,595.00	371,900.00	44,628,000.00	74,380,000.00	29,752,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>27,655.00</b>	<b>553,100.00</b>	<b>66,372,000.00</b>	<b>110,620,000.00</b>	<b>44,248,000.00</b>
<b>BENEFICIO CONSIDERANDO 20 AÑOS 12% ANUAL</b>					<b>5,923,868.26</b>

Los resultados del análisis se pueden apreciar en la Tabla X.2.(2).

**Evitar Tiempos Muertos Provocados por Encharcamientos**, la población directamente beneficiada, actualmente ocupa una cantidad de su tiempo para resolver los problemas causados por afectaciones directas de los escurrimientos.

Las zonas beneficiadas directamente por el **Canal Pluvial "Acequia del Pueblo"** son las ZII.- Centro, ZIII.- Jarudo, ZIV.- Aeropuerto y ZVI.- Acequias, las cuales descargarán sus aguas en este dren, logrando

Si consideramos que cada una de ellas requiere de al menos 1 hora de tiempo adicional por lluvia, entonces en un año ocupa del orden de 5.00 horas en promedio para este fin, es decir son 5 horas por año por persona afectada que da un total de 1,080,810.00, tomando el costo promedio de hora hombre trabajada a \$ 20.00. siendo así que el costo anual por el concepto de Tiempos muertos representa para la ciudad:

**21,616,200.00 Pesos/año**

<b>Tabla X.2 (3) POBLACIÓN BENEFICIADA POR EL DREN PLUVIAL "ACEQUIA DEL PUEBLO"</b>							
SUBCUENCA	ÁREA	ÁREA HABITADA		DENSIDAD	POBL. TOTAL	POBL BENEFICIADA	
	HAS	%	HAS	HAB/HA	HAB	%	HAB
ZII.- CENTRO	3,860.60	40.00%	1,544.24	112.50	173,727.00	10.00%	17,373
ZIII.- JARUDO	5,483.10	10.00%	548.31	112.50	61,684.88	5.00%	3,084
ZIV.- AEROPUERTO	3,386.50	35.00%	1,895.28	135.00	254,512.13	10.00%	25,451
ZVI.- ACEQUIAS	2,562.40	80.00%	2,049.92	112.50	230,616.00	85.00%	196,024
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>17,292.60</b>		<b>6,027.75</b>	<b>118.13</b>	<b>720,540.00</b>		<b>241,932</b>

así evitar los encharcamientos y daños que actualmente se observan durante las lluvias.

## Daños en Bienes Muebles e Inmuebles

Aproximadamente un 15% de la zona urbana sufre inundaciones en las calles motivadas por la falta de drenaje pluvial, de este porcentaje al menos un 10% tiene problemas significativos debido a que el agua se introduce en las viviendas, se dañan edificaciones, se presentan averías en vehículos, etc. Los valores obtenidos por este concepto se presentan en la Tabla X.2.(4).

Finalmente en la Tabla X.2. (5) se muestra un resumen de conceptos de beneficio analizados para el Dren Pluvial Acequia del Pueblo, con objeto de establecer un comparativo vs todas las zonas ya descritas.

### X.2.4. ZONA VIII EL BARREAL

Para la **Zona VIII El Barreal**, el parámetro **Beneficio por Plusvalía de Terrenos**, se aplica el

Tabla X.2.(4) Daños en Bienes Muebles e Inmuebles	
CONCEPTO	VALOR
Área beneficiada con el Dren	17,292.60 has
Área afectada actualmente (15%)	2,593.89 has
Personas afectadas (densidad 100 hab/ha)	259,389.00 hab
Costo promedio por habitante/año	150.00 Pesos/año
<b>Monto total del beneficio/año</b>	<b>38,908,350.00 Pesos/año</b>

### Salud Pública.

Los encharcamientos que permanecen varios días en las calles se contaminan inevitablemente, así mismo, el agua que brota por los pozos de visita al operar el sistema de alcantarillado a presión, deja en el pavimento sustancias que afectan a la salud humana.

La población que reside donde se presentan estos problemas tienen una afectación directa a su salud la cual se traduce en un costo ya sea a Institutos de Seguridad Social o directamente a las personas.

Las cantidad de personas afectadas sería la misma calculada en el apartado anterior 259,389.00. El costo promedio por persona por concepto de gastos médicos a causa de enfermedades provocadas por el agua pluvial se estima en 25.00 pesos/año.

**El monto total de beneficio por este concepto es de: 6,484,725.00 pesos/año**

mismo criterio con una variante en la diferencia de los precios por m2 de terreno, considerando que el valor actual es de 120 \$/m2 y el valor de los mismos contando con el sistema de drenaje pluvial es de 150 \$/m2 de manera conservadora.

Para el parámetro **Evitar Daños a la Infraestructura**, se aplican los mismos criterios utilizados en las Zonas anteriores.

Específicamente, las zonas afectadas son las que actualmente tienen infraestructura, correspondiendo a las áreas semi-urbanizadas al norte del libramiento aeropuerto y parcialmente la zona sur de dicho libramiento, siendo únicamente esta área de influencia la que cuenta con algunos colectores que reciben azolves actualmente y que se verán beneficiados con los proyectos propuestos en este estudio.

Tabla X.2 (5) RESUMEN DE BENEFICIOS DREN PLUVIAL "ACEQUIA DEL PUEBLO"	
CONCEPTO DE BENEFICIO	IMPORTE (Pesos/año)
Beneficio por plusvalía de terrenos	5,923,868.26
Beneficios por recuperación de agua para abastecimiento	21,616,200.00
Beneficios por evitar daños en infraestructura urbana	38,908,350.00
Beneficios por evitar manejo de agua pluvial en Plantas de Tratamiento	6,484,725.00
<b>TOTAL DE BENEFICIOS / AÑO</b>	<b>72,933,143.26</b>



#### X.2.4.1. ANÁLISIS DE COSTOS

##### Análisis del Costo Índice para Construcción de Estructuras de Control Pluvial.

Se incluyen los importes necesarios para construir las estructuras específicas que tienen que ver con el control y manejo del agua de origen pluvial, donde se obtiene un costo índice por m3 de capacidad total de los vasos de captación e infiltración. El costo índice esta integrado de la siguiente manera:

Beneficio-Costo

Con el costo índice, se obtuvo el importe requerido para la construcción de las estructuras, El costo de las obras necesarias en el Arroyo el Jarudo son adicionales y no se incluyen los costos de la construcción de las vialidades parteaguas por pertenecer a los costos propios de la urbanización.

A continuación se describen los costos de inversión para el manejo del agua pluvial, de acuerdo con las estructuras hidráulicas que han sido contempladas dentro de la estrategia para la Cuenca Zona VIII El Barreal. (Tabla X.2.4.1 (2) ).

Tabla X.2.4.1 Análisis del Costo Índice para Construcción de Estructuras de Control Pluvial	
CONCEPTO	PESOS/M3
prod de excav	35
Formación de terraplenes en estructuras pluviales	12
Construcción de estructuras de filtración	1.53
Construcción de pozos de absorción	3.1
Construcción de estructuras de operación	1
<b>TOTAL</b>	<b>52.63</b>

TABLA X.2.4.1 (2) COSTO DE INVERSIÓN PARA EL MANEJO DEL AGUA PLUVIAL		
NOMBRE	VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACION	COSTO DE LAS OBRAS
	(MILES DE m3)	m2
D. GLORIETA	189.83	9,990.61
D. FLUOREX	115.35	6,070.80
D. SANTA ELENA 1	356.24	18,749.00
D. SANTA ELENA 2	196.03	10,317.30
D. SANTA ELENA 3	95.01	5,000.26
D. CHARLY	291.85	15,359.94
D. KM 28	196.01	10,316.26
BARREAL NORTE	757.41	39,862.69
CUENCAS CERRADAS	245.45	12,917.84
BARREAL SUR 1	319.89	16,835.71
BARREAL SUR 2	160.77	8,461.31
PARQUE CUATRO	385.37	20,282.15
PARQUE CINCO	164.50	8,657.68
PARQUE SEIS	159.42	8,390.31
PARQUE SIETE	132.93	6,996.12
PARQUE OCHO	189.84	9,991.05
PARQUE NUEVE	206.06	10,845.13
PARQUE DIEZ	174.73	9,195.90
PARQUE ONCE	233.98	12,314.42
PARQUE DOCE	277.97	14,629.82
PARQUE TRECE	247.70	13,036.25
PARQUE CATORCE	228.88	12,045.89
PARQUE QUINCE	96.26	5,066.05
PARQUE DIECISEIS	139.15	7,323.65
PARQUE DIECISIETE	148.11	7,795.13

<b>TABLA X.2.4.1 (2) COSTO DE INVERSIÓN PARA EL MANEJO DEL AGUA PLUVIAL</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACION</b>	<b>COSTO DE LAS OBRAS</b>
	<b>(MILES DE m3)</b>	<b>m2</b>
PARQUE A1	136.89	7,204.36
PARQUE A2	29.47	1,550.78
PARQUE B	42.06	2,213.39
PARQUE C1	96.49	5,078.32
PARQUE C2	20.65	1,086.92
PARQUE C3	25.69	1,352.30
PARQUE D1	29.47	1,551.02
PARQUE D2	97.75	5,144.54
PARQUE E	17.85	939.55
PARQUE F	114.09	6,004.57
PARQUE G1	45.83	2,412.01
PARQUE G2	30.73	1,617.06
PARQUE H	97.79	5,146.55
PARQUE I-1	53.37	2,809.04
PARQUE I-2	58.60	3,084.04
PARQUE J1	104.12	5,479.73
PARQUE J2	14.08	740.88
PARQUE K1	16.60	873.46
PARQUE K2	45.83	2,412.08
PARQUE K3	53.38	2,809.28
PARQUE L1	58.60	3,084.00
PARQUE L2	14.53	764.93
PARQUE L3	30.72	1,616.95
Dique Pemex I	230.00	12,104.90
Dique Pemex II	180.00	9,473.40
Encauzamiento de El Jarudo	6.5 Km	20,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>7,353.32</b>	<b>\$407,005.34</b>

El importe total requerido, de 404.997 Millones de pesos, convertidos en pago anual durante 20 años, con una tasa de interés del 6% anual es de 35.309 Millones de pesos. Los costos de operación, mantenimiento y operación se estiman en un 15% adicional al pago de la amortización, calculado en este caso en 5.296 Mill de pesos obteniendo un costo anual total de 40.605 millones de pesos.

#### X.2.4.2. BENEFICIOS

Los beneficios se evalúan en base a los ahorros que se obtienen al evitar inundaciones y arrastres de azolves y por el valor del agua al ser aprovechada durante su almacenamiento en los vasos de captación o por su utilización como fuente de agua potable al ser infiltrado en el acuífero.

Las bases del análisis de los beneficios y los criterios utilizados se presentaron al inicio de este capítulo, tales como: incremento en el valor de los terrenos, contar con más agua para uso domestico, riego, construcción, etc, por evitar daños a la infraestructura

como es el alcantarillado, pavimento, etc, reducir el volumen de agua que llega a las plantas de tratamiento de aguas residuales y el aprovechamiento directo del agua en los diques y vasos de almacenamiento.

#### Beneficio por plusvalía de terrenos.

El valor de los terrenos en esta zona tiene una correlación directa con las inundaciones que actualmente se observan, de ahí que las estrategias de manejo y la construcción de infraestructura para evitar la acumulación de agua pluvial en la parte baja de la cuenca, representa un valor importante en su comercialización.

En la Tabla X.2.4.2 (1) se presenta la estimación de los valores resultantes por incremento en el valor de la tierra, al contar con estructuras de control pluvial después de que estas sean construidas.

#### Beneficio por el aprovechamiento del agua infiltrada para abastecimiento de agua potable.



**Tabla X.2.4.2 (1) INCREMENTO DEL VALOR DE LA TIERRA AL CONTAR CON ESTRUCTURAS DE CONTROL PLUVIAL**

SITIO DE CONTROL	AREA DE INFILTRACIÓN (HAS)	% DE AREA BENEFICIADA	VALOR ACTUAL DEL AREA BENEFICIADA (\$)	VALOR FUTURO DEL AREA BENEFICIADA (\$)	BENEFICIO
D. GLORIETA	371.00	0.00%	0.00	0.00	0.00
D. FLUOREX	226.00	0.00%	0.00	0.00	0.00
D. SANTA ELENA 1	824.40	0.00%	0.00	0.00	0.00
D. SANTA ELENA 2	527.30	0.00%	0.00	0.00	0.00
D. SANTA ELENA 3	249.30	0.00%	0.00	0.00	0.00
D. CHARLY	755.40	0.00%	0.00	0.00	0.00
D. KM 28	585.00	0.00%	0.00	0.00	0.00
BARREAL NORTE	1,498.00	100.00%	1,797,600,000.00	2,247,000,000.00	449,400,000.00
CUENCAS CERRADAS	647.00	0.00%	0.00	0.00	0.00
BARREAL SUR 1	634.00	100.00%	760,800,000.00	951,000,000.00	190,200,000.00
BARREAL SUR 2	317.00	100.00%	380,400,000.00	475,500,000.00	95,100,000.00
PARQUE CUATRO	762.70	100.00%	915,240,000.00	1,144,050,000.00	228,810,000.00
PARQUE CINCO	379.90	100.00%	455,880,000.00	569,850,000.00	113,970,000.00
PARQUE SEIS	502.90	0.00%	0.00	0.00	0.00
PARQUE SIETE	254.50	50.00%	152,700,000.00	190,875,000.00	38,175,000.00
PARQUE OCHO	374.00	100.00%	448,800,000.00	561,000,000.00	112,200,000.00
PARQUE NUEVE	653.40	0.00%	0.00	0.00	0.00
PARQUE DIEZ	383.80	50.00%	230,280,000.00	287,850,000.00	57,570,000.00
PARQUE ONCE	462.40	100.00%	554,880,000.00	693,600,000.00	138,720,000.00
PARQUE DOCE	886.60	0.00%	0.00	0.00	0.00
PARQUE TRECE	709.70	20.00%	170,328,000.00	212,910,000.00	42,582,000.00
PARQUE CATORCE	591.50	50.00%	354,900,000.00	443,625,000.00	88,725,000.00
PARQUE QUINCE	300.00	0.00%	0.00	0.00	0.00
PARQUE DIECISEIS	437.50	0.00%	0.00	0.00	0.00
PARQUE DIECISIETE	465.90	0.00%	0.00	0.00	0.00
PARQUE A1	273.50	40.00%	131,280,000.00	164,100,000.00	32,820,000.00
PARQUE A2	56.60	60.00%	40,752,000.00	50,940,000.00	10,188,000.00
PARQUE B	83.60	100.00%	100,314,120.00	125,392,650.00	25,078,530.00
PARQUE C1	191.55	100.00%	229,864,680.00	287,330,850.00	57,466,170.00
PARQUE C2	38.71	100.00%	46,457,040.00	58,071,300.00	11,614,260.00
PARQUE C3	50.48	100.00%	60,577,560.00	75,721,950.00	15,144,390.00
PARQUE D1	57.88	100.00%	69,461,760.00	86,827,200.00	17,365,440.00
PARQUE D2	194.54	100.00%	233,451,000.00	291,813,750.00	58,362,750.00
PARQUE E	33.10	100.00%	39,720,000.00	49,650,000.00	9,930,000.00
PARQUE F	226.20	100.00%	271,440,000.00	339,300,000.00	67,860,000.00
PARQUE G1	89.80	100.00%	107,760,000.00	134,700,000.00	26,940,000.00
PARQUE G2	59.30	100.00%	71,160,000.00	88,950,000.00	17,790,000.00
PARQUE H	195.00	100.00%	234,000,000.00	292,500,000.00	58,500,000.00
PARQUE I-1	105.00	100.00%	126,000,000.00	157,500,000.00	31,500,000.00
PARQUE I-2	117.30	100.00%	140,760,000.00	175,950,000.00	35,190,000.00
PARQUE J1	207.70	100.00%	249,244,680.00	311,555,850.00	62,311,170.00
PARQUE J2	27.19	100.00%	32,631,000.00	40,788,750.00	8,157,750.00
PARQUE K1	32.10	100.00%	38,516,760.00	48,145,950.00	9,629,190.00
PARQUE K2	91.54	100.00%	109,848,600.00	137,310,750.00	27,462,150.00
PARQUE K3	106.36	100.00%	127,628,640.00	159,535,800.00	31,907,160.00
PARQUE L1	117.09	100.00%	140,505,240.00	175,631,550.00	35,126,310.00
PARQUE L2	77.03	100.00%	92,432,280.00	115,540,350.00	23,108,070.00
PARQUE L3	58.69	100.00%	70,422,480.00	88,028,100.00	17,605,620.00
<b>TOTAL</b>	<b>16,289.46</b>	<b>45.97%</b>	<b>8,986,035,840.00</b>	<b>11,232,544,800.00</b>	<b>2,246,508,960.00</b>
<b>BENEFICIO CONSIDERANDO 20 AÑOS 6% ANUAL</b>					<b>195,860,888.42</b>

La condición de cuenca cerrada en la porción baja de la Zona VIII, ha propiciado que con los años se genere una capa impermeable constituida preponderantemente por arcillas, que se han ido compactando hasta formar un estrato que va desde los 4 m. hasta poco más de 14 metros de profundidad en algunos puntos. El agua que se acumula puede ser desalojada mediante diferentes esquemas, sin embargo el más económico y ambientalmente sustentable es la infiltración al subsuelo, utilizando pozos de infiltración que rebacen la capa arcillosa. Este procedimiento ofrece ventajas adicionales que

permiten en el corto y mediano plazo amortiguar las extracciones de agua potable del acuífero del Bolsón del Hueco, mismo que en la actualidad se encuentra sobreexplotado.

El contar con reservas adicionales de agua por efecto de la recarga artificial, hace de la zona más atractiva y ediciona un "Plus" a la factibilidad de desarrollo.

En la Tabla X.2.4.2.(2) se presenta el resultado del análisis realizado para este importante componente.

TABLA X.2.4.2 (2). BENEFICIO POR EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA INFILTRADA PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE				
SITIO DE CONTROL	VOLUMEN CAPTADO EN 54 MM	VOLUMEN CAPTADO EN 250 MM	VOLUMEN APROVECHADO	BENEFICIO POR ABASTECIM DE AGUA POTABLE
	X1000 m3/LLUVIA	x 1000 m3/AÑO	x 1000 m3/AÑO	\$
D. GLORIETA	77.11	356.99	199.91	716,694.61
D. FLUOREX	46.97	217.45	121.77	436,560.06
D. SANTA ELENA 1	139.95	647.92	362.83	1,300,757.50
D. SANTA ELENA 2	73.89	342.08	191.57	686,766.50
D. SANTA ELENA 3	34.93	161.71	90.56	324,654.94
D. CHARLY	112.74	521.94	292.29	1,047,855.67
D. KM 28	72.41	335.23	187.73	673,010.72
BARREAL NORTE	311.38	1,441.57	807.28	2,894,104.11
CUENCAS CERRADAS	101.02	467.69	261.90	938,924.78
BARREAL SUR 1	131.78	610.09	341.65	1,224,821.89
BARREAL SUR 2	65.89	305.05	170.83	612,410.94
PARQUE CUATRO	158.54	733.98	411.03	1,473,541.22
PARQUE CINCO	64.49	298.56	167.20	599,398.72
PARQUE SEIS	58.55	271.06	151.80	544,189.72
PARQUE SIETE	52.90	244.91	137.15	491,676.11
PARQUE OCHO	77.74	359.91	201.55	722,550.11
PARQUE NUEVE	76.08	352.22	197.24	707,121.33
PARQUE DIEZ	69.60	322.22	180.44	646,893.33
PARQUE ONCE	96.11	444.95	249.17	893,289.06
PARQUE DOCE	103.23	477.92	267.63	959,465.50
PARQUE TRECE	93.44	432.59	242.25	868,472.89
PARQUE CATORCE	88.28	408.70	228.87	820,513.56
PARQUE QUINCE	34.93	161.71	90.56	324,654.94
PARQUE DIECISEIS	50.94	235.83	132.07	473,459.00
PARQUE DIECISIETE	54.25	251.16	140.65	504,223.61
PARQUE A1	56.08	259.61	145.38	521,195.27
PARQUE A2	11.61	53.73	30.09	107,862.03
PARQUE B	17.14	79.35	44.44	159,306.78
PARQUE C1	39.28	181.85	101.84	365,085.78
PARQUE C2	7.93	36.71	20.56	73,704.94
PARQUE C3	10.35	47.92	26.83	96,197.50
PARQUE D1	11.87	54.95	30.77	110,325.06
PARQUE D2	39.87	184.58	103.37	370,569.50
PARQUE E	6.88	31.85	17.84	63,945.78
PARQUE F	46.37	214.68	120.22	430,983.39
PARQUE G1	18.67	86.44	48.40	173,527.28
PARQUE G2	12.16	56.29	31.52	113,001.86
PARQUE H	42.58	197.13	110.39	395,757.44
PARQUE I-1	21.52	99.63	55.79	200,016.44
PARQUE I-2	24.05	111.34	62.35	223,531.39
PARQUE J1	48.37	223.94	125.40	449,572.28
PARQUE J2	5.57	25.79	14.44	51,770.06
PARQUE K1	6.58	30.46	17.06	61,157.44
PARQUE K2	18.76	86.85	48.64	174,363.78
PARQUE K3	21.81	100.97	56.54	202,711.83
PARQUE L1	24.00	111.11	62.22	223,066.67
PARQUE L2	15.78	73.06	40.91	146,666.33
PARQUE L3	12.04	55.72	31.20	111,858.64
TOTAL	2,766.40	12,807.43	7,172.16	25,712,188.29

#### Beneficios por Evitar Daños a la Infraestructura.

La presencia de infraestructura y equipamiento urbano en los futuros desarrollos, también fué evaluada como un elemento importante en los criterios para la obtención de la relación Costo/Beneficio, respecto de las obras hidráulicas que deben ser construidas para otorgar el marco de seguridad y costo de mantenimiento por parte del municipio, puesto que todo problema de inundación traerá consigo daños a

la infraestructura, principalmente alcantarillado sanitario y desalojo de materiales de arrastre de calles.

En la Tabla X.2.4.2 (3) se dan los valores obtenidos para cada uno de los dos sectores que fueron tomados en cuenta.



Tabla X.2.4.2. (3) Beneficio por Evitar Daños a la Infraestructura					
SITIO DE CONTROL	SIST. DE ALCANTARILLADO		DESASOLVE EN CALLES		BENEFICIO
	LONG.	AZOLVE	VOL. AZOLVE	COSTO	
	(m)	(m3)	X 1000 (m3)/AÑO	\$	
BARREAL NORTE	5,000.00	10.00	6.23	51,377.70	54,877.70
BARREAL SUR	2,200.00	4.40			1,540.00
<b>TOTAL</b>	<b>7,200.00</b>	<b>14.40</b>	<b>6.23</b>	<b>51,377.70</b>	<b>56,417.70</b>

### Beneficios por Evitar el Tratamiento de Agua Pluvial Mezclada con Aguas Residuales.

Se evaluó el concepto del costo de tratamiento del volumen de agua pluvial que puede ingresar al alcantarillado sanitario y que llega al tratamiento de agua residual.

calidad. La Tabla X.2.(12) muestra el resultado correspondiente al análisis de este concepto.

#### X.2.4.2.1 RESUMEN DE BENEFICIOS

El análisis de los conceptos que fueron tomados en cuenta, sin conceder que sean estos los únicos

Tabla X.24.2. (5) Tratamiento de Agua Pluvial que Ingresar al Alcantarillado Sanitario			
SITIO DE CONTROL	SIST. DE ALCANTARILLADO		
	LONG.	VOL. AGUA	COSTO
	(m)	(m3)/AÑO	\$
BARREAL NORTE	5,000.00	81,000.00	162,000.00
BARREAL SUR	2,200.00	35,640.00	71,280.00
<b>TOTAL</b>	<b>7,200.00</b>	<b>116,640.00</b>	<b>233,280.00</b>

Los valores se dan en la Tabla X.2.4.2. (5).

### Beneficio por el Aprovechamiento Directo del Agua en los Vasos de Captación.

El agua que pueda ser captada durante los distintos eventos de lluvia que se registren en la zona, pueden

posibles, pero si los de mayor importancia, nos permite considerar un valor total estimado de **225,064,630 Pesos**, tal como se presenta en la Tabla X.2.4.2 (6).

#### X.2.4.3. RESUMEN DE COSTOS

La relación de costos estimados se da en la Tabla X.2.4.3, la cual muestra los valores por los conceptos de

TABLA X.2.4.2.1 RESUMEN DE BENEFICIOS	
PLUSVALIA	195,860,888.42
FUENTE DE ABASTO	25,712,188.29
EVITAR DAÑOS A LA INFRAESTR	56,417.70
TRATAM. DE AGUA PLUVIAL EN PTAS DE A. RESIDUAL	233,280.00
APROVECHAMIENTO DE AGUA PLUVIAL	3,201,856.48
<b>TOTAL DE BENEFICIOS/AÑO</b>	<b>225,064,630.89</b>

tener diversas formas de aprovechamiento. Una de ellas es el aprovechamiento directo del agua para su utilización en los procesos de urbanización y edificación, tomando en cuenta que del volumen total que puede ser almacenado, un porcentaje aproximado al 30 % no puede ser infiltrado debido a la

obras a realizar, el costo de amortización anual calculado a 20 años y los gastos de operación, administración y mantenimiento.

Cuadro X.2.4.3 RELACIÓN DE COSTOS	
COSTO DE LAS OBRAS POR REALIZAR	407,005,338.44
AMORTIZACIÓN ANUAL (20 años, 12% interes anual)	35,484,580.12
COSTOS DE OPERACIÓN, ADMON. Y MANTENIMIENTO	5,322,687.02
<b>COSTO ANNUAL</b>	<b>40,807,267.14</b>

**Tabla X.2.4.2. (6) Aprovechamiento Directo del Agua Pluvial**

SITIO DE CONTROL	VOLUMEN ALMACENADO	VOLUMEN APROVECHADO	COSTO DEL AGUA
	x 1000 m3/Año	x 1000 m3/Año	\$
D. GLORIETA	356.99	35.70	89,247.69
D. FLUOREX	217.45	21.75	54,363.43
D. SANTA ELENA 1	647.92	64.79	161,979.17
D. SANTA ELENA 2	342.08	34.21	85,520.83
D. SANTA ELENA 3	161.71	16.17	40,428.24
D. CHARLY	521.94	52.19	130,486.11
D. KM 28	335.23	33.52	83,807.87
BARREAL NORTE	1,441.57	144.16	360,393.52
CUENCAS CERRADAS	467.69	46.77	116,921.30
BARREAL SUR 1	610.09	61.01	152,523.15
BARREAL SUR 2	305.05	30.50	76,261.57
PARQUE CUATRO	733.98	73.40	183,495.37
PARQUE CINCO	298.56	29.86	74,641.20
PARQUE SEIS	271.06	27.11	67,766.20
PARQUE SIETE	244.91	24.49	61,226.85
PARQUE OCHO	359.91	35.99	89,976.85
PARQUE NUEVE	352.22	35.22	88,055.56
PARQUE DIEZ	322.22	32.22	80,555.56
PARQUE ONCE	444.95	44.50	111,238.43
PARQUE DOCE	477.92	47.79	119,479.17
PARQUE TRECE	432.59	43.26	108,148.15
PARQUE CATORCE	408.70	40.87	102,175.93
PARQUE QUINCE	161.71	16.17	40,428.24
PARQUE DIECISEIS	235.83	23.58	58,958.33
PARQUE DIECISIETE	251.16	25.12	62,789.35
PARQUE A1	259.61	25.96	64,902.78
PARQUE A2	53.73	5.37	13,431.71
PARQUE B	79.35	7.94	19,837.96
PARQUE C1	181.85	18.19	45,462.96
PARQUE C2	36.71	3.67	9,178.24
PARQUE C3	47.92	4.79	11,979.17
PARQUE D1	54.95	5.50	13,738.43
PARQUE D2	184.58	18.46	46,145.83
PARQUE E	31.85	3.19	7,962.96
PARQUE F	214.68	21.47	53,668.98
PARQUE G1	86.44	8.64	21,608.80
PARQUE G2	56.29	5.63	14,071.76
PARQUE H	197.13	19.71	49,282.41
PARQUE I-1	99.63	9.96	24,907.41
PARQUE I-2	111.34	11.13	27,835.65
PARQUE J1	223.94	22.39	55,983.80
PARQUE J2	25.79	2.58	6,446.76
PARQUE K1	30.46	3.05	7,615.74
PARQUE K2	86.85	8.69	21,712.96
PARQUE K3	100.97	10.10	25,243.06
PARQUE L1	111.11	11.11	27,777.78
PARQUE L2	73.06	7.31	18,263.89
PARQUE L3	55.72	5.57	13,929.40
<b>TOTAL</b>	<b>12,807.43</b>	<b>1,280.74</b>	<b>3,201,856.48</b>

#### X.2.4.4. RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

La relación del Beneficio, calculado en \$225,064,630 Millones de pesos por año, dividido entre el costo, calculado en 40.807,267 Millones de pesos por año, nos resulta en una relación de **5.49**

Lo anterior representa que por cada peso que se invierta o se gaste en la operación de las estructuras de control pluvial, se obtienen 5.49 pesos de ingreso a nivel general.

El concepto que más impacta es el de la plusvalía, ya que al contar con las estructuras pluviales planteadas, permitirá abrir al desarrollo unas 7,400 has. que de otra manera, quedarán en grave riesgo de daños por inundación.



## BIBLIOGRAFÍA



## BIBLIOGRAFÍA

**ADAMS, Thomas R., V.P. Allen and A. Perley.** *By Any Measure...* Vortechncs, Inc. Portland, Maine.

**ANZECC and ARMCANZ, 2000.** *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality.* (Australian and New Zealand Environmental and Conservation Council, and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand. Vol. 1.

**AUSTRALIAN WATER QUALITY FOR FRESH AND MARINE WATERS.** ANZECC, National Water Quality Management Strategy (1992a)

**AUSTRALIAN GROUNDWATER COUNCIL.** 1992, National Water Quality Management Strategy (1992 b) Draft guidelines for Groundwater Protection.

**APPLEYARD, S.J. and Shultz R.S. (1991),** The Impact of Stormwater Infiltrations Basins on Groundwater Quality. Geological Survey of WA No. 1991/15.

**Baker A. Michelle, Clifford N. Dham, H. Maurice Valett, John A. Morrice, Kevin S. Henry Michael E. Campana and Gregory J, Broblicky.** Spatial and Temporal Variation in Methane Distribution at the Groundwater/Surface Water interface in Headwater Catchments. Second international Conference on Groundwater Ecology, U.S. EPA-Groundwater Association.

**BANNERMAN, Roger.** *Urban Water Quality Monitoring and Assessment Approaches in Wisconsin.* Wisconsin Department of Natural Resources. Madison, Wisconsin.

**BMP Manual,** North Central Texas, Residential/Commercial, July 1993

**BMP Manual,** Minnesota, Metropolitan Council. 1995

**BURGOS, ARTURO, 1993.** A Gravimetric Study of the thickness of the Unconsolidated Materials in the hueco Bolson Aquifer, Juarez Area, Chihuahua, Mexico. Tesis para obtener la Maestría en Ciencias University of Texas at El Paso (U.T.E.P.)

**BRANT D. KELLER,** The Critical Elements to the Success of Stormwater Utilities, Griffin, GA.

**CALIFORNIA STATE,** California Stormwater Handbook, May 2000.

**CALIFORNIA STATE,** Caltrans Storm Water Quality Handbook, Project Planning and Design Guide , 2000

**CAMPOS ARANDA, D.F.** 1992. Procesos del ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 580p.

**CENTRE FOR GROUNDWATER STUDIES,** Research Report No. 109.

**C.I.L.A./I.B.W.C., 1998,** Base de datos binacional del acuífero transfronterizo Cd. Juárez/El Paso, Reporte Final.

**C.I.L.A., 1998,** Boletín hidrométrico

**COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS, Sección Mexicana y la Comisión Nacional del Agua.** Información Climatológica.

**CNA, SUB-DIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA, GERENCIA DEL CONSULTIVO TÉCNICO, 2001,** Sistema Integral de Regulación y Drenaje Pluvial para Ciudad Juárez, Chihuahua.

**D. Stephenson and Mr. M. Furumelle,** A Hazard-Risk Index for Urban Flooding University of the Witwatersrand, Johannesburg.



**DILLON, P.J. Pavellíc., Armstrong D. and Emmet A.J.** (1995). Andrews Farm Case Study, Stormwater injection effects on groundwater quality in South Australia.

**EPA**, 1992. Guidelines for water reuse. Manual; USEPA/625/R-92/004, Washington, D.C

**EPA- 600/8-79-004**, Urban Rainfall-Runoff-Quality Data Base

**EPA-600/9-78-017**. Urban Stormwater Management Proceedings

**FARLEY, T.F.N.** Contaminant Balance Component of the Urban Water Volume and Quality (UVQ) Model – Technical Description. Report T4-47. 2000 for CSIRO Urban Water Program.

**Final Report Manasquan River Assessment, Monmouth County, New Jersey.** Princeton Hydro, LLC, 2000.

**FRESNO CALIFORNIA**, Caltrans Storm Water Education Program-2002.

**Gollnitz William D., Clancy Jeniffer L., Garner Stephen C.** .Natural Reduction of Microscope Particulates in an Alluvial Aquifer. Second international Conference on Groundwater Ecology, U.S. EPA-Groundwater Association.

**GÓMEZ, J., Moreno, G., Rascón E., y Sanchez, L., 2000**, Prospección geofísica de la zona de Terrazas, Valle de Juárez., Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez., Reporte técnico DSGEO-015/01.

**GÓMEZ, J.; Moreno, G.; y Sanchez, L., 2001**, Piezometría del Valle de Juárez “Acuífero somero”., Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez., Reporte técnico DTGEO-017/01.

**HEYWOOD, C., 2001**. Simulation Model of the Hueco Bolson (DRAFT).- EPWU and Cooperation with USGS **INSTITUTO DE LA VIVIENDA DEL ESTADO DE CHIHUAHUA-2000**, Proyecto de Drenaje Pluvial del Fraccionamiento del Mezquital.

**Gutierrez, Miguel Ángel - Ayala, Andrés Raúl.** Hidrología Urbana: Efectos de la Impermeabilización en las Cuencas Urbanas de la Ciudad de Posadas, Entidad Binacional Yacretá, La Rioja 1640 - (3300) Posadas - Misiones - Argentina

**Herrera R Paulo., Espinoza C. Carlos.** Comportamiento Hidraulico de un Sistema de Infiltracion de Aguas Servidas Tratadas en el Suelo. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental

**HIDROLOGIC ENGINEERING CENTER** , HEC-HMS Modeling Software (*Hidrologic Modeling System*)

**Ingaramo, Octavio E. - Venialgo, Crispín A. Moro, Claudio E. - Drganc, Diego - Gutiérrez, Noemí C..** Caracterización del proceso de infiltración en la serie Las Breñas (durustalf éntico), bajo labranza cero.

**INSTITUTO MUNICIPAL DE INVESTIGACIÓN Y PLANTACIÓN DEL MUNICIPIO DE JUÁREZ**, Planos topográficos, hidrográficos, planimétricos y de crecimiento histórico.

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA**, Información cartográfica .

**JMAS-2001**, Plan Maestro para el Mejoramiento de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Juárez, Chih.

**JMAS-1997**, Plan Sectorial de Agua Potable, Saneamiento y Reuso para la Zona Sur.

**JUNTA MUNICIPAL DE AGUA Y SANEAMIENTO DE JUÁREZ**, 1998. Plan Sectorial de Agua Potable, Saneamiento y Reuso para Cd. Juárez, Visión Estratégica.

**JMAS**, 1998, Plan Sectorial de Agua Potable, Saneamiento y Reuso para la Zona Oriente Zaragoza.

Bibliografía

**JMAS, 1998, Plan Sectorial de Agua Potable, Saneamiento y Reuso para la Zona de Alto Riesgo.**

**JMAS, 1998, Plan Sectorial de Agua Potable, Saneamiento y Reuso para la Zona de Integración Ecológica.**

**JMAS, 1998, Plan Sectorial de Agua Potable, Saneamiento y Reuso para la Zona El Lote Bravo.**

**JOHNSON, A.I. and R.D.G. Pyne. 1995. Artificial Recharge of Groundwater. Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Symp. On Artificial Recharge of Groundwater. Orlando, Fl.**

**Katsumi Musiake, Srikantha Herath y Sadayuki Hironaka. Efectos de los Sistemas de Infiltración de Agua Pluvial y su Evaluación. División de Ingeniería Civil, Prefectura de Gobierno de Niigata, Niigata, Japón**

**KULTENBERG, Edward H., G.W. Mercer and V. Kaunelis. 1998. Water Quality Modeling to Support the Rouge River Restoration. Proceedings, National Conference on Retrofit opportunities for Water Resource Protection in Urban Environments. 160-165p**

**LALOR, Melinda. 1994. An Assessment of Non-Stormwater Discharges to Storm Drainage Systems in Residential and Commercial Land Use Areas. PhD Thesis Department of Civil and Environmental Engineering Vanderbilt University.**

**LÓPEZ Ramos, E., 1982,- Geología de México 3ª Edición, Tomo I, México, D.F.**

**MAIDMENT, D. Handbook of Hydrology, McGraw-Hill. 1993.**

**MALAYSIAN GOVERNMENT DOCS. Stormwater Management Malaysian Perspective.**

**Manual de Ingeniería de Ríos (1993), Hidráulica de Canales Capítulo 5. Comisión Nacional del Agua.**

**Maryland Department Of The Environment. Maryland, Stormwater Model Management Ordinance, July 2000**

**NATIONAL WATER QUALITY MANAGEMENT STRATEGY, 1994. Guidelines for Urban Stormwater management ARMCANZ y ANZECC.**

**New Hampshire Department of Environmental Services, Water Services. Managing Stormwater as a Valuable Resource NHDES-R-WD-01-13, September 2001,**

**Osuna Ceja Esteban S. y J.S. Padilla Ramirez. Sorptivity and Infiltration Determination Using Data from a Rainfall Simulation in Three Soil Types of the Semiarid Region of Mexico**

**PITT, Robert, Lalor, M., Field, R., Adrian, D.D., y Donald Barbe., 1993. User's Guide for the Assessment of Non-Stormwater Discharges into seprater Storm Drainage Systems. EPA/600/R-92/238.PB93-131472**

**PITT, Robert, Lalor, M., Harper, J., Nix, C., y Donald Barbe. 2000. Potential New Tools for the Use of Tracers to Indicate Sources of Contaminants to Storm Drainage Systems. Proceedings, National Conference on Tools for Urban Water Resource Management and Protection, 97-109p.**

**PRESTADORES DE SERVICIOS DE JUÁREZ, S.C.-2000, Estudio del Manejo de Drenaje Pluvial para la Zona del Barreal.**

**RASCÓN, E. y Moreno, G.; 1998, Modelo matemático de simulación hidrodinámica del sistema acuífero del Bolsón del Hueco (Zona urbana de Cd. Juárez, Chihuahua). Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez. Reporte Técnico DSGEO-009/98.**

**RASCÓN, E.; Moreno, G.; Sánchez, L. y Gómez, J., 2000, Modelo matemático de simulación hidrodinámica del sistema acuífero del Bolsón del Hueco (Zona urbana de Cd. Juárez, Chihuahua). Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez. Reporte Técnico DSGEO-014/00.**



**REED, Sherwood C.** *Natural Systems for Waste Management and Treatment.*

**REICE, Seth R.** and J. Carmin. *Regulating Sedimentation and Erosion Control into Streams: What Really Works and Why.* University of North Carolina at Chapel Hill and Virginia Polytechnic Institute and State University.

**Reyna, Santiago M., Ph.D., Reyna Teresa M., Inga.** Interacción de los Procesos de Escorrentía e Infiltración.

**Regent Gardens Stormwater Management Scheme.** [Http://www.watercare.sa.gov.au/database/regent5.htm](http://www.watercare.sa.gov.au/database/regent5.htm). Australian Department of Mines and Energy.

**Runoff Infiltration System, USDA, Natural Resources Conservation Service**

**Roberto Mejía Zermeño M.** en *I. Diseño, Restauracion y Rehabilitación de Cauces con Materiales Naturales.* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)

**Sánchez San Román F. Javier.** Hidráulica Subterránea: Principios Básicos. Universidad Salamanca , España.

**Salazar Andujar José Antonio.** Aplicaciones de la Simulación Hidrológica en Zonas Áridas. Departamento de Ingeniería Rural Universidad de Almería

**Silgado Dorado Antonio, José Rodrigo Román, Miguel Martín Machuca, Ramón Mantecón Gómez.** Optimización de la Gestión de los Recursos Hidráulicos Mediante la Recarga Artificial. Experiencias en la Cuenca del Guadalquivir.

**Silva Medina Gustavo A.** Hidrología Estocástica, Notas de Ingeniería Hidrológica, Instituto de Ingeniería, Universidad de Colombia, Abril 2003

**State of California, 1987.** Report of scientific advisory panel on groundwater recharge with recycled water. State Water Resources Control Board.

**U.S. EPA/600/R-99/029.** Innovative Urban Wet Weather Flow Management Systems, Chapters 1-12

**Ven Te Chow, D.R. Maidment y L.W. Mays.** "Hidrología Aplicada", , McGraw-Hill, 1994

**VUWRAA, 1996.** *Guidelines on the Quality of Stormwater and Treated Wastewater for Injection into Aquifers for Storage and Reuse.* Urban Water Research Association of Australia, Centre for Groundwater Studies. Research Report No. 109.

**WAITAKERE CITY COUNCIL,** Stormwater Educational Program 2000

**WAITAKERE CITY,** *Comprehensive Urban Stormwater Management Strategy and Action Plan*

**W. R. MEYER, 1976,** Digital Model for Simulated Effects of Ground-Water Pumping in the Hueco Bolson, El Paso Area, Texas, New Mexico, And Mexico, U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations 58-75.

**YODER, C.O., Miltner, R.J y Dale White.** 2000. Using Biological Criteria to Assess and Classify Urban Streams and Develop Improved Landscape Indicators. Proceedings, National Conference on Tools for Urban Water Resource Management and Protection, 32-45p.

## APROBACIÓN

### AYUNTAMIENTO DE JUÁREZ, CHIHUAHA

Lic. Jesús Alfredo Delgado Muñoz

Presidente Municipal

Lic. Juan Fabián de los Santos

Secretario del Ayuntamiento

### CONSEJO DELIBERATIVO DEL INSTITUTO MUNICIPAL DE INVESTIGACIÓN Y PLANEACIÓN

Lic. Jesús Alfredo Delgado Muñoz

Presidente

Lic. Juan Fabián de los Santos

Secretario

Arq. Roberto Mora Palacios

Consejo Coordinador Empresarial

Dr. Gerardo Gabriel Reyes Macias

Instituciones de Educación Superior

Ing. Silverio Villalobos Ramírez

Colegios y Asociaciones de Profesionistas

Arq. Sergio García

Colegios y Asociaciones de Profesionistas

Ing. Roberto Hurtado Jiménez

Asociaciones y Clubes de Servicio

Ing. Everardo Medina Maldonado

Consejo de Planeación Municipal

Lic. María Isela Torres Hernández

Regidor del Consejo

C. Rosa María Lardizabal Hernández

Regidora del Consejo

Ing. Ricardo Álvarez Medina

Regidor del Consejo

Lic. Jorge Flores Rodríguez

SEDESOL

Lic. José Luis Canales de la Vega

Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del Estado

Ing. Rafael Chávez Trillo

Obras Públicas de la Frontera

Arq. José Luis Rodríguez Chávez

Obras Públicas y Desarrollo Urbano

Lic. Ricardo Martínez García

Servicios Públicos Municipales

Biol. Alma Leticia Figueroa

Ecología y Protección Civil Municipal

Lic. Ramón Chacón Rojo

Tesorería Municipal

C. Victor Manuel Aguirre

Desarrollo Social

Ing. Oscar Ibáñez Hernández

Secretaría Técnica

Lic. María Antonieta Venzor Chacón

Promoción Financiera y Económica

Dr. Luis Felipe Siqueiros Falomir

Director General del Instituto Municipal de

Investigación y Planeación





## FORMULACIÓN

### INSTITUTO MUNICIPAL DE INVESTIGACIÓN Y PLANEACIÓN

Dr. Luis Felipe Siqueiros Falomir

Dirección General

Mtro. Pedro Cital Beltrán

Subdirección Técnica

Ing. Rubén Salcido Morán

Coordinación del área de infraestructura

Biol. Francisco Javier Núñez Sánchez

Director y conceptualización del plan

Ing. Samuel Cavaría Licón

Hidrosistemas Universales S.A. de C.V.

Ing. Gustavo A. Moreno Martínez

Consultor

Instituto de Ingeniería y Tecnología, Laboratorio .

Ambiental, Dr. Thomas Kretzchmar,

M. En C. Angelina Domínguez Chicas

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

M.P.D.U. Adriana Abigail García Espinosa

Arq. Myriam G. Castellanos Pacheco

Coordinación de Gráficos y Edición

Lic. Julio Brito Saucedo

Area legal

Jesús David Fierro Arroyo

Ing. Jesús Gaytán Cárdenas,

Arq. Marco Antonio Avila

Técnicos de apoyo en gráficos



