



UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

DISEÑO DE SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL
PARA USO URBANO, ESTUDIOS DE CASO: UNIVERSIDAD
INTERCULTURAL INDÍGENA DE MICHOACÁN Y CABAÑA
DE LA FAMILIA OLGUÍN

Tesis

Que para obtener el título de
Ingeniero Civil

Presenta:

Luis Enrique Andrade Mora

Asesor:

Ing. Jacob Rocha Gámez

Uruapan Michoacán, septiembre del 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatoria

A mi madre, mi familia y a todos aquellos que han estado conmigo.

Agradecimientos

A toda esa gente que directa o indirectamente hizo posible este trabajo.

ÍNDICE

Introducción

Antecedentes.....	6
Planteamiento del problema.....	8
Objetivos.....	8
Pregunta de investigación.....	9
Justificación.....	10
Delimitación.....	11
Marco de referencia.....	12

Capítulo 1.- Problemática hidráulica

1.1 Ciclo del agua.....	13
1.2 Distribución del agua.....	16
1.3 Uso sectorial del agua a nivel mundial	17
1.3.1 Uso agrícola.....	18
1.3.2 Uso urbano.....	20
1.3.3 Uso industrial.	23
1.4 Uso sectorial del agua en México.	25
1.5 Disponibilidad del agua.....	29
1.5.1 Disponibilidad del agua en el Planeta.	32
1.5.2 Disponibilidad de agua en México.....	34
1.6 Escasez del agua.....	39

1.7 Algunas soluciones a los problemas hídricos.....	41
--	----

Capítulo 2.- Captaciones de agua pluvial

2.1 Cuenca hidrológica.	43
2.1.1 Características.....	44
2.2 Estanques.....	47
2.3 Dugout.....	47
2.4 “Charco”.....	48
2.5 Guzzler.	48
2.6 Trampa de agua.....	49
2.7 Trink tank, “Techo-cuenca”.	50
2.8 Ollas de agua.	51
2.9 Consideraciones de diseño.	52
2.9.1 Diseño de elementos para eventos pluviales extraordinarios.....	53
2.10 SCAPT.....	54
2.10.1 Captación.....	55
2.10.2 Recolección y conducción.	56
2.10.3 Recomendaciones.....	56
2.10.4 Recomendaciones de diseño para el SCAPT.....	58
2.11 Captación de agua de niebla.....	58

Capítulo 3.- Calidad y tratamiento de agua pluvial.

3.1 Calidad del agua de lluvia.....	61
3.2 Interceptores de primeras aguas.....	62
3.3 Filtración y purificación.....	63
3.3.1 Filtros de arena graduada.....	64
3.3.2 Otros filtros.....	66
3.4. Tratamiento antibacteriano.	67

Capítulo 4.- Estudio de caso

4.1 Universidad Intercultural Indígena Michoacán (UIIM)	69
4.1.1 Proyecto de la UIIM.....	71
4.1.2 Características del lugar.....	74
4.2 Cabaña de la familia Olguín.....	75
4.2.1 Características del lugar.....	78
4.2.2 Descripción del inmueble.....	79

Capítulo 5.- Metodología.

5.1 Enfoque de investigación.	81
5.2 Alcance de la investigación.	82
5.2.1 Alcance descriptivo.	82
5.2.2 Alcance correlacional.	83
5.3 Diseño de la investigación.	83
5.3.1 Diseño transeccional.	84

5.4 Instrumentos de recopilación de datos.	85
---	----

Capítulo 6.- Análisis y diseño.

6.1 Universidad Intercultural Indígena de Michoacán.....	87
6.1.1 Agua requerida.....	88
6.1.2 Captación.....	88
6.1.3 Metodología para el análisis del gasto generado por la precipitación.....	90
6.1.3.1 Cálculo de la intensidad.	92
6.1.4 Recolección.	94
6.1.5 Almacenamiento.	96
6.1.6 Conducción.	100
6.1.7 Tratamiento.	103
6.1.8 Costo de la captación de agua pluvial.	104
6.2 Cabaña de la familia Olguín.....	106
6.2.1 Captación.	106
6.2.2 Análisis de gasto.....	107
6.2.3 Almacenamiento.	108
6.2.4 Recolección.	110
6.2.5 Conducción.	110
6.2.6 Tratamiento.	111
6.2.7 Costo de la captación de agua pluvial.	112
Conclusión.	114

Bibliografía 118

Anexos

Resumen

En el capítulo 1, problemática hidráulica, trata de temas tales como el ciclo del agua, su distribución y disponibilidad en México y en el Mundo tomando estadísticas sobre este tema.

En el capítulo 2, captaciones de agua pluvial, se habla del concepto de cuenca hidrológica así como sus características. De igual manera se presentan diferentes tipos de captación de agua de lluvia, para distintas necesidades y condiciones.

El capítulo 3, calidad y tratamiento del agua pluvial, se toca el tema de la calidad de dicha agua y se muestran algunos de los métodos más recomendables para su tratamiento.

El capítulo 4, estudio de caso, muestra las necesidades y condiciones de los dos estudios que se presentan en este trabajo de tesis (Universidad Intercultural Indígena de Michoacán y cabaña de la familia Olguín).

El capítulo 5 trata de la metodología usada.

El capítulo 6, análisis de datos y diseño de propuesta, presenta el análisis de datos obtenidos y el diseño de los elementos requeridos para la captación de agua pluvial en ambos estudios de caso.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Es bien sabido que el agua es importante para el desarrollo de toda comunidad. Cuando esta es escasa en una zona; como se menciona en la guía de diseño de captación de agua de lluvia para consumo humano del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2001); donde la precipitación es alta o media, se recurre al agua que la lluvia nos proporciona. Aunque como la misma guía dice, este sistema es un medio difícil para la obtención de agua. Es importante señalar que en el territorio nacional llueve un promedio 1500 kilometro cúbicos de agua, mismos que podrían abastecer aproximadamente 13 millones de personas aprovechando solo el 3% del agua precipitada, como el IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) en su página web dice, www.imta.gob.mx (2006).

El agua de lluvia ha sido captada desde hace mas de cuatro mil años. En la época precolombina; en México se crearon depósitos para almacenar agua de lluvia, utilizada en el riego de pequeñas áreas de cultivo.

El instituto citado, maneja una línea de investigación referente al tema, y desarrolló un sistema de captación en la comunidad de Jumiltepec, en el estado de Morelos. El almacenamiento cuenta con 225 m² de superficie de captación y

una capacidad de 228 m³ para almacenamiento; en operación desde el 28 de mayo del 2006.

Planteamiento del problema

Como plantea Blanco (1997), rara vez es empleada el agua de lluvia como fuente de captación para uso urbano.

Aunque existe información sobre la captación de agua pluvial los diferentes métodos de aplicación de esta tecnología se encuentran dispersos y los ejemplos de diseño raramente explican el dimensionamiento de los elementos del sistema, con excepción del almacenamiento, como puede apreciarse en autores como: Velasco (1976), Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2001), Gras (2009).

Objetivos

Objetivo general:

- Realizar el diseño hidráulico de un sistema de captación de agua pluvial para uso urbano para los estudios de caso que se presentan; Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, cabaña de la familia Olguín.

Objetivos particulares:

- Mostrar diferentes tecnologías de captación de agua pluvial.

- Usar teorías y metodologías de hidráulica e hidrología para dimensionar cada uno de los componentes que comprenden un sistema de captación de agua pluvial.
- Presentar el costo aproximado de los casos sistemas de captación de agua pluvial, UIIM y la cabaña de la familia Olguín.
- Comparar el caso de la UIIM y la cabaña de la familia Olguín, desde la perspectiva del diseño hidráulico.
- Comparar los dos estudios de caso, UIIM y la cabaña de la familia Olguín, tomando como referencia el costo aproximado obtenido.

Pregunta de investigación

Pregunta principal de investigación:

- ¿Qué metodología se requiere para diseñar los sistemas de captación de agua pluvial de los casos de la Universidad Intercultural Indígena y la cabaña de la familia Olguín?

Preguntas secundarias de investigación:

- ¿Que dimensiones tendrán los elementos del sistema de captación, para cada estudio?
- ¿Qué información es necesaria para diseñar un sistema de captación de agua pluvial?

- ¿Qué es y cuáles son los sistemas de captación de agua pluvial más comunes?
- ¿Qué porcentaje del agua necesaria es posible abastecer para caso de la Universidad Intercultural Indígena usando una captación de agua pluvial?
- ¿Qué relación, desde el punto de vista económico y técnico, existe entre la captación de agua pluvial de los casos de la UIIM y la cabaña de la familia Olgún?

Justificación

Cosgrove (2000) menciona la captación de agua pluvial como alternativa a los problemas de gestión hídrica, pues tiene el potencial de satisfacer necesidades en lugares marginados o con escasos recursos.

Por otro lado, Gras (2009) integra la captación de agua pluvial como método de sustentabilidad, dentro del concepto de permacultura.

Existen obras de captación de agua pluvial llamadas “ollas de captación” pero suelen crearse en parte por mero empirismo.

Por todo esto, una tesis como esta puede ser de ayuda al estudiante y al profesionalista que se relaciona con este tipo de problema.

Delimitación

Para la presente tesis solo se hablara de la captación de agua, sin entrar en detalles de distribución o cualquier otro elemento. Desde el momento en el que cae el agua en la cuenca de captación, hasta su almacenamiento y si es necesario un elemento de excedencia.

Se presentarán dos estudios de caso, para los cuales se considerará para captar el agua, las instalaciones contempladas originalmente. Es decir, no se contemplarán estructuras adicionales para captar agua.

El costo que se presentará, será aproximado. Usando catálogos de precio índice o alguno similar.

Marco de referencia.

La Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, en proceso de construcción se encuentra en Cananguio, entre los poblados de Pichátaro y Sevina a borde de carretera. Este lugar se ubica en la región conocida como Meseta Purépecha, el cual sufre problema de abastecimiento de agua pues el terreno no es apropiado para la formación de corrientes superficiales de agua. De clima, como dice Ávila (1996), es templado subhúmedo con lluvias en verano y temperaturas que oscilan entre los 8° y los 32° C

El proyecto de la universidad se contempla para 10,000 estudiantes. Donde se impartirán carreras acorde a las necesidades de las poblaciones indígenas del estado.

La cabaña de la familia Olguín se encuentra en la colonia Villa Cortez sobre el camino viejo a san Lorenzo, en Uruapan Michoacán. Las viviendas se encuentran ubicadas a lo largo del camino el cual no está pavimentado. Dicho lugar no cuenta con servicio de abastecimiento de agua potable, por el momento. Los vecinos de dicho lugar se abastecen con el uso de pipas de agua. La colonia se encuentra rodeada por huertas de aguacate. El clima oscila entre los 18° y 27° como lo dice la página web e-mexico.gob.mx (2001)

CAPÍTULO 1

PROBLEMÁTICA HIDRÁULICA

“Hay muchos indicios de que se está agotando el agua, o cuando menos de que se está volviendo mucho menos abundante en muchos lugares a medida que crecen las poblaciones y su consumo per cápita, y de que se están deteriorando ecosistemas de los cuales se extrae” (Cosgrove, 2000: 8). Por otra parte, la contaminación del agua provoca que el agua aprovechable sea menos.

La mayoría de los países gestionan el agua sector por sector, un conjunto muy fragmentado de instituciones. Este método es ineficaz para asignar agua para fines generales.

Así mismo, la distribución heterogénea del agua en el planeta provoca que unos países carezcan del líquido necesario mientras otros cuentan con grandes cantidades de agua, mucha más de la que utilizan

1.1. Ciclo del agua.

El ciclo del agua o ciclo hidrológico es el medio por el cual el agua se transporta de un lugar a otro en el planeta. Y de este modo cumplir con la ley de la conservación de la materia.

Como todo ciclo, no tiene comienzo ni un final definido, tal y como dice Aparicio (2000).

El mismo autor dice que el agua superficial o la que se encuentra cerca de la superficie, se evapora por efecto del calor proporcionado del sol, por diferencia de densidades el vapor de agua se eleva a cierta altura. Esta se acumula para la formación de nubes. Estas nubes pueden o no ser transportadas por el viento.

A cierta temperatura y cierta presión atmosférica, el agua de las nubes se condensa y se precipita en forma de lluvia. Antes de que esta llegue a la superficie; parte de esta puede volver a evaporarse e integrarse de nuevo a una nube o ser retenida en construcciones y/o vegetación.

Del líquido que llega a la superficie, una parte escurre por la superficie, y otra más vuelve a evaporarse. El agua restante de los escurrimientos llega a los océanos o algún otro cuerpo de agua como lagunas, presas, etc.

Una parte de la lluvia se infiltra. Esta puede ser absorbida en parte por la vegetación y posteriormente ser transpirada casi por completo hacia la atmósfera. La otra porción de agua infiltrada fluye a través de la tierra hacia las corrientes, lagos, océanos o hacia las regiones más profundas, para ser confinada como agua subterránea y luego aflorar en manantiales u otro cuerpo de agua.

Se muestra a continuación un esquema del ciclo del agua, donde pueden apreciarse las partes fundamentales de éste, como se ha descrito. (Evaporación, precipitación, escurrimiento, infiltración).

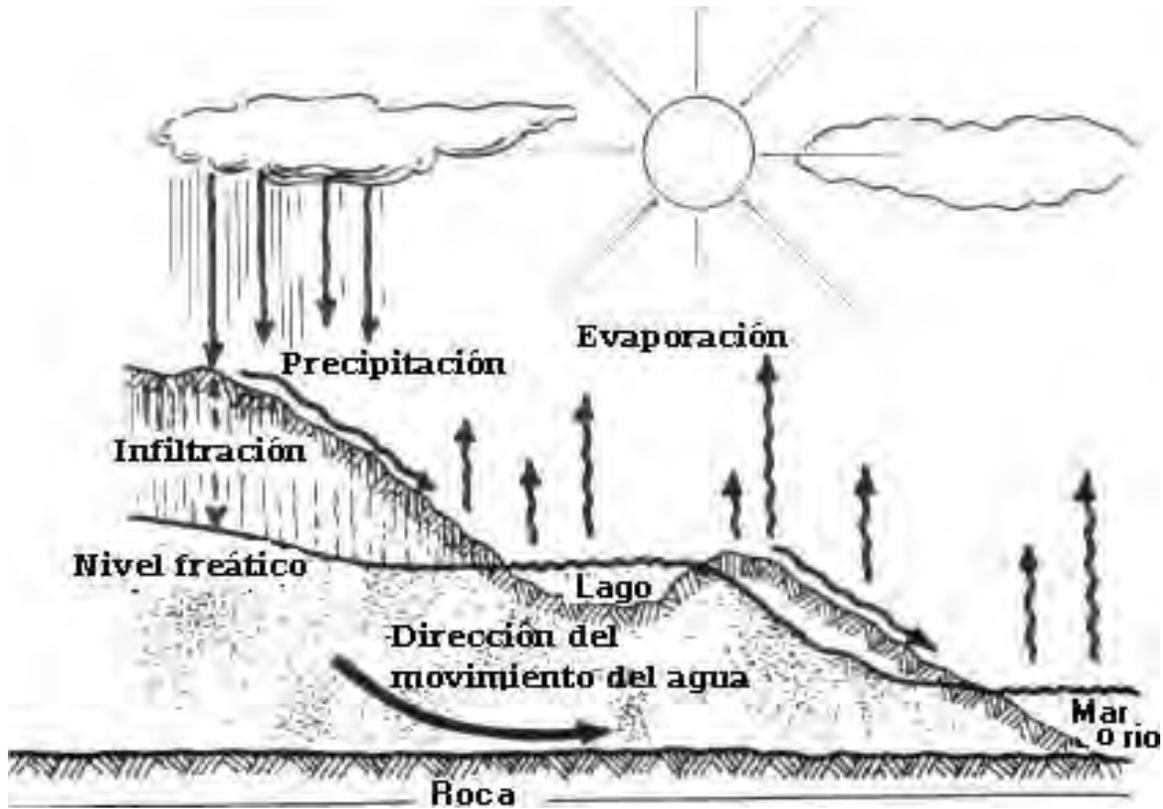
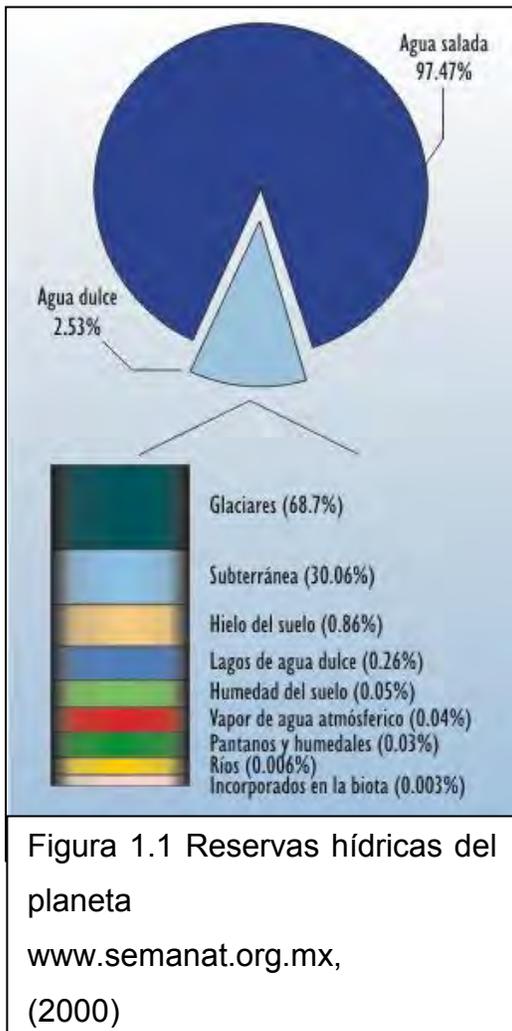


Figura 1.1 Ciclo del agua

Fuente: <http://www.clubdelamar.org/ciclo.jpg>

1.2. Distribución del agua.



Según la página de internet www.agua.org.mx (2007), el 70% de la superficie de la Tierra está cubierta de agua y tan sólo 30% es tierra firme. Aunque, analógicamente, el planeta equivale a tener ser naranja mojada, la capa de agua que permanece en la cáscara equivale a la proporción de agua que existe en el planeta. Apenas es un planeta mojado.

Del agua disponible, 97.47% es agua salada (mares, océanos); el 2.53% restante es agua dulce, pero la mayoría está congelada en los polos, en forma de

glaciares. El agua congelada representa el 68.7% del agua dulce, el agua subterránea representa el 30.06% y en ríos y lagos solamente se encuentra el 0.03% del agua dulce. Figura 2.2

En la página web de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT (2000) se afirma que el volumen de agua que recibe el país por efecto de la lluvia es en promedio 1,528 km³, pero aproximadamente

1,106 km³, cerca del 73%, se pierde por evapotranspiración. En el norte del territorio nacional, el agua de lluvia que se capta por escurrimiento es únicamente el 4% mientras que en el sureste y las zonas costeras se logra captar el 50% del escurrimiento.

Además del agua que ingresa al país por precipitación, México recibe 48 km³ de Guatemala y 1.8 km³ del río Colorado, a su vez entrega 0.44 km³ del río Bravo a Estados Unidos. De esta forma, el balance general muestra que la disponibilidad media natural de México es de 472 km³ de agua en promedio al año

1.3. Uso sectorial del agua a nivel mundial.

Los principales usos del agua son el riego, la industria en general y los fines municipales (distribución de agua potable, jardines, etc.).

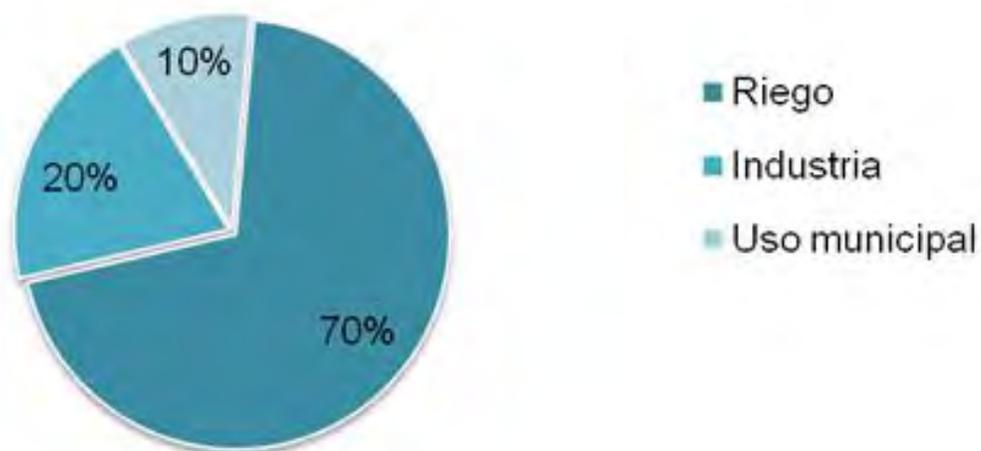


Figura 1.2 Uso del agua nivel mundial (cifras redondeadas)

Fuente: Cosgrove, (2000)

Las extracciones para irrigación constituyen cerca del 70% de la extracción total para el uso humano. Las extracciones para la industria son alrededor del 20%, y las que se realizan para uso municipal alrededor del 10%. Tal y como se muestra en la Figura 1.2. La tabla 1.1 muestra la extracción y el consumo de agua en diferentes años en todo el mundo.

Kilómetros cúbicos de agua			
USO	1900	1950	1995
Agricultura			
Extracción	500	1100	2500
Consumo	300	700	1750
Industria			
Extracción	40	200	750
Consumo	5	20	80
Industria			
Extracción	20	90	350
Consumo	5	115	50
Embalses (evaporaciones)	0	10	200
Totales			
Extracción	600	1400	3800
Consumo	300	750	2100

Tabla 1.1 Extracción y consumo de agua por sectores en diferentes años

Fuente: Cosgrove (2000)

1.3.1 Uso Agrícola.

Cosgrove (2000) menciona que Asia abarca cerca del 70% del área irrigada del mundo. La irrigación consume una gran parte del agua que se extrae debido a

la evaporación en embalses, canales y terrenos y a la incorporación a cultivos y/o transpiración en los mismos.

Dependiendo de la tecnología, el rendimiento de agua puede ser de 30% al 40% para irrigación por anegamiento y un 90% para irrigación por goteo. El resto recarga las aguas subterráneas o contribuye a flujos de drenaje o retorno. Normalmente esta agua se puede volver a utilizar, y a menudo se hace, pero tiene concentraciones más altas de sal y con frecuencia está contaminada con nutrientes, sedimentos y químicos, que pueden dañar el ecosistema.

A no ser que se realice una buena gestión del agua, las áreas irrigadas corren el riesgo de llegar a saturarse y acumular concentraciones de sal, que con el tiempo, podrían llevar a generar un terreno estéril. Es probable que este proceso produjera la desaparición de sociedades antiguas basadas en la irrigación y amenaza las enormes áreas en las que se ha implantado la irrigación en décadas recientes. Hacia finales de los años ochenta se estima que unos 50 millones de hectáreas de las áreas irrigadas del mundo, o más del 20%, habían sufrido una acumulación de sales en el suelo.

Es probable que la mayor revolución en la gestión de recursos hídricos haya sido la bomba eléctrica o de diesel, pues proporciona a los agricultores los medios para invertir en irrigación con aguas subterráneas administrada en forma independiente. “En zonas irrigadas de Pakistán la inversión privada en desarrollo

de aguas subterráneas por medio de pozos entubados (360.000 sólo en 1993) ha sido un motor de crecimiento. En India, casi la mitad de las áreas irrigadas dependen todas ellas y en forma parcial de aguas subterráneas. En China, más de 2 millones de bombas irrigan unos 9 millones de hectáreas. En los Estados Unidos de América uno de los mayores acuíferos del mundo, el Ogallala, se ha desarrollado por medio de pozos con inversión privada que alimentan sistemas de regaderas” (Cosgrove, 10: 2000). La irrigación con aguas subterráneas ha contribuido en mucho a la producción de alimentos en el mundo y ha proporcionado a los agricultores una fuente confiable de agua, también ha llevado a un enorme exceso de utilización y a la disminución de capas de agua subterránea. “La falta de reglamentación en cuanto a este recurso, junto con el subsidio del diesel o la electricidad para bombas, constituye para los agricultores un incentivo para utilizar el agua subterránea como si no hubiera un mañana”. (Cosgrove, 2000: 10)

1.3.2 Uso urbano.

Según Cosgrove (2000), hasta un 90% del agua que utilizan los hogares, los servicios y la industria, en áreas donde existe un uso es elevado, regresa como agua residual, pero con un estado tal de deterioro que se necesitan tratamientos a fondo para volver a utilizarla. La cantidad de agua para uso personal es pequeña comparada con otros usos.

Las elevadas tasas de uso residencial per cápita en Norteamérica, 400 l/día/hab, y Europa, 200 l/día/hab, han disminuido en años recientes, respuesta a los precios más elevados y a mayor conciencia ambiental, pero en muchos países subsaharianos el promedio per cápita es muy bajo, entre 10 - 20 l/hab/día. En ciudades grandes de Asia y América Latina el agua que producen las empresas de servicios públicos es muy elevada, entre 200 y 600 l/día/hab, pero se pierde hasta un 70% por filtraciones. El servicio no suele ser confiable, y la calidad del agua a menudo no merece confianza.

A partir de 1980 más personas han logrado tener acceso a agua potable segura, que en otra fecha. Muchos países duplicaron su provisión en ese tiempo. Y a nivel mundial, la provisión de nuevos servicios de agua crece más rápido que el crecimiento poblacional.

El consumo de agua embotellada en México aproximadamente es de unos 15 mil millones de litros anuales, este valor se duplicó entre 1992 y 1998, y creciendo un 35% sólo en 1996 y 1997. En los EE UU el mercado de agua embotellada llega a valores aproximados de \$4 mil millones de Dólares anuales, y en el noroeste del Pacífico el precio del agua embotellada alcanza el del agua entubada.

Un gran porcentaje de la población urbana de países en vías de desarrollo tiene que depender de agua transportada en pipa, agua de calidad no confiable y que llega a costar entre 10 y 20 veces más que la entubada.

En Port-au-Prince, Haití, un estudio demostró que los hogares suministrados por el sistema de agua solían pagar alrededor de \$1.00 Dólares/m³, mientras que clientes sin conexión tienen que comprar agua de vendedores ambulantes con precios desde \$5.50 hasta \$16.50 Dólares/m³.

Los residentes urbanos de EE UU suelen pagar \$0.40 – 0.80 Dólares/m³ por agua en la toma municipal de excelente calidad. En Jakarta, Indonesia, se compra agua a \$0.09 – 0.50 Dólares/m³ de la compañía municipal de agua, por \$1.80 de camiones cisterna, y por \$1.50–3.50 Dólares de vendedores privados, hasta 50 veces más caro que los habitantes con toma municipal.

En Lima, Perú, las familias habitantes de las márgenes de la ciudad pagan a vendedores alrededor de \$3.00 Dólares/m³, 2000% más que lo que pagan las familias conectadas al sistema de la ciudad.

Del agua superficial, 3.800 Km³ se extrajo para uso humano. De toda el agua extraída, se consumió aproximadamente 2.100 Km³. El restante ingresa al curso de corrientes y acuíferos, con disminuciones significativas en cuanto a calidad.

1.3.3 Uso industrial.

La industria consume apenas el 10% del agua que extrae, y contamina gravemente la que reingresa. Tal y como se mencionó anteriormente.

Con una generación anual de 2.6 Terawatt-hora, la energía hidroeléctrica produce el 20% de la electricidad total y el 7% de la energía en el mundo. En algunos países la energía hidroeléctrica es la fuente mayor de producción eléctrica. Si bien, a nivel mundial se ha estabilizado la construcción de presas hidroeléctricas varios países han comenzado nuevos proyectos.

La industria energética devuelve una gran proporción del agua extraída después de haberla utilizado, para impulsar turbinas o para enfriamiento, además se puede reciclar o reemplazar con otras opciones tecnológicas. El uso industrial del agua responde al precio o escasez de la misma. Cada que el agua para procesos industriales se vuelve más cara, cerca del 100% de esta se reutilizar. En la industria alimenticia el agua es un insumo importante para la producción, pero las cantidades son relativamente pequeñas. Se ha avanzado bastante en el tratamiento de aguas residuales industriales en los países de la OCDE mediante la imposición de estándares y reglamentaciones. De no reglamentarse, sin embargo, y si se proporciona agua gratuita o casi gratuita, es probable que la industria se convierta en un usuario importante del agua, con impactos a la salud y el medio ambiente.

Además de la agricultura, la industria y las municipalidades, los recursos hídricos proporcionan una gama de servicios extras como navegación, recreo y turismo. El transporte acuático experimenta un crecimiento importante mundialmente, aunque su importancia haya disminuido en Europa y Norteamérica. El crecimiento de la población y la apertura de las economías al mercado mundial están conduciendo a más navegación tierra adentro en Brasil, China y Venezuela. Rusia, con 50.000 kilómetros de vías fluviales probablemente será líder del crecimiento.

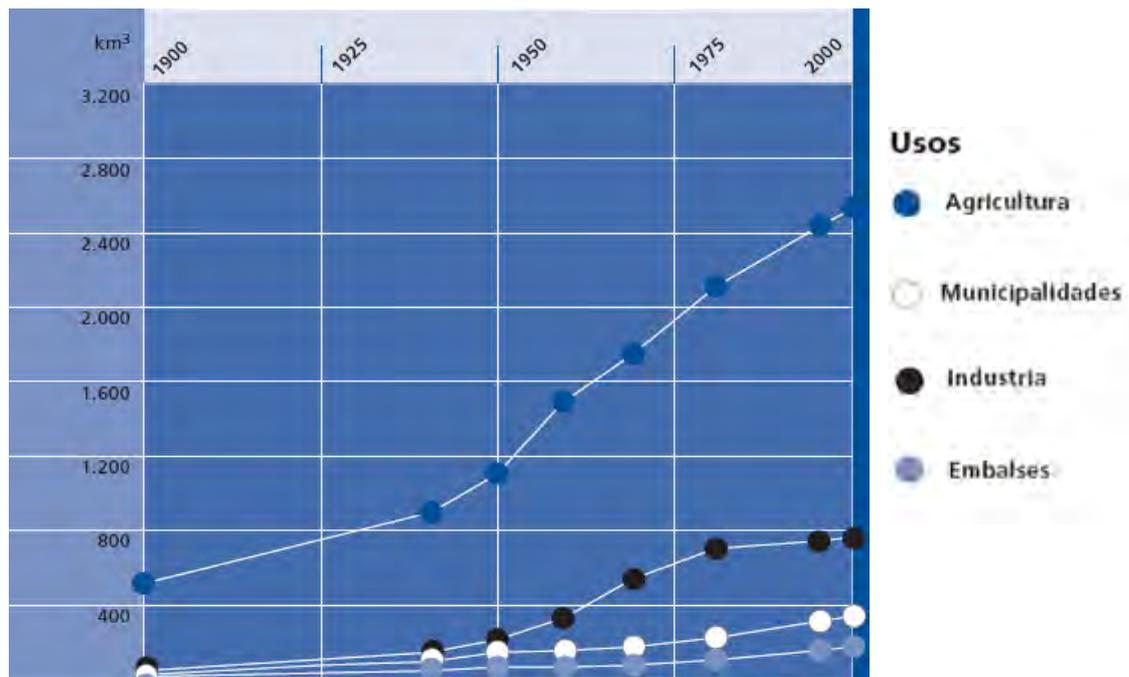


Figura 1.3 Extracción de agua por sector desde el año 1900 hasta el 2000
Cosgrove (2000).

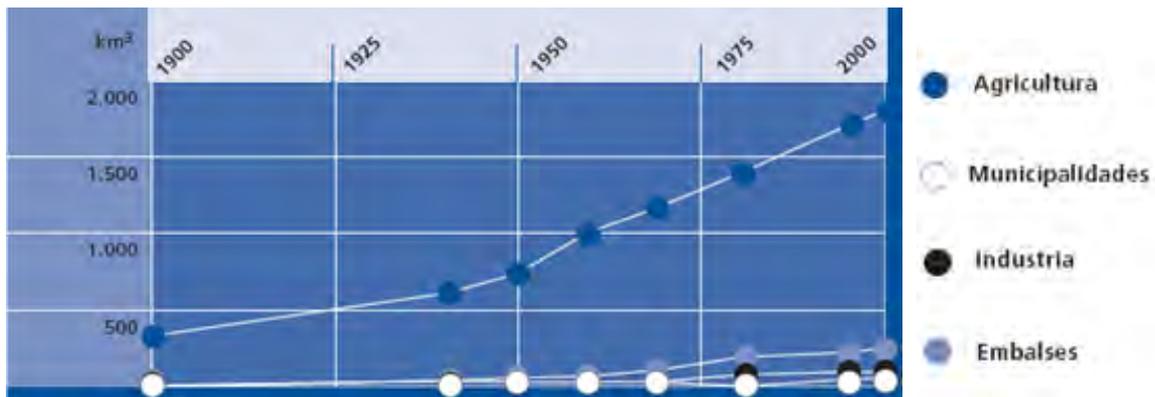


Figura 1.4. Uso de agua por sector desde el año 1900 hasta el 2000

Fuente: Cosgrove (2000).

1.4. Uso sectorial del agua en México.

En el país, la actividad agrícola es la mayor consumidora de agua, como en el resto del planeta; 78% de la que se extrae, es usada para el riego de 6.5 millones de hectáreas de cultivo. El uso urbano usa 11.5% y la actividad industrial con 8.5%. El 2% restante es para el uso pecuario y el destinado a la acuacultura. Cabe recalcar que la generación eléctrica usa un volumen de 143 km³ de agua un 17% del total del país, usada para la creación de 32 624 GW/h de electricidad, pero no la consume, según SEMARNAT (2000).

Las regiones del país que tienen una mayor extracción agua son las del Lerma-Santiago-Pacífico, Pacífico Norte, Río Bravo y Balsas, mientras que las de menor consumo son: El Pacífico Sur, Frontera Sur y la Península de Yucatán. El

60% del agua consumida proviene de fuentes superficiales y el resto subterráneas, pero existen diferencias marcadas al interior del país entre la proporción de agua superficial y subterránea que se utiliza. Un ejemplo, son las regiones del Pacífico Norte, Golfo Norte y Pacífico Sur, el agua procede, en mayor medida, de fuentes superficiales con 86, 79 y 75% respectivamente, mientras que en las regiones de las Cuencas Centrales, Lerma-Santiago-Pacífico, Valle de México y la Península de Yucatán se utiliza una fracción considerable de aguas subterráneas, 69, 49, 50 y 89% respectivamente y como se muestra en la figura siguiente.

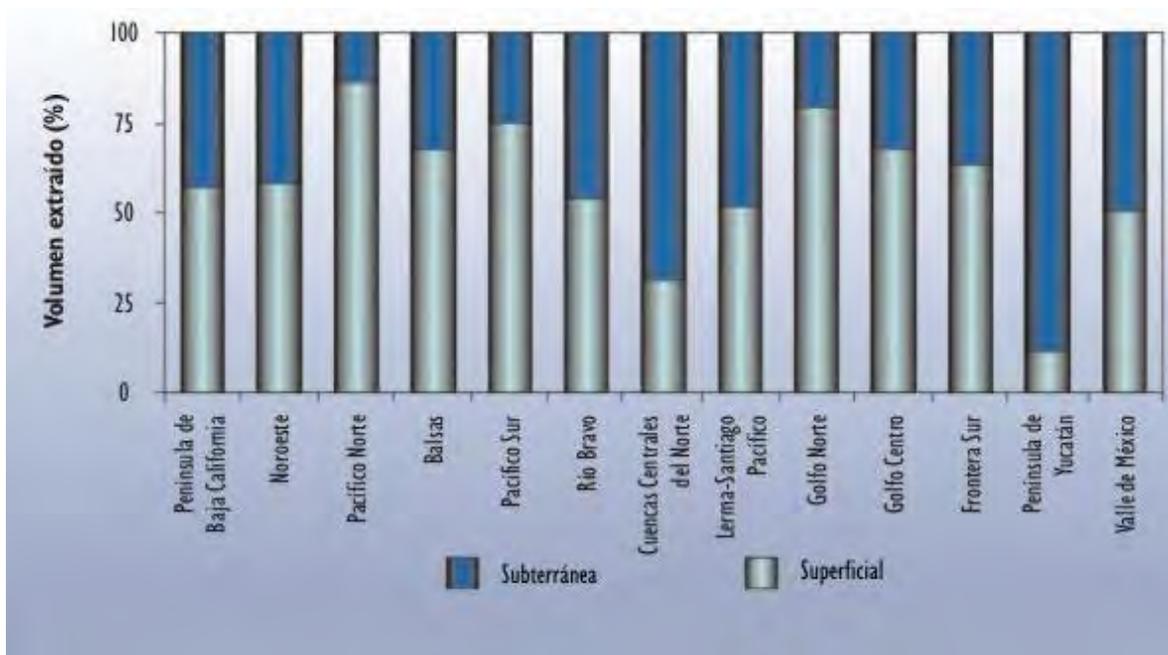


Figura 1.5. Procedencia del agua extraída por región administrativa

Fuente: SEMARNAT (2000).

En lo que al uso del agua subterránea respecta, mostró cambios importantes en el periodo 1998 – 2000. Las región que incrementaron la extracción de estas agua fueron: Pacífico Norte con 11.5%, Cuencas Centrales 57.6% y Lerma-Santiago-Pacífico 12.4%. Mientras que las regiones que redujeron este consumo fueron: Baja California un 28%, el Noroeste 11.5% y Valle de México el 7.6%. Cabe mencionar que estas tres últimas tienen problemas severos de sobreexplotación de acuíferos.

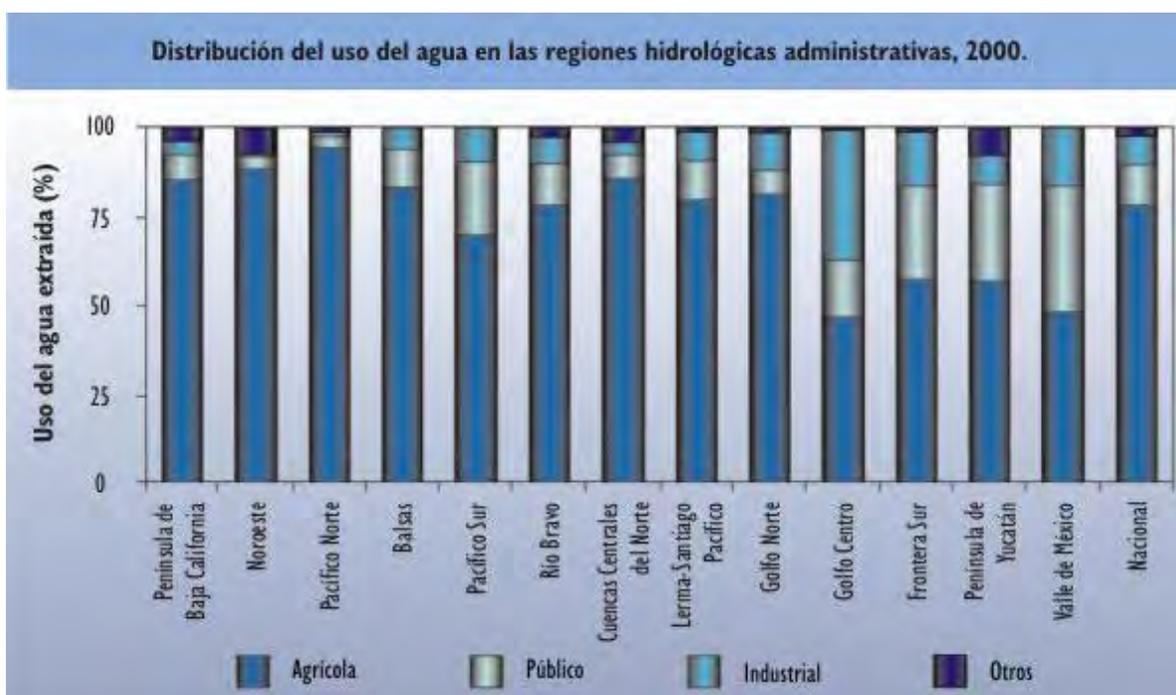


Figura 1.6. Distribución del uso del agua por regiones administrativas

Fuente: SEMARNAT (2000).

La región del Pacífico Norte utiliza el 90% del agua a actividades agrícolas, en la región del Golfo Centro ni siquiera alcanza el 50% (grafica, distribución del

uso del agua por regiones hidrológicas). Las regiones Pacífico Sur, Golfo Centro, Frontera Sur, Península de Yucatán y el Valle de México son las que, en proporción, designan más agua al uso público urbano. El agua para uso industrial en general es menor al uso público, excepto en las regiones del Golfo Norte y Golfo Centro.

El 65.8% del abastecimiento de agua para uso agrícola es superficial. El 69% del agua que se destina al uso público y el 58% del industrial, proviene de fuentes subterráneas, la figura 1.8 ejemplifica los porcentajes. Sin embargo, en el periodo de 1998 al 2000 se incrementó el agua subterránea utilizada para fines agrícolas en alrededor de 3 000 km³/año, volumen equivalente al 52% del agua que se destinó al uso público.

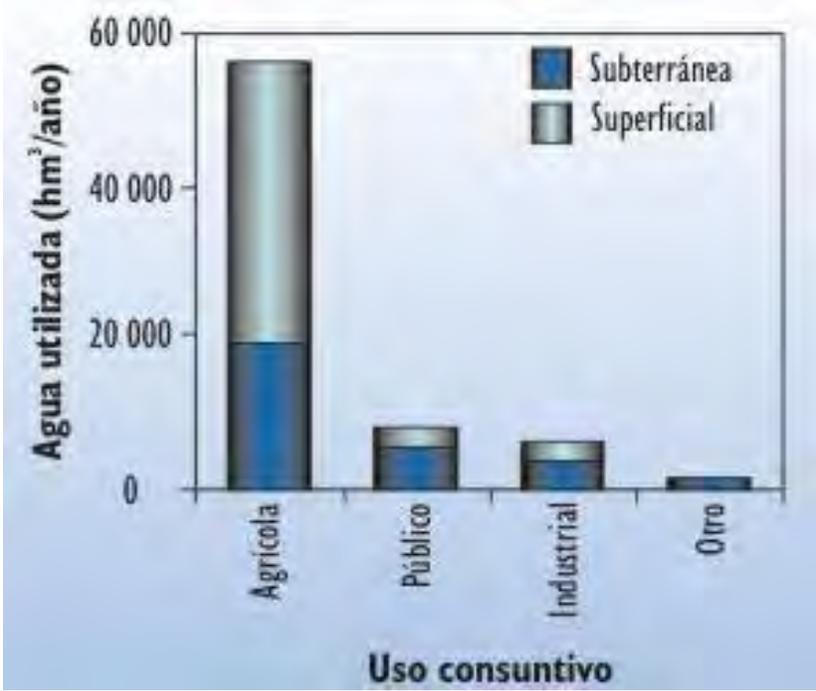


Figura 1.8. Volumen de agua utilizado, por uso.

Fuente: SEMARNAT (2000).

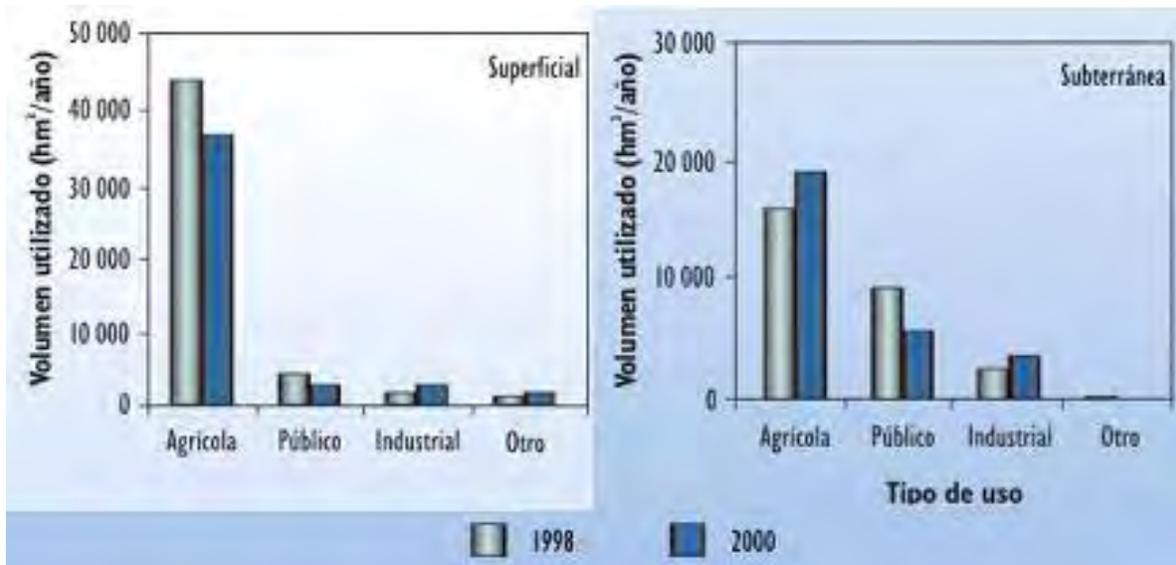


Figura 1.9. Volumen de agua utilizado, por uso, en México.

Fuente: SEMARNAT (2000).

1.5. Disponibilidad de agua.

Sobre la disponibilidad, Cosgrove (2000), indica que el concepto más tradicional de disponibilidad de agua se centra sólo en la cantidad. Pero a diferencia del concepto tradicional, la disponibilidad denota haber alcanzado los límites de cantidad como de calidad del agua.

Quizá la forma más se utiliza para la medida de la disponibilidad es el indicador Falkenmark, que mide los recursos hídricos renovables anuales per cápita, a menudo es a una escala nacional. El llamado estrés hídrico comienza cuando se dispone menos de 1.700 metros cúbicos anuales por persona para las principales funciones, domésticas, industriales, agrícolas y ecosistemas naturales,

y llega a ser catastrófica cuando es menor de 1.000 metros cúbicos anuales por persona. Este indicador no toma en cuenta la variabilidad temporal en disponibilidad de agua ni su uso real. Su ventaja es que los datos son ampliamente disponibles.

“Un indicador que sí toma en cuenta el uso (estimado) es la razón de criticidad de las extracciones para uso humano respecto a recursos renovables” (Cosgrove, 2000, 30). Esta razón se utiliza para la Valoración Comprensiva de Agua Dulce de las Naciones Unidas y en el modelo WaterGAP. Es llamado Presión del Recurso (GPR) o razón de criticidad. Este valor, muestra un elevado estrés de agua se basa en el juicio y experiencia de expertos, considerando las extracciones de agua que se realizan en un lugar, como lo explica SEMARNAT (2000) de una forma más sencilla. Se estima en valores de entre 20% en el caso de cuencas con derrames altamente variables y 60% para cuencas en zonas templadas. Utiliza un umbral de 40% para indicar elevado estrés de agua. Una presión escasa (es decir una alta disponibilidad de agua) es cuando no se rebasa el 10% en esta calificación.

La ventaja de este indicador, es lo fácil de entender y en que se basa tanto en los recursos hídricos como en su utilización.

La desventaja de la razón de criticidad es que las extracciones no son la mejor estimación de uso. Algunos usos permiten la reutilización de agua, en tanto

que otros consumen una parte más pequeña o mayor del agua extraída. Tampoco toma en cuenta la infraestructura disponible de agua ni la capacidad de gestión de esta. Bélgica y los Países Bajos presentan un estrés muy elevado de agua, bajo este indicador. Esto no quiere decir que estos países enfrenten escasez grave de agua para los usos humanos proyectados. Quiere decir que se utiliza una gran parte de sus recursos hídricos. En tales casos los ecosistemas naturales sufren un elevado estrés de agua porque una parte tan grande de los recursos se dedican al uso humano.

Un indicador más preciso, pero mucho más difícil de cuantificar, es el factor de uso actual de cuenca. Relaciona el uso consuntivo con el suministro primario de agua. Cuando este factor es bajo, como un 30%, se podría ahorrar agua para dedicarla a un uso más consuntivo. Cuando este factor ronda el 70% es difícil y a menudo es poco ansiado consumir más agua.

SEMARNAT (2000) menciona otra medida de disponibilidad es la intensidad, cercana a las necesidades de la población, también llamada extracción per cápita. Se refiere a la extracción realizada en un país por persona por año.

1.5.1 Disponibilidad del agua en el Planeta.

“La mayor parte de la población mundial vive en cuencas compartidas, lo que implica una mayor competencia debida a los usos, 50 países de los cuatro continentes asientan más de tres cuartas partes del total de su población en las cuencas internacionales; lo que hace que el 47% de la población se encuentre en cuencas compartidas internacionales, 214 cuencas son multinacionales, incluyendo 57 en África, 58 en América, 48 en Europa y 51 en Asia”. (PNUMA, 2000: 36).

El 20% de la población mundial no tiene acceso a agua de calidad. África y Asia Occidental son los lugares con menor disponibilidad de agua. En cambio, en los países enriquecidos el problema se enfoca sobre todo a la conservación de la naturaleza y a las posibilidades de crecimiento económico.

Como muestra Cosgrove (2000), los países de Europa en general tienen volúmenes pequeños de agua, aproximadamente 800 m³ por año, pero sus altos rendimientos le dan una disponibilidad aceptable, con un moderado estrés de agua. Algunos países como Francia presentan disponibilidades de 720 m³/hab bajo el calificativo de intensidad (extracción per cápita).

Países de Norteamérica, para ser exacto EUA y Canadá, cuentan con grandes disponibilidades de agua (de las más grandes del mundo). Canadá estima

sus riquezas hídricas alrededor de los 5,000 km³ y una disponibilidad de 91,567 m³/hab/año. EUA con un volumen aproximado de 1,500 km³ anuales, posee una disponibilidad de 8,906 m³/hab/año.

En general los países de América del sur en general cuentan con disponibilidades semejantes a las presentadas en México. Brasil en particular cuenta con un volumen anual aproximado a los 6,000km³, y una disponibilidad de 32,256 m³/hab/año, muy por arriba de los países latinoamericanos

África, principal la África Subsahariana, cuenta con graves problemas de estrés hídrico, en general extrae un volumen anual de solo 10 km³ del preciado líquido para 1995. África occidental cuenta con una disponibilidad aproximada de 34 m³/hab/año

Asia sureste cuenta con un volumen anual de líquido de 6,500 km³ anuales. Recuérdese que Asia es la zona con mayores extensiones de cultivo a regar. En contraste, Asia media cuenta con volúmenes de 200km³ aproximadamente.

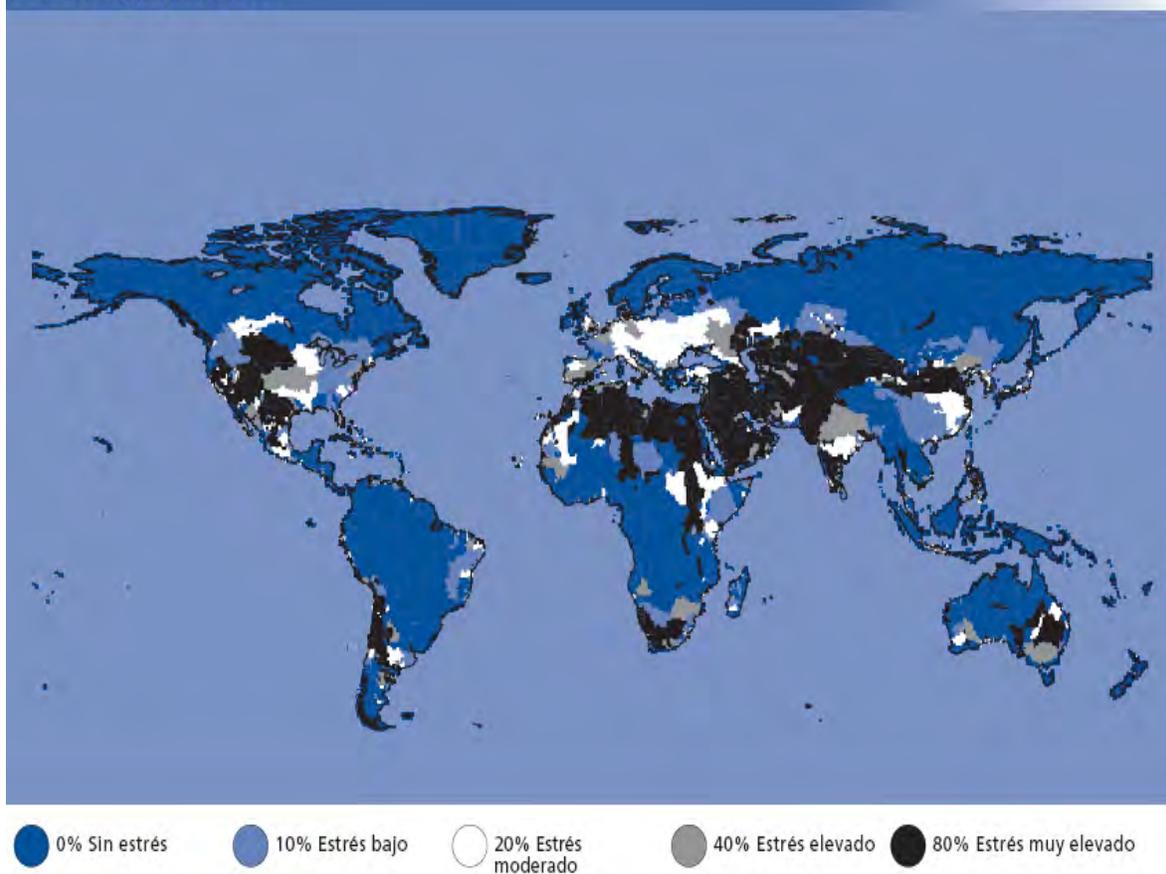


Figura 1.10 Estrés del agua para el 2025.

Fuente: Cosgrove (2000).

1.5.1. Disponibilidad de agua en México.

Con los 772 mm de precipitación anual que recibe el país, lo clasifican entre los países con abundante disponibilidad de agua. Sin embargo, México tiene una alta tasa de evapotranspiración que disminuye el volumen de agua disponible. La estimación de la evapotranspiración promedio en México, es de aproximadamente 73% de la precipitación total, resulta menor al 80% de África pero mayor que las

de Europa, Asia o Australia (64, 56 y 64%, respectivamente). Tomando en cuenta el balance de agua en el país, el volumen de agua disponible es casi de 472 km³ (como se mencionó anteriormente). Es importante no olvidar que esta cantidad no sólo comprende el líquido disponible para consumo humano, sino también el necesario para los ecosistemas acuáticos.

Región Administrativa	Disponibilidad (volumen) Hm³	Disponibilidad Natural per cápita (m³/hab/año)	Disponibilidad
I Península de baja california	4 425	1 609	Muy baja
II Noroeste	7 950	3 397	Baja
II Pacífico Norte	24 474	6 308	Media
IV Balsas	28 191	2 845	Baja
V Pacífico Sur	33 133	8 325	Media
VI Río Bravo	14 261	1 512	Muy baja
VII Cuenca Central Noroeste	6 802	1 795	Media
VIII Lerma – Santiago – Pacífico	39 479	2 084	Baja
IX Golfo Norte	24 339	5 124	Media
X Golfo Centro	102 633	11 132	Alta
XI Frontera Sur	155 906	26 788	Muy alta
XII Península de Yucatán	26 496	8 153	Media
XIII Valle de México	3 802	196	Extremadamente baja
Nacional	471 891	4 841	Baja

Tabla 1.2. Disponibilidad del agua por región

Fuente: SEMARNAT (2000).

Considerando los 97.48 millones de habitantes contabilizados en el censo de población del año 2000, la disponibilidad de agua, tomando en cuenta el indicador Falkenmark, para ese año fue de 4,841 m³/hab/año, volumen que corresponde a una disponibilidad baja, cercana a 5 000 m³/hab/año, límite de la disponibilidad media. En 1910 la disponibilidad promedio era de 31 000 m³/hab/año por habitante, para 1950 ya sólo era de un poco más de 18 000 m³/hab/año y en 1970 había caído por debajo de los 10 000 m³/hab/año. Cabe mencionar que esta reducción está explicada principalmente por el crecimiento de la población y no por la disminución de la cantidad de lluvia que recibió el país en esos años. Se calcula que para 2010, de acuerdo con las proyecciones de la CONAPO sobre la población del país, la disponibilidad de agua por habitante será de 4,180m³ y para 2020 llegara cerca de los 3,750 m³/hab/año. La tabla 1.2 muestra la disponibilidad por regiones en el año 2000.

En un contexto mundial, la disponibilidad de agua por habitante en México en la actualidad es considerablemente menor a la de países como Canadá, Estados Unidos de América, Brasil y solo ligeramente superior al promedio de los países europeos.

México presenta todo tipo de categorías de disponibilidad de agua. El Valle de México, con poco menos de 200 m³/hab/año, se encuentra en la categoría de extremadamente baja, mientras que la Frontera Sur, con cerca de 27,000 m³/hab/año, tiene una disponibilidad calificada como muy alta, el mapa abajo

mostrado muestra la disponibilidad por regiones hidrológicas. Las regiones que cuentan con 1,700 m³/hab/año o menos, en México representan una población de 31.6 millones de habitantes y casi 23 millones muy cerca de esta categoría.



Figura 1.10. Disponibilidad del agua por regiones

Fuente: SEMARNAT (2000).

SEMARNAT (2000) informa que según estudios mundiales, para el 2025 entre las zonas que disminuyen su disponibilidad a 1700 m³/hab/año en México estarán las cuencas de los ríos Balsas, Grande, del río Santiago y Colorado. Hay que destacar que el caso del Río Colorado la mayor población que habita en su cuenca no se encuentra en territorio mexicano pero actualmente más del 50% del agua superficial que se utiliza en la Península de Baja California proviene de esta

fuente, por lo que el suministro de líquido en esta región puede ser motivo de conflictos en el futuro en la relación bilateral México - Estados Unidos.



Figura 1.11. Grado de presión sobre el recurso del agua por región

Fuente: SEMARNAT (2000).

México califica con un 15% de GPR, estimado para el año 2000. Se encuentra en la categoría de presión moderada, para el promedio de los países de la OCDE. Cabe recalcar, que el valor relativamente bajo de la presión sobre el recurso hídrico de México está influido de manera muy significativa por la alta disponibilidad de agua en el sur del país, ya que no extraen más del 5% de su agua disponible; a diferencia de las regiones de Baja California, Noroeste, Río Bravo, Cuencas Centrales y el Valle de México que se encuentran en una situación completamente diferente, ya que su grado de presión tiene valores

superiores al 40%, lo que las coloca en la situación de alto estrés hídrico. De acuerdo con este indicador de intensidad (extracción per cápita), la disponibilidad en México para el año 2000 fue de 740 m³/hab al año.

1.6. Escasez de agua

La escasez del agua es una definición íntimamente relacionada con disponibilidad de ésta.

La distinción entre los recursos renovables en una cuenca y el suministro primario de agua permite distinguir entre escasez física y económica del agua, según Cosgrove (2000).

La escasez física de agua significa que incluso teniendo las mayores eficiencias y productividades del recurso, los países no dispondrán de recursos hídricos suficientes para satisfacer sus necesidades agrícolas, industriales, domésticas y ambientales. La única opción que tienen es invertir en plantas costosas de desalinización o disminuir el uso de agua en agricultura, para transferirla a otros sectores, e importar más alimentos.

La escasez económica de agua es cuando los países tienen suficiente agua para satisfacer sus necesidades, pero tendrán que aumentar sus provisiones de agua por medio de almacenamiento adicional, transporte y sistemas de regulación

en al menos una cuarta parte mas de las actualmente disponibles, para satisfacer sus necesidades en 2025. Estos países suelen enfrentan graves problemas financieros y de capacidad para satisfacer sus necesidades, en lo que al liquido corresponde. Como es el caso de los países en vías de desarrollo. El mapa siguiente, expuesto por Cosgrove (2000), muestra la escasez de agua estimada para el 2025.

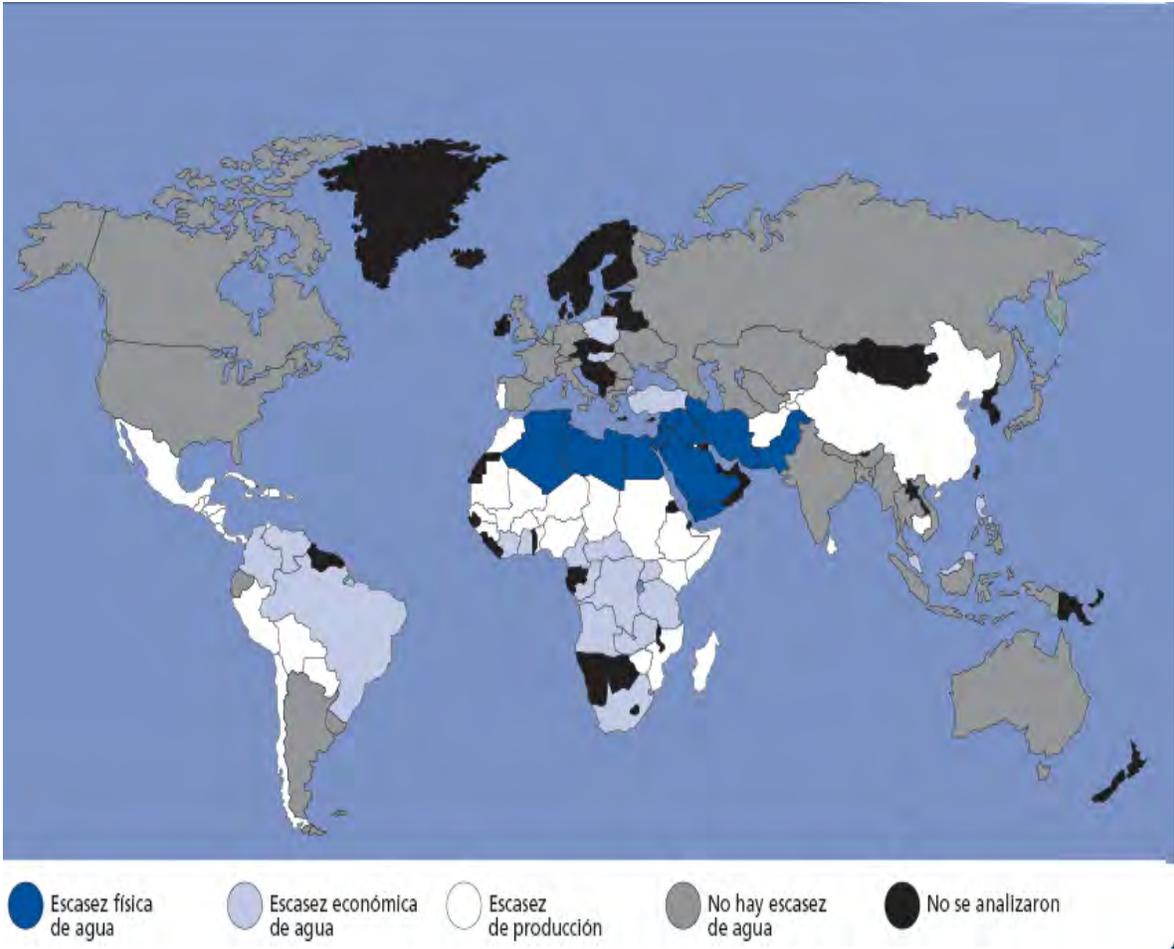


Figura 1.12. Tipos de escasez de agua en el mundo

Fuente: Cosgrove (2000).

Gestionar el agua por sector es un método ineficaz, dice Cosgrove (2000), para la asignación de agua. No permite la participación de organismos interesados. Mejorar los métodos de gestión del agua, gestionando las demandas concurrentes en un marco integrado. Es la mejor opción.

Incrementar el almacenaje de agua, captando los excedentes y usarlos cuando sea realmente necesario, principalmente en lugares con grandes caudales.

Recarga de acuíferos, y la limitación al bombeo excesivo de agua de estas fuentes. Crear zonas de protección de estos lugares.

“Recoger agua pluvial, que en general es una alternativa socialmente atractiva a las grandes construcciones, brinda oportunidades para una gestión descentralizada, basada en la comunidad, de los recursos hídricos” (Cosgrove, 45, 2000). Aunque esto provoca la disminución de los escurrimientos río abajo. Este método para la obtención de agua no está libre de costos ambientales, es una forma barata para la obtención de agua. Tiene la posibilidad de satisfacer necesidades de riego y agua potable en zona marginadas, pobres o donde carezcan corrientes superficiales.

Gras (2009), habla de captar agua de lluvia, tomando en cuenta que constituye un abastecimiento confiable, principalmente si se está fuera de las

grandes ciudades. Además considera esta tecnología como una estrategia de sustentabilidad y un método para dejar de depender de tecnologías caras y contaminantes.

CAPÍTULO 2

CAPTACIONES DE AGUA PLUVIAL

El presente capítulo muestra diferentes tipos de captación de agua pluvial comunes. De los cuales puede seleccionarse la opción propia a la necesidad que se tenga, en cuanto a suministro de agua.

Según agua.org.mx (2007), para captar agua pluvial se requiere que las superficies expuestas a la precipitación permitan su escurrimiento. Para esto es necesario que la superficie de la cuenca hidrológica sea impermeable o que la velocidad del escurrimiento rebase la velocidad de infiltración del suelo.

2.1. Cuenca hidrológica

Aparicio (2000) dice: Una cuenca es el área superficial que de ser totalmente impermeable, todas las gotas que caen en ella, llegarían hacia un mismo punto de salida. Este punto de salida puede ser una corriente o cualquier otro cuerpo de agua (figura 2.1).

Según la salida del agua en la cuenca, éstas se dividen en exorreicas y endorreicas:

- Cuencas exorreicas: En estas, la salida del agua es en uno de los extremos de la cuenca, hacia alguna corriente o al mar.
- Cuencas endorreicas: El punto de salida del líquido es en el centro de la cuenca, por lo general es el caso de los lagos.

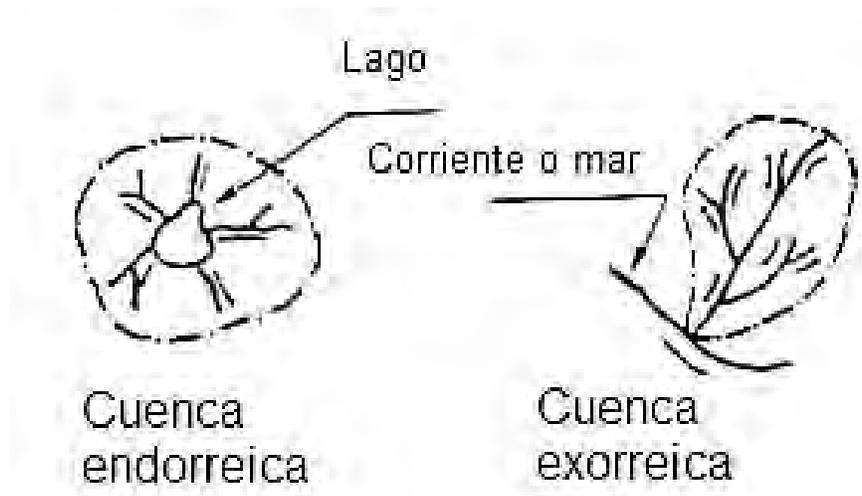


Figura 2.1 Tipos de cuencas

Fuente: Aparicio (2000)

2.1.1. Características

El ciclo hidrológico puede considerarse como un estímulo para una cuenca. Esta responde mediante la salida del escurrimiento. Si llueve, el escurrimiento superficial es mayor al normal. En tiempo de secas el escurrimiento es bajo o nulo.

- Parteaguas: Esta es una línea imaginaria que delimita el área de la cuenca y pasa por los puntos topográficos más altos.
- Área de la cuenca: Es la superficie en proyección horizontal formada por el parteaguas.
- Pendiente de una cuenca: Es la pendiente promedio de la corriente principal de la cuenca; para su determinación existe diferentes criterios.
- Corriente principal: Es la corriente que sale de la cuenca, esta definición solo aplica en cuencas exorreicas. El resto de las corrientes localizadas en la cuenca tienen el nombre de corrientes tributarias. Toda cuenca tiene una corriente principal. Dentro de una corriente cualquier punto de esta tiene su propia cuenca, las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias tienen por nombre cuencas tributarias o subcuencas. Según Aparicio (2000).
- Orden de corrientes: Las corriente de una cuenca tienen órdenes numéricos. Una corriente de orden 1 es una tributaria sin ramificaciones, al momento que dos corrientes de orden 1 se cruzan, pasan a ser de orden 2. Una corriente de orden 2 y de orden 1 al juntarse, son una corriente de orden 2. Dos Corrientes de orden 2 forman una de orden 3. La corriente principal es aquella que tiene el orden de mayor valor. El orden de una cuenca es el orden de la corriente principal, figura 2.3.

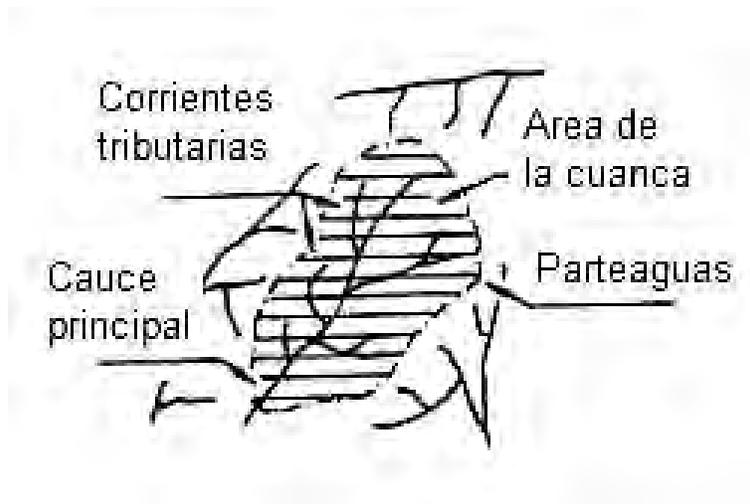


Figura 2.2 Características de una cuenca

Fuente: Aparicio (2000)

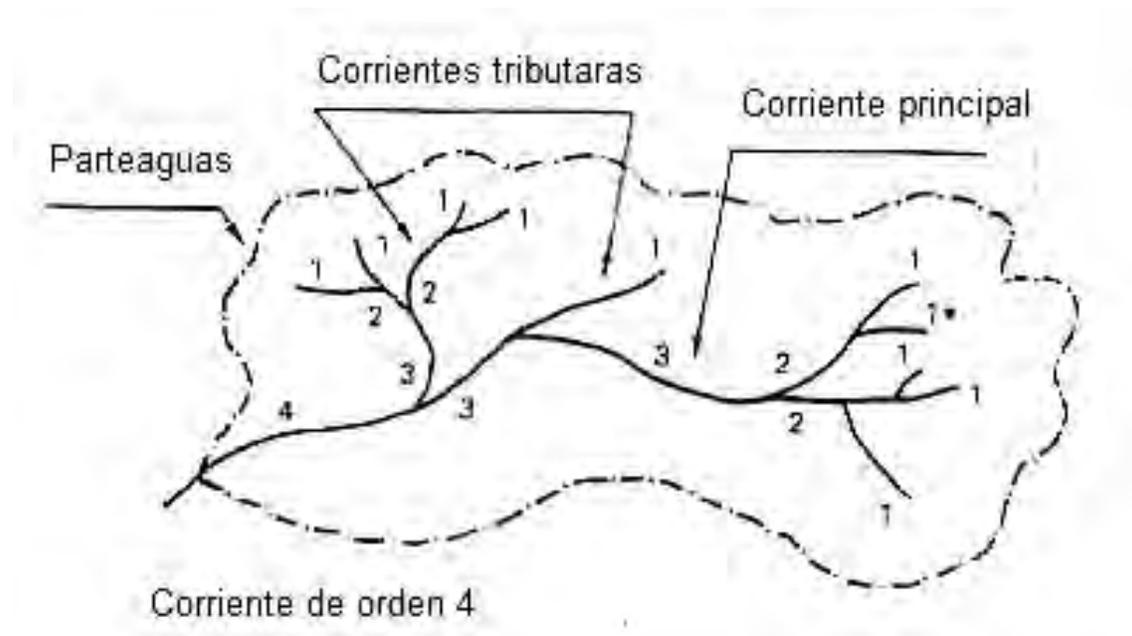


Figura 2.3 Orden de corriente principal

Fuente: Aparicio (2000)

2.2. Estanques

También conocidos como “presas de tierra”, constan de una cortina (de ahí su nombre), donde se retiene al agua proveniente de algún escurrimiento estimulado por la precipitación.

Velasco (1976) menciona este tipo de captación y dice que su proceso constructivo consta de mover tierra aguas arriba, donde se localizará el fondo del estanque para crear la cortina. Este proceso provoca un aumento en la permeabilidad, creando grandes pérdidas de líquido por filtración.

Otro problema de los estanques es el arrastre de sedimentos, resultado de la erosión, reduciendo la capacidad de almacenamiento. Aunado a esto, este fenómeno reduce la filtración, dependiendo del material arrastrado.

2.3. Dugout

El autor mencionado anteriormente manifiesta que son nombrados de esta forma por la Sociedad Americana de Manejo de Agostaderos. Bien puede ser considerado por la captación pluvial más simple. El dugout es una depresión, ya sea natural o artificial, donde se almacena el agua resultado de la precipitación. A diferencia del estanque, este no cuenta con cortina alguna.

2.4. “Charco”

Esta captación es un arreglo modificado del dugout más duradero. Esta formado por dos partes:

- Un recipiente para la retención de sedimentos
- Almacenamiento.

El escurrimiento llega al recipiente para los sedimentos, donde quedan atrapados la mayor parte de estos, mientras el agua continúa con su flujo al almacenamiento por medio de tubería. Hay que hacer notar, que el recipiente de sedimentos debe desazolvarse cada que sea posible.

2.5. Guzzler

Velazco (1976), los detalla como una superficie desnivel, cubierto con concreto, localizado en una parte alta, y una estructura de almacenamiento poco mas abajo. Su almacenamiento generalmente esta parcialmente tapado.

En Estados Unidos de América los guzzler se usan para administra agua a animales de caza.

2.6. Trampa de agua

Se caracterizan por tener una cuenca de captación para la lluvia y una obra de almacenamiento protegido de la infiltración y la evaporación. Velasco (1976) menciona que puede usarse para uso humano, a pesar de que originalmente fue diseñado para uso pecuario

El agua es conducida del área de captación al almacenamiento por medio de una tubería subterránea, que va de la cueca hasta el almacenamiento, como se muestra en la figura 2.4.

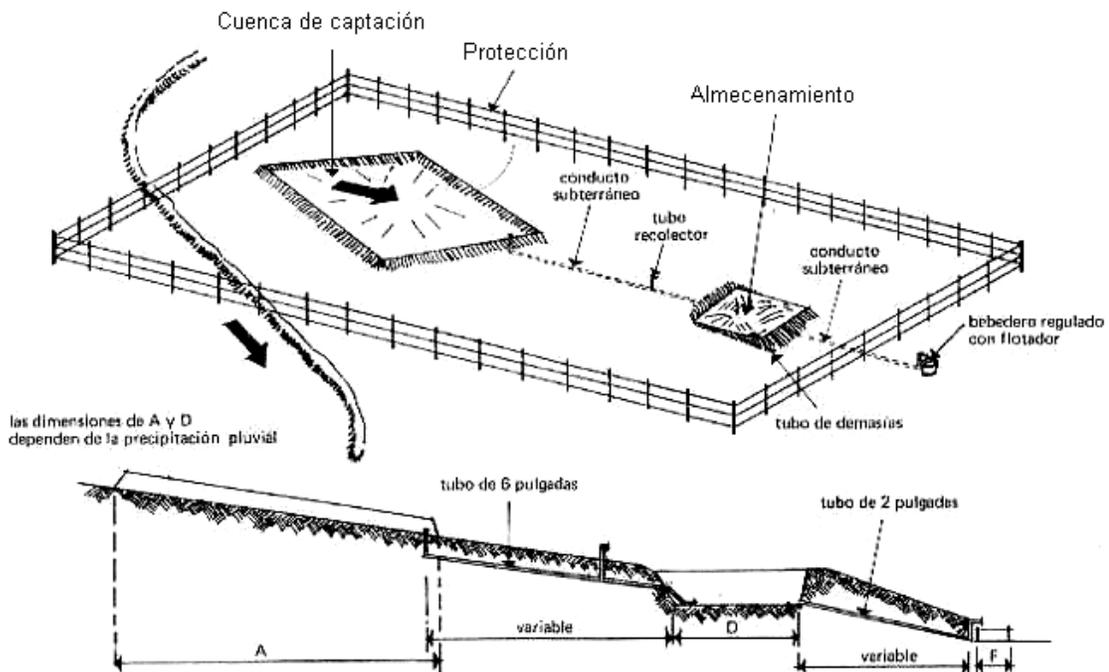


Figura 2.4 Trampa de agua

Fuente: Velasco (1976)

2.7. Trink tank, “Techo-cuenca”.

Se caracteriza por estar formado de dos partes básicas:

- El techo: que funciona como cuenca
- Deposito de almacenamiento: localizado inmediatamente abajo del techo, donde, como su nombre lo dice se almacena el agua cosechada.

“El techo está formado por 2 superficies que convergen en un canalículo que permite al agua colectada caer por gravedad al deposito almacenador. La salida del agua se controla por un tubo de 1.5” de diámetro que va desde la superficie del área colectora hasta el fondo del recipiente almacenador” (Velasco, 1976, 15). La figura 2.5 muestra un ejemplo típico del trink tank.

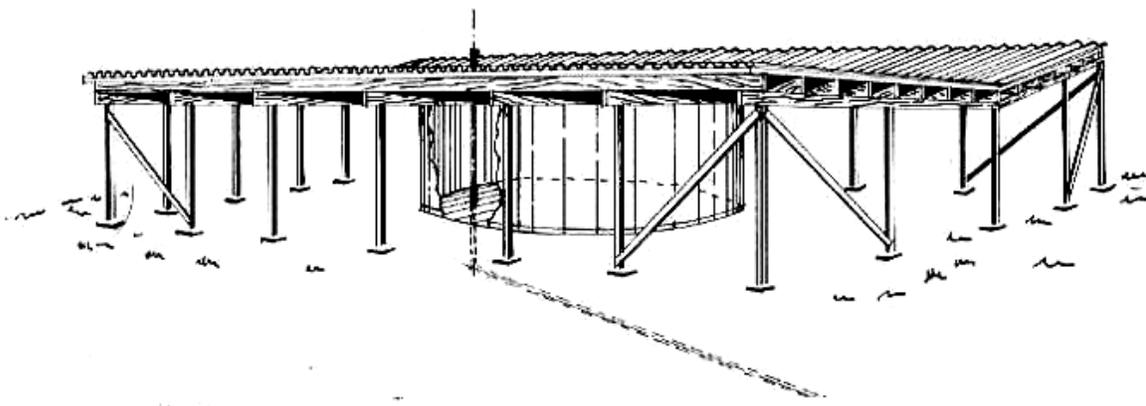


Figura 2.5 Captación tipo trink tank o Techo-cuenca

Fuente: Velasco (1976)

2.8 Ollas de agua.

Murillo (2004) menciona sobre su popularización, por su facilidad de construcción al excavar en la misma zona de captación que servirá de almacenamiento. Para evitar la permeabilidad, se puede hacer uso de diferentes materiales, desde lienzos de plásticos, geomembranas o concreto.

Técnicos de PRONFOR (Programa Nacional de Aprovechamientos Forrajeros), construyeron las primeras ollas en el estado de Chihuahua en el año 1974. Al construir este tipo de obra se mostró la reducción de costos en uno 50% para almacenar el mismo volumen con una estructura de mampostería.



Figura 2.6. Olla de captación

Fuente propia.

2.9 Consideraciones de diseño

Para el diseño hidráulico de las estructuras anteriores, conviene tener en cuenta algunas recomendaciones, recomendaciones de la página electrónica www.agua.org.mx (2007).

En centros urbanos, las áreas expuestas a la lluvia son principalmente impermeables, por lo que captar agua pluvial puede ser una operación de inversiones relativamente pequeñas. Normalmente se conduce el agua por medio de canaletas en techos o tuberías. En áreas rurales, los techos conceden escurrimientos limpios, en comparación a los del suelo, que arrastran contaminantes desprendidos por el flujo, en este último caso se requiere diseñar dispositivos que eviten aguas broncas, productos de la erosión y conduzcan el agua a velocidades pequeñas al almacenamiento.

Para el dimensionamiento del almacenamiento o cisterna debe de tomarse en cuenta:

- La factibilidad del sitio, en centros urbanos se cuenta con una dotación, establecida por las autoridades, en el Distrito Federal, la reserva es de dos días del consumo diario del inmueble, cantidad que debe ser considerada en el volumen de la cisterna.

- La disponibilidad natural del sitio en función de la duración del temporal y el promedio de la precipitación pluvial por año. El espacio destinado para almacenar resulta menor al necesario para el control de algún fenómeno extraordinario que se al menos una vez por temporada, por lo que éste rige y se sumará al gasto promedio.

2.9.1 Diseño de elementos para eventos pluviales extraordinarios

Durante la temporada de lluvia se presentan eventos extraordinarios. En las grandes ciudades del país, las inundaciones se relacionan al evento natural de la precipitación; la falta de mecanismos para su control; y el incremento del área impermeable, obligando al líquido dirigirse a drenajes municipales, mismos que no son diseñados para esa clase de eventos.

La solución idónea es la captación individual por inmueble, de manera que el mecanismo de captación incluya en su diseño el control del evento extraordinario, que se presenta cuando menos una vez en cada temporal, para su aprovechamiento y la canalización de excedentes a la recarga natural de mantos freáticos y acuíferos.

2.10 SCAPT

Para fines domésticos es la captación más adoptada, su nombre viene de las iniciales: Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos, referidos por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2001). Este tipo de aprovechamiento está inspirado en el “trink tank”.

La ventaja adicional de este sistema es la minimización en la contaminación del agua, que se a de usar

Normalmente se idealiza con los elementos de: Captación, recolección y conducción; interceptor; y almacenamiento. Como de muestra en la figura 2.7.

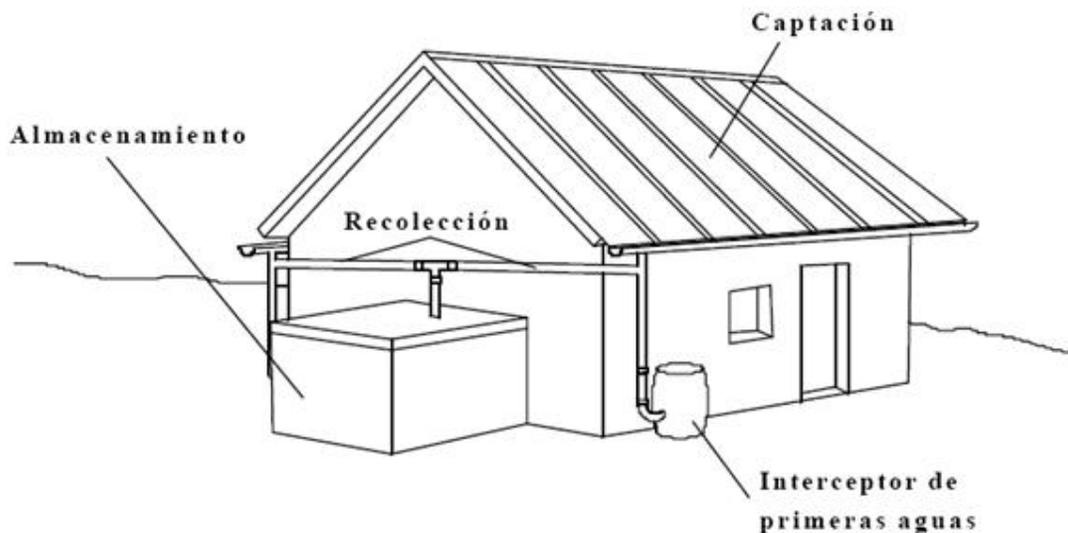


Figura 2.7 Captación tipo SCAPT

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2001)

2.10.1 Captación

La captación comúnmente es el techo de la edificación, la superficie y la pendiente deben ser tal que faciliten el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección.

Los materiales comúnmente empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, etc.

La plancha metálica es ligera, fácil de instalar y requiere pocos cuidados, pero puede costosa y difícil de encontrar en algunos lugares. Las tejas de arcilla tienen buena superficie y suelen ser más económicas, pero son pesadas, y para su instalación se necesita de una buena estructura. La paja, al ser de origen vegetal, libera lignina y tanino, lo que da un color amarillento al agua, pero sin mayor problema para la salud de los consumidores siempre que la intensidad sea baja; en todo caso puede ser destinada para propósitos diferentes, como riego, higiene personal, limpieza de servicios sanitarios, etc.

2.10.2 Recolección y conducción

Estos elementos conducen el agua recolectada en el techo hasta el tanque de almacenamiento. Está conformado por las canaletas adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo.

El material de las canaletas tiene que ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir fugas. Pueden emplear materiales, como bambú, madera, metal o PVC.

En el caso del metal, las canaletas son las más duraderas, aun que suelen ser costosas. Las canaletas de bambú y madera son fáciles de construir pero se deterioran rápidamente. Las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y a bajos precios.

2.10.3 Recomendaciones

Es importante que el material de las uniones de la canaleta no contamine el agua. Además, en el caso de que las canaletas capten materiales indeseables (basura, hojas, etc.), el sistema debe contar mallas que retengan dichos objetos para evitar que tapen la tubería o el dispositivo de descarga de las primeras aguas.

El almacenamiento es el elemento destinado al almacenaje del agua captada para el consumo diario de los usuarios de este sistema, en especial en época de sequía.

Esta unidad debe ser duradera además es conveniente cumpla algunas características más:

- Impermeable, para evitar fugas.
- Debe estar dotado de una tapa que restrinja la entrada de insectos, polvo y demás.
- Contar con una tapa sanitaria que permita la entrada de una persona, para limpieza y reparación del almacenamiento.
- Tanto la tapa de entrada como el rebose deben tener una malla que impida el ingreso de insectos o algunos otros animales.

Un buen material para este elemento puede ser el ferro-cemento, concreto, mortero sobre algún molde de madero o de otro material de una forma predeterminada.

2.10.4 Recomendaciones de diseño para el SCAPT

Para empezar el diseño de un sistema de captación de agua pluvial, recomienda el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2001) los siguientes aspectos:

- Precipitación en la zona. Datos pluviométricos de por lo menos los 10 años.
- Tipo de material de la superficie de captación.
- Número de personas beneficiadas.
- Demanda de agua en la región

2.11 Captación de agua de niebla

Como se menciona en el XIV Congreso Nacional de Hidráulica (1996). En comunidades pequeñas, con problemas de escases de agua, la colección de agua de niebla puede ser una opción de costos relativamente bajos.

La niebla puede considerarse para comunidades marginadas, de poca población, cuya localización resulta problemática para el abastecimiento del agua potable. Siempre que las condiciones climáticas permitan el aprovechamiento de la neblina. En la actualidad 22 países usan este método para la obtención de agua, como el caso de Chile. En el caso de México se usa en algunas poblaciones como en la zona de los altos de Chiapas.

“Las nieblas son sistemas coloidales compuestos de gotitas de agua y partículas sólidas formadas por la condensación de agua sobre núcleos higroscópicos” (,39-2). El agua condensada que es confinada en la niebla, va de valores de 10^{-4} a 2 gr/m^3 el valor de 0.2 gr/m^3 es un valor promedio. Las nubes contienen más agua líquida que la niebla de 10^{-2} a 4 gr/m^3 . El problema radica en que la nube se localiza a cientos de metros sobre la tierra y la niebla sobre el suelo apenas. La nube al ser arrastrada por efecto del viento entre obstáculos, deposita en estas pequeñas gotas de agua, este fenómeno es utilizado para la captación de agua por niebla y se llama precipitación de niebla En lugares muy altos, las nubes pueden transformarse en niebla, con las ventajas que la nube tiene frente a la segunda.

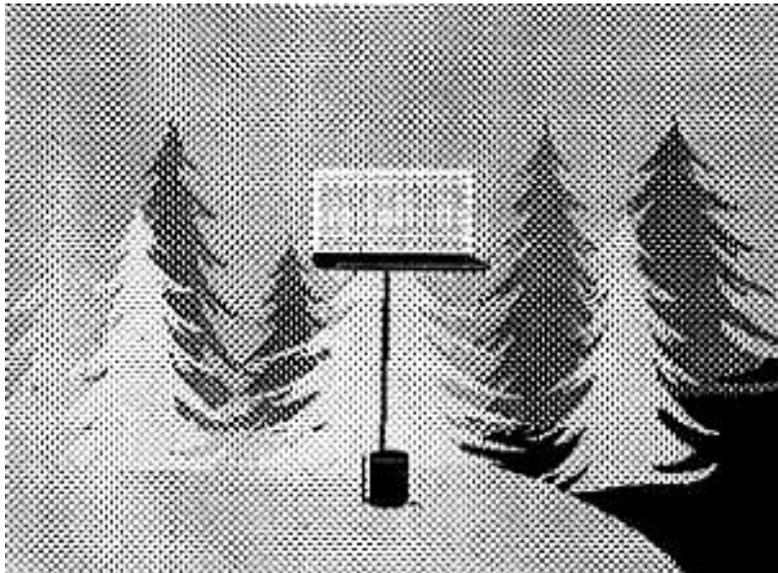


Figura 2.8 Atrapanieblas

Fuente: XIV Congreso Nacional de Hidráulica (1996).

Para captar agua por este método se hace uso de atrapanieblas, figura 2.8, su instalación es fácil y necesitan mantenimiento mínimo: El atrapaniebla se forma de un marco de metal o madera de 5 a 50m², el marco es cubierto de lado a lado con una malla de alambre, racshell o de polipropileno de 0.5 mm de espesor con huecos de 1.5 mm * 1.5 mm. Un canal colector y una manguera para bajar el agua, soporte y colector.

CAPÍTULO 3

CALIDAD Y TRATAMIENTO DE AGUA PLUVIAL

El agua proveniente de la lluvia es producto de un proceso de purificación natural, evaporación y condensación. Pero no debe olvidarse que el agua es el solvente universal y se contamina con casi todo lo que toca, aclara www.agua.org.mx (2007).

3.1 Calidad del agua de lluvia

El agua de lluvia no es pura por completo, en la atmósfera se contamina con los elementos que se encuentran en ella, entre los que están: el nitrógeno, oxígeno y otros gases en menor cantidad. Dentro de estos últimos gases se encuentran contaminantes naturales y/o productos de actividad humana. También polvo y materiales afines pueden contaminar el agua.

Al contaminarse la atmósfera se puede formar lluvia ácida, resultado de emanaciones industriales y de vehículos automotores en los grandes centros urbanos. A pesar de esto, sus volúmenes son pequeños frente al de la atmósfera en la que se disuelven por su constante actividad, de manera que el escurrimiento de la lluvia ácida es muy poco probable. Suponiendo el caso extremo de su consumo, sus efectos ácidos serían menores al de agua de alguna fruta cítrica.

3.2 Interceptor de primeras aguas

El Interceptor de primeras aguas retiene las aguas provenientes del techo que contienen todos los materiales localizados en este en el momento del inicio de la lluvia. Impide el ingreso de materiales indeseable al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que se vaya a almacenar, figura 3.1.

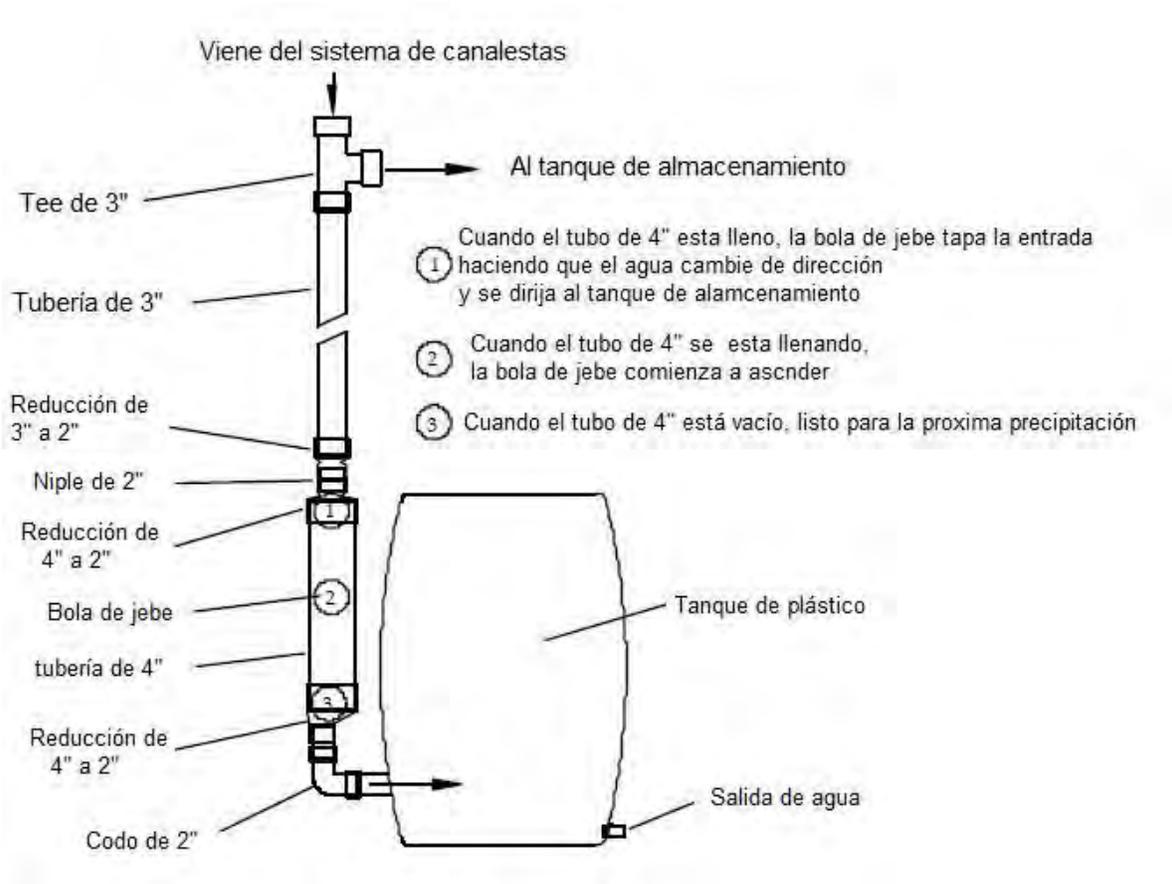


Figura 3.1 Ejemplo de interceptor de las primeras aguas

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2001)

Para el diseño de este dispositivo debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo, estimada en 1 litro por m² de techo.

El volumen de agua del lavado del techo debe ser recolectado en un tanque de plástico. Este tanque debe diseñarse tomando en cuenta el área de captación y podrán emplearse recipientes de 40, 60, 80 ó 120 litros, o combinaciones de estos tanques para captar más volumen. Suelen recomendarse cuando no existe un tratamiento del agua de lluvia como el caso de filtros.

3.3 Filtración y purificación

El manejo cuidadoso de los mecanismos de filtración en la captación y almacenaje permiten mantener el agua limpia, con menor costo y sin consumo de energía. Menciona la pagina web www.agua.org.mx (2007)

La filtración y purificación de agua de lluvia es idealizada por [agua.org.mx](http://www.agua.org.mx) (2007) separando sólidos en suspensión por densidad, usando por lo general desnatadores sedimentadores contruidos de mampostería, tuberías y conexiones de PVC, sobre todo cuando la zona de captación consta de superficies tersas e impermeables sobre láminas de techo, cubiertas plásticas, de cristal, de polietileno y de lona, que por su localización sobre el terreno y sus desnivel, acumulan pequeñas cantidades de sólidos, fácil de eliminar por estos métodos. Se

recomienda la instalación, en la parte más alta donde vacía el canalón de un tinaco u algún dispositivo de almacenaje que ayude al consumo del agua por gravedad.

La separación por densidad, consisten en desnatadores sedimentadores forzados con una malla filtrante de geotextil, con los que se garantiza la eliminación de sólidos en suspensión. Es importante recalcar que en escurrimientos en el campo, donde se arrastran suelo y materia orgánica es necesario diseñar mecanismos de captación que rompan la inercia de las aguas broncas y las conduzcan a velocidades pequeñas a los separadores por densidad.

Por otra parte, Mundo (1997) recomienda el uso de filtros de fabricación casera, que obviamente no necesita de mano de obra especializada y son de bajo costo de elaboración.

3.3.1 Filtros de arena graduada.

Básicamente es un contenedor con arena graduada la cual debe tener un espesor de 0.60m.

Esta debe ser lavada y secada al sol. El filtro puede construirse con un tubo de concreto de 18" de diámetro (0.46m) y un metro de alto, como se muestra en la figura 3.2.

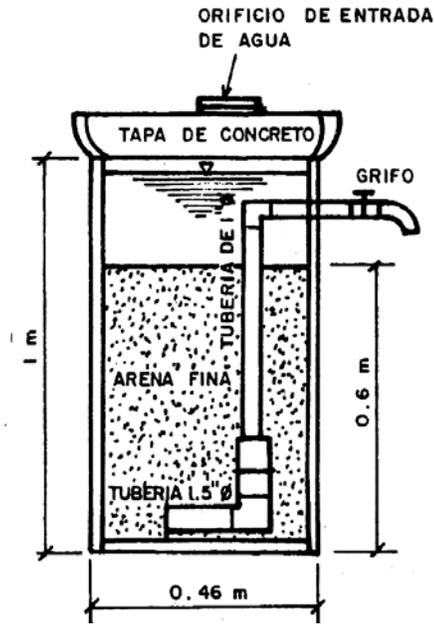


Figura 3.2 Filtro de agua, de tubo de concreto
Fuente: Mundo (1997)

Una opción más que sustituye la tubería de 18", es un cajón de tabique, tal y como se muestra en la figura 3.3 cuyas dimensiones son de 0.60m de largo 0.60m ancho y 1.00 m de alto.

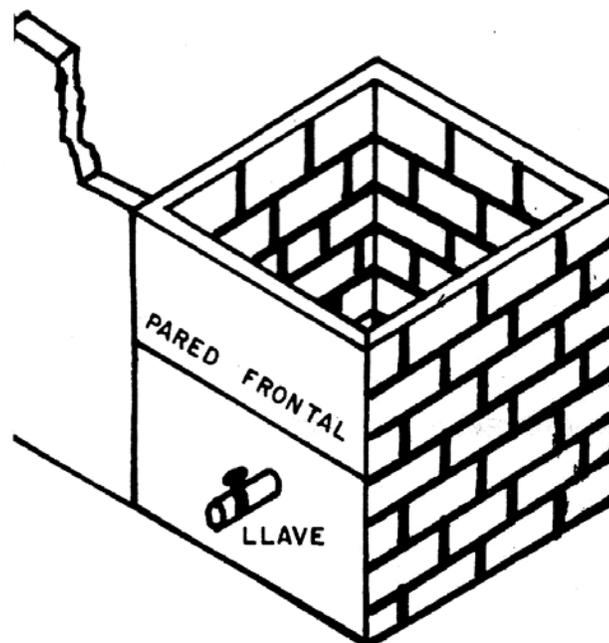


Figura 3.3 Filtro de arena construido con tabique
Fuente: Mundo (1997)

Para su mantenimiento, la arena puede ser cambiada cada 6 meses o hasta cada año, dependiendo del uso del filtro. Hay que recordar lavar y secar la arena como se mencionó anteriormente.

3.3.2 Otros filtros

Otro tipo de filtro que Mundo (1997) recomienda, se forma de cuatro capas:

- a) Arena
- b) Carbón vegetal
- c) Grava de ½"
- d) Grava de 1"

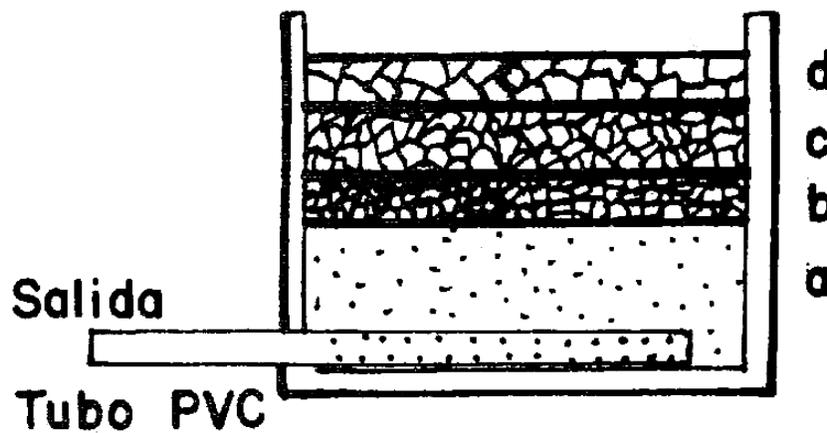


Figura 3.4 Filtro por capas

Fuente: Mundo (1997)

La figura 3.4 muestra un filtro con estos 3 componentes de 0.50 m de altura. Las tres capas superiores tienen un espesor de 0.10 m la de arriba (arena) es de 0.20 m. “En el fondo de la capa de arena se coloca un tramo de tubería ranurada de PVC de 50 mm de diámetro, cubierta con una camisa de plástico sintético que puede adquirirse en una ferretería. También puede utilizarse una malla mosquitero de polipropileno, cubrir con una doble vuelta el tramo de tubería ranurada y sujetar los extremos y el centro” (Mundo, 1997, 7).

El material que sirve de filtro puede ser colocado en un contenedor similar al mencionado en los filtros de arena. En ambos casos el filtro está conectado a la canaleta y al tanque de almacenamiento con una tubería de 100 mm de diámetro.

3.4 Tratamiento antibacteriano

La eliminación partículas microbacterianas se realiza por procesos naturales, biológicos anaerobios, oxidación aeróbica de aeración natural, exposición a la radiación ultravioleta natural, el uso de ozono o simplemente emplear la cloración.

4.1 Universidad Intercultural Indígena Michoacán (UIIM)

La primera etapa de la construcción de este proyecto ubicado en Cananguio Pichátaro, Michoacán, como se muestra en la figura 4.1. Está por concluir; como lo indica La Opinión de Michoacán (2009) y el Ingeniero Geólogo y sacerdote de la comunidad de Nahuatzen Francisco Martínez Gracián (2010).

Dicha universidad responde a las necesidades sociales y educativas del estado. Considerando el estudio académico desde y para los pueblos indígenas. “Busca recuperar los conocimientos de las culturas originarias del estado: mazahuas, otomíes y purépechas. La idea esencial es un debate entre este aporte de conocimientos y los conocimientos que aportan la ciencia y la cultura occidental” (Rodríguez, 2009,1).

Las licenciaturas que se han de impartir en la UIIM son:

- Desarrollo sustentable
- Gestión comunitaria y gobiernos locales
- Arte y patrimonio cultural
- Lengua y comunicación intercultural



Figura 4.2. Anuncio de la construcción de la UIIM.

Fuente propia



Figura 4.3. Construcción de la UIIM vista desde la carretera

Fuente propia

4.1.1 Proyecto de la UIIM

La obra es ejecutada por la empresa: MAGGSA constructora S.A. de C.V. el superintendente es el Ing. Feliciano Revuelta.

El proyecto original sólo contempla el uso de agua de lluvia exclusivamente para usos de jardinería. Para lo cual se contemplan 3 cisternas cilíndricas con un radio de 5.00 m y una altura de 3.50 m, lo que representa un almacenamiento de 824.67 m³

Esta universidad espera una población de 500 alumnos por año hasta llegar a un límite de 10,000 estudiantes. El suministro para el uso de personal y alumnos estará a cargo de un pozo profundo de la comunidad de Sevina, el cual suministrara un gasto de 16 l/s que llegara directamente a un tanque de regularización.

La cumbre de los edificios es un material llamado METCOPPO. “Panel metálico para cubiertas, inyectado en línea continua con poliuretano expandido de alta densidad (40 Kg/m³) y cara externa en lámina de acero galvanizada prepintada; en forma de teja acanalada” (Metecno México, 2010,1). Esta cubierta esta dispuesta a dos aguas, con 32 de inclinación con la horizontal. Representado en la figura 4.4. El anexo 1 muestra el plano de conjunto de la UIIM.



Figura 4.4. Detalle de cubierta.

Fuente propia



Figura 4.5. Construcción de la UIIM.

Fuente propia



Figura 4.6. Construcción de la UIIM,

Fuente propia



Figura 4.7. Construcción de la UIIM,

Fuente propia

4.1.2. Características del lugar

La zona donde se localiza la UIIM campus Cananguio es conocida como meseta purépecha. “La meseta purépecha comprende los municipios de: Paracho, Nahuatzen, Cherán, Charapan y parte de los municipios de Uruapan, Tingambato, los reyes y Tangancícuaro” (Zendejas; 1992, 233). La figura 4.8 delimita las comunidades de la meseta purépecha.

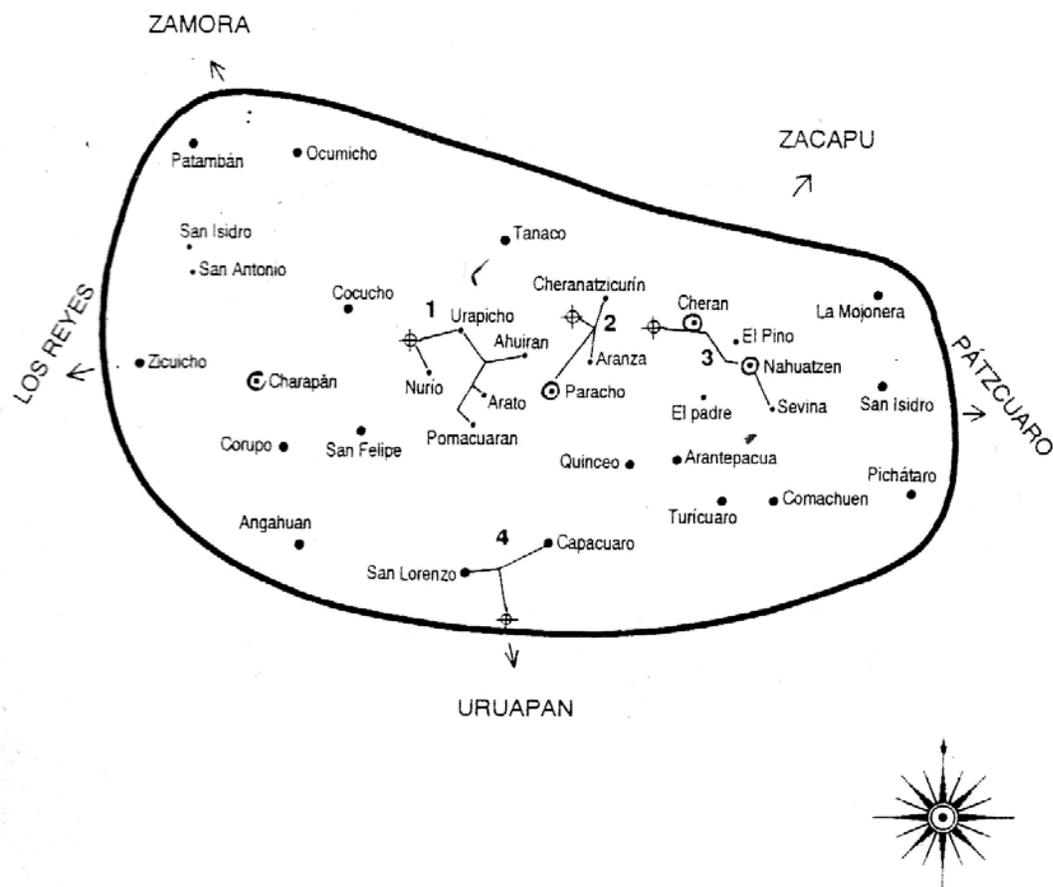


Figura 4.8. La meseta Purépecha y las localidades con escasez de agua potable

Fuente. Zendejas (1992)

“La meseta Purépecha tiene características geohidrológicas muy particulares, pues en su interior no existen corrientes superficiales ni cuerpos de agua, los pocos manantiales y norias que se forman son de caudal pequeño (apenas un litro por segundo)” (Zendejas; 1992, 234). Tómese en cuenta que los cuerpos de agua existentes, son sensibles a la lluvia.

La alta permeabilidad del suelo, basaltos, de toda la meseta provoca la pérdida por infiltración del agua precipitada, según Zendejas (1992). Este autor menciona que la geología del lugar es nueva y compleja.

En general la meseta Purépecha, cuenta con precipitaciones promedio anual que oscilan entre 1100 y 1500 mm menciona Ávila (1996). La altura de precipitación del lugar zona de la UIIM es de 1200 mm isoyeta correspondiente a la zona de la UIIM es de 1200 mm anuales de lluvia.

4.2 Cabaña de la familia Olguín

La casa de descanso de la familia Olguín. Se ubica sobre la terracería conocida como Camino viejo a San Lorenzo, Colonia Villa Cortez. A faldas del cerro Cheranguerán. Como se muestra en la figura 4.9

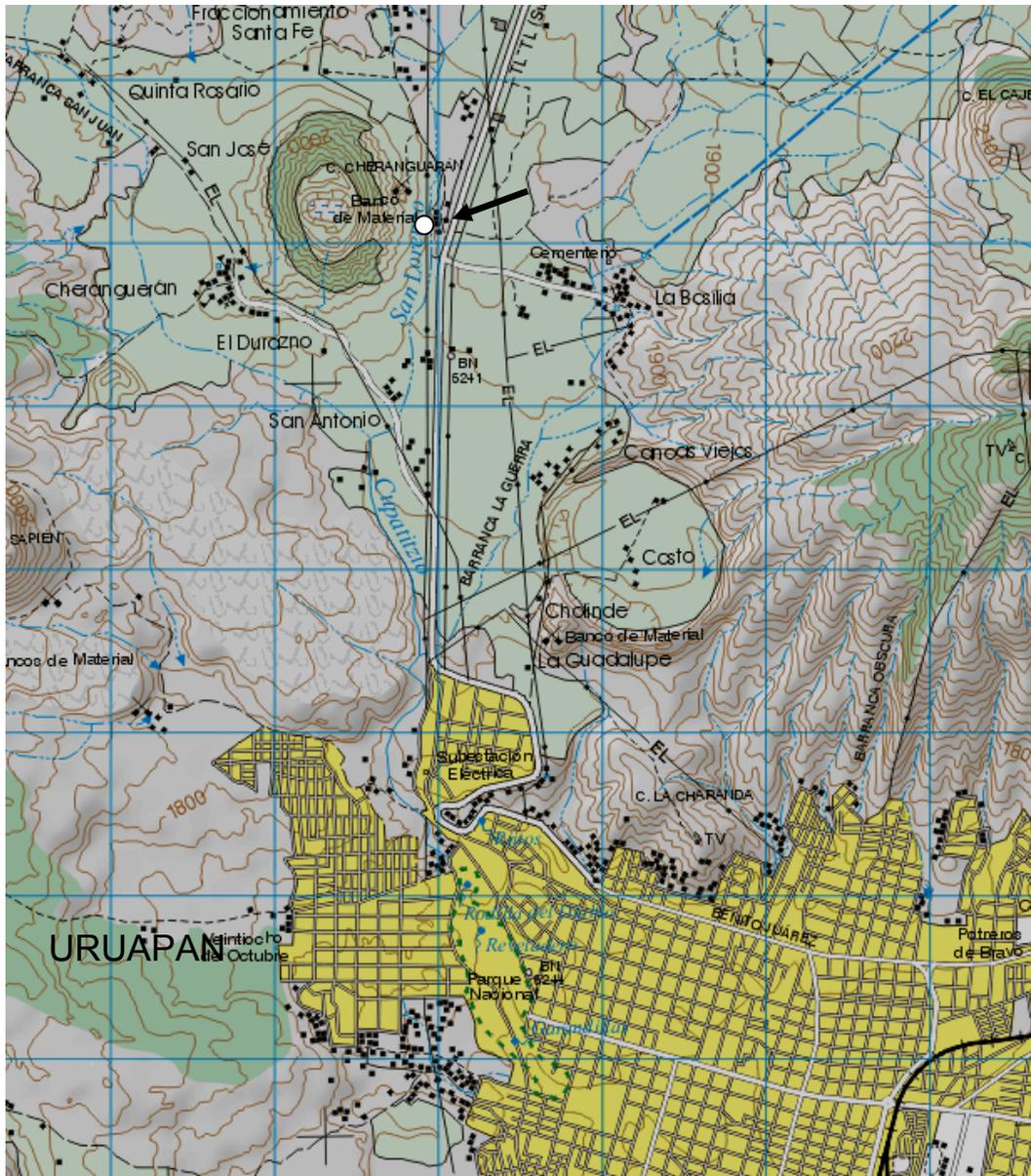


Figura 4.9. Localización de la propiedad

Fuente: INEGI (1998)

Dicho inmueble es sólo usado por sus propietarios ocasionalmente, en eventos de tipo familiar.



Figura 4.10. Acceso al terreno

Fuente propia



Figura 4.11. Inmueble

Fuente propia

La zona no cuenta con suministro de agua por parte del municipio. El ingreso de ésta es por la renta de pipas y/o proporcionada por dueños de huertas de aguacate aledañas a lugar, por el cual pagan un aproximado de \$1500.00 por año. Como comentan vecinos entrevistados.

Por otro lado el Ing. Carlos Pérez, subdirector de CAPASU, comentó que la colonia no cuenta con el servicio de agua potable. Aunque se proyecta abastecer las viviendas del lugar el presente año 2010. Utilizando el pozo profundo llamado “El capulín”. Ubicado en terrenos del Tecnológico Superior de Uruapan.

4.2.1 Características del lugar

El lugar donde se ubica la casa, no cuenta con corriente de agua perene cercanas. Como se mencionó en el párrafo anterior, la única fuente de agua es un acuífero.

El material terreno del sitio es tipo II, pues según García (2004) para la excavación de este material es necesaria la utilización de pico y pala.

La precipitación media anual del lugar es de 1869.3 mm, según el Servicio Meteorológico Nacional (2010)

4.2.2 Descripción del inmueble

La casa está construida de tabique. La cubierta está dispuesta a dos aguas, con un ángulo de 30°, construida de lámina galvanizada.



Figura 4.12. Detalle de bajante de agua de lluvia

Fuente propia

La vivienda, cuenta con bajante para lluvia, misma que puede ser utilizada para el propósito de captación de agua. Figura 4.12

El Anexo 2 muestra la arquitectura de la azotea, que servirá para la captación de agua de lluvia. Su área, como es indicado, es de 79.75 m².

CAPÍTULO 5

METODOLOGÍA

El presente capítulo describe la metodología llevada a cabo para la elaboración de este trabajo de investigación. La metodología de la investigación está basada en el método científico, lo que garantiza que el trabajo está sustentado en la ciencia, y es confiable y verídica.

5.1 Enfoque de investigación.

El enfoque de este trabajo de tesis es cuantitativo, pues “Usa la recolección de datos para probar hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”. (Sampieri, 2008,101)

El proceso cuantitativo es secuencial y probatorio, pues sus resultados pueden ser comprobados en cualquier punto del tiempo. Su realidad no cambia por las observaciones y mediciones realizadas.

El enfoque toma una idea, lo que conduce a una o varias preguntas de investigación, según sea el caso y conduce a una hipótesis y variables.

Una vez definida la idea y la pregunta de investigación, hipótesis y variables. Se procede a realizar un plan para probarlas, se miden variables y se procede al análisis de resultados y al final de esto llegar a conclusiones.

5.2 Alcance de la investigación.

El alcance de la investigación depende de la perspectiva que el investigador quiera dar al trabajo. Y se divide en cuatro diferentes alcances:

- Exploratorio
- Descriptivo
- Correlacional
- Explicativo

5.2.1 Alcance descriptivo.

El presente trabajo de investigación tiene un alcance descriptivo ya que “Buscas especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice”. (Sampieri, 2008,104)

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, características o perfiles de objetos, procesos u otro fenómeno. Pretenden medir o recoger información sobre los conceptos y variables de los que se refiere.

El alcance descriptivo es útil para mostrar dimensiones y ángulos de fenómenos, situaciones y procesos.

5.2.2 Alcance correlacional

El alcance correlacional. “Asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población” (Sampieri, 2008,104).

El propósito de este tipo de estudio es conocer la relación existente entre variables. “Los estudios correlacionales miden el grado de asociación entre dos o mas variables (cuantifica relaciones)” (Sampieri, 2008,104). En otras palabras, miden cada variable involucrada y después se mide y analiza la relación entre ellas.

Esta investigación también presenta un alcance correlacional, pues hace una relación entre ambos estudios de caso, agua pluvial para uso urbano, estudios de caso: universidad intercultural indígena de Michoacán y cabaña de la familia Olgún la variable es el costo.

5.3 Diseño de la investigación.

La investigación para esta tesis se considera no experimental. “Se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no

se hace variar en forma intencional las variables independientes, para ver su efecto en sobre otras variables” (Sampieri, 2008,205). No construye situación alguna, si no que observa situaciones existentes sin generarlas intencionalmente.

La investigación no experimental es clasificada por al autor mencionado como longitudinal y transeccional. La investigación longitudinal reúne información en diferentes tiempos, para estudiar la evolución de un fenómeno y concluir sobre el cambio de este sus causas y efectos. A diferencia de la investigación longitudinal, la investigación transeccional reúne datos en un solo momento.

5.3.1 Diseño transeccional.

El diseño transeccional se clasifica en exploratorio, descriptivo y de correlación-causal.

El diseño transeccional exploratorio es el que comienza a conocer un fenómeno, variable, evento o situación y se aplica a investigaciones nuevas o poco conocidas, sirven para inmersiones iniciales en el evento o fenómeno que se quiere estudiar.

El diseño descriptivo es el que tiene como objetivo indagar en la incidencia y valores donde intervienen una o más variables.

El diseño correlacional-causal es el que describe relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento específico para proporcionar su descripción.

La presente investigación se utilizó el diseño descriptivo, pues indaga en la incidencia de valores y además relaciona conceptos y variables.

5.4 Instrumentos de recopilación de datos.

Los instrumentos empleados para la recopilación de datos fue la investigación documental ya que se emplearon diversas publicaciones impresas y digitales sobre los sistemas de captación de agua pluvial.

De igual manera es necesaria la realización entrevistas, con personas involucradas en los estudios de caso. Personas especializadas incluso vecinos del lugar involucrado

Otro instrumento necesario es el software conocido como Excel de Microsoft Office para introducir los datos de de precipitación, áreas de captación, calculo de volúmenes de obra. De igual manera el software Autocad, para el necesario para la elaboración de detalles necesarios y el análisis de la distribución de elementos necesarios para el presente trabajo.

El conjunto de todas estas herramientas es importante para deducir soluciones y presentar conclusiones.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE DATOS Y DISEÑO DE PROPUESTA

Este capítulo muestra el análisis de los estudios de caso presentados, con la información recopilada.

6.1 Universidad Intercultural Indígena de Michoacán

Teniendo en cuenta el espacio ocupado por los edificios que conformaran la universidad, se propone el uso del SCAPT, como método para la captación de agua

Como se mencionó anteriormente, la población estudiantil de la universidad se estima en un máximo de 10,000 alumnos. Considerando lo que las Normas técnicas complementarias (2006) indican en el apartado de obras e instalaciones hidráulicas, las escuelas de nivel superior requieren una dotación de 25.00 litros/alumno/turno. Tabla 6.1

Tipología	Dotación
Educación media superior y superior	25 l/alumno/turno

Tabla 6.1. Dotación, de proyecto para diferente tipo de institución

Fuente. Normas técnicas complementarias (2006)

6.1.1 Agua requerida

Considerando estos datos, se tiene que en un año es necesaria la recolección de 50000 m³ de agua. Como se muestra en la tabla 6.2:

10000.00	alumnos
25.00	l/alumnos/turno
200.00	días/año
250000.00	l/día
50000000.00	l/año
50000.00	m ³ /año

Tabla 6.2. Dedución de la cantidad de agua necesaria.

Fuente propia

6.1.2. Captación

Considerando que la precipitación media anual es de 1200 mm/año. Se requiere una área de captación de: 41666.67 m². Como se observa en la tabla 6.3, es posible captar el 77.56 % del agua que la universidad necesita.

Edificio	Área de captación (m ²)
Cubículos	1270.080
Rectoría	1270.080
Salón de usos múltiples	1270.080
Biblioteca	1270.080
Área de talleres	4608.000
Edificio A	4725.000
Edificio B	6180.480
Edificio C	6180.480
Edificio D	1939.000
Edificio E	1872.410
Edificio F	1586.735
Cubierta A	48.530
Cubierta B	48.530
Cubierta C	48.530
Total	32318.015

Tabla 6.3. Análisis del área disponible para la captación de agua

Fuente propia

Este elemento del sistema de captación, no representa un costo adicional. Pues el techo es importante para una instalación de este tipo, sea cual sea la forma de abastecimiento del lugar, deberá de tener cubierta.

6.1.3 Metodología para el análisis del gasto generado por la precipitación.

Para los Edificios rectangulares, Ver anexo 1. El gasto se cuantificara en base a un cuarto de área de la cubierta. Pues cada bajante esta en cada una de las esquinas de estos. Por lo que el gasto en cada uno de ellos es igual.

El resto de los edificios, son divididos en cuatro cuencas cada uno, como se muestra en la figura 6.1. Donde se proponen bajantes en las esquinas y a la mitad de los edificios, por ambos lados. Las dos áreas de captación de en medio tienen su bajante respectiva. La unión que uno los edificios de la figura, conducirán la mitad del agua a al techo mas cercano, por lo que se repartirá en 4. Figura 6.2.

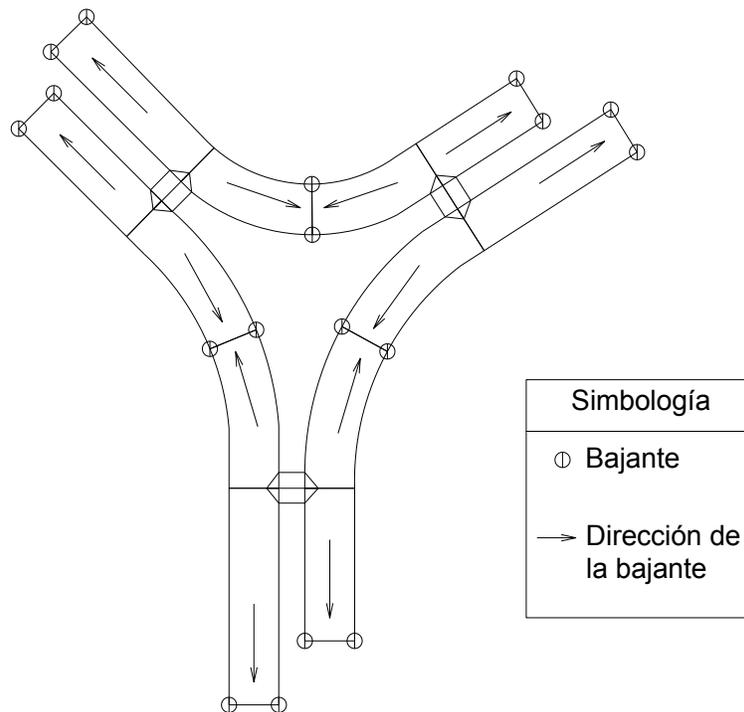


Figura 6.1. Distribución de las cuencas de captación

Fuente Propia

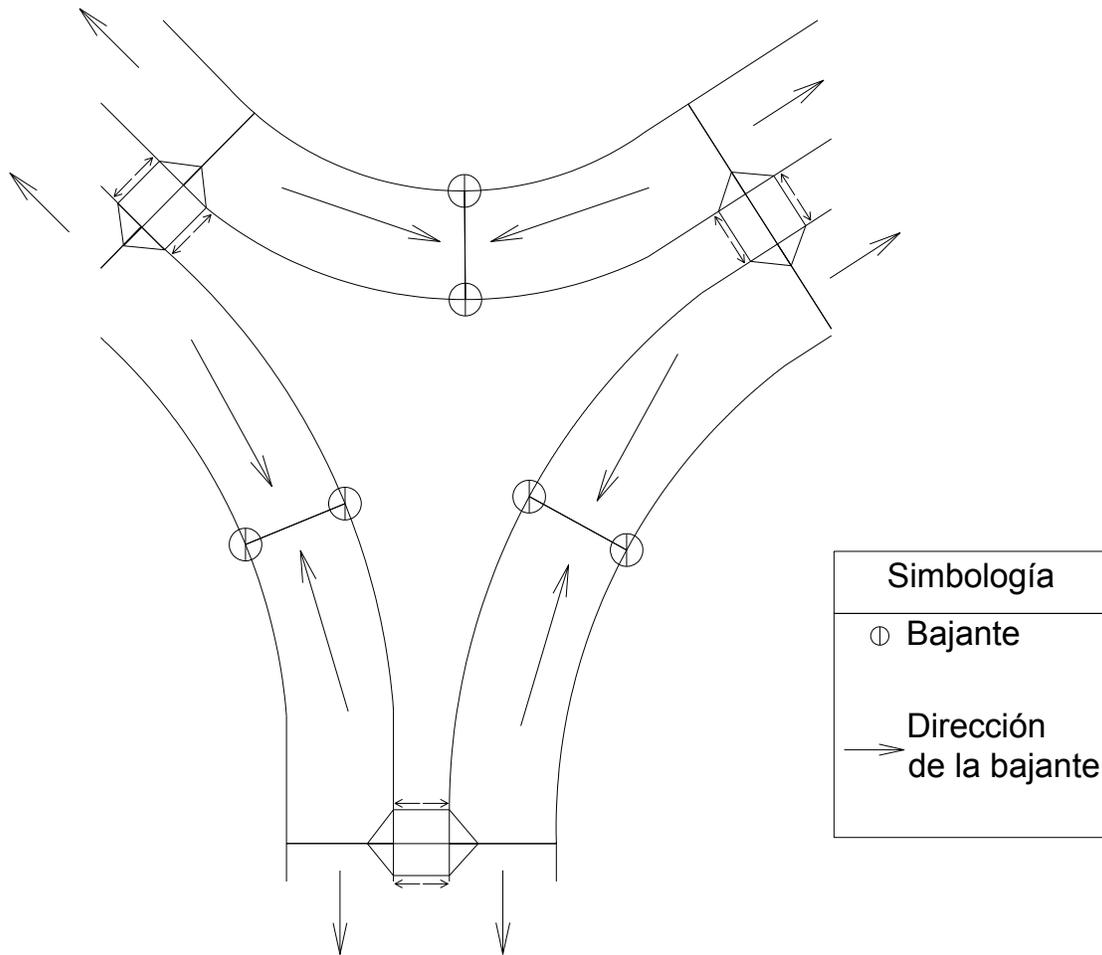


Figura 6.2. Distribución de las cuencas de captación

Fuente Propia

Para el cálculo del gasto se elige el método racional que según Aparicio (2000) es:

$$Q = 0.278CIA$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad, mm/hr

A= Área de la cuenca, Km²

Q= gasto, m³/s

El coeficiente de escorrentía considerando, puesto que las cuencas consideradas son cubiertas, la rugosidad de estas y la forma de su superficie, se toma de 0.75. Como propone el autor antes mencionado.

El área de cada una de las cuencas de captación ya ha sido determinada para cada edificio.

6.1.3.1. Cálculo de la intensidad.

La información climatológica existente del lugar proporcionada por Servicio Meteorológico nacional (2010), presenta datos de precipitación máxima en 24 hrs. Con dicha información puede calcularse la intensidad que se genera en cada una de las bajantes del sistema usando el criterio de E. Kuishling y Gransky. Que según Rocha (2005) consiste en determinar un coeficiente “K” con el que se calcula una precipitación de diseño y la intensidad. Con las formulas

$$K = \frac{Hp(1-e)}{24^{1-e}} \quad Hp_d = \frac{KT_c^{1-e}}{1-e}; \quad I = \frac{K}{(1+e)Tc^e}$$

Donde:

K = Coeficiente de Kuishling y Gransky.

e = Coeficiente Kuishling y Gransky, depende del tiempo de concentración.

T_c = Tiempo de concentración, hr.

H_p = Precipitación máxima en 24 horas, mm.

H_{p_d} = Precipitación de diseño, mm.

I = Intensidad, mm/hr.

El coeficiente “e” se estima como se muestra a continuación:

coeficiente de Kuishling y Gransky				
Valores de e			Tamaño de la cuenca	T_c
0.50	a	0.40	Muy Grandes	$T_c \geq 48$ hrs
0.55	a	0.50	Grandes	$24 \leq T_c \leq 48$
0.60	a	0.55	Medianas	$6 \leq T_c \leq 24$
0.70	a	0.60	Pequeñas	$1 \leq T_c \leq 6$
0.80	a	0.70	Muy Pequeñas	$0 \leq T_c \leq 1$

Tabla 6.4. Coeficiente de Kuishling y Gransky

Fuente: Rocha (2005)

Como el tiempo de concentración de las cuencas es pequeño, se usara un valor de e igual a 0.80

El tiempo de concentración se calcula como dice Aparicio (2000), con la formula de Kirpich

$$Tc = 0.0003245 \left(\frac{L}{\sqrt{s}} \right)^{0.77}$$

Donde:

L=Longitud del cauce principal

S=Pendiente del cauce principal

El anexo 3 muestra el cálculo del gasto en cada bajante del sistema

6.1.4 Recolección.

La recolección del agua, se propone con canaletas. Elaboradas con tubería de PVC cortada a la mitad longitudinalmente. Recomendación de El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2001).

Como se muestra en la figura 6.3

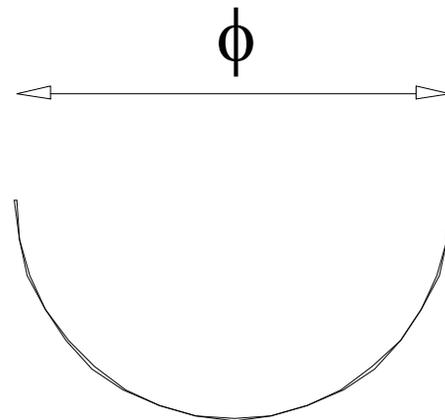


Figura 6.3. Detalle de canaleta

Fuente propia

Las canaletas se proponen los extremos como se muestra en el anexo 4. Recuérdese que las cubiertas son a dos aguas. Conectadas a la bajante, tubería de PVC, con la ayuda de una TEE del mismo material y diámetro correspondiente. El agua bajara a filtros que se proponen mas adelante.

A continuación se presenta los diámetros de tubería a usa para cada edificio, para recolectar el agua captada en cada edificio, tabla 6.5. El procedimiento de cálculo se presenta en el anexo 5 Cabe aclarar que el diámetro fue uniformizado a toda la cubierta para fines prácticos de construcción.

Elemento	Diámetro (plg)	Diámetro (mm)
Cubículos	6.00	150
Rectoría	6.00	150
Salón de usos múltiples	6.00	150
Biblioteca	6.00	150
Área de talleres	8.00	200
Edificio A	10.00	250
Edificio B	10.00	250
Edificio C	10.00	250
Edificio D	6.00	150
Edificio E	6.00	150
Edificio F	6.00	150
Cubierta A	6.00	150
Cubierta B	6.00	150
Cubierta C	6.00	150

Tabla 6.5. Diámetro de la canaleta de PVC, para cada edificio

6.1.5 Almacenamiento

Recordando que la precipitación media anual del lugar es de 1200 mm. El volumen de agua captado por año se deduce en la tabla 6.6.

Elemento	Volumen captado anualmente (m3)
Cubículos	1524.10
Rectoría	1524.10
Salón de usos múltiples	1524.10
Biblioteca	1524.10
Área de talleres	5529.60
Edificio A	5670.00
Edificio B	7416.58
Edificio C	7416.58
Edificio D	2326.80
Edificio E	2246.89
Edificio F	1904.08
Cubierta A	58.24
Cubierta B	58.24
Cubierta C	58.24
Total	38781.62

Tabla 6.6. Análisis del volumen de agua recolectada

Fuente propia

Se proponen tres cisternas más a las ya pensadas en el proyecto original de la UIIM, dispuestas como se muestra en el anexo 6. Alimentadas como se muestra a continuación.

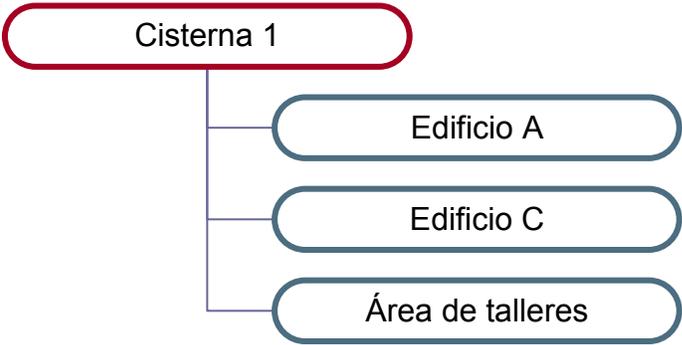


Figura 6.4. Diagrama de abastecimiento, cisterna 1

Fuente propia

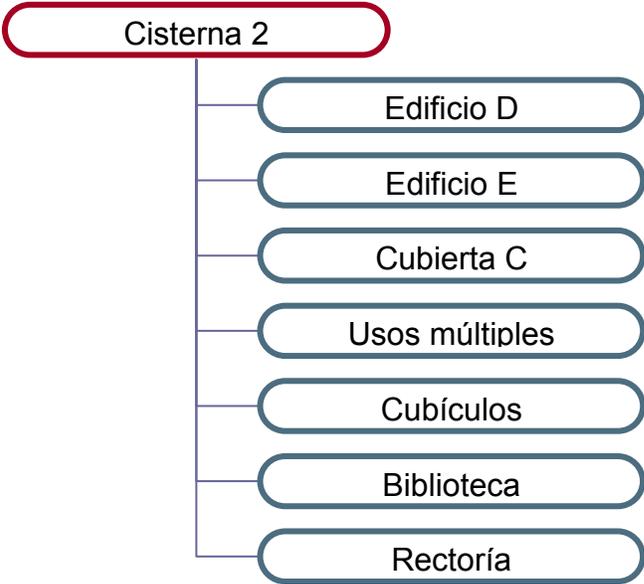


Figura 6.5. Diagrama de abastecimiento, cisterna 2

Fuente propia



Figura 6.6. Diagrama de abastecimiento, cisterna 3

Fuente propia

El criterio usado para dicha distribución contempla la disponibilidad del terreno para la colocación de la cisterna, buscar la distancia mas corta para la conducción del agua hasta dicho almacenamiento y que el edificio que alimento la cisterna abastezca al mismo.

Cisterna	Volumen requerido (m3)
Cisterna 1	9592.56
Cisterna 2	4945.77
Cisterna 3	4621.44
Cisterna 4	251.67
Cisterna 5	260.77
Cisterna 6	212.37

Tabla 6.7. Volumen requerido por cada cisterna

Fuente propia

El volumen requerido por cada cisterna es el que se muestra en la tabla 6.7. Dicho volumen se cuantifica con el criterio de una regularización que recomienda Pérez (2007). Tomando en cuenta la precipitación media mensual del Servicio Meteorológico Nacional (2010) y el calendario escolar de la Secretaría de Educación Pública (2009) se concluye un volumen requerido, al cual se le agrega un factor de seguridad del 25% para el volumen de los almacenamientos. Anexo 7.

Se propone una altura en las cisternas 1, 2 y 3 de 2.50 m. y 3.50 m en las cisternas 4, 5 y 6 tal y como lo indica el proyecto original según Martínez (2010). Usando un bordo libre de 0.50 m. en el primer caso, y de 0.15 m en el segundo. El área que se propone para cada cisterna se presenta en la tabla 6.8.

Cisterna	Lado A (m)	Lado B (m)	Volumen (m3)
Cisterna 1	69.30	69.30	9604.98
Cisterna 2	49.73	49.73	4946.15
Cisterna 3	48.70	48.70	4743.38
Cisterna 4	5.00		263.11
Cisterna 5	5.00		263.11
Cisterna 6	5.00		263.11

Tabla 6.8. Área y volumen propuesto para cada cisterna

Fuente propia

6.1.6 Conducción.

La conducción será de tubería de PVC del diámetro requerido. Usado la metodología de diseño de drenajes mostrado por Pérez (2007)

El Anexo 8 muestra el detalle de conexión de canaleta, bajante, filtro y registro.

La tabla 6.9 muestra los diámetros requeridos de tubería para la conducción y en seguida se esquematiza la simbología figura 6.7.

Edificio	Tubería	Diámetro (plg)			
		Red A	Red B	Red C	Red D
Cubículos	1	4.00	4.00		
	2	4.00	4.00		
	3	6.00	6.00		
Rectoría	1	4.00	4.00		
	2	4.00	4.00		
	3	6.00	6.00		
Salón de usos múltiples	1	4.00	4.00		
	2	4.00	4.00		
	3	6.00	6.00		

Tabla 6.9. Diámetro de tubería, continúa

Fuente propia

Edificio	Tubería	Diámetro (plg)			
		Red A	Red B	Red C	Red D
Biblioteca	1	4.00	4.00		
	2	4.00	4.00		
	3	6.00	6.00		
Área de talleres	1	8.00	8.00		
	2	8.00	8.00		
	3	10.00	10.00		
Edificio A	1	8.00	8.00		
	2	8.00	8.00		
	3	10.00	10.00		
Edificio B	1	8.00	8.00		
	2	8.00	8.00		
	3	10.00	10.00		
Edificio C	1	8.00	8.00		
	2	8.00	8.00		
	3	10.00	10.00		
Edificio D	1	4.00	4.00	4.00	4.00
	2	4.00			
	3	6.00			
	4	6.00			
	5	8.00			

Tabla 6.9. Diámetro de tubería, continúa.

Fuente propia

Edificio	Tubería	Diámetro (plg)			
		Red A	Red B	Red C	Red D
Edificio E	1	6.00	4.00	4.00	4.00
	2	4.00			
	3	6.00			
	4	6.00			
	5	8.00			
Edificio F	1	4.00	4.00	4.00	
	2	4.00	4.00		
	3	6.00	4.00		
	4	6.00			
	5	6.00			

Tabla 6.9. Diámetro de tubería, continuación.

Fuente propia

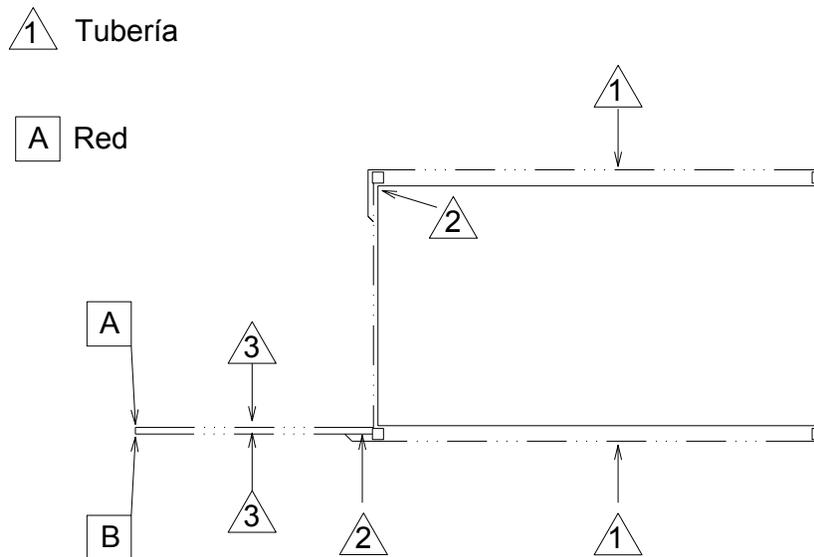


Figura 6.7. Nomenclatura del resumen de conducción.

Fuente propia

El Anexo 9 muestra los detalles de la tubería de conducción. El anexo 10 muestra el análisis de la tubería.

6.1.7 Tratamiento

Para el tratamiento del agua de lluvia, se propone el uso de un filtro de arena, como recomienda Mundo (1997). Por su facilidad de construcción y de mantenimiento. Serán ubicados como muestra el anexo 6

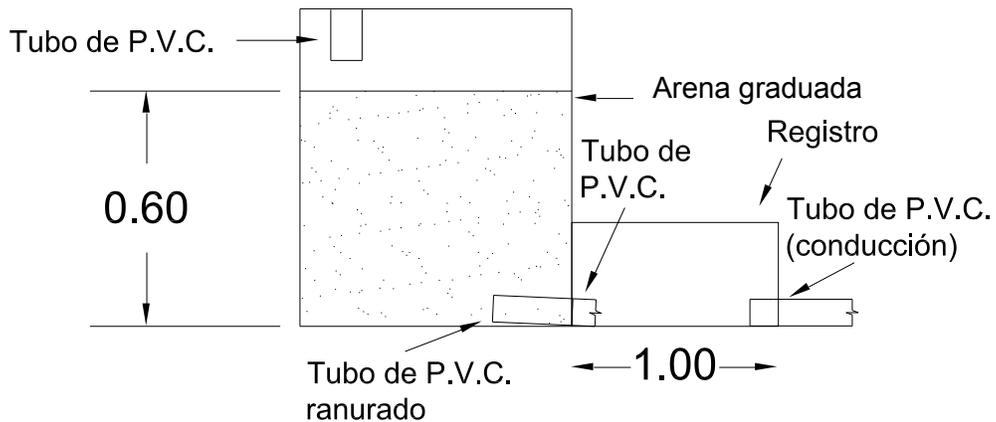


Figura 6.8. Detalle de filtro de arena, alzado

Fuente propia

El filtro será de tabique rojo recocido y acabado con aplanado de mortero cemento. El espesor de la arena será de 0.60 cm. En la parte inferior tendrá un tubo de PVC rasurado, figura 6.8.

La geometría interior del filtro será la que se muestra en la figura 6.9. Un alto de 1.00 m y un largo y ancho de 0.60

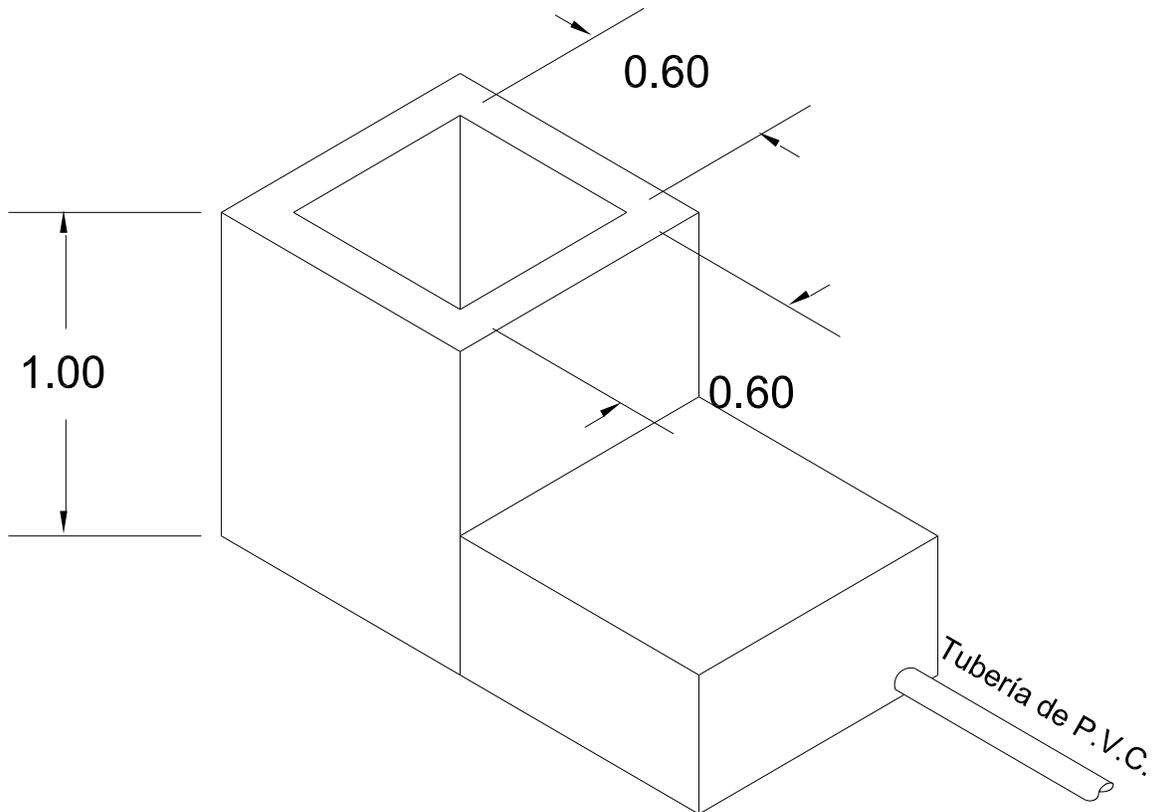


Figura 6.9. Detalle de filtro de arena, isométrico

Fuente propia

6.1.8 Costo de la captación de agua pluvial

CNA (2010) elabora un manual de precios índice de infraestructura hidráulica. Usando los precios sugeridos y el diseño descrito se tiene que:

Concepto	Importe
Recolección	\$ 42,818.76
Cisterna	\$ 10,284,386.67
Conducción	\$ 543,513.59
Filtro	\$ 63,481.80
Total	\$ 10,934,200.82

Tabla 6.10. Costo del sistema de captación por partidas.

Fuente propia

Relacionando el costo con el área de captación y el volumen de almacenaje tenemos que:

Costo/área de captación	\$ 338.33/m ²
Costo/volumen de almacenaje	\$ 570.69/m ³

Tabla 6.11. Relación costo del área de captación y el volumen de almacenaje

Fuente propia

Es importante destacar, como la hace CNA (2010). Dichos precios son aproximados y al estar hechos en base a precios unitarios, son afectados por factor de indirectos, financiamiento, utilidad y cargos adicionales, según la

empresa encargada de la construcción de una obra de este tipo. Así como el costo de mano de obra.

6.2. Cabaña de la familia Olgúin

Como el inmueble no está ocupado todo el año y sólo se usa en eventos de tipo familiar, se considerara que solo se ocupa el agua potencialmente captable.

El Servicio Meteorológico Nacional (2010), proporciona una precipitación media anual de 1869.3 mm

6.2.1 Captación

El inmueble tiene una área de techo de 79.75 m², misma que será utilizada como captación. Considerando la altura de precipitación promedio anual mencionada, se deduce el volumen mostrado en la tabla 6.12

Área	79.75 m ²
Precipitación anual	1869.3 mm
Volumen captado	149.08 m ³

Tabla 6.12. Volumen de agua captada

Fuente propia

6.2.2. Análisis de gasto

La captación se divide como se muestra a continuación:

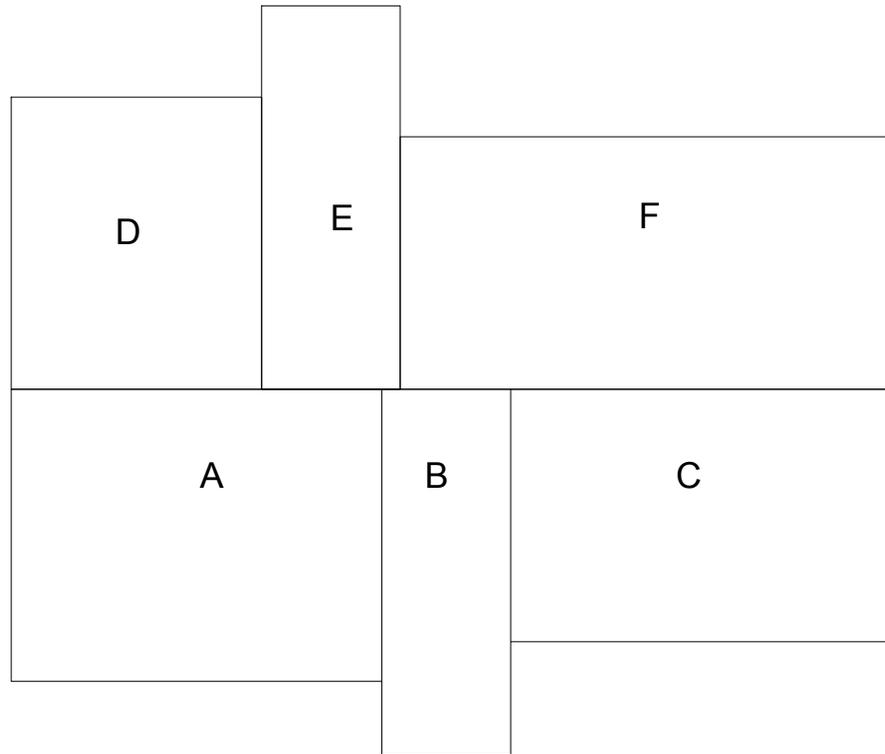


Figura 6.10. División de cuencas en la captación

Fuente propia

Usando el criterio de E. Kuishling y Gransky mencionado por Rocha (2005), para el cálculo de la intensidad de lluvia y el método racional por Aparicio (2000) se tiene que. Anexo 11

6.2.3. Almacenamiento.

Para el volumen de la cisterna se usa el criterio que Blanco (1996) propone, el cual propone calcular el volumen con la formula:

$$V = D * n * 30 * (12 - t) * Fs$$

Donde:

V= Volumen necesario para el consumo en época de secas (l)

D= Dotación (l/hab/día)

30 = Representa los días de un mes

t = numero de meses con lluvia

n = Cantidad de personas que harán uso del sistema. (Hab)

Fs= Factor de seguridad, igual a 1.3

Los tres primeros elementos de la ecuación representan el volumen de agua necesaria en un mes. El agua necesaria se considera, para este caso, igual a la captada. Por lo que se transforma la ecuación de la siguiente manera

$$V = hp_{mes} * A * (12 - t) * Fs$$

Donde:

$H_{p \text{ mes}}$ = Precipitación media mensual

A = Área de la cuenca de captación

Con esta información, se calcula el volumen necesario de la cisterna en:

129.20 m³.

Se propone una geometría, tabla 6.13:

Lado A	7.00	m
Lado B	7.40	m
Altura	2.50	m
Volumen	129.50	m ³

Tabla 6.13. Característica de la cisterna propuesta

Fuente propia

Se considera un bordo libre de 0.30 m, por lo que la altura total de la cisterna será de 2.80 m

6.2.4. Recolección.

Como se mencionó en el capítulo 4, el inmueble ya tiene canaleta, de lamina galvanizada, a los extremos de la cumbre. Recuérdese que la cubierta es a dos aguas.

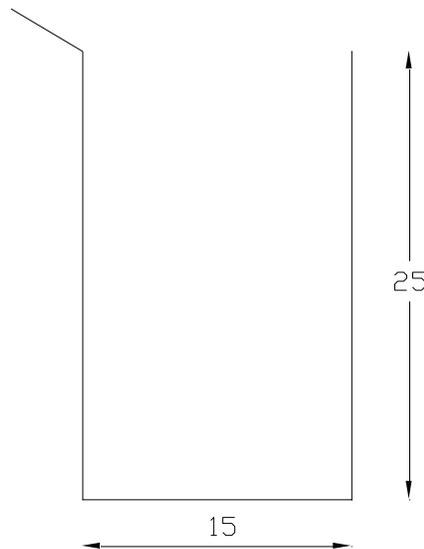


Figura 6.11. Detalle de la canaleta de lámina existente

Fuente propia

6.2.5 Conducción.

La conducción del agua producto de lluvia será llevada hasta el almacenamiento, con tubería de PVC. Analizando la tubería con lo indica Pérez (2007), se muestran los diámetro requeridos para la tubería de cada cuenca en el tabla 6.14.

Cuenca	Diámetro (plg)	Diámetro (mm)
A y B	4.0	100.0
C	6.0	150.0
D y F	4.0	100.0
F	4.0	100.0
Excedencias	6.0	150.0

Tabla 6.14. Diámetro requerido para la conducción

Fuente propia

Se propone una tubería de excedencia, la cual desemboca en un canal que se encuentra a un costado del inmueble. Ver anexo 12.

6.2.6 Tratamiento

El tratamiento para la captación es un filtro de arena, como lo propone Mundo (1997), construido con un tubo de concreto como se muestra en la figura 6.12. Recomendado para captaciones como la del presente caso.

Cada bajante debe de llevar su filtro de agua, donde lo indica el anexo 13. Del filtro saldrá la tubería que condice el agua hasta el almacenamiento.

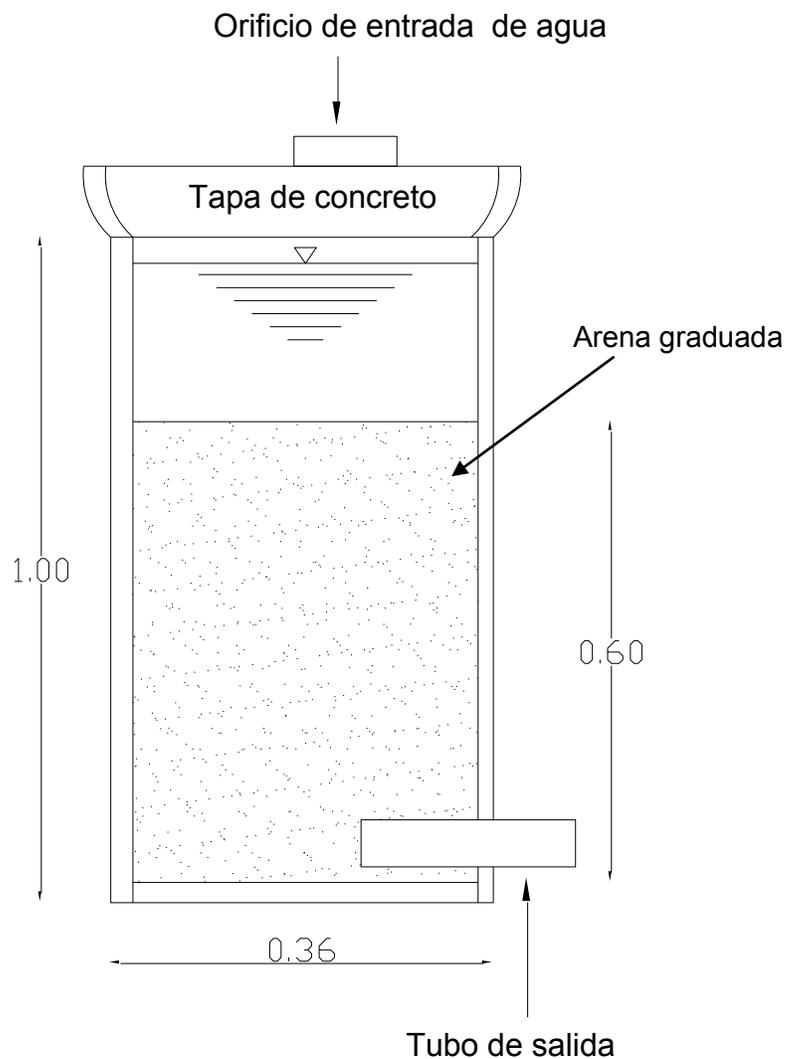


Figura 6.12. Detalle de filtro construido con un tubo de concreto.

Fuente: Mundo (1997)

6.2.7 Costo de la captación de agua pluvial

Usando la información de Comisión Nacional del Agua (2010) se tiene un costo aproximado del sistema, para la cabaña de la familia Olguín:

Partida	Costo
Conducción	\$ 4,556.11
Almacenamiento	\$ 78,421.06
Filtro	\$ 447.53
Total	\$ 83,424.70

Tabla 6.15. Costo del sistema de captación por partidas

Fuente Propia

Costo/Área de captación	\$ 1,046.08/m ²
Costo/volumen de almacenaje	\$ 644.20/m ³

Tabla 6.16. Relación costo del área de captación y el volumen de almacenaje

Fuente Propia

La tabla 6.16 muestra la relación del costo del sistema con el área de captación y el volumen de almacenaje.

CONCLUSIONES

El objetivo general del presente trabajo de investigación fue: Realizar el diseño hidráulico de un sistema de captación de agua pluvial para uso urbano para los estudios de caso que se presentan; Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, cabaña de la familia Olguín. Dicho objetivo se cumplió como se muestra a lo largo de capítulo 6, análisis de datos y diseño de propuesta.

En cuanto la pregunta ¿Qué metodología se requiere para diseñar los sistemas de captación de agua pluvial de los casos de la Universidad Intercultural Indígena y la cabaña de la familia Olguín? Ambos casos son similares, pues se propone una captación tipo SCAPT, la cual usa el techo de las estructuras existentes. El volumen de agua captada se calculó con la precipitación media anual del lugar, el volumen de la cisterna se calculó como una regularización considerando la entrada de agua de lluvia y la extracción del agua almacenada. Se necesitó cuantificar el gasto que la lluvia genera en cada uno de los techos usando el método racional. Con este dato se diseñó la recolección (canaletas de media caña) usando la ecuación de la velocidad de Manning y considerando solo la mitad del diámetro como tirante máximo de la canaleta. La recolección llevaba el agua hasta un filtro (para cada bajante), el cual usa dimensiones recomendadas en literatura. Del filtro sale directamente la tubería de conducción, la cual se diseña como un drenaje, usando nuevamente la ecuación de Manning, el gasto y

la geometría propuesta para llevar el agua hasta el almacenamiento se diseña la tubería de conducción.

Existen diferentes tipos de sistemas de captación de agua pluvial. Algunos usan el terreno y otros aprovechan el techo de las estructuras que abastecerán de líquido, como cuenca de captación. Los diferentes tipos de captación responden a necesidades específicas y recursos disponibles.

Aunque la calidad del agua de lluvia generalmente es buena, la cuenca de captación puede tener impurezas que contaminen el agua. Por lo que es recomendable tratarla. Este tratamiento puede ser con filtros de materiales pétreos o los llamados colectores de primeras aguas, que desvían las primeras lluvias que suelen limpiar el área de captación.

La información necesaria para dimensionar un sistema de este tipo es la precipitación media anual de lugar y datos de precipitación, ya sea lluvia máxima en 24 horas o datos de intensidad de lluvia. De igual manera, según el tamaño de la captación, es recomendable tener datos de precipitación media mensual.

En el caso de la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, el agua de lluvia no satisface toda la demanda necesaria. Sin embargo es posible abastecer el 77.56% del líquido necesario. Tomando en cuenta que originalmente la Universidad Intercultural Indígena será abastecida de un pozo de agua, y recordando que el gasto de la bomba es de 16 l/s, se tiene que el pozo pasa de 36.17 a 8.12 días de trabajo.

El costo del sistema es de \$ 10,934,200.82, comparando este costo con el volumen e almacenaje se tiene un precio unitario de \$570.69/m³. Es importante indicar que el costo de la cisterna representa el 94.06% del costo total de todo el sistema, 4.97% la conducción y 0.97% corresponden a la recolección y filtración de agua de lluvia.

El segundo caso, la cabaña de la familia Olguín, una captación mucho menor y de uso familiar, se considera que el agua abastecida por la lluvia cubre la necesidad de este inmueble. El costo aproximado del sistema es de \$83,424.70. De los cuales el 94.00% es el costo del almacenamiento, 5.46% la conducción y la filtración y recolección el 0.54%. Así pues se tiene: \$644.20/m³ costo por volumen de almacenamiento.

El costo por volumen de almacenamiento representa una oportunidad para compara ambos estudios de caso (la UIIM y la cabaña de la familia Olguín). El primer caso representa una captación de proporciones mayores al segundo estudio. Lo que puede concluirse que entre mas grande sea una captación mas económica es esta. Considerando el párrafo anterior, puede verse que el porcentaje de costo entre partidas es muy similar en ambos casos incluso el almacenamiento puede considerarse como un porcentaje del costo igual al 94% para ambos casos.

. Desde el punto de vista de diseño hidráulico no existe diferencia alguna entre ambos casos, pues la metodología empleada fue la misma y por ser métodos usados en esta rama de la ingeniería se considera que el dimensionamiento es confiable.

BIBLIOGRAFÍA

Aparicio Mijares, Francisco Javier. (2000)

Fundamentos de hidrología de superficies

Editorial: Limusa. México

Ávila García Patricia. (1996)

Escases de agua en una región indígena de Michoacán: el caso de la Meseta

Purépecha

El colegio de Michoacán A.C. México.

Comisión Nacional del Agua (2010)

Catalogo general de precios unitarios para la construcción de sistemas de agua potable y alcantarillado

Subgerencia de costos y precios unitarios. México.

Cosgrove, William J. y Rijsberman, Frank R. (2000)

World water vision”

Earthscan Publications Ltd. Inglaterra.

García Rivero, José Luis (2004)

Manual de construcción

Editorial Fernando Porrúa. México.

Gras Eugenio (2009).

Cosecha de agua y tierra

Ediciones COAS. México.

Ing. Blanco Simiano Anastasio (1996)

Apuntes de obras de captación. Escuela de Ing. Civil. Universidad Don Vasco A.C.

México.

Ing. Pérez Ángeles Carlos César (2007)

Apuntes de Abastecimiento de agua potable y alcantarillado. Escuela de Ing. Civil.
Universidad Don Vasco A.C.

México.

Ing. Rocha Gámez Jacob (2005)

Apuntes de Hidrología. Escuela de Ing. Civil. Universidad Don Vasco A.C.

México.

PNUMA. (2000)

Perspectivas del Medio Ambiente Mundial

Mundi-Prensa. México.

Velasco Molina, Hugo. (1976)

Cosecha de agua de lluvia en regiones áridas

Ed. CONACYT. México,

XIV Congreso Nacional de Hidráulica. (1996)

Memorias del XIV Congreso Nacional de Hidráulica

México.

OTRAS FUENTES

Agua.org.mx (2007).

<http://www.agua.org.mx/content/category/5/20/45/>

México

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2001)

Guía de diseño para captación del agua de lluvia

<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/cd47/lluvia.pdf>

Perú.

Dr. Hugo Rodríguez Uribe. (2010)

UIMM información Universidad Intercultural Indígena de Michoacán

<http://www.youtube.com/watch?v=zK42kgHA5DA>

México

e-mexico.gob.mx (2001)

http://www.e-mexico.gob.mx/work/EMM_1/Michoacan/Mpios/16102a.htm#03—

México.

<http://www.clubdelamar.org/ciclo.jpg> (2009)

México.

INEGI (2000)

Carta topográfica E14A21

México.

INEGI. (1998)

Carta topográfica E13B39

México.

Metecno México (2000)

http://www.metecno.com/spa/Product/roof/Contemporary/Metcoppo/Metcoppo_d.pdf.

México.

Secretaría de Educación Pública (2009)

http://www.sep.gob.mx/wb/sep1/calendario_escolar_2009_2010

México.

SEMARNAT (2000)

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/informe_2000/04_Agua/4.2_Balance/index.shtml.

México

SEMARNAT (2000)

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/informe_2000/04_Agua/4.4_Disponibilidad/index.shtml.

México.

SEMARNAT (2000)

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/informe_2000/04_Agua/4.5_Usos/index.shtml.

México.

Servicio Meteorológico Nacional (2010)

<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/mich/NORMAL16164.TXT>

México.

Servicio Meteorológico nacional (2010)

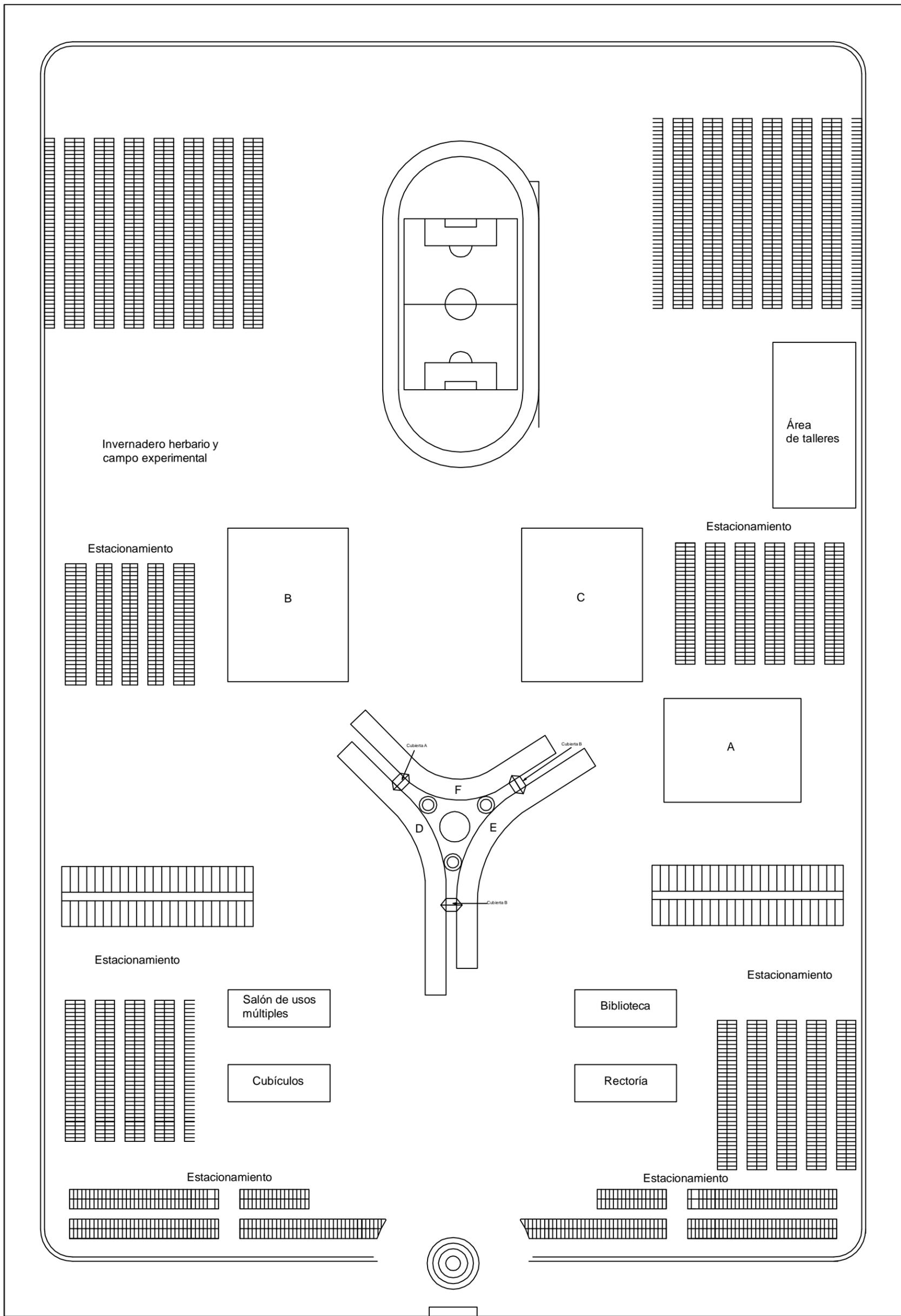
<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/mich/NORMAL16253.TXT>

México.

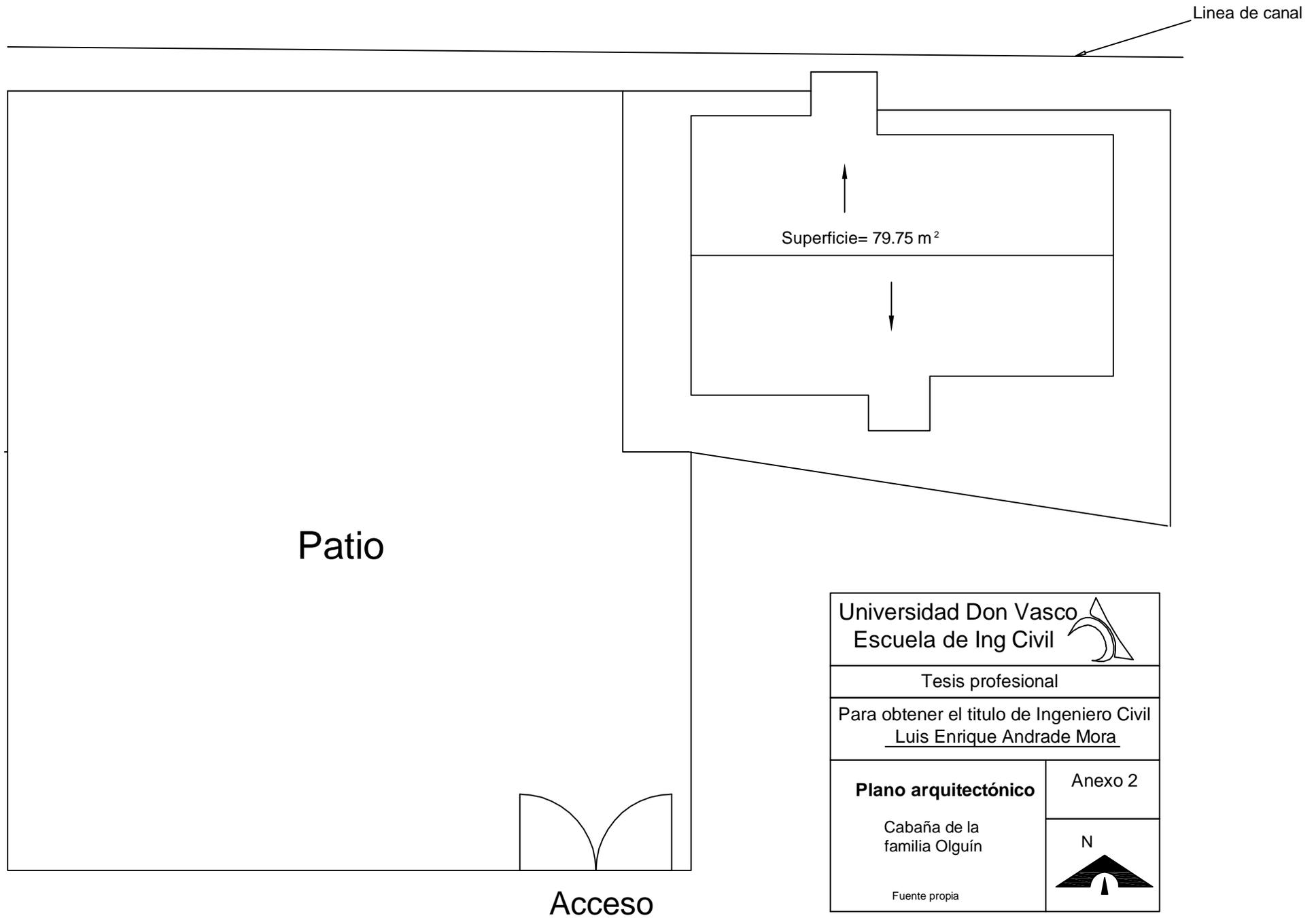
www.agua.org.mx (2007)

Agua, guía de construcción sustentable

México



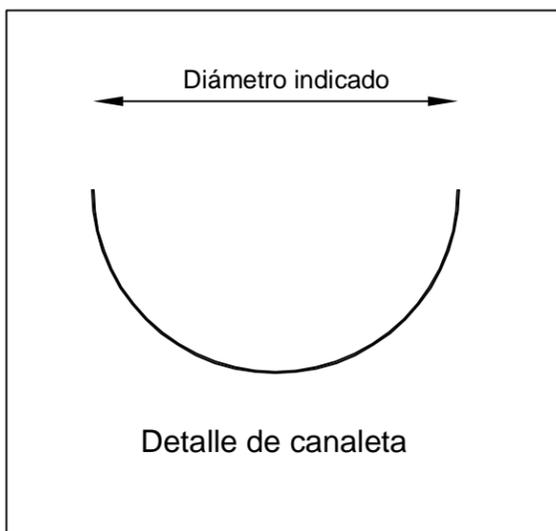
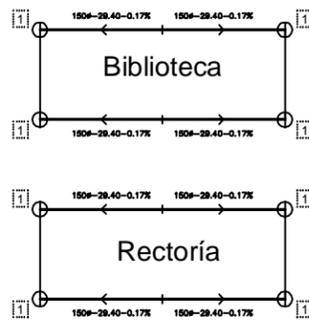
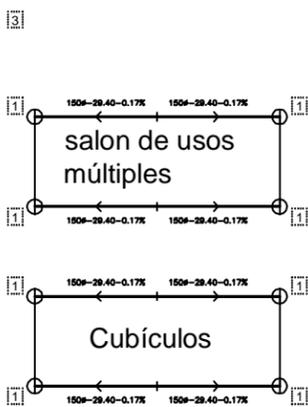
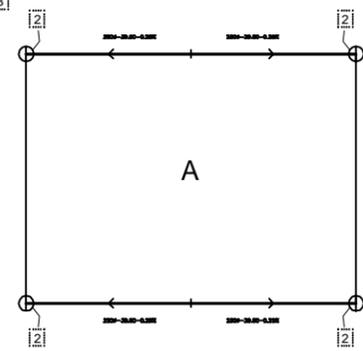
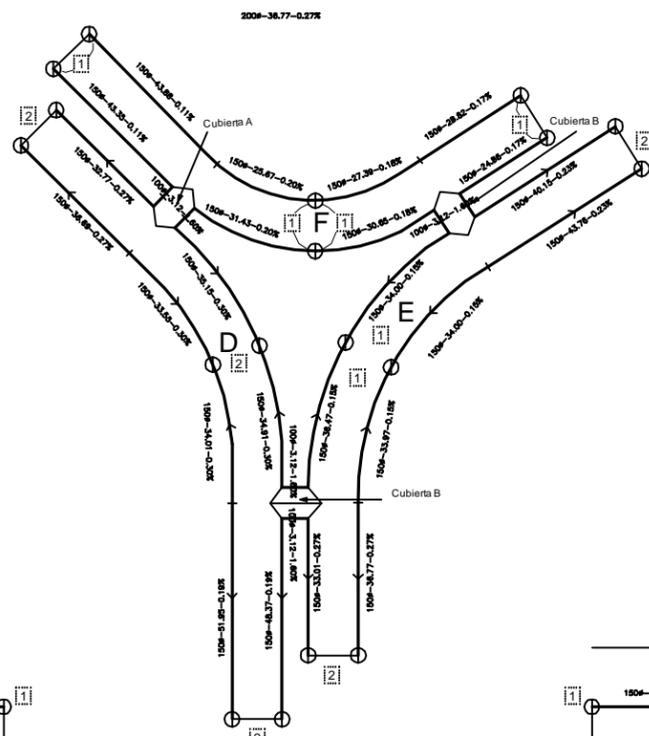
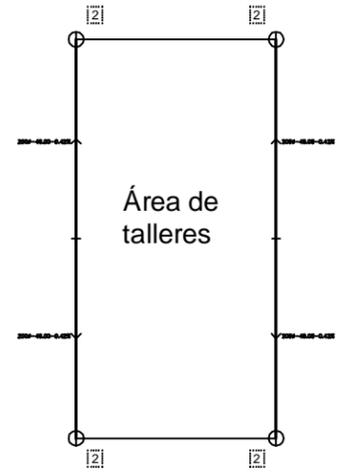
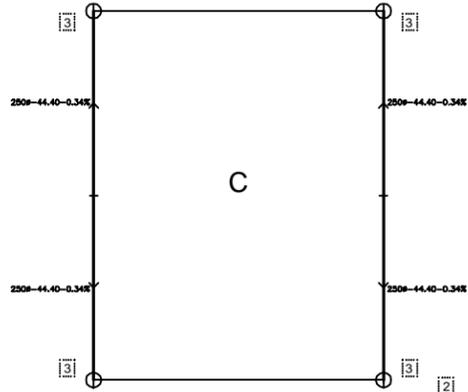
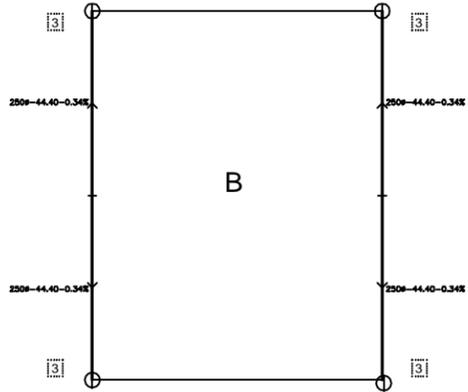
Universidad Don Vasco Escuela de Ing Civil 	
Tesis profesional Para obtener el título de Ingeniero Civil <u>Luis Enrique Andrade Mora</u>	
Plano arquitectónico	Anexo 1
Universidad Indígena de Michoacán (UIIM) Fuente: UIIM (2008)	



Universidad Don Vasco Escuela de Ing Civil 	
Tesis profesional	
Para obtener el título de Ingeniero Civil <u>Luis Enrique Andrade Mora</u>	
Plano arquitectónico	Anexo 2
Cabaña de la familia Olgúin	N 
Fuente propia	

Anexo 3 Cálculo del gasto por salida de agua

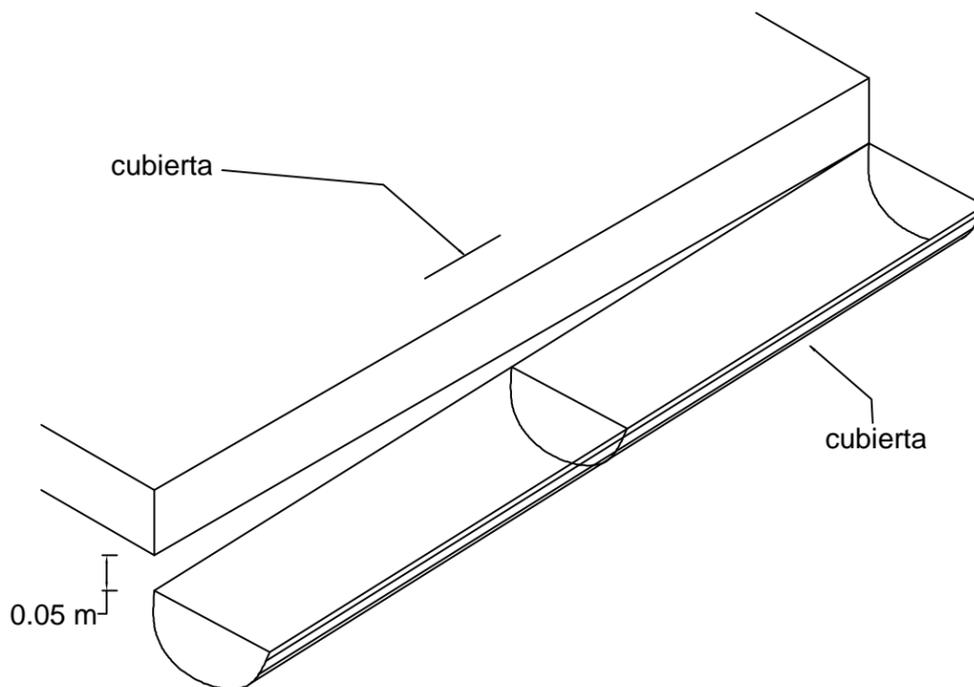
Elemento	Área (m ²)	L (m)	desnivel (m)	Tc (hr)	hpd	I (mm/hr)	Q (m ³ /s)	Q(lts/seg)
Cubiculos	317.52	29.40	0.05	0.05106	23.55	51.24	0.00339	3.39
Rectoría	317.52	29.40	0.05	0.05106	23.55	51.24	0.00339	3.39
Salón de usos multiples	317.52	29.40	0.05	0.05106	23.55	51.24	0.00339	3.39
Biblioteca	317.52	29.40	0.05	0.05106	23.55	51.24	0.00339	3.39
Área de talleres	576.00	24.00	0.10	0.03093	21.30	76.52	0.00919	9.19
Edificio A	1188.00	39.60	0.10	0.05515	23.91	48.17	0.01193	11.93
Edificio B	1545.12	44.4	0.15	0.05385	23.80	49.11	0.01582	15.82
Edificio C	1545.12	44.4	0.15	0.05385	23.80	49.11	0.01582	15.82
Edificio D 1	219.65	36.66	0.10	0.05045	23.49	51.73	0.00237	2.37
Edificio D 2	219.76	33.88	0.10	0.04606	23.06	55.64	0.00255	2.55
Edificio D 3	219.98	34.01	0.10	0.04626	23.09	55.45	0.00254	2.54
Edificio D 4	311.625	51.94	0.10	0.07544	25.46	37.49	0.00244	2.44
Edificio E 1	261.74	43.76	0.10	0.06190	24.47	43.93	0.00240	2.40
Edificio E 2	215.825	34	0.05	0.06039	24.35	44.80	0.00202	2.02
Edificio E 3	228.15	34.11	0.05	0.06062	24.37	44.67	0.00212	2.12
Edificio E 4	219.49	36.58	0.10	0.05032	23.48	51.84	0.00237	2.37
Edificio F 1	255.51	43.93	0.05	0.08119	25.83	35.35	0.00188	1.88
Edificio F 2	180.015	25.67	0.05	0.04365	22.82	58.08	0.00218	2.18
Edificio F 3	186.01	27.39	0.05	0.04705	23.16	54.70	0.00212	2.12
Edificio F 4	171.83	28.82	0.05	0.04990	23.44	52.19	0.00187	1.87
Cubierta A	24.42	3.12	0.05	0.00383	14.02	407.16	0.00207	2.07
Cubierta B	24.42	3.12	0.05	0.00383	14.02	407.16	0.00207	2.07
Cubierta C	24.42	3.12	0.05	0.00383	14.02	407.16	0.00207	2.07



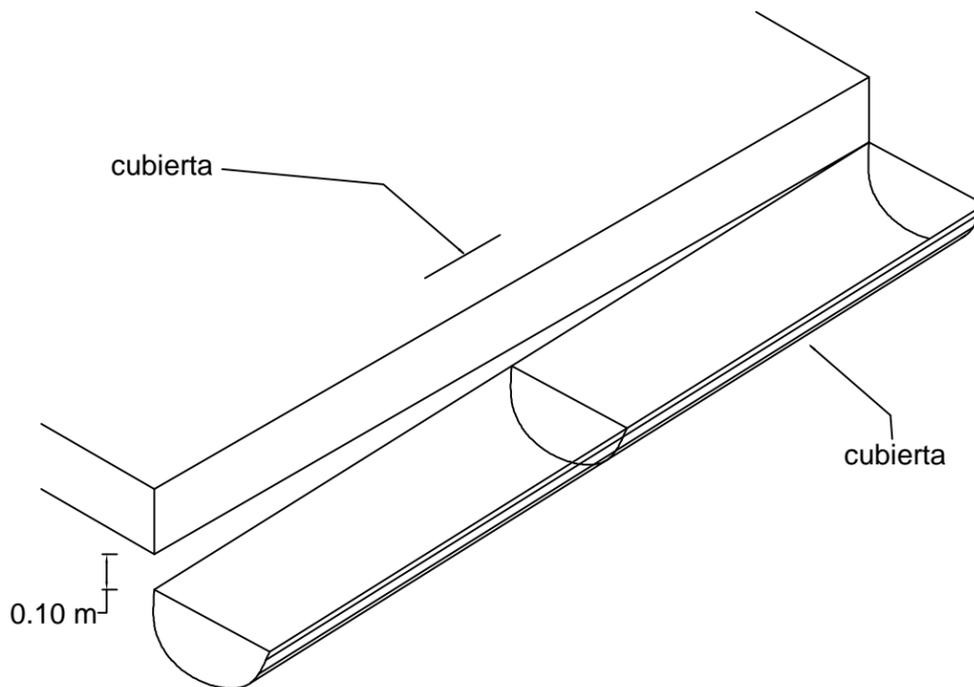
Simbología	
	Bajante
	Canaleta de media caña
$\phi(\text{mm})\text{-Long.}(\text{m})\text{-Pend.}\%$	
	Ver detalle 1
	Ver detalle 2
	Ver detalle 3
Universidad Don Vasco Escuela de Ing Civil	
Tesis profesional	
Para obtener el título de Ingeniero Civil Luis Enrique Andrade Mora	
Instalación de canaleta	Anexo 4 1 de 2
Universidad Indígena de Michoacán (UIIM)	
Fuente propia	

Detalle de canaleta

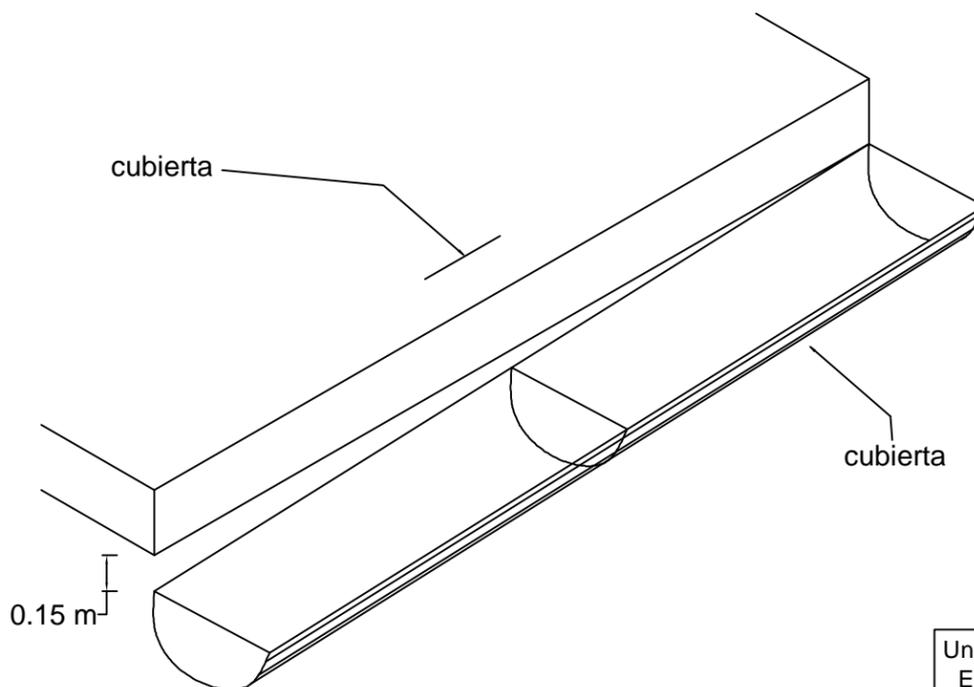
Detalle 1



Detalle 2



Detalle 3



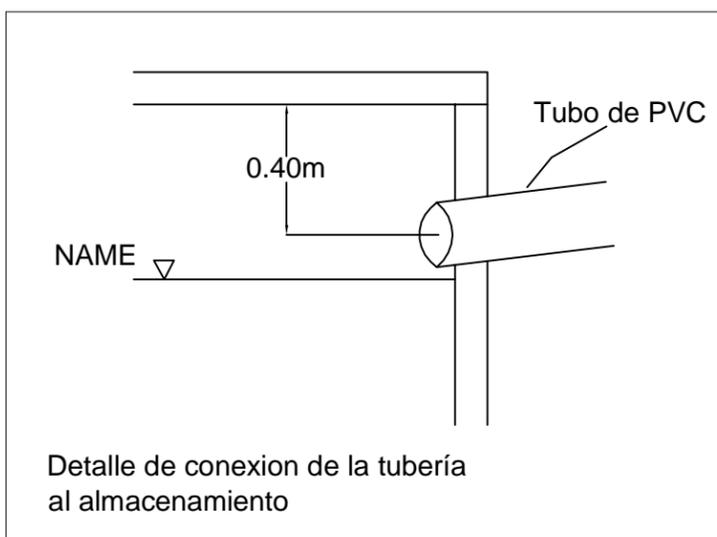
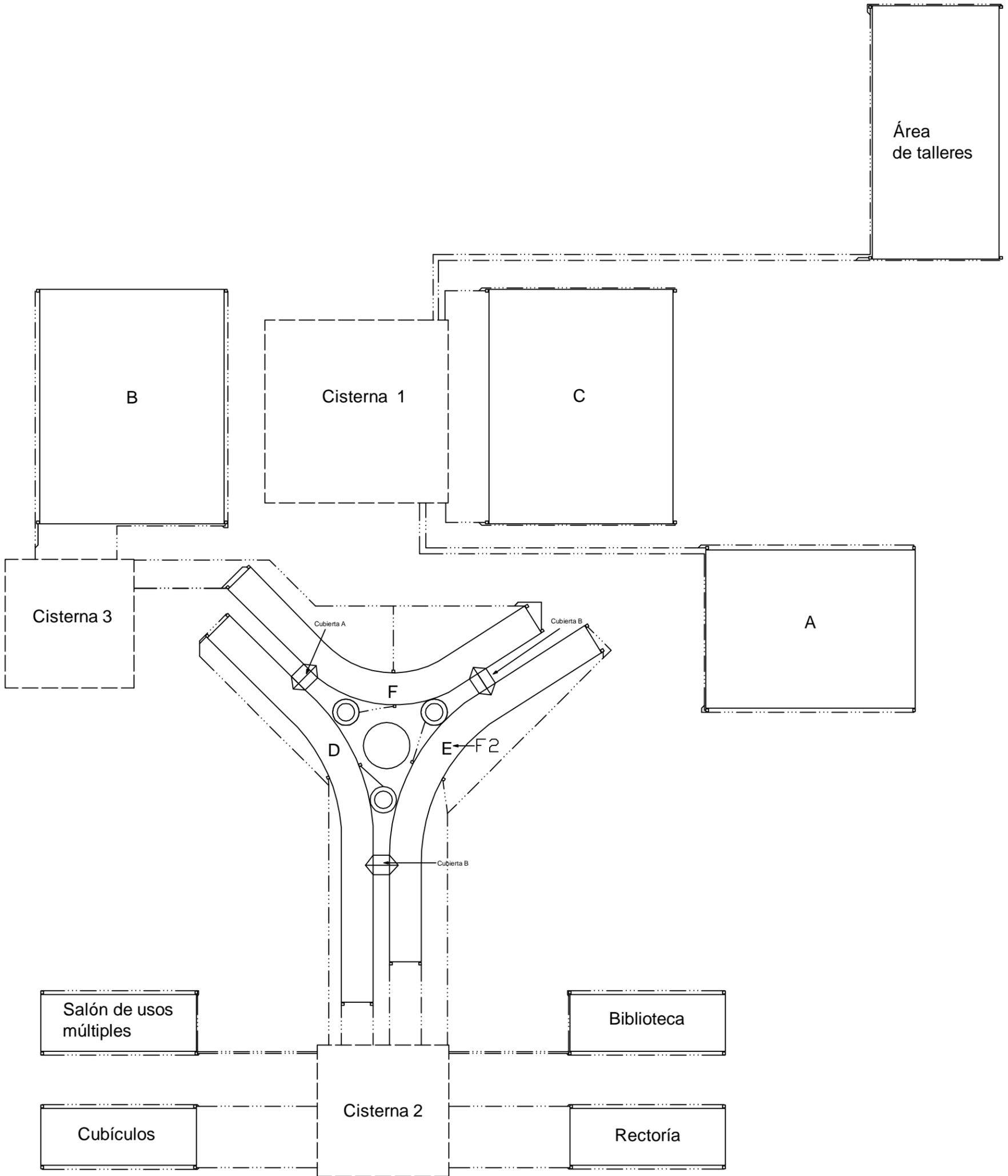
Universidad Don Vasco Escuela de Ing Civil 	
Tesis profesional	
Para obtener el título de Ingeniero Civil <u>Luis Enrique Andrade Mora</u>	
Instalación de canaleta	Anexo 4 2 de 2
Universidad Indígena de Michoacán (UIIM)	
Fuente propia	

Anexo 5 Diseño de canaletas de media caña

n= 0.009

Cubierta	Tramo	Q	Pendiente (mm)	Diámetro		A (m ²)	P (m)	R ^{^(2/3)}	V	Q	Qm/Q	Vm/V	Vm	d/D	d
		(m ³ /s)		plg	(m)				(m/s)	(m ³ /s)			(m/s)		(m)
Salón de usos múltiples	Único	0.0034	1.70	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.513	0.0091	0.3739	0.928	0.477	0.424	0.064
Cubículos	Único	0.0096	1.70	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.513	0.0091	0.3739	0.928	0.477	0.424	0.064
Biblioteca	Único	0.0096	1.70	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.513	0.0091	0.3739	0.928	0.477	0.424	0.064
Rectoría	Único	0.0096	1.70	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.513	0.0091	0.3739	0.928	0.477	0.424	0.064
Edificio A	Único	0.0119	2.53	10.0	0.250	0.049	0.785	0.157	0.879	0.0432	0.2764	0.855	0.752	0.360	0.090
Edificio B	Único	0.0158	3.38	10.0	0.250	0.049	0.785	0.157	1.017	0.0499	0.3169	0.888	0.903	0.387	0.097
Edificio C	Único	0.0158	3.38	10.0	0.250	0.049	0.785	0.157	1.017	0.0499	0.3169	0.888	0.903	0.387	0.097
Área de talleres	Único	0.0092	4.17	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.973	0.0306	0.3005	0.875	0.851	0.376	0.075
Edificio D (1)	Único	0.0024	2.73	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.650	0.0115	0.2062	0.788	0.512	0.308	0.046
Edificio D (2)	Único	0.0025	2.95	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.676	0.0120	0.2133	0.795	0.538	0.314	0.047
Edificio D (3)	Único	0.0025	2.94	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.675	0.0119	0.2132	0.795	0.537	0.314	0.047
Edificio D (4)	Único	0.0024	1.93	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.546	0.0097	0.2524	0.834	0.455	0.343	0.051
Edificio E (1)	Único	0.0024	2.29	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.595	0.0105	0.2280	0.810	0.482	0.325	0.049
Edificio E (2)	Único	0.0020	1.47	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.477	0.0084	0.2390	0.821	0.392	0.333	0.050
Edificio E (3)	Único	0.0021	1.47	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.477	0.0084	0.2523	0.833	0.397	0.342	0.051
Edificio E (4)	Único	0.0024	2.73	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.651	0.0115	0.2063	0.866	0.564	0.369	0.055
Edificio F (1)	Único	0.0019	1.14	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.420	0.0074	0.2538	0.835	0.351	0.344	0.052
Edificio F (2)	Único	0.0022	1.95	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.549	0.0097	0.2245	0.807	0.443	0.322	0.048
Edificio F (3)	Único	0.0021	1.83	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.532	0.0094	0.2257	0.808	0.430	0.323	0.048
Edificio F (4)	Único	0.0019	1.73	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.519	0.0092	0.2041	0.786	0.407	0.307	0.046
Cubierta A	Único	0.0021	16.03	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	1.203	0.0094	0.2195	0.801	0.964	0.318	0.032
Cubierta B	Único	0.0021	16.03	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	1.203	0.0094	0.2195	0.801	0.964	0.318	0.032
Cubierta C	Único	0.0021	16.03	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	1.203	0.0094	0.2195	0.801	0.964	0.318	0.032

Nota: Se considera que el tirante máximo de la canaleta es la mitad del diámetro del tubo.



Simbología	
	Tubería de PVC
	Cisterna
	Filtro
Universidad Don Vasco Escuela de Ing Civil	
Tesis profesional	
Para obtener el título de Ingeniero Civil Luis Enrique Andrade Mora	
Instalación de canaleta	Anexo 6
Universidad Indígena de Michoacán (UIIM)	
Fuente propia	

Anexo 7

Calculo de volumen de cisterna

Área de captacion: 32,318.015 m²

Clases/año

201

Alumnos

10,000

Mes	Precipitación mensual (mm)	volumen captado	Dias/mes	Dias laborados	Dotacion (l/alumno/turno)	Vol req (m3)	Parcial (m3)	Acumulado (m3)
Enero	12.0	387.82	31	17	25.00	4250.00	-3862.18	-3862.18
Febrero	11.0	355.50	28	19	25.00	4750.00	-4394.50	-8256.69
Marzo	7.3	235.92	31	19	25.00	4750.00	-4514.08	-12770.76
Abril	12.8	413.67	30	15	25.00	3750.00	-3336.33	-16107.09
Mayo	79.8	2578.98	31	18	25.00	4500.00	-1921.02	-18028.12
Junio	185.8	6004.69	30	22	25.00	5500.00	504.69	-17523.43
Julio	274.0	8855.14	31	7	25.00	1750.00	7105.14	-10418.29
Agosto	261.2	8441.47	31	7	25.00	1750.00	6691.47	-3726.83
Septiembre	214.6	6935.45	30	21	25.00	5250.00	1685.45	-2041.38
Octubre	97.6	3154.24	31	21	25.00	5250.00	-2095.76	-4137.14
Noviembre	24.9	804.72	30	20	25.00	5000.00	-4195.28	-8332.42
Dicembre	19.0	614.04	31	15	25.00	3750.00	-3135.96	-11468.38

Total 38781.62

Max: -2041.38
 Min: -18028.12
 Volumen: 15986.73
 Coeficiente: 0.412

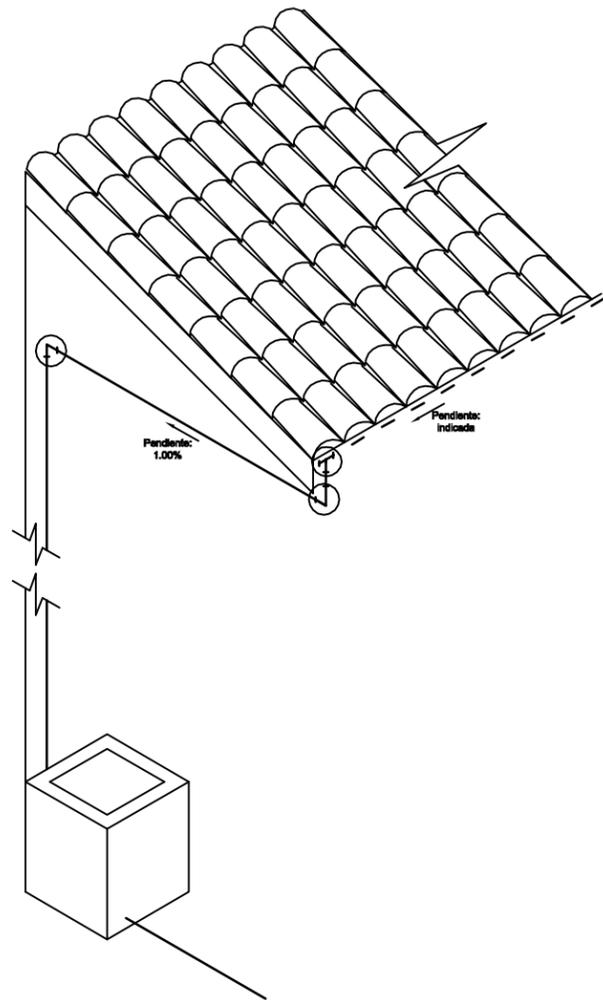
Coeficiente: 0.412

Almacenamiento	Vol de agua anual (m3)	Volumen de cisterna (m3)	Volumen + 25% Fs (m3)	Área de cisterna (m2)
Cisterna 1	18616.18	7674.04	9592.56	4796.28
Cisterna 2	9598.21	3956.62	4945.77	2472.89
Cisterna 3	8968.78	3697.15	4621.44	2310.72
Almacenamiento	Vol de agua anual (m3)	Volumen de cisterna (m3)	Volumen + 25% Fs (m3)	Volumen de cisterna (m3)
Cisterna 4	555.01	228.79	251.67	274.89
Cisterna 5	575.09	237.07	260.77	274.89
Cisterna 6	468.35	193.07	212.37	274.89

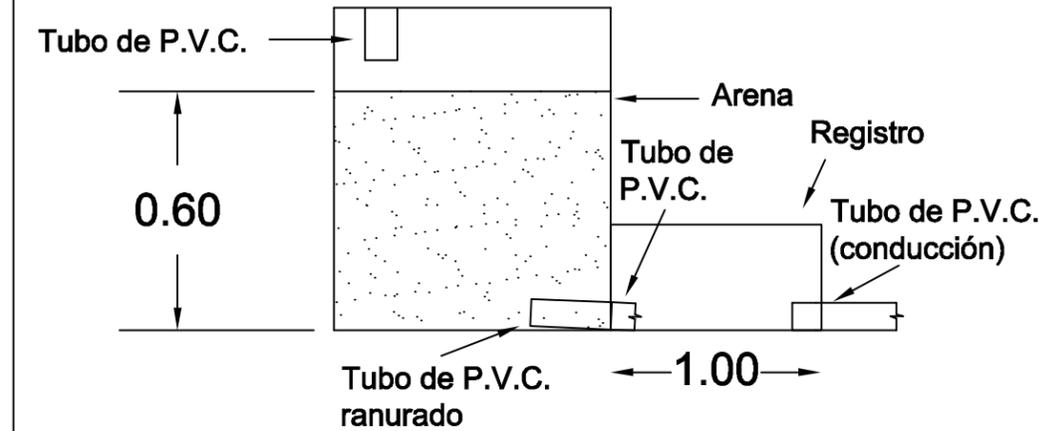
Geometria		
Cisterna 1	69.26	69.26
Cisterna 2	49.73	49.73
Cisterna 3	48.07	48.07

Nota: Las cisternas 4, 5 y 6 son cisternas contempladas en el proyecto original

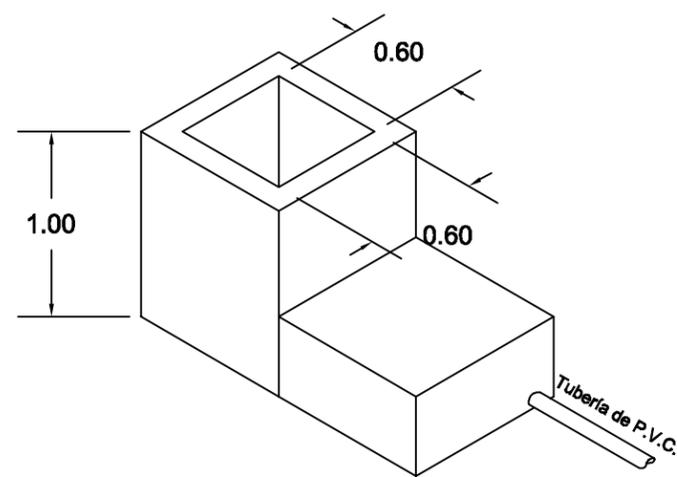
**Detalle de conexión
(canaleta, bajante y filtro)**



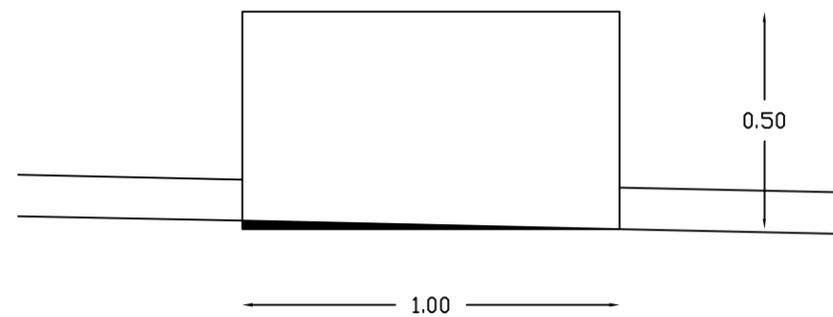
Detalle de filtro de arena



**Detalle de filtro
(isométrico)**



Detalle de registro



Simbología

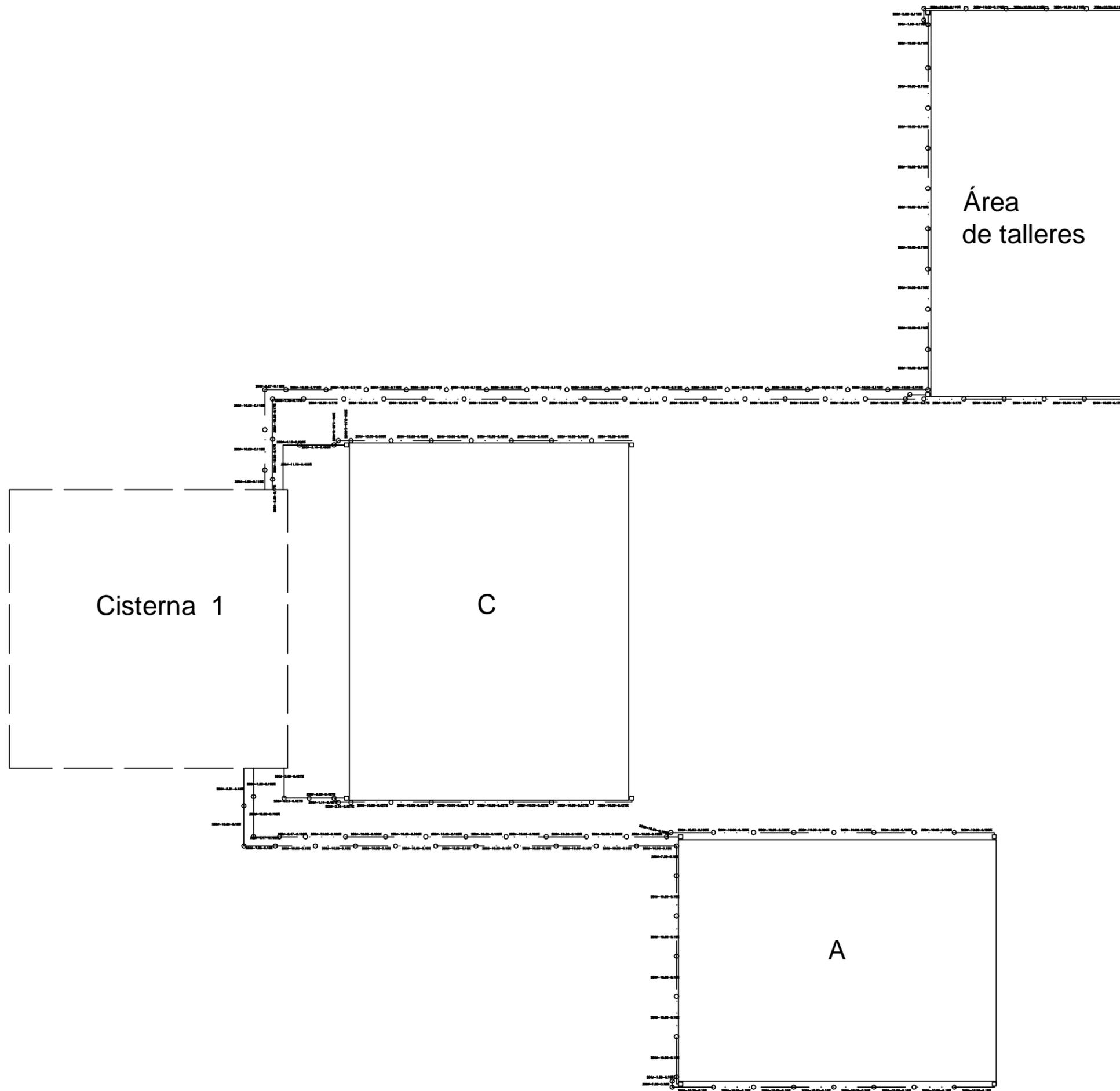
-  Canaleja de P.V.C. 100 mm de diámetro
-  Tubo de P.V.C. de 100 mm de diámetro
-  Codo de P.V.C. de 90° y 100 mm de diámetro
-  Filtro de arena para agua
-  TEE de P.V.C. de 100 mm de diámetro

Universidad Don Vasco
Escuela de Ing Civil 

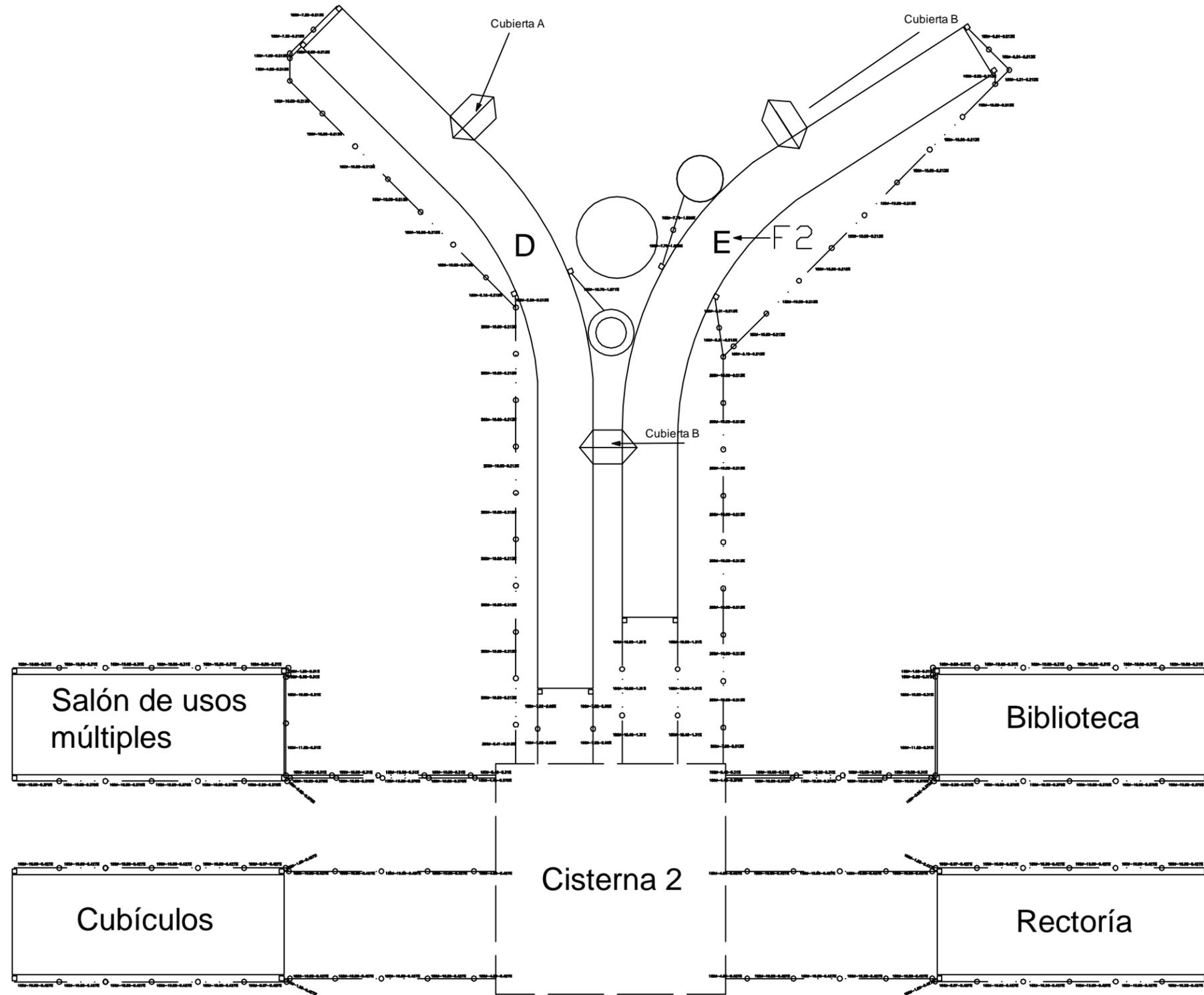
Tesis profesional

Para obtener el título de Ingeniero Civil
Luis Enrique Andrade Mora

Detalles varios	Anexo 8
Universidad Indígena de Michoacán (UIIM)	
Fuente propia	



Simbología	
	Registros
	Tubería de PVC
	Filtro de arena
	Cisterna
$\phi(\text{mm})\text{-Long.}(\text{m})\text{-Pend.}\%$	
Universidad Don Vasco Escuela de Ing Civil 	
Tesis profesional	
Para obtener el título de Ingeniero Civil <u>Luis Enrique Andrade Mora</u>	
Instalación de tubería Universidad Indígena de Michoacán (UIM) Fuente propia	Anexo 9 1 de 3 N 



Simbología

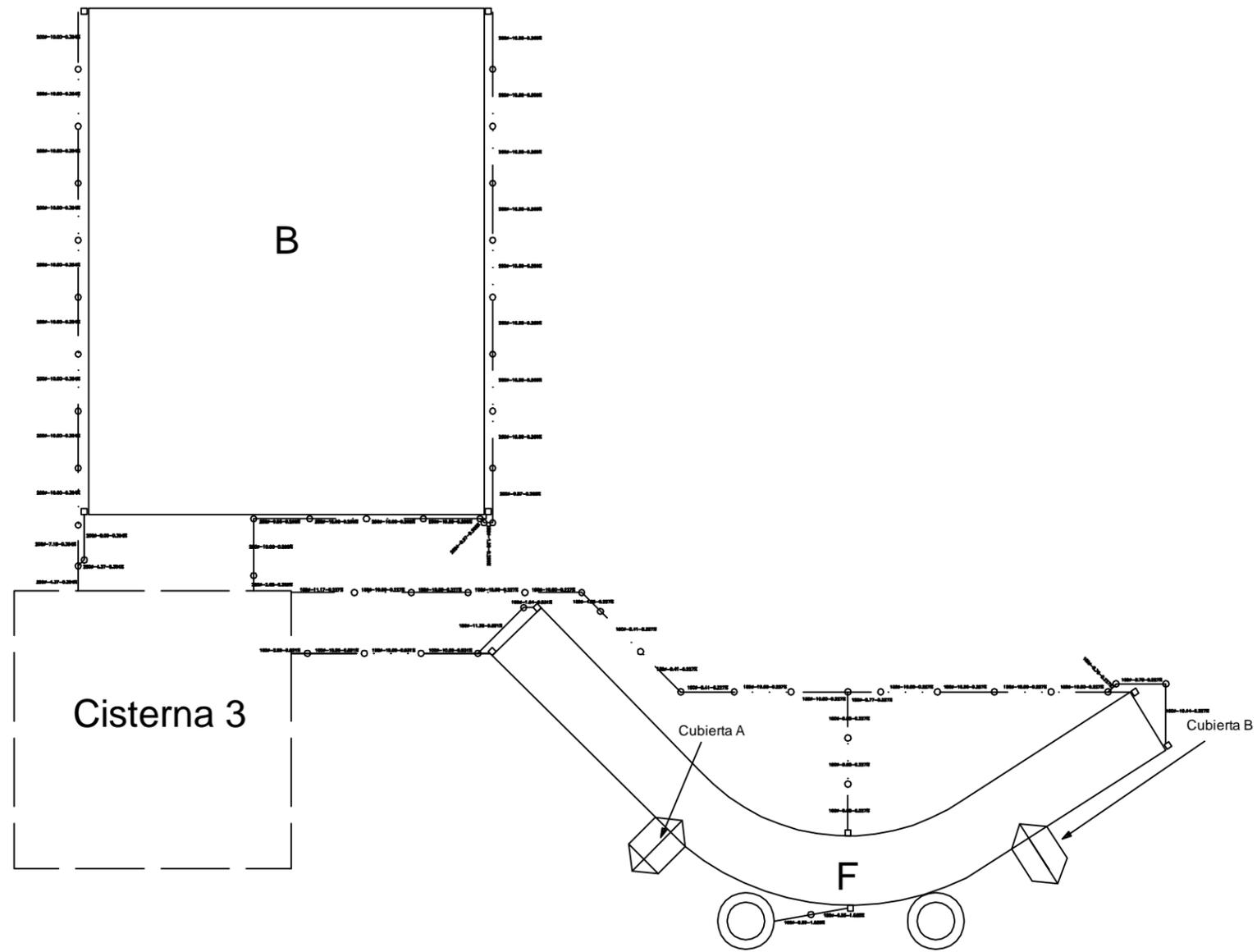
-  Registros
-  Tubería de PVC
-  Filtro de arena
-  Cisterna
- $\phi(\text{mm})\text{-Long.}(\text{m})\text{-Pend.}\%$

Universidad Don Vasco
Escuela de Ing Civil 

Tesis profesional
Para obtener el título de Ingeniero Civil
Luis Enrique Andrade Mora

Instalación de tubería Universidad Indígena de Michoacán (UIM)	Anexo 9 2 de 3
	

Fuente propia



Simbología	
	Registros
	Tubería de PVC
	Filtro de arena
	Cisterna
$\phi(\text{mm})\text{-Long.}(\text{m})\text{-Pend.}\%$	
Universidad Don Vasco Escuela de Ing Civil 	
Tesis profesional	
Para obtener el título de Ingeniero Civil <u>Luis Enrique Andrade Mora</u>	
Instalación de tubería Universidad Indígena de Michoacán (UIM)	Anexo 9 3 de 3
Fuente propia	

Aneo 10 Diseño de tubería de conducción

n= 0.009

Tramo	Q (m ³ /s)	Pendiente (mm)	Diámetro		A (m ²)	P (m)	Tubo lleno			Qm/Q	Vm/V	Vm (m/s)	d/D	d (m)
			plg	(m)			R ^{^(2/3)}	Vel (m/s)	Q (m ³ /s)					
Salón de usos múltiples (1)														
1	0.0033922	3.1	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.529	0.004154	0.81658	1.115	0.590	0.687	0.069
2	0.0033922	3.1	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.529	0.004154	0.81658	1.115	0.590	0.687	0.069
3	0.0067845	3.1	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.693	0.012248	0.55392	1.025	0.711	0.531	0.080
Salón de usos múltiples (2)														
1	0.0033922	3.79	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.585	0.004593	0.73851	1.094	0.640	0.639	0.064
2	0.0033922	3.79	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.585	0.004593	0.73851	1.094	0.640	0.639	0.064
3	0.0067845	3.79	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.766	0.013543	0.50097	1.001	0.767	0.501	0.075
Cubículos (1)														
1	0.0033922	4.27	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.621	0.004876	0.69577	1.081	0.671	0.614	0.061
2	0.0033922	4.27	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.621	0.004876	0.69577	1.081	0.671	0.614	0.061
3	0.0067845	4.27	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.813	0.014375	0.47197	0.986	0.802	0.484	0.073
Cubículos (2)														
1	0.0033922	4.27	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.621	0.004876	0.69577	1.081	0.671	0.614	0.061
2	0.0033922	4.27	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.621	0.004876	0.69577	1.081	0.671	0.614	0.061
3	0.0067845	4.27	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.813	0.014375	0.47197	0.986	0.802	0.484	0.073
Biblioteca (1)														
1	0.0033922	3.1	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.529	0.004154	0.81658	1.115	0.590	0.687	0.069
2	0.0033922	3.1	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.529	0.004154	0.81658	1.115	0.590	0.687	0.069
3	0.0067845	3.1	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.693	0.012248	0.55392	1.025	0.711	0.531	0.080
Biblioteca (2)														
1	0.0033922	3.79	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.585	0.004593	0.73851	1.094	0.640	0.639	0.064
2	0.0033922	3.79	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.585	0.004593	0.73851	1.094	0.640	0.639	0.064
3	0.0067845	3.79	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.766	0.013543	0.50097	1.001	0.767	0.501	0.075
Rectoría (1)														
1	0.0033922	4.27	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.621	0.004876	0.69577	1.081	0.671	0.614	0.061
2	0.0033922	4.27	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.621	0.004876	0.69577	1.081	0.671	0.614	0.061
3	0.0067845	4.27	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.813	0.014375	0.47197	0.986	0.802	0.484	0.073
Rectoría (2)														
1	0.0033922	4.27	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.621	0.004876	0.69577	1.081	0.671	0.614	0.061
2	0.0033922	4.27	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.621	0.004876	0.69577	1.081	0.671	0.614	0.061
3	0.0067845	4.27	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.813	0.014375	0.47197	0.986	0.802	0.484	0.073
Edificio A (1)														
1	0.0119325	1.98	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.671	0.021081	0.56604	1.031	0.692	0.538	0.108
2	0.0119325	1.98	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.671	0.021081	0.56604	1.031	0.692	0.538	0.108
3	0.0238650	1.98	10.0	0.250	0.049	0.785	0.157	0.779	0.038222	0.62438	1.055	0.821	0.572	0.143
Edificio A (2)														
1	0.0119325	1.5	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.584	0.018348	0.65033	1.065	0.622	0.587	0.117
2	0.0119325	1.5	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.584	0.018348	0.65033	1.065	0.622	0.587	0.117
3	0.0238650	1.5	10.0	0.250	0.049	0.785	0.157	0.678	0.033268	0.71736	1.088	0.737	0.627	0.157
Edificio B (1)														
1	0.0158198	3.94	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.947	0.029737	0.53198	1.016	0.961	0.519	0.104
2	0.0158198	3.94	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.947	0.029737	0.53198	1.016	0.961	0.519	0.104
3	0.0316396	3.94	10.0	0.250	0.049	0.785	0.157	1.098	0.053917	0.58682	1.040	1.142	0.551	0.138
Edificio B (2)														
1	0.0158198	2.69	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.782	0.024571	0.64383	1.062	0.831	0.584	0.117
2	0.0158198	2.69	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.782	0.024571	0.64383	1.062	0.831	0.584	0.117
3	0.0316396	2.69	10.0	0.250	0.049	0.785	0.157	0.908	0.044551	0.71019	1.085	0.985	0.623	0.156
Edificio C (1)														
1	0.0158198	4.27	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.985	0.030958	0.51101	1.005	0.991	0.506	0.101
2	0.0158198	4.27	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.985	0.030958	0.51101	1.005	0.991	0.506	0.101
3	0.0316396	4.27	10.0	0.250	0.049	0.785	0.157	1.143	0.056130	0.56368	1.030	1.177	0.537	0.134
Edificio C (2)														
1	0.0158198	4.06	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.961	0.030187	0.52406	1.012	0.972	0.514	0.103
2	0.0158198	4.06	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.961	0.030187	0.52406	1.012	0.972	0.514	0.103
3	0.0316396	4.06	10.0	0.250	0.049	0.785	0.157	1.115	0.054732	0.57808	1.036	1.155	0.545	0.136
Área de talleres (1)														
1	0.0091895	1.7	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.622	0.019533	0.47045	0.985	0.613	0.483	0.097
2	0.0091895	1.7	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.622	0.019533	0.47045	0.985	0.613	0.483	0.097
3	0.0183790	1.7	10.0	0.250	0.049	0.785	0.157	0.721	0.035416	0.51894	1.009	0.728	0.511	0.128
Área de talleres (2)														
1	0.0091895	1.19	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.520	0.016343	0.56230	1.029	0.535	0.536	0.107
2	0.0091895	1.19	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.520	0.016343	0.56230	1.029	0.535	0.536	0.107
3	0.0183790	1.19	10.0	0.250	0.049	0.785	0.157	0.604	0.029632	0.62025	1.053	0.636	0.570	0.142
D (1)														
1	0.0034057	2.13	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.438	0.003443	0.98904	1.140	0.500	0.810	0.081
2	0.0023692	2.13	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.438	0.003443	0.68803	1.078	0.473	0.609	0.061
3	0.0057749	2.13	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.575	0.010153	0.56882	1.032	0.593	0.540	0.081
4	0.0050927	2.13	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.575	0.010153	0.50162	1.001	0.575	0.501	0.075
5	0.0108676	2.13	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.696	0.021865	0.49704	0.998	0.695	0.498	0.100
D (2)														
1	0.0024361	26.6	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	1.549	0.012169	0.20019	0.781	1.210	0.303	0.030
D (3)														
1	0.0034726	26.6	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	1.549	0.012169	0.28537	0.863	1.337	0.366	0.037
D (4)														
1	0.0071657	18.71	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	1.299	0.010206	0.70213	1.083	1.407	0.617	0.062
E (1)														
1	0.0034337	2.13	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.575	0.010153	0.33821	0.903	0.519	0.401	0.060
2	0.0023972	2.13	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.438	0.003443	0.69615	1.080	0.474	0.614	0.061
3	0.0058309	2.13	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.575	0.010153	0.57433	1.034	0.594	0.543	0.082
4	0.0041407	2.13	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	0.575	0.010153	0.40785	0.949	0.545	0.445	0.067
5	0.0099716	2.13	8.0	0.200	0.031	0.628	0.136	0.696	0.021865	0.45606	0.977	0.680	0.474	0.095
E (2)														
1	0.0023723	13.16	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	1.090	0.008559	0.27716	0.855	0.932	0.360	0.036
E (3)														
1	0.0034088	15.89	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	1.198	0.009405	0.36244	0.920	1.102	0.416	0.042
E (4)														
1	0.0062138	13.16	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	1.090	0.008559	0.72597	1.090	1.188	0.632	0.063
F (1)														
1	0.0029064	2.27	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	0.453	0.003555	0.81759	1.115	0.505	0.688	0.069
2														

Anexo 11: Estimación del gasto, Cabaña de la familia Olguín

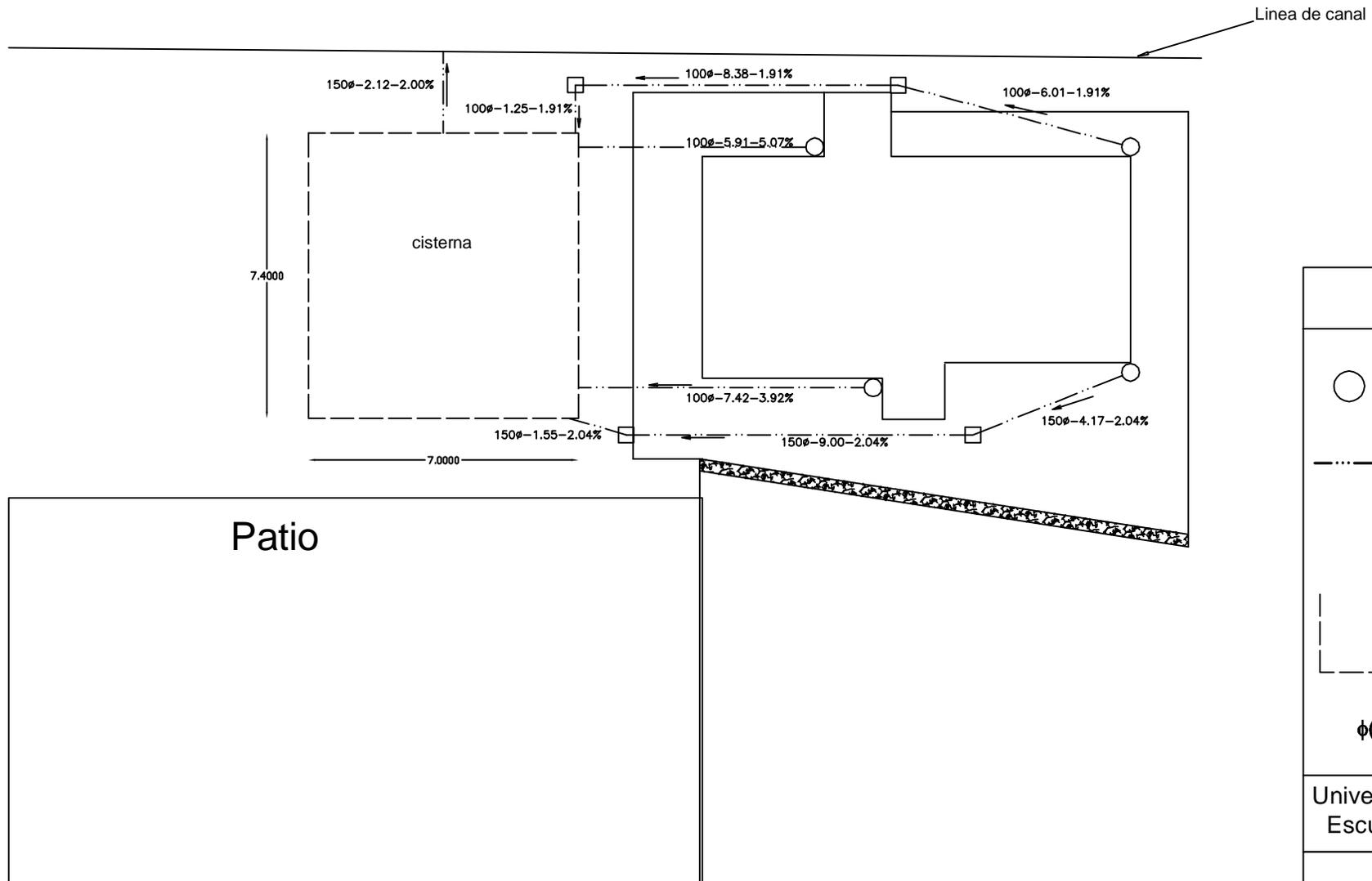
e= 0.80
k= 18.22
C= 0.80

Cuenca	Área (m ²)	Longitud (m)	hp _{max} 24 hrs	Tc (hr)	I (mm/hr)	Q (m ³ /s)	Q (l/s)
A	17.15	4.66	172.00	0.006083	599.74	0.00229	2.29
B	7.47	1.62	172.00	0.001795	1592.07	0.00264	2.64
C	39.98	1.62	172.00	0.001795	1592.07	0.01416	14.16
D	11.59	3.16	172.00	0.003884	858.70	0.00221	2.21
E	8.40	1.74	172.00	0.001950	1490.35	0.00278	2.78
F	17.78	6.22	172.00	0.008491	459.30	0.00182	1.82

Anexo 12: Análisis de tubería de conducción, Cabaña familia Olgúin

n= 0.009

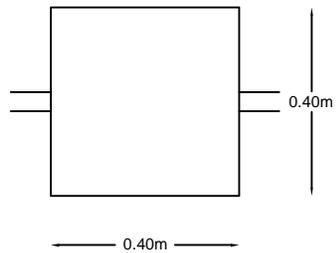
					Tubo lleno									
Tramo	Q	Pendiente	Diámetro		A	P	R^(2/3)	Vel	Q	Qm/Q	Vm/V	Vm	d/D	d
	(m3/s)	(mm)	plg	(m)	(m2)	(m)		(m/s)	(m3/s)			(m/s)		(m)
Cuenca A y B														
Único	0.00493	39.22	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	1.881	0.0148	0.33381	0.900	1.693	0.398	0.040
Cuenca C														
Único	0.01416	20.38	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	1.777	0.0314	0.45077	0.974	1.732	0.471	0.071
Cuenca D y E														
Único	0.00500	50.76	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	2.140	0.0168	0.29730	0.872	1.867	0.374	0.037
Cuenca F														
Único	0.00182	19.18	4.0	0.100	0.008	0.314	0.085	1.316	0.0103	0.17576	0.881	1.159	0.381	0.038
Excedentes														
Único	0.02590	20.00	6.0	0.150	0.018	0.471	0.112	1.760	0.0311	0.83260	1.119	1.969	0.697	0.105



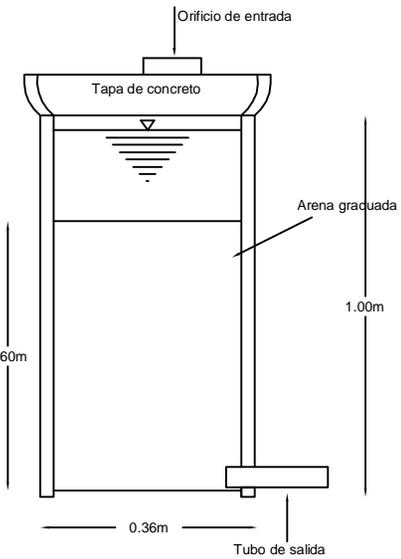
Simbología	
	Filtro de arena
	Tubería de PVC
	Registros
	Cisterna
$\phi(\text{mm})\text{-Long.}(\text{m})\text{-Pend.}\%$	
Universidad Don Vasco Escuela de Ing Civil 	
Tesis profesional	
Para obtener el título de Ingeniero Civ <u>Luis Enrique Andrade Mora</u>	
Instalación de sistema de captación	Anexo 13 1 de 2
Cabaña de la familia Olguín Fuente propia	N 

Detalle de registro

Planta

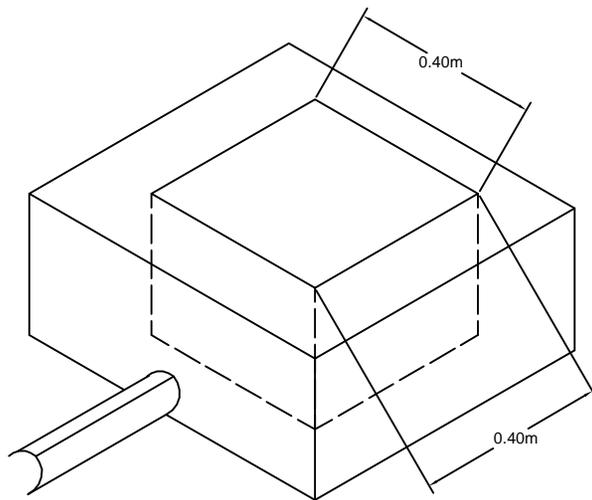


Detalle de filtro de arena



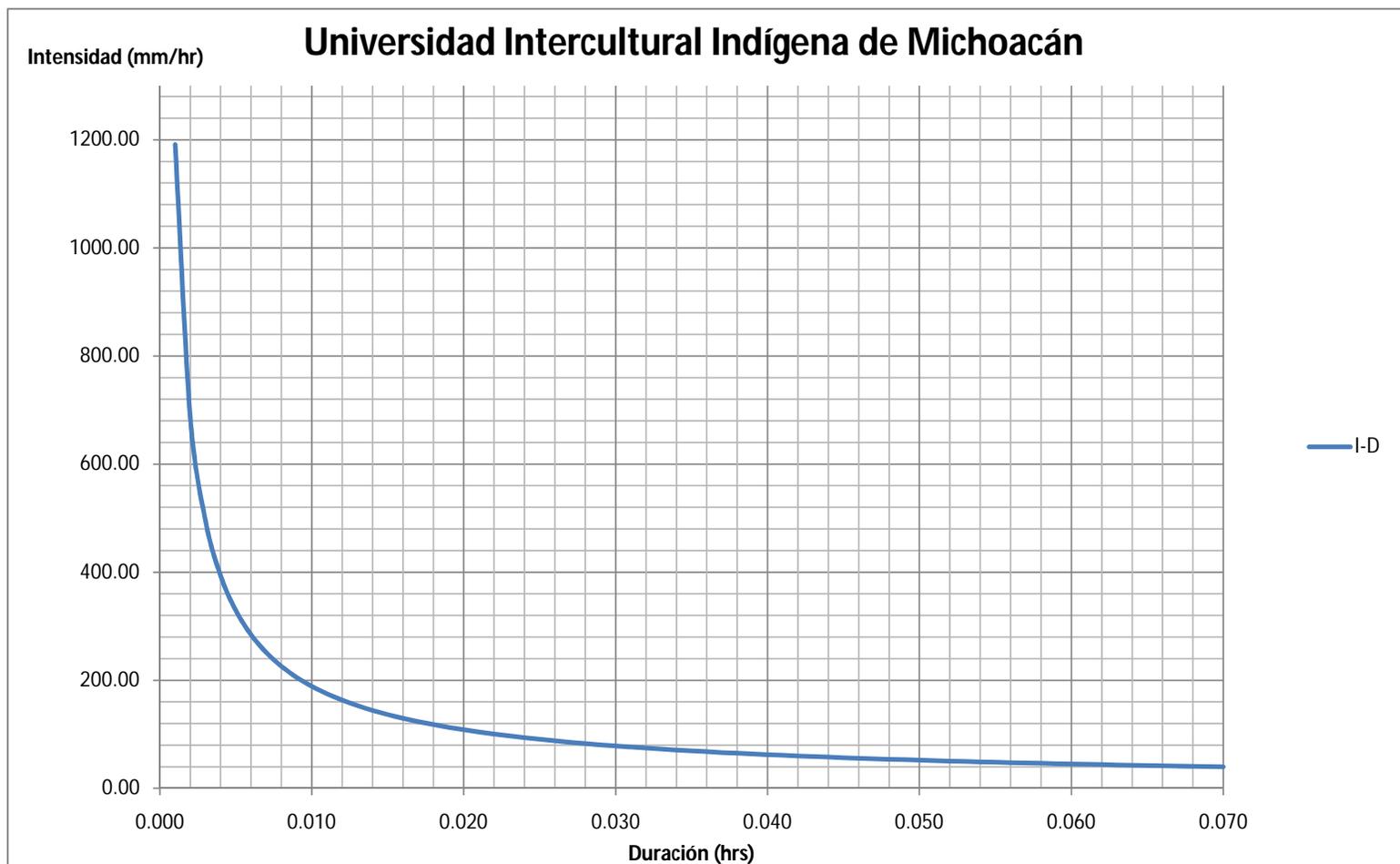
Detalle de registro

Isométrico



Universidad Don Vasco Escuela de Ing Civil 	
Tesis profesional	
Para obtener el título de Ingeniero Civ <u>Luis Enrique Andrade Mora</u>	
Instalación de sistema de captación	Anexo 13 2 de 2
Cabaña de la familia Olgüin	
Fuente propia	

Anexo 14: Curva Intensidad - Duración



Anexo 14: Curva Intensidad - Duración

