

# ACADEMIA DE HIDRÁULICA

## GUÍA DE ESTUDIO DE PARA ETS DE INTEGRAL DE CUENCAS.

**OBJETIVO GENERAL:** El alumno realizará un estudio hidrológico en el que cuantificará el escurrimiento máximo (Avenida máxima) en una cuenca hidrológica a partir del análisis de registros históricos de gastos y/o precipitaciones; asimismo, propondrá las acciones para mitigar los efectos de la avenida (obras de protección, planes de contingencia).

| TEMA  | CONTENIDO  |
|---|--|
|   | <b>Encuadre, diagnóstico</b><br><b>I ASPECTOS GENERALES.</b>   |
| 1.1 - 1.2<br>1.3 - 1.5<br>1.6 - 1.8   | ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y CULTURA DEL AGUA.<br>OBJETIVOS E IMPORTANCIA DE LA HIDROLOGÍA.<br>POTENCIAL HIDROLÓGICO NACIONAL: REGIONES HIDROLÓGICAS Y ADMINISTRATIVAS.   |
|   | <b>II CONCEPTOS BÁSICOS DE CUENCAS Y SU FISIOGRAFÍA.</b>   |
| 2.1 - 2.4<br>2.5 - 2.9  | DEFINICIÓN, PARTES Y CLASIFICACIÓN DE CUENCAS.<br>CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA: MAGNITUD, FORMA Y PENDIENTE.   |
|   | <b>III CARACTERÍSTICAS DEL DRENAJE.</b>  |
| 3.1<br>3.2<br>3.3, 3.4<br>3.5   | CLASIFICACIÓN DE CORRIENTES.<br>GRADO DE BIFURCACIÓN.<br>DENSIDAD DE CORRIENTES Y DE DRENAJE.<br>PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL.  |
|   | <b>IV CICLO HIDROLÓGICO.</b>   |
| 4.1 - 4.2.3<br>4.2.4<br>4.2.6<br><br>4.3 - 4.3.4<br>4.3.6<br>4.3.5 - 4.3.6<br>4.2.5 | PRECIPITACIÓN: MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN.<br>ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN DE UNA ESTACIÓN.<br>ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN DE VARIAS ESTACIONES. (PRECIPITACIÓN MEDIA EN LA CUENCA).<br><br>ESCURRIMIENTO: ORIGEN Y COMPONENTES.<br>AJUSTE DE CURVAS TIRANTE-GASTO.<br>ANÁLISIS DE HIDROGRAMAS.<br>ESTIMACIÓN DE REGISTROS FALTANTES (LLUVIA, GASTO). |
| 4.4 - 4.4.3<br>4.4.4<br>4.4.5<br><br>4.5, 4.5.1<br>4.5.2 - 4.5.3<br>4.5.4           | INFILTRACIÓN.<br>MÉTODOS DIRECTOS PARA OBTENCIÓN DE LA INFILTRACIÓN.<br>MÉTODOS INDIRECTOS: COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO, ÍNDICE DE INFILTRACIÓN MEDIA, NÚMEROS DE ESCURRIMIENTOS "N".<br><br>EVAPORACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN.<br>FACTORES QUE AFECTAN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.<br>MEDICIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.                                     |
| 5.1 - 5.2.1<br>5.3<br>5.3.1 - 5.3.3<br><br>5.3.4                                    | <b>V DETERMINACIÓN DE LAS AVENIDAS.</b><br>AVENIDA MÁXIMA, MÉTODOS DE ENVOLVENTES.<br>MÉTODOS ESTADÍSTICO-PROBABILÍSTICOS.<br>FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD.<br><br>SELECCIÓN DE LA MEJOR FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN.   |
|   | <b>V DETERMINACIÓN DE LAS AVENIDAS.</b>  |
| 5.2.2<br>5.4.2  | MÉTODO RACIONAL AMERICANO.<br>OBTENCIÓN DE CURVAS PRECIPITACIÓN-DURACIÓN-PERÍODO DE RETORNO. (hp-d-Tr).  |

| TEMA                        | CONTENIDO   |
|-----------------------------|---|
| 5.4.3<br>5.2.4              | OBTENCIÓN DE CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-PERÍODO DE RETORNO. (i-d-Tr).<br>HIDROGRAMAS UNITARIOS.   |
| 6.1, 6.2<br><br>6.3         | <b>VI TRÁNSITO DE AVENIDAS.</b><br>TRÁNSITO DE AVENIDAS EN CAUCES.<br>TRÁNSITO DE AVENIDAS EN VASOS.  |
| 7.1, 7.2<br>7.3, 7.4<br>7.5 | <b>VII DIMENSIONAMIENTO DE UN VASO.</b><br>CURVA DE APORTACIONES, CURVA DE DEMANDAS.<br>CAPACIDAD DE AZOLVES Y CAPACIDAD ÚTIL.<br>CAPACIDAD DE SOBREALMACENAMIENTO. |
| 7.6                         | INTRODUCCIÓN A LA HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA.   |

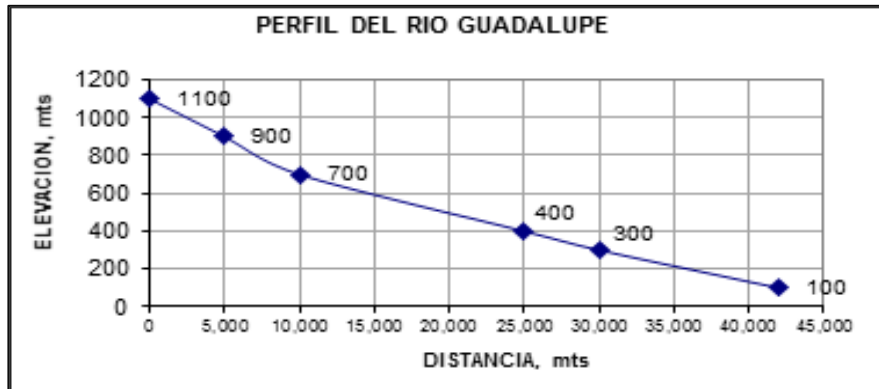
# I NORMATIVIDAD Y SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA

## TEORÍA

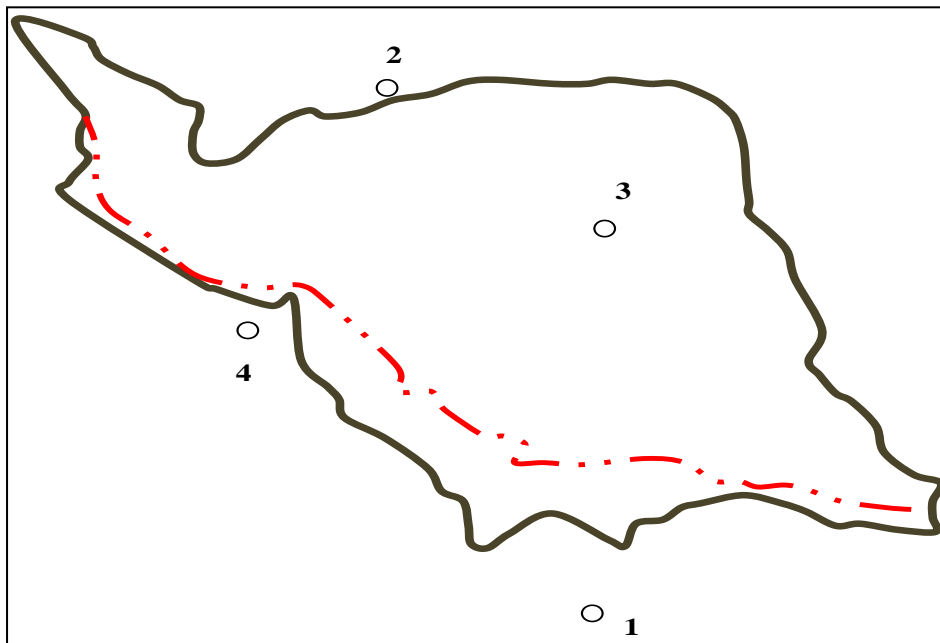
1. ¿Cuáles son las características fisiográficas más importantes de una cuenca?
2. Menciona los tipos y la clasificación de cuencas.
3. Menciona **todos** los objetivos de los Consejos de Cuencas.
4. Explica que es una organización administrativo territorial para el Manejo Integral de Cuencas.
5. ¿Qué significa uso no consuntivo? ¿Cuál de estos usos demanda la mayor cantidad de agua en México?

## EJERCICIOS

1. Calcula la pendiente media del cauce principal (L = 42 km) según los datos del perfil (aplica el método de Taylor-Schwarz).



2. Traza los polígonos de Thiessen en la cuenca de la figura



## II UNIDAD

### TEORÍA

1. Explique brevemente el manejo de un Sistema de Información Geográfica (SIG).
2. Bajo el enfoque de las problemáticas actuales como sequía, inundaciones, huracanes, etc. ¿Cuál es la utilización de los SIG?

### III DIAGNÓSTICO DE UNA CUENCA

#### TEORÍA

- Define lo que es una sequía
- Enlista los tipos de sequías y su clasificación
- ¿Cuáles son los parámetros estadísticos que funcionan como umbrales en la identificación de sequías?
- Menciona 3 diferencias entre gasto ecológico y gasto formativo.
- En una cuenca aforada, ¿cuáles son los métodos para calcular la avenida máxima?
- En una cuenca no aforada, ¿cuáles son los métodos para calcular la avenida máxima?
- ¿Qué información es necesaria para aplicar las relaciones Lluvia – Escurrimiento?
- ¿Qué información es necesaria para calcular el gasto ecológico?
- ¿Qué información es necesaria para calcular el gasto formativo?
- ¿Cuál es la metodología para el balance de aguas superficiales?
- ¿Cómo impacta al balance de aguas superficiales la extracción o infiltración?

#### EJERCICIOS

- Aplicando el método de Secuencias o Rachas, Identifica y determina los períodos de sequías, de acuerdo a los datos.

| Estación San Diego, Chiapas |              |
|-----------------------------|--------------|
| Año                         | hp anual, mm |
| 1961                        | 2094.70      |
| 1962                        | 1555.30      |
| 1963                        | 1934.90      |
| 1964                        | 2419.90      |
| 1965                        | 1738.70      |
| 1966                        | 2109.70      |
| 1967                        | 2737.70      |
| 1968                        | 2814.70      |
| 1969                        | 2017.90      |
| 1970                        | 1641.10      |
| 1971                        | 1917.10      |
| 1972                        | 1931.70      |
| 1973                        | 1723.70      |
| 1974                        | 2423.30      |
| 1975                        | 1910.90      |
| 1976                        | 3019.77      |
| 1977                        | 4501.48      |
| 1978                        | 1688.15      |
| 1979                        | 1637.11      |
| 1980                        | 1640.00      |
| 1981                        | 1935.38      |
| 1982                        | 2082.28      |
| 1983                        | 1707.38      |
| 1984                        | 2709.09      |
| 1985                        | 1826.68      |
| 1986                        | 1990.46      |

- Las características de una cuenca (suponer que es en Sinaloa) se presentan en la tabla. Se quiere calcular el aporte de sedimentos en un sitio donde se ubicará una presa, cuya capacidad de azolves es de 1.5 millones de metros cúbicos ( $Mm^3$ ), que no deberá ser rebasada en 50 años.

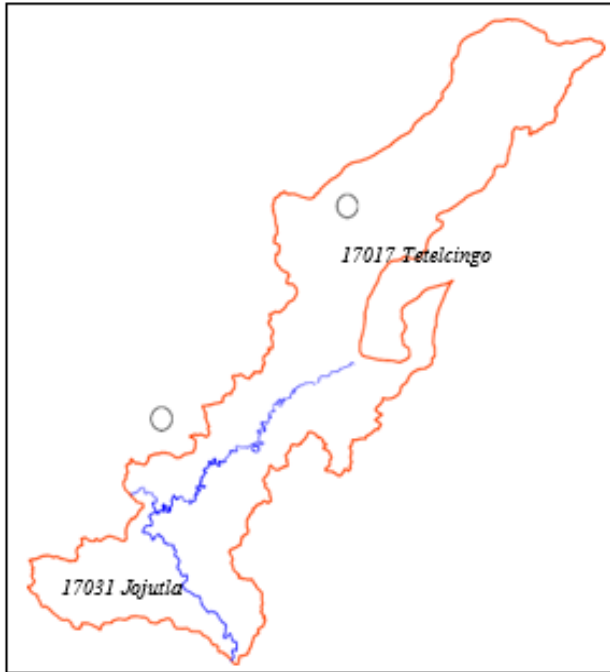
Con tal información y suponiendo que la presa retiene todo el sedimento que llega y en la cuenca no existen obras para control de erosión:

- Calcula el aporte de sedimentos con los métodos: a) *Criterio del USBR (United States Bureau of Reclamation)*; b) *Namba* y c) *Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS)*.
- Verificar que el volumen de azolve reservado es suficiente para el aporte de sedimentos, aplicando 4 métodos para el cálculo de la erosión.
- Si se rebasa dicho valor, proponer las medidas necesarias en la cuenca para controlar la erosión.

| FISOGRAFÍA Y PLUVIOMETRÍA DE LA CUENCA       |  |                 |
|--|--|-----------------|
| <b>Ac</b>                                    | 57 km <sup>2</sup>                         |                 |
| <b>Longitud promedio de ladera</b>           | Zona alta                                  | 50 m            |
|  | Zona media                                 | 100 m           |
|  | Zona baja                                  | 300 m           |
| <b>Pendiente promedio de ladera</b>          | Zona alta (10% de Ac)                      | 15%             |
|  | Zona media (30% de Ac)                     | 10%             |
|  | Zona baja (60% de Ac)                      | 2%              |
| <b>Precipitación media</b>                   | Anual: 800 mm                              | Mensual: 235 mm |
| <b>Desnivel máximo de cotas en la cuenca</b> | 80 m                                       |                 |
| <b>Contenido de Materia Orgánica</b>         | 2%   |                 |
| <b>Uso de suelo</b>                          | Bosque en buenas condiciones               | 10%             |
|  | Bosque con cobertura del 30%, sin residuos | 30%             |
|  | Agrícola                                   | 60%             |
| <b>Tipo de suelo</b>                         | Migajón arcilloso limoso (C)               | 25%             |
|  | Migajón arcilloso (C)                      | 60%             |
|  | Migajón limoso (B)                         | 15%             |

| USO         | TIPO DE SUELO HIDROLÓGICO | ÁREA (%) |
|-------------|---------------------------|----------|
| Agricultura | A-B                       | 9.26%    |
|             | B                         | 10.42%   |
|             | C                         | 6.53%    |
|             | CD                        | 21.03%   |
|             | D                         | 1.13%    |
| Bosque      | A-B                       | 3.47%    |
|             | B                         | 3.77%    |
|             | C                         | 5.44%    |
|             | CD                        | 0.19%    |
|             | D                         | 1.55%    |
| Zona urbana | A-B                       | 0.42%    |
|             | B                         | 1.18%    |
|             | C                         | 0.56%    |
|             | CD                        | 1.29%    |
|             | D                         | 0.10%    |
| Pastizal    | A-B                       | 0.05%    |
|             | B                         | 2.95%    |
|             | C                         | 16.82%   |
|             | CD                        | 6.89%    |
|             | D                         | 6.97%    |

3. Aplicando los métodos Racional Americano, Hidrograma Unitario Triangular y Ven Te Chow, calcula la Avenida Máxima para un cruce ferroviario en la subcuenca mostrada. Se anexa información fisiográfica y climatológica complementaria



| PROPIEDAD                         | VALOR                          |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| Desnivel entre extremos del cauce | <b>494 m</b>                   |
| Longitud cauce principal          | <b>103.66 km</b>               |
| Pendiente Media cauce principal   | <b>3.3598%</b>                 |
| Área de la cuenca                 | <b>1,354.24 km<sup>2</sup></b> |
| Q base                            | <b>20.848 m<sup>3</sup>/s</b>  |

| USO DE SUELO | ÁREA (%)      |
|--------------|---------------|
| Agricultura  | <b>48.36%</b> |
| Bosque       | <b>14.41%</b> |
| Zona urbana  | <b>3.55%</b>  |
| Pastizal     | <b>33.68%</b> |

| USO                | TIPO DE SUELO HIDROLÓGICO | ÁREA (%)      |
|--------------------|---------------------------|---------------|
| <b>Agricultura</b> | A-B                       | <b>9.26%</b>  |
|                    | B                         | <b>10.42%</b> |
|                    | C                         | <b>6.53%</b>  |
|                    | CD                        | <b>21.03%</b> |
|                    | D                         | <b>1.13%</b>  |
| <b>Bosque</b>      | A-B                       | <b>3.47%</b>  |
|                    | B                         | <b>3.77%</b>  |
|                    | C                         | <b>5.44%</b>  |
|                    | CD                        | <b>0.19%</b>  |
|                    | D                         | <b>1.55%</b>  |
| <b>Zona urbana</b> | A-B                       | <b>0.42%</b>  |
|                    | B                         | <b>1.18%</b>  |
|                    | C                         | <b>0.56%</b>  |
|                    | CD                        | <b>1.29%</b>  |
|                    | D                         | <b>0.10%</b>  |
| <b>Pastizal</b>    | A-B                       | <b>0.05%</b>  |
|                    | B                         | <b>2.95%</b>  |
|                    | C                         | <b>16.82%</b> |
|                    | CD                        | <b>6.89%</b>  |
|                    | D                         | <b>6.97%</b>  |

| <b>PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HRS.</b> |                   |   |                    |
|---|-------------------|---|--------------------|
| <b>Año</b>  | 17017             | <b>Año</b>                                | 17031              |
|   | <b>Tetelcingo</b> |   | <b>Jojutla</b>     |
|   | <b>Ai = 60%</b>   |   | <b>Ai = 40%</b>    |
|   | <b>n= 26</b>      |   | <b>n= 34</b>       |
| 1942  | 67.6              | 1977                                      | 38                 |
| 1943  | 41                | 1978                                      | 50.5               |
| 1944  | 58                | 1979                                      | 60                 |
| 1945  | 52                | 1980                                      | 74                 |
| 1946  | 65                | 1981                                      | 63.8               |
| 1952  | 70                | 1982                                      | 52                 |
| 1953  | 34                | 1983                                      | 66.5               |
| 1954  | 60                | 1984                                      | 55                 |
| 1955  | 40                | 1985                                      | 55                 |
| 1956  | 192               | 1986                                      | 54.5               |
| 1957  | 63.5              | 1987                                      | 52.2               |
| 1958  | 61                | 1988                                      | 76                 |
| 1959  | 76                | 1989                                      | 98                 |
| 1960  | 48                | 1990                                      | 70                 |
| 1961  | 70                | 1991                                      | 47.5               |
| 1962  | 95                | 1992                                      | 53.5               |
| 1963  | 77                | 1993                                      | 53.2               |
| 1964  | 31                | 1994                                      | 45.6               |
| 1965  | 53                | 1995                                      | 55                 |
| 1966  | 40                | 1996                                      | 37                 |
| 1967  | 80                | 1997                                      | 32.4               |
| 1968  | 84                | 1998                                      | 63.3               |
| 1970  | 45.5              | 1999                                      | 49.5               |
| 1971  | 40                | 2000                                      | 45.4               |
| 1972  | 47.5              | 2001                                      | 60.1               |
| 1973  | 54                | 2002                                      | 76.2               |
| <b>Máx</b>  | <b>192</b>        | 2003                                      | 70.1               |
| <b>xm = Media (<math>\mu</math>)</b>              | <b>63.27</b>      | 2004                                      | 56.5               |
| <b>Desv est (<math>\sigma</math>)</b>             | <b>30.94</b>      | 2005                                      | 53.5               |
| <b>Media (<math>\alpha</math>)</b>                | <b>4.07</b>       | 2006                                      | 50.5               |
| <b>Desv est (<math>\beta</math>)</b>              | <b>0.38</b>       | 2007                                      | 47.5               |
| <b>n = u =</b>                                    | <b>2.68</b>       | 2008                                      | 69.4               |
| <b>MEJOR FDP:</b>                                 | <b>Log Normal</b> | 2009                                      | 60                 |
|   |                   | 2010                                      | 54.3               |
|   |                   | <b>Máx</b>                                | <b>98</b>          |
|   |                   | <b>xm = Media (<math>\mu</math>)</b>      | <b>57.24</b>       |
|   |                   | <b>Desv est (<math>\sigma</math>)</b>     | <b>12.86</b>       |
|   |                   | <b>Media (<math>\alpha</math>)</b>        | <b>4.02</b>        |
|   |                   | <b>Desv est (<math>\beta</math>)</b>      | <b>0.22</b>        |
|   |                   | <b>Coef. Sesgo (<math>\gamma</math>)=</b> | <b>0.77</b>        |
|   |                   | <b>MEJOR FDP:</b>                         | <b>Pearson III</b> |



4. Aplicando el Método Matemático Suizo y el de la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012, calcula el Caudal Ecológico para cada año del registro según datos de una estación hidrométrica ubicada sobre el río de la Presa Ajojúcar.

| Año  | Qmedio, m <sup>3</sup> /s |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|---------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1958 | 131.7                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1959 | 92.58                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1960 | 48.72                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1961 | 64.29                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1962 | 92.58                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1963 | 92.58                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1964 | 92.58                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1965 | 92.58                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1966 | 92.58                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1967 | 92.58                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1968 | 92.58                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1969 | 92.58                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1970 | 92.58                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1971 | 59.07                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1972 | 78.3                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1973 | 100.8                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1974 | 87.77                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1975 | 74.44                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1976 | 70.35                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1977 | 74.73                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1978 | 62.24                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1979 | 106.8                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1980 | 60.69                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

5. De acuerdo a los datos de la tabla, calcula el gasto formativo

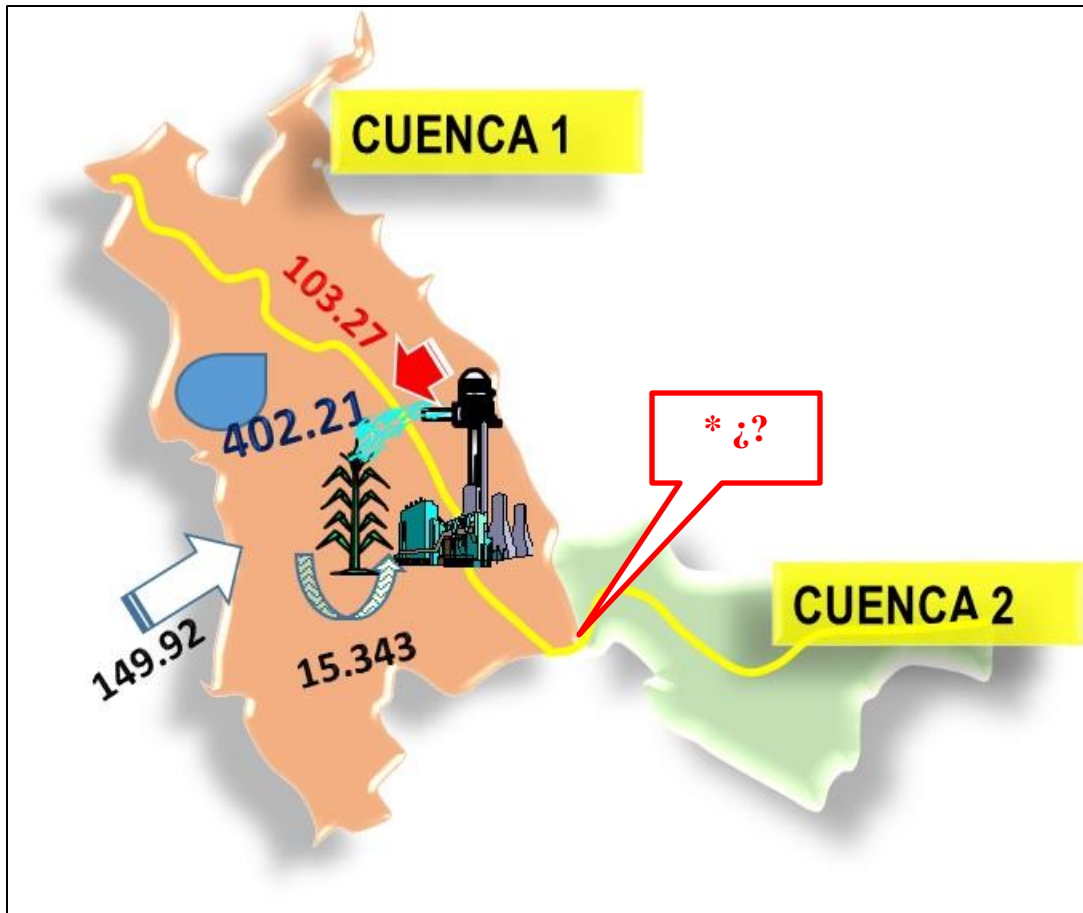
| año  | Q <sub>máx</sub> anual<br>registrado en 24<br>hrs. <sup>ca</sup> |
|------|--|
| 1955 | 167  |
| 1956 | 196  |
| 1960 | 221  |
| 1961 | 376  |
| 1962 | 534  |
| 1963 | 770  |
| 1964 | 151  |
| 1965 | 153  |
| 1966 | 113  |
| 1967 | 209  |
| 1968 | 196  |
| 1969 | 358  |
| 1970 | 328  |
| 1971 | 190  |
| 1972 | 507  |
| 1973 | 1327   |
| 1974 | 769  |
| 1975 | 597  |
| 1976 | 141  |
| 1977 | 111  |
| 1978 | 276  |
| 1988 | 145  |
| 1989 | 119  |
| 1992 | 145  |
| 1993 | 145  |

6. Calcula el porcentaje de sobreexplotación de un acuífero de acuerdo a los datos de las tablas, considerando Transmisibilidad = 0.006 m<sup>2</sup>/seg; coef. de almacenamiento: 0.03; abatimiento general = -1.5 m.

| Datos para flujo subterráneo y almacenamiento |             |             |               |               |
|---|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Celda   | Largo L, km | Ancho b, km | Cota superior | Cota inferior |
| A-1   | 0.933       | 12.700      | 2200          | 2195          |
| A-2   | 0.600       | 9.500       | 2200          | 2195          |
| A-3   | 0.800       | 6.400       | 2220          | 2210          |
| A-4   | 0.800       | 7.800       | 2230          | 2220          |
| A-5   | 0.500       | 7.800       | 2230          | 2220          |

| Datos para extracción |          |
|-----------------------|----------|
| No. de Pozos          | Diámetro |
| 60                    | 200 mm   |
| 20                    | 250 mm   |

7. Calcula el volumen de escurrimiento superficial aguas arriba (\*) en la Cuenca 2, según datos del esquema de dos cuencas.



|  |   |
|--|---|
|  | Volumen de Aportación cuenca propia, Mm <sup>3</sup>    |
|  | Volumen de Extracciones distintos usos, Mm <sup>3</sup> |
|  | Volumen de Retornos distintos usos, Mm <sup>3</sup>     |
|  | Volumen importado de otras cuencas, Mm <sup>3</sup>     |

## **BIBLIOGRAFÍA.**

Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento Comisión Nacional del Agua, 2004. Gestión Ambiental Mexicana, Secretaría de Medio Ambiente, 1998.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente Secretaría de Gobernación, México, 1988, 138 págs.

Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales Diario Oficial de la Federación, 2002.

Hattingel, Humbert Manejo de Cuencas Instituto Tecnológico de Enseñanza Forestal, México-Austria, 1982.

Manual de Campo para Ordenación de Cuencas Hidrográfica. Estudio y planificación de cuencas hidrográficas Guía FAO 13/6 organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 1992, 185 págs.

Martínez Austria, Polioptro Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México Colegio de Ingenieros, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 2005, 224 págs.

Jacobo Villa, Marco A. La gestión del agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable Miguel Ángel Porrúa. Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F., 2004, 275 págs.

Gómez Delgado, Monserrat Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio Alfaomega, México D.F., 2006, 279 págs.