

Hidrología 89.05

Trabajo Práctico N°1

Curvas Características

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| OBJETIVO | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| EJERCICIO 1.1 | 2 |
| Caudales medios mensuales | 2 |
| Curva cronológica de caudal | 2 |
| Curva de Volúmenes Acumulados | 4 |
| Histograma de frecuencias | 6 |
| Curva de permanencia | 8 |
| Capacidad Reguladora | 9 |
| EJERCICIO 1.2 | 12 |
| Caudales Máximos, Promedio y Mínimos Caudales Medios Diarios | 12 |
| Relación entre los Máximos/Promedios/Mínimos Caudales Medios Mensuales y Máximos/Promedios/Mínimo Caudales Medios Diarios | 13 |
| Máximos Caudales Medios Mensuales VS Máximos Caudales Medios Diarios | 14 |
| Caudales Medios Mensuales Promedio VS Caudales Medios Diarios Promedio | 15 |
| Mínimos Caudales Medios Mensuales VS Mínimos Caudales Medios Diarios | 17 |
| EJERCICIO 2.1 | 18 |
| EJERCICIO 2.2 | 21 |

OBJETIVO

El presente Trabajo Practico tiene como objetivo la caracterización hidrológica del Río Negro en condiciones naturales. La estación de aforo dada es la estación Paso Córdoba. Del mismo se conocen los Caudales Medios Diarios y los Caudales Medios Mensuales. Los datos fueron obtenidos de la página de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica.

INTRODUCCIÓN

Se trata de una localidad que se extiende en ambas márgenes del Río Negro. El Área Protegida Paso Córdoba está ubicada en el Departamento General Roca sobre la margen del Río Negro, a uno sde 12 kilómetros hacia el suroeste de la ciudad de General Roca.

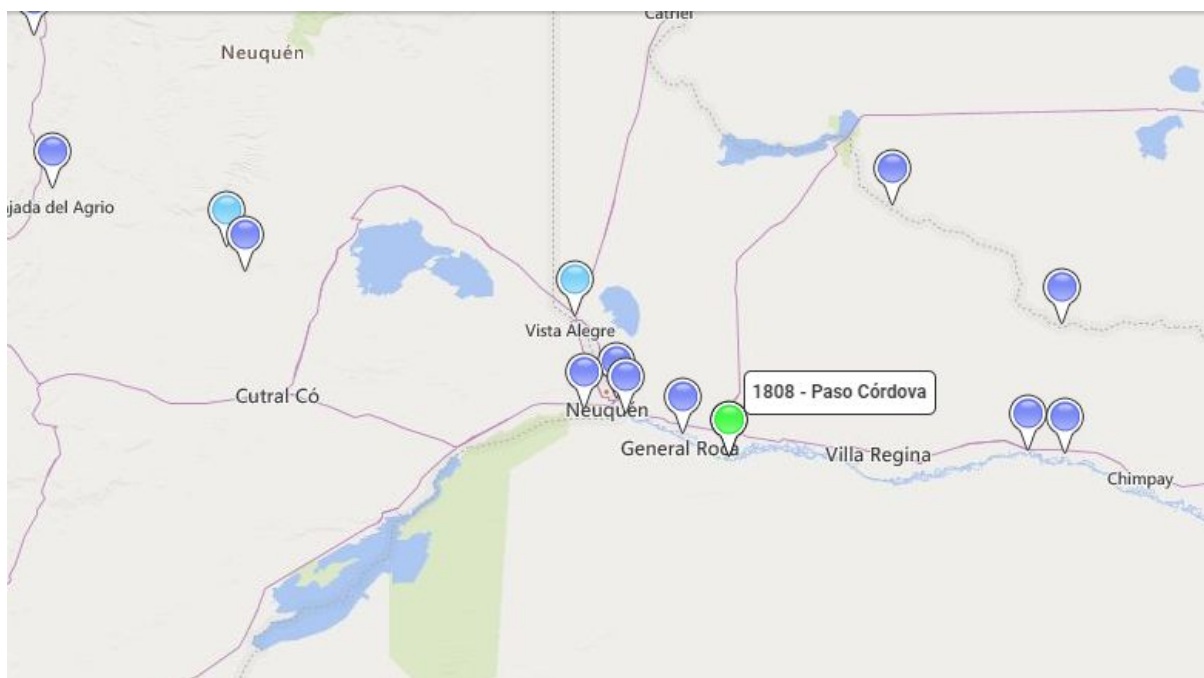


Figura 1: Estación Paso Córdoba

El Río Negro es el curso de agua más importante de la provincia que lleva su mismo nombre, como también lo es de la Patagonia en términos del caudal. Nace nominalmente de la confluencia de los ríos Limay y Neuquén, y fluye en dirección Oeste-Sudeste en territorio rionegrino hasta alcanzar al Océano Atlántico. En el último tramo de su curso constituye el límite natural entre la provincia de Río Negro y la Provincia de Buenos Aires.

Este río es de carácter alóctono ya que no recibe afluentes. Su cuenca está altamente intervenida por el humano, ya que su caudal se encuentra regulado por las represas situadas en los ríos Limay y Neuquén y es repartido entre los diversos canales de regadío presentes. La fertilidad del valle ha sido aprovechada para generar uno de los mayores oasis de regadío del país, en el cual se cultivan mayoritariamente manzanas, peras, duraznos, tomates, entre otras frutas y hortalizas.

La cuenca del río, a su vez, es generalmente dividida en tres partes: Alto Valle del Río Negro, al oeste, donde se encuentran las ciudades de General Roca, Cipolletti y Villa Regina, Valle Medio, centrado en la ciudad de Choele Choel y el Valle Inferior, en la desembocadura del río, con Viedma como ciudad más importante de esa área.

Está ubicada en torno a la posición $39^{\circ}06' 43''$ S $67^{\circ}37' 35''$ O e incluye un sector del valle del río Negro y las barrancas, terrazas fluviales y playas de la banda sur. Partiendo por la ruta Nac. N° 40 (ex 234) "De los Siete Lagos", bordeando el lago Lacar, luego de 27 kilómetros se encuentra el desvío a la ruta Prov. N° 63. El camino comienza a bordear el lago Meliquina hasta llegar a la naciente del río homónimo y Villa Meliquina, una incipiente urbanización con servicios de alojamiento y gastronomía.

EJERCICIO 1.1

1.1.1 Caudales medios mensuales

El caudal medio, en un determinado período, se define como un caudal constante que drena el mismo volumen que el drenado naturalmente en ese mismo período. En este caso los períodos en cuestión están comprendidos en un mes.

1.1.2 Curva cronológica de caudal

A partir de la información de los caudales medios mensuales extraída de las Base de Datos Hidrológica integrada en la estación del Paso Córdoba del Río Negro, se elaboró una planilla sobre la cual se realizaron los cálculos para obtener el gráfico en cuestión. Las curvas cronológicas representan la variación de todos los caudales medios mensuales a lo largo de todo el período. En esta curva también se ilustra un caudal constante que representa al caudal módulo del río, un caudal medio en todo el período de registro, es decir, un caudal que, de manera constante, al final del período hubiese aportado el mismo volumen que el aportado por el río en condiciones naturales. Esta curva, a su vez, posibilita conocer el comportamiento hidrológico del río durante el período considerado. A las curvas cronológicas también se las conoce con el nombre de "hidrogramas".

Se grafica el Q (m^3/s) y se identifica la variación real del caudal obtenidas de las mediciones del aforo y se busca el valor de Q módulo.

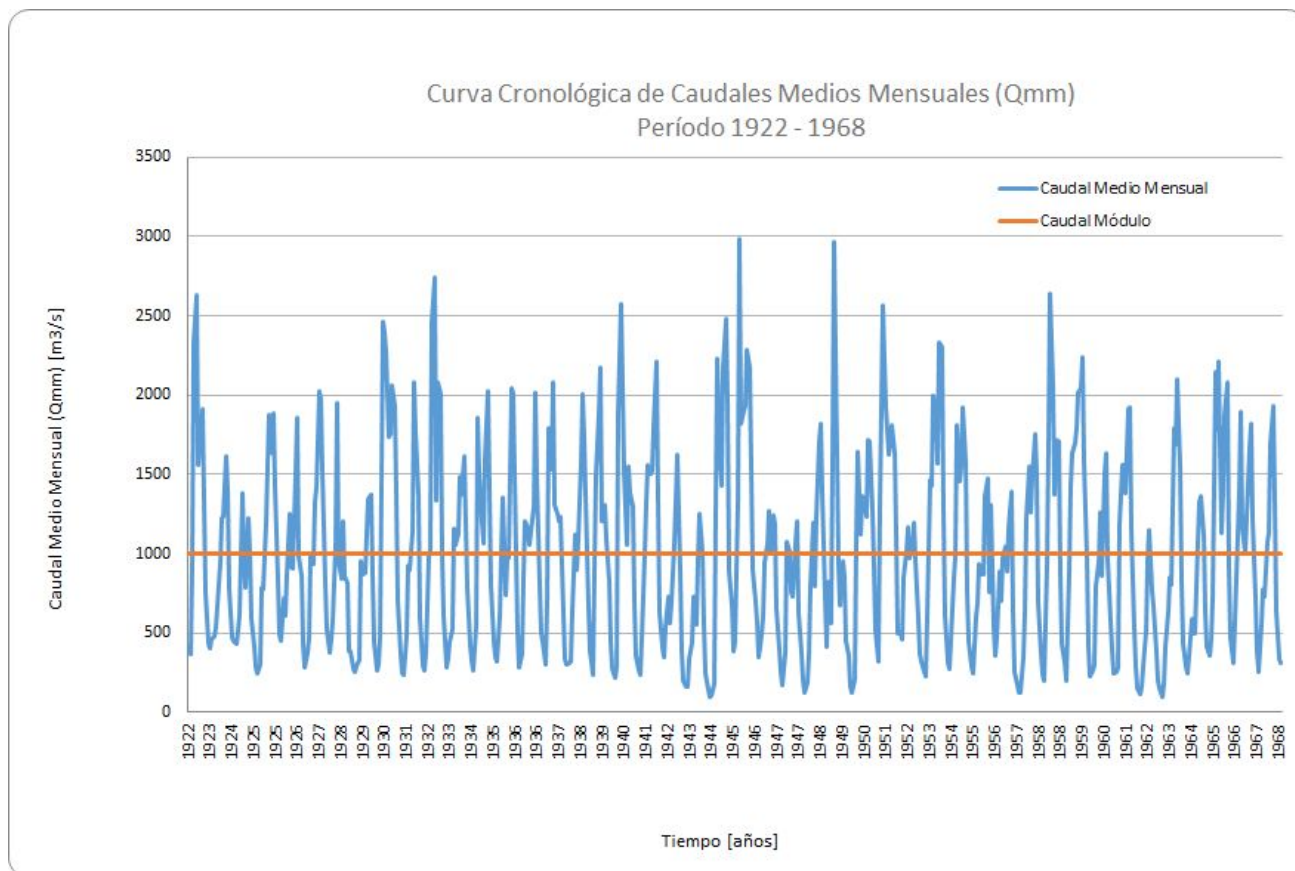


Figura 2: Curva Cronológica de Caudales Medios Mensuales (Período 1922-1968)

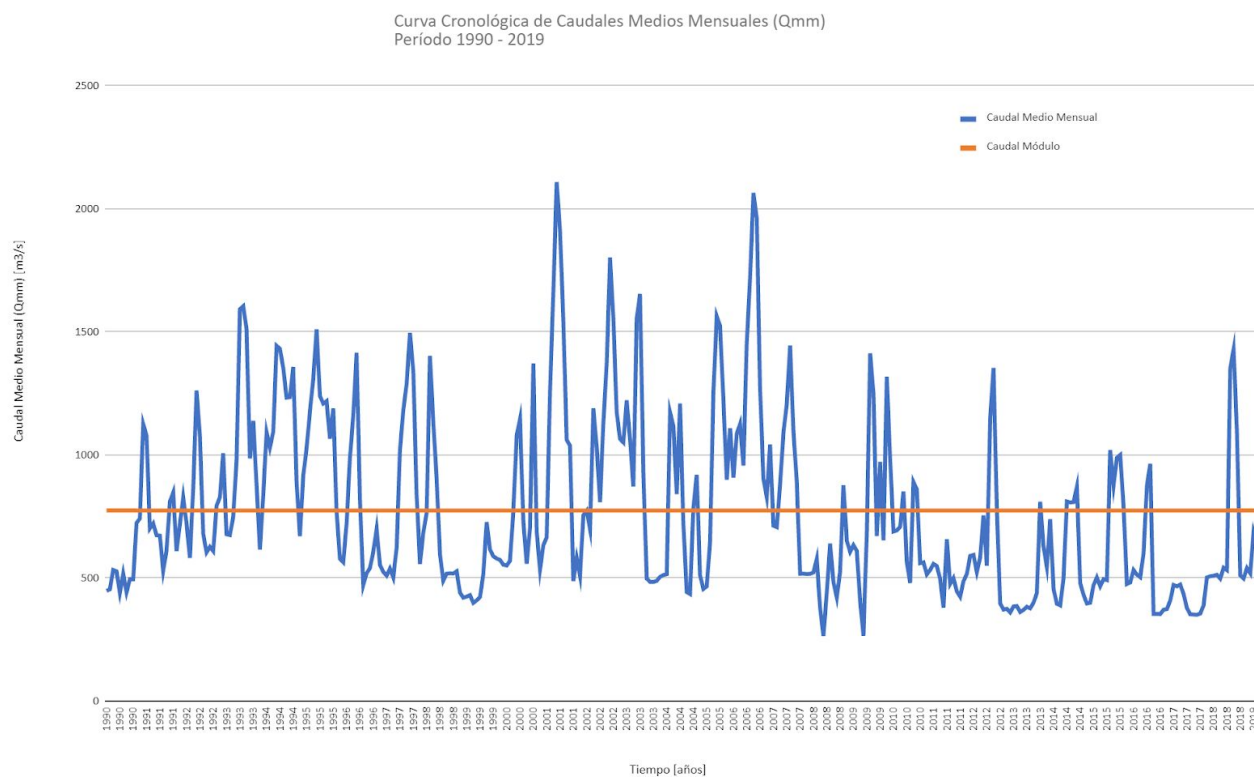


Figura 3: Curva Cronológica de Caudales Medios Mensuales (Período 1990-2019)

1.1.3 Curva de Volúmenes Acumulados

La curva de volúmenes acumulados representa la evolución temporal del volumen (o derrame) aportado por un río durante un cierto período, desde el inicio del mismo hasta la fecha correspondiente. En este tipo de curva, al tiempo t_1 se tiene el volumen V_1 aportado por el río desde el origen hasta dicho tiempo. Es una curva siempre creciente, a lo sumo será una recta horizontal durante el lapso en que el río, por efecto de una sequía, no haya tenido aportes. El volumen entregado por el río durante un período $0 - t_1$ será igual al caudal medio por el tiempo Δt ($t_1 - 0$) considerado.

Para obtenerla, se adopta la fórmula de los volúmenes acumulados y se calculan en [Hm³], multiplicando los caudales medios mensuales por el tiempo de cada mes en segundos.

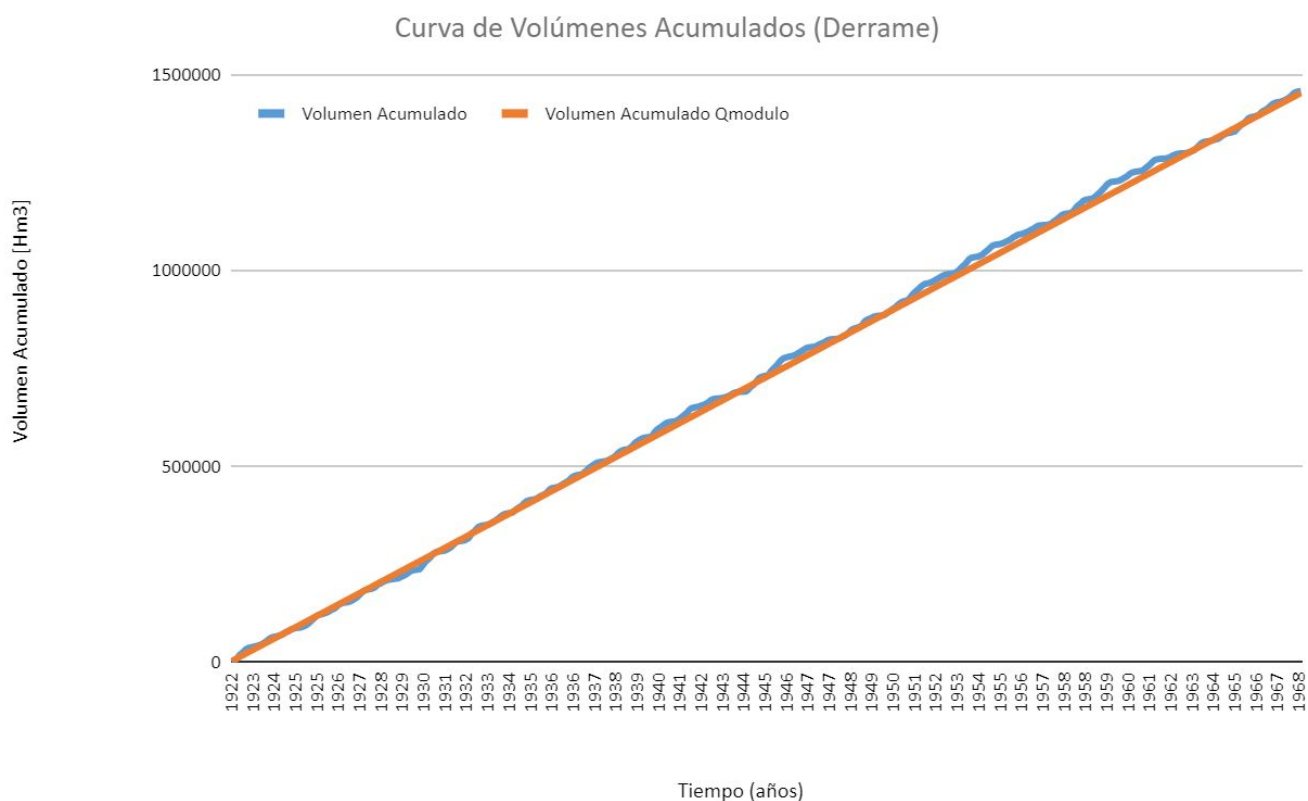


Figura 4: Curva de Volúmenes acumulados (Período 1922-1968)

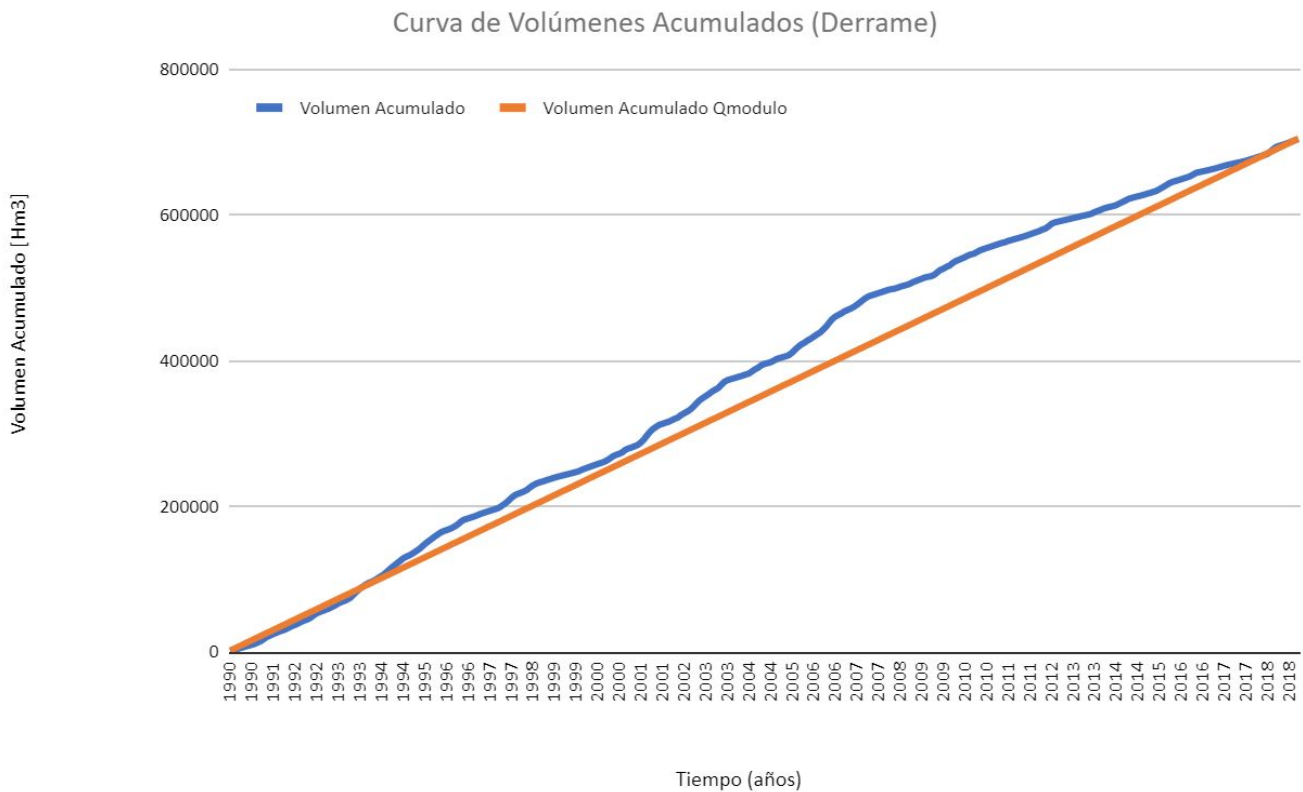


Figura 5: Curva de Volúmenes acumulados (Período 1990-2019)

1.1.4 Máximos, Promedio y Mínimos Caudales Medios mensuales para cada mes

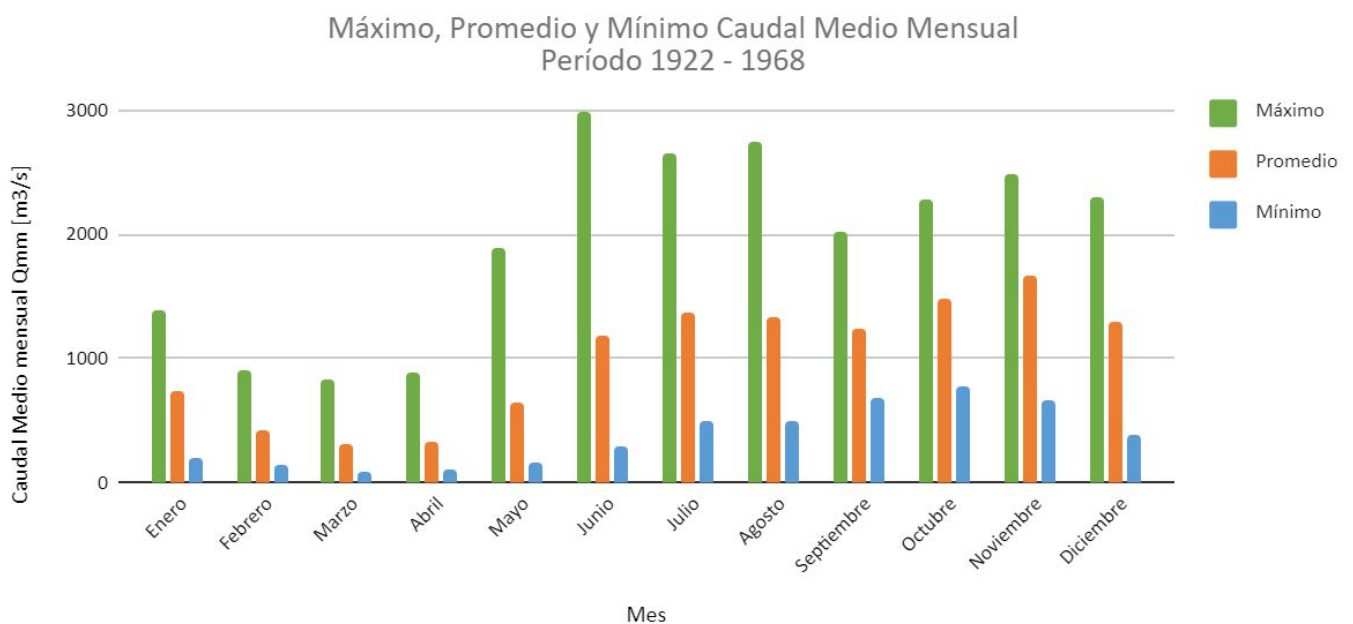


Figura 6: Gráfico de barras (Período 1922-1968)

En este período, se observa los máximos caudales se producen en el período de los meses de Junio a Diciembre, es decir desde los inicios del invierno hacia los inicios del verano, con un notorio decrecimiento de los caudales máximos en los meses comprendidos en las estaciones de mediados de verano hasta inicios del invierno. Podría atribuírsele este notorio aumento del caudal a un incremento en las precipitaciones durante esos períodos que conllevan una modificación de este parámetro.

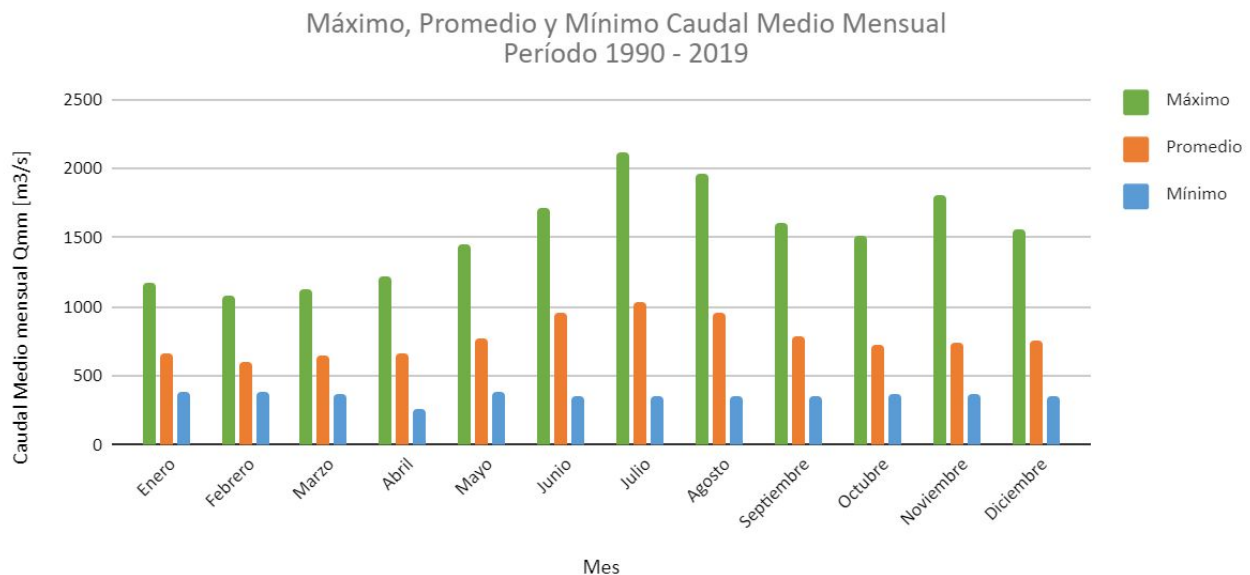


Figura 7: Gráfico de barras (Período 1990-2019)

En este período se sigue observando una fuerte tendencia a tener los mayores caudales en los meses comprendidos entre inicios del invierno y verano. De todas formas, en esta ocasión se aprecia una leve uniformidad de los caudales medios mensuales, tanto máximos como mínimos, presentando valores similares en todos los meses del año (esta característica es aún más notoria en el caso de los mínimos).

Es común presentar este tipo de gráficos en términos del año hidrológico y no el cronológico, lo cual implicaría ubicar los meses de mayor caudal en la zona central del mismo. Asimismo, este tipo de gráfico permite definir cuál es el régimen del río bajo análisis.

1.1.5 Histograma de frecuencias

El histograma de frecuencias refleja la frecuencia (en %) en la que se registraron caudales dentro de un determinado rango. La cantidad de rangos (K) adoptada se aproximó según la fórmula logarítmica provista como dato para el presente trabajo práctico, obteniendo así un número de rangos igual a 14 y a 13 para los períodos comprendidos entre 1922-1968 y 1990-2019, respectivamente.

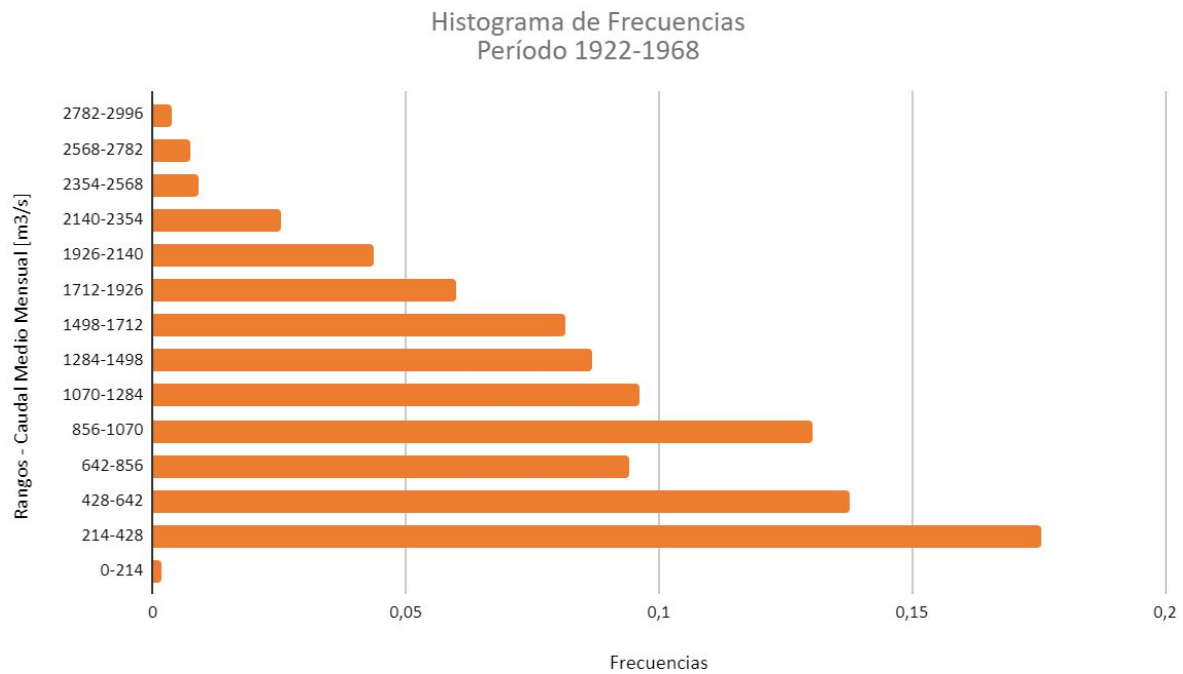


Figura 8: Histograma de frecuencias (Período 1922-1968)

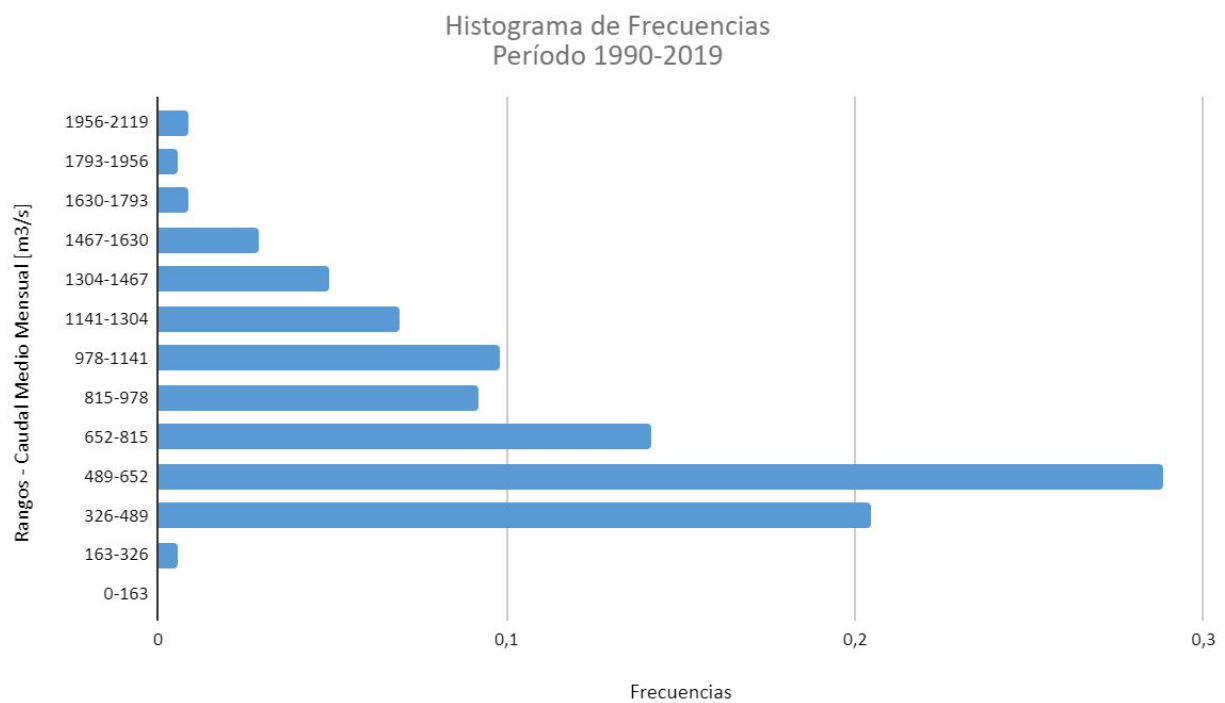


Figura 9: Histograma de frecuencias (Período 1990-2019)

1.1.6 Curva de permanencia

La curva de duración o permanencia indica el porcentaje de tiempo en escurre un cierto caudal o uno mayor que él durante el período de registro. Esta curva es de gran interés para el estudio de un río y brinda un concepto más concreto que el de la curva cronológica sobre la posibilidad de contar con un determinado caudal.

Se destacan los siguientes puntos en los gráficos:

- El caudal máximo registrado, es el denominado “máximo absoluto”. Directamente es el valor que se encuentra más próxima al eje de ordenadas.
- El caudal que es igualado o superado el 5% del período, es el denominado caudal “máximo característico”. Se la representa como la primera recta roja.
- El que se presenta el 50% del período, denominado caudal “semipermanente”; observar que el mismo es la mediana de la serie considerada y coincidiría con el caudal módulo sólo si la serie fuera perfecta. Se la representa como la segunda recta roja.
- El que se presenta el 95% del período, denominado “mínimo característico”. Se la representa como la tercera recta roja.
- El caudal mínimo registrado, denominado “mínimo absoluto”. Directamente es el valor que se encuentra más alejado al eje de ordenadas.



Figura 10: Curva de permanencia (Período 1922-1968)



Figura 11: Curva de permanencia (Período 1990-2019)

1.1.7 Capacidad Reguladora

La capacidad reguladora es igual a la distancia vertical entre las tangentes superior e inferior trazadas a la curva de volúmenes acumulados en forma paralela a la recta que da el módulo. La magnitud de esa capacidad reguladora depende del periodo considerado, es decir del caudal medio y la variabilidad del caudal aportado. Los ríos más regulares (con menor variabilidad) requieren menor capacidad de embalse para rectificar el caudal erogado. Es posible hablar de una capacidad reguladora anual y de una capacidad reguladora interanual.

Para el análisis de un año en particular se ha tomado el año hidrológico 2018-2019, considerando que el caudal módulo a utilizar para los cálculos es el correspondiente a dicho periodo, y no el módulo.

- Capacidad reguladora periodo 1922-1968: 50540,219 hm³
- Capacidad reguladora periodo 1990-2019: 74234,471 hm³
- Capacidad reguladora periodo 2018-2019: 4300,208 hm³

Curva de Volúmenes Acumulados (Derrame) Período 1922-1968

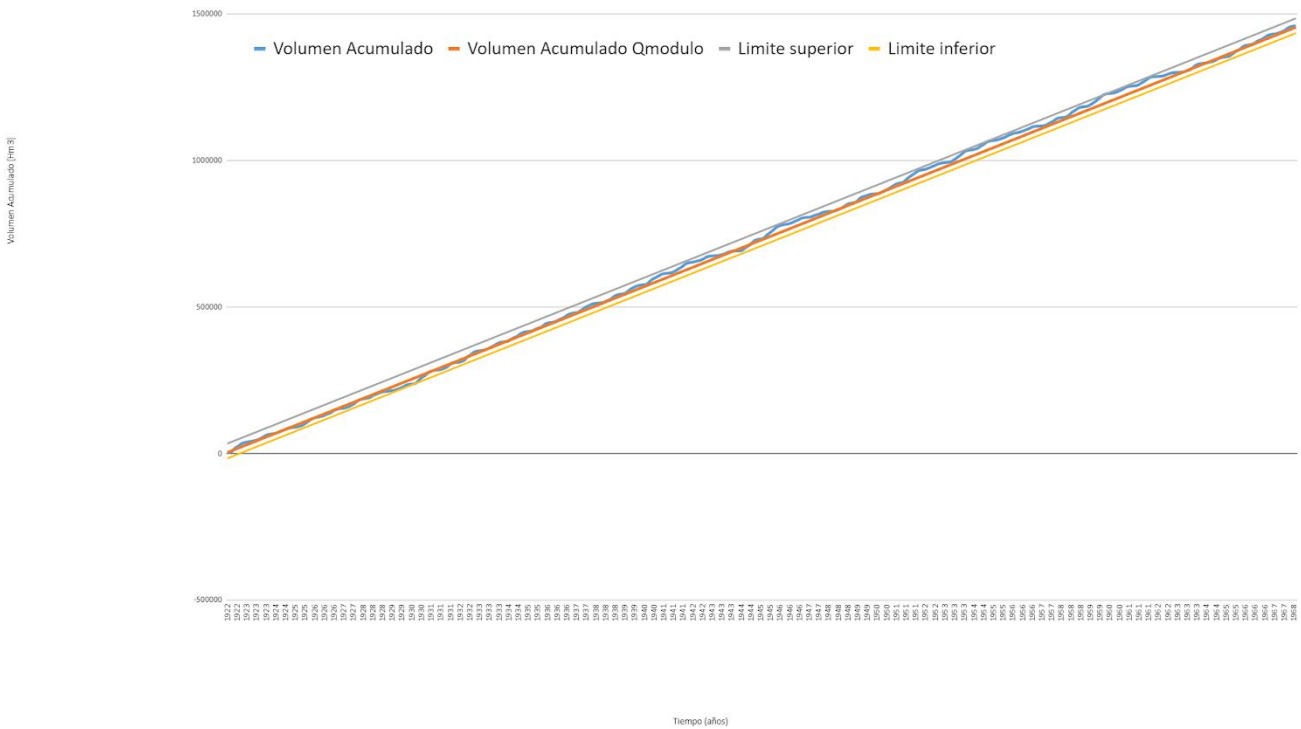


Figura 12: Capacidad reguladora (Período 1922-1968)

Curva de Volúmenes Acumulados (Derrame) Período 1990-2019

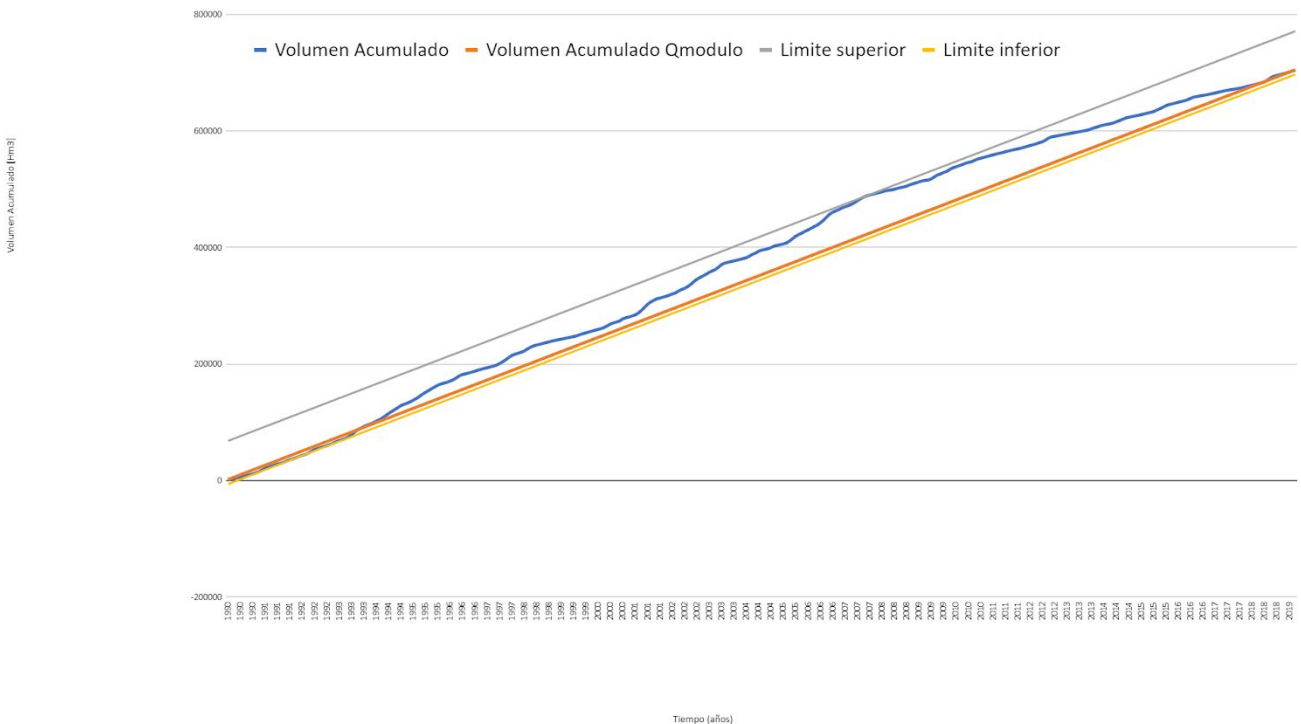


Figura 13: Capacidad reguladora (Período 1990-2019)

Curva de Volúmenes Acumulados (Derrame) Período 2018-2019

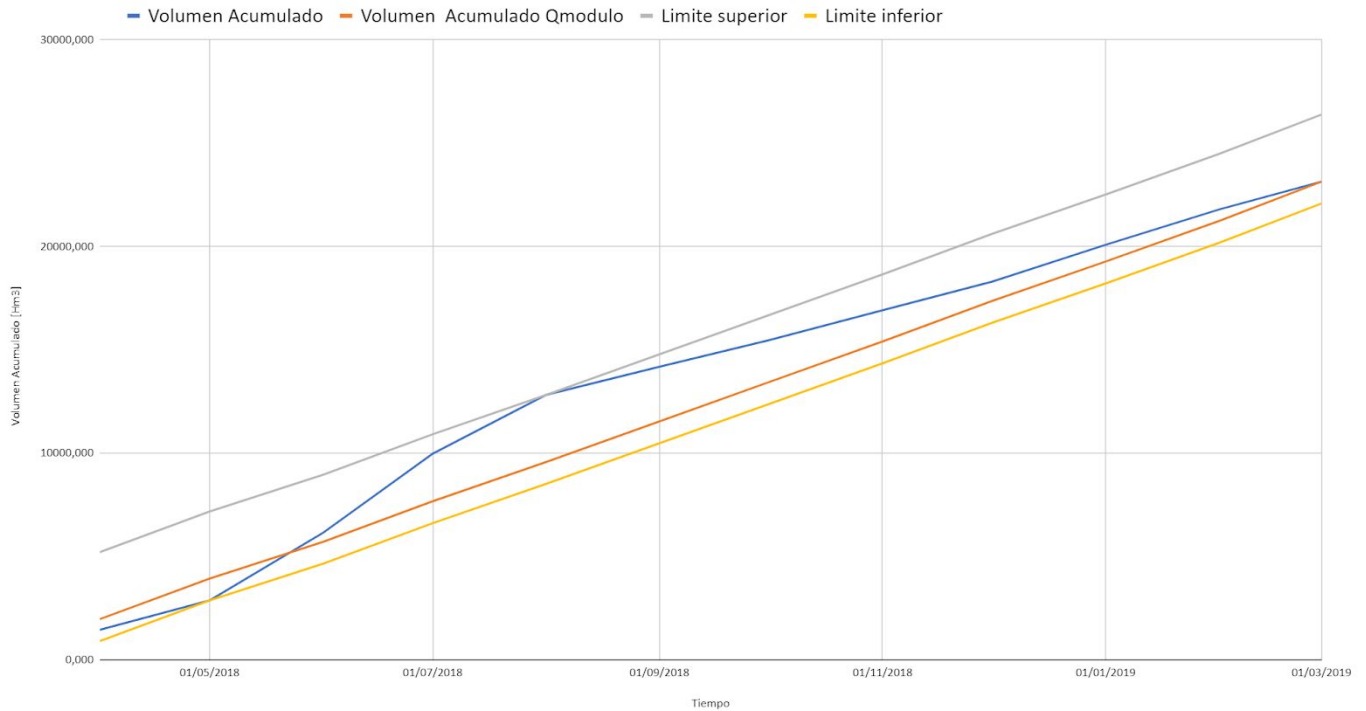


Figura 14: Capacidad reguladora (Período 2018-2019)

Como conclusión, se podría afirmar en primera medida al analizar los gráficos que el río se caracteriza por ser de régimen nival. Esto se evidencia en el gráfico de máximos, promedio y mínimos de cada mes, en el cual se observa un aumento de caudal en la temporada de primavera. Aun así, habría que hacer un análisis de las precipitaciones en tal periodo para descartar la posibilidad de que el aumento del caudal no se deba a lluvias, y si al deshielo.

EJERCICIO 1.2

1.2.1. Caudales Máximos, Promedio y Mínimos Caudales Medios Diarios

Se realiza el gráfico pedido de manera análoga al ejercicio anterior, observando que aquí el cálculo es más directo debido a que los días tienen igual duración, a diferencia del caso anterior donde la longitud de los meses era variable.

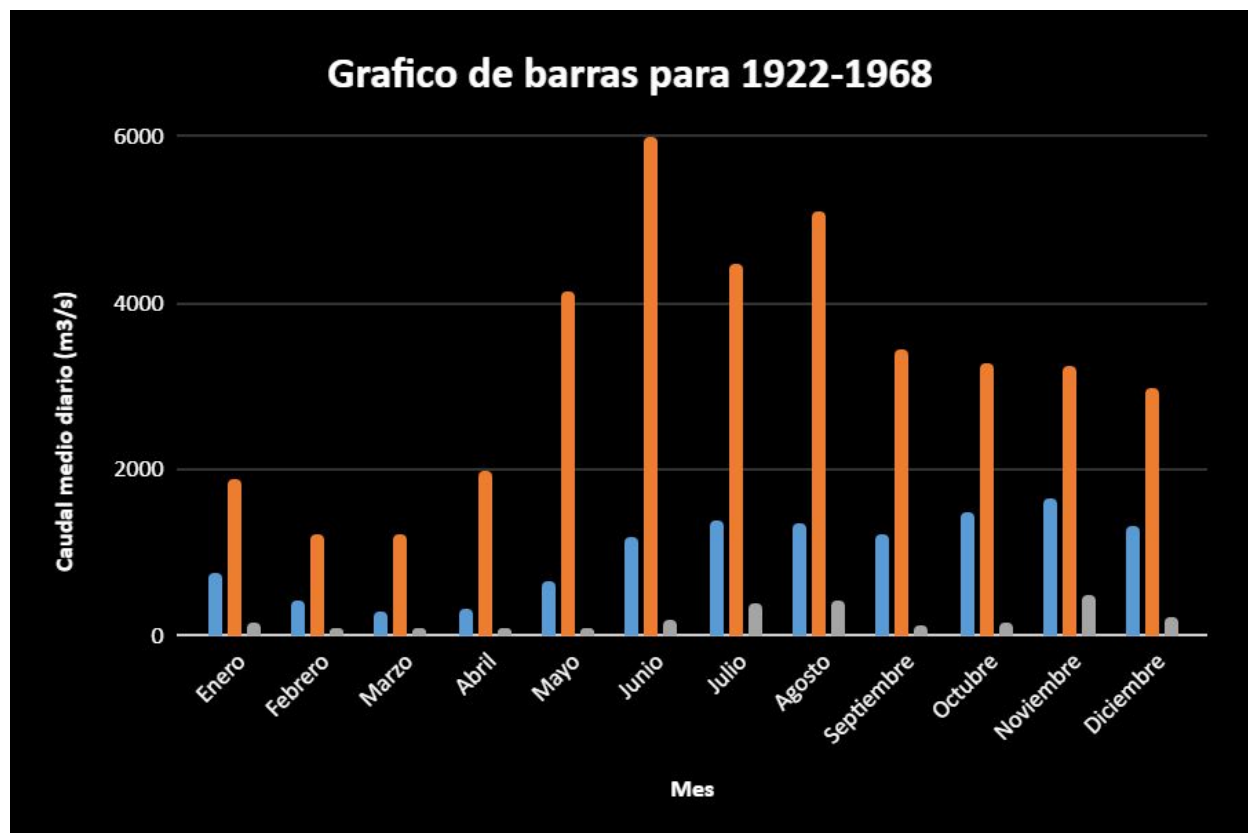


Figura 15: Gráfico de barras para Caudal Medio Diario (Período 1922-1968)

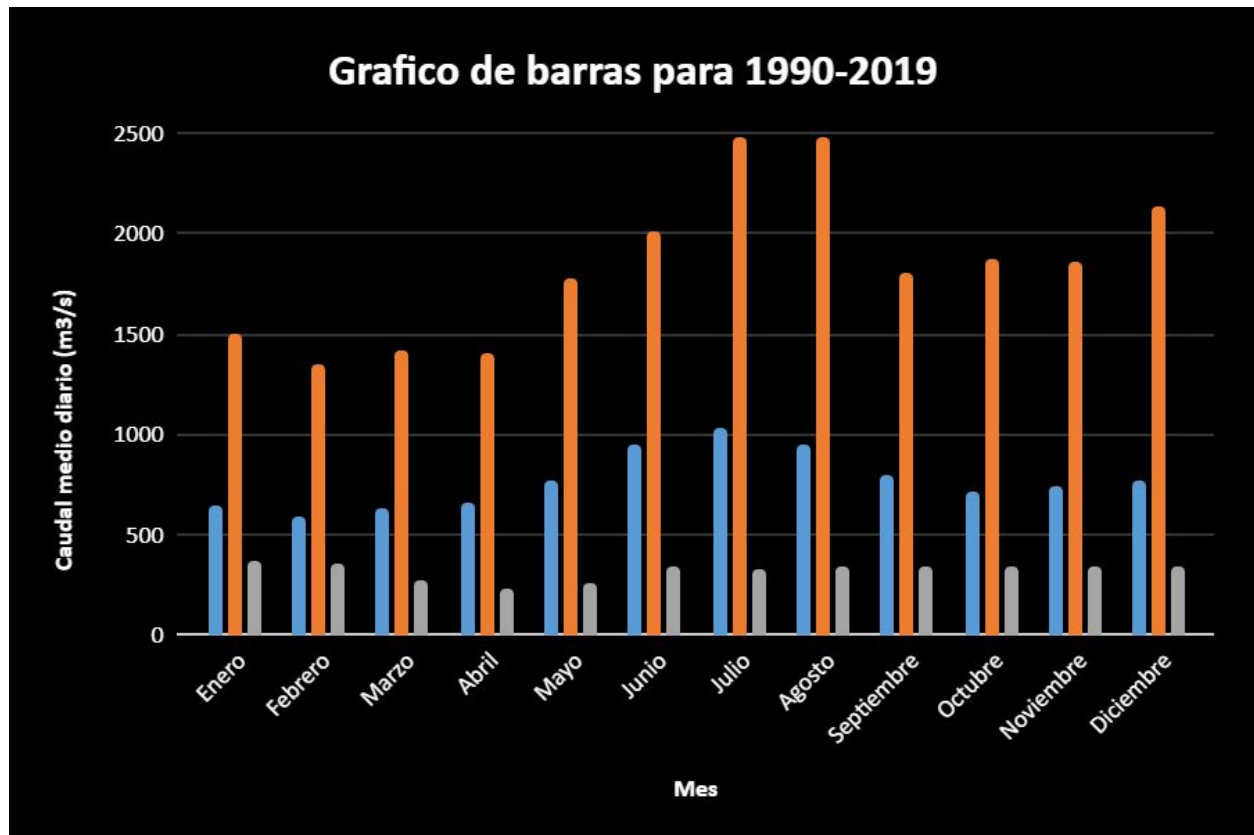


Figura 16: Gráfico de barras para Caudal Medio Diario (Período 1990-2019)

1.2.2. Relación entre los Máximos/Promedios/Mínimos Caudales Medios Mensuales y Máximos/Promedios/Mínimo Caudales Medios Diarios

Se plasma lo pedido en las siguientes tablas haciendo simplemente un cociente entre los valores ya calculados en incisos anteriores.

| 1922-1968 | Máximo | Promedio | Mínimo |
|------------|--------|----------|--------|
| enero | 1,37 | 1 | 0,81 |
| febrero | 1,36 | 1,01 | 0,78 |
| marzo | 1,5 | 1 | 0,84 |
| abril | 2,24 | 0,98 | 0,87 |
| mayo | 2,18 | 1,01 | 0,64 |
| junio | 2 | 1 | 0,69 |
| julio | 1,68 | 1 | 0,77 |
| agosto | 1,85 | 1 | 0,88 |
| septiembre | 1,71 | 0,99 | 0,19 |
| octubre | 1,44 | 1 | 0,21 |
| noviembre | 1,31 | 1 | 0,72 |
| diciembre | 1,29 | 1,02 | 0,61 |

Tabla 1: Relación entre Qmm y Qmd (Período 1922-1968)

| 1990-2019 | Máximo | Promedio | Mínimo |
|------------|--------|----------|--------|
| enero | 1,28 | 0,98 | 0,96 |
| febrero | 1,25 | 0,99 | 0,91 |
| marzo | 1,26 | 0,99 | 0,77 |
| abril | 1,14 | 1 | 0,87 |
| mayo | 1,23 | 1 | 0,69 |
| junio | 1,17 | 1 | 0,97 |
| julio | 1,18 | 1 | 0,94 |
| agosto | 1,26 | 1 | 0,97 |
| septiembre | 1,12 | 1 | 0,96 |
| octubre | 1,24 | 1 | 0,94 |
| noviembre | 1,04 | 1 | 0,93 |
| diciembre | 1,38 | 1,03 | 0,97 |

Tabla 2: Relación entre Qmm y Qmd (Período 1990-2019)

1.2.3. Máximos Caudales Medios Mensuales VS Máximos Caudales Medios Diarios

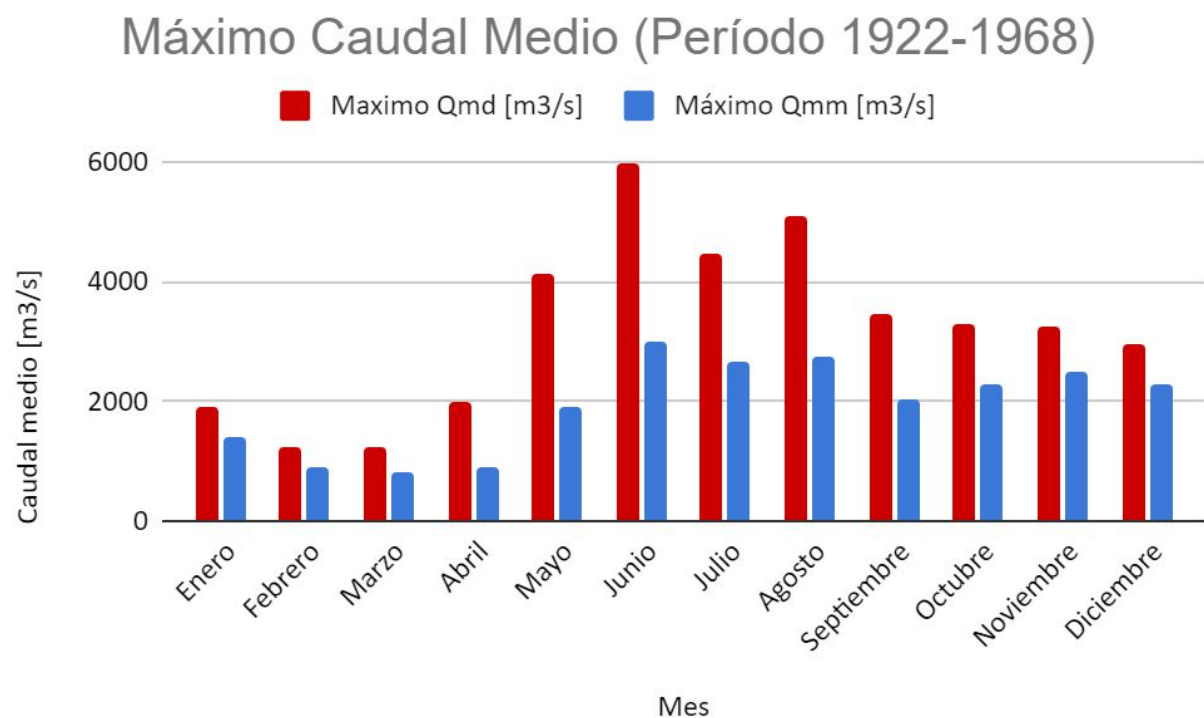


Figura 17: Máximo Caudal Medio (Período 1922-1968)

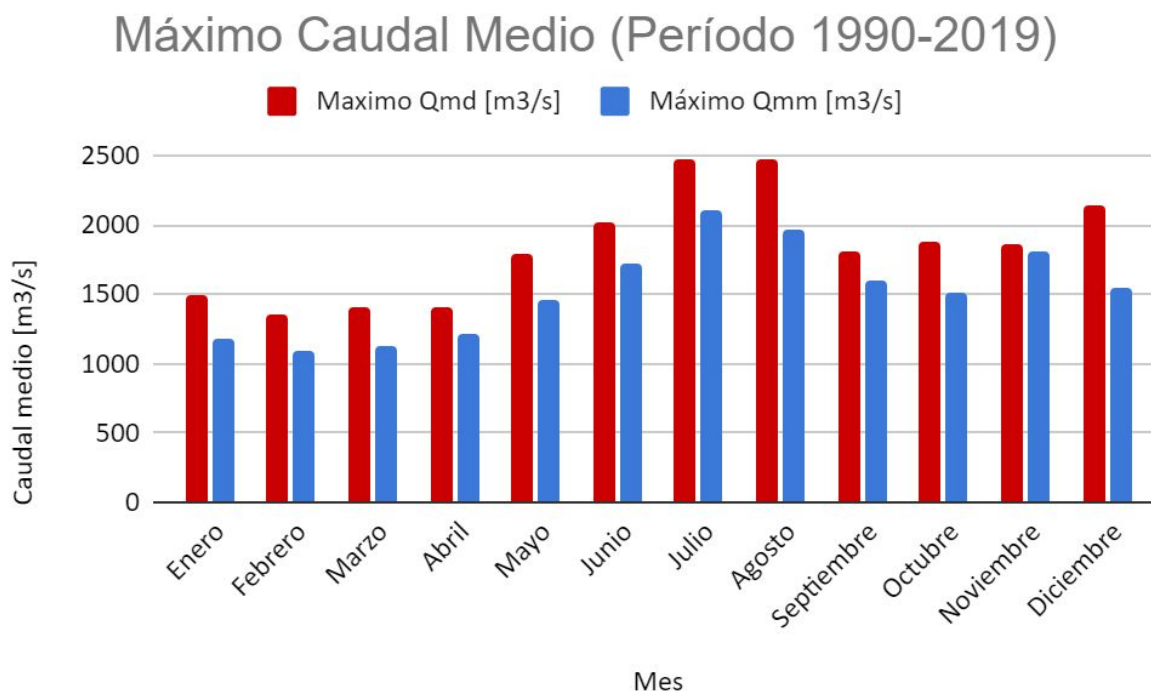


Figura 18: Máximo Caudal Medio (Período 1990-2019)

1.2.4. Caudales Medios Mensuales Promedio VS Caudales Medios Diarios Promedio

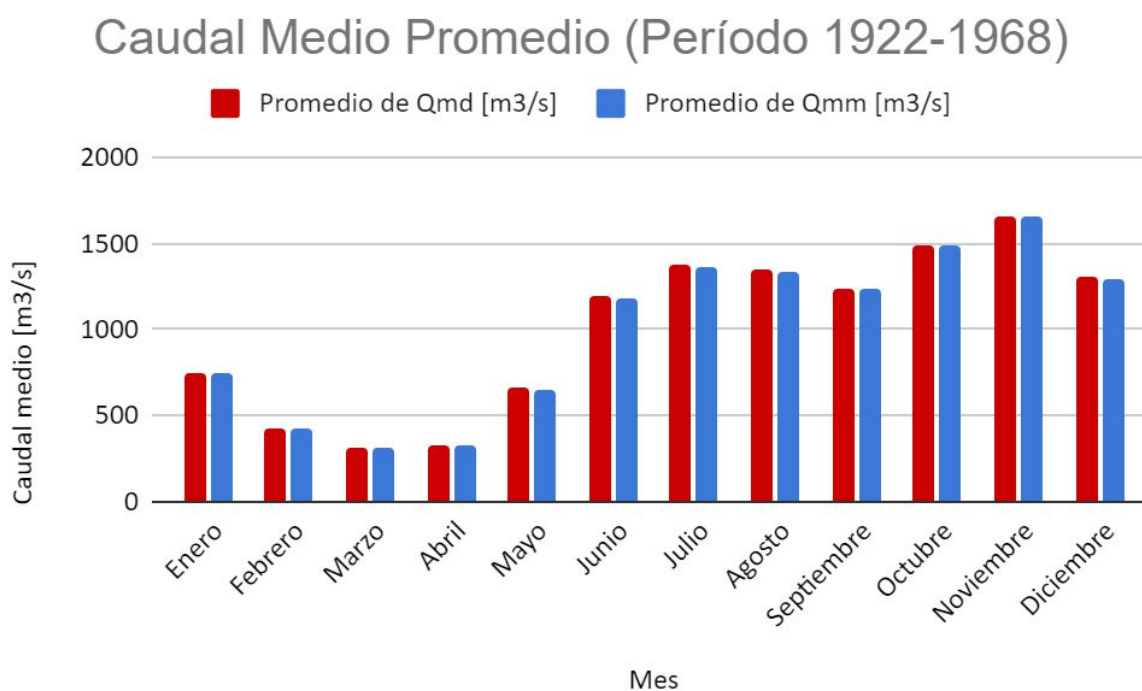


Figura 19: Caudal Medio Promedio (Período 1922-1968)

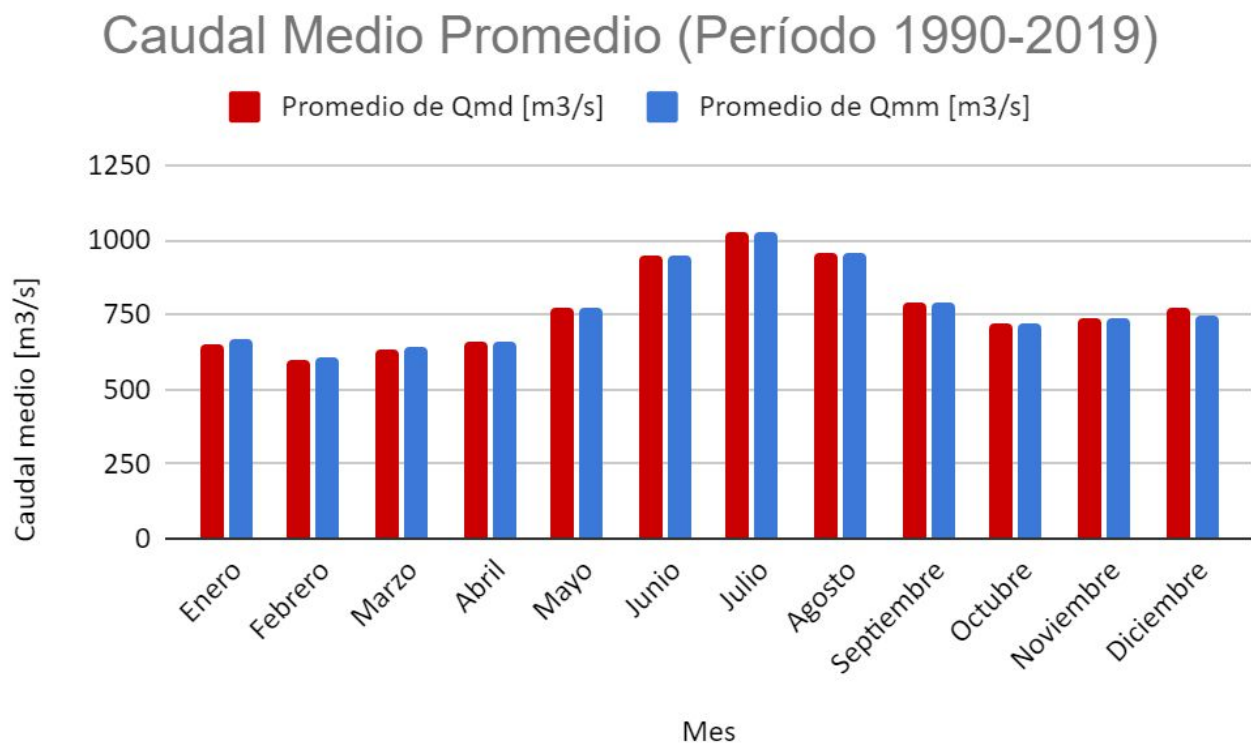


Figura 20: Caudal Medio Promedio (Período 1990-2019)

1.2.5. Mínimos Caudales Medios Mensuales VS Mínimos Caudales Medios Diarios

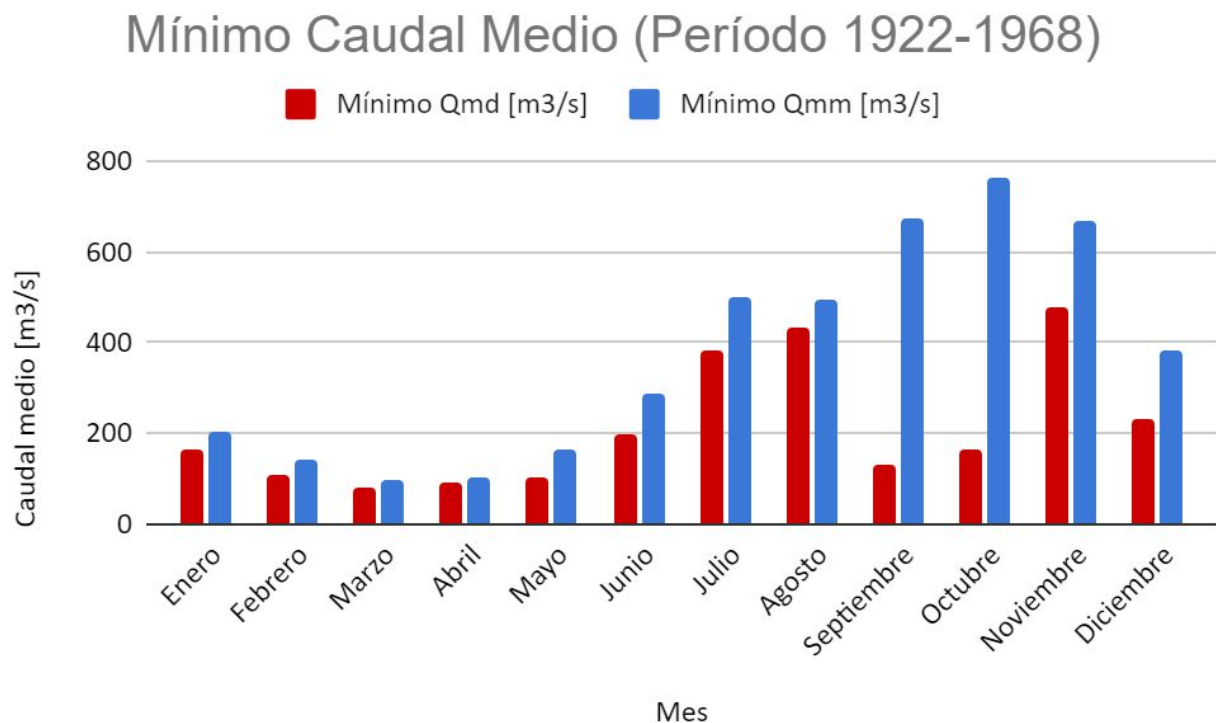


Figura 21: Mínimo Caudal Medio (Período 1922-1968)

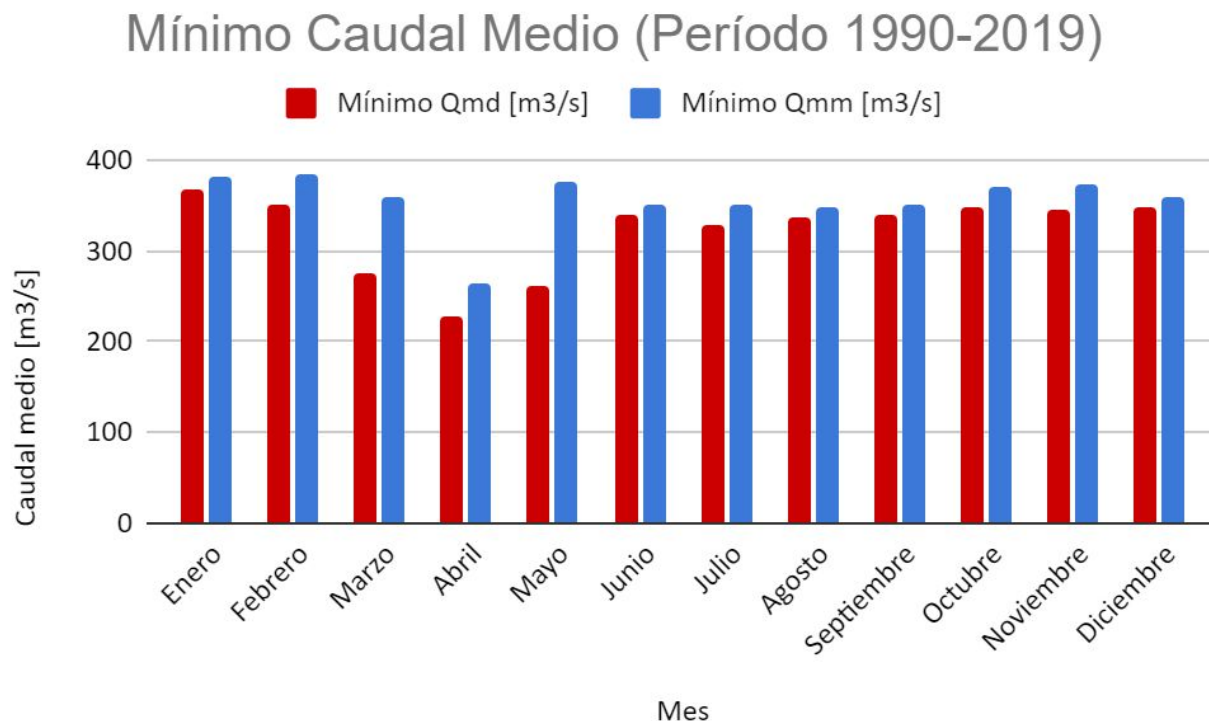


Figura 22: Mínimo Caudal Medio (Período 1990-2019)

EJERCICIO 2.1

La Curva Clave es una representación aproximada del comportamiento del caudal aforado con respecto a la altura del canal. Para poder obtener una curva que se ajuste a los datos Q-h aportados por la cátedra, se realizará un ajuste por cuadrados mínimos.

El enunciado del ejercicio pide que la curva ajustada sea del tipo potencial con la siguiente forma:

$$Q''(h) = a * h^b$$

Acorde a lo mencionado anteriormente, se obtienen los valores de las constantes “a” y “b” mediante cuadrados mínimos. Reemplazando los valores obtenidos en la ecuación, la expresión de la curva resulta ser la siguiente;

$$Q''_{pot}(h) = 24,223 * h^{(1,9644)}$$

Al comparar gráficamente la curva obtenida con los datos se observa que la curva no es un buen ajuste ya que se separa notoriamente de la nube de puntos. Debido a esto, mediante líneas de tendencia aportadas por la herramienta de cálculo, se analizan funciones de distintas expresiones que se ajusten mejor a la forma de los datos, obteniéndose una curva del tipo polinómica de segundo grado que logra adaptarse de forma aceptable. Esta tiene la siguiente ecuación:

$$Q''_{Cuad}(h) = 41,286 * h^2 - 80,529 * h + 44,688$$

Para poder encontrar una forma potencial que se ajuste a los datos y cumpla con lo pedido en el enunciado, se partirá la función, obteniendo dos ecuaciones del tipo potencial. Se observará la forma del gráfico de dispersión de los datos para evaluar el punto de quiebre entre las dos funciones.

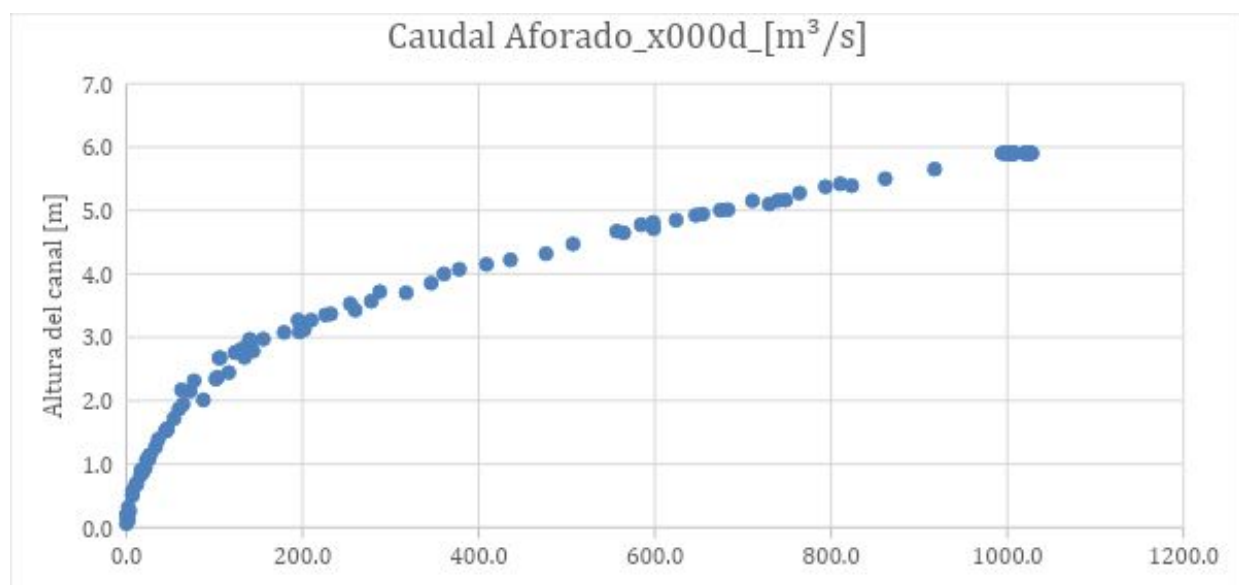


Figura 23: Curva de Caudal Aforado

Se observa un claro quiebre para una altura entre los 2,0m y 2,4m, donde los datos por debajo de estas alturas tienen una clara menor dispersión que el resto. Por lo tanto, se realizará un ajuste por cuadrados mínimos entre 0m y 2,4m y otro entre 2,4m y 6m. Las expresiones obtenidas, en orden, son las siguientes:

$$Q''_{pot1}(h) = 21,591 * h^{\hat{1},6702}$$

$$Q''_{pot2}(h) = 8,1822 * h^{\hat{2},7279}$$

Para poder evaluar cuál es la curva que se ajusta mejor a los datos obtenidos, se comparará el error cuadrático cometido por cada curva.

| | Error Cuadrático Total | EC entre 0m y 2,4m | EC entre 2,4m y 6m |
|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Potencial | 1203522,76 | 10195,92249 | 1193326,837 |
| Cuadrática | 28333,1704 | 15535,02557 | 12798,1448 |
| Potencial Partida | 30113,5856 | 1476,2905 | 28637,2951 |

Tabla 3: Errores cuadráticos

De la tabla anterior podemos obtener varias conclusiones. La curva cuadrática resulta ser la que tiene menor error total a lo largo de todos los datos, siendo de un orden similar al de la función potencial partida. Resulta pertinente destacar que el error cuadrático de la función partida en el rango menos disperso es sustancialmente menor que en el resto de las curvas (10 veces menor al de la curva cuadrática), por lo que podríamos considerar que la curva partida es más representativa para alturas bajas. Aunque en el resto de las alturas medidas, la curva cuadrática resulta tener menor error que la curva partida, el orden de diferencia entre ellas es solo el doble a diferencia del caso anterior, donde era décuple. Además, al considerar la dispersión de los datos medidos en este rango y las dificultades prácticas al medir los caudales en esas alturas, se puede considerar que el orden de precisión de la curva partida es aceptable.

En conclusión, la curva clave del canal dato dado se ve mejor ajustada por la función potencial partida.

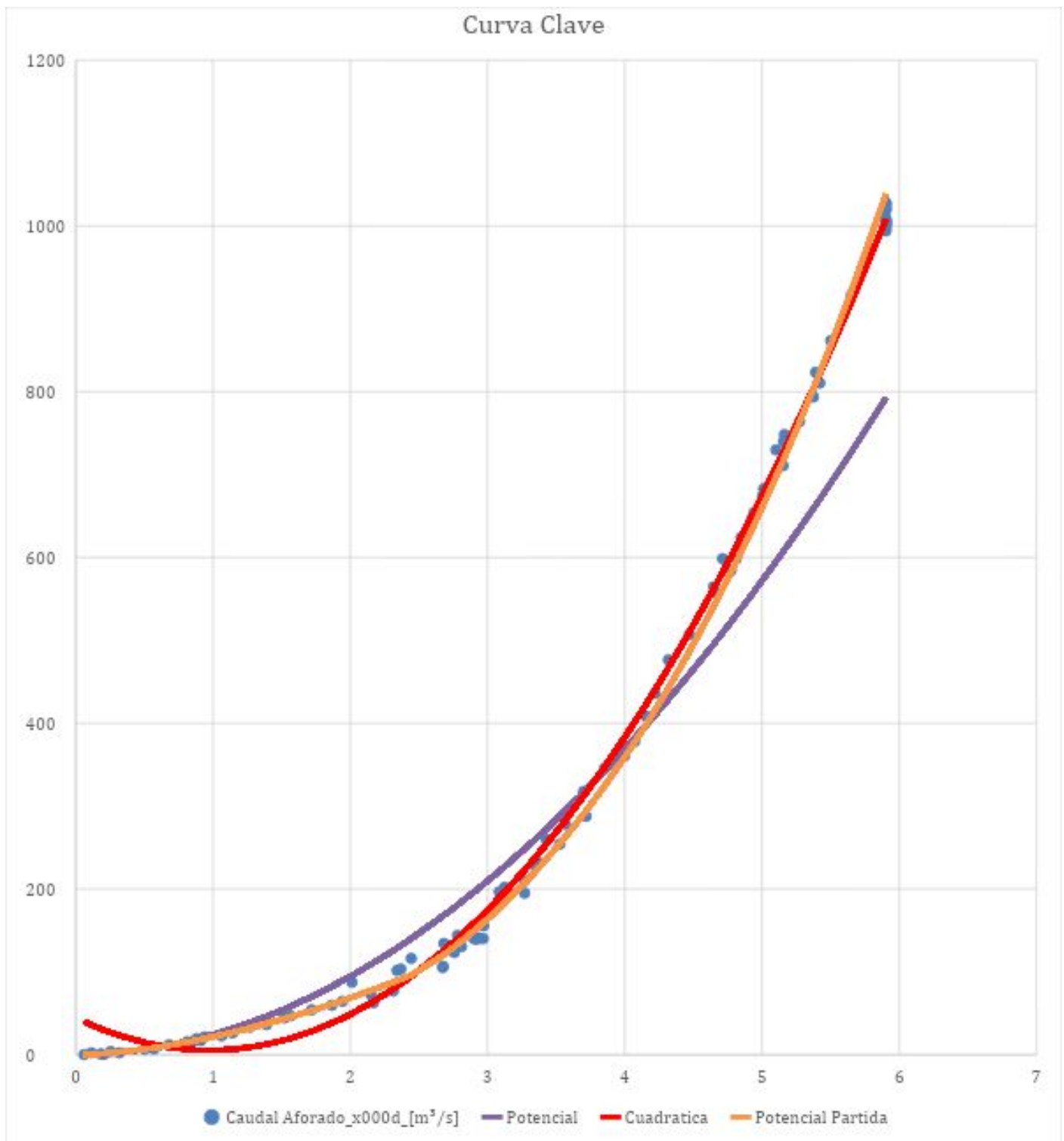
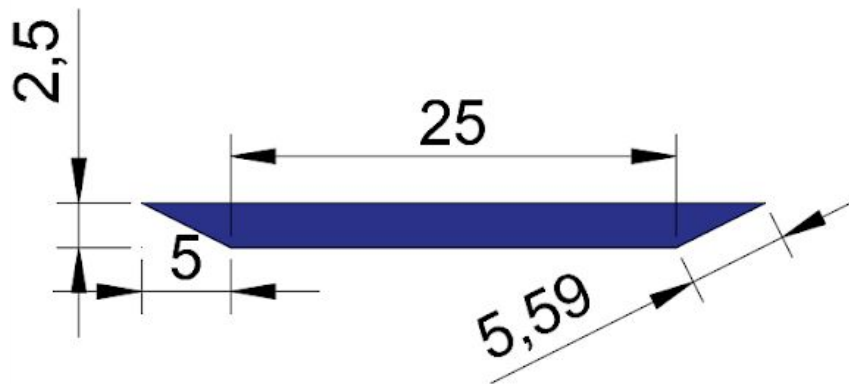


Figura 23: Curva Clave

EJERCICIO 2.2

Para estimar el n se procederá a reemplazar los datos del aforo de caudal y de la sección del cauce a analizar en la fórmula de Chezy-Manning, siendo tal sección la siguiente:



Donde todas las medidas están en metros.

Recordando la ecuación de Chezy-Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \Omega R_h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

En la cual S es la pendiente de la línea de energía dada por el enunciado. Teniendo la sección del río y su perímetro mojado se puede averiguar el radio hidráulico y una vez reemplazados todos los datos se llega a la siguiente expresión simplificada:

$$Q = (30m * h)^{\frac{5}{3}} * 0,0387 / (n * (25m + 2((5m)^2 + h^2)^{\frac{1}{2}})^{\frac{2}{3}}) \quad (1)$$

Se procede a elegir 3 valores de h a distintas alturas respecto del lecho del río, como, por ejemplo, 0,5m, 1,25m y 2m. Buscando de los datos del enunciado los valores más aproximados que se hayan medido en la estación de aforo (0,500m, 1,269m y 2,012m) y los caudales respectivos medidos en cada altura se obtienen $\frac{6,7162m^3}{s}$, $33,335 \frac{m^3}{s}$, y $87,553 \frac{m^3}{s}$, respectivamente.

Finalmente, estos valores se reemplazan en la expresión (1) y se obtienen los valores de n .

| h [m] | Q [m ³ /s] | n |
|---------|-------------------------|-------|
| 0,5 | 6,716 | 0,049 |
| 1,25 | 33,335 | 0,045 |
| 2 | 87,553 | 0,037 |

Haciendo un promedio de tales valores se estima que aproximadamente $n = 0,044$.