



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

COEFICIENTES DE MAYORACIÓN DE CAUDALES DEL COLECTOR
AVENIDA CENTRAL 25 DE JUNIO Y 15AVA OESTE DE LA CIUDAD DE
MACHALA

DUQUE CHANALUISA EDISON PATRICIO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

COEFICIENTES DE MAYORACIÓN DE CAUDALES DEL
COLECTOR AVENIDA CENTRAL 25 DE JUNIO Y 15AVA OESTE
DE LA CIUDAD DE MACHALA

DUQUE CHANALUISA EDISON PATRICIO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

COEFICIENTES DE MAYORACIÓN DE CAUDALES DEL COLECTOR AVENIDA
CENTRAL 25 DE JUNIO Y 15AVA OESTE DE LA CIUDAD DE MACHALA

DUQUE CHANALUISA EDISON PATRICIO
INGENIERO CIVIL

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

MACHALA, 02 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA
02 de diciembre de 2020

MEDICION CAUDALES AASS MACHALA

por Edison Duque

Fecha de entrega: 13-nov-2020 11:54a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1445097695

Nombre del archivo: Edison_Duque_Chanaluisa-revisado_fa_1-sb.docx (2.4M)

Total de palabras: 5293

Total de caracteres: 26889

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, DUQUE CHANALUISA EDISON PATRICIO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado COEFICIENTES DE MAYORACIÓN DE CAUDALES DEL COLECTOR AVENIDA CENTRAL 9 DE OCTUBRE Y 15AVA OESTE DE LA CIUDAD DE MACHALA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 02 de diciembre de 2020



DUQUE CHANALUISA EDISON PATRICIO
1500788623

MEDICION CAUDALES AASS MACHALA

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.normalizacion.gob.ec

Fuente de Internet

<1%

2

repositorio.utm.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

3

Submitted to Universidad Carlos III de Madrid

Trabajo del estudiante

<1%

4

dspace.ucuenca.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

5

Submitted to Universidad de León

Trabajo del estudiante

<1%

6

prensa.unefm.edu.ve

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1%

8

issuu.com

Fuente de Internet

<1%

9

www.beck-shop.de

Fuente de Internet

<1%

RESUMEN

Hoy en día los sistemas de alcantarillado son una necesidad básica para mantener la salud y el bienestar de la población; sin embargo su diseño depende de factores de mayoración basados en propuestos teóricos o empíricos en lugar de datos reales; por ende, en vista de la carencia de valores de caudales máximo horarios en las redes sanitarias locales, se tiene el objetivo de medir la variación del tirante para calcular el caudal real obteniendo el coeficiente de mayoración verdadero, que debería considerarse en el diseño; además que contar con datos de campo permitiría optimizar los diámetros, reflejándose como un coste menor y por lo tanto, mejorar la cobertura del servicio por tratarse de obras públicas. Se aplica una metodología pragmática, mediante una revisión literaria al fundamentar el desarrollo del proyecto e investigación de campo al aforar el colector seleccionado. En los resultados se estima la diferencia entre los caudales máximo y medio horario, aguas lluvias e infiltración para conocer la proporción real de los factores usados en su diseño.

Palabras claves: colector, factor de mayoración, caudal medio horario, diseño.

ABSTRACT

Today sewerage systems are a basic need to maintain the health and well-being of the population; However, its design depends on augmentation factors based on theoretical or empirical proposals instead of real data; Therefore, in view of the lack of maximum hourly flow values in the local sanitary networks, the objective is to measure the variation of the tie to calculate the real flow, obtaining the true increase coefficient, which should be considered in the design; In addition, having field data would allow the diameters to be optimized, reflecting it as a lower cost and therefore, improving the service coverage as it is public works. A pragmatic methodology is applied, through a literary review to base the development of the project and field research by gauging the selected collector. In the results, the difference between the maximum and average hourly flows, rainwater and infiltration is estimated to know the real proportion of the factors used in its design.

Keywords: collector, increased factor, average hourly flow, design.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

RESUMEN	- 2 -
ABSTRACT.....	- 2 -
ÍNDICE DE CONTENIDOS	- 3 -
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	- 4 -
ÍNDICE DE TABLAS	- 4 -
ÍNDICE DE ANEXOS.....	- 5 -
1. INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
2. DESARROLLO	- 2 -
2.1 Fundamentación teórica	- 2 -
2.1.1 Redes de alcantarillado.....	- 2 -
2.1.2 Criterios de diseño.....	- 2 -
2.1.3 Agua Residual.....	- 3 -
2.1.4 Caudal.....	- 3 -
2.1.5 Colectores	- 4 -
2.1.6 Metodología.....	- 4 -
2.2 Caso Práctico.....	- 4 -
2.2.1 Pregunta a Resolver:.....	- 4 -
2.2.2 Cálculo del Caudal medio	- 5 -
2.2.3 Caudal medio horario	- 8 -
2.2.4 Estadísticos y correlación de datos.....	- 12 -
2.2.5 Q máximo horario VS Q promedio	- 12 -
2.2.6 Regresión Polinómica.....	- 14 -
2.2.7 Caudal máximo horario VS caudal de infiltración	- 15 -

2.2.8 Análisis	- 16 -
3. CONCLUSIONES.....	- 18 -
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 19 -
5. ANEXOS	- 22 -

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Colector Seleccionado para el caso práctico	- 5 -
Ilustración 2. Curva del Caudal Medio Horario 07/10/2020.....	- 8 -
Ilustración 3. Curva del Caudal Medio Horario 08/10/2020.....	- 8 -
Ilustración 4. Curva del Caudal Medio Horario 09/10/2020.....	- 9 -
Ilustración 5. Curva del Caudal Medio Horario 10/10/2020.....	- 9 -
Ilustración 6. Curva del Caudal Medio Horario 11/10/2020.....	- 10 -
Ilustración 7. Curva del Caudal Medio Horario 12/10/2020.....	- 10 -
Ilustración 8. Curva del Caudal Medio Horario 13/10/2020.....	- 11 -
Ilustración 9. Curva del Caudal Medio Horario 14/10/2020.....	- 11 -
Ilustración 10. Curvas Q máximo horario vs Q promedio horario.....	- 13 -
Ilustración 11. Curvas de caudales sanitarios, lluvias y combinados.....	- 15 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Calculo del caudal medio horario 7 octubre 2020.....	- 7 -
Tabla 2. Regresión polinómica y cálculo del factor de mayoración	- 14 -

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Red sanitaria de la ciudad de Machala.....	- 22 -
Anexo 2. Colector Seleccionado para el caso práctico Av. Central 25 de Junio y 15 ava oeste.	- 23 -
Anexo 3. Ubicación real del Colector (Barrio: Manglar del Afro).....	- 24 -
Anexo 4. <i>Colocación de dispositivo manual para medición de tirante en el colector. ...</i>	- 25 -
Anexo 5. <i>Medición de la variación del caudal a lo largo del día.</i>	- 26 -
Anexo 6. <i>Evidencia de la toma de datos en el campo.</i>	- 27 -
Anexo 7. <i>Caudal medio horario desde 7 de octubre al 14 de octubre.</i>	- 28 -
Anexo 8. <i>Caudal máximo horario y caudales máximos diarios.</i>	- 29 -
Anexo 9. <i>Curvas de QMH vs Qmedio ajustadas mediante regresión polinómica.</i>	- 30 -
Anexo 10. Calculo del caudal medio horario 8 octubre 2020	- 31 -
Anexo 11. Calculo del caudal medio horario 9 octubre 2020	- 32 -
Anexo 12. Calculo del caudal medio horario 10 octubre 2020	- 33 -
Anexo 13. Calculo del caudal medio horario 11 octubre 2020	- 34 -
Anexo 14. Calculo del caudal medio horario 12 octubre 2020	- 35 -
Anexo 15. Calculo del caudal medio horario 13 octubre 2020	- 36 -
Anexo 16. Calculo del caudal medio horario 14 octubre 2020	- 37 -

1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil es una ciencia interdisciplinaria que tiene por consigna solventar los problemas sociales al vincularse con la sociedad mediante criterios técnicos, matemáticos y éticos en busca de la sostenibilidad, enfocado en transformar la realidad social a favor del bienestar común [1].

El agua es uno de los recursos más valiosos e indispensables para la humanidad; sin embargo, la creciente demanda dificulta su gestión y control derivando en contaminación o patologías en la población [2]; haciendo imperioso su estudio para mejorar su distribución mediante los sistemas sanitarios e hidráulicos que facilitan su aprovechamiento.

Uno de los principales servicios básicos más notables es el alcantarillado, mismo que tienen un impacto relevante tanto para la población como para la salud ambiental [3]; por lo tanto, es necesario diseñarlos considerando la demanda en un tiempo de retorno prudente, los niveles de contaminación permitidos, afectaciones a la calidad de los cuerpos acuáticos de descarga e inferencias prácticas al proyectar los caudales.

El presente estudio parte de la problemática técnica y práctica correspondiente al diseño de los sistemas de alcantarillado; debido a que se desconoce los coeficientes de mayorización de caudales para redes locales se emplea coeficientes de normas internacionales, sin valores que reflejen la realidad social ni las características de la población que causan la variación de las aguas servidas durante el transcurso del día; por ende, es necesario estimar dichos factores a través de una investigación de campo en un colector de la red municipal a la vez que se argumenta el desarrollo del escrito por medio de una revisión literaria.

El objetivo general es: Medir la relación de tirante sobre diámetro mediante un aforo manual para determinar los coeficientes de mayorización de caudales en el colector Avenida central 25 de Junio y 15ava oeste de la ciudad de Machala.

Los objetivos específicos son:

- ❖ Caracterizar la temática a través de una investigación documentada para fundamentar el desarrollo del proyecto.

- ❖ Realizar mediciones del caudal a cada hora en el colector 25 de Junio y 15 ava oeste de la ciudad de Machala por medio de una investigación de campo para calcular la relación tirante sobre diámetro.
- ❖ Determinar los coeficientes de mayoración del colector Av. central 25 de Junio y 15 ava oeste mediante un análisis estadístico para optimizar los diámetros de los colectores en el diseño de nuevos sistemas de alcantarillado.

2. DESARROLLO

2.1 Fundamentación teórica

Comprende los términos y definiciones que describen la temática desde la perspectiva del autor argumentándose, en fuentes bibliográficas al delinear las bases para desarrollar el proyecto.

2.1.1 Redes de alcantarillado

Son sistemas de tuberías, destinados a recolectar y evacuar las aguas residuales producto de las actividades agrícolas, domesticas e industriales; aunque su diseño se proyectó acorde al crecimiento poblacional, el incremento en su densidad trae consecuencias adversas para el medio ambiente y la salud comunitaria [4].

2.1.2 Criterios de diseño

De acuerdo con la Norma De Diseño Para Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable, Disposición De Excretas Y Residuos Líquidos En El Área Rural [5] , las consideraciones son:

- El periodo de diseño mínimo será de 20 años.
- Proyección de la población empleando el método geométrico y tasas de crecimiento acorde a su ubicación geográfica.
- Nivel de servicio, de acuerdo al tipo de sistema, aplicaciones, usos, disposición de excretas y líquidos.
- Dotación, que varía en función del clima y población; siendo Caudal medio, caudal máximo diario, caudal máximo horario y fugas e infiltraciones.

Es importante tener en cuenta que, pese a los impactos positivos de las redes sanitarias, mantiene un fuerte impacto ambiental en un 41% negativos y 59% positivos en favor del desarrollo social [6]; además de sus costos elevados en su construcción e inconvenientes; por ende, conocer realmente los caudales que dimensionan las tuberías del sistema es sumamente relevante tanto al optimizar costos como mejorar las prestaciones a la sociedad.

2.1.3 Agua Residual

Es el agua cuyas condiciones y características se alteran luego de ser utilizada; como en el caso de las viviendas, recreación e industrias; su destino son las redes de alcantarillado para su evacuación final hacia un cuerpo de agua [7]. En este estudio se enfoca en las aguas servidas del sector norte de Machala para analizar su variación horaria.

2.1.4 Caudal

Es uno de los principales parámetros de diseño en redes e instalaciones tanto hidráulicas como sanitarias; el objetivo es encontrar diámetros de tuberías que satisfagan exitosamente los caudales de diseño para reducir el costo de construcción; además que estos son condicionados por el clima y comportamiento de la población [8].

$$Q_m = \frac{F * P * D}{86400}$$

Donde:

F= factor de fugas

P: Población futura (hab)

D= Dotación futura (l/hab/día)

Q_m= Caudal medio (l/s)

$$Q_{MD} = FM * Q_m$$

Donde:

FM= Factor de mayoración máximo diario (1.25)

Q_m= Caudal Medio (l/s)

Q_{MD}= Caudal Máximo diario

Se aprecia que el factor de mayoración, se asume en lugar de calcularse con datos reales; justificando la ejecución del presente proyecto.

2.1.5 Colectores

Son tramos de ductos que recolectan el agua residual de un área hacia una caja de conexión o pozo para ser transportados hacia su descarga final [9]; en este proyecto se considera al colector principal que tiene su desembocadura en el Canal El Macho de la ciudad de Machala, recogiendo las aguas de la Av. Central 25 de Junio y 15 ava oeste.

2.1.6 Metodología

Se realiza una investigación bibliográfica para argumentar el desarrollo del proyecto en base al análisis de contenido científico; además se realiza la medición del caudal hora a hora durante una semana en el colector estudiado para obtener datos reales que permitan resolver el caso práctico [10].

En el proceso de medición se utiliza una cinta métrica al medir el tirante de agua en relación al diámetro del colector; se registra las evidencias y valores en una hoja de cálculo electrónica (Excel) y finalmente se estima los coeficientes de mayoración.

2.2 Caso Práctico

Los caudales de aguas residuales domésticas en los sistemas de alcantarillado varían sensiblemente a lo largo del día por lo que, para efecto del dimensionamiento de las obras de alcantarillado; será necesario determinar el caudal máximo instantáneo. En la ciudad de Machala no se dispone de datos de coeficientes de mayoración de caudales en las redes de alcantarillado; por lo que, siempre se ha adoptado para los diseños valores tomados de las normas y de bibliografía de otros países.

2.2.1 Pregunta a Resolver:

Con estos antecedentes se debe seleccionar un colector principal de alcantarillado de la ciudad de Machala, en su salida a la descarga colocar un dispositivo de medición manual, que puede ser un vertedero, canaleta Parshall, entre otros.

Con el objetivo de medir los caudales en diferentes horas del día en un periodo determinado para elaborar gráficos que permitan establecer las relaciones entre los caudales máximos y el caudal promedio de aguas residuales.

¿Cuáles son los coeficientes de mayoración de caudales en los colectores de alcantarillado de la ciudad de Machala?

caudal medio.

Las fórmulas aplicadas se describen a continuación:

$$r = \frac{D}{2}$$

Donde:

R=Radio de la tubería (m)

D= Diámetro de la tubería (m)

$$\theta = 2\cos^{-1} \left[1 - \left(\frac{y}{r} \right) \right]$$

Donde:

R=Radio de la tubería (m)

D= Diámetro de la tubería (m)

θ = Ángulo entre el centro de la tubería y espejo de agua (radianes)

$$A = 0.5r^2(\theta - \text{sen}(\theta))$$

Donde:

A=Área cubierta por el agua (m²)

θ = Ángulo entre el centro de la tubería y espejo de agua (radianes)

$$P = r\theta$$

Donde:

P=Perímetro mojado (m)

θ = Ángulo entre el centro de la tubería y espejo de agua (radianes)

r=Radio de la tubería (m)

$$R = A/P$$

Donde:

P=Perímetro mojado (m)

A= Área mojada (m²)

R= Radio Hidráulico (m)

$$Q = \left(\frac{1}{n} \right) AR^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

Q=Caudal medio (m³/s)

A= Área mojada (m²)

R= Radio Hidráulico (m)

S=Pendiente de la tubería (m/m)

Tabla 1. *Calculo del caudal medio horario 7 octubre 2020*

Hora	TIRANTE m	Ángulo (rad/s)	Área (m²)	Perímetro mojado (m)	R Hidráulico (m)	Caudal (L/s)
0:00	0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	208,26
1:00	0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	208,26
2:00	0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	208,26
3:00	0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	208,26
4:00	0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	208,26
5:00	0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	208,26
6:00	0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	208,26
7:00	0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	218,91
8:00	0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	218,91
9:00	0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	218,91
10:00	0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	218,91
11:00	0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	218,91
12:00	0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	213,56
13:00	0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	213,56
14:00	0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	213,56
15:00	0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	218,91
16:00	0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	218,91
17:00	0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	218,91
18:00	0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	218,91
19:00	0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	218,91
20:00	0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	218,91
21:00	0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	208,26
22:00	0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	208,26
23:00	0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	208,26
24:00	0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	208,26

Fuente: El Autor

Se reemplaza valores encontrando el caudal medio horario para cada tirante medido a cada hora, desde las 0:00 horas del día hasta las 24:00; se repite el proceso para los demás días del aforo hasta el 14 de octubre; como observación se evidencia que el tirante es notoriamente menor al diámetro del ducto, aludiendo a un sobredimensionamiento que se justifica al ser un sistema de drenaje COMBINADO, debiendo tener la capacidad de soportar las aguas

lluvias y un caudal mayor al previsto de las actividades de la población.

2.2.3 Caudal medio horario

Luego de tomar las variaciones del caudal desde las 0:00 hasta las 24:00 desde el 7 de octubre del 2020 al 14 de octubre del 2020; se procede a calcular los caudales en función del tirante mediante la hoja electrónica Excel.

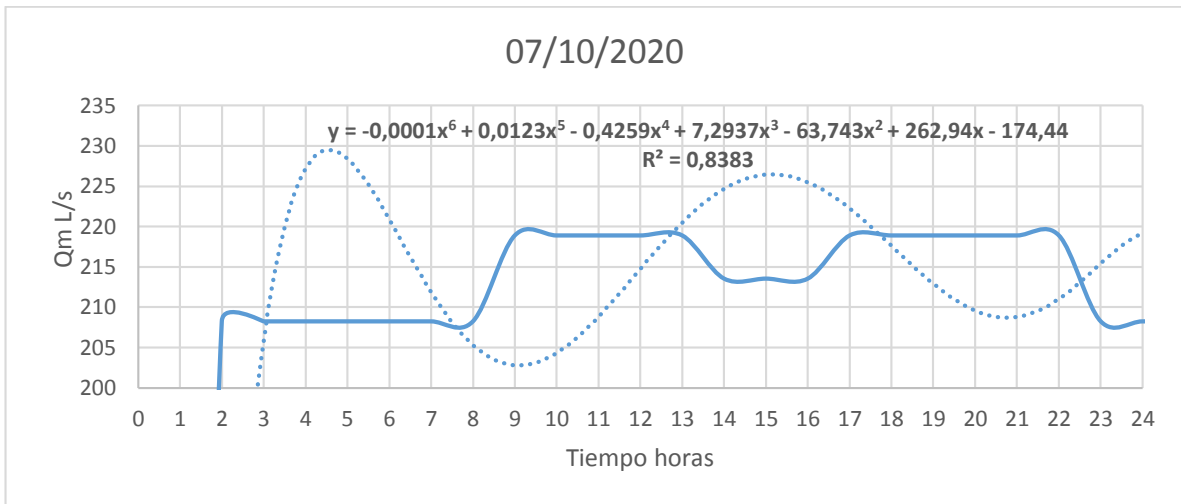


Ilustración 2. Curva del Caudal Medio Horario 07/10/2020

Fuente: El Autor

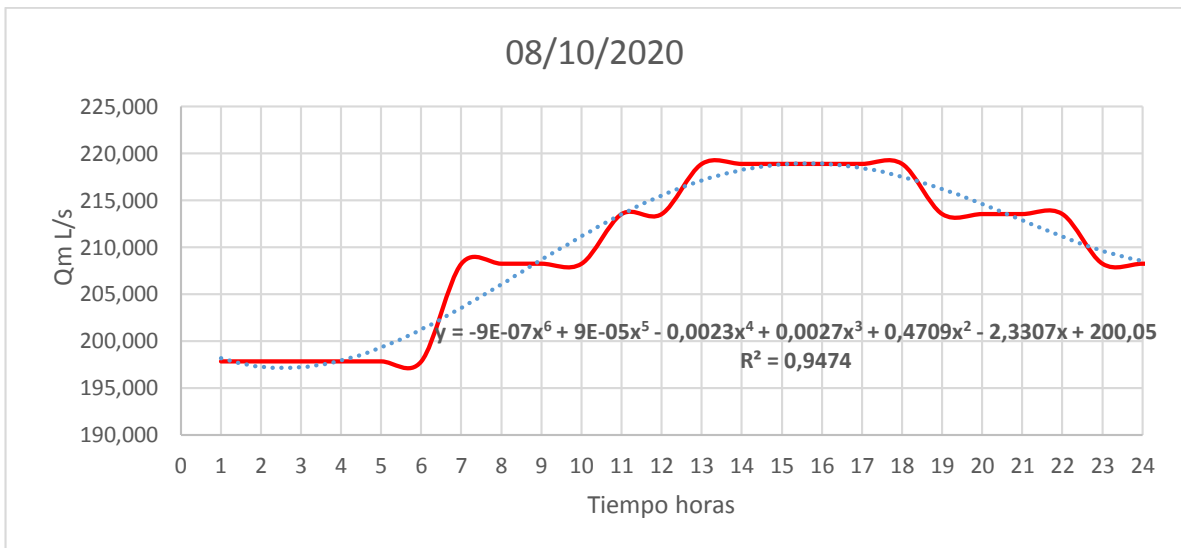


Ilustración 3. Curva del Caudal Medio Horario 08/10/2020

Fuente: El Autor

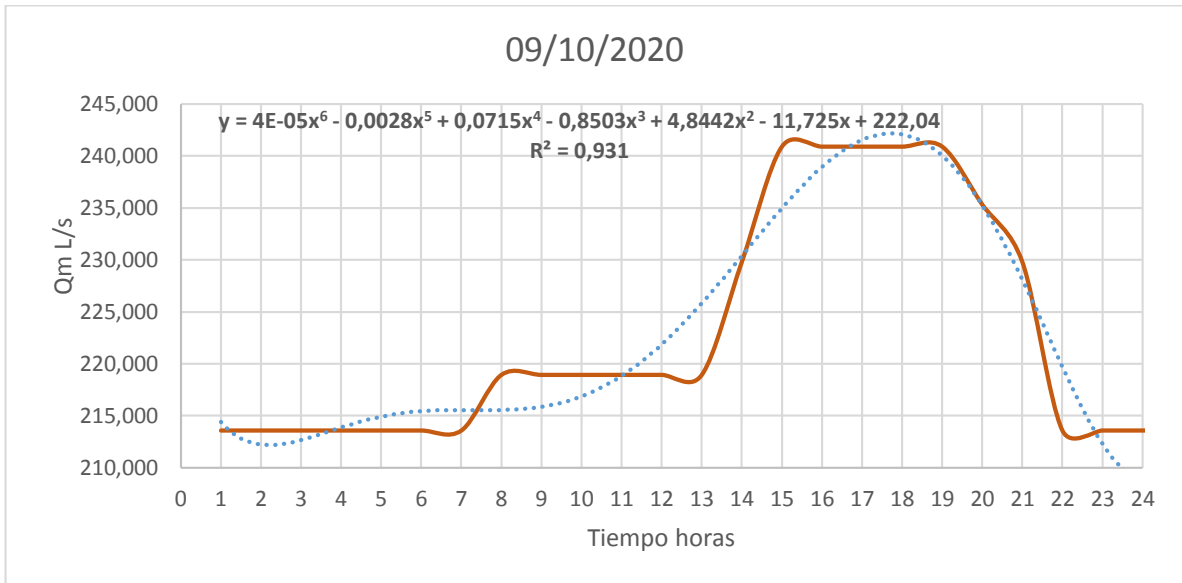


Ilustración 4. Curva del Caudal Medio Horario 09/10/2020

Fuente: El Autor

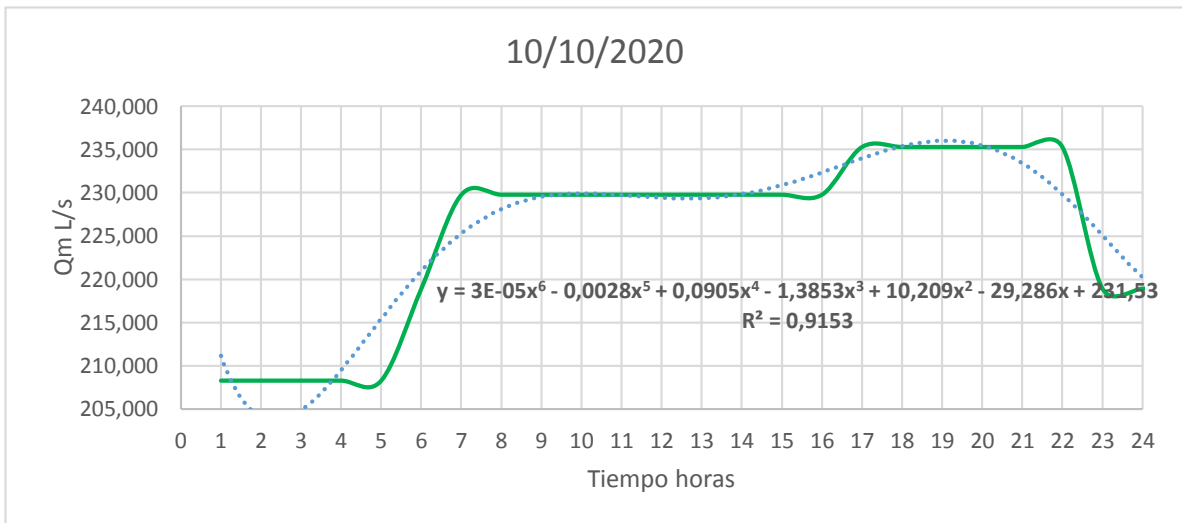


Ilustración 5. Curva del Caudal Medio Horario 10/10/2020

Fuente: El Autor

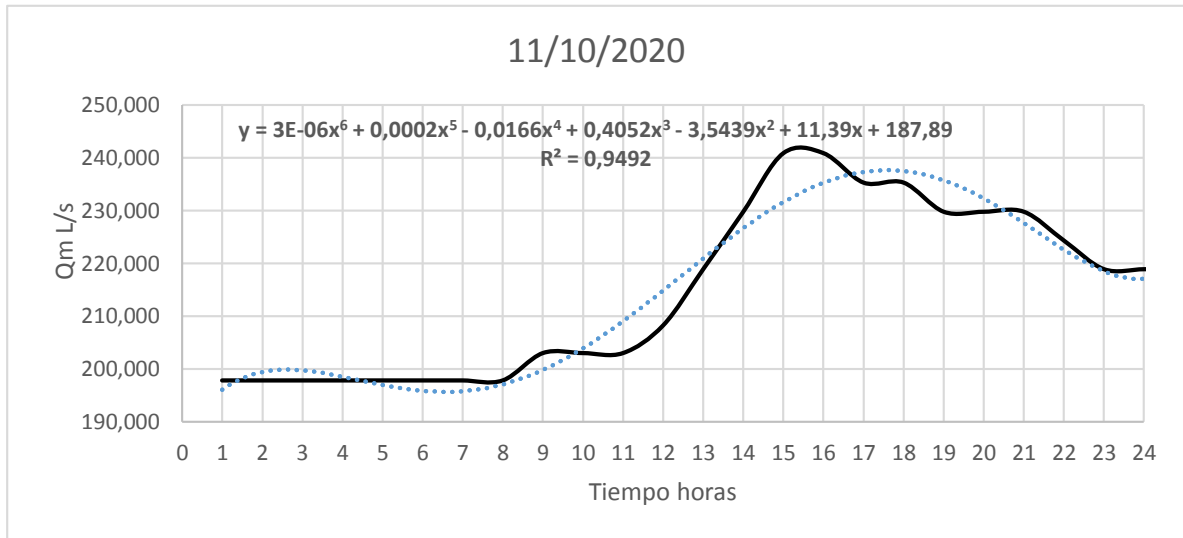


Ilustración 6. Curva del Caudal Medio Horario 11/10/2020

Fuente: El Autor

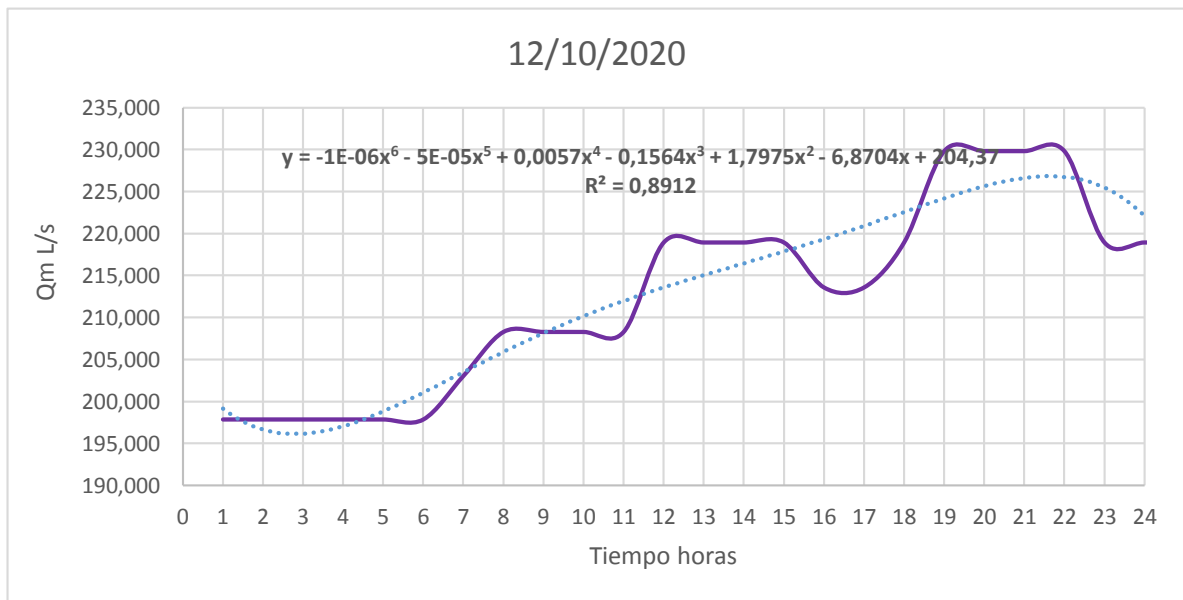


Ilustración 7. Curva del Caudal Medio Horario 12/10/2020

Fuente: El Autor



Ilustración 8. Curva del Caudal Medio Horario 13/10/2020

Fuente: El Autor

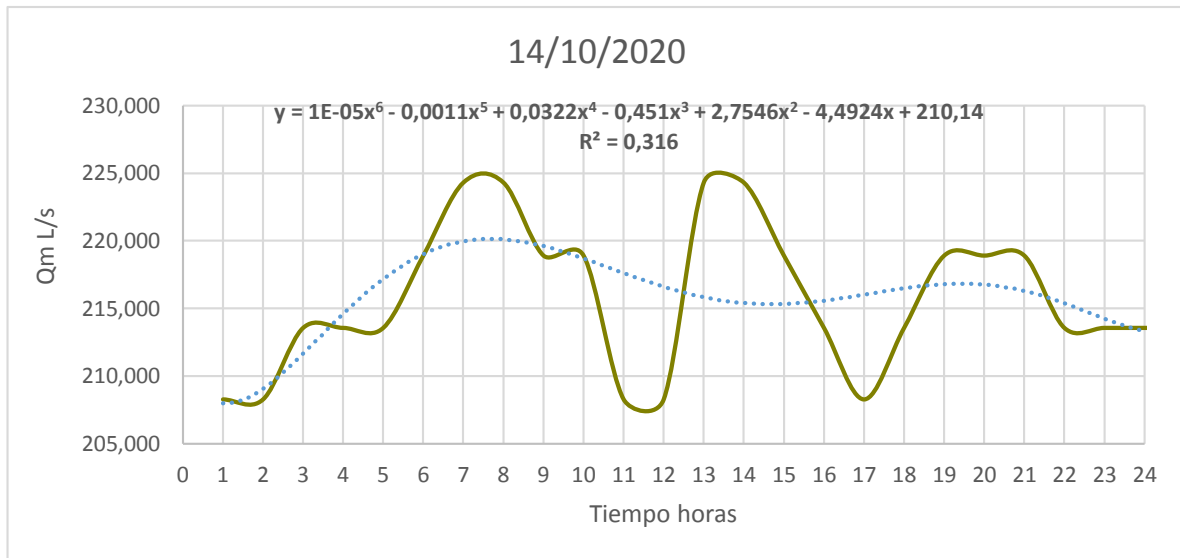


Ilustración 9. Curva del Caudal Medio Horario 14/10/2020

Fuente: El Autor

Se observa que los días con mayor caudal fueron el viernes 9 y domingo 11 de octubre con un pico máximo de 240.90 L/s; mientras que el 8, 11 y 12 de octubre se registra el menor caudal con un valor de 197.84 L/s; en cambio el tirante varía desde 0.38 m hasta 0.42 m demostrando que es un valor notablemente menor al diámetro del colector que es 1.5 m.

2.2.4 Estadísticos y correlación de datos

Con ayuda del software Excel se encuentra que los valores están muy agrupados, desviación estándar de 7.27 L/s indicando que los datos están muy agrupados; además el coeficiente de correlación lineal entre los datos del caudal máximo horario y caudal medio horario es de 0.92, indicando que son datos muy cercanos y con una clara tendencia entre sí; aunque, no se definen por una ecuación analítica e implica una regresión para determinar la expresión numérica que los enlaza estadísticamente.

Se aprecia que no existe una relación significativa en los datos de campo; por lo tanto, para suavizar las curvas y estimar un factor de mayoración con la mejor precisión posible se obtiene las líneas de tendencia para todos los caudales medios horarios y se prueba todas las formas de funciones posibles, obteniendo lo siguiente:

- ♣ El Qm del 07/10/2020 una ecuación polinómica de orden 6 con un $R^2 = 0.83$
- ♣ El Qm del 08/10/2020 una ecuación polinómica de orden 6 con un $R^2 = 0.95$
- ♣ El Qm del 09/10/2020 una ecuación polinómica grado 6 con un $R^2 = 0.93$
- ♣ El Qm del 10/10/2020 una ecuación polinómica de orden 6 con un $R^2 = 0.915$
- ♣ El Qm del 11/10/2020 una ecuación polinómica sexto orden con un $R^2 = 0.95$
- ♣ El Qm del 12/10/2020 una ecuación polinómica de orden 6 con un $R^2 = 0.89$
- ♣ El Qm del 13/10/2020 una ecuación polinómica sexto grado con un $R^2 = 0.84$
- ♣ El Qm del 14/10/2020 una ecuación polinómica sexto orden con un $R^2 = 0.316$, siendo la más aproximada frente a la lineal y exponencial.

Se observa que con los demás tipos de funciones se obtienen coeficientes de determinación R^2 por debajo de 0.4, siendo no aptas para emular las curvas de caudales; por lo tanto, por su semejanza se elige a la función polinómica de sexto orden al suavizar la curva, conjugar los datos al obtener un coeficiente de mayoración confiable.

2.2.5 Q máximo horario VS Q promedio

Con los datos de campo y los caudales medio horarios se procede a encontrar el caudal máximo horario y el caudal promedio para cada intervalo de tiempo.

$$QMH = Máx(Qm)$$

Donde:

QMH= Caudal máximo horario en el transcurso del día (m3/s)

Qm= Caudales medios horarios en el día (m3/s)

$$Qpromedio = Promedio(Qm)$$

Donde:

Qpromedio= Caudal promedio horario (m3/s)

Qm= Caudales medios horarios en el día (m3/s)

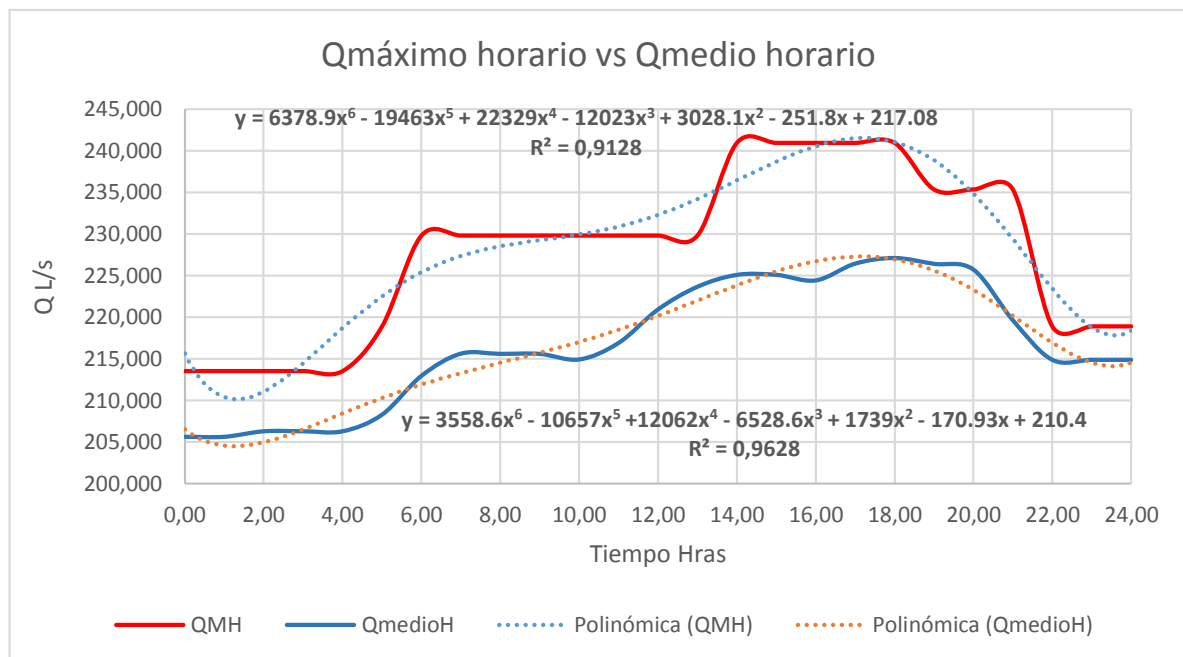


Ilustración 10. Curvas Q máximo horario vs Q promedio horario

Fuente: El Autor

Las ecuaciones para realizar la regresión polinómica son:

$$QMH = 6378,9X^6 - 19463X^5 + 22329X^4 - 12023X^3 + 3028,1X^2 - 251,8X + 217,08$$

$$Qmh = 3558,6X^6 - 10657X^5 + 12062X^4 - 6528,6X^3 + 1739X^2 - 170,93X + 210,4$$

Donde:

QMH: Caudal máximo horario (L/s)

Qmh: Caudal medio horario (L/s)

X: Tiempo en que se toma la medición del tirante (horas)

2.2.6 Regresión Polinómica

Reemplazando los valores, se obtiene una curva suavizada con una varianza de 65.5 L²/s² y una desviación estándar de 8 L/s; además los coeficientes de correlación mejoran a 0.963 entre el caudal máximo horario y el medio horario; con lo cual la curva se ajusta a un $R^2 = 0.999$ que es semejante a 1.

El coeficiente de determinación R es un indicador estadístico de la calidad de la varianza, reflejando el ajuste del modelo al suavizar las curvas de los caudales; por lo tanto, al ser muy cerca a 1 indica que la prueba es confiable al usar ecuaciones polinómicas de sexto orden.

Se parte de la ecuación $QMH = FM * Qm$

Donde:

FM= Factor de mayoración máximo diario

Qm= Caudal Medio L/s

QMH= Caudal Máximo horario L/s

Al despejar FM, queda: **FM=QMD/Qm**

Tabla 2. Regresión polinómica y cálculo del factor de mayoración

TIEMPO	Q Promedio L/s	QMH L/s	F. Mayoración
0:00	210,40	217,08	1,032
1:00	205,86	211,04	1,025
2:00	204,99	211,17	1,030
3:00	206,09	214,32	1,040
4:00	208,01	218,43	1,050
5:00	210,06	222,28	1,058
6:00	211,92	225,30	1,063
7:00	213,48	227,36	1,065
8:00	214,78	228,63	1,064
9:00	215,96	229,43	1,062
10:00	217,17	230,12	1,060
11:00	218,51	231,02	1,057
12:00	220,06	232,34	1,056
13:00	221,78	234,13	1,056
14:00	223,58	236,26	1,057
15:00	225,26	238,46	1,059
16:00	226,58	240,32	1,061
17:00	227,25	241,33	1,062
18:00	227,03	241,01	1,062

TIEMPO	Q Promedio L/s	QMH L/s	F. Mayoración
19:00	225,74	238,99	1,059
20:00	223,37	235,11	1,053
21:00	220,14	229,60	1,043
22:00	216,63	223,26	1,031
23:00	213,87	217,64	1,018
24:00	210,40	217,08	1,032

Fuente: El Autor

Se obtiene un factor de mayoración para cada hora, que va desde 1.018 hasta 1.065.

2.2.7 Caudal máximo horario VS caudal de infiltración

El colector analizado drena las aguas servidas y lluvias de la zona céntrica occidental de la ciudad; desde la calle carrera 6ta oeste y Av. central 25 de Junio hasta la descarga el estero Dos Bocas; la longitud del colector es de 1509.3 m con un área de servicio de 52 hectáreas; sus diámetros van desde los 400 mm hasta los 1500 mm en la desembocadura, con una pendiente media del 4% y profundidad promedio de 2.07 m; además su caudal máximo de lluvias es 2650 L/s en un periodo de retorno de 10 años desde el 2012.

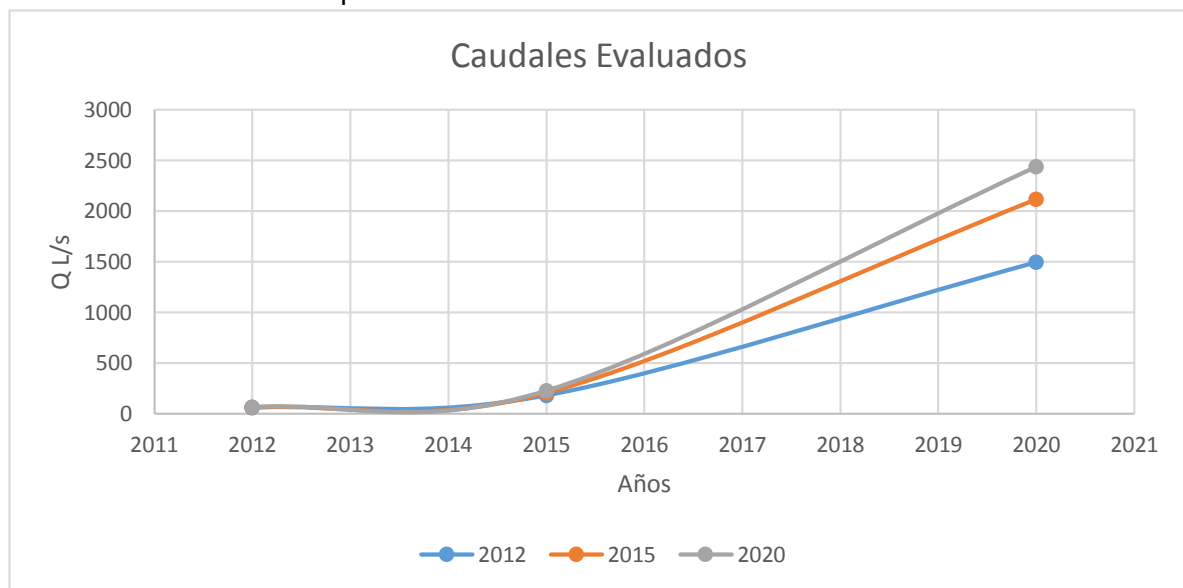


Ilustración 11. Curvas de caudales sanitarios, lluvias y combinados

Fuente: El Autor

El caudal de aguas servidas es de 59.8 L/s para el 2012, 61.8 L/s en el 2015 y 64.1 L/s proyectado en el 2020; el aforado es de 240.9 L/s implicando que la diferencia de 176.8 L/s en contraste con el caudal sanitario se atribuye a caudales de infiltración; en especial por el nivel freático bajo de la zona y lluvias frecuentes del lugar; en contraste con el caudal de aguas lluvias proyectado se tiene 15.9 L/s más de lo esperado.

El caudal del sistema combinado es de 1494 L/s en caso de suplir tanto las aguas lluvias como servidas; motivo por el cual el diámetro del ducto parece sobredimensionado en los análisis anteriores; sin embargo, la diferencia media entre el caudal de aguas servidas y caudal de aguas lluvia es de 152.7 L/s variando desde 141.6 L/s hasta 163.02 L/s a lo largo de la semana. El caudal proyectado supera por mucho al caudal medido 240 L/s contra 2434 L/s para el 2020, demostrando que la finalidad del sistema es prevenir inundaciones en caso de tormentas o lluvias torrenciales; una de las soluciones que propone el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda es rediseñar colectores para áreas menores disminuyendo la contribución del caudal de aguas lluvias que supera en relación de 3 a 10 veces lo dimensionado con el caudal de aguas domiciliarias.

2.2.8 Análisis

Al comparar los dos factores de mayoración, el obtenido con los datos reales sin tratamiento estadístico y los obtenidos con la regresión polinómica, se obtiene un error del:

$$Error = \frac{FMR - FMT}{FMR} * 100$$

$$Error = \frac{1.0500 - 1.0501}{1.500} * 100$$

$$Error = -0.006\%$$

Debido a que la diferencia es insignificante su error es despreciable; resaltando la confiabilidad de los resultados; además que los valores comparados corresponden a los promedios de los caudales horarios para cada hora; aun así, el resultado tiene una precisión del 99.994%.

De acuerdo con la norma de diseño [5]; se aconseja dejar el 25% del diámetro libre para que la tubería funcione como canal, evitar malos olores y dejar espacio en caso de incrementos del caudal a lo largo del tiempo.

El caudal máximo calculado con el diámetro de 1,5 m da 1410 L/s; que es semejante al valor proyectado de caudal combinado al año 2013 con 1494 L/s; en relación con el caudal máximo aforado de 240 L/s se tiene una diferencia de 1253.1 L/s siendo aproximadamente 5,2 veces lo medido en campo, demostrando la influencia de los caudales de lluvias e infiltración en el dimensionamiento del colector.

El caudal de infiltración que resulta de la diferencia del caudal aforado de 240.9 L/s menos el caudal sanitario evaluado 64.1 L/s para el 2020, resulta en 176.8 L/s que representa 2.76 veces el caudal de aguas servidas; mientras que el caudal del sistema combinado proyectado al 2020 es 2436 L/s, obteniendo una diferencia de 2195.5 L/s respecto al caudal máximo horario demostrando que el factor de mayoración entre caudales pico es 10.11 veces, con el fin de evitar inundaciones en casos de tormentas.

En términos del tirante, el máximo medido es 0.42 m comparado con el máximo permitido de 0.969 m expresa una relación de 2.3 veces su capacidad por la sumatoria de los caudales de lluvias e infiltración; además se considera que en caso de tormentas este valor puede sobrepasar hasta 10 veces el caudal de diseño; por lo tanto, se concluye que no está sobredimensionado debido a que es un sistema combinado.

En comparación con estudios similares, se aprecia que en la mayoría de casos se utilizan tuberías con diámetro mayores principalmente por la acumulación de sedimentos que reduce su sección útil o variaciones del caudal por crecimiento poblacional [12]; sin embargo, al basarse en factores reales su valor sería notablemente menor reflejándose como menor costo de construcción.

En comparación con investigaciones de optimización de costos, se encuentra que el común denominador es reducir el diámetro al satisfacer las condiciones de diseño, acorde a la pendiente del terreno [14]; por ende, reducir los diámetros de diseño al estimar un factor de mayoración más real sin olvidar las aguas lluvias e infiltración, que obligan a sobre dimensionar para garantizar un funcionamiento adecuado frente a caudales extremos; por lo tanto, se aconseja aumentar la cantidad de colectores disminuyendo el área de abastecimiento y minimizando el caudal de aguas lluvias que debe drenar el colector, buscando un equilibrio entre el número de tuberías frente al diámetro necesario, resultando en un diseño más óptimo.

Algo importante respecto a las limitaciones del estudio, es que no existe una relación lineal o proporcional entre la población y costo del proyecto; puesto que, a medida que crece la población aumentaría el diámetro a la vez que disminuyen requerimientos en pendiente, dándose una contracción que da lugar a evidenciar la necesidad de contar con valores reales

al estimar el caudal que es la principal variable de diseño; esto permite disminuir hasta un 15% el presupuesto inicial del proyecto [15].

3. CONCLUSIONES

El diseño de las redes de alcantarillado depende esencialmente del caudal, este a su vez de factores de mayoración que aseguran un sobredimensionamiento para garantizar el desempeño de la red al no conocer los caudales reales; por lo tanto, el presente estudio encontró un coeficiente de 1.0501 entre los caudales máximo horario y medio horario a lo largo del día, con un error del -0.006% al realizar regresión polinómica de grado 6 con un coeficiente de determinación de 0.99.

El caudal de infiltración es una variable de incertidumbre en el análisis; debido a que no se puede medir con certeza tanto por el estado de la tubería que a más de 30 años presenta fisuras o al nivel freático que al ser bajo es influenciado por la marea, variando a lo largo del día; por lo tanto, con un caudal de infiltración promedio de 176.8 L/s que resulta de la diferencia del caudal combinado máximo aforado 240.9 L/s con el caudal evaluado de aguas servidas 64.1 L/s; dando un factor de mayoración de 2.758 entre ambos caudales; mientras que entre el caudal del sistema combinado respecto al caudal sanitario da una relación de 3.758; sin embargo, dichos coeficientes no son significativos frente al caudal combinado proyectado para el 2020 que es 2436.4 L/s estando 10.12 veces el valor actual; esto permite concluir que los colectores están sobredimensionados para prevenir inundaciones y lograr evacuar los caudales de aguas lluvias; demostrando que el clima de la ciudad sumada a su localización por el nivel freático condicionan enormemente el caudal de diseño encareciendo el costo del sistema de alcantarillado.

Se aconseja evaluar los colectores cercanos para obtener un valor promedio del caudal máximo horario, caudal medio horario y estimar los caudales de infiltración en base a la diferencia de los registros; de modo que se obtenga un factor cercano a la realidad al disminuir el costo sin vulnerar la seguridad de la red en caso de lluvias torrenciales.

Este estudio sirve de base para mejorar los diseños de los sistemas de alcantarillado en la ciudad de Machala, optimizar los diámetros en base a criterios técnicos reales tomados directamente del campo; esto contribuye a mejorar la calidad y cobertura del servicio, a la vez que cumple con la responsabilidad social de la Utmach como entidad productora de conocimiento científico enfocado a solucionar los problemas de la comunidad.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Capote, N. Rabelo y G. López, «La Formación De Ingenieros En La Actualidad. Una Explicación Necesaria,» *UNIVERSIDAD Y SOCIEDAD / Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos* , vol. 8, nº 1, pp. 21-28, 2016.
- [2] M. d. C. Gastañaga, «Agua, saneamiento y salud,» *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, vol. 35, nº 2, pp. 181-182, 2018.
- [3] M. Osejos, M. Merino y M. Merino-Conforme, «Impacto Ambiental del Sistema de Alcantarillado en la Ciudadela «3 de mayo» de la Ciudad de Jipijapa - Ecuador,» *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, vol. 21, nº 41, pp. 61-74, 2018.
- [4] S. Soto, L. Gaviria y M. Pino, «Estudio de caso: Disposición de las aguas residuales,» *Ambiente & Sociedade*, vol. 22, pp. 1-20, 2019.
- [5] Secretaría del Agua, «Norma De Diseño Para Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable, Disposición De Excretas Y Residuos Líquidos En El Área Rural,» Norma Co 10.7 - 602 - Revisión, Quito, 2014.
- [6] G. Guerra y S. Logroño, «Evaluación del impacto ambiental de los sistemas de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en Ecuador,» *Ciencia Digital*, vol. 2, nº 3, 2, 1, pp. 73-87, 2018.

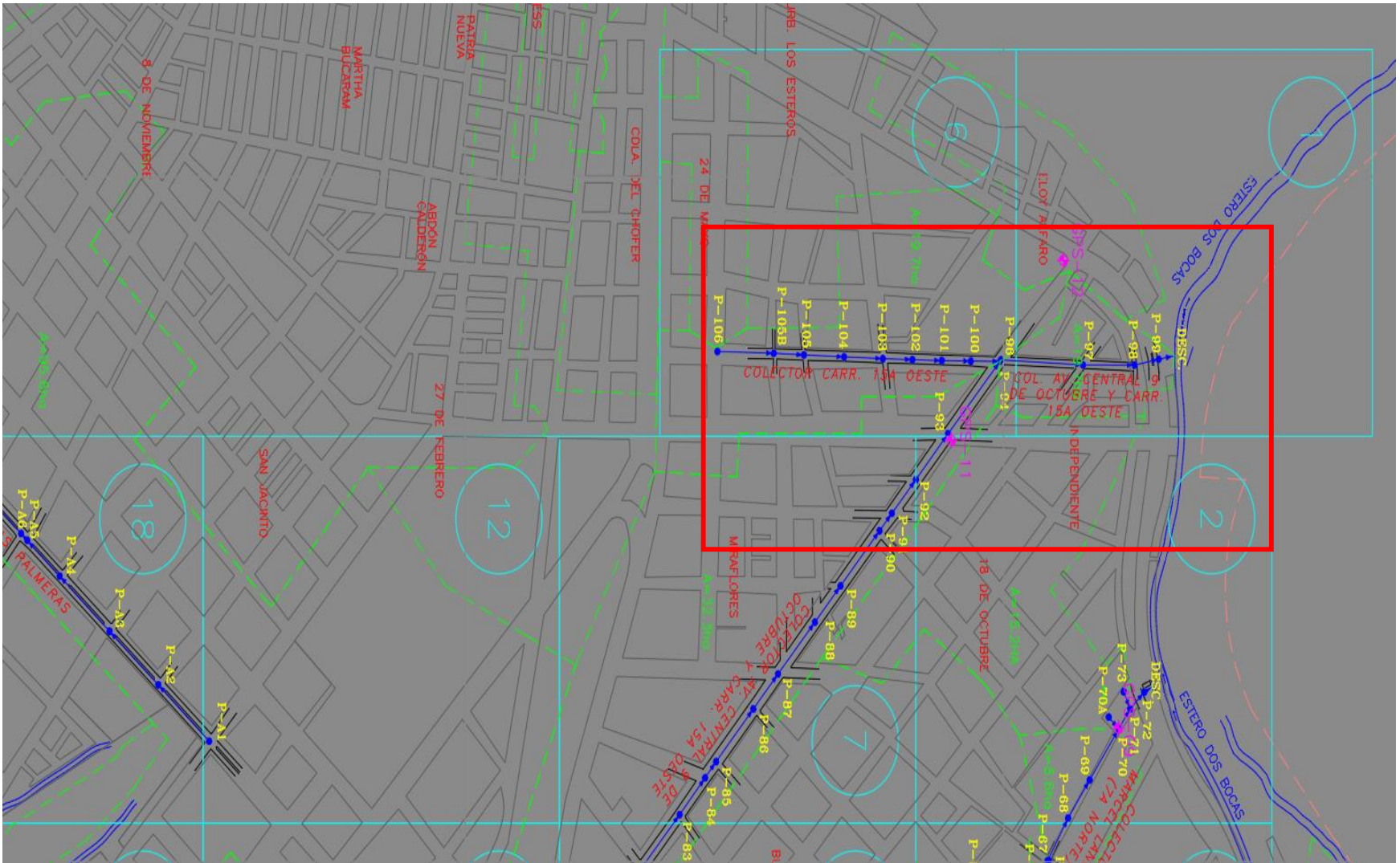
- [7] S. Peña, J. Mayorca y R. Montoya, «Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador),» *Ciencia e Ingeniería*, vol. 39, núm. 2, vol. 39, n° 2, pp. 161-167, 2018.
- [8] A. De la Cruz, C. Álvarez y D. Orona, «Drenaje pluvial sostenible. Una alternativa de gestión del agua de lluvia en la Universidad de Sonora,» *Contexto: revista de la Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Nuevo León*, vol. 14, n° 20, pp. 53-69, 2020.
- [9] Interagua, «Juste Y Revisión Del Plan Maestro Agua Potable; Alcantarillado Sanitario Y Alcantarillado PluviaL,» Municipalidad de Guayaquil, Guayaquil, 2015.
- [10] N. Suárez, J. Sáenz y J. Mero, «Elementos esenciales del diseño de la investigación. Sus características,» *Dominio de las Ciencias*, vol. 2, n° 3, pp. 72-85, 2016.
- [11] Aguas y Servicios de El Oro, «Elaboración del plan para mejora del sistema de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Machala, Provincia de El Oro,» Ministerio De Desarrollo Urbano Y Vivienda- MIDUVI. EL ORO, Machala, 2012.
- [12] J. Baque, A. Junqui y C. Baque-Anchundia, «Análisis de redes terciarias, colectores existentes y redes nuevas utilizando el sistema closed circuit televisión. Manta, Ecuador,» *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, vol. 5, n° 1, pp. 87-109, 2019.
- [13] D. G. Mora-Balambá Y V. Ávila Cruz, «Afectación Del Coeficiente De Rugosidad Para La Ecuación De Manning Con El Envejecimiento De Tuberías De Diferentes Materiales,» Universidad Católica De Colombia, Bogotá, 2019.
- [14] M. Zaheri, R. Ghanbari y M. Afshar, «A two-phase simulation–optimization cellular automata method for sewer network design optimization,» *Engineering Optimization*, vol. 52, n° 4, pp. 1-17, 2019.

- [15] W. Hamed Hassan, Z. Attea y S. Mohammed, «Optimum layout design of sewer networks by hybrid genetic algorithm,» *Journal of Applied Water Engineering and Research* , vol. 8, nº 2, pp. 1-17, 2020.
- [16] R. A. López Cualla, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, Santafé de Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería , 1995.

5. ANEXOS



Anexo 1. Red sanitaria de la ciudad de Machala.



Anexo 2. Colector Seleccionado para el caso práctico Av. Central 25 de Junio y 15 ava oeste.



Anexo 3. Ubicación real del Colector (Barrio: Manglar del Afro)



Anexo 4. Colocación de dispositivo manual para medición de tirante en el colector.



Anexo 5. Medición de la variación del caudal a lo largo del día.



Anexo 6. Evidencia de la toma de datos en el campo.

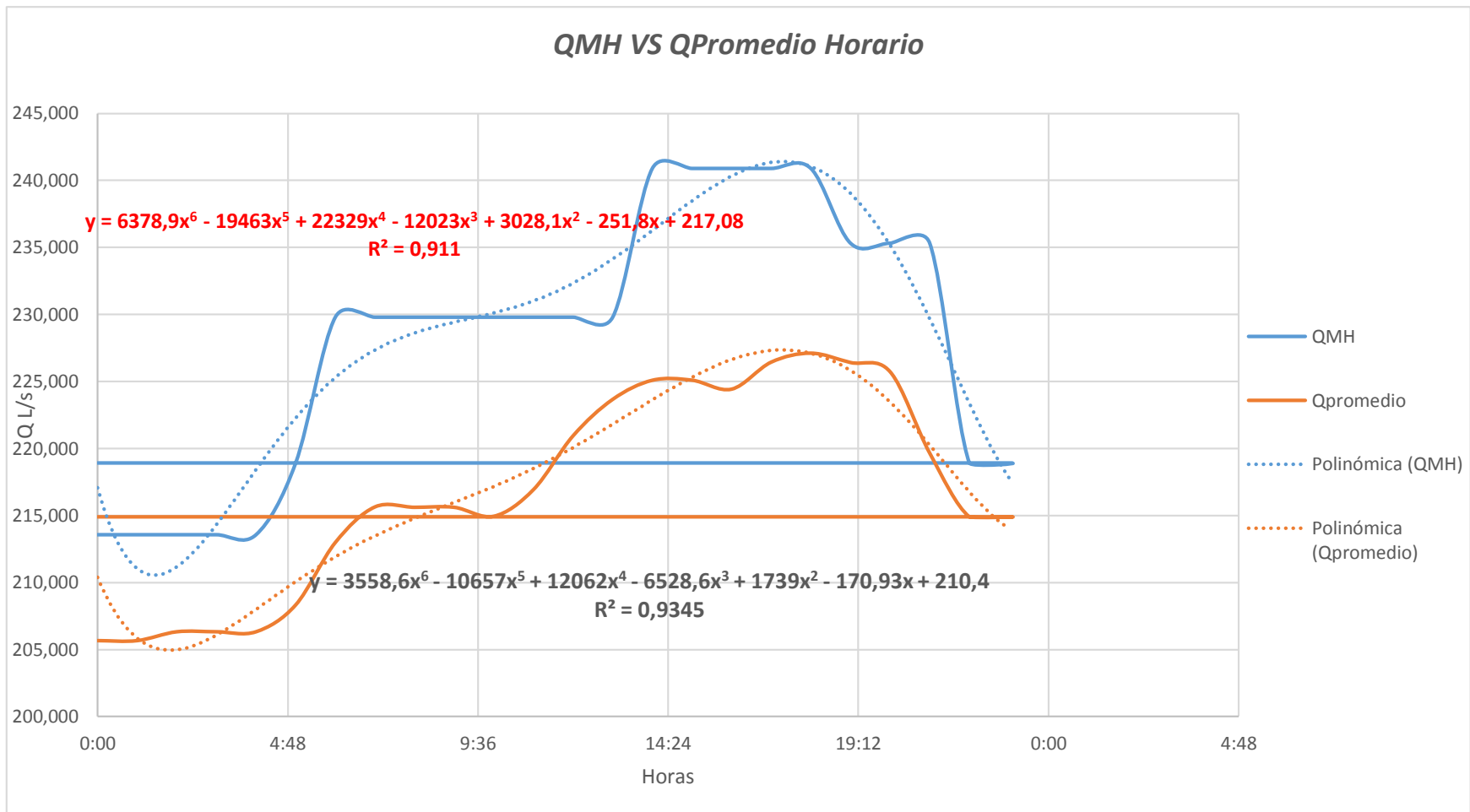
Anexo 7. Caudal medio horario desde 7 de octubre al 14 de octubre.

Dia/Hora	07/08/2020	08/08/2020	09/08/2020	10/08/2020	11/08/2020	12/08/2020	13/08/2020	14/08/2020
H. INICIO	Q L/s	Q L/s	Q L/s	Q L/s	Q L/s	Q L/s	Q L/s	Q L/s
0:00	208,26	197,84	213,56	208,26	197,84	197,84	213,56	208,26
1:00	208,26	197,84	213,56	208,26	197,84	197,84	213,56	208,26
2:00	208,26	197,84	213,56	208,26	197,84	197,84	213,56	213,56
3:00	208,26	197,84	213,56	208,26	197,84	197,84	213,56	213,56
4:00	208,26	197,84	213,56	208,26	197,84	197,84	213,56	213,56
5:00	208,26	197,84	213,56	218,91	197,84	197,84	213,56	218,91
6:00	208,26	208,26	213,56	229,79	197,84	203,02	218,91	224,32
7:00	218,91	208,26	218,91	229,79	197,84	208,26	218,91	224,32
8:00	218,91	208,26	218,91	229,79	203,02	208,26	218,91	218,91
9:00	218,91	208,26	218,91	229,79	203,02	208,26	218,91	218,91
10:00	218,91	213,56	218,91	229,79	203,02	208,26	218,91	208,26
11:00	218,91	213,56	218,91	229,79	208,26	218,91	218,91	208,26
12:00	213,56	218,91	218,91	229,79	218,91	218,91	224,32	224,32
13:00	213,56	218,91	229,79	229,79	229,79	218,91	224,32	224,32
14:00	213,56	218,91	240,90	229,79	240,90	218,91	218,91	218,91
15:00	218,91	218,91	240,90	229,79	240,90	213,56	224,32	213,56
16:00	218,91	218,91	240,90	235,32	235,32	213,56	224,32	208,26
17:00	218,91	218,91	240,90	235,32	235,32	218,91	229,79	213,56
18:00	218,91	213,56	240,90	235,32	229,79	229,79	229,79	218,91
19:00	218,91	213,56	235,32	235,32	229,79	229,79	229,79	218,91
20:00	218,91	213,56	229,79	235,32	229,79	229,79	229,79	218,91
21:00	208,26	213,56	213,56	235,32	224,32	229,79	218,91	213,56
22:00	208,26	208,26	213,56	218,91	218,91	218,91	218,91	213,56
23:00	208,26	208,26	213,56	218,91	218,91	218,91	218,91	213,56
0:00	208,26	208,26	213,56	218,91	218,91	218,91	218,91	213,56

Anexo 8. Caudal máximo horario y caudales máximos diarios.

DATOS REALES			REGRESIÓN POLINÓMICA		
QMH	Qpromedio	Factor Mayoración	Qpromedio	QMH	Fmayoración
213,558	205,676	1,038	210,40	217,08	1,032
213,558	205,676	1,038	205,86	211,04	1,025
213,558	206,338	1,035	204,99	211,17	1,030
213,558	206,338	1,035	206,09	214,32	1,040
213,558	206,338	1,035	208,01	218,43	1,050
218,913	208,339	1,051	210,06	222,28	1,058
229,793	212,995	1,079	211,92	225,30	1,063
229,793	215,652	1,066	213,48	227,36	1,065
229,793	215,623	1,066	214,78	228,63	1,064
229,793	215,623	1,066	215,96	229,43	1,062
229,793	214,953	1,069	217,17	230,12	1,060
229,793	216,940	1,059	218,51	231,02	1,057
229,793	220,957	1,040	220,06	232,34	1,056
229,793	223,677	1,027	221,78	234,13	1,056
240,897	225,100	1,070	223,58	236,26	1,057
240,897	225,107	1,070	225,26	238,46	1,059
240,897	224,437	1,073	226,58	240,32	1,061
240,897	226,453	1,064	227,25	241,33	1,062
240,897	227,122	1,061	227,03	241,01	1,062
235,317	226,425	1,039	225,74	238,99	1,059
235,317	225,734	1,042	223,37	235,11	1,053
235,317	219,660	1,071	220,14	229,60	1,043
218,913	214,911	1,019	216,63	223,26	1,031
218,913	214,911	1,019	213,87	217,64	1,018
218,913	214,911	1,019	210,40	217,08	1,032

Anexo 9. *Curvas de QMH vs Qmedio ajustadas mediante regresión polinómica.*



Anexo 10. Calculo del caudal medio horario 8 octubre 2020

8 de octubre del 2020							
TIRANTE (m)	Ángulo (rad/s)	Área (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio H. (m)	m ³ /s Caudal m ³ /s	m/s Velocidad m/s	Relación Y/D
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26

Anexo 11. Calculo del caudal medio horario 9 octubre 2020

9 de octubre del 2020							
					m3/s	m/s	Relación
TIRANTE (m)	Ángulo (rad/s)	Área (m2)	Perímetro mojado (m)	Radio H. (m)	Caudal m3/s	Velocida d	Y/D
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,420	2,23	0,41	1,67	0,24	0,24	0,59	0,28
0,420	2,23	0,41	1,67	0,24	0,24	0,59	0,28
0,420	2,23	0,41	1,67	0,24	0,24	0,59	0,28
0,420	2,23	0,41	1,67	0,24	0,24	0,59	0,28
0,420	2,23	0,41	1,67	0,24	0,24	0,59	0,28
0,415	2,22	0,40	1,66	0,24	0,24	0,59	0,28
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26

Anexo 12. Calculo del caudal medio horario 10 octubre 2020

10 de octubre del 2020							
TIRANTE (m)	Ángulo (rad/s)	Área (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio H. (m)	m ³ /s Caudal m ³ /s	m/s Velocidad m/s	Relación Y/D
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,415	2,22	0,40	1,66	0,24	0,24	0,59	0,28
0,415	2,22	0,40	1,66	0,24	0,24	0,59	0,28
0,415	2,22	0,40	1,66	0,24	0,24	0,59	0,28
0,415	2,22	0,40	1,66	0,24	0,24	0,59	0,28
0,415	2,22	0,40	1,66	0,24	0,24	0,59	0,28
0,415	2,22	0,40	1,66	0,24	0,24	0,59	0,28
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27

Anexo 13. Calculo del caudal medio horario 11 octubre 2020

11 de octubre del 2020							
TIRANTE (m)	Ángulo (rad/s)	Área (m2)	Perímetro mojado (m)	Radio H. (m)	m3/s Caudal m3/s	m/s Velocida d	Relación Y/D
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,380	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,385	2,13	0,36	1,59	0,22	0,20	0,57	0,26
0,385	2,13	0,36	1,59	0,22	0,20	0,57	0,26
0,385	2,13	0,36	1,59	0,22	0,20	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,420	2,23	0,41	1,67	0,24	0,24	0,59	0,28
0,420	2,23	0,41	1,67	0,24	0,24	0,59	0,28
0,415	2,22	0,40	1,66	0,24	0,24	0,59	0,28
0,415	2,22	0,40	1,66	0,24	0,24	0,59	0,28
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,405	2,19	0,38	1,64	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27

Anexo 14. Calculo del caudal medio horario 12 octubre 2020

12 de octubre del 2020							
TIRANTE (m)	Ángulo (rad/s)	Área (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio H. (m)	m ³ /s Caudal m ³ /s	m/s Velocidad m/s	Relación Y/D
0,3800	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,3800	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,3800	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,3800	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,3800	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,3800	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,3800	2,11	0,35	1,58	0,22	0,20	0,56	0,25
0,3850	2,13	0,36	1,59	0,22	0,20	0,57	0,26
0,3900	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,3900	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,3900	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,3900	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,4000	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,4000	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,4000	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,4000	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,3950	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,3950	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,4000	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,4100	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,4100	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,4100	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,4100	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,4000	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,4000	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,4000	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27

Anexo 15. Calculo del caudal medio horario 13 octubre 2020

13 de octubre del 2020							
TIRANTE (m)	Ángulo (rad/s)	Área (m2)	Perímetro mojado (m)	Radio H. (m)	m3/s Caudal m3/s	m/s Velocida d	Relación Y/D
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,405	2,19	0,38	1,64	0,23	0,22	0,58	0,27
0,405	2,19	0,38	1,64	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,405	2,19	0,38	1,64	0,23	0,22	0,58	0,27
0,405	2,19	0,38	1,64	0,23	0,22	0,58	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,410	2,20	0,39	1,65	0,24	0,23	0,59	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27

Anexo 16. Calculo del caudal medio horario 14 octubre 2020

14 de octubre del 2020							
TIRANTE (m)	Ángulo (rad/s)	Área (m2)	Perímetro mojado (m)	Radio H. (m)	Caudal m3/s	Velocidad m/s	Relación Y/D
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,405	2,19	0,38	1,64	0,23	0,22	0,58	0,27
0,405	2,19	0,38	1,64	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,405	2,19	0,38	1,64	0,23	0,22	0,58	0,27
0,405	2,19	0,38	1,64	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,390	2,14	0,37	1,61	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,400	2,17	0,38	1,63	0,23	0,22	0,58	0,27
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26
0,395	2,16	0,37	1,62	0,23	0,21	0,57	0,26