

# Determinación del coeficiente de flujo máximo para el diseño de sistemas de alcantarillados sanitarios, evaluado en Managua, Nicaragua

*Determining the maximum-flow coefficient for the design of sanitary sewage systems – an evaluation conducted in Managua, Nicaragua*

**VÍCTOR ROGELIO TIRADO PICADO**

Ingeniero Agrícola, doctor en Ciencia con mención en Ingeniería Civil. Director del Departamento de Construcción de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua, Nicaragua. Contacto: *victornica2001@hotmail.com*

Fecha de recepción: 18 de marzo de 2012

Clasificación del artículo: Investigación

Fecha de aceptación: 12 de febrero de 2013

Financiamiento: Recursos propios

**Palabras clave:** agua, hábitat, medio ambiente, salud pública.

**Key words:** water, public health, environment, habitat.

## RESUMEN

De manera general, este artículo presenta la determinación del coeficiente de flujo máximo en tuberías de alcantarillado sanitario ya sea de concreto o de PVC, en sectores urbanos de la ciudad de Managua. Y, de manera específica, se encaminó a la recopilación general de datos, acerca de cómo determinar el coeficiente de flujo máximo en alcantarillado sanitario; seguidamente de investigar las características climatológicas y datos generales de población de la ciudad de Managua, así como de los barrios en que se realizó el estudio; posteriormente, se estudia la realización de aforos hidráulicos en las colectoras de las redes de los alcantarillados sanitarios seleccionados; para luego, aplicar un método matemático para

la obtención del coeficiente de flujo máximo; y finalmente, ofrecer un procedimiento para la determinación del coeficiente del flujo máximo de las aguas domésticas.

## ABSTRACT

This paper reports the activities associated to determining the maximum flow rate of sanitary sewer pipes (either concrete or PVC) in urban areas of the city of Managua. There is a particular interest in gathering data about how to determine the maximum flow rate of sanitary sewage. The climate is studied together with general population data from the city of Managua, as well as from other neighborhoods where the study is con-

ducted. Subsequently, the performance of collecting water in the sanitary sewage networks selected is weighted, and then a mathematical method

to obtain the maximum flow rate is applied. Finally, a procedure for determining the flow coefficient is proposed for domestic sewage.

\* \* \*

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo constituyó uno de tantos esfuerzos, resultado de un año de estudios de la hidráulica de alcantarillado, y de docencia de las asignaturas Ingeniería Sanitaria y la Hidráulica de Canales en el Departamento de Construcción para la carrera de Ingeniería Civil. Esfuerzo que se pretende ampliar y mejorar en el futuro con nuevos estudios, a fin de conformar una obra para el diseño de alcantarillados sanitarios adaptado a las condiciones de Nicaragua, especialmente en Managua, pero que también puede utilizarse en otros países.

La motivación de realizar este artículo, nace de la necesidad de poder contar con un material metodológico básico, basado en el esclarecimiento del Factor de Harmon para condiciones propias de Nicaragua, en el que se explique un método fácil de entender para los especialistas y futuros profesionales; y adecuado al programa de la clase de Ingeniería Sanitaria y la Hidráulica de Canales en la carrera de Ingeniería Civil; se conforma como un texto base, puesto que el contenido de éste implica la revisión de una amplia bibliografía que, además de costosa, es escasa en la región.

En el diseño de alcantarillado sanitario se utiliza el coeficiente de flujo máximo (K) para el cálculo del caudal máximo. Este coeficiente de flujo máximo puede ser calculado mediante fórmulas propuestas por: Harmon, Babbit, Flores, y otros supuestos que son propios de algunos países del continente americano y de otros países del mundo.

En Nicaragua, el coeficiente de flujo máximo utilizado es calculado de acuerdo a la idea por el ingeniero W.C.Harmon, el cual establece una ecuación cuyo coeficiente disminuye a medida que la población aumenta.

Para considerar el uso de la fórmula de Harmon en Nicaragua, solamente se tienen unos pocos estudios de alcances limitados, de tal manera que no existe un estudio completo que refleje las características del gasto de las aguas residuales, con el fin de realizar con más exactitud el cálculo del caudal máximo de descarga residual; en la que se incorporen unas series de características señaladas de acuerdo al clima, patrón de vida y hábitos de la población, entre otras características del país.

Según Harmon, en 1918 [1], “Publicó un estudio, con el objeto de determinar el flujo de aguas servidas, que afectarían el diseño de alcantarillado sanitario para satisfacer las necesidades sanitarias, hasta el año 1960 de un distrito local, se necesitaban por consiguiente, obtener el caudal de flujo esperado para el año 1960, basándose en la estimación del flujo actual. Esta estimación para ser correcta, se tomó de las mediciones del caudal actual por lo que su aplicación en el estimado de condiciones futuras que daba un criterio más acertado”.

Álvarez, Rodríguez, Demóstenes y Medrano [1], “Realizaron en el año 1962 un estudio en urbanizaciones de la ciudad de Panamá. Tal estudio fue realizado para calcular el coeficiente de máxima demanda en alcantarillado sanitario, eligiéndose para su estudio tres urbanizaciones (El Cangrejo, Campo Alegre y Nuevo Campo Alegre y Loma

Alegre) [1]. El método aplicado fue la realización de aforos hidráulicos en las colectoras de cada urbanización, utilizando el método de los vertederos para ello se utilizó un vertedero tipo Cipolett en “El Cangrejo” y dos triangulares, uno para “Campo Alegre y Nuevo Campo Alegre” y el otro para “Loma Alegre”. Los vertederos fueron contruidos con cuidado adaptándoles bordes metálicos para obtener las características de labios cortados, tenían su forma exterior de acuerdo con el lugar donde iban colocados.”

De manera general, lo anteriormente expuesto fue entonces la determinación del coeficiente de flujo máximo en tuberías de alcantarillado sanitario, ya sea de concreto o de PVC, en sectores urbanos de la ciudad de Managua. Y de manera específica, se encaminó a la recopilación general de datos, acerca de cómo determinar el coeficiente de flujo máximo en alcantarillado sanitario; para, a continuación, investigar las características climatológicas y datos generales de población de la ciudad de Managua, así como de los barrios en que se realizó el estudio; posteriormente, la realización de aforos hidráulicos en las colectoras de las redes de los alcantarillados sanitarios seleccionados; para luego aplicar un método matemático [2] para la obtención del coeficiente de flujo máximo; y finalmente, ofrecer un procedimiento para la determinación del coeficiente del flujo máximo de las aguas domésticas [3].

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de investigación

Con base en los objetivos propuestos y el problema a resolver, el presente trabajo se consideró como una investigación de tipo explorativa, investigativa, analítica y aplicada; ya que se estudió el comportamiento del flujo máximo, proponiendo criterios de diseño y métodos matemáticos en el que se construirán gráficas para el análisis de las diferentes variables.

### 2.2 Tiempo de ejecución

La investigación se desarrolló en un periodo de tres meses y medio, distribuidos de la siguiente manera: se recopilaron los datos generales en un periodo de dos semanas; se investigó sobre las características y hábitos de las zonas propuestas en un periodo de dos semanas; se realizaron aforos hidráulicos en las colectoras en un periodo de cuatro semanas; se analizaron los datos obtenidos en un dos semanas; y finalmente se redactó el documento de investigación en un lapso de cuatro semanas.

### 2.3 Fuentes y técnicas de recopilación de datos

Fuentes primarias:

- Zonas de estudio, visitas al sitio de estudio.
- Ingenieros expertos en la materia, ENACAL, INAA, para la recopilación de información.
- Aforo para la determinación del caudal de la alcantarilla.

Fuentes secundarias:

- Biblioteca de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), para revisar y recopilar información de libros del flujo máximo.
- Biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua).
- Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, ente regulador (INAA).
- Internet, visitas a portales con información básica sobre el flujo máximo, criterios y normas.

## 2.4 Instrumentos de recopilación de datos

*Observación in situ:* se realizó una guía de observación estructurada del comportamiento del flujo máximo, sometiendo el caudal a un periodo de estudio. En el cual se estudió el radio hidráulico, el perímetro mojado, el área mojada, el coeficiente de Manning, tirante hidráulico y mojado.

*Entrevistas:* se realizaron guías de cuestionarios estructuradas con el fin de obtener criterios de diseño más utilizados en la parte práctica para la determinación del flujo máximo, y reconocer cómo se determinan cada uno de los parámetros antes mencionados.

*Análisis documental:* se utilizó un sumario en el cual se expusieron los títulos principales a utilizar en la bibliografía revisada, para lograr una rapidez en la localización de los temas cuando se utilizara en la redacción del documento. También se facilitó la identificación de factores que influyen en el flujo máximo.

## 2.5 Técnicas de procesamiento de datos

Los datos obtenidos en la experimentación, para el cálculo del coeficiente de flujo máximo en tuberías de alcantarillados, se procesaron por medio de tabulaciones, en las cuales se codificaron los parámetros asignándoles un valor numérico a cada una, para poder clasificar la información, introducir los resultados y procesarla por medio del programa Microsoft Excel, la elaboración del informe se elaboró en el programa Microsoft Word.

Los datos de las entrevistas y de la observación *in situ* se procesaron por medio de técnicas de resumen e indización de la información para su fácil localización y manejo.

## 2.6 Técnicas de análisis de datos

*Análisis de contenido:* se realizó un análisis de contenido basado en los datos proyectados por el

resumen e indización de las variables por medio de gráficos y tablas, para determinar los factores más relevantes en el cálculo del coeficiente del flujo máximo.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realiza el análisis desde un punto de vista muy sistematizado, en cuanto al estudio del factor de flujo máximo, conocido como Factor de Harmon, que se utiliza como parámetro de diseño y que aparece en la Guía Técnica de INAA [4] para el diseño de alcantarillado sanitario en Nicaragua.

Por otra parte, para el desarrollo del estudio se identificaron cuatro colonias o residencias, las cuales fueron: colonia independencia, colonia Centroamérica, Belmonte y casa real; para su selección se establecieron parámetros a considerar en los cuales se encuentran: la densidad poblacional, las costumbres poblacionales, la temperatura del medio y del agua, las condiciones de vida, y las zonas de ubicación [5].

En la observación se cuantificaron los tramos observados por cada una de las residencias, los cuales se enuncian de la siguiente manera: para la residencia casa real se analizó el tramo 1-2; para la Belmonte se analizó el tramo 1-2; para la colonia independencia se analizaron los tramos 1-2 y 2-3; y para la colonia Centroamérica se analizaron los tramos 1-3 y 2-3.

Para cada tramo en especial se aforó el caudal durante 48 horas, utilizando el método de vadeo o vertedero triangular; se levantó una tabla de aforos y se calcularon parámetros hidráulicos como: radio hidráulico, perímetro mojado y ángulo del centro de la tubería al nivel de agua, hasta obtener el caudal medio por cada hora observada.

A continuación, se realizó una correlación entre la lectura húmeda y el caudal aforado, para el tramo 1-2 del residencial casa real, dicho análisis

dio como resultado que no existe una correlación suficientemente capaz que pueda ser análoga, ya que el coeficiente de correlación es igual a 0,02; consecuentemente, el resultado para los otros tramos, es la misma tendencia; esto significa, que el

coeficiente da la información del grado de relación entre las variables lectura húmeda y el caudal aforado, ya que la pendiente que se forma en la gráfica no representa una línea recta. Para ello se pueden observar la tabla 1 y tabla 2, con la figura 1.

**Tabla 1.** Análisis de correlación entre las variables lectura húmeda y caudal máximo, punto Residencial Casa Real

Correlación R2 de las variables de Lectura Húmeda y Caudal Máximo							
N	Lectura Húmeda (x)		Caudal (y)		xy		x2
1	3,00		2,18		6,54		4,75
2	2,50		1,49		3,72		2,21
3	2,00		0,93		1,86		0,86
4	2,00		0,93		1,86		0,86
5	2,00		0,93		1,86		0,86
6	2,00		0,93		1,86		0,86
7	2,00		0,93		1,86		0,86
8	2,00		0,93		1,86		0,86
9	2,50		1,49		3,72		2,21
10	2,50		1,49		3,72		2,21
11	3,00		2,18		6,54		4,75
12	3,50		3,00		10,51		9,02
13	4,50		5,04		22,66		25,36
14	4,50		5,04		22,66		25,36
15	5,00		6,24		31,20		38,93
16	6,00		9,00		53,99		80,98
17	6,00		9,00		53,99		80,98
18	6,00		9,00		53,99		80,98
19	6,00		9,00		53,99		80,98
20	6,00		9,00		53,99		80,98
21	6,50		10,55		68,56		111,24
22	7,00		12,11		84,77		146,65
23	7,50		13,95		104,65		194,69
24	7,50		13,95		104,65		194,69
25	7,00		12,11		84,77		146,65
26	6,50		10,55		68,56		111,24
27	6,00		9,00		53,99		80,98
28	6,00		9,00		53,99		80,98
29	6,00		9,00		53,99		80,98
30	6,00		9,00		53,99		80,98
31	6,50		10,55		68,56		111,24
32	6,00		9,00		53,99		80,98
33	6,00		9,00		53,99		80,98
34	7,00		12,11		84,77		146,65

35	7,00		12,11		84,77		146,65
36	6,00		9,00		53,99		80,98
37	5,00		6,24		31,20		38,93
38	4,50		5,04		22,66		25,36
39	4,50		5,04		22,66		25,36
40	4,50		5,04		22,66		25,36
41	4,00		3,96		15,82		15,65
42	4,00		3,96		15,82		15,65
43	4,00		3,96		15,82		15,65
44	3,50		3,00		10,51		9,02
45	3,50		3,00		10,51		9,02
46	3,50		3,00		10,51		9,02
47	2,50		1,49		3,72		2,21
48	3,00		2,18		6,54		4,75
$\Sigma x =$	224,00	$\Sigma y =$	295,58	$\Sigma xy =$	1712,82	$\Sigma x^2 =$	2597,44

Fuente: elaboración propia., 2010.

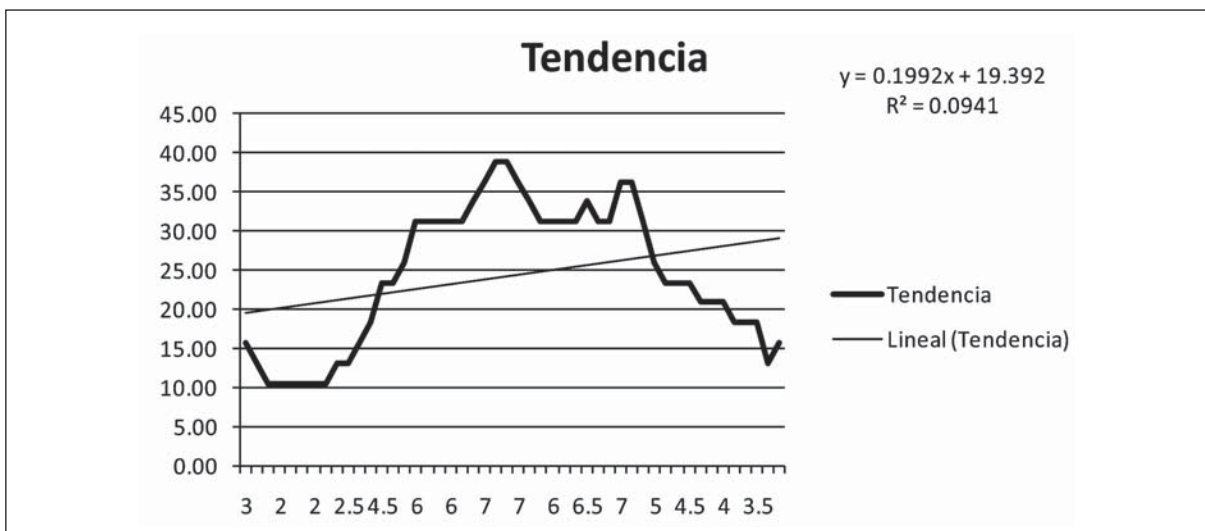
**Tabla 2.** R<sup>2</sup> entre las variables lectura húmeda y caudal máximo, punto Residencial Casa Real

Correlación R <sup>2</sup> de las variables de Lectura Húmeda y Caudal Máximo							
n	x	y	$x - \bar{x}$	$y - \bar{y}$	$(x - \bar{x}) * (y - \bar{y})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$
1	3	15,68	(1,67)	(8,59)	14,32	2,78	73,82
2	2,5	13,10	(2,17)	(11,17)	24,20	4,69	124,76
3	2	10,53	(2,67)	(13,75)	36,66	7,11	188,99
4	2	10,53	(2,67)	(13,75)	36,66	7,11	188,99
5	2	10,53	(2,67)	(13,75)	36,66	7,11	188,99
6	2	10,53	(2,67)	(13,75)	36,66	7,11	188,99
7	2	10,53	(2,67)	(13,75)	36,66	7,11	188,99
8	2	10,53	(2,67)	(13,75)	36,66	7,11	188,99
9	2,5	13,10	(2,17)	(11,17)	24,20	4,69	124,76
10	2,5	13,10	(2,17)	(11,17)	24,20	4,69	124,76
11	3	15,68	(1,67)	(8,59)	14,32	2,78	73,82
12	3,5	18,26	(1,17)	(6,01)	7,02	1,36	36,17
13	4,5	23,41	(0,17)	(0,86)	0,14	0,03	0,74
14	4,5	23,41	(0,17)	(0,86)	0,14	0,03	0,74
15	5	25,99	0,33	1,72	0,57	0,11	2,95
16	6	31,15	1,33	6,87	9,16	1,78	47,25
17	6	31,15	1,33	6,87	9,16	1,78	47,25
18	6	31,15	1,33	6,87	9,16	1,78	47,25
19	6	31,15	1,33	6,87	9,16	1,78	47,25
20	6	31,15	1,33	6,87	9,16	1,78	47,25

21	6,5	33,72	1,83	9,45	17,33	3,36	89,33
22	7	36,30	2,33	12,03	28,07	5,44	144,69
23	7,5	38,88	2,83	14,61	41,38	8,03	213,35
24	7,5	38,88	2,83	14,61	41,38	8,03	213,35
25	7	36,30	2,33	12,03	28,07	5,44	144,69
26	6,5	33,72	1,83	9,45	17,33	3,36	89,33
27	6	31,15	1,33	6,87	9,16	1,78	47,25
28	6	31,15	1,33	6,87	9,16	1,78	47,25
29	6	31,15	1,33	6,87	9,16	1,78	47,25
30	6	31,15	1,33	6,87	9,16	1,78	47,25
31	6,5	33,72	1,83	9,45	17,33	3,36	89,33
32	6	31,15	1,33	6,87	9,16	1,78	47,25
33	6	31,15	1,33	6,87	9,16	1,78	47,25
34	7	36,30	2,33	12,03	28,07	5,44	144,69
35	7	36,30	2,33	12,03	28,07	5,44	144,69
36	6	31,15	1,33	6,87	9,16	1,78	47,25
37	5	25,99	0,33	1,72	0,57	0,11	2,95
38	4,5	23,41	(0,17)	(0,86)	0,14	0,03	0,74
39	4,5	23,41	(0,17)	(0,86)	0,14	0,03	0,74
40	4,5	23,41	(0,17)	(0,86)	0,14	0,03	0,74
41	4	20,84	(0,67)	(3,44)	2,29	0,44	11,81
42	4	20,84	(0,67)	(3,44)	2,29	0,44	11,81
43	4	20,84	(0,67)	(3,44)	2,29	0,44	11,81
44	3,5	18,26	(1,17)	(6,01)	7,02	1,36	36,17
45	3,5	18,26	(1,17)	(6,01)	7,02	1,36	36,17
46	3,5	18,26	(1,17)	(6,01)	7,02	1,36	36,17
47	2,5	13,10	(2,17)	(11,17)	24,20	4,69	124,76
48	3	15,68	(1,67)	(8,59)	14,32	2,78	73,82
				Σ	406,12	78,78	2093,62
$\bar{X} =$	4,67						
$\bar{Y} =$		24,27					
$S_x = 8.88$		<b>Desviación Típica en X</b>					
$S_y = 45.76$		<b>Desviación Típica en Y</b>					
$Covarianza = \frac{\sum(X-\bar{X})*(Y-\bar{Y})}{n-1} = 8.641$							
$r = \frac{Covarianza}{S_x * S_y} = 0.02$			<b>Correlación lineal</b>				

Nota: el coeficiente nos informa del grado de relacion entre dos variables. Si la relación es lineal, r será 1 ó -1. El coeficiente r será positivo si la relación es positiva (al aumentar X aumenta Y), y r será negativo en el caso contrario (si al aumentar X, disminuye Y).

Fuente: elaboración propia., 2010.



**Figura 1.** Gráfico de tendencia de correlación de las variables lectura húmeda y caudal máximo en el punto de Residencia Casa Real

Fuente: elaboración propia., 2010.

A continuación, para cada tramo ensayado con los datos calculados, se determinó el caudal máximo, esto se hace con la población y empleando el método que orienta las guías técnicas de INAA [4]; y también se calcula el caudal medio de los aforos para, luego, obtener un coeficiente de flujo máximo [6], ver tabla 3.

En el cálculo del coeficiente de flujo máximo se realiza con la ecuación (1) de Harmon, los resultados obtenidos están en el rango de  $2 \leq FH \leq 4$ ; y no como lo establece la guía técnica de INAA [4],

y dice que el factor de flujo máximo debe de estar en el rango  $1,8 \leq FH \leq 3$ , según Harmon [6].

Por consiguiente, se aplicaron métodos matemáticos como son: mínimos cuadrados y función exponencial, para la obtención del coeficiente de flujo máximo, dando como resultado una ecuación que estará en función del caudal medio aforado, esta ecuación se describe en la ecuación (1).

$$K = \frac{2.888}{Q_{med}^{0.120}} \quad (1)$$

**Tabla 3.** Tabla resumen de caudal máximo determinado por ecuaciones y caudal medio aforado, y coeficiente de flujo máximo. Caudal máximo, caudal medio y coeficiente de flujo máximo

Barrio	Qmaximo (lps)	Qpromedio (lps)	Coefficiente de flujo máximo
Residencial casa real 1(tramo: 1-2)	13953	6158	2,3
Belmonte (tramo:1-2)	15282	6896	2,2
Colonia Independencia (tramo:1-3)	15979	6899	2,3
Colonia Independencia (tramo: 2-3)	1260	0375	3,4
Colonia Centro América (tramo: 1-3)	13745	5480	2,5
Colonia Centro América (tramo:2-3)	2095	0752	2,8

Fuente: elaboración propia., 2010.



Dónde:  $K$  = es el factor de flujo máximo (dimensional)

$Q_{med}$  = es el caudal medio aforado durante 48 horas (lps)

2.888 = constante de conversión para eliminar la unidad lps.

0.120 = potencia

Finalmente, el planteamiento de la ecuación obtenida se puede enunciar de la siguiente manera: el “coeficiente de flujo máximo es igual a una constante de conversión dividido entre el caudal medio aforado de un tramo cualquiera en estudio, elevado a la potencia 0,120”. Y lo único que se necesitaría para aplicar dicha ecuación es que se afore un tramo cabecero de cualquier zona, llámese zona de máxima densidad y de actividades mixtas, zonas de alta densidad, zona de media densidad, o zona de baja densidad.

#### 4. CONCLUSIÓN

En primer lugar, deseo manifestar que la definición del flujo máximo implementado por Harmon, no está, en ningún momento, siendo cuestionada, al contrario, lo que se implementa es una ecuación que permita calcular el factor de flujo máximo para condiciones propias de cualquiera país, y específicamente de Nicaragua.

Por lo anteriormente expuesto, presento las siguientes conclusiones: en cuanto a la caracterización de las zonas en estudios, según sondeo y exploración, estas deben estar involucradas con el medio, y el medio con el hábitat; ya que uno depende del otro, por consiguiente, se menciona que para las zonas es necesario tomar en cuenta los siguientes factores: censo poblacional (densidad poblacional); las costumbres de la población; nivel de vida de la población, zona de ubicación de la población; y temperatura del medio, así como también temperatura del agua. Estos son

requisitos que intervienen en el cálculo del flujo máximo.

Por otra parte, en cuanto al cálculo del flujo máximo, es necesario tener en observación los barrios, las colonias y las residencias que sean representativas y de distintas costumbres, esto con la finalidad de establecer los puntos cabeceros y tramos que son aforados y estudiados.

Para mantener una muestra representativa de la cantidad de aforos que deben realizarse, en el estudio se realizó el proceso de aforos durante 48 horas consecutivas sin descansar, el tiempo fijado será el que garantice un comportamiento de eficiencia de los tramos que se están estudiando, ya que, además, en ese lapso de tiempo los habitantes de una zona tienen que desarrollar sus costumbres, lo que incorpora el uso del agua doméstica en la vivienda, y esas costumbres se vuelven repetitivas durante las próximas 48 horas [7].

En el análisis de los datos levantados en Excel se manipularon para determinar el caudal medio y, este caudal medio, es el caudal que se genera de las costumbres de las personas por el uso del agua doméstica en la vivienda durante una hora, en el lapso de 48 horas de estudios. Se vinculó la correlación que puede establecerse entre los parámetros de lectura de humedad y caudal medio, para el tramo 1-2 del residencial Casa Real, dicha manipulación dio como resultado que no existe una correlación suficientemente capaz que pueda ser análoga, ya que el resultado del coeficiente es igual a 0,02; si este procedimiento, para el cálculo del coeficiente de correlación, se repite para los otros tramos operados, daría resultados semejantes, en cuanto a que no existiría correlación ideal entre los parámetros seleccionados. Al margen de los resultados, se deja la inquietud de poder correlacionar otros datos que sean de interés para el estudio [8], [9].

Sin embargo, la pendiente que se forma en la figura 1 no representa una línea recta, lo que no

quiere decir que se pueda corregir, pero para ello se necesita interpretar otras situaciones que lleven a tomar la decisión de correlacionarlos.

Seguidamente, en el cálculo del coeficiente de flujo máximo para las diferentes residencias representativas, se realiza con la ecuación (2) de Harmon, ecuación que se utiliza para tener un indicador e implementar la igualdad para que los resultados obtenidos estén en el rango de  $2 \leq FH \leq 4$ ; y no estén el rango  $1,8 \leq FH \leq 3$ , según Harmon. Esto quiere decir que, la ecuación de Harmon sirve como apoyo para deducir una ecuación basada en las costumbres de las personas, y que esta puede ser usada para calcular el famoso coeficiente de flujo máximo.

Por consiguiente, se aplicaron métodos matemáticos como: mínimos cuadrados y función exponencial, para la obtención del coeficiente de flujo máximo, dando como resultado una ecuación que estará en función del caudal medio aforado, dicha ecuación se describe en la ecuación (2).

$$K = \frac{2.888}{Q_{med}^{0.120}} \quad (2)$$

Dónde: K = es el factor de flujo máximo (dimensional)

Q<sub>med</sub> = es el caudal medio aforado durante 48 horas (lps)

2.888 = constante de conversión para eliminar la unidad lps.

0.120 = potencia

Finalmente, el planteamiento de la ecuación obtenida se puede enunciar de la siguiente manera: el “coeficiente de flujo máximo es igual a una constante de conversión dividido entre el caudal medio aforado de un tramo cualquiera en estudio, elevado a la potencia 0.120”. Y lo único que se

necesitaría para aplicar dicha ecuación es que se afore un tramo cabecero de cualquier zona, llámese zona de máxima densidad y de actividades mixtas, zonas de alta densidad, zona de media densidad o zona de baja densidad. Se manifiesta la inquietud de poder introducir el caudal medio calculado según establece el procedimiento de las Guías Técnicas de INAA, y no introducir el caudal medio aforado.

## 5. AGRADECIMIENTO

En primer lugar, manifiesto mi agradecimiento a mi mamá quien ha sido una persona que ha sabido inducir, a este simple mortal, por el sendero luminoso para alcanzar sus objetivos y metas; quien, a pesar de su enfermedad, ha dejado rastro de la gran fe que tiene para seguir educándome, y que sin basilar me ha dado lo mejor que una persona puede desear tener y es el mayor tesoro que puede existir en el universo: “el conocimiento”. Gracias, Doña Beatriz Picado.

Seguidamente, agradezco a una de las mujeres que, en su momento, no dudó en hacerme feliz y que fue una mujer maravillosa, que con su inteligencia supo dominar todos los momentos tensionantes y difíciles que puede tener una relación, gracias Paty por el amor que me distes, que Dios te guarde con bien estés donde estés. Paty (q.e.p.d).

Mi agradecimiento a mis hijos: Dafned Itziar Tirado Flores y Víctor Manuel Tirado Flores, las dos persona a quienes sirvo como ejemplo y soy fuente de superación. Éxitos en su superación.

Si pienso es porque existo y si existo es porque pienso, no puedo olvidar a Leandra María Espinales Sevilla que, a pesar del poco tiempo de conocerla, me ha devuelto la felicidad que un hombre desea tener en la vida, me ha devuelto el espíritu del amor y la sonrisa en el semblante de

mi cara, hoy le digo que no la defraudaré y que la he escogido como esposa. Quédate conmigo Leandra.

Y por supuesto, no puedo olvidar a mi casa hogar: la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-Managua, Alma Mater que me abrió las puertas de superación y conocimientos, me abrió la puerta de la oportunidad, sin ella no

estaría aquí, escribiendo estos párrafos de ánimo, sé que este trabajo servirá para las próximas generaciones de profesionales. Gracias UNAN.

## 6. FINANCIAMIENTO

El financiamiento de esta investigación fue con recursos propios.

---

## REFERENCIAS

---

- [1] V. Álvarez y M. Demóstenes, *Relación de flujo promedio y máximo en tuberías de alcantarillado sanitaria de la ciudad de Panamá*, [Trabajo de grado], Panamá, 1962
- [2] R. Burden y D. Town, *Análisis Numérico Youngstown State University*, Grupo Editorial Iberoamérica, Cap. 7 Dirección de alcantarillado sanitario de Managua. (A.S.M), Informe anual. Managua, Nicaragua, 1992.
- [3] Fair y Geyer, *Comp. Diseño de acueductos y alcantarillados*, Segunda edición, Bogotá, Colombia: Alfa y Omega, 1999.
- [4] Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA), *Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales*, 1999
- [5] Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), *Caracterización socio-demográfica del departamento de Managua, Nicaragua, julio del 2007*, VIII Censo de población y IV de vivienda. Managua, Nicaragua, 2007.
- [6] R. A. López, *Diseño de acueductos y alcantarillados. Coeficiente de rugosidad de Manning*, Segunda edición, Bogotá, Colombia: Alfa y Omega, 1999
- [7] OPS/CEPIS/OS, *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado*, Lima, Perú. p. 169, 2005.
- [8] Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS/OS), *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado*, Lima, Perú. p. 169. 2005.
- [9] Proctor and Redfern International Limited. (INAA), *Proyecto para la actualización del plan maestro de alcantarillado sanitario para la ciudad de Managua*, Vol 1. Managua, Nicaragua, 1996.