

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO.

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL.



**ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE
TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR
ULTRASÓNICO.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE *INGENIERO CIVIL*.

PRESENTA:

LUIS DANIEL CRISPÍN GUERRA.

ASESOR:

M.I. ELIZABETH PAULINE CARREÑO ALVARADO.

MORELIA MICHOACÁN AGOSTO 2012

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

AGRADECIMIENTOS.

A mis Padres, María Trinidad Guerra Serrato y José Luis Crispín Espinosa, que han sido en todo momento mi mayor inspiración, apoyo y a quienes dedico las siguientes páginas.

A mis Hermanas, Ivonne y Patricia, por su apoyo y amistad.

A mi Asesora de Tesis y Tutora, que ha sido parte fundamental para la realización del presente trabajo, y en especial por todo el apoyo, consejos y amistad que me ha brindado en estos últimos años.

A mis Profesores por su paciencia, por su amistad y apoyo.

A toda mi Familia que me ha estado dándome ánimos para seguir adelante.

A toda mi Esposa por su apoyo y comprensión.

A todos aquellos que me han apoyado a lo largo de mi carrera, Ingenieros, Profesores y Amigos.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Contenido.

Contenido.....	3
Índice de Figuras.....	5
Índice de Tablas.....	7
1. RESUMEN.....	8
2. INTRODUCCIÓN.....	9
3. ANTECEDENTES.....	10
3.1. Medidor Ultrasónico 2PT868.....	10
3.2. Prueba Piloto.....	12
3.2.1. Cálculo de Volúmenes.....	13
3.2.2. Delimitación de la sección de aforo.....	14
3.2.3. Toma de Lecturas.....	15
4. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA Y OBJETIVO DE LA TESIS.....	21
4.1. Problemática.....	21
4.2. Modo de trabajo del medidor ultrasónico modelo 2PT868.....	22
4.3. Aspectos a cuidar en la toma de lecturas con el medidor ultrasónico.....	22
4.4. Datos necesarios para trabajar con el medidor ultrasónico modelo 2PT868.....	22
4.5. Tipos de errores más comunes del medidor ultrasónico modelo 2PT868.....	23
4.6. Objetivo de la tesis.....	24
5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	25
5.1. Sitio de Experimentación.....	25
5.2. Localización de la tubería y vertedor.....	25
5.3. Características de la tubería y flujo.....	29
5.4. Diseño experimental de las mediciones.....	32
6. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.....	34
6.1. Resultado de medición en tramo recto para un diámetro de tubería de 12”.....	34
6.1.1. Prueba 1. Para tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto medio.....	34
6.1.2. Prueba 2. Tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto medio.....	40
6.1.3. Prueba 3. Tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto máximo.....	44
6.1.4. Prueba 4. Tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto mínimo.....	49
6.2. Resultado de medición en tramo recto para un diámetro de tubería de 8”.....	52
6.2.1. Prueba 5. Para tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto bajo.....	55
6.2.2. Prueba 6. Para tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto medio.....	58
6.2.3. Prueba 7. Para tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto máximo.....	61
6.2.4. Prueba 8. Para tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto alto, bajo y medio.....	64
7. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS.....	66
7.1. Análisis de resultados en la tubería de 12 “.....	66
7.1.1. Resultados de análisis para un Gasto Medio.....	67
7.1.2. Resultados de Análisis para un Gasto Alto.....	69
7.1.3. Resultado de Análisis para un Gasto Bajo.....	70
7.2. Análisis de resultados en la tubería de 8”.....	71
7.2.1. Resultado de Análisis para un Gasto Medio.....	71
7.2.2. Resultados de Análisis para un Gasto Alto.....	73
7.2.3. Resultados de Análisis para un Gasto Bajo.....	75
7.2.4. Análisis comparativo de todos los gastos para el diámetro de 12”.....	77
7.2.5. Análisis comparativo de todos los gastos para el diámetro de 8”.....	78
8. CONCLUSIONES.....	79

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA
MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

9.	REFERENCIAS.....	81
10.	ANEXO.....	82

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Índice de Figuras

Figura 3.1 Transductores o sensores del medidor ultrasónico.....	10
Figura 3.2 Transductores o sensores del medidor ultrasónico y riel, montados en la tubería.	10
Figura 3.3 Medidor Ultrasónico.....	11
Figura 3.4 Parte del canal que se aforo.	12
Figura 3.5 Vertedor rectangular y escala.	12
Figura 3.6 Lugar de la obturación del canal y la escala.	13
Figura 3.7 Lugar de la obturación del canal.	14
Figura 3.8 Válvula con la que se regula el gasto.	15
Figura 3.9 Esquema de la tubería para la prueba piloto.....	15
Figura 3.10 Válvula para desfogue del canal.....	16
Figura 3.11 Válvula para desfogue del canal.....	16
Figura 3.12 Esquema del canal con mucho oleaje.....	17
Figura 5.1 Croquis de las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica “David Hernández Hueramo”.....	25
Figura 5.2. Lugar donde se tendió la tubería.	26
Figura 5.3. Vertedor Rectangular.....	26
Figura 5.4. Medidas del vertedor rectangular.	27
Figura 5.5. Limnómetro del vertedor rectangular.....	27
Figura 5.6. Colocación de la escala comparativa.....	28
Figura 5.7. Colocación de la escala y limnómetro.....	29
Figura 5.8.Válvula de control.	29
Figura 5.9.Cambios de dirección antes del tramo recto.....	30
Figura 5.10.Cambio de dirección al final del tramo recto.	30
Figura 5.11.Tanque Amortiguador.	30
Figura 5.12.Bombas que alimentan el tanque elevado.	31
Figura 5.13.Tanque Elevado.....	31
Figura 6.1. Tubería de 12”.....	34
Figura 6.2. Tanque amortiguador.....	34
Figura 6.3. Posición original de los sensores.....	36
Figura 6.4. Posición de los sensores con la cual dio mejores resultados.	36
Figura 6.5. Sensor en mala posición.	45

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Figura 6.6. Posición del sensor armado correctamente.....	45
Figura 6.7. Fotografía de las conexiones que se colocaron después de la válvula de control.	52
Figura 6.8. Tanque amortiguador al final de la tubería de 8”.....	53
Figura 6.9. Vista panorámica de la tubería de 8”.....	53
Figura 6.10 Posición de los sensores.	54
Figura 6.11 Posición de los sensores en con la cual se obtuvieron mejores resultados.....	55
Figura 6.12 toma de lecturas a lo largo de la tubería.	55
Figura 7.1 Gráfica comparativa del Gasto de Medidor-Vertedor dirección aguas arriba-aguas abajo.....	67
Figura 7.2 Gráfica comparativa de Gasto de Medidor-Vertedor dirección aguas abajo-aguas arriba.	68
Figura 7.3 Gráfica comparativa de Gasto de Medidor-Vertedor dirección del flujo.....	69
Figura 7.4 Gráfica comparativa de Gasto Medidor dirección aguas arriba-aguas abajo.....	70
Figura 7.5 Gráfica comparativa del Gasto Medidor-Vertedor dirección del flujo.	71
Figura 7.6 Gráfica comparativa del Gasto Medidor-Vertedor dirección contra flujo.	72
Figura 7.7 Grafica comparativa del Gasto Medidor-Vertedor dirección del flujo.	73
Figura 7.8 Grafica comparativa del Gasto Medidor-Vertedor dirección contra flujo.	74
Figura 7.9 Gráfica comparativa del Gasto Medidor Vertedor dirección del flujo.....	75
Figura 7.10 Gráfica comparativa del Gasto Medidor Vertedor dirección contra flujo.....	76
Figura 7.11 Todos los gastos en la tubería de 12”.....	77
Figura 7.12 Todas las pruebas para la tubería de 8”.....	78

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Índice de Tablas.

Tabla 3.1 Cálculo de volúmenes de la sección de canal a aforar.....	13
Tabla 3.2 Cálculo de volúmenes de la sección de canal a aforar.....	14
Tabla 3.3 Tabla de registro.	18
Tabla 3.4 Cálculo de gastos.	19
Tabla 5.1 Gastos para regular el flujo en la tubería.	33
Tabla 6.1 Ejemplo de toma de lecturas.....	35
Tabla 6.2 Prueba 1.	37
Tabla 6.3 Prueba 1.	38
Tabla 6.4 Prueba 1	38
Tabla 6.5 Prueba 1	39
Tabla 6.6 Prueba 2.	41
Tabla 6.7 Prueba 2	42
Tabla 6.8 Prueba 2.	43
Tabla 6.9 Prueba de inicio para verificar los datos obtenidos por el medidor.....	46
Tabla 6.10 Prueba 3.	47
Tabla 6.11 Prueba 3.	48
Tabla 6.12 Prueba 3.	49
Tabla 6.13 Prueba 4.	50
Tabla 6.14 Prueba 4.	51
Tabla 6.15 Prueba 4.	52
Tabla 6.16 Resultados de la prueba para poder regular el gasto.....	54
Tabla 6.17 Prueba 5.	56
Tabla 6.18 Prueba 5.	57
Tabla 6.19 Prueba 5.	58
Tabla 6.20 Prueba 6.	59
Tabla 6.21 Prueba 6.	61
Tabla 6.22 Prueba 7.	62
Tabla 6.23 Prueba 7.	63
Tabla 6.24 Prueba 8 para un gasto máximo.....	64
Tabla 6.25 Prueba 8, para un gasto mínimo.....	64
Tabla 6.26 Prueba 8, para un gasto medio.	65

1. RESUMEN.

La presente tesis es el estudio experimental enfocado a las mediciones y los resultados que se pueden obtener al trabajar con un medidor ultrasónico, al utilizarlo en un tramo recto. Los resultados y proceso de las mediciones y pruebas realizadas a lo largo de todas las mediciones, arrojarán datos que nos servirán para ver el comportamiento del medidor ultrasónico al ser utilizado en una sección de tubería en tramo recto, comparando los resultados obtenidos con los que arroja el vertedor rectangular.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos no son para determinar si alguno de los dos instrumentos de medición está mal, ya que las pruebas solo son de orden experimental y servirán para tomar en consideración tanto los resultados del medidor, comparados con los resultados del vertedor rectangular, y así verificar el orden de error que se puede presentar a lo largo de todas las lecturas que se registren sobre la tubería.

El estudio experimental se realizó en Ciudad Universitaria en el Laboratorio de Hidráulica “David Hernández Hueramo” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Para poder realizar las pruebas se tuvo que realizar una serie de pruebas piloto las cuales ayudarían a poder regular el gasto como también determinar los aditamentos, accesorios, etc., para iniciar con el estudio.

Cada una de las pruebas realizadas se tomó como dato del medidor ultrasónico la velocidad y el gasto, registrando también la hora en que se realizaba la toma de lectura y la lectura del limnómetro. Dicho limnómetro se encuentra a un costado del vertedor rectangular y proporciona el tirante del vertedor, con lo que al aplicar la fórmula establecida para el vertedor se podía conocer el gasto que pasaba por el mismo.

Las pruebas se realizaron a dos tipos de tubería, una de 12” y la otra de 8”, es interesante ver la variación de datos que se pueden observar entre una prueba otra, y el comportamiento de los resultados obtenidos. Las pruebas se realizaron para tres tipos de gasto (bajo medio y alto), sin embargo los gastos fueron regulados con una válvula de control que se encontraba al inicio de la tubería. A la válvula se le realizaron una serie de pruebas para poder determinar, cuanto abrir a la misma, para obtener los gastos que se requerían, pero no fue posible conseguir el mismo gasto dos veces, ya que al abrir la válvula no siempre dejaba pasar el mismo gasto que se suponía, esto debido a que la válvula presenta desgaste.

El tendido de la tubería se marco a cada diámetro de la misma, hasta alcanzar una distancia de 100 diámetros de distancia

Realizar una prueba completa tomaba mas de un día, por lo que, para poder realizar una prueba se llevaba alrededor de tres días, con una duración de 6 horas aproximadamente cada día.

Dentro de cada una de las mediciones fue necesario dar intervalos de tiempos para poder ajustar la distancia de sensores y esperar la señal que transmitían los mismo al medidor.

2. INTRODUCCIÓN.

La importancia de la cantidad de agua que se suministra ha tomado una gran importancia y sobretodo, la correcta medición de la misma, ya que en nuestro país, no se cobra por el derecho del agua, sino por la capacidad que tiene el organismo regulador del agua para poder llevarla al lugar de destino, este concepto abarca los costos de infraestructura, personal y mantenimiento. Por tal motivo es de vital importancia que se lleve acabo una correcta medición de la cantidad de agua que se entrega a cada usuario.

Es vital recordar que para poder realizar la medición del agua se requieren de factores que ayuden a la cuantificación de la misma, como también de aparatos que tengan una suficiente confiabilidad. Dentro de las técnicas de medición, y solo por mencionar uno de los primeros métodos de aforamiento, es aforar directamente el agua, tomando en cuenta la volumen y el tiempo, pero con el transcurso de los años se han sofisticado las técnicas de medición e intervenido en gran modo la tecnología para la medición de la misma.

Existen en la actualidad aparatos que pueden medir directamente el gasto en tuberías, (Tubo Venturi, Turbina, Electromagnet, Ultrasonic. (Doppler), Ultrasonic. Time-of-travel) siempre y cuando se encuentre el tubo a presión y por ende con un gasto constante. Los distribuidores de aparatos para la medición de flujo de agua recomiendan para cada tipo de medidor, distancias mínimas y procedimiento para su correcto funcionamiento e utilización dentro de las pruebas que se realicen con los mismos, sin embargo solo son recomendaciones del mismo proveedor.

El medidor con el que se desarrollaran las pruebas será Medidor Ultrasónico de Tiempo de Travesía, el cual es un modelo que permite medir flujos de agua y viscosos, teniendo una gran eficiencia en sus lecturas y además uno de los mas confiables en los resultados que proporciona.

Podemos encontrar varios tipos de medidores ultrasónicos, y la variedad radica más en la precisión del aparato y para que sea utilizado, podemos encontrar varias marcas y distintos modelos de medidores de flujo.

La exactitud del medidor va por lo regular en función del costo del medidor, sin embargo dependiendo de los tipos de mediciones que se hagan es posible conseguir buenos resultados con la mayoría de los medidores, esto es frecuente verlo en los catálogos de medidores ultrasónicos, algunos medidores proporcionan una exactitud del $\pm 1\%$ a $\pm 5\%$, sin embargo también dependerá del tipo de flujo a medir.

El tipo de fluido es una de las variantes que se deben de tomar en cuenta al utilizar un medidor ultrasónico y realizar las consideraciones necesarias si el fluido es un líquido o un gas.

3. ANTECEDENTES.

Existen una gran variedad de medidores de flujo, y dentro de los medidores ultrasónicos no es la excepción, el medidor utilizado es el Medidor Ultrasónico 2PT868, el cual tiene la característica de que las mediciones deben ser en líquidos limpios y viscosos.

3.1. *Medidor Ultrasónico 2PT868.*

Para este tipo de medidores el fabricante recomienda medir solo líquidos limpios y líquidos viscosos, ya que fue diseñado solo para estas características.

El medidor cuenta con dos transductores o sensores los cuales son montados en un riel, el cual tiene la función de dar estabilización a los sensores, como también poder fijarlos a la tubería. Con el riel y los sensores es posible tener un mejor manejo de la distancia entre sensores y una estabilización de los mismos.

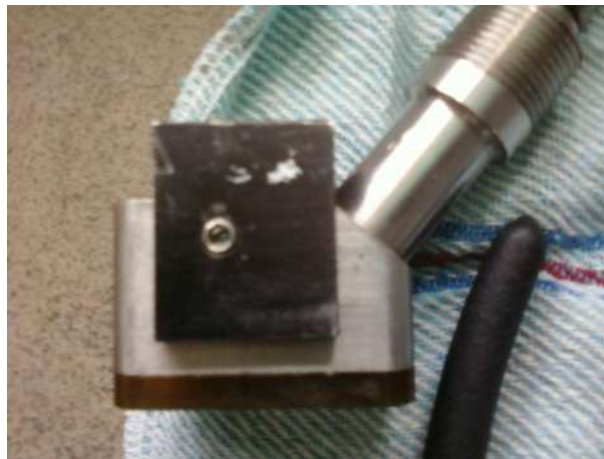


Figura 3.1 Transductores o sensores del medidor ultrasónico.



Figura 3.2 Transductores o sensores del medidor ultrasónico y riel, montados en la tubería.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Como se puede apreciar en la figura 3.1, los sensores están en contacto directo con la tubería, factor importante en el manejo del medidor ultrasónico. Los sensores deben de llevar una separación entre ellos, la cual es dada por el medidor, lo cual va en función de las características del flujo.

Primero se coloca el riel en la tubería, en seguida los sensores (los cuales puede ser indistinto el orden) y después de lo anterior se colocan los cables. Los cables deben de ser colocados de tal manera que el que esta de color rojo indica que debe colocarse aguas arriba y el que tiene el color azul aguas abajo, de no ser así el medidor registrara mediciones negativas y por ende errores de medición.

Una vez colocados los cables en los sensores, se conectan en el medidor cuidando que las conexiones sean las correctas (cable rojo aguas arriba, cable azul aguas abajo), y después conectar a la toma de corriente eléctrica y prender el medidor, estos pasos son los señalados en el manual del medidor ultrasónico, esto es de vital importancia ya que el cable rojo emite la señal en sentido del flujo y el cable azul en contra flujo. De esta manera es como el medidor debe ser trabajado, ya que de lo contrario los datos arrojados por el mismo serán incorrectos.

El medidor ultrasónico tiene que ser configurado con las condiciones en que se realizara la medición, tales como temperatura, viscosidad del fluido, tipo de fluido, etc. Dicha configuración regula las ondas emitidas por el medidor las cuales viajan entre los dispositivos hasta llegar a los sensores los cuales emiten la señal con una inclinación de 45° con respecto a la dirección del flujo. Con lo cual, la velocidad de señal de los transductores aumenta o disminuye con la transmisión y con la velocidad del flujo que se esta midiendo, de tal manera que se tienen dos señales, una que esta a favor de la corriente y la otra que esta en contra de la misma. Las señales de emisión y recepción no llegan al mismo tiempo a los sensores, así se mantiene un equilibrio entre señales y una concordancia entre las mismas.

La medición del flujo es realizada por el medidor, determinando el tiempo que tardan las señales en viajar por el flujo incluyendo factores como, diámetro de tubería y tipo de fluido entre otros, que se dieron de alta al inicio de la prueba.



Figura 3.3 Medidor Ultrasónico.

3.2. Prueba Piloto.

La prueba piloto consistía en aforar una parte del canal mediante un gasto constante, tomando como referencia el vertedor rectangular.

Inicialmente se registraron las características geométricas del canal a aforar y posteriormente se calcularon los volúmenes del mismo. La parte del canal que se aforo es la que se muestra en la siguiente figura.

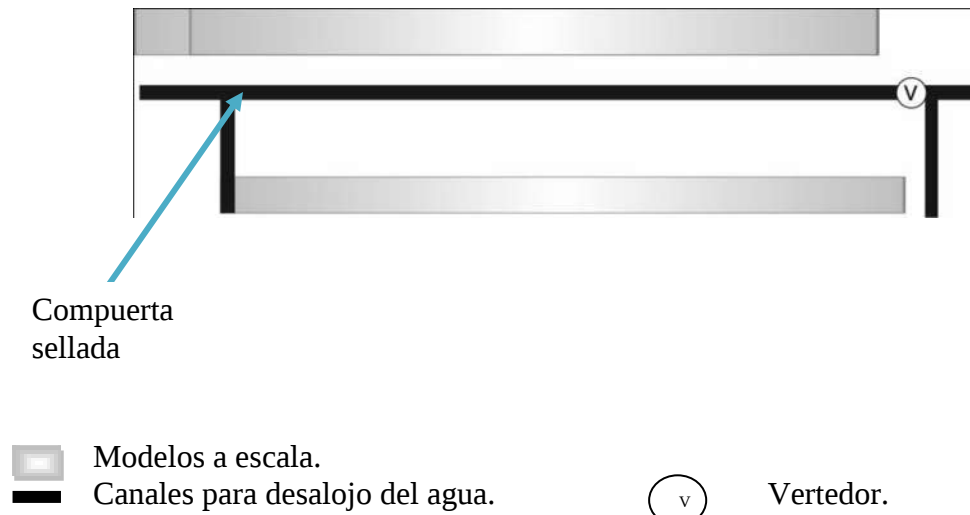


Figura 3.4 Parte del canal que se aforo.

Para lograr la obstrucción del canal fue necesario colocar una compuerta metálica y sellarla en todos los lados que estaban en contacto con el muro para evitar que el agua corriera libremente por el canal y de ese modo solo contener el agua en la parte destinada al aforamiento. Así como también se dibujo una escala junto al vertedor y junto a la parte obturada.



Figura 3.5 Vertedor rectangular y escala.



Figura 3.6 Lugar de la obturación del canal y la escala.

3.2.1. Cálculo de Volúmenes.

Una vez marcados ambos extremos de la sección destinada al aforo, se calculó las áreas lo cual consistió en multiplicar la altura que corresponde a 5 cm entre cada marca por la longitud del mismo, operación que se repitió para cada una de las marcas. Para el cálculo del volumen se tomó el área y se multiplicó por el ancho del canal.

Nos dieron como resultado los volúmenes en cada una de las secciones, y posteriormente se sumaron todos volúmenes para obtener el volumen total, estos cálculos se realizaron tanto del lado del vertedor como del lado de la obstrucción. La finalidad de obtener la capacidad neta de la parte del canal, es para saber la cantidad de líquido que se puede albergar en el tramo destinado a las pruebas de aforo. Los resultados de los cálculos hechos se muestran en las siguientes Tablas.

<i>Lado del Vertedor</i>			
<i>Intervalos</i>	<i>Áreas</i>	<i>Ancho del canal</i>	<i>Volumen</i>
0 - 5	0.000 m ²	0.60 m	0.00 m³
05. - 10	0.6558 m ²	0.60 m	0.39 m³
10. - 15	0.777 m ²	0.60 m	0.47 m³
15 - 20	0.777 m ²	0.60 m	0.47 m³
20 - 25	0.777 m ²	0.60 m	0.47 m³
25 - 30	0.777 m ²	0.60 m	0.47 m³
30 - 35	0.777 m ²	0.60 m	0.47 m³
35 - 40	0.777 m ²	0.60 m	0.47 m³
40 - 45	0.777 m ²	0.60 m	0.47 m³

Tabla 3.1 Cálculo de volúmenes de la sección de canal a aforar.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

<i>Lado de la Compuerta</i>			
<i>Intervalos</i>	<i>Áreas</i>	<i>Ancho del canal</i>	<i>Volumen</i>
0 - 5	1.400 m ²	0.60 m	0.84 m³
05. - 10	0.7770 m ²	0.60 m	0.47 m³
10. - 15	0.7770 m ²	0.60 m	0.47 m³
15 - 20	0.7770 m ²	0.60 m	0.47 m³
20 - 25	0.7770 m ²	0.60 m	0.47 m³
25 - 30	0.7770 m ²	0.60 m	0.47 m³
30 - 35	0.7770 m ²	0.60 m	0.47 m³

Tabla 3.2 Cálculo de volúmenes de la sección de canal a aforar.

3.2.2. Delimitación de la sección de aforo.

Una vez que se calcularon los volúmenes, se continuó a realizar la obturación de la parte del canal aguas arriba. Primeramente se dispuso a rellenar las hendiduras por donde se iba a deslizar la compuerta con cera de campeche, acto siguiente se dispuso a untar la cera alrededor de la compuerta, esto se puede apreciar en la siguiente imagen.



Figura 3.7 Lugar de la obturación del canal.

Como inicio se había propuesto utilizar silicón para sellar las hendiduras, pero como la compuesta estaría en constante movimiento para utilizar el canal en diferentes actividades, no era viable colocar silicón en las hendiduras de la compuerta ya que necesita un tiempo de espera para secar de alrededor 24 horas. Por tal motivo se decidió no utilizar silicón.

3.2.3. Toma de Lecturas.

Para la toma de lecturas, fue necesario abrir la válvula de la tubería de manera que saliera un gasto muy pequeño y poder tomar las lecturas necesarias. Los datos obtenidos fueron, el tiempo, el área (calculada previamente) y las lecturas realizadas en el limnómetro.



Figura 3.8 Válvula con la que se regulo el gasto.

Para poder realizar la toma de lecturas fue necesario dejar correr un gasto constante y pequeño, el cual permitiera, una vez terminada una ronda, desalojar el agua acumulada dentro de área de aforo lo cual se hizo con la válvula de desfogue que tiene el vertedor y el cual se muestra en la siguiente figura.

En la siguiente imagen se presenta un esquema de la tubería con la cual se realizo la prueba piloto.

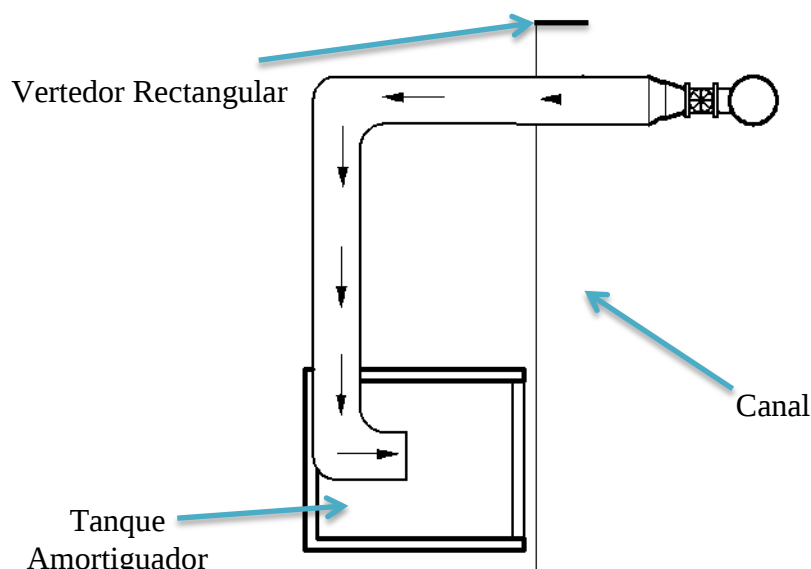


Figura 3.9 Esquema de la tubería para la prueba piloto.



Figura 3.10 Válvula para desfogue del canal.

Cuando se terminaba la prueba se tenía que desalojar el agua que se tenía en el canal, lo que se hacía abriendo la válvula de desfogue, pero al ir aumentando el gasto la válvula no daba abasto para desalojar el agua, por lo que se tubo que hacer uso de sifones para ayudar a desalojar el líquido. Estos sifones eran improvisados con tramos de tubo flexible que se tenían a la mano y que junto con la válvula de desfogue ayudaban a desalojar en gran parte el agua, estos sifones se pueden apreciar en la siguiente figura.



Figura 3.11 Válvula para desfogue del canal.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Cada uno de los tubos se llenaba con agua y se tapaba en ambos lados, posteriormente se introducían un extremo en la parte del canal que estaba lleno de agua y la otra en la parte en donde se deseaba dar salida al agua y se soltaban simultáneamente. Esta fue la manera que dio resultados al querer desalojar el agua.

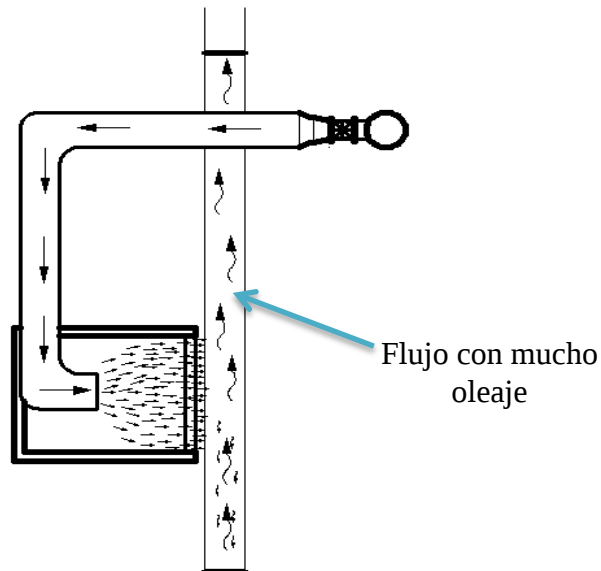


Figura 3.12 Esquema del canal con mucho oleaje.

Para la toma del tiempo se recurrió de la ayuda de un cronometro el cual permitía saber el tiempo de llenado en cada una de las marcas. Sin embargo al tomar las lecturas, se presentaba mucho oleaje el cual dificultaba la toma de datos. A continuación aparece una muestra de como se tomaron los datos, las demás tablas se encuentran en el archivo digital anexo al final de la tesis, así como los cálculos hechos en cada una de las pruebas.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO.					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.					
					
Proyecto:		Estudio experimental sobre el efecto de tramo recto en la medición con un medidor ultrasónico			
Lugar de la Prueba:		Laboratorio de Hidraulica.			
Numero de Prueba:		# 1			
Fecha:		Hora de inicio:			
		Hora de termino:			
Lado del vertedor				Lado de la compuerta:	
		cero limnimetro: 24			
Número de Puebas	Intervalo	Volumen m3	Tiempo seg	Carga de vertedor limnimetro cm	Gastos Vol.
1.1	20 - 25	0.4662	135.37	24.17	0.00344 m3/s
	25 - 30	0.4662	135.08		0.00345 m3/s
	30 - 35	0.4662	155.46		0.00300 m3/s
	35 - 40	0.4662	145.76		0.00320 m3/s
1.2	15 - 20	0.4662	146.92	24.02	0.0032 m3/s
	20 - 25	0.4662	137.11		0.0034 m3/s
	25 - 30	0.4662	144.11		0.0032 m3/s
	30 - 35	0.4662	137.48		0.0034 m3/s
	35 - 40	0.4662	133.98		0.0035 m3/s
Notas:					

Tabla 3.3 Tabla de registro.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO.					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.					
 					
GASTOS CALCULADOS con FORMULA para PRUEBA 1.1					
DATOS OBTENIDOS					
h =	0.0017 m	b =	0.6000 m		
ω =	0.4500 m				
g =	9.807				
Formula del libro "Hidráulica General" Vol.1 GILBERTO SOTELO ÁVILA					
$Q = Cbh^{3/2}$ $C = \frac{2}{3}\sqrt{2g\mu}$ $\mu = \left[0.6035 + 0.0813 \left(\frac{h + 0.0011}{\omega} \right) \right] \left[1 + \frac{0.0011}{h} \right]^{3/2}$					
CALCULANDO EL GASTO					
μ =	1.27674693	C =	3.76961197		
Q = 0.0002 m3/s					
Formula del libro simplificada del libro "Hidráulica General" Vol.1 GILBERTO SOTELO ÁVILA					
$Q = (0.3201h + 1.0696)(h + 0.0011)^{1.5}$					
Q = 0.0002 m3/s					
Formula Ajustada					
$Q = 1.054h^{1.478}$					
Q = 0.0001 m3/s					

Tabla 3.4 Cálculo de gastos.

En cada una de las pruebas se calcularon los gastos, los resultados tiene diferencias unos de otros, tanto de los que se calcularon con formula como los que se registraron aforando directamente en el canal.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Las dos primeras formulas mostradas en la Tabla 3.4 fueron sacadas del libro de “Hidráulica General” Vol.1 y que corresponde la primera a la formula general y la segunda a la formula simplificada y la tercera formula fue proporcionada por el departamento de hidráulica, la cual esta ajustada para el vertedor rectangular que se encuentra en el mismo laboratorio, para el cálculo del gasto los resultados obtenidos son diferentes creando cierta incertidumbre en los resultados.

La prueba piloto tenía como fin tener una referencia de gastos medidos volumétricamente con los obtenidos con las lecturas del limnómetro y de ese modo poder hacer una comparativa con los que se obtendrían con el medidor ultrasónico.

Después de analizar los resultados y calcular los gastos para cada una de las pruebas fue evidente que se encontraron diferencias entre cada resultado tanto en la parte volumétrica como en los calculados por las formulas.

Durante la prueba se observo que:

- Al momento de hacer pasar el gasto deseado, este era muy pequeño por lo que la diferencia entre cada una de las pruebas era mínima y la tubería no se encontraba a tubo lleno.
- Al tomar las lecturas en la escala y en la parte en la que se sello el canal, se apreciaba mucho oleaje, el cual dificultaba la toma de lecturas.
- El oleaje que se presentaba a lo largo del canal también afectaba la lectura del limnómetro, ya que el flujo que llega al vertedor debe ser estable y sin oleaje.
- Un factor también importante fue el cálculo de los volúmenes del canal, ya que en la parte en donde se obturo el canal se tenía la estructura que albergaba la compuesta la cual restaba una pequeña área al canal de aforo.

Dado que se tenía cierta incertidumbre en los resultados obtenidos y que se presentaron variaciones en los gastos se decidió no tomar en cuenta esta prueba para el resto del experimento y solo tomar en cuenta los resultados que se obtuvieran con el limnómetro.

4. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA Y OBJETIVO DE LA TESIS.

4.1. Problemática.

En México la medición del agua es un asunto que hoy en nuestros días no es tomado muy en cuenta y hasta cierto punto se ha dejado a la deriva, sin embargo esta, está sustentada por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Ley de Aguas Nacionales. Las cuales, en resumen, nos indican del cobro del agua, tener especial cuidado en su medición y su distribución dentro del territorio Mexicano.

Sin embargo, los problemas de medición yacen en campo, al realizar las mediciones y lecturas de las cantidades de agua que pasan por las tuberías. Uno de los problemas mas comunes es, que al efectuar la toma de lecturas, se recomienda que la distancia entre el medidor y el cambio de dirección de la tubería sea por lo menos 5 diámetros aguas arriba y 3 diámetros aguas abajo, lo cual en ocasiones no es respetado afectando la calidad de la medición, aunado a esto en la mayoría de los casos no se cuenta con el personal capacitado que realice las pruebas correctamente.

Ahora bien, cuando se realiza la toma de lecturas con el medidor (sea cualquier medidor), es indispensable que la tubería este llena, es decir que trabaje a tubo lleno, para que garantice que la tubería este libre de partículas de aire, lo cual afecta a los medidores, así como también tener un flujo constante y uniforme dentro de la tubería. Esto es que dentro de lo posible se pueda simular un flujo, tal que, las líneas de corriente tiendan a ser lo mas paralelas a las paredes de la tubería, para lograr una distribución de velocidades lo mas apegada a un flujo laminar (tal condición, no se encuentra en la naturaleza solo es lograda en laboratorio), garantizando una distribución de velocidades uniforme que represente a la velocidad del flujo que pasa por la tubería. Ya que de lo contrario las lecturas varían y los resultados de las mediciones no reflejan la cantidad de agua que pasa por la tubería.

Por citar un ejemplo, mencionaremos los problemas de falta de espacio que podemos encontrar, en los pozos de extracción, donde no se cuenta con tramos rectos de tubería, lo suficientemente largos para garantizar que el flujo sea uniforme y así lograr una satisfactoria toma de lecturas. Aunado a lo anterior, los costos de equipo son elevados, aunque es cierto que cada día la tecnología avanza, es claro mencionar que junto con ello es difícil obtener este tipo de aparatos.

4.2. Modo de trabajo del medidor ultrasónico modelo 2PT868

Es necesario tener en cuenta que el medidor ultrasónico necesita de algunos parámetros para poder iniciar cierta ronda de tomas de lecturas y revisar con cuidado las condiciones de trabajo.

Cabe mencionar, que es cierto que se puede contar con resultados muy confiables derivado de los medidores ultrasónicos, todo dependerá de del operador y de las condiciones en que se esté trabajando, así de como se introduzcan los parámetros de medición y especificaciones de la toma de lecturas. El operador del medidor debe de tener las bases de la hidráulica, para entender el funcionamiento, y para poder interpretar los resultados de las pruebas, ya que de lo contrario sería muy fácil tener lecturas erróneas y muy fuera de la realidad.

4.3. Aspectos a cuidar en la toma de lecturas con el medidor ultrasónico.

Es importante señalar que existen varios aspectos para la toma de lecturas con medidores y en especial con los medidores ultrasónicos, sea el modelo que se utilice, marca o tipo de medidor.

Alguno de ellos son los siguientes:

- Densidad del líquido.
- Temperatura del fluido.
- Vibración de la tubería.
- Separación de los sensores.
- Flujo Laminar.
- Características de la tubería.

Las lecturas realizadas en el Laboratorio de Hidráulica “David Hernández Hueramo” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, fueron hechas con el medidor ultrasónico, el cual requería los aspectos antes mencionados para poder trabajar.

4.4. Datos necesarios para trabajar con el medidor ultrasónico modelo 2PT868.

Este tipo de medidores, se necesitan datos de entrada que permitan fijar parámetros dentro de la configuración del medidor, para así, fijar las condiciones en que se trabajara. Dentro de los datos que requiere el equipo para poder empezar a trabajar son los siguientes:

- *Diámetro de la tubería*; dato importante para fijar el área hidráulica de la sección y el tramo de tubería a trabajar.
- *Espesor de la tubería*; al ingresar este dato, se recomienda medir el espesor alrededor del diámetro de la tubería y sacar un promedio con los valores obtenidos.
- *Tipo de Líquido*; el medidor ultrasónico es también capaz de medir otro tipo de líquidos siempre y cuando se este a tubería llena y a presión.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

- *Viscosidad del fluido*; sea del líquido que transporte la tubería.
- *Temperatura del Fluido*; en esta parte se tiene que medir la temperatura a la que se encuentra el fluido e introducirla en Grados Celsius.

Una vez capturados los datos anteriores el medidor ultrasónico calculara la separación de los sensores, separación en la cual deberán ser colocados. Es necesario mencionar que este tipo de medidores trabajan en sistema de unidades Ingles o Métrico, lo cual es una ventaja al momento de extraer la información o al interpretarla.

4.5. Tipos de errores más comunes del medidor ultrasónico modelo 2PT868.

Los errores típicos que suele arrojar el medidor ultrasónico durante las mediciones son errores del manejo de los sensores, sea por la separación de los mismos, otro muy común es el tipo de flujo que pasa, ya que si rebasa los parámetros iniciales, de la configuración, es evidente que no se registren lecturas o arroje lecturas erróneas, dentro de los errores y de los mensajes que arroja el medidor Ultrasónico son los siguientes, además se coloca la posible solución a cada tipo de error:

- E 0; Este mensaje refiere a que no se encuentran errores dentro de la medición, sin embargo es necesario dejar unos minutos a que desaparezca el mensaje “ E 0”.
- E 1; La señal es baja y no es posible dar mediciones. En este caso es necesario checar si están bien conectados los cables del medidor, como también, es necesario verificar que la parte inferior de los sensores que están en contacto con la tubería cuenten con gel (el gel sirve para que los sensores no estén en contacto directo con la tubería y facilite la emisión de la señal emitida por el medidor).
- E 2; Problemas con la Velocidad del flujo. Se tienen que verificar que el flujo que este pasando por la tubería sea a tubo lleno, y que sea a presión. También verificar la velocidad mínima del fluido dentro de la programación del medidor.
- E 3; La Velocidad excede los parámetros de la programación. Verificar la programación para ajustar la velocidad máxima.
- E 5; Error de Amplitud. Checar que la separación de los sensores sea la marcada por el medidor ultrasónico. Como también verificar de ser posible el exceso de partículas de aire dentro de la tubería, así como verificar que este pasando el líquido a presión.
- E 6; Error de Aceleración. Revisar separación de sensores, que el flujo sea suficiente para cumplir con que la tubería sea totalmente llena.

4.6. Objetivo de la tesis.

El objetivo del presente trabajo de investigación, es conocer las variaciones que presentan las lecturas arrojadas por el Medidor Ultrasónico Modelo 2PT868 en un tramo recto, ya que se ha establecido como hipótesis, que a mayor cantidad de tramo recto, prevalece el flujo estable manteniendo constantes las lecturas, estas se comparan con las que se registran en el Vertedor Rectangular, cabe mencionar que el flujo descargado en el tramo recto es en teoría el mismo que descarga el Vertedor Rectangular. Es necesario aclarar que los resultados y pruebas son de orden experimental, basados en los resultados arrojados por el medidor ultrasónico y el Vertedor Rectangular.

Las normas señala que para poder obtener lecturas confiables en la medición de gastos, en tuberías (sea cualquier diámetro a utilizar, como también el gasto) se deben de situarse el medidor 5 diámetros aguas arriba y 3 diámetros aguas abajo como mínimo, esto nos garantiza según el fabricante del medidor que el flujo que pase por ese punto se ha normalizado. Por otro lado, cada proveedor de medidores ultrasónicos recomienda distintas separaciones según el tipo de aparato.

Para poder mencionar el efecto de mediciones que se tiene en la medición de tramo recto con el Medidor Ultrasónico Modelo 2PT868, se debe de considerar, que es de tipo experimental y que se realice en condiciones de laboratorio. Las variaciones obtenidas serán manejadas en porcentajes y se realizara una comparativa con las lecturas y resultados obtenidos por el vertedor rectangular que se encuentra en el Laboratorio de Hidráulica “David Hernández Hueramo” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

5. DISEÑO EXPERIMENTAL

5.1. Sitio de Experimentación.

Las instalaciones en las cuales se llevo a cabo el aforamiento y las mediciones fueron en el Laboratorio de Hidráulica “David Hernández Hueramo” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. El laboratorio cuenta con las instalaciones necesarias para realizar las pruebas experimentales.

La ubicación del lugar donde se llevo acabo el tendido de la tubería dentro de las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica se muestra en la imagen siguiente.

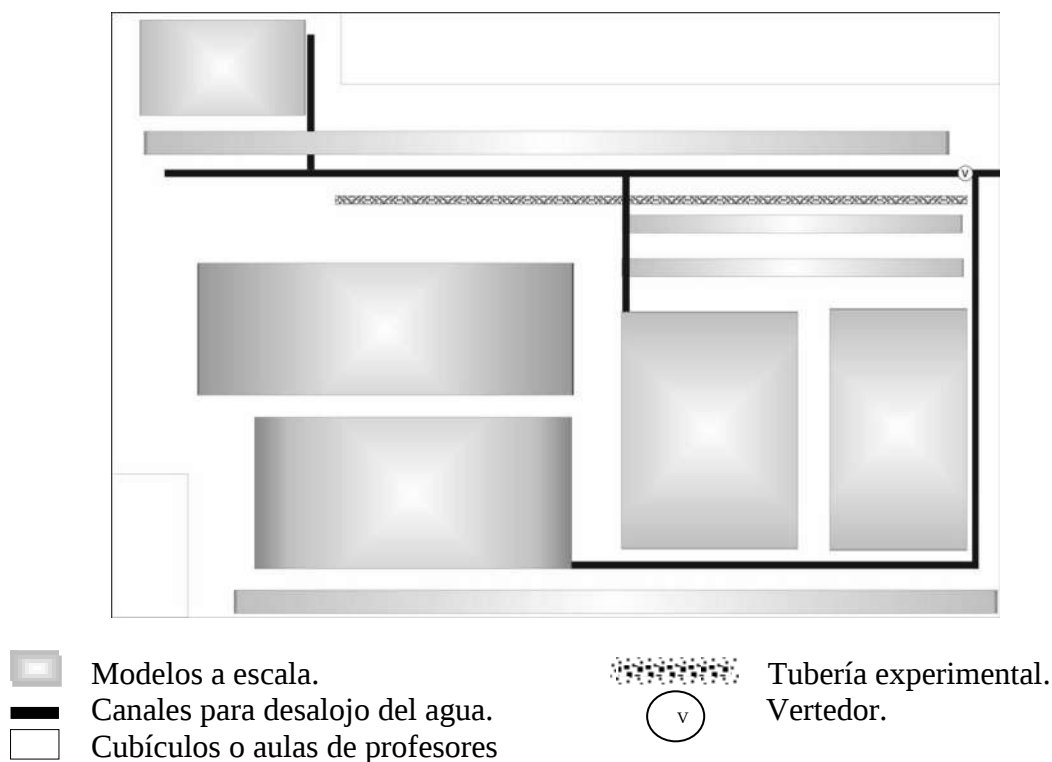


Figura 5.1 Croquis de las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica “David Hernández Hueramo”.

5.2. Localización de la tubería y vertedor.

Como se puede apreciar, el tendido de la tubería se encuentra a un costado de la rejilla la cual desaloja el agua utilizada en los modelos a escala del Laboratorio de Hidráulica. Esta parte del Laboratorio fue la ideal para tender el tramo recto de la tubería.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.



Figura 5.2. Lugar donde se tendió la tubería.

Como ya se menciono anteriormente el presente trabajo de investigación lleva por nombre “ESTUDIO EXPERIMENTEAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO”, el cual se desarrollo dentro de las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica, para poder hacer el tendido de la tubería, y garantizar que se pueda contar con un tramo lo suficientemente recto para iniciar las mediciones, se tomo en cuenta el espacio de trabajo de tal modo que se encontrara cerca de el vertedor rectangular, que cuenta el Laboratorio de Hidráulica, el cual contiene un Limnómetro al final del canal y que con el cual es posible tomar el tirante que pasa por el vertedor rectangular.

El vertedor se encuentra en la parte final de las rejillas de desagüe, y esta compuesto de una válvula de desfogue y el limnómetro. Las medidas del vertedor son las que se muestran en la siguiente imagen.



Figura 5.3. Vertedor Rectangular.

MEDIDAS DEL VERTEDOR
RECTANGULAR

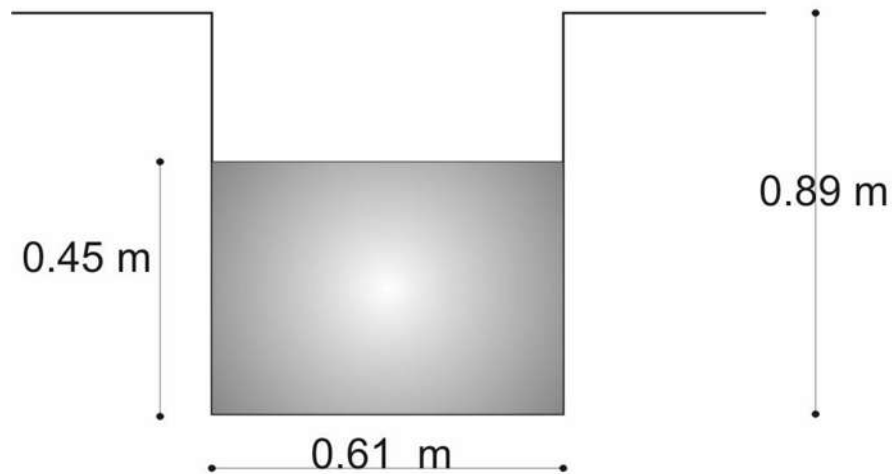


Figura 5.4. Medidas del vertedor rectangular.

Aunado al vertedor se encuentra el limnómetro el cual proporciona el tirante que pasa por encima del vertedor rectangular. La formula que corresponde al Vertedor Rectangular es la siguiente:

$$Q_v = 1.054 h^{1.478} \quad (1)$$

Donde:

Q_v = es el gasto del Vertedor Rectangular.

h = altura de el tirante, tomada directamente del Limnómetro.

Esta formula fue proporcionada en el Laboratorio de Hidráulica y esta ajustada para mismo vertedor rectangular que se encuentra dentro de las mismas instalaciones del Laboratorio.



Figura 5.5. Limnómetro del vertedor rectangular.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Junto al limnómetro se colocó una escala, la cual va conectada a la alimentación del limnómetro, esto a manera de comparativa entre ambas lecturas. La escala consiste en una barra de aluminio en la cual está sobrepuesta un tubo transparente, el cual está conectado directamente al tubo que alimenta el limnómetro del vertedor. De esta manera se pueden apreciar los niveles del agua más visualmente y poder comparar los resultados con los del limnómetro.

La razón por la cual se colocó la escala junto al limnómetro fue por que al estar trabajando en la prueba piloto, se pudo apreciar que el limnómetro presentaba desgaste por el manejo del mismo, así como también no se encontraba totalmente fijo al muro lo que ocasionaba que tuviera cierto juego sobre su propia posición, lo cual impulsó la idea de colocar la escala junto a él y así poder corroborar los datos obtenidos por el vertedor.

Para poder trabajar con el limnómetro primero se llena el canal de agua hasta que el vertedor estaba completamente hasta el tope de agua, sin que se derramara agua a través del vertedor y se registraba la lectura inicial en el limnómetro. De igual manera cuando el vertedor estaba completamente lleno, en la escala se marcaba el nivel del agua, de esta manera se podía conocer la lectura inicial.



Figura 5.6. Colocación de la escala comparativa.



Figura 5.7. Colocación de la escala y limnómetro.

5.3. Características de la tubería y flujo.

Para las pruebas que se realizaron, se utilizó una tubería de PVC hidráulico de 12" y 8", respectivamente, la distancia a cubrir con cada una de las tuberías es de alrededor de 100 diámetros respectivamente, la tubería de 12", que es la de mayor diámetro, se necesitó cubrir una distancia de 30.5 metros lineales, la cual corresponde a 6 tramos de tubo de PVC.

Al inicio de la tubería de 12" se encontraba una serie de cambios de dirección, bridas, una ampliación de 8" a 12" y una válvula de control.

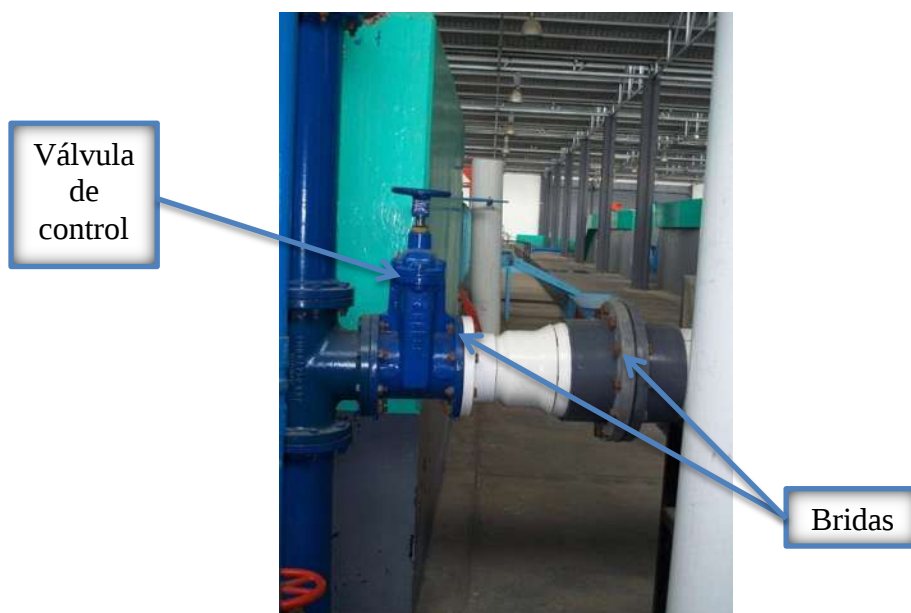


Figura 5.8. Válvula de control.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

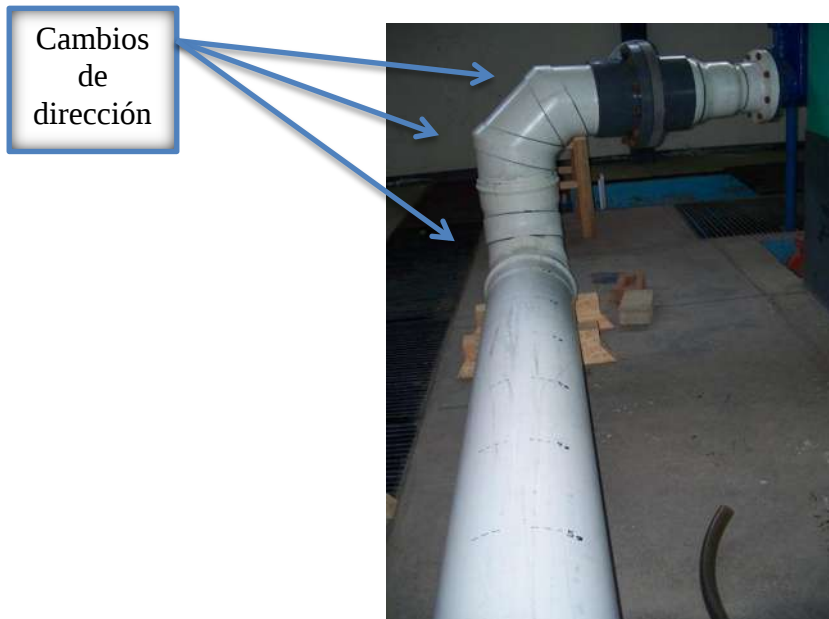


Figura 5.9. Cambios de dirección antes del tramo recto.

Al final de la tubería también se contaba con dos cambios de dirección y fue necesario construir un tanque amortiguador, el cual tiene como función, captar el gasto de la tubería y depositarla directamente a las rejillas.

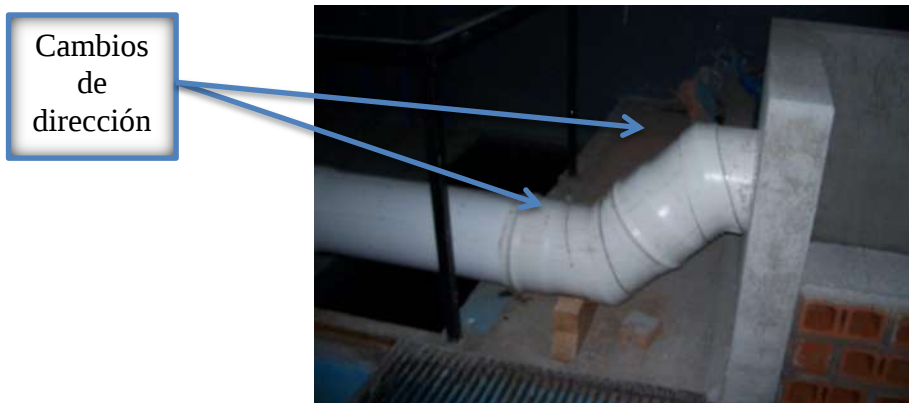


Figura 5.10. Cambio de dirección al final del tramo recto.

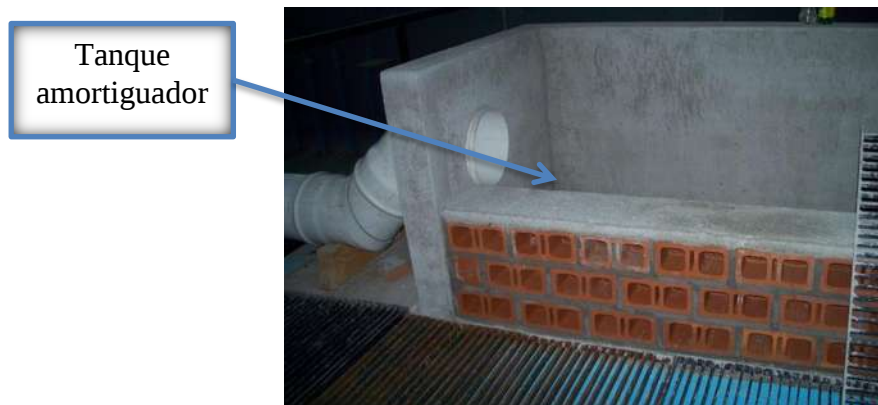


Figura 5.11. Tanque Amortiguador.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

El flujo de agua fue por gravedad, utilizando el equipo de bombeo y la cisterna elevada que se encuentra en las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica.



Figura 5.12. Bombas que alimentan el tanque elevado.



Figura 5.13. Tanque Elevado.

Una de las cuestiones a tomar en cuenta fue que si se debía de sellar todos los ramales que se tenían en el canal y que daban al vertedor rectangular, ya que se tenía algo de incertidumbre en que los resultados no fueran confiables, sin embargo después de hacer una serie de pruebas se concluyó que al llenarse por completo todos los canales que daban al vertedor, el gasto no se modificaba, por lo tanto se decidió no sellar ningún sub-ramal del canal principal.

5.4. Diseño experimental de las mediciones.

Para el diseño experimental de las mediciones se tomaron en cuenta ciertos aspectos, el cuidado con las lecturas del medidor ultrasónico, su colocación y revisión de los parámetros y datos de ingreso cada vez que se hacían las pruebas. Se realizó, por así decirlo, una serie de pasos para empezar a trabajar con el medidor, las cuales fueron las siguientes;

- Colocación de los cables, medidor, sensores.
- Conectar a la corriente de luz el medidor ultrasónico.
- Encendido del medidor ultrasónico.
- Elegir el canal #1 para empezar con la configuración.
- Revisar dentro del programa de medición unidades de trabajo, diámetro de la tubería, espesor de la tubería, tipo de tubería (material), tipo de líquido que pasara por la tubería, viscosidad del líquido, temperatura del fluido.
- Registrar la separación de los sensores.
- Colocación de los sensores sobre la tubería.
- Untar de gel (especial para los sensores del medidor ultrasónico) en la parte que estará en contacto con la tubería.
- Al terminar la toma de lecturas, mover el medidor y los sensores a la siguiente marca y esperar unos minutos para el medidor empiecen a recibir señal de los sensores.

La tubería se marco a cada 12” para así lograr una distancia de 100 diámetros de tubería, la separación se ajusto dependiendo del diámetro de la tubería, en cada una de las marcas se colocaron los sensores para realizar la toma de lecturas. Por cada una de las marcas se tomaron 10 lecturas tanto del medidor ultrasónico como del Limnómetro, para tener los datos suficientes y así sacar un promedio y el porcentaje de error obtenido entre los gastos resultantes.

Para las pruebas que se realizaron en la tubería, fue necesario hacer pasar tres gastos diferentes, chicos, medianos y grandes, respectivamente, para regular el gasto que pasaría por la tubería se realizaron una serie de pruebas, las cuales consistieron en regular el gasto por medio de la válvula de control que se encuentra al inicio de la tubería, abriendo gradualmente la válvula y registrando los gastos obtenidos con el medidor ultrasónico. En cada una de las pruebas se realizaron 20 lecturas y se prosiguió a sacar un promedio de cada una de las pruebas. Los datos originales se encuentran en el archivo digital anexo al final de la tesis.

Los resultados de los promedios de cada una de las pruebas son los siguientes:

Número de vueltas de la válvula (cerrado-Abierto)	Q
1	3.701 l/s
2	13.548 l/s
3	21.659 l/s
4	28.090 l/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

5	31.021 l/s
6	32.560 l/s
7	33.585 l/s
8	34.257 l/s
9	34.710 l/s
10	35.135 l/s
11	35.548 l/s
12	35.819 l/s
13	35.725 l/s
14	35.844 l/s
15	36.206 l/s
16	36.303 l/s
25	36.406 l/s

Tabla 5.1 Gastos para regular el flujo en la tubería.

La columna de la izquierda representa el número de vueltas que se le dio a la válvula, mientras que la columna de la derecha se registró los gastos obtenidos del medidor ultrasónico, cabe mencionar que los gastos obtenidos son solo de referencia, sin embargo son de utilidad ya que nos dan idea de como ir regulando el gasto que se dejara pasar por la tubería.

Para continuar con las pruebas se dispuso a realizar una ronda de 10 lecturas en cada una de las marcas, recabando gastos y velocidades, al igual, en el limnómetro se registraron las alturas del tirante, esto para comparar datos y ver la oscilación de las lecturas, tanto en el medidor ultrasónico como del limnómetro.

También fue registrada la separación de los sensores, que en la mayoría de las veces la separación no era la que sugerida por el medidor. Así como también registrar el tipo de error que se presento a lo largo de las pruebas, ya que dichos errores eran en su mayoría por errores de amplitud, lo que nos indicaba que había que jugar con la separación de los sensores hasta encontrar la separación optima.

6. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.

6.1. Resultado de medición en tramo recto para un diámetro de tubería de 12”.

6.1.1. Prueba 1. Para tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto medio.

Las mediciones se realizaron empezando en el diámetro cero (que es la primera marca en la tubería aguas arriba), dejando correr un gasto medio. Se registro la hora en cada una de las lecturas, velocidad del flujo, el gasto, lectura del limnómetro, lectura de la escala, la temperatura del agua y la separación de los sensores.



Figura 6.1. Tubería de 12”.



Figura 6.2. Tanque amortiguador.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Se muestra a continuación el formato que se siguió en cada uno de las marcas de las pruebas:

Cero del Limnómetro = 31.8 cm.

Hora	Velocidad m/s	Volumen m ³ /s.	Limnómetro cm	Escala cm	
07:56:40 a.m.	0.480	0.032	41.3	9.5	1
08:01:30 a.m.	0.480	0.032	41.37	9.5	2
08:03:30 a.m.	0.470	0.031	41.4	9.5	3
08:04:55 a.m.	0.460	0.031	41.37	9.5	4
08:06:10 a.m.	0.490	0.033	41.4	9.5	5
08:07:20 a.m.	0.490	0.032	41.4	9.5	6
08:08:35 a.m.	0.480	0.032	41.41	9.5	7
08:17:50 a.m.	0.460	0.031	41.46	9.55	1
08:19:10 a.m.	0.470	0.031	41.3	9.5	2
08:20:30 a.m.	0.470	0.032	41.46	9.6	3
08:21:45 a.m.	0.450	0.030	41.42	9.55	4
08:23:10 a.m.	0.440	0.030	41.45	9.6	5
08:24:30 a.m.	0.470	0.032	41.46	9.6	6
08:25:50 a.m.	0.480	0.033	41.48	9.6	7
08:34:10 a.m.	0.520	0.035	41.46	9.6	1
08:35:35 a.m.	0.500	0.034	41.47	9.6	2
08:36:50 a.m.	0.490	0.033	41.47	9.7	3
08:38:10 a.m.	0.500	0.034	41.47	9.7	4
08:39:30 a.m.	0.500	0.033	41.5	9.7	5
08:40:50 a.m.	0.490	0.033	41.5	9.7	6
08:42:00 a.m.	0.490	0.033	41.5	9.7	7

Tabla 6.1 Ejemplo de toma de lecturas.

La formula utilizada para calcular los gastos, tanto de las lecturas con el limnómetro, como de la escala fue;

$$Qv = 1.054 h^{1.478}$$

Las unidades de los gastos se registraron en l/s., pero para efectos del cálculo se convirtieron a m³/s.

La posición original de los sensores fue la mostrada en la figura 6.1, con la cual se trato de tomar todas las lecturas posibles.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.



Figura 6.3. Posición original de los sensores.

Sin embargo en la mayoría de las pruebas, el tiempo que tardaba en dar resultados era cada vez mas grande, por lo que se decidió ir moviendo la posición de los sensores hasta encontrar la posición optima de los sensores, que nos diera resultados mas rápidamente y además sin obtener tantos errores por amplitud por los sensores. Sin embargo en algunas de las marcas donde se colocaron los sensores arrojaba muchos errores del orden de amplitud, velocidad, errores de rango de velocidad e incluso errores de flujo. La posición en la que se tenían menos errores y arrojaba resultados mas rápidamente fue la que se muestra en la figura 5.13.



Figura 6.4. Posición de los sensores con la cual dio mejores resultados.

Los resultados de las pruebas que se realizaron se pueden consultar en el archivo digital anexo al final de la tesis.

La prueba tubo una duración de cuatro días los cuales fueron los siguientes:

- 21 de diciembre del 2010.
- 23 de diciembre del 2010.
- 7 de enero del 2011.
- 10 de enero del 2011.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

A continuación se muestran los promedios que se obtuvieron en cada uno de los gastos de la prueba de inicio.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
0	0.0319 m3/s	0.0958	0.0950	0.0329 m3/s	0.0325 m3/s	0.48 m/s
1	0.031 m3/s	0.096	0.096	0.0332 m3/s	0.0329 m3/s	0.46 m/s
2	0.034 m3/s	0.097	0.097	0.0334 m3/s	0.0334 m3/s	0.50 m/s
3	0.031 m3/s	0.097	0.097	0.0336 m3/s	0.0334 m3/s	0.46 m/s
4	0.032 m3/s	0.097	0.097	0.0336 m3/s	0.0334 m3/s	0.48 m/s
5	0.033 m3/s	0.097	0.097	0.0338 m3/s	0.0334 m3/s	0.48 m/s
6	0.032 m3/s	0.098	0.097	0.0338 m3/s	0.0337 m3/s	0.48 m/s
7	0.033 m3/s	0.097	0.097	0.0337 m3/s	0.0335 m3/s	0.49 m/s
8	0.032 m3/s	0.097	0.097	0.0338 m3/s	0.0336 m3/s	0.48 m/s
9	0.033 m3/s	0.097	0.097	0.0337 m3/s	0.0336 m3/s	0.49 m/s
10	0.033 m3/s	0.097	0.097	0.0337 m3/s	0.0335 m3/s	0.48 m/s
11	0.033 m3/s	0.097	0.097	0.0336 m3/s	0.0335 m3/s	0.49 m/s
12	0.032 m3/s	0.097	0.097	0.0336 m3/s	0.0336 m3/s	0.48 m/s
13	0.033 m3/s	0.097	0.097	0.0336 m3/s	0.0335 m3/s	0.49 m/s
14	0.033 m3/s	0.097	0.097	0.0335 m3/s	0.0335 m3/s	0.48 m/s
15	0.033 m3/s	0.097	0.097	0.0334 m3/s	0.0335 m3/s	0.48 m/s
16	0.032 m3/s	0.097	0.097	0.0334 m3/s	0.0333 m3/s	0.48 m/s
17	0.032 m3/s	0.097	0.097	0.0334 m3/s	0.0333 m3/s	0.48 m/s
18	0.032 m3/s	0.097	0.097	0.0333 m3/s	0.0333 m3/s	0.47 m/s
19	0.031 m3/s	0.096	0.096	0.0333 m3/s	0.0331 m3/s	0.46 m/s

Tabla 6.2 Prueba 1.

Es posible apreciar que los gastos del medidor son parecidos a los del vertedor rectangular, sin embargo existen variaciones en alguno de los datos tomados en campo. En el archivo digital anexado al final de la tesis se puede apreciar los datos registrados.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
19	0.032 m3/s	0.095	0.093	0.0323 m3/s	0.0316 m3/s	0.48 m/s
20	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0325 m3/s	0.0319 m3/s	0.49 m/s
21	0.032 m3/s	0.095	0.094	0.0325 m3/s	0.0320 m3/s	0.48 m/s
22	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0325 m3/s	0.0320 m3/s	0.49 m/s
23	0.032 m3/s	0.095	0.094	0.0326 m3/s	0.0319 m3/s	0.48 m/s
24	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0326 m3/s	0.0320 m3/s	0.49 m/s
25	0.032 m3/s	0.095	0.094	0.0326 m3/s	0.0320 m3/s	0.48 m/s
26	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0325 m3/s	0.0320 m3/s	0.49 m/s
27	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0325 m3/s	0.0320 m3/s	0.48 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

28	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0326 m3/s	0.0320 m3/s	0.48 m/s
29	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0326 m3/s	0.0320 m3/s	0.49 m/s
30	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0326 m3/s	0.0320 m3/s	0.49 m/s
31	0.034 m3/s	0.095	0.094	0.0326 m3/s	0.0320 m3/s	0.50 m/s
32	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0327 m3/s	0.0320 m3/s	0.49 m/s
33	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0326 m3/s	0.0320 m3/s	0.49 m/s
34	0.034 m3/s	0.095	0.094	0.0326 m3/s	0.0320 m3/s	0.50 m/s
35	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0326 m3/s	0.0320 m3/s	0.50 m/s
36	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0326 m3/s	0.0320 m3/s	0.49 m/s
37	0.033 m3/s	0.095	0.094	0.0326 m3/s	0.0320 m3/s	0.49 m/s

Tabla 6.3 Prueba 1.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio de lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
38	0.032 m3/s	0.094	0.093	0.0317 m3/s	0.0313 m3/s	0.47 m/s
39	0.033 m3/s	0.095	0.093	0.0323 m3/s	0.0315 m3/s	0.50 m/s
40	0.032 m3/s	0.094	0.093	0.0322 m3/s	0.0315 m3/s	0.48 m/s
41	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0321 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
42	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0322 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
43	0.033 m3/s	0.095	0.093	0.0323 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
44	0.033 m3/s	0.095	0.093	0.0323 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
45	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0322 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
46	0.033 m3/s	0.095	0.093	0.0322 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
47	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0322 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
48	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0321 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
49	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0322 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
50	0.032 m3/s	0.094	0.093	0.0320 m3/s	0.0315 m3/s	0.48 m/s
51	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0321 m3/s	0.0315 m3/s	0.48 m/s
52	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0320 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
53	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0320 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
54	0.034 m3/s	0.094	0.093	0.0320 m3/s	0.0315 m3/s	0.50 m/s
55	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0320 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
56	0.031 m3/s	0.094	0.093	0.0320 m3/s	0.0315 m3/s	0.46 m/s
57	0.032 m3/s	0.094	0.093	0.0320 m3/s	0.0315 m3/s	0.48 m/s
58	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0320 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
59	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0320 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
60	0.033 m3/s	0.094	0.093	0.0322 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s
61	0.033 m3/s	0.095	0.093	0.0323 m3/s	0.0315 m3/s	0.49 m/s

Tabla 6.4 Prueba 1

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio de las lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
62	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0934	0.0332 m ³ /s	0.0317 m ³ /s	0.49 m/s
63	0.0334 m ³ /s	0.097	0.0757	0.0335 m ³ /s	0.0232 m ³ /s	0.50 m/s
64	0.0336 m ³ /s	0.097	0.0937	0.0335 m ³ /s	0.0318 m ³ /s	0.50 m/s
65	0.0334 m ³ /s	0.097	0.0938	0.0336 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.50 m/s
66	0.0334 m ³ /s	0.096	0.0938	0.0330 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.50 m/s
67	0.0332 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0330 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.50 m/s
68	0.0348 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.51 m/s
69	0.0332 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0330 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.50 m/s
70	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.49 m/s
71	0.0322 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0330 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.48 m/s
72	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.49 m/s
73	0.0352 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0329 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.52 m/s
74	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.49 m/s
75	0.0314 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.47 m/s
76	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.49 m/s
77	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0938	0.0330 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.49 m/s
78	0.0332 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.50 m/s
79	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0330 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.49 m/s
80	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0330 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.49 m/s
81	0.0334 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0329 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.50 m/s
82	0.0328 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0330 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.49 m/s
83	0.0332 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0329 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.50 m/s
84	0.0334 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0329 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.50 m/s
85	0.0334 m ³ /s	0.096	0.0938	0.0331 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.50 m/s
86	0.0333 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.50 m/s
87	0.0331 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0330 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.49 m/s
88	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0331 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.49 m/s
89	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.49 m/s
90	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.49 m/s
91	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0330 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.49 m/s
92	0.0356 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.53 m/s
93	0.0327 m ³ /s	0.096	0.0941	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.49 m/s
94	0.0329 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.49 m/s
95	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0937	0.0330 m ³ /s	0.0319 m ³ /s	0.49 m/s
96	0.0303 m ³ /s	0.096	0.0940	0.0330 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.45 m/s
97	0.0330 m ³ /s	0.096	0.0937	0.0329 m ³ /s	0.0318 m ³ /s	0.49 m/s
98	0.0317 m ³ /s	0.096	0.0932	0.0329 m ³ /s	0.0316 m ³ /s	0.47 m/s
99	0.0319 m ³ /s	0.096	0.0939	0.0329 m ³ /s	0.0320 m ³ /s	0.47 m/s

Tabla 6.5 Prueba 1

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Durante la prueba se pudo observar que:

La distancia que dictaba el medidor ultrasónico no siempre era la real, ya que en ocasiones no se registraban lecturas o daba valores muy fuera de rango e incoherentes. Por tal motivo se decidió mover gradualmente los sensores de posición hasta poder obtener lecturas, lo que se llegaba a desplazar los sensores de la medida original era de 1 a 2 cm., esto era fácil de detectar, ya que el medidor ultrasónico arrojaba un error de amplitud (E 5), lo que se resolvía separando o acortando la distancia entre medidores.

Al reanudar la prueba se dejaban pasar unos 30 minutos aproximadamente, esto para esperar que se llenara la cisterna elevada y se normalizara el flujo. Fue necesario verificar que la tubería no vibrara, ya que eso provoca discontinuidades en las mediciones.

En cada una de las interrupciones de la prueba, la válvula se conservo con la misma abertura para poder conservar las características del flujo inicial. Como se puede observar en el resultado de la prueba, se ven algunos brincos en las lecturas, que a pesar que son mínimas, las variaciones son de notarse. Estas discontinuidades están de color rojo para su fácil identificación y se encuentran en el archivo digital anexado al final de la tesis.

6.1.2. Prueba 2. Tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto medio.

La segunda prueba que se realizo en contra flujo, solo para verificar las condiciones de flujo que se habían establecido, y tener una comparativa en las mediciones. La válvula conserva la misma abertura en las pruebas #1 y #2.

En la prueba #2 se tuvieron problemas al registrar lecturas en el diámetro 99, y no se consiguió registrar ningún dato en el medidor, se intento colocar los sensores del medidor de diferentes maneras y rodeando la tubería, sin obtener datos del flujo. Justifico este problema de medición a que los sensores se encontraban al pie de la descarga y la vibración fue tal, que afecto la comunicación entre sensores y medidor.

La duración de la prueba fue de tres días, los cuales fueron los siguientes:

- 11 de Enero del 2011.
- 13 de Enero del 2011.
- 14 de Enero del 2011.

A continuación los resultados de las pruebas:

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
98	0.0320 m³/s	0.0953	0.0934	0.0327 m³/s	0.0317 m³/s	0.48 m/s
97	0.0350 m³/s	0.0955	0.0935	0.0327 m³/s	0.0317 m³/s	0.52 m/s
96	0.0330 m³/s	0.0956	0.0935	0.0328 m³/s	0.0317 m³/s	0.49 m/s
95	0.0319 m³/s	0.0956	0.0934	0.0328 m³/s	0.0317 m³/s	0.47 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

94	0.0330 m3/s	0.0956	0.0936	0.0328 m3/s	0.0318 m3/s	0.49 m/s
93	0.0320 m3/s	0.0955	0.0934	0.0327 m3/s	0.0317 m3/s	0.48 m/s
92	0.0330 m3/s	0.0955	0.0938	0.0328 m3/s	0.0319 m3/s	0.49 m/s
91	0.0327 m3/s	0.0957	0.0936	0.0328 m3/s	0.0318 m3/s	0.48 m/s
90	0.0327 m3/s	0.0957	0.0934	0.0328 m3/s	0.0317 m3/s	0.48 m/s
89	0.0330 m3/s	0.0956	0.0935	0.0328 m3/s	0.0317 m3/s	0.49 m/s
88	0.0330 m3/s	0.0954	0.0934	0.0327 m3/s	0.0317 m3/s	0.49 m/s
87	0.0330 m3/s	0.0956	0.0934	0.0328 m3/s	0.0317 m3/s	0.49 m/s
86	0.0330 m3/s	0.0955	0.0947	0.0328 m3/s	0.0324 m3/s	0.49 m/s
85	0.0330 m3/s	0.0958	0.0949	0.0329 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
84	0.0331 m3/s	0.0961	0.0950	0.0330 m3/s	0.0325 m3/s	0.50 m/s
83	0.0330 m3/s	0.0961	0.0951	0.0330 m3/s	0.0326 m3/s	0.49 m/s
82	0.0331 m3/s	0.0962	0.0952	0.0331 m3/s	0.0326 m3/s	0.49 m/s
81	0.0340 m3/s	0.0961	0.0954	0.0331 m3/s	0.0327 m3/s	0.50 m/s
80	0.0333 m3/s	0.0957	0.0951	0.0329 m3/s	0.0325 m3/s	0.50 m/s
79	0.0331 m3/s	0.0958	0.0950	0.0329 m3/s	0.0325 m3/s	0.50 m/s
78	0.0330 m3/s	0.0957	0.0951	0.0328 m3/s	0.0326 m3/s	0.49 m/s
77	0.0330 m3/s	0.0957	0.0951	0.0329 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
76	0.0320 m3/s	0.0958	0.0950	0.0329 m3/s	0.0325 m3/s	0.48 m/s
75	0.0329 m3/s	0.0958	0.0950	0.0329 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
74	0.0334 m3/s	0.0957	0.0951	0.0329 m3/s	0.0326 m3/s	0.50 m/s
73	0.0329 m3/s	0.0959	0.0951	0.0329 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
72	0.0321 m3/s	0.0958	0.0951	0.0329 m3/s	0.0325 m3/s	0.48 m/s
71	0.0329 m3/s	0.0957	0.0950	0.0329 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s

Tabla 6.6 Prueba 2.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
70	0.0330 m3/s	0.0948	0.0948	0.0324 m3/s	0.0324 m3/s	0.49 m/s
69	0.0330 m3/s	0.0950	0.0948	0.0325 m3/s	0.0324 m3/s	0.49 m/s
68	0.0330 m3/s	0.0956	0.0950	0.0328 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
67	0.0330 m3/s	0.0956	0.0949	0.0328 m3/s	0.0324 m3/s	0.49 m/s
66	0.0331 m3/s	0.0954	0.0950	0.0327 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
65	0.0329 m3/s	0.0952	0.0951	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
64	0.0330 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
63	0.0326 m3/s	0.0952	0.0951	0.0326 m3/s	0.0326 m3/s	0.48 m/s
62	0.0330 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
61	0.0330 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
60	0.0324 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.48 m/s
59	0.0330 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
58	0.0326 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.48 m/s
57	0.0320 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.48 m/s
56	0.0329 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

55	0.0330 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
54	0.0330 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
53	0.0330 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
52	0.0330 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.49 m/s
51	0.0330 m3/s	0.0952	0.0950	0.0326 m3/s	0.0325 m3/s	0.50 m/s

Tabla 6.7 Prueba 2

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
50	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.50 m/s
49	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.49 m/s
48	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.49 m/s
47	0.0337 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.50 m/s
46	0.0326 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
45	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.49 m/s
44	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.49 m/s
43	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.49 m/s
42	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.49 m/s
41	0.0340 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.51 m/s
40	0.0340 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.51 m/s
39	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.49 m/s
38	0.0320 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
37	0.0326 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
36	0.0320 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
35	0.0320 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
34	0.0320 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
33	0.0321 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
32	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.49 m/s
31	0.0323 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
30	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.49 m/s
29	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.50 m/s
28	0.0329 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.49 m/s
27	0.0321 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
26	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.49 m/s
25	0.0330 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.49 m/s
24	0.0324 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
23	0.0326 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
22	0.0320 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
21	0.0317 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.47 m/s
20	0.0319 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.47 m/s
19	0.0313 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.47 m/s
18	0.0320 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
17	0.0321 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

16	0.0323 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
15	0.0310 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.46 m/s
14	0.0310 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.46 m/s
13	0.0319 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.47 m/s
12	0.0320 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
11	0.0320 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
10	0.0313 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.46 m/s
9	0.0314 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.47 m/s
8	0.0319 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.48 m/s
7	0.0304 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.45 m/s
6	0.0319 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.47 m/s
5	0.0310 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.46 m/s
4	0.0314 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.47 m/s
3	0.0314 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.47 m/s
2	0.0313 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.46 m/s
1	0.0297 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.44 m/s
0	0.0281 m3/s	0.0958	0.0945	0.0329 m3/s	0.0322 m3/s	0.42 m/s

Tabla 6.8 Prueba 2.

Durante la prueba se pudo observar que:

La distancia que dictaba el medidor no siempre era la real, ya que en ocasiones no se registraban lecturas o daba valores muy fuera de rango e incoherentes. Por tal motivo se decidió mover gradualmente los sensores de posición entre ellos hasta poder obtener lecturas, lo que se llegaba a desplazar los sensores de la medida original era de 1 a 2 cm., esto era fácil de detectar, ya que el medidor ultrasónico arrojaba un error de amplitud (E 5) esporádicamente en algunas de partes donde se tomaba las lecturas, lo que se resolvía separando o reduciendo la distancia entre medidores. No obstante se pudo apreciar que el medidor arroja error (E 1) en el diámetro # 0, lo cual indica que la señal es baja y que no se pueden dar lecturas de gasto, en este caso fue imposible obtener alguna lectura en el medidor, es necesario dejar claro que el diámetro # 0 se encuentra al inicio de la tubería y que antes de dicha marca se encontraban dos cambios de dirección, lo cual dificultó las ultimas lecturas de la prueba.

Al reanudar la prueba se dejaban pasar unos 30 minutos aproximadamente, esto para esperar que se llenara la cisterna elevada y se normalizara el flujo. Fue necesario verificar que la tubería no vibrara, ya que eso provoca discontinuidades en las mediciones.

En cada una de las interrupciones de la prueba, la válvula se conservo con la misma abertura para poder conservar las características del flujo inicial.

En esta prueba duro tres días en los cuales se observo que las variaciones en cada una de las marcas son más significativas, a pesar de que se tenían las mismas condiciones de la válvula de control, que fue la misma bomba y que no hubo cambio alguno en las condiciones del medidor ultrasónico.

Al ver que las lecturas del limnómetro y de la escala son constantes durante cada una de las tomas de lecturas que se realizaron, a partir del diámetro # 60 se decidió tomar las lecturas del limnómetro y escala espaciadamente, ya que se repiten las lecturas, y tomando en cuenta que las

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

oscilación entre cada cambio de los sensores es del orden de 0.5 a 1 milímetro. Dicha variación es muy poca y no impacta en el cálculo de los gastos.

6.1.3. Prueba 3. Tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto máximo.

En esta tercera toma de lecturas se trato de simular un gasto máximo, lo cual se logro dejando la válvula de control abierta completamente. En el diámetro # 0 y # 99, se siguió intentando tomar lecturas con la finalidad de ver los gastos que arroja el medidor ultrasónico y compararlos con el resto de los resultados.

Después de que se realizo la última prueba (# 2) se pararon las pruebas, ya que las instalaciones se utilizaron para dar prácticas de hidráulica a los alumnos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. En este periodo el Medidor fue llevado a realizar pruebas fuera de las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica. Y se reanudaron el 16 de junio del 2011, se continuaron las pruebas, no antes, se corrobore los parámetros en los cuales trabajaríamos con el medidor como son:

- Diámetro de la tubería.
- Espesor de la misma.
- Tipo de líquido.
- Viscosidad del líquido.

Cabe mencionar que uno de los sensores no estaba bien ya que al intentar realizar las pruebas se encontró que los resultados eran negativos o simplemente no daba lecturas, y después de varios intentos revise cada una de las partes que conforman el medidor en el siguiente orden.

- Inicialmente se corroboraron los datos de inicio, los cuales estaban bien y no presentaban variaciones.
- Siguiendo con la revisión, los cables fueron revisados cuidadosamente tanto de los que van a la corriente eléctrica como de los que van a los sensores, ya que si por alguna razón estuvieran rotos esa seria el motivo de que no se dieran lecturas. Sin embargo los cables como las conexiones que se encuentran en los mismos, aparentemente se encontraban bien.
- Como siguiente paso se revisaron los sensores, fue en uno de los sensores que presentaba un pequeño detalle. El ensamble del mismo estaba en sentido contrario el cual se muestra en la figura 6.3, y en la figura 6.4 se muestra como debe de estar.



Figura 6.5. Sensor en mala posición.



Figura 6.6. Posición del sensor armado correctamente.

Como se puede apreciar en la figura 6.3 la parte que esta de color negro, esta ligeramente desplazado a la izquierda con lo que al querer acomodarlo en el riel entraba un tanto forzado y también no encajaba el orificio en donde se atornillaba para fijarlo al sensor y al riel. Una vez detectado el problema se inicio el desarme que consistió solamente en girar la parte que se encuentra de color negro y ajustarla a las marcas que se veían inicialmente en el medidor, de manera que se logro dejar como se creía que debía estar.

- Una vez concluido lo anterior se iniciaron las pruebas para corroborar que dirá lecturas el medidor y que fueran semejantes a las dadas por el vertedor rectangular. Una vez hecho esta comparación se siguieron tomando las lecturas necesarias para seguir con la práctica.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Una vez verificado los parámetros de inicio del medidor ultrasónico se hicieron algunas lecturas para ver los datos que arrojaba el medidor y verificar que funcionara normalmente. Cabe mencionar que el medidor se ajusto para que arrojara los gastos en litros/segundo, esto para no tener tanta variación de datos al compararlos con el limnómetro y tener una mejor apreciación de los resultados.

Hora de inicio de las pruebas					
Inicio de la practica		12:00:00		12 de julio del 2011	
Prueba para ver variaciones del medidor					
No. De Prueba	hora	Vel.	Q		
1	12:37:30	0.50 m/s	33.310 l/s	Núm. D´ Diámetro	3
2	12:38:00	0.51 m/s	34.130 l/s	Limnómetro	41.71 cm
3	12:38:30	0.50 m/s	34.150 l/s	Escala	10.40 cm
4	12:39:00	0.52 m/s	34.890 l/s	Separación de Sensores	26.40 cm
5	12:39:30	0.51 m/s	34.600 l/s		
6	12:40:00	0.50 m/s	33.520 l/s		
7	12:43:30	0.51 m/s	34.560 l/s		
8	12:44:30	0.51 m/s	34.500 l/s		
9	12:45:00	0.51 m/s	34.390 l/s		
10	12:45:30	0.51 m/s	33.900 l/s		
11	12:46:00	0.50 m/s	33.880 l/s		
12	12:46:30	0.51 m/s	34.000 l/s		
13	12:47:00	0.50 m/s	33.930 l/s		
14	12:47:30	0.51 m/s	34.170 l/s		
15	12:48:00	0.51 m/s	34.070 l/s		
16	12:48:30	0.49 m/s	33.160 l/s	Núm. D´ Diámetro	3
17	12:49:00	0.49 m/s	33.210 l/s	Limnómetro	41.78 cm
18	12:49:30	0.50 m/s	33.450 l/s	Escala	10.50 cm
19	12:50:00	0.50 m/s	33.540 l/s	Separación de Sensores	26.40 cm
20	12:50:30	0.50 m/s	33.940 l/s		

Tabla 6.9 Prueba de inicio para verificar los datos obtenidos por el medidor.

Una vez obtenido los datos de prueba, se observo que las lecturas eran coherentes para esto se tuvo que esperar unos minutos a que el flujo se estabilizara y que la tubería no vibrara.

La prueba duro tres días los cuales son los siguientes:

- 12 de Junio del 2011.
- 13 de Junio del 2011.
- 15 de Junio del 2011.

A continuación se muestran los promedios de los gastos obtenidos en cada una de las marcas en donde se colocaron los sensores.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
0	0.0359 m3/s	0.1049	0.10	0.0376 m3/s	0.0372 m3/s	0.53 m/s
1	0.0366 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.54 m/s
2	0.0353 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.52 m/s
3	0.0340 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.51 m/s
4	0.0346 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.52 m/s
5	0.0355 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.53 m/s
6	0.0317 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.47 m/s
7	0.0354 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.52 m/s
8	0.0374 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.56 m/s
9	0.0391 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.58 m/s
10	0.0331 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.49 m/s
11	0.0377 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.56 m/s
12	0.0355 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.53 m/s
13	0.0354 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.53 m/s
14	0.0385 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.57 m/s
15	0.0359 m3/s	0.1038	0.11	0.0370 m3/s	0.0377 m3/s	0.53 m/s

Tabla 6.10 Prueba 3.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
16	0.0359 m3/s	0.1039	0.104	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.54 m/s
17	0.0355 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.53 m/s
18	0.0355 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.53 m/s
19	0.0353 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.52 m/s
20	0.0357 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.53 m/s
21	0.0368 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
22	0.0381 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.57 m/s
23	0.0362 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.54 m/s
24	0.0362 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.54 m/s
25	0.0354 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.53 m/s
26	0.0374 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.57 m/s
27	0.0378 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
28	0.0370 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
29	0.0376 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
30	0.0378 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
31	0.0377 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
32	0.0373 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
33	0.0370 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
34	0.0353 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.53 m/s
35	0.0366 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.54 m/s
36	0.0371 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
37	0.0369 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
38	0.0360 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.54 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA
MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

39	0.0364 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.54 m/s
40	0.0368 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
41	0.0372 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
42	0.0355 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.53 m/s
43	0.0365 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.54 m/s
44	0.0361 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.54 m/s
45	0.0392 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.58 m/s
46	0.0387 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.58 m/s
47	0.0372 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
48	0.0373 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
49	0.0370 m3/s	0.1040	0.10	0.0372 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
50	0.0377 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
51	0.0376 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
52	0.0371 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
53	0.0376 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
54	0.0386 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.57 m/s
55	0.0369 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
56	0.0371 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
57	0.0363 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.54 m/s
58	0.0379 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.57 m/s
59	0.0377 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
60	0.0372 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
61	0.0379 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
62	0.0371 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
63	0.0375 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
64	0.0378 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
65	0.0384 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.57 m/s
66	0.0374 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
67	0.0369 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
68	0.0373 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
69	0.0371 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
70	0.0377 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
71	0.0368 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
72	0.0369 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.55 m/s
73	0.0374 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
74	0.0377 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
75	0.0376 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s
76	0.0366 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.54 m/s
77	0.0391 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.58 m/s
78	0.0374 m3/s	0.1039	0.10	0.0371 m3/s	0.0372 m3/s	0.56 m/s

Tabla 6.11 Prueba 3.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio de las lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
79	0.0374 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.56 m/s
80	0.0371 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.55 m/s
81	0.0381 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.57 m/s
82	0.0379 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.56 m/s
83	0.0378 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.56 m/s
84	0.0376 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.56 m/s
85	0.0370 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.55 m/s
86	0.0371 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.55 m/s
87	0.0381 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.57 m/s
88	0.0372 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.55 m/s
89	0.0374 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.56 m/s
90	0.0377 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.56 m/s
91	0.0403 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.59 m/s
92	0.0374 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.56 m/s
93	0.0367 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.55 m/s
94	0.0368 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.55 m/s
95	0.0361 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.54 m/s
96	0.0367 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.55 m/s
97	0.0374 m ³ /s	0.1039	0.10	0.0371 m ³ /s	0.0372 m ³ /s	0.56 m/s

Tabla 6.12 Prueba 3.

6.1.4. Prueba 4. Tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto mínimo.

Al igual que en las anteriores pruebas, en esta cuarta toma de lecturas, se trato de simular un gasto mínimo, lo cual se logro tomando como referencia los resultados de la taba 5.1, para esto la válvula de control se giro aproximadamente dos vueltas. En el diámetro # 0 y # 99, se siguió intentando tomar lecturas con la finalidad de ver los gastos que arroja el medidor ultrasónico y compararlos con el resto de los resultados.

La prueba tobo una duración de tres días los cuales fueron los siguientes:

- 10 de Agosto del 2011
- 11 de Agosto del 2011.
- 12 de Agosto del 2011.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio de las lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
1	0.0106 m ³ /s	0.0016	0.030	0.0001 m ³ /s	0.0059 m ³ /s	0.16 m/s
2	0.0174 m ³ /s	0.0016	0.030	0.0001 m ³ /s	0.0059 m ³ /s	0.26 m/s
3	0.0141 m ³ /s	0.0016	0.030	0.0001 m ³ /s	0.0059 m ³ /s	0.21 m/s
4	0.0126 m ³ /s	0.0016	0.030	0.0001 m ³ /s	0.0059 m ³ /s	0.19 m/s
5	0.0131 m ³ /s	0.0016	0.030	0.0001 m ³ /s	0.0059 m ³ /s	0.20 m/s
6	0.0132 m ³ /s	0.0016	0.030	0.0001 m ³ /s	0.0059 m ³ /s	0.20 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

7	0.0139 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
8	0.0136 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.20 m/s
9	0.0146 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
10	0.0139 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
11	0.0135 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.20 m/s
12	0.0137 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.20 m/s
13	0.0142 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
14	0.0135 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.20 m/s
15	0.0139 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
16	0.0143 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
17	0.0142 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
18	0.0141 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
19	0.0137 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.20 m/s
20	0.0132 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.20 m/s
21	0.0137 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
22	0.0138 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
23	0.0141 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
24	0.0145 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.22 m/s
25	0.0140 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
26	0.0140 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
27	0.0152 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.23 m/s
28	0.0150 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.22 m/s
29	0.0144 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
30	0.0142 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
31	0.0143 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
32	0.0142 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
33	0.0139 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
34	0.0139 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
35	0.0143 m3/s	0.0016	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
36	0.0140 m3/s	0.0018	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
37	0.0137 m3/s	0.0018	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.20 m/s
38	0.0135 m3/s	0.0018	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.20 m/s
39	0.0138 m3/s	0.0018	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
40	0.0143 m3/s	0.0018	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s

Tabla 6.13 Prueba 4.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
41	0.0143 m3/s	0.0018	0.030	0.0001 m3/s	0.0059 m3/s	0.21 m/s
42	0.0120 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.18 m/s
43	0.0158 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.23 m/s
44	0.0135 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.20 m/s
45	0.0109 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.20 m/s
46	0.0135 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.20 m/s
47	0.0145 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.22 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

48	0.0137 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.20 m/s
49	0.0137 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.20 m/s
50	0.0140 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
51	0.0140 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
52	0.0141 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
53	0.0143 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
54	0.0138 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
55	0.0143 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
56	0.0141 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
57	0.0129 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.19 m/s
58	0.0137 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
59	0.0136 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.20 m/s
60	0.0145 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.22 m/s
61	0.0138 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s

Tabla 6.14 Prueba 4.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
62	0.0138 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
63	0.0144 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
64	0.0138 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
65	0.0133 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.20 m/s
66	0.0143 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
67	0.0139 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
68	0.0135 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.20 m/s
69	0.0141 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
70	0.0132 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.20 m/s
71	0.0134 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.20 m/s
72	0.0140 m3/s	0.0385	0.040	0.0086 m3/s	0.0091 m3/s	0.21 m/s
73	0.0127 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.19 m/s
74	0.0136 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.20 m/s
75	0.0141 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.21 m/s
76	0.0134 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.20 m/s
77	0.0135 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.20 m/s
78	0.0132 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.20 m/s
79	0.0138 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.20 m/s
80	0.0127 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.19 m/s
81	0.0153 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.23 m/s
82	0.0152 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.23 m/s
83	0.0141 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.21 m/s
84	0.0133 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.20 m/s
85	0.0138 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.21 m/s
86	0.0127 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.19 m/s
87	0.0136 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.20 m/s
88	0.0135 m3/s	0.0487	0.048	0.0121 m3/s	0.0118 m3/s	0.20 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

89	0.0128 m³/s	0.0487	0.048	0.0121 m³/s	0.0118 m³/s	0.19 m/s
90	0.0136 m³/s	0.0487	0.048	0.0121 m³/s	0.0118 m³/s	0.20 m/s
91	0.0135 m³/s	0.0487	0.048	0.0121 m³/s	0.0118 m³/s	0.20 m/s
92	0.0132 m³/s	0.0487	0.048	0.0121 m³/s	0.0118 m³/s	0.20 m/s
93	0.0132 m³/s	0.0487	0.048	0.0121 m³/s	0.0118 m³/s	0.20 m/s
94	0.0117 m³/s	0.0487	0.048	0.0121 m³/s	0.0118 m³/s	0.17 m/s
95	0.0126 m³/s	0.0487	0.048	0.0121 m³/s	0.0118 m³/s	0.19 m/s
96	0.0136 m³/s	0.0487	0.048	0.0121 m³/s	0.0118 m³/s	0.20 m/s
97	0.0134 m³/s	0.0487	0.048	0.0121 m³/s	0.0118 m³/s	0.20 m/s

Tabla 6.15 Prueba 4.

6.2. Resultado de medición en tramo recto para un diámetro de tubería de 8”.

Para poder realizar las pruebas con este diámetro fue necesario retirar la tubería de 12”, e instalar la nueva tubería, al igual que la anterior se tubo que cubrir la distancia de 100 diámetros lo cual es de 20.32 metros. Y se conecto a la válvula de control, la única diferencia es que al adaptar la tubería no se necesito de la conexión de ampliación de 8” a 12”, ya que la válvula de control que se tenía es de 8”.



Figura 6.7. Fotografía de las conexiones que se colocaron después de la válvula de control.

El tanque amortiguador que se encontraba al final de la tubería se le adapto la tubería nueva lo cual se muestra en la siguiente figura.



Figura 6.8. Tanque amortiguador al final de la tubería de 8".



Figura 6.9. Vista panorámica de la tubería de 8".

Para este diámetro de tubería se dispuso a realizar también una prueba piloto, para variar los gastos con ayuda de la válvula de control y de este modo realizar las pruebas con el medidor ultrasónico. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Número de vueltas de la válvula (Cerrado-Abierto)	Q
1	4.81 l/s
2	17.05 l/s
3	20.81 l/s
4	23.21 l/s
5	24.34 l/s
7	25.20 l/s
12	25.95 l/s
Máximo.	26.36 l/s

Tabla 6.16 Resultados de la prueba para poder regular el gasto.

Como se puede apreciar los gastos son un tanto diferentes de los obtenidos con el diámetro de 12”.

En estas pruebas la duración de las mismas era de dos días como máximo, al disminuir el diámetro se pudo facilitar las labores de toma de lectura y así poder optimizar los tiempos.

Fue de esperar que el medidor arrojara datos más rápido y además los errores se redujeran, sin embargo la posición de los sensores fue casi para todas las pruebas la misma, la posición de los sensores se muestra en la siguiente figura 6.2.



Figura 6.10 Posición de los sensores.

De esta manera es como se trabajo la mayor parte de las pruebas, esto dio resultados óptimos y el medidor ultrasónico arrojaba los datos más fácilmente y sin mayor oscilación entre cada una de las pruebas. Sin embargo la posición original con la que se empezó haciendo las pruebas fue la mostrada en la figura 6.3.



Figura 6.11 Posición de los sensores en con la cual se obtuvieron mejores resultados.



Figura 6.12 toma de lecturas a lo largo de la tubería.

6.2.1. Prueba 5. Para tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto bajo.

El sentido de la toma de las mediciones se hizo en sentido del flujo, se tuvieron dos cambios de dirección en la tubería, al inicio el tramo recto y al final del mismo.

La prueba tubo una duración de tres días:

- 1 de Febrero del 2012.
- 2 de Febrero del 2012.
- 6 de Febrero del 2012.

A continuación se muestran los resultados de las prueba # 5:

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio de las lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
0	0.0183 m³/s	0.0644	0.0610	0.0183 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
1	0.0183 m³/s	0.0644	0.0610	0.0183 m³/s	0.0169 m³/s	0.66 m/s
2	0.0184 m³/s	0.0644	0.0610	0.0183 m³/s	0.0169 m³/s	0.66 m/s
3	0.0182 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
4	0.0174 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.62 m/s
5	0.0187 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.67 m/s
6	0.0183 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
7	0.0182 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
8	0.0177 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.63 m/s
9	0.0179 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.64 m/s
10	0.0181 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
11	0.0182 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
12	0.0183 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.66 m/s
13	0.0183 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.66 m/s
14	0.0182 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
15	0.0184 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.66 m/s
16	0.0181 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
17	0.0183 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
18	0.0182 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
19	0.0180 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.64 m/s
20	0.0180 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.64 m/s
21	0.0181 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
22	0.0183 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
23	0.0182 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
24	0.0188 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.67 m/s
25	0.0181 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
26	0.0182 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
27	0.0183 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.65 m/s
28	0.0179 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.63 m/s
29	0.0190 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.68 m/s
30	0.0190 m³/s	0.0626	0.0610	0.0175 m³/s	0.0169 m³/s	0.68 m/s

Tabla 6.17 Prueba 5.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio de las lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
31	0.0185 m³/s	0.0636	0.0615	0.0180 m³/s	0.0171 m³/s	0.66 m/s
32	0.0187 m³/s	0.0636	0.0615	0.0180 m³/s	0.0171 m³/s	0.67 m/s
33	0.0200 m³/s	0.0636	0.0615	0.0180 m³/s	0.0171 m³/s	0.72 m/s
34	0.0188 m³/s	0.0636	0.0615	0.0180 m³/s	0.0171 m³/s	0.67 m/s
35	0.0188 m³/s	0.0636	0.0615	0.0180 m³/s	0.0171 m³/s	0.67 m/s
36	0.0190 m³/s	0.0636	0.0615	0.0180 m³/s	0.0171 m³/s	0.68 m/s
37	0.0189 m³/s	0.0636	0.0615	0.0180 m³/s	0.0171 m³/s	0.68 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA
MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

38	0.0191 m3/s	0.0636	0.0615	0.0180 m3/s	0.0171 m3/s	0.68 m/s
39	0.0185 m3/s	0.0633	0.0620	0.0178 m3/s	0.0173 m3/s	0.66 m/s
40	0.0190 m3/s	0.0633	0.0620	0.0178 m3/s	0.0173 m3/s	0.68 m/s
41	0.0187 m3/s	0.0633	0.0620	0.0178 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
42	0.0187 m3/s	0.0633	0.0620	0.0178 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
43	0.0189 m3/s	0.0633	0.0620	0.0178 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
44	0.0187 m3/s	0.0633	0.0620	0.0178 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
45	0.0187 m3/s	0.0633	0.0620	0.0178 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
46	0.0189 m3/s	0.0633	0.0620	0.0178 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
47	0.0188 m3/s	0.0633	0.0620	0.0178 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
48	0.0182 m3/s	0.0633	0.0620	0.0178 m3/s	0.0173 m3/s	0.65 m/s
49	0.0179 m3/s	0.0633	0.0620	0.0178 m3/s	0.0173 m3/s	0.64 m/s
50	0.0188 m3/s	0.0633	0.0620	0.0178 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
51	0.0193 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.69 m/s
52	0.0185 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.66 m/s
53	0.0198 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.71 m/s
54	0.0197 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.70 m/s
55	0.0182 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.65 m/s
56	0.0192 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.69 m/s
57	0.0185 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.66 m/s
58	0.0153 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.66 m/s
59	0.0191 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.68 m/s
60	0.0188 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.67 m/s
61	0.0164 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.59 m/s
62	0.0181 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.63 m/s
63	0.0181 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.65 m/s
64	0.0152 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.65 m/s
65	0.0167 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.60 m/s
66	0.0183 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.65 m/s
67	0.0207 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.74 m/s
68	0.0185 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.66 m/s
69	0.0184 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.66 m/s
70	0.0184 m3/s	0.0627	0.0610	0.0176 m3/s	0.0169 m3/s	0.65 m/s
71	0.0189 m3/s	0.0626	0.0620	0.0175 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
72	0.0187 m3/s	0.0626	0.0620	0.0175 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
73	0.0187 m3/s	0.0626	0.0620	0.0175 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
74	0.0191 m3/s	0.0626	0.0620	0.0175 m3/s	0.0173 m3/s	0.68 m/s
75	0.0185 m3/s	0.0626	0.0620	0.0175 m3/s	0.0173 m3/s	0.66 m/s
76	0.0189 m3/s	0.0626	0.0620	0.0175 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
77	0.0181 m3/s	0.0626	0.0620	0.0175 m3/s	0.0173 m3/s	0.64 m/s
78	0.0183 m3/s	0.0626	0.0620	0.0175 m3/s	0.0173 m3/s	0.65 m/s
79	0.0178 m3/s	0.0626	0.0620	0.0175 m3/s	0.0173 m3/s	0.63 m/s
80	0.0168 m3/s	0.0626	0.0620	0.0175 m3/s	0.0173 m3/s	0.60 m/s

Tabla 6.18 Prueba 5.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
81	0.0187 m3/s	0.0671	0.0620	0.0194 m3/s	0.0173 m3/s	0.67 m/s
82	0.0191 m3/s	0.0671	0.0620	0.0194 m3/s	0.0173 m3/s	0.68 m/s
83	0.0191 m3/s	0.0671	0.0620	0.0194 m3/s	0.0173 m3/s	0.68 m/s
84	0.0194 m3/s	0.0671	0.0620	0.0194 m3/s	0.0173 m3/s	0.69 m/s
85	0.0190 m3/s	0.0671	0.0620	0.0194 m3/s	0.0173 m3/s	0.68 m/s
86	0.0190 m3/s	0.0671	0.0620	0.0194 m3/s	0.0173 m3/s	0.68 m/s
87	0.0190 m3/s	0.0671	0.0620	0.0194 m3/s	0.0173 m3/s	0.68 m/s
88	0.0190 m3/s	0.0671	0.0620	0.0194 m3/s	0.0173 m3/s	0.68 m/s
89	0.0189 m3/s	0.0671	0.0620	0.0194 m3/s	0.0173 m3/s	0.68 m/s
90	0.0176 m3/s	0.0671	0.0620	0.0194 m3/s	0.0173 m3/s	0.63 m/s
91	0.0170 m3/s	0.0661	0.0610	0.0190 m3/s	0.0169 m3/s	0.61 m/s
92	0.0191 m3/s	0.0661	0.0610	0.0190 m3/s	0.0169 m3/s	0.68 m/s
93	0.0191 m3/s	0.0661	0.0610	0.0190 m3/s	0.0169 m3/s	0.68 m/s
94	0.0190 m3/s	0.0661	0.0610	0.0190 m3/s	0.0169 m3/s	0.68 m/s
95	0.0189 m3/s	0.0661	0.0610	0.0190 m3/s	0.0169 m3/s	0.68 m/s
96	0.0189 m3/s	0.0661	0.0610	0.0190 m3/s	0.0169 m3/s	0.67 m/s
97	0.0184 m3/s	0.0661	0.0610	0.0190 m3/s	0.0169 m3/s	0.66 m/s
98	0.0181 m3/s	0.0661	0.0610	0.0190 m3/s	0.0169 m3/s	0.65 m/s
99	0.0185 m3/s	0.0661	0.0610	0.0190 m3/s	0.0169 m3/s	0.66 m/s
100	0.0190 m3/s	0.0661	0.0610	0.0190 m3/s	0.0169 m3/s	0.68 m/s

Tabla 6.19 Prueba 5.

6.2.2. Prueba 6. Para tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto medio.

La prueba duro dos días los cuales son:

- 6 de Febrero del 2012.
- 7 de Febrero del 2012.

A continuación se muestran los datos.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
0	0.0219 m3/s	0.0727	0.0710	0.0219 m3/s	0.0211 m3/s	0.78 m/s
1	0.0220 m3/s	0.0727	0.0710	0.0219 m3/s	0.0211 m3/s	0.78 m/s
2	0.0219 m3/s	0.0727	0.0710	0.0219 m3/s	0.0211 m3/s	0.78 m/s
3	0.0220 m3/s	0.0727	0.0710	0.0219 m3/s	0.0211 m3/s	0.78 m/s
4	0.0210 m3/s	0.0727	0.0710	0.0219 m3/s	0.0211 m3/s	0.75 m/s
5	0.0218 m3/s	0.0727	0.0710	0.0219 m3/s	0.0211 m3/s	0.78 m/s
6	0.0222 m3/s	0.0727	0.0710	0.0219 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
7	0.0223 m3/s	0.0727	0.0710	0.0219 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA
MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

8	0.0226 m3/s	0.0727	0.0710	0.0219 m3/s	0.0211 m3/s	0.81 m/s
9	0.0220 m3/s	0.0727	0.0710	0.0219 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
10	0.0223 m3/s	0.0727	0.0710	0.0219 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
11	0.0223 m3/s	0.0724	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
12	0.0220 m3/s	0.0724	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
13	0.0220 m3/s	0.0724	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
14	0.0221 m3/s	0.0724	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
15	0.0211 m3/s	0.0724	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.75 m/s
16	0.0218 m3/s	0.0724	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.78 m/s
17	0.0217 m3/s	0.0724	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.77 m/s
18	0.0212 m3/s	0.0724	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.76 m/s
19	0.0212 m3/s	0.0724	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.76 m/s
20	0.0233 m3/s	0.0724	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.83 m/s
21	0.0219 m3/s	0.0725	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.78 m/s
22	0.0221 m3/s	0.0725	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
23	0.0220 m3/s	0.0725	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
24	0.0223 m3/s	0.0725	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
25	0.0222 m3/s	0.0725	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
26	0.0222 m3/s	0.0725	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
27	0.0222 m3/s	0.0725	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
28	0.0223 m3/s	0.0725	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
29	0.0231 m3/s	0.0725	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.83 m/s
30	0.0221 m3/s	0.0725	0.0710	0.0218 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
31	0.0222 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.79 m/s
32	0.0221 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.79 m/s
33	0.0226 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.80 m/s
34	0.0223 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.80 m/s
35	0.0218 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.77 m/s
36	0.0222 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.80 m/s
37	0.0225 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.80 m/s
38	0.0230 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.82 m/s
39	0.0231 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.82 m/s
40	0.0239 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.85 m/s
41	0.0221 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.79 m/s
42	0.0222 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.79 m/s
43	0.0222 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.79 m/s
44	0.0223 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.80 m/s
45	0.0218 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.78 m/s
46	0.0230 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.82 m/s
47	0.0224 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.80 m/s
48	0.0223 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.80 m/s
49	0.0225 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.80 m/s
50	0.0228 m3/s	0.0721	0.0700	0.0216 m3/s	0.0207 m3/s	0.81 m/s

Tabla 6.20 Prueba 6.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
51	0.0220 m3/s	0.0713	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.79 m/s
52	0.0222 m3/s	0.0713	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.79 m/s
53	0.0223 m3/s	0.0713	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.80 m/s
54	0.0223 m3/s	0.0713	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.80 m/s
55	0.0225 m3/s	0.0713	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.81 m/s
56	0.0225 m3/s	0.0713	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.80 m/s
57	0.0234 m3/s	0.0713	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.83 m/s
58	0.0214 m3/s	0.0713	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.73 m/s
59	0.0230 m3/s	0.0713	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.82 m/s
60	0.0234 m3/s	0.0713	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.83 m/s
61	0.0213 m3/s	0.0714	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.76 m/s
62	0.0200 m3/s	0.0714	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.72 m/s
63	0.0219 m3/s	0.0714	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.78 m/s
64	0.0220 m3/s	0.0714	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.79 m/s
65	0.0223 m3/s	0.0714	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.80 m/s
66	0.0222 m3/s	0.0714	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.79 m/s
67	0.0229 m3/s	0.0714	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.82 m/s
68	0.0227 m3/s	0.0714	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.81 m/s
69	0.0229 m3/s	0.0714	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.82 m/s
70	0.0236 m3/s	0.0714	0.0700	0.0213 m3/s	0.0207 m3/s	0.83 m/s
71	0.0226 m3/s	0.0714	0.0710	0.0213 m3/s	0.0211 m3/s	0.81 m/s
72	0.0224 m3/s	0.0714	0.0710	0.0213 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
73	0.0223 m3/s	0.0714	0.0710	0.0213 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
74	0.0222 m3/s	0.0714	0.0710	0.0213 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
75	0.0222 m3/s	0.0714	0.0710	0.0213 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
76	0.0222 m3/s	0.0714	0.0710	0.0213 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
77	0.0227 m3/s	0.0714	0.0710	0.0213 m3/s	0.0211 m3/s	0.81 m/s
78	0.0225 m3/s	0.0714	0.0710	0.0213 m3/s	0.0211 m3/s	0.81 m/s
79	0.0215 m3/s	0.0714	0.0710	0.0213 m3/s	0.0211 m3/s	0.77 m/s
80	0.0230 m3/s	0.0714	0.0710	0.0213 m3/s	0.0211 m3/s	0.82 m/s
81	0.0216 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.77 m/s
82	0.0214 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.77 m/s
83	0.0225 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
84	0.0224 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
85	0.0223 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
86	0.0225 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
87	0.0224 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
88	0.0225 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
89	0.0240 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.86 m/s
90	0.0225 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
91	0.0220 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.78 m/s
92	0.0224 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

93	0.0224 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
94	0.0224 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
95	0.0224 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
96	0.0223 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
97	0.0221 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
98	0.0225 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.80 m/s
99	0.0229 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.82 m/s
100	0.0201 m3/s	0.0709	0.0710	0.0211 m3/s	0.0211 m3/s	0.72 m/s

Tabla 6.21 Prueba 6.

6.2.3. Prueba 7. Para tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto máximo.

La prueba tubo una duración de dos días los cuales fueron los siguientes:

- 9 de Febrero del 2012.
- 10 de Febrero del 2012.

Los resultados se muestran a continuación.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
0	0.0226 m3/s	0.0729	0.0710	0.0220 m3/s	0.0211 m3/s	0.81 m/s
1	0.0233 m3/s	0.0729	0.0710	0.0220 m3/s	0.0211 m3/s	0.83 m/s
2	0.0231 m3/s	0.0729	0.0710	0.0220 m3/s	0.0211 m3/s	0.82 m/s
3	0.0237 m3/s	0.0729	0.0710	0.0220 m3/s	0.0211 m3/s	0.84 m/s
4	0.0234 m3/s	0.0729	0.0710	0.0220 m3/s	0.0211 m3/s	0.84 m/s
5	0.0234 m3/s	0.0729	0.0710	0.0220 m3/s	0.0211 m3/s	0.84 m/s
6	0.0235 m3/s	0.0729	0.0710	0.0220 m3/s	0.0211 m3/s	0.84 m/s
7	0.0235 m3/s	0.0729	0.0710	0.0220 m3/s	0.0211 m3/s	0.84 m/s
8	0.0235 m3/s	0.0729	0.0710	0.0220 m3/s	0.0211 m3/s	0.84 m/s
9	0.0228 m3/s	0.0729	0.0710	0.0220 m3/s	0.0211 m3/s	0.81 m/s
10	0.0244 m3/s	0.0729	0.0710	0.0220 m3/s	0.0211 m3/s	0.87 m/s
11	0.0237 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.84 m/s
12	0.0228 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.81 m/s
13	0.0232 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
14	0.0235 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.84 m/s
15	0.0232 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
16	0.0235 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.84 m/s
17	0.0234 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
18	0.0232 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
19	0.0236 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.84 m/s
20	0.0233 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
21	0.0229 m3/s	0.0749	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.82 m/s
22	0.0231 m3/s	0.0749	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

23	0.0232 m3/s	0.0749	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
24	0.0233 m3/s	0.0749	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.84 m/s
25	0.0238 m3/s	0.0749	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.85 m/s
26	0.0232 m3/s	0.0749	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
27	0.0234 m3/s	0.0749	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
28	0.0233 m3/s	0.0749	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
29	0.0232 m3/s	0.0749	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
30	0.0232 m3/s	0.0749	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
31	0.0234 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
32	0.0234 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.84 m/s
33	0.0233 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.83 m/s
34	0.0237 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.85 m/s
35	0.0238 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.85 m/s
36	0.0248 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.88 m/s
37	0.0243 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.87 m/s
38	0.0240 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.86 m/s
39	0.0236 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.84 m/s
40	0.0235 m3/s	0.0750	0.0755	0.0229 m3/s	0.0231 m3/s	0.84 m/s
41	0.0235 m3/s	0.0748	0.0750	0.0228 m3/s	0.0229 m3/s	0.84 m/s
42	0.0235 m3/s	0.0748	0.0750	0.0228 m3/s	0.0229 m3/s	0.84 m/s
43	0.0234 m3/s	0.0748	0.0750	0.0228 m3/s	0.0229 m3/s	0.83 m/s
44	0.0232 m3/s	0.0748	0.0750	0.0228 m3/s	0.0229 m3/s	0.83 m/s
45	0.0237 m3/s	0.0748	0.0750	0.0228 m3/s	0.0229 m3/s	0.84 m/s
46	0.0232 m3/s	0.0748	0.0750	0.0228 m3/s	0.0229 m3/s	0.83 m/s
47	0.0228 m3/s	0.0748	0.0750	0.0228 m3/s	0.0229 m3/s	0.81 m/s
48	0.0228 m3/s	0.0748	0.0750	0.0228 m3/s	0.0229 m3/s	0.82 m/s
49	0.0231 m3/s	0.0748	0.0750	0.0228 m3/s	0.0229 m3/s	0.83 m/s
50	0.0233 m3/s	0.0748	0.0750	0.0228 m3/s	0.0229 m3/s	0.83 m/s

Tabla 6.22 Prueba 7.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
51	0.0234 m3/s	0.0742	0.0735	0.0226 m3/s	0.0222 m3/s	0.83 m/s
52	0.0236 m3/s	0.0742	0.0735	0.0226 m3/s	0.0222 m3/s	0.84 m/s
53	0.0235 m3/s	0.0742	0.0735	0.0226 m3/s	0.0222 m3/s	0.84 m/s
54	0.0239 m3/s	0.0742	0.0735	0.0226 m3/s	0.0222 m3/s	0.85 m/s
55	0.0238 m3/s	0.0742	0.0735	0.0226 m3/s	0.0222 m3/s	0.85 m/s
56	0.0245 m3/s	0.0742	0.0735	0.0226 m3/s	0.0222 m3/s	0.87 m/s
57	0.0245 m3/s	0.0742	0.0735	0.0226 m3/s	0.0222 m3/s	0.86 m/s
58	0.0239 m3/s	0.0742	0.0735	0.0226 m3/s	0.0222 m3/s	0.85 m/s
59	0.0227 m3/s	0.0742	0.0735	0.0226 m3/s	0.0222 m3/s	0.81 m/s
60	0.0237 m3/s	0.0742	0.0735	0.0226 m3/s	0.0222 m3/s	0.85 m/s
61	0.0248 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.89 m/s
62	no se pudo hacer lecturas					
63	0.0218 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.78 m/s

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA
MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

64	0.0237 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.85 m/s
65	0.0236 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
66	0.0239 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.85 m/s
67	0.0239 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.85 m/s
68	0.0236 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
69	0.0235 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
70	0.0227 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.81 m/s
71	0.0241 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.86 m/s
72	0.0234 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.83 m/s
73	0.0236 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
74	0.0242 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.86 m/s
75	0.0240 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.86 m/s
76	0.0240 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.86 m/s
77	0.0245 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.88 m/s
78	0.0244 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.86 m/s
79	0.0241 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.85 m/s
80	0.0227 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.81 m/s
81	0.0237 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
82	0.0233 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.83 m/s
83	0.0234 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
84	0.0228 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.82 m/s
85	0.0234 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
86	0.0236 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
87	0.0235 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
88	0.0238 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.85 m/s
89	0.0237 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.85 m/s
90	0.0226 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.81 m/s
91	0.0204 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.73 m/s
92	0.0237 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
93	0.0240 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.86 m/s
94	0.0234 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
95	0.0237 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.85 m/s
96	0.0234 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
97	0.0238 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.84 m/s
98	0.0239 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.85 m/s
99	0.0246 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.88 m/s
100	0.0244 m3/s	0.0744	0.0740	0.0226 m3/s	0.0225 m3/s	0.87 m/s

Tabla 6.23 Prueba 7.

Como se puede apreciar en los resultados se consiguió obtener lecturas en el diámetro 0 y100, como también no se encontraron inconvenientes al realizar la toma de lecturas.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

6.2.4. Prueba 8. Para tramo recto, condiciones de flujo continuo con gasto alto, bajo y medio.

En esta prueba se realizaron las mediciones con el gasto máximo, pero se cambio el sentido de la medición, ya que ahora se empezaron a tomar lecturas. Las condiciones de abertura de la válvula son las mismas que la de la prueba 3, al menos en el gasto alto, por que en los gasto a medio y bajo existieron variaciones al momento de abrir la válvula de control.

Al observar los resultados anteriores se pudo observar que las variaciones entre cada una de las mediciones eran mínimas, por lo que las lecturas se realizaron a cada 10 diámetros de distancia, esto fue con la finalidad de comparar resultados con los obtenidos a cada diámetro.

Los resultados fueron los siguientes:

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio de lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
100	0.0231 m3/s	0.0738	0.0735	0.0224 m3/s	0.0222 m3/s	0.83 m/s
90	0.0230 m3/s	0.0738	0.0735	0.0224 m3/s	0.0222 m3/s	0.82 m/s
80	0.0232 m3/s	0.0738	0.0735	0.0224 m3/s	0.0222 m3/s	0.83 m/s
70	0.0233 m3/s	0.0738	0.0735	0.0224 m3/s	0.0222 m3/s	0.83 m/s
60	0.0233 m3/s	0.0738	0.0735	0.0224 m3/s	0.0222 m3/s	0.83 m/s
50	0.0238 m3/s	0.0738	0.0735	0.0224 m3/s	0.0222 m3/s	0.85 m/s
40	0.0234 m3/s	0.0738	0.0735	0.0224 m3/s	0.0222 m3/s	0.84 m/s
30	0.0230 m3/s	0.0738	0.0735	0.0224 m3/s	0.0222 m3/s	0.82 m/s
20	0.0234 m3/s	0.0738	0.0735	0.0224 m3/s	0.0222 m3/s	0.83 m/s
10	0.0237 m3/s	0.0738	0.0735	0.0224 m3/s	0.0222 m3/s	0.85 m/s
0	0.0234 m3/s	0.0738	0.0735	0.0224 m3/s	0.0222 m3/s	0.83 m/s

Tabla 6.24 Prueba 8 para un gasto máximo.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio de lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
100	0.0182 m3/s	0.0623	0.0630	0.0174 m3/s	0.0177 m3/s	0.65 m/s
90	0.0179 m3/s	0.0623	0.0630	0.0174 m3/s	0.0177 m3/s	0.64 m/s
80	0.0183 m3/s	0.0623	0.0630	0.0174 m3/s	0.0177 m3/s	0.65 m/s
70	0.0182 m3/s	0.0623	0.0630	0.0174 m3/s	0.0177 m3/s	0.65 m/s
60	0.0180 m3/s	0.0621	0.0630	0.0173 m3/s	0.0177 m3/s	0.64 m/s
50	0.0180 m3/s	0.0621	0.0630	0.0173 m3/s	0.0177 m3/s	0.64 m/s
40	0.0177 m3/s	0.0621	0.0630	0.0173 m3/s	0.0177 m3/s	0.63 m/s
30	0.0178 m3/s	0.0621	0.0630	0.0173 m3/s	0.0177 m3/s	0.64 m/s
20	0.0178 m3/s	0.0619	0.0630	0.0173 m3/s	0.0177 m3/s	0.64 m/s
10	0.0175 m3/s	0.0619	0.0630	0.0173 m3/s	0.0177 m3/s	0.62 m/s
0	0.0178 m3/s	0.0621	0.0630	0.0173 m3/s	0.0177 m3/s	0.64 m/s

Tabla 6.25 Prueba 8, para un gasto mínimo.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

Número de diámetro	Promedios de los Gastos obtenidos por el Medidor.	Promedio del lecturas del Limnómetro m	Promedio de la Escala m	Gastos Calculados con la formula simplificada para el Vertedor	Gastos Calculados con la formula simplificada para la Escala.	Promedio de Velocidades
100	0.0218 m3/s	0.0704	0.0710	0.0209 m3/s	0.0211 m3/s	0.78 m/s
90	0.0220 m3/s	0.0704	0.0710	0.0209 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
80	0.0218 m3/s	0.0704	0.0710	0.0209 m3/s	0.0211 m3/s	0.78 m/s
70	0.0216 m3/s	0.0704	0.0710	0.0209 m3/s	0.0211 m3/s	0.78 m/s
60	0.0217 m3/s	0.0704	0.0710	0.0209 m3/s	0.0211 m3/s	0.79 m/s
50	0.0214 m3/s	0.0704	0.0710	0.0209 m3/s	0.0211 m3/s	0.77 m/s
40	0.0215 m3/s	0.0704	0.0710	0.0209 m3/s	0.0211 m3/s	0.77 m/s
30	0.0213 m3/s	0.0704	0.0710	0.0209 m3/s	0.0211 m3/s	0.76 m/s
20	0.0210 m3/s	0.0704	0.0710	0.0209 m3/s	0.0211 m3/s	0.75 m/s
10	0.0211 m3/s	0.0704	0.0710	0.0209 m3/s	0.0211 m3/s	0.75 m/s
0	0.0211 m3/s	0.0704	0.0710	0.0209 m3/s	0.0211 m3/s	0.75 m/s

Tabla 6.26 Prueba 8, para un gasto medio.

7. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

7.1. *Análisis de resultados en la tubería de 12 “.*

Para los resultados del análisis comparativo de las pruebas hechas a la tubería de 12”, se tomaron en cuenta los datos arrojados por el medidor ultrasónico y como referencia las lecturas que arroja el Vertedor Rectangular.

Para poder graficar, primeramente se tuvo que calcular el Porcentaje de Error que se produce al comparar resultados Medidor-Vertedor. Se utilizó la fórmula siguiente:

$$\% E = \frac{Q_m - Q_v}{Q_v}$$

% E = Porcentaje de Error.

Q m = Gasto del Medidor Ultrasónico.

Q v = Gasto del Vertedor.

Los resultados son variables de acuerdo a las condiciones que se dieron en cada una de las pruebas, para cada uno de los gastos existen variaciones en cuanto a las mediciones, toma de lecturas, carga hidráulica, precisión en la lectura del limnómetro y las condiciones de inicio. En teoría los gastos registrados tanto del vertedor como del medidor deberían de ser los mismos, sin embargo, como ya se explicó las variantes que se presentaron influyen en los resultados obtenidos.

Por ser de orden experimental, en todas las pruebas realizadas con el medidor ultrasónico se calculó el porcentaje de error arrojado por medidor-vertedor, realizando una comparativa entre ambos gastos y detectar las variaciones que existen entre ellos, así como los factores que intervinieron para su medición.

7.1.1. Resultados de análisis para un Gasto Medio.

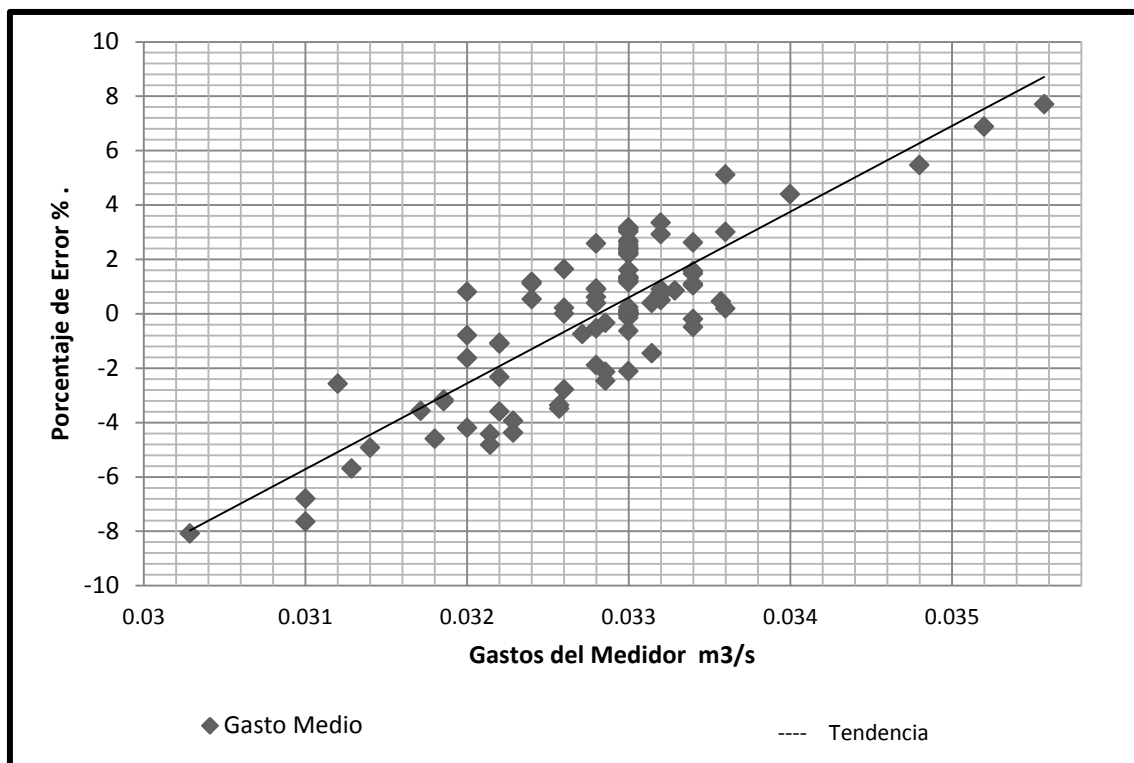


Figura 7.1 Gráfica comparativa del Gasto de Medidor-Vertedor dirección aguas arriba-aguas abajo.

En la figura 7.1 se puede apreciar que la tendencia de gastos es proporcional al porcentaje de error, que no es otra cosa que la variación obtenida por la prueba, como también se aprecia la acumulación de gastos es en el rango de 0.032 a 0.0336 m³/s, la acumulación de error que oscila aproximadamente entre un $\pm 8\%$

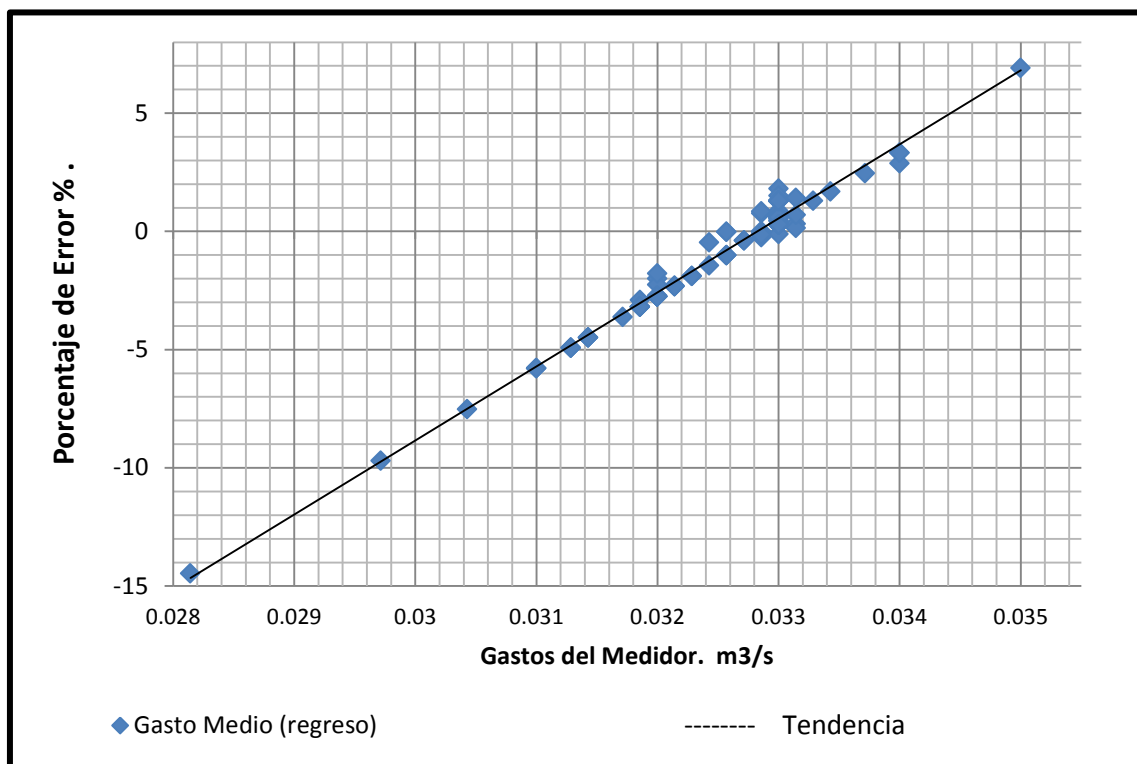


Figura 7.2 Gráfica comparativa de Gasto de Medidor-Vertedor dirección aguas abajo-aguas arriba.

En la figura 7.2 es visible apreciar que a pesar que se trato de tener el mismo gasto, el error es un tanto diferente al anterior, en este caso el error positivo mas grande es el de 6.89%, y en la parte negativa es del -14.47%, apreciando una acumulación de los errores registrados alrededor del $\pm 5\%$.

7.1.2. Resultados de Análisis para un Gasto Alto.

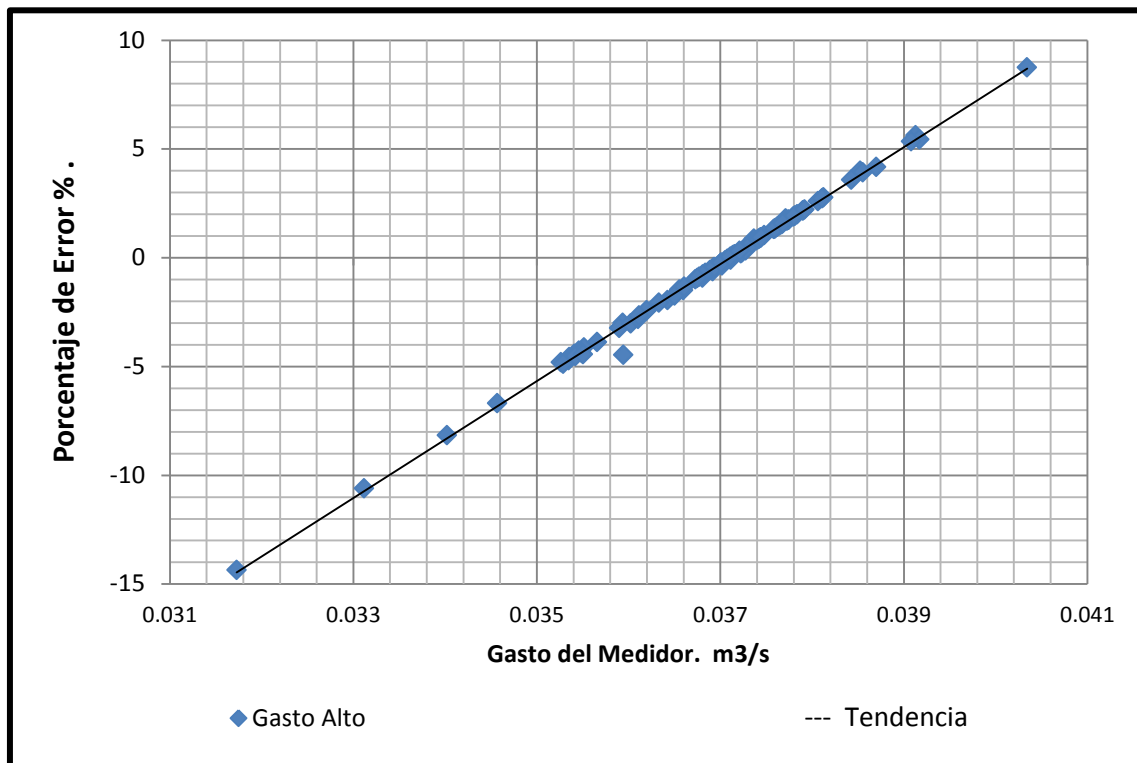


Figura 7.3 Gráfica comparativa de Gasto de Medidor-Vertedor dirección del flujo.

En esta prueba la mayor parte del error se encuentra en un rango del $\pm 5\%$, como también, algunos datos que rebasan dicho parámetro obteniendo en resultados de porcentaje del orden de $+9\%$ y resultados en la parte negativa del orden de -14% aproximadamente. Lo cual indica que relacionando los dos elementos de medición los resultados no son completamente correctos existiendo una pequeña variación entre los mismos.

7.1.3. Resultado de Análisis para un Gasto Bajo.

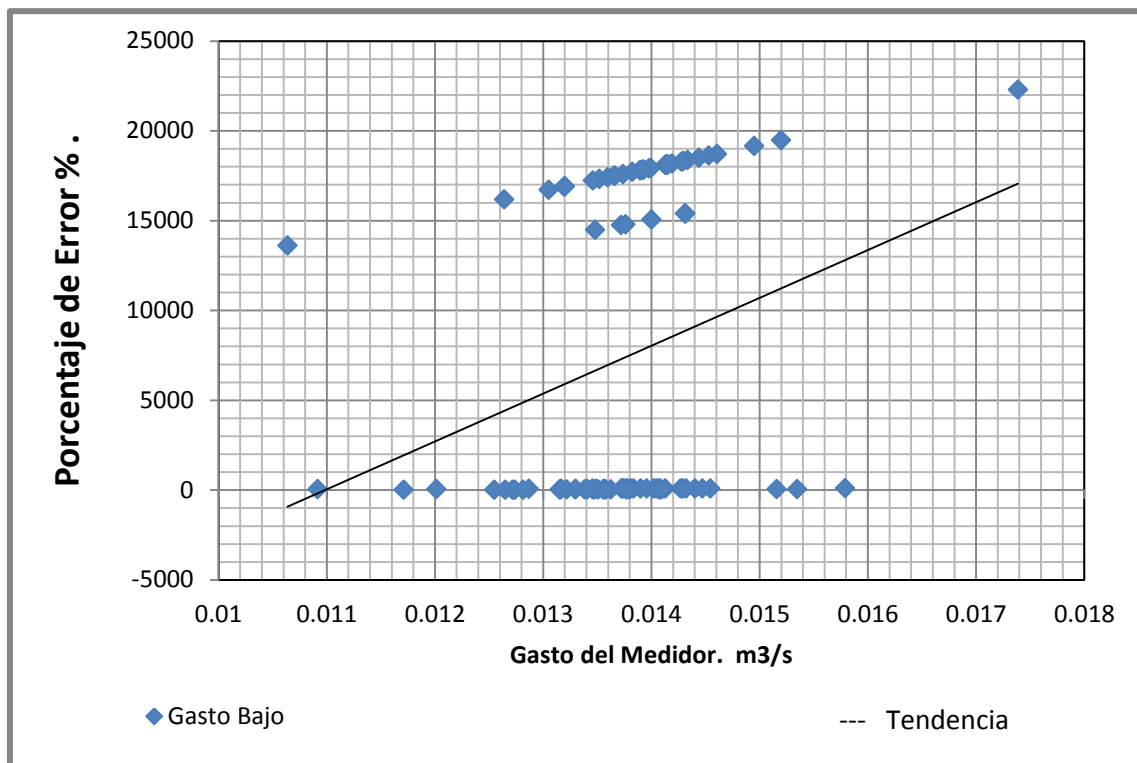


Figura 7.4 Gráfica comparativa de Gasto Medidor dirección aguas arriba-aguas abajo.

Esta fue la última prueba realizada a la tubería de 12", intentando pasar un gasto muy bajo, obteniendo los resultados mostrados en la figura 7.4. Es de importancia mencionar que los datos obtenidos fueron producto de un gasto bajo y que además cabe la posibilidad que el gasto fue tan pequeño que no se obtuvo un flujo lo suficientemente constante y a presión dentro de la tubería, lo que ocasiono que el medidor arrojara grandes variaciones dentro de la prueba.

7.2. Análisis de resultados en la tubería de 8".

7.2.1. Resultado de Análisis para un Gasto Medio.

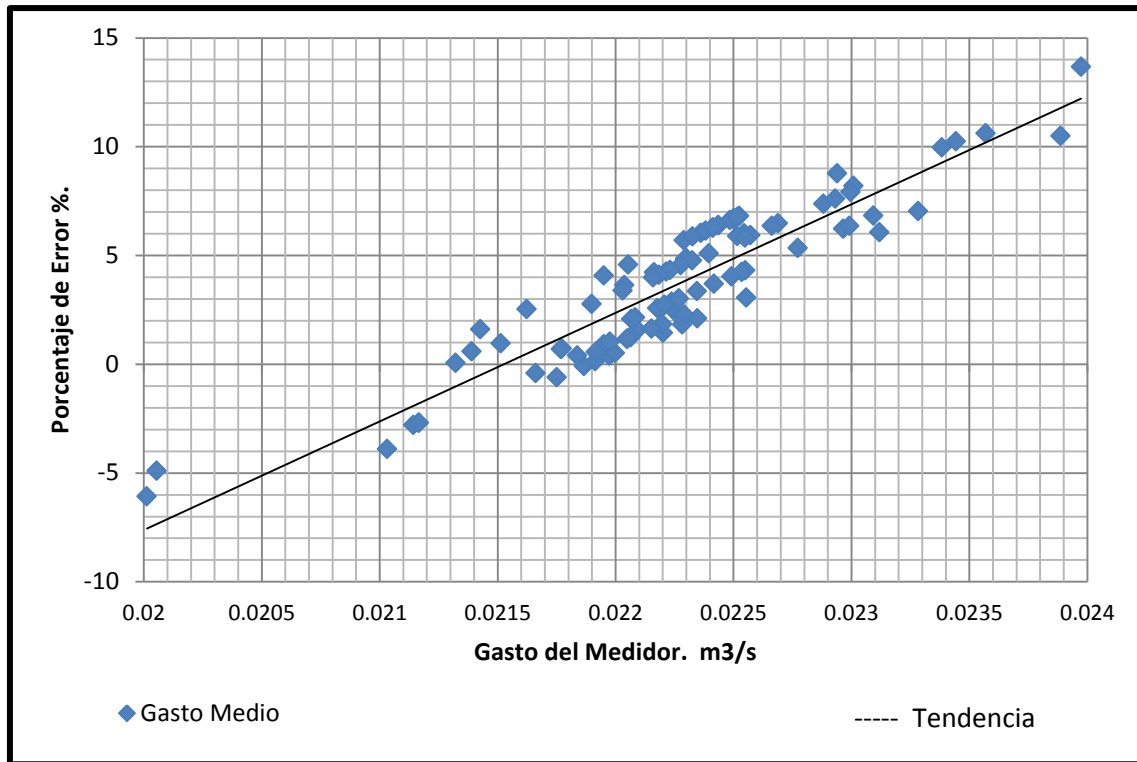


Figura 7.5 Gráfica comparativa del Gasto Medidor-Vertedor dirección del flujo.

Como se puede apreciar en la figura 7.5 la mayor acumulación del error oscila entre -6 y +13 % aproximadamente detectando también una oscilación en los gastos registrados.

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

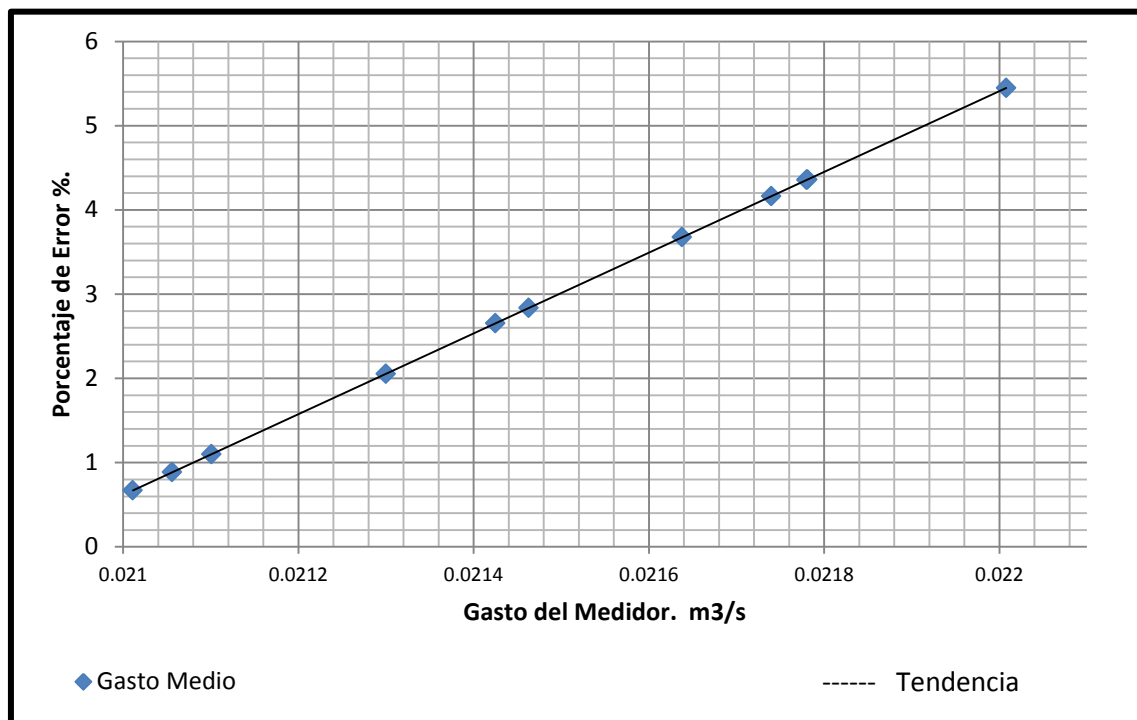


Figura 7.6 Gráfica comparativa del Gasto Medidor-Vertedor dirección contra flujo.

Se puede apreciar que los porcentajes de error son del orden de + 0.5% a + 5.5% aproximadamente y la oscilación de gastos es de 0.021 m³/s a 0.022 m³/s.

7.2.2. Resultados de Análisis para un Gasto Alto.

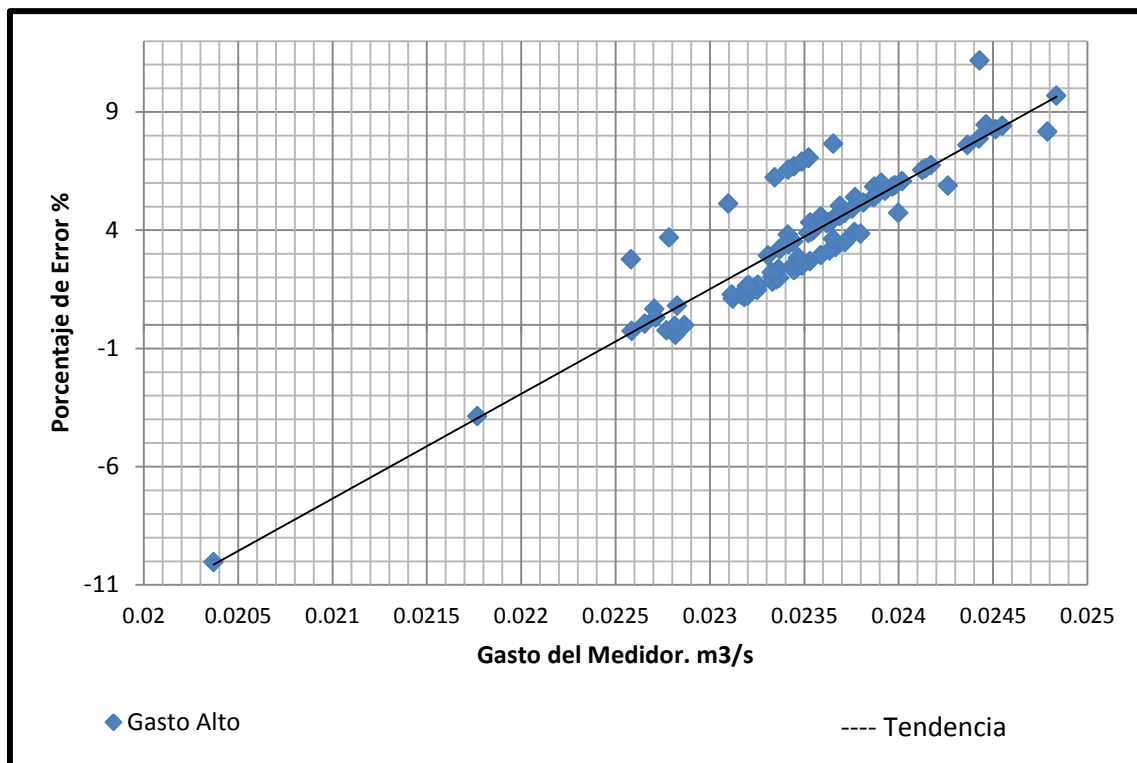


Figura 7.7 Grafica comparativa del Gasto Medidor-Vertedor dirección del flujo.

Es de apreciarse que en el porcentaje de error oscila de 11% a -10%, además los gastos también oscilan de un 0.0204 m³/s a 0.0248 m³/s.

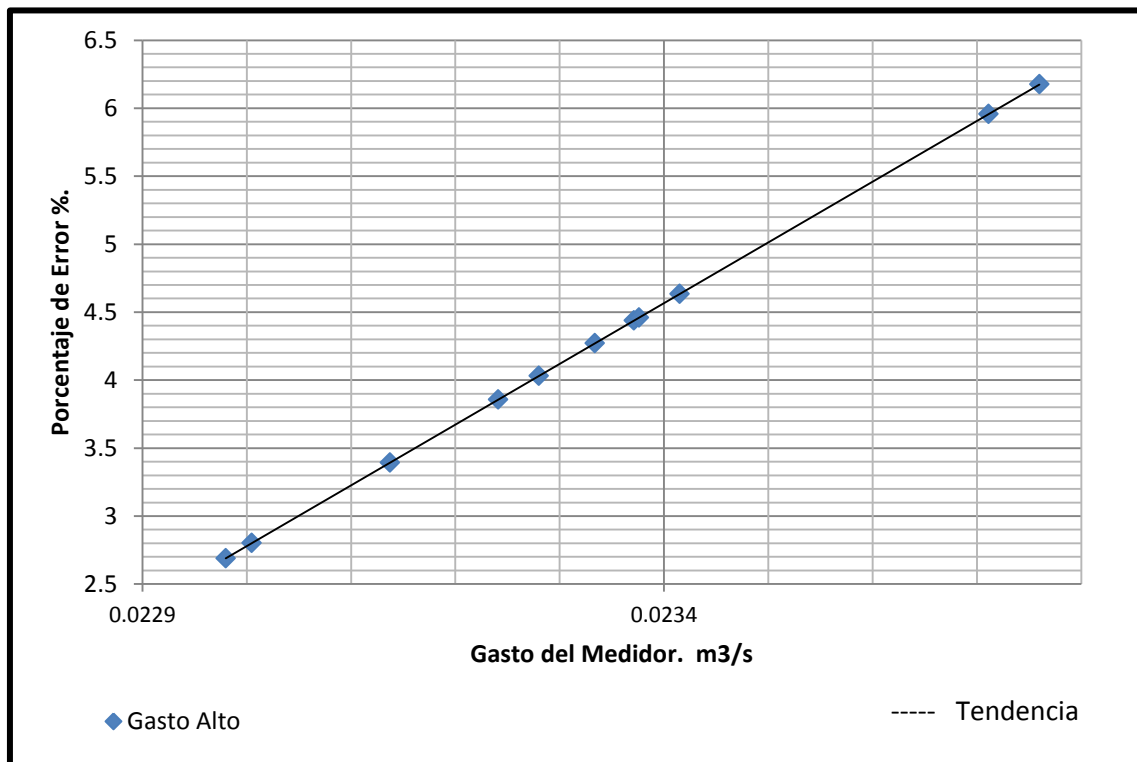


Figura 7.8 Grafica comparativa del Gasto Medidor-Vertedor dirección contra flujo.

Los resultados obtenidos en las dos pruebas para el gasto alto se aprecia que la mayor parte de los datos oscila dentro de un 3% a 6% aproximadamente y los gastos son del orden de $0.023\text{m}^3/\text{s}$ a $0.0238\text{m}^3/\text{s}$.

7.2.3. Resultados de Análisis para un Gasto Bajo.

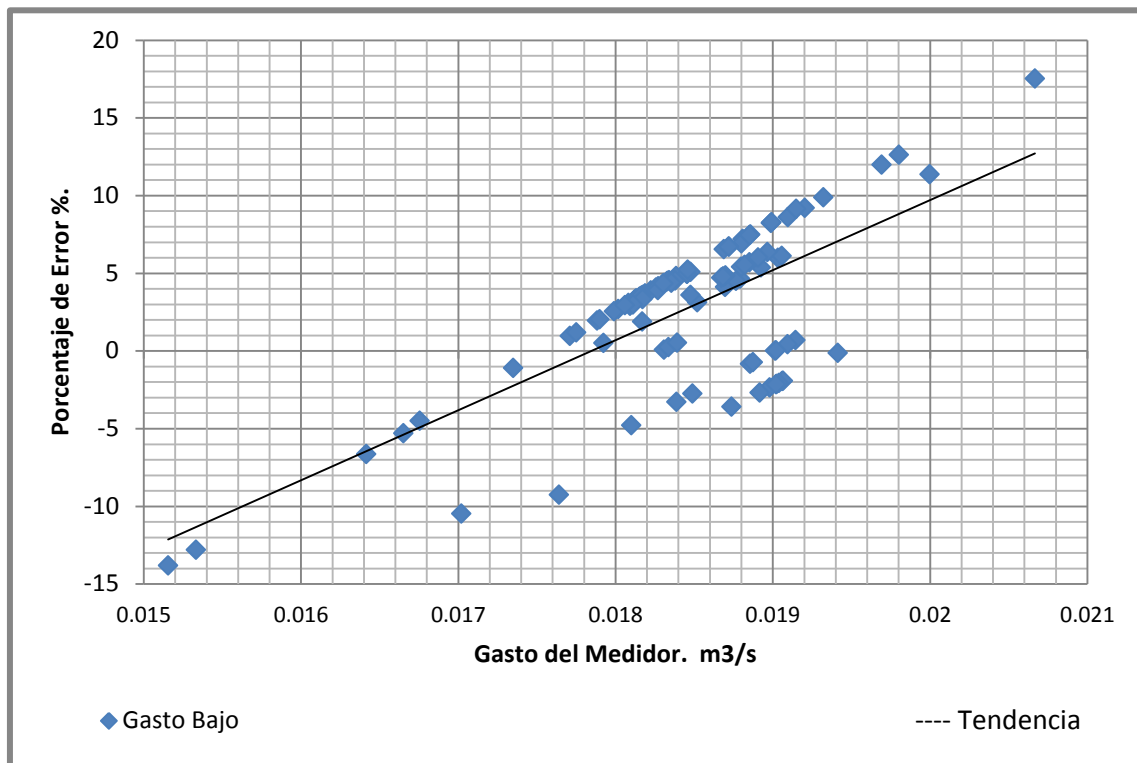


Figura 7.9 Gráfica comparativa del Gasto Medidor Vertedor dirección del flujo.

El porcentaje de error es del orden de 17.5% y -14% y la variación en los gastos oscila de 0.0152 m^3/s a 0.0207 m^3/s .

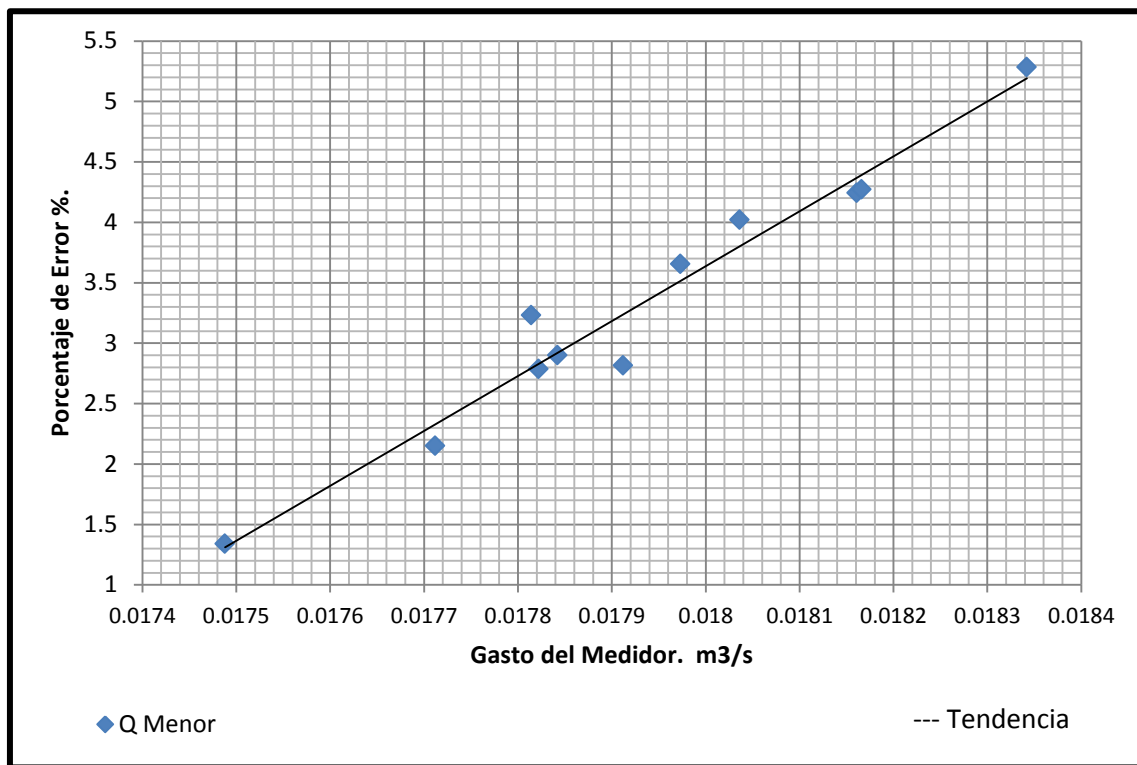


Figura 7.10 Gráfica comparativa del Gasto Medidor Vertedor dirección contra flujo.

Aquí se puede apreciar que se tiene una variación de 1% a 5% aproximadamente y los gastos oscilan de 0.0175 m³/s a 0.0183 m³/s.

7.2.4. Análisis comparativo de todos los gastos para el diámetro de 12”.

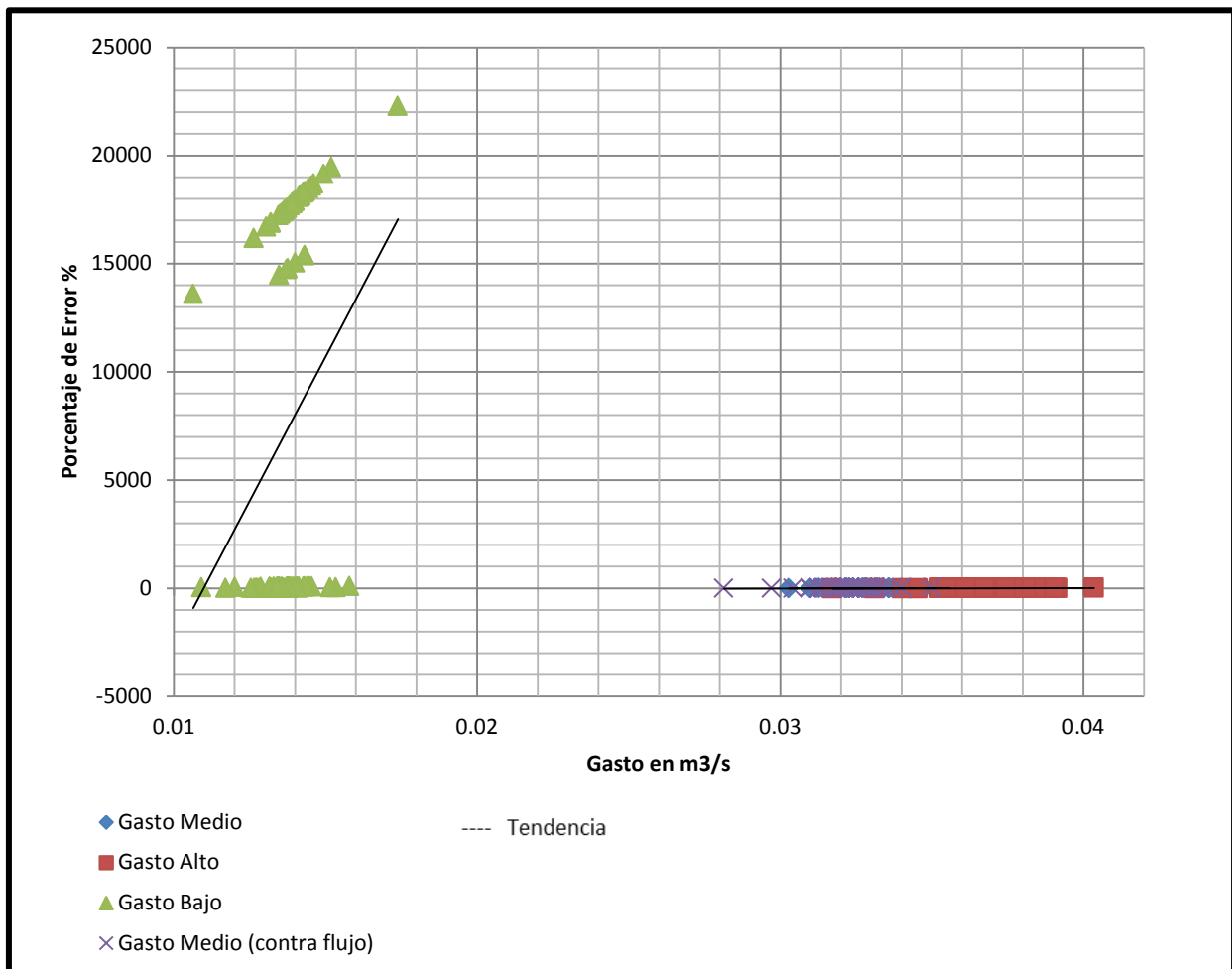


Figura 7.11 Todos los gastos en la tubería de 12”.

Al reunir las pruebas realizadas a la tubería de 12”, se ve una tendencia de error casi nula a excepción de las pruebas que se realizaron al gasto mas bajo, lo cual nos indica que al dejar correr un flujo bajo el medidor presenta datos con un rango mayor de error, con lo que no es seguro tomar mediciones con este tipo de flujos tan bajos.

7.2.5. Análisis comparativo de todos los gastos para el diámetro de 8”.

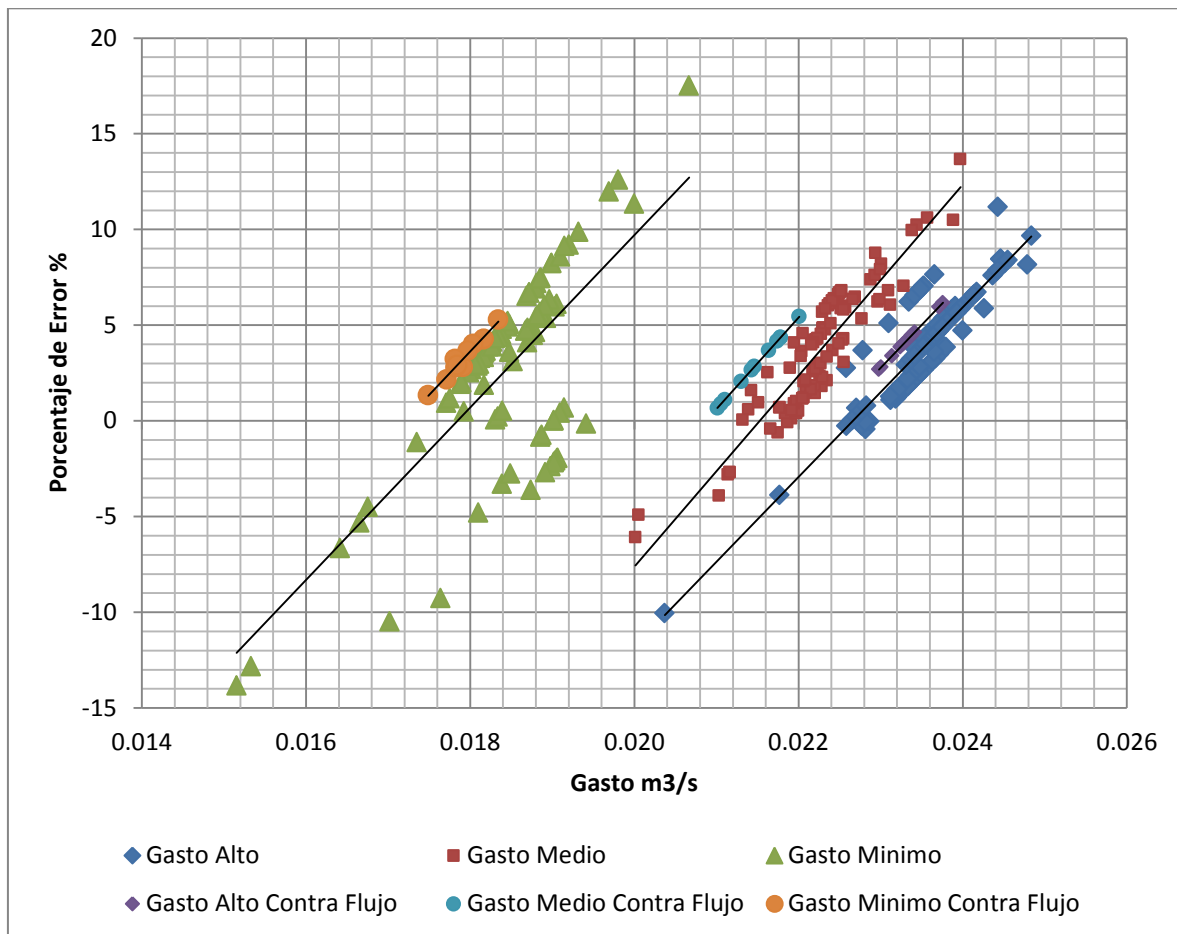


Figura 7.12 Todas las pruebas para la tubería de 8”.

En el diámetro de 8” es notable ver que la diferencia de gastos es marcado de tal manera que podemos apreciar cada una de las pruebas hechas a la tubería. Los errores que se presentan en las seis pruebas oscilan entre 17% asta -14% aproximadamente. Es de considerar que al presentar el gasto más bajo se ve que el error incrementa con respecto a los demás. Esto se debe a que posiblemente el gasto estaba en el límite del que requería el medidor, lo cual arrojo resultados visibles.

En las tres pruebas, es muy marcado los resultados que se obtuvieron para cada uno de los gastos, además vemos que el gasto mayor se obtuvieron gastos mas alto y por ende errores mas grandes.

8. CONCLUSIONES.

Es de notarse que en cada una de las pruebas se pueden presentar errores de alguna índole, ya que los instrumentos de medición son solo herramientas las cuales se debe de tener cuidado al tomar los datos que estos nos arrojen por lo cual es indispensable tener un criterio amplio para la interpretación de los datos ya es posible que registremos datos fuera de rango, o que inclusive no tengan nada que ver con la repetitividad media de los datos.

Los medidores ultrasónicos son una herramienta muy útil para medir fluidos que se encuentren a presión, sin embargo si no se atienden las necesidades básicas del medidor que se esté utilizando, es posible que nuestros datos sean erróneos. Para cada tipo de medidor el proveedor recomienda factores que benefician la correcta utilización del aparato, y ante cualquier anomalía los datos resultan ser erróneos.

El medidor ultrasónico que se utilizo para las pruebas, es, dentro de los de su tipo, uno de los más exactos en los resultados arrojados por el mismo aparato, y en particular en tramos rectos, ya que como se sabe en un tramo recto con un flujo a presión en tubería, el mismo flujo en teoría tiende a ser mas estable.

La toma de resultados fue dentro de lo que cabe satisfactoria ya que los gastos se comportaron estables y por ende los datos obtenidos también. Sin embargo como en toda prueba hubo variaciones entre las pruebas y entre las lecturas, al considerar estas variaciones y tratar de dar una explicación a las mismas se llego a la conclusión de que es posible atribuir las a diferentes factores de entre los cuales menciono a continuación:

- Una prueba completa tenia una duración de dos a tres días, ya que para poder realizar la completamente se necesitaría estar alrededor de 18hr. a 12hr, continuas. Y a pesar de que se trato de conservar las mismas condiciones para las pruebas, existieron variaciones dentro de las mismas como el gasto y los datos arrojados por el medidor conservando un rango de valores.
- Algunas de las pruebas se realizaron en diferentes meses del año esto afectando un poco las propiedades del agua ya que se encontraba afectada por el clima variando un poco su viscosidad, aun que es casi despreciable este factor no deja de influir al tomar datos con el medidor ultrasónico.
- Al pasar gastos tan pequeños es posible apreciar que el error incrementa, ya que es mas difícil mantener un flujo a la presión lo suficientemente estable para que el medidor lo registre. Esto provoca que el flujo no corra a la misma velocidad, teniéndose una zona con flujo lento y otra con un flujo sensiblemente mas rápido, lo que hace que el medidor tenga problemas al arrojando valores. A pesar de que se garantizo que la tubería trabajara a tubo lleno, el flujo que paso no fue suficiente para que trabajara a presión. Por lo que los resultados obtenidos tienden a elevar el error en la medición.
- Para diámetros grandes es difícil registrar valores cerca de los cambios de dirección y aunque el medidor puede tomar en cuenta dichos factores, no son tan confiables como los registrados en tramos rectos, ya que el flujo no es estable.
- Es de importancia mencionar que en las lecturas que se lograron registrar al inicio y al final de la tubería (que es en donde se tenían los cambios de dirección) los datos obtenidos conservan cierta similitud en su comportamiento pero esto solo fue logrado para la tubería de 8", por que

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DE TRAMO RECTO EN LA MEDICIÓN CON UN MEDIDOR ULTRASÓNICO.

para la de 12" fue imposible tomar las lecturas, por la vibración de la tubería y por qué el flujo aparentemente no estaba lo suficientemente estable para que el medidor lo registrara.

Dentro de los resultados obtenidos con el **medidor ultrasónico modelo 2PT868**, en la tubería tendida para su experimentación resultaron errores que oscilaban positivamente y negativamente, sin embargo conservaban un límite específico el cual era apreciable y que se acercaba al gasto que se trataba de hacer pasar por la tubería a lo largo de cada una de las pruebas. Es importante aclarar que los datos arrojados por el medidor en el experimento no se tachan de ser incorrectos, solo que dentro de las pruebas realizadas a los diámetros de 12" y 8" las variaciones fueron significativas debidas a diferentes factores dentro de las mismas pruebas.

9. REFERENCIAS.

- ◆ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- ◆ Gilberto Sotelo Ávila, Hidráulica general volumen I. Fundamentos Ed. Limusa.
- ◆ Ley de Aguas Nacionales y su reglamento 2004.
- ◆ Elizabeth Pauline Carreño Alvarado (2008). *Estudio experimental del efecto de acondicionadores de flujo en la medición*; Tesis de Maestría; División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- ◆ David Larios Fraga (2011). *Comportamiento del error de medición en un medidor tipo turbina*. Tesis de Licenciatura; Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Consulta digital

- ◆ <http://www.monografias.com/trabajos31/medidores-flujo/medidores-flujo.shtml>
Pagina web. Consultada en 02 de Enero del 2012.
- ◆ <http://www.panametrics.com>
Pagina web. Consultada en 02 de Enero del 2012.

Pdf's:

- ◆ MEDIDOR ULTRASÓNICO DE EFECTO DOPPLER PARA TUBERÍAS.
Edita: Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Administración del Agua
Gerencia de Recaudación y control Sugerencia de Inspección y Medición
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Tecnología, Hidráulica,
Subcoordinación de Hidráulica Rural y Urbana
Elabora: Grupo de Hidráulica Rural y Urbana del IMTA, Grupo de Inspección y Medición de la
CNA

10. ANEXO.

ARCHIVO DIGITAL.