



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 22 de agosto de 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Nadia Brigitte Sanabria Méndez _____, con C.C. No. 26.422.005 _____

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado: Propuesta Metodológica De Aforo Para Evaluar La Uniformidad De Emisión En Sistemas De Microirrigación

presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar al título de

Especialista en Ingeniería _____;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: PROPUESTA METODOLÓGICA DE AFORO PARA EVALUAR LA UNIFORMIDAD DE EMISIÓN EN SISTEMAS DE MICROIRRIGACIÓN

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Sanabria Méndez	Nadia Brigitte

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Bernal Castro	Edgar Andrés

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Especialista en Estadística

FACULTAD: Ciencias Exactas y Naturales

PROGRAMA O POSGRADO: Especialización en Estadística

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2023 **NÚMERO DE PÁGINAS:**98

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías___ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas
o Cuadros_X_

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Microirrigación	Microirrigation
2. Uniformidad de emisión	Emission uniformity
3. Riego por goteo	Drip irrigation
4. Pérdidas de energía	Energy losses
5. Coeficiente de Uniformidad	Uniformity coefficient



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Los sistemas de riego por microirrigación se reconocen ampliamente por su alta eficiencia en la aplicación de agua. La uniformidad de emisión (EU) es un factor crucial en el diseño, evaluación y toma de decisiones operativas y de mantenimiento en estos sistemas.

El propósito de este estudio fue establecer una metodología para medir la EU en laterales de riego por microirrigación en campo, centrada en las pérdidas de presión en el lateral, para lo cual se evaluaron las pérdidas en laterales de 50 metros con goteros Xeri-Bug 10PC (XB-10) de Rain Bird, descargando en promedio 3,79 LPH, en tres pendientes: horizontal (0%), ascendente (2%) y descendente (-2%).

Para pendientes horizontal y ascendente, más del 80% de las pérdidas ocurren en el primer 60% de la longitud, mientras que, en pendientes descendentes, cerca del 95% de las pérdidas ocurren en el primer 40%. De acuerdo con esto se propuso un muestreo no probabilístico por conveniencia de los emisores entre el 0% y el 60% de la longitud del lateral. Se determinó y comparó con la prueba Kruskal-Wallis y Dunn-Bonferroni, los EU hallados con las ecuaciones de Barragán y Wu (2005) y Keller y Karmeli (1974), para las ocho propuestas planteadas y la de Merriam y Keller (1978).

Los resultados indican que la propuesta siete es la más viable en términos prácticos para medir la EU en laterales de riego, ya que no presenta diferencias significativas ($\alpha= 0.05$) frente a valores reales y a la metodología de Merriam y Keller (1978).

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

Microirrigation systems are widely recognized for their high efficiency in water application. Emission uniformity (EU) is a crucial factor in the design, evaluation, and operational and maintenance decision-making for these systems. The purpose of this study was to establish a methodology for measuring EU in microirrigation lateral lines in the field, focusing on lateral pressure losses. To achieve this, pressure losses were evaluated in 50-meter lateral lines equipped with Rain Bird Xeri-Bug 10PC (XB-10) emitters, averaging a discharge rate of 3.79 LPH, under three slopes: horizontal (0%), uphill (2%), and downhill (-2%).

For horizontal and uphill slopes, over 80% of the losses occurred in the first 60% of the lateral's length, while for downhill slopes, around 95% of the losses occurred in the first 40%. Based on this, a non-probabilistic convenience sampling of emitters between 0% and 60% of the lateral's length was proposed. The determined EU values were compared using the Kruskal-Wallis and Dunn-Bonferroni tests with those calculated using the equations proposed by Barragán and Wu (2005) and Keller and Karmeli (1974). Eight proposed sampling schemes, including Merriam and Keller's (1978) methodology, were considered.

The results indicate that the seventh proposal is the most practically viable for measuring EU in lateral lines of microirrigation systems, as it does not show significant differences ($\alpha=0.05$) compared to real values and the methodology proposed by Merriam and Keller (1978).

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: JAIME POLANÍA PERDOMO

Firma:

Vigilada Mineducación

Propuesta Metodológica De Aforo Para Evaluar La Uniformidad De Emisión En Sistemas De
Microirrigación

Nadia Brigitte Sanabria Méndez Cod. 20222209974

Asesor:

Mg. Edgar Andrés Bernal Castro

Trabajo de grado presentado para obtener el título:

ESPECIALISTA EN ESTADÍSTICA

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ciencias Exactas

Especialización en Estadística

Neiva, Huila

2023

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA

CARTA DE ACEPTACIÓN

En calidad de Coordinador del Posgrado Especialización en Estadística, programa reconocido por el Ministerio de Educación Nacional mediante Resolución de Registro Calificado No. 3683 del 2 de marzo de 2018 y adscrito a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Surcolombiana, me permito informar que el trabajo de investigación titulado: **“PROPUESTA METODOLÓGICA DE AFORO PARA EVALUAR LA UNIFORMIDAD DE EMISIÓN EN SISTEMAS DE MICROIRRIGACIÓN”** presentado por la estudiante Nadia Brigitte Sanabria Mendez; es ACEPTADO como trabajo de grado para optar el título de Especialista en Estadística.

Para constancia se firma en la Ciudad de Neiva, a los catorce (14) días del mes de agosto del año 2023.



JAIME POLANÍA PERDOMO
Coordinador

Vigilada Mineducación

Agradecimientos

A Dios por darme la vida y a quien debo todo lo logrado hasta hoy, por fortalecerme en los momentos difíciles.

A mi esposo y a mi familia por su apoyo incondicional.

Al Profesor Edgar Andrés Bernal por su asesoría y apoyo en el desarrollo de este trabajo.

A todos los profesores de la especialización en estadística por los conocimientos y enseñanzas compartidas.

Resumen

Los sistemas de riego por microirrigación son ampliamente reconocidos como altamente eficientes en la aplicación de agua. La uniformidad de emisión (EU) es un criterio importante para el diseño, evaluación y toma de decisiones operativas y de mantenimiento en estos sistemas. Generalmente, las evaluaciones de EU en laterales de riego se realizan siguiendo la metodología propuesta por Merriam y Keller (1978). Sin embargo, esta metodología no especifica los criterios utilizados para seleccionar la muestra.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue establecer una propuesta metodológica para la medición de la EU en laterales de riego por microirrigación en campo, considerando principalmente las pérdidas de presión en el lateral. Para lograr esto, se evaluaron las pérdidas de presión en laterales de riego de 50 metros de longitud con goteros de referencia Xeri-Bug 10PC (XB-10) de la marca Rain Bird, con una descarga promedio de 3,79 LPH, en tres condiciones de pendiente: pendiente uniforme (0%), pendiente ascendente (2%) y pendiente descendente (-2%).

Se determinó que, en condiciones de pendiente cero y ascendente, más del 80% de las pérdidas de presión se generan en el primer 60% de la longitud del lateral, mientras que, en pendientes descendentes, aproximadamente el 95% de las pérdidas de presión se generan en el primer 40% de la longitud. Con base en estos resultados, se propuso un muestreo entre el 0% y el 60% de la longitud de la tubería, utilizando un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se establecieron cuatro propuestas con tres emisores y cuatro propuestas con cuatro emisores.

Posteriormente, se llevó a cabo la comparación entre la uniformidad de emisión (EU) determinada utilizando las ecuaciones de Barragán y Wu (2005) y Keller y Karmeli (1974), tomando en consideración la información de todos los goteros, la propuesta por Merriam y Keller (1978) y las ocho propuestas planteadas para este estudio. Esta comparación se realizó mediante las pruebas de Kruskal-Wallis y Dunn-Bonferroni.

Los resultados indican que la propuesta siete (20%, 30% y 40% de la longitud) es la más recomendada para la medición de la EU en laterales de riego por microirrigación en campo. Esta propuesta no mostró diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de significancia del 0.05, en comparación con los valores reales. Aunque tampoco presentó diferencias significativas en comparación con la metodología propuesta por Merriam y Keller (1978), en términos prácticos resulta más viable debido a la menor cantidad de emisores a evaluar. Es recomendable que los nuevos estudios se enfoquen en la evaluación de la propuesta no solo en los laterales de riego, sino también en las subunidades considerando otras variables que puedan afectar la uniformidad de emisión.

Palabras Claves: Microirrigación, uniformidad de emisión, riego por goteo, pérdidas de energía.

Abstract

Microirrigation irrigation systems are widely recognized as highly efficient in water application. The uniformity of emission (EU) is an important criterion for design, evaluation, and operational decision-making and maintenance in these systems. Generally, EU assessments in irrigation laterals are conducted following the methodology proposed by Merriam and Keller (1978). However, this methodology does not specify the criteria used for sample selection.

Therefore, the objective of this study was to establish a methodological proposal for measuring EU in microirrigation lateral lines in the field, considering mainly the pressure losses in the lateral. To achieve this, pressure losses were evaluated in 50-meter-long irrigation laterals with reference Xeri-Bug 10PC (XB-10) emitters from the Rain Bird brand, with an average discharge of 3.79 LPH, under three slope conditions: zero slope (0%), uphill slope (2%), and downhill slope (-2%).

It was determined that, under zero and uphill slope conditions, over 80% of the pressure losses occur in the first 60% of the lateral length, while under downhill slopes, approximately 95% of the pressure losses occur in the first 40% of the length. Based on these results, sampling between 0% and 60% of the pipe length was proposed, using a non-probabilistic convenience sampling. Four proposals with three emitters and four proposals with four emitters were established.

Subsequently, a comparison was made between the uniformity of emission (EU) determined using the equations by Barragán and Wu (2005) and Keller and Karmeli (1974), taking into consideration the information from all the emitters, the proposal by Merriam and Keller (1978), and the eight proposals presented in this study. This comparison was carried out using the Kruskal-Wallis and Dunn-Bonferroni tests.

The results indicate that proposal seven (20%, 30%, and 40% of the length) is the most recommended for measuring EU in microirrigation laterals in the field. This proposal did not show statistically significant differences, with a significance level of 0.05, compared to actual values. Although it also did not present significant differences compared to the methodology proposed by Merriam and Keller (1978), it is more practical in terms of the smaller number of emitters to be evaluated. It is recommended that future studies focus on evaluating the proposal not only in the irrigation laterals but also in subunits, considering other variables that may affect the uniformity of emission.

Keywords: Microirrigation, emission uniformity, drip irrigation, energy losses.

Tabla de Contenido

<i>Agradecimientos</i>	3
<i>Resumen</i>	4
<i>Abstract</i>	6
<i>Lista de Tablas</i>	10
<i>Lista de Figuras</i>	11
<i>Introducción</i>	12
1. Planteamiento del problema	14
2. Antecedentes y Marco Teórico	15
2.1. Evaluación de la Uniformidad de Emisión	16
2.2. Pérdidas de Energía.....	18
3. Objetivos	22
3.1 Objetivo General.....	22
3.2 Objetivos Específicos.....	22
4. Justificación	23
5. Hipótesis y Variables	25
5.1 Hipótesis.....	25
5.2 Variables.....	25
6. Glosario	26
7. Alcances y Limitaciones	28
7.1 Alcances	28
7.2 Limitaciones	28
8. Diseño Metodológico	29
8.1 Enfoque de investigación	29
8.3 Población de estudio	30
8.4 Diseño Muestral	31
8.5 Instrumentos y Materiales.....	31
8.6 Proceso de Recolección de los Datos.....	31
8.7 Sistematización de los datos	31
8.8 Procesamiento de los datos	32
8.8.1 Determinación de las Pérdidas de Energía	32
8.8.2 Pérdidas de Presión en el Lateral	34

8.8.3	Determinación del Coeficiente de Uniformidad de Emisión	35
8.8.4	Análisis Estadístico.....	36
9.	Resultados.....	37
9.1	Determinación de las Pérdidas de Energía	37
9.1.1	Propiedades del Agua y Características del Lateral de Riego	37
9.1.2	Pérdidas Por Fricción	37
9.1.3	Pérdidas Menores	39
9.1.4	Pérdidas de Presión en el Lateral	40
9.2	Determinación del Coeficiente de Uniformidad de Emisión	43
9.3	Análisis Estadístico	46
10.	Conclusiones y Recomendaciones	50
10.1	Conclusiones	50
10.2	Recomendaciones	51
11.	Referencias Bibliográficas.....	52

Lista de Tablas

Tabla 1 Características del Lateral	37
Tabla 2. Pérdidas Por Fricción Pendiente Cero	38
Tabla 3 Pérdidas Por Fricción Pendiente Ascendente	38
Tabla 4 Pérdidas Por Fricción Pendiente Descendente	39
Tabla 5 Pérdidas Menores Para Tres Condiciones de Pendiente.....	39
Tabla 6 Pérdidas de Presión Pendiente Cero	41
Tabla 7 Pérdidas de Presión Pendiente Ascendente	42
Tabla 8 Pérdidas de Presión Pendiente Descendente.....	42
Tabla 9 Muestreo de Caudales para la Prueba Uno en las Tres Condiciones de Pendiente	43
Tabla 10 Coeficiente de Uniformidad de Emisión	43
Tabla 11 Resultados Prueba de Kruskal-Wallis Global.....	46
Tabla 12 Resultados Prueba de Kruskal-Wallis para cada Pendiente	47
Tabla 13 Prueba de Comparaciones Múltiples de Dunn Ecuación de Keller & Karmeli (1974) .	47
Tabla 14 Prueba de Comparaciones Múltiples de Dunn ecuación de Barragán & Wu (2005)...	48

Lista de Figuras

Figura 1. Montaje Laterales de Riego en Tres Condiciones de Pendiente	30
Figura 2. Gráfico de Dispersión Pérdidas de Presión en las Tres Condiciones de Pendiente.....	40
Figura 3. Diagrama de Barras Ecuación de Barragán & Wu (2005)	44
Figura 4. Diagrama de Barras Ecuación de Keller & Karmeli (1974)	45

Introducción

El objetivo 6 de desarrollo sostenible establecido por la Organización de las Naciones Unidas menciona: que se debe garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Dentro de las metas para lograr este objetivo se establece que “De aquí a 2030, se debe aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua” ONU (2015)

La problemática de escases de agua se intensifica cada día. Según Shikiomanov (2013), es necesario evaluar y establecer la cantidad de recursos hídricos disponibles y sus fluctuaciones en el tiempo y en el espacio, debido que cada vez es más escasa el agua dulce y la contaminación de cuerpos de agua, convirtiéndose en limitantes del desarrollo económico y social de muchas regiones del mundo.

Los sistemas de riego son el mecanismo mediante el cual se aplica agua a los cultivos, éstos se clasifican en riego superficial y riego a presión, estos últimos se dividen en riego por aspersión y por microirrigación (goteo, cintas y microaspersión). Siendo el sistema de riego por microirrigación el más eficiente, en lo relacionado la aplicación del recurso hídrico (Madramootoo & Morrison, 2013; Çetin & Akalp, 2019; Ranjan & Sow, 2020). Lo cual es muy importante ya que garantizar la eficiencia en el manejo del agua se considera uno de los parámetros más importantes para asegurar la producción agrícola (Sánchez et al., 2014).

Zhang y Merkley (2012), mencionan que la uniformidad de aplicación de agua se puede cuantificar mediante la determinación de la uniformidad de emisión (EU). La uniformidad de emisión (EU) es el criterio esencial para diseñar y evaluar el funcionamiento de los sistemas de riego por microirrigación. Por tanto, se hace necesario determinar periódicamente la uniformidad de emisión (EU) para tomar decisiones relacionadas con el mantenimiento del sistema de riego, garantizando el uso eficiente del agua. Pizarro (1999), menciona que el coeficiente de uniformidad

se considera el criterio más importante para seleccionar un emisor de riego ya que está directamente relacionado con el coeficiente de variación de fabricación, así como, la variación de presión a lo largo del lateral; así mismo, destaca la importancia y utilidad de determinar la uniformidad de emisión (EU) en la evaluación de instalaciones en funcionamiento y en el diseño de nuevos sistemas de riego presurizados.

Las evaluaciones en campo para determinar la EU en laterales de riego se realizan con metodologías planteadas por Merriam & Keller (1978), que establece se debe aforar el primer emisor, los emisores ubicados a $1/3$ y $2/3$ de la longitud del lateral y el último emisor. Esta metodología no especifica qué criterios se utilizan para seleccionar la muestra, por lo que la presente investigación busca establecer una propuesta metodológica en relación a la cantidad y posición de emisores, teniendo en cuenta principalmente la pérdida de presión del lateral, lo anterior debido que distintos autores manifiestan que la eficiencia se ve afectada por la calidad de equipos usados para riego, los emisores que se usen para distribuir el agua, las condiciones topográficas, y las pérdidas por fricción, (Vélez, 2012; Sánchez et al., 2014, García & Briones., 2015)

En consecuencia, se calcularon las pérdidas de presión a lo largo de un lateral de riego por microirrigación en tres condiciones de pendiente. Con base en estos cálculos, se propusieron ocho métodos de aforo para los emisores, abarcando desde el 0% hasta el 60% de la longitud total de la tubería. Para determinar la uniformidad de emisión, se emplearon las ecuaciones propuestas por Barragán y Wu (2005) y Keller y Karmeli (1974). Estos resultados se compararon con aquellos obtenidos al medir los caudales de todos los goteros, así como con lo planteado por Merriam y Keller (1978).

1. Planteamiento del problema

Los sistemas presurizados en especial los de microirrigación son cada vez más usados, debido a su eficiencia en la aplicación del riego. Un valor elevado en la uniformidad de riego es garantía de que se entrega la cantidad de agua que realmente la planta necesita, algunos autores mencionan que el coeficiente de uniformidad es considerado un parámetro estadístico que permite determinar la eficiencia de aplicación de agua y el rendimiento del riego. (Fernandes et al., 2013; Mohamed et al., 2019).

Por tanto, en los sistemas de microirrigación se hace necesario determinar periódicamente la uniformidad de emisión para tomar decisiones en lo referente al mantenimiento y operación del sistema, garantizando el uso eficiente del agua. De acuerdo con (García & Briones., 2015) la uniformidad de aplicación de agua es afecta por las características del emisor, distribución de presiones que varía por condiciones topográficas, pérdidas por fricción en la red de tuberías, filtrado inadecuado de agua que puede generar taponamiento de emisores. En ese mismo sentido, Pizarro (1999) considera que la variable de mayor importancia en la determinación de la uniformidad de emisión, y en especial en la escogencia de los emisores a evaluar en la determinación de la uniformidad de emisión es la pérdida de energía, la cual tiene relación directa con la variación de la presión en el lateral.

Considerando lo expuesto anteriormente, y teniendo en cuenta que las metodologías actualmente empleadas en el campo para aforar los sistemas de riego por microirrigación y así determinar su uniformidad de emisión, no consideran estas afectaciones, se hace necesario establecer una metodología que considere las pérdidas de presión en el lateral. Esto permitirá determinar la cantidad y ubicación de los emisores que deben ser aforados para obtener una medición precisa de la uniformidad de emisión.

Por lo anterior, se plantea resolver la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué otras alternativas de aforo podrían resultar útiles para determinar de manera efectiva la uniformidad de emisión en laterales de riego por microirrigación?

2. Antecedentes y Marco Teórico

Según Schwankl, & Hanson, 2007, entre los sistemas de riego por microirrigación se incluyen los sistemas de riego por goteo, los cuales se caracterizan por alcanzar un alto nivel de uniformidad en la distribución del agua. La medida de campo ampliamente utilizada para cuantificar y evaluar esta uniformidad de aplicación se conoce como uniformidad de emisión (EU).

La determinación de la uniformidad de emisión en las subunidades de riego en sistemas de microirrigación en campo es crucial por las siguientes razones: en primer lugar, permite verificar el éxito del diseño implementado (Bralts, & Edwards, 1986). Además, proporciona una medida objetiva del rendimiento de los emisores, lo cual resulta fundamental para la programación adecuada del riego y la inyección de agroquímicos (Bralts, & Edwards, 1986). Asimismo, esta evaluación sistemática se convierte en una herramienta indispensable para el diagnóstico y la evaluación general de todo el sistema de riego (Bralts & Kesner, 1983).

La distribución de presión en las subunidades de riego se regula mediante la caída de presión en la línea de energía, ocasionada por las pérdidas por fricción, así como por las ganancias o pérdidas de energía debido a las pendientes ascendentes o descendentes (Wu & Gitlin, 1974). Por lo tanto, la variación en el caudal de los emisores en una línea lateral depende de la longitud total de la tubería, la presión de entrada, el espaciamiento entre emisores y el caudal a transportar (Wu & Gitlin, 1974). Todos estos factores deben considerarse para lograr una presión y longitud adecuadas en una unidad de riego con una uniformidad aceptable. En este sentido, la descarga en la tubería disminuye a medida que aumenta su longitud, y la caída de presión por fricción tiene una forma específica que depende de las condiciones de flujo (Wu & Gitlin, 1974)

La utilización del factor de fricción propuesto por Blasius (1913) en combinación con la ecuación de Darcy-Weisbach para determinar las pérdidas de presión ocasionadas por la fricción en las subunidades de riego por microirrigación está justificada de manera sólida. Esta elección se basa en el bajo factor de rugosidad del polietileno, los diámetros relativamente pequeños

empleados y el número de Reynolds, que rara vez supera los 100,000. (Juana, at al, 2004; Juana, at al, 2005)

Según Burt, (2004), la determinación de la uniformidad de emisión en sistemas de riego por microirrigación utilizando la ecuación propuesta por Keller y Karmeli (1974) implica considerar aspectos de fabricación, como el coeficiente de variación de fabricación, y el componente hidráulico de los emisores, generado por las diferencias de presión. Sin embargo, es importante destacar que esta ecuación fue desarrollada originalmente para el diseño y no para la evaluación de un sistema de riego.

El método ampliamente utilizado para medir el coeficiente de uniformidad en una subunidad de riego fue propuesto por Merriam y Keller (1974). Este método consiste en seleccionar cuatro emisores a lo largo del lateral, ubicados en la entrada, a un tercio, a dos tercios de la longitud del lateral y en su extremo aguas abajo. De igual forma (Denículi et al., 1980), proponen evaluar mayor cantidad de goteros, asegurando que en laterales de mayor compresión pocos puntos hacen que se pierda representatividad. Por tanto, plantea registrar la tasa de descarga del primer gotero y de los goteros ubicados a $1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7$ de la longitud del lateral y el último gotero. Sin embargo, es importante destacar que la ubicación de estos puntos de emisión a lo largo del lateral no se basa en una distribución probabilística ni en consideraciones del caudal promedio y la varianza de los emisores (Juana, at al, 2007).

2.1. Evaluación de la Uniformidad de Emisión

Barragán & Wu (2005), establecen la expresión para EU con el fin de determinar la uniformidad de emisión en sistemas de riego presurizados por goteo, el cual está en función del coeficiente 1.27 que corresponde al cuartil inferior de la distribución normal de los caudales del lateral, del coeficiente de variación C_v del emisor, el número de emisores que se encuentran ubicados en la misma planta (ep), del menor caudal de los goteros aforados $q_{m\text{ind}}$ en LPH y del caudal medio de dimensionamiento $q_{m\text{edd}}$ en (LPH).

$$EU = 1 - \sqrt{\left(1 - \frac{qmind}{qmedd}\right)^2 + \left(\frac{1,27 * Cv}{\sqrt{ep}}\right)^2}$$

De igual manera, Keller & Karmeli (1974), plantearon una expresión que establece el coeficiente de uniformidad de emisión para riego por goteo comúnmente utilizada en el dimensionamiento de tubería con salidas múltiples en sistemas de riego presurizados de alta frecuencia.

$$Eu = 100 * \left[1 - \frac{1,27 * Cv}{\sqrt{ep}}\right] \frac{qmind}{qmedd}$$

Donde: 1.27 es el coeficiente que corresponde al cuartil inferior de la distribución normal de los caudales del lateral de estudio, Cv es el coeficiente de variación de fabricación, ep se refiere a el número de emisores que se encuentran situados en la misma planta, qmind es el caudal más bajo de todos los emisores (LPH) y qmedd hace referencia al caudal medio de dimensionamiento en (LPH).

Así como una expresión para establecer el coeficiente de uniformidad de emisión a partir de pruebas de campo, por lo que es conocida como “Ecuación de campo”. Expresión que sirve para el diseño y manejo de laterales de sistemas de riego por goteo.

$$Eu = 100 * \frac{q25\%h}{qmedd}$$

Donde: q25%h corresponde al cuartil menor de la muestra (LPH) y qmedd corresponde al caudal medio de dimensionamiento en (LPH).

El coeficiente de variación del emisor se define como la desviación estándar (σ) dividida por la media de los caudales del emisor (\bar{q}) (Bralts, & Edwards, 1986), (Pizarro, 1999).

$$Cv = \frac{\sigma}{\bar{q}}$$

Donde: σ es la desviación estándar en (LPH) y \bar{q} corresponde al caudal promedio del emisor en (LPH).

2.2 Pérdidas de Energía

Las pérdidas de carga en una tubería están en función de velocidad y del régimen del flujo. Las ecuaciones de Hazen – Williams y Darcy-Weisbach son comúnmente empleadas para determinar las pérdidas por fricción. La expresión desarrollada por Hazen – Williams se describe a continuación:

$$Hf = 10,643 * \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.871}} * S$$

Donde: Q es el caudal de circulación (m^3*s^{-1}), C es el coeficiente de pérdidas desarrollado por Hazen – Williams y D corresponde al diámetro interior de la conducción del fluido.

La ecuación propuesta por Darcy-Weisbach se describe como:

$$Hf = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Donde: f es el factor de fricción, L , V y D corresponde a la longitud (m), velocidad ($m*s^{-1}$) y diámetro (m) de la tubería respectivamente y g corresponde a la gravedad en ($m*s^{-2}$).

El factor de fricción se determina con la ecuación propuesta por (Blasius, 1913) y (Bargarello et al., 1997).

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

$$f = \frac{C}{Re^m}$$

$$C = \frac{6,152}{Re^{0.183}}$$

$$m = \frac{2}{8 - \left(\frac{12,40}{Re^{0,157}}\right)}$$

Donde: f es el factor de fricción formulado por Blasius y Bargarello et al, Re corresponde al Número de Reynolds, finalmente, C y m son coeficientes desarrollados por Bargarello.

Combinando la ecuación de Darcy-Weisbach y Blasius para condiciones promedio y de temperatura del agua de 18 grados Celsius, se obtiene la ecuación:

$$Hf = 7.89 \times 10^{-4} * \frac{L * Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Donde: $7,89 \times 10^{-4}$ es un coeficiente que depende tanto de la viscosidad como de la densidad del fluido para trabajar en unidades del sistema internacional, Q es el caudal que trasiega a través de la tubería en ($m^3 \cdot s^{-1}$), L y D corresponde a la longitud (m) y diámetro (m) de la tubería respectivamente.

La ecuación propuesta por Darcy-Weisbach y el factor de fricción f planteado por Bargarello se combinan con el fin de determinar las pérdidas que se generan por el rozamiento del agua con la tubería, generando la ecuación:

$$Hf = 0,082626 * f * \frac{L * Q^2}{D^5}$$

Bedoya (2012) mencionan que no es conveniente en laterales de riego ignorar las pérdidas menores como sugieren algunos autores, lo anterior debido a que varios autores sugieren que los goteros sobre la línea de riego generan contracción y expansión. Demir et al., (2007) menciona que los emisores sobre línea causan la contracción y la ampliación posterior en la corriente del flujo debido a la parte larga o barra del emisor que se conecta a la manguera.

Moot (2006), Derrel et al., (1993) plantean la ecuación clásica de pérdidas menores (h_x), expresada en función de la carga de velocidad y el coeficiente de resistencia de la siguiente manera:

$$h_x = K_x \frac{V^2}{2g}$$

Donde K_x es el coeficiente de resistecia, V es la velocidad en m/s y g es la gravedad en $m \cdot S^{-2}$

Bargarello et al., (1997), realizó un procedimiento experimental para determinar el coeficiente de resistencia K_x que incluye las características de la conexión del emisor y la deformación de la tubería que rodea el tallo (parte insertada del emisor) para un rango de la relación $\frac{A_p}{A_g}$ entre 1 y 1.44.

$$K_x = 1,68 \left(\frac{A_p}{A_g} - 1 \right)^{1,29}$$

Donde: K_x corresponde al coeficiente de pérdidas locales desarrollado por Bargarello et al., 1997. A_p es el área de la sección circular de la tubería (m^2) y A_g área ocupada por el emisor dentro de la tubería (m^2)

Los laterales de riego son considerados tuberías de salidas múltiples, estas tuberías presentan pérdidas de energía menores a las de una tubería cerrada, debido a que el caudal se va reduciendo a lo largo del lateral, por tanto, para determinar las pérdidas se usa la expresión denominada factor de salidas múltiples F propuesta por Christiansen (1942).

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 * N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6 * N^2}$$

Donde m = Exponente de la velocidad o caudal en la fórmula usada para el cálculo de las pérdidas por fricción = 1.75 y N = Numero de salidas a lo largo de la tubería.

Keller y Bliesner (1990) plantea la siguiente ecuación para expresar las pérdidas de carga menores por conexión como longitud equivalente del lateral y con ella se determina la pérdida unitaria.

$$J = \left(\frac{S_e + F_e}{S_e} \right)$$

Dónde:

J Pérdida de carga unitaria corregida por las pérdidas de conexión del emisor $m/100m$, S_e separación entre emisores en m y F_e longitud equivalente de pérdidas de carga por conexión en m .

Para determinar la longitud equivalente F_e , Bedoya (2012) propone la siguiente ecuación:

$$F_e = 0,2883 * \left(\frac{A_p}{A_g}\right)^2 - 0,0795 * \left(\frac{A_p}{A_g}\right) - 0,2255$$

Donde: A_p es el área de la sección circular de la tubería (m^2) y A_g área ocupada por el emisor dentro de la tubería (m^2)

Entonces las pérdidas totales en la tubería o pérdidas por fricción corregidas por la conexión del emisor están dadas por la siguiente expresión:

$$Hf^* = Hf * F * J$$

Dónde:

Hf^* Son pérdidas de carga totales unitaria corregida por las pérdidas de conexión del emisor $m/100m$, Hf pérdidas de energía combinando la ecuación de Darcy-Weisbach y Blasius en m , J Pérdida de carga unitaria corregida por las pérdidas de conexión del emisor $m/100m$ y F factor de salidas múltiples propuesto por Christiansen (1942).

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Analizar la viabilidad de nuevas metodologías para evaluar la uniformidad de emisión en laterales de sistemas de riego por microirrigación.

3.2 Objetivos Específicos

Proponer unas metodologías para el aforo de emisores en laterales de riego por microirrigación, con el fin de determinar la uniformidad de emisión teniendo en cuenta las pérdidas de energía como parámetro.

Evaluar la uniformidad de emisión con las ecuaciones de campo de Keller & Karmeli (1974) y Barragán & Wu (2005) para la metodología planteada por Merriam & Keller (1978), las propuestas de la presente investigación y la real del lateral en tres condiciones de pendiente, pendiente cero (0%), pendiente ascendente y descendente de 2%.

Determinar si existen diferencias significativas en términos de uniformidad de emisión entre la metodología planteada por Merriam & Keller (1978), las propuestas de la presente investigación y la uniformidad de emisión real del lateral.

4. Justificación

En Colombia, existen diferentes normativas relacionadas con el acceso y uso del agua. El Decreto 1076 de 2015, emitido por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, establece disposiciones generales sobre el uso y aprovechamiento del agua en su Capítulo 2, Sección 1. En la misma línea, el Decreto 1090 de 2018 complementa el decreto anterior en lo que respecta al programa de uso eficiente y ahorro de agua establecido en la Ley 373 de 1997, definiendo el uso eficiente y ahorro de agua (UEAA) como un conjunto de medidas destinadas a reducir el consumo de agua, minimizando el desperdicio y optimizando su uso en diversas actividades. Esto implica la implementación de prácticas como el reúso del agua, la recirculación, el aprovechamiento de agua lluvia, el control de pérdidas, la adopción de tecnologías más eficientes y otras estrategias orientadas hacia el uso sostenible del agua.

A través de los sistemas de riego se suministra agua e incluso fertilizante a los cultivos, y la eficiencia de dicha aplicación se determina mediante la uniformidad de emisión. Los sistemas de riego presurizados presentan valores de uniformidad de emisión superiores al 80% en el caso de la aspersión y superiores al 94% en los sistemas de riego por goteo (Christiansen, 1942). Por lo tanto, garantizar la uniformidad de emisión en los sistemas de microirrigación es fundamental para evitar el desperdicio de agua causado por aplicaciones excesivas o el estrés hídrico de las plantas debido a la falta de agua. Tanto la aplicación excesiva como la deficiente pueden ocasionar un desarrollo desigual de las plantas, pérdidas económicas por el desperdicio de fertilizantes en el fertirriego y una disminución en el rendimiento del cultivo debido a la mala calidad de los frutos (Silveira et al., 2020; Aydinşakir et al., 2021). Fernández et al. (2010) afirman que una baja uniformidad en el riego genera problemas en el cultivo, ya sea por exceso o por déficit de agua, así como dificultades en la aplicación de fertilizantes durante el fertirriego, lo cual afecta directamente la producción.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente y considerando que la metodología de aforo actualmente utilizada no contempla variables que se ha identificado influyen en la uniformidad de emisión, tales como los efectos aleatorios de fabricación, el desgaste del emisor, el espaciamiento entre emisores y las pérdidas de presión (Bedoya et al., 2018; Bedoya & Ángeles, 2014; Sánchez et al., 2014; Juana et al., 2007), se hace necesario desarrollar una metodología de aforo de laterales de riego por microirrigación que tenga en cuenta estas variables y permita calcular de manera más precisa la uniformidad de emisión que la metodología actual. Esto facilitará la adopción de medidas para garantizar el uso eficiente del agua cuando se detecten uniformidades bajas, las cuales tienen implicaciones en los costos de instalación, mantenimiento y operación del sistema de riego."

5. Hipótesis y Variables

5.1 Hipótesis

Como hipótesis se plantean las siguientes:

H1: La posición de los emisores seleccionados para el aforo en el lateral de riego por goteo afecta significativamente la Uniformidad de Emisión (EU)

H2: La cantidad de los emisores seleccionados para el aforo en el lateral de riego por goteo afecta significativamente la Uniformidad de Emisión (EU)

H3: La pendiente del lateral de riego por goteo afecta significativamente la Uniformidad de Emisión (EU)

H4: Al menos una de las propuestas de aforo planteadas en la presente investigación es igual o mejor en cuanto a la EU en relación con la metodología propuesta por Merriam & Keller (1978).

5.2 Variables

Como variables se tienen:

Variable dependiente: Uniformidad de Emisión expresada en porcentaje (%).

Como variables independientes: Pendiente con tres niveles, pendiente uniforme (0%) y pendiente ascendente (2%) y descendente (-2%), los que se plantearon como bloques. Propuestas de aforos en términos de posición del emisor en el lateral y cantidad de emisores, los que se plantearon como tratamientos.

6. Glosario

Aforo: Proceso de medición de la cantidad de agua que fluye a través del emisor en un determinado período de tiempo.

Caudal: Volumen de agua que trasiega por un área en un determinado tiempo.

Emisor: Dispositivo o componente que se utiliza para distribuir el agua de riego de manera controlada y precisa a las plantas o cultivos.

Lateral de Riego: Tubería que distribuye el agua de riego desde la fuente de suministro principal hasta las áreas o zonas de riego específicas, como los cultivos o jardines.

Pendiente: Se refiere a la inclinación de una superficie en relación con un plano horizontal. Es una medida que indica el cambio de elevación por unidad de distancia horizontal, se expresa comúnmente como un porcentaje, una proporción o una medida angular.

Pérdidas de Energía: Se refieren a la disminución de la presión a lo largo del lateral debido a diversos factores. Estas pérdidas pueden afectar la eficiencia y la uniformidad del riego, ya que una presión inadecuada puede resultar en una distribución desigual del agua y una menor capacidad de alcance de los emisores.

Pérdidas por Fricción: Son las generadas por la fricción de las paredes internas del lateral con el agua en movimiento, lo que resulta en una pérdida de presión a medida que el agua fluye a lo largo del lateral.

Pérdidas Menores: Son las generadas por accesorios y conexiones tales como uniones, codos, válvulas, emisores u otros accesorios en el lateral.

Riego por Microirrigación: Método de riego preciso y eficiente que se utiliza para suministrar agua a las plantas de forma localizada y controlada. En este sistema, el agua se aplica directamente en la zona de las raíces de las plantas, lo que permite una distribución más precisa y reduce las pérdidas por evaporación y escurrimiento.

Uniformidad de Emisión (EU): Se refiere a la medida en la que los emisores de un sistema de riego distribuyen el agua de manera uniforme y consistente en el área de riego objetivo.

Es una medida de la variabilidad en la cantidad de agua aplicada por los emisores en relación con un patrón deseado de distribución.

7. Alcances y Limitaciones

7.1 Alcances

Los resultados de este estudio demostrarán la relevancia de considerar la variación de la presión al seleccionar los emisores para el aforo, tanto en términos de cantidad como de posición, en los laterales de los sistemas de riego por microirrigación, a fin de determinar de manera efectiva la uniformidad de emisión. Estos hallazgos servirán como punto de partida para futuras evaluaciones en otros escenarios, con el objetivo de desarrollar una metodología más operativa que permita ahorrar tiempo y reducir costos en la evaluación de los sistemas de riego.

7.2 Limitaciones

La evaluación de la uniformidad de emisión en esta investigación se centró en los aspectos de cantidad y posición de los emisores, en relación con las pérdidas de presión, sin embargo, hay otros factores que influyen en la uniformidad, tales como taponamiento de emisores, materiales de fabricación, fugas en el lateral que no fueron abordados en este proyecto y que pueden afectar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos.

8. Diseño Metodológico

8.1 Enfoque de investigación

El proyecto se enmarca en el enfoque cuantitativo inferencial que busca establecer la cantidad y posición de los goteros a aforar en los laterales de riego por microirrigación, usando como criterio las pérdidas de energía que se generan en el lateral de riego para tres condiciones de pendiente, pendiente uniforme (0%) y pendiente ascendente y descendente de 2%. Lo anterior se fundamenta en autores como (García & Briones., 2015) que menciona que las características de los emisores, la distribución de presiones que varía por condiciones topográficas, las pérdidas por fricción en la red de tuberías, y el filtrado inadecuado de agua afecta la uniformidad de aplicación de agua. Así como en Keller & Bliesner (1990) quienes mencionan que alrededor del 40% de la longitud del lateral de riego se presenta la presión media del sistema, ocurriendo alrededor del 70% de las pérdidas de energía, afirmación que es respaldada por Bedoya (2012) quien menciona que en los primeros 20 m del lateral que equivale al 40% de la longitud de la tubería se localiza la presión media y se generan alrededor del 75% de las pérdidas totales. El mismo autor afirma que en los últimos 80 y 100% de la longitud del lateral solamente ocurren entre el 3,3% y 0,66% de las pérdidas totales. De igual forma Valiantzas (2005), manifiesta que en el último 20% de la longitud del lateral sólo contribuye con el 1% de las pérdidas por fricción totales.

8.2 Diseño Estadístico

Se implementará un diseño estadístico experimental que busca determinar el efecto de la cantidad y posición de los goteros a aforar en la determinación de la uniformidad de emisión (EU). En este sentido se realizó un diseño de bloques, estableciendo como bloques las tres condiciones de pendiente y como tratamientos los valores de la uniformidad de emisión de las ocho propuestas de aforo, la metodología de aforo de Merriam & Keller (1978) y el valor real con toda la población.

El modelo matemático de este tipo de diseño es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Uniformidad de Emisión

μ = Efecto de la media de todos los datos

τ_i = Efecto del Número y posición de goteros a aforar

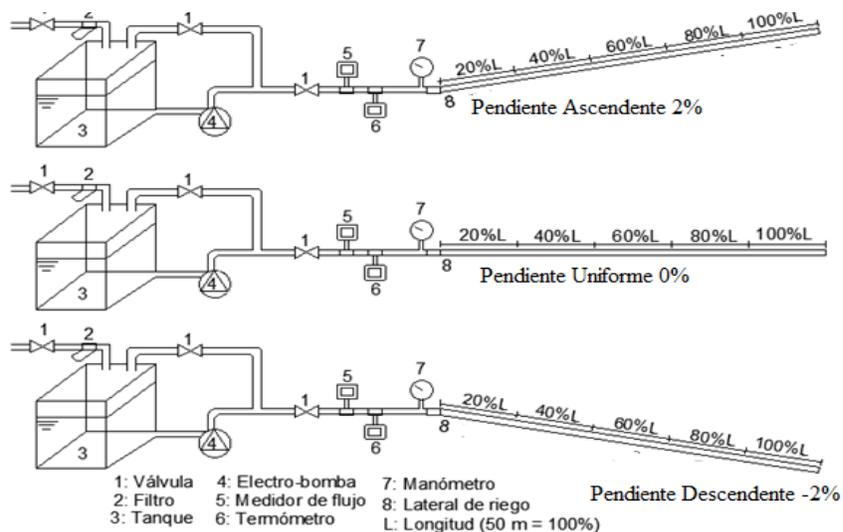
β_j = Efecto de la Pendiente del lateral

ε_{ij} = Error Experimental

8.3 Población de estudio

La población de estudio del proyecto fue tomada de Torres (2021) y corresponde a los caudales producto del aforo de laterales de riego de 50 metros de longitud con diámetro interior de 13.6 mm, con 83 goteros de referencia Xeri-Bug 10PC (XB-10) de color negro de la marca Rain Bird, con caudal promedio de descarga de 3,79 L/h espaciados a 0.6 metros (Ver Anexo A). Se realizó cuatro pruebas de aforo para tres condiciones de pendiente: pendiente uniforme (0%), pendiente ascendente (2%) y descendente de (-2%), en la figura 1 se observa el montaje.

Figura 1. Montaje Laterales de Riego en Tres Condiciones de Pendiente



Nota: Tomada de Efecto De Las Fugas En El Coeficiente De Uniformidad En Laterales De Riego Por Goteo (p. 16), por R. A. Torres, 2021, Universidad Surcolombiana.

8.4 Diseño Muestral

Los emisores para la determinación de la uniformidad de emisión fueron seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia teniendo en cuenta las pérdidas de energía y presión generadas en el lateral para las tres condiciones de pendiente (Ver Anexos B, C y D).

8.5 Instrumentos y Materiales

Computador Portátil: Usado para elaboración del informe escrito, el manejo de la base de datos en Excel y la ejecución de los códigos en el software R-Studio para los análisis estadísticos.

Excel: Se usó la versión de Office 365 Versión 2306, para organizar la base de datos y calcular las pérdidas por fricción, las pérdidas menores, así como los coeficientes de uniformidad de emisión.

R-Studio: Se usó la versión 4. 2.1, con la cual se realizó el análisis estadístico de los datos, tales como estadística descriptiva, prueba de supuestos, pruebas de análisis de varianza y comparación de medias.

8.6 Proceso de Recolección de los Datos

Los caudales fueron recolectados en el año 2020 por el Ingeniero Rubiel Andrés Torres Tovar en el marco del desarrollo del trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Agrícola denominado: Efecto De Las Fugas En El Coeficiente De Uniformidad En Laterales De Riego Por Goteo. El montaje de los laterales fue desarrollado en el Municipio de San Agustín a 28 Km del casco urbano en la finca denominada Los lagos de la vereda Puerto Quinchana, con localización geográfica $1^{\circ} 55' 16.45''$ Norte y $-76^{\circ} 25' 34.22''$ Oeste, como se muestra en la figura 1.

8.7 Sistematización de los datos

La sistematización de la base de datos se desarrolló con el software Excel, en éste se organizó los caudales para cada una de las condiciones de pendiente, con sus respectivas repeticiones, de tal manera que se pudiera realizar el procesamiento. La base de datos se

encontraba completa sin datos faltantes por lo que no fue necesaria hacer ninguna depuración.

8.8 Procesamiento de los datos

8.8.1 Determinación de las Pérdidas de Energía

Teniendo presente que las pérdidas de energía dependen de la velocidad del flujo de agua en el lateral y del régimen de flujo, se procedió a determinar la velocidad y el número adimensional de Reynolds para todas las condiciones.

La velocidad se obtuvo de despejar la ecuación de la continuidad así:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde: V es la Velocidad en $\left(\frac{m}{s}\right)$, Q es el Caudal del fluido que trasiega a través del lateral $\left(\frac{m^3}{s}\right)$ y A el Área del lateral en (m^2)

El número de Reynolds se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{D * V}{\gamma}$$

Donde: V es la Velocidad en $\left(\frac{m}{s}\right)$, D el diámetro de la tubería en (m) , y γ la viscosidad cinemática del agua en $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

Luego se determinó las pérdidas por fricción a lo largo del lateral para las tres condiciones de pendiente utilizando la ecuación propuesta por Darcy-Weisbach, combinada con la ecuación de propuestas por Blasius (1913) para determinar el factor de fricción. A continuación, se describen las ecuaciones de Darcy y Blasius respectivamente:

$$Hf = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Donde: f es el factor de fricción, L, V y D corresponde a la longitud (m), velocidad $\left(\frac{m}{s}\right)$ y diámetro (m) de la tubería respectivamente y g corresponde a la gravedad en $9,81 \frac{m}{s^2}$

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

Donde: f es el factor de fricción formulado por Blasius y Re corresponde al Número de Reynolds.

Combinando la ecuación de Darcy-Weisbach, Blasius y Reynolds para el agua a una temperatura de 18 grados Celsius, se obtiene la ecuación usada para determinar las pérdidas por fricción:

$$Hf = 7.89 \times 10^{-4} * \frac{L * Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Donde: D es el diámetro (m) del lateral, L es la longitud del lateral (m), Q es el Caudal del fluido que trasiega a través del lateral ($\frac{m^3}{s}$) y 7.89×10^{-4} es un coeficiente que depende de la viscosidad del fluido.

Luego se determinó las pérdidas menores; de acuerdo con lo planteado por Bedoya (2012) no es conveniente en laterales de riego ignorar las pérdidas menores debido a que los goteros sobre la línea de riego generan contracción y expansión. Teoría que es sustentada por Demir et al., (2007) quienes mencionan que los emisores sobre línea causan la contracción y la ampliación posterior en la corriente del flujo debido a la barra del emisor que se conecta a la manguera. Las pérdidas menores se calcularon usando la ecuación planteada por Derrel et al., (1993), expresada en función de la carga de velocidad y el coeficiente de resistencia de la siguiente manera:

$$h_x = K_x \frac{V^2}{2g}$$

Donde: K_x es el coeficiente de resistencia, V es la velocidad (m/s) y g corresponde a la gravedad en $9,81 \text{ m/s}^2$.

El coeficiente de resistencia K_x se determinó con la ecuación de Bargarello et al., (1997), que incluye las características de la conexión del emisor y la deformación de la tubería que la barra (parte insertada del emisor en la tubería) para un rango de la relación A_p/A_g entre 1 y 1.44.

$$K_x = 1,68 \left(\frac{A_p}{A_g} - 1 \right)^{1.29}$$

Donde: Kx corresponde al coeficiente de pérdidas, A_p es el área de la sección circular de la tubería (m^2) y A_g área ocupada por el emisor dentro de la tubería (m^2).

Una vez determinadas ambas pérdidas se procedió a sumarlas para determinar la pérdida total de energía del lateral.

$$H_{LT} = Hf + h_x$$

Donde: H_{LT} representa las pérdidas totales, Hf las pérdidas por fricción y h_x las pérdidas menores, todas expresadas en unidades de m.c.a

8.8.2 Pérdidas de Presión en el Lateral

La caída de presión se determinó a lo largo del lateral en cada uno de los goteros para las tres condiciones de pendiente. Para la pendiente uniforme en el primer emisor se restó a la presión registrada a la entrada del lateral las pérdidas totales calculadas, y en adelante se continuó restando las pérdidas totales de cada emisor a la presión calculada anteriormente, hasta llegar al último gotero.

Para la pendiente ascendente (2%), a la presión registrada a la entrada del lateral además de restarle las pérdidas totales se restó el efecto de la pendiente determinada para cada tramo de lateral, para la pendiente descendente (-2%) se realizó el mismo procedimiento, sin embargo, para este lateral se sumó el efecto de la pendiente determinada para cada tramo de lateral. Es importante resalta que a medida que se avanzaba al siguiente emisor, la presión para determinar la caída debería ser la calculada en el emisor anterior.

Una vez determinada la caída de presión tramo a tramo en unidades de $\left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$, se procedió a determinar la caída de presión total del lateral con la siguiente expresión:

$$\Delta P_{Total} = P_{EL} - P_{FL}$$

Donde: ΔP_{Total} corresponde a la caída de presión en el lateral en $\left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$, P_{EL} presión a la entrada del lateral en $\left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$ y P_{FL} presión en el último emisor del lateral en $\left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$

Finalmente, para evaluar la evolución de la caída de presión a lo largo de lateral en proporción se empleó la siguiente expresión:

$$\Delta P = \frac{(P_{EL} - P_{Em})}{\Delta P_{Total}} \times 100$$

Donde: ΔP corresponde a la caída de presión tramo a tramo en el lateral en (%), P_{EL} presión a la entrada del lateral en $\left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$, P_{Em} presión calculada en emisor del tramo evaluado en $\left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$ y ΔP_{Total} caída de presión en el lateral en $\left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$

De acuerdo con esto como se había mencionado anteriormente se procedió a realizar los planteamientos de muestreo, y la determinación del coeficiente de uniformidad de emisión.

8.8.3 Determinación del Coeficiente de Uniformidad de

Emisión

El coeficiente de uniformidad de emisión (EU) se determinó usando las ecuaciones de campo planteadas por Barragán & Wu (2005) y Keller & Karmeli (1974).

La expresión de Barragán & Wu (2005) considera un coeficiente de 1.27 que corresponde al cuartil inferior de la distribución normal de los caudales del lateral, el coeficiente de variación Cv del emisor, el número de emisores que se encuentran ubicados en la misma planta (ep), el menor caudal de los goteros aforados denominado (qmind) en $L * S^{-1}$ y del caudal medio de la muestra de emisores muestreados denominado (qmedd) en $L * S^{-1}$.

$$EU = 1 - \sqrt{\left(1 - \frac{qmind}{qmedd}\right)^2 + \left(\frac{1,27 * Cv}{\sqrt{ep}}\right)^2}$$

Por su parte la expresión Keller & Karmeli (1974) a emplearse en evaluaciones en campo de la uniformidad de emisión es:

$$EU = 100 * \frac{q_{25\%h}}{qmedd}$$

Donde: EU es el coeficiente de uniformidad de emisión, $q_{25\%h}$ corresponde al cuartil menor de la muestra $L * S^{-1}$ y q_{medd} corresponde al caudal medio de dimensionamiento en $L * S^{-1}$

8.8.4 Análisis Estadístico

Se realizó la comprobación de supuestos a los coeficientes de uniformidad de emisión determinados para la población con sus respectivas repeticiones, para lo cual se aplicó el test de Shapiro – Wilks para probar normalidad y el test de Bartlett para probar homocedasticidad. El resultado del valor p_value para un nivel de significancia de 0.05 nos da evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y concluir que los datos no siguen una distribución normal y que las varianzas de al menos un grupo son diferentes. Por lo que para el análisis se utilizó la prueba H de Kruskal-Wallis, que es una prueba no paramétrica utilizada para determinar si hay diferencias significativas entre las medianas de tres o más grupos independientes.

Luego para hacer las comparaciones múltiples se utilizó la prueba de Dunn sobre los diferentes pares de grupos, implementando la corrección de la significancia de Bonferroni, con el objetivo de evitar cometer el error de tipo I, esto se realizó por separado para cada condición de pendiente y en general para todos los tratamientos. Para todas las pruebas estadísticas calculadas se asumió un valor de significancia estadística inferior a 0,05 (valor de p).

9. Resultados

9.1 Determinación de las Pérdidas de Energía

9.1.1 Propiedades del Agua y Características del Lateral de Riego

Para la evaluación del número de Reynolds a emplearse en la determinación de las pérdidas se determinó la temperatura del agua que circuló por el lateral de riego, la cual fue de 20 ° C, con una viscosidad cinemática de $1,00999E - 06 \text{ m}^2/\text{S}$ y densidad de $1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$. Para los laterales de riego se empleó manguera comercial de polietileno de ½ pulgadas de diámetro nominal con 50 metros de longitud, para la cual se determinaron algunas características mostradas en la tabla 1.

Tabla 1 Características del Lateral

Material	Polietileno	
Rugosidad (E)	0,0015	Adimensional
Diámetro Interior (D)	13,10	mm
Área de lateral	134,782	mm ²
Área del Gotero	100	mm ²
Coefficiente de Resistencia Gotero	0,43	Adimensional

Fuente: Elaboración Propia (Excel)

9.1.2 Pérdidas Por Fricción

En las tablas 2, 3 y 4 se muestran los valores del número de Reynolds y las pérdidas por fricción cada 10% de la longitud del lateral para las tres condiciones de pendiente, las pérdidas a lo largo del lateral no presentan variaciones importantes en los diferentes laterales, excepto para el primer 10% en la pendiente descendente donde son menores las pérdidas, lo anterior es lo que se espera ya que todos los laterales tienen el mismo diámetro, la misma longitud y circula el mismo fluido. Referente al régimen de flujo se evidencia que para todas las condiciones de pendiente del lateral en el primer 51% de longitud el flujo es turbulento, entre el 51% y el 70% el flujo es transicional y en el último tramo de la tubería el flujo es laminar.

Tabla 2. Pérdidas Por Fricción Pendiente Cero

% Longitud	Emisor	Caudal promedio LPH	Numero de Reynolds Promedio	Pérdidas por Fricción Promedio m
100%	83	3,86	103,049	0,0000
90%	75	3,66	923,835	0,0007
80%	66	4,05	1858,096	0,0023
70%	58	3,74	2674,872	0,0044
60%	50	3,77	3489,443	0,0070
51%	42	3,71	4323,060	0,0102
40%	33	3,92	5238,675	0,0143
30%	25	3,65	6045,427	0,0184
20%	17	3,60	6863,406	0,0230
10%	8	3,59	7803,681	0,0287
1%	1	3,77	8528,836	0,0336

Fuente: Elaboración Propia (Excel)

Tabla 3 Pérdidas Por Fricción Pendiente Ascendente

% Longitud	Emisor	Caudal promedio LPH	Numero de Reynolds Promedio	Pérdidas por Fricción Promedio m
100%	83	3,90	104,252	0,0000
90%	75	3,59	908,999	0,0007
80%	66	3,96	1824,414	0,0023
70%	58	3,68	2653,220	0,0043
60%	50	3,81	3472,402	0,0070
51%	42	3,68	4307,623	0,0102
40%	33	4,11	5217,424	0,0142
30%	25	3,68	6040,215	0,0184
20%	17	3,60	6867,416	0,0230
10%	8	3,84	7830,145	0,0289
1%	1	3,87	8571,138	0,0339

Fuente: Elaboración Propia (Excel)

Tabla 4 Pérdidas Por Fricción Pendiente Descendente

% Longitud	Emisor	Caudal promedio LPH	Numero de Reynolds Promedio	Pérdidas por Fricción Promedio m
100%	83	3,95	105,455	0,0000
90%	75	3,65	918,222	0,0007
80%	66	4,08	1847,671	0,0023
70%	58	3,62	2659,234	0,0044
60%	50	3,65	3475,208	0,0070
51%	42	3,77	4327,671	0,0102
40%	33	3,99	5248,700	0,0144
30%	25	3,80	6046,229	0,0184
20%	17	3,57	6858,595	0,0229
10%	8	3,78	7775,213	0,0285
1%	1	3,93	8510,592	0,0334

Fuente: Elaboración Propia (Excel)

En el anexo B se pueden observar las pérdidas por fricción para cada condición de pendiente y para las cuatro repeticiones, tramo a tramo.

9.1.3 Pérdidas Menores

En la tabla 5 se evidencia las pérdidas menores para cada una de las condiciones de pendiente a lo largo de la longitud del lateral, en el primer 20% de la longitud son más altas las pérdidas en el lateral de pendiente ascendente y más bajas en el lateral de pendiente descendente, de ahí en adelante se mantienen prácticamente iguales.

Tabla 5 Pérdidas Menores Para Tres Condiciones de Pendiente

Emisor	% Longitud	Pendiente Cero m	Pendiente Ascendente m	Pendiente Descendente m
83	100%	1,38E-06	1,42E-06	1,45E-06
75	90%	1,11E-04	1,08E-04	1,10E-04
66	80%	4,50E-04	4,34E-04	4,45E-04
58	70%	9,33E-04	9,17E-04	9,22E-04
50	60%	1,59E-03	1,57E-03	1,57E-03
42	51%	2,44E-03	2,42E-03	2,44E-03
33	40%	3,58E-03	3,55E-03	3,59E-03
25	30%	4,76E-03	4,76E-03	4,76E-03

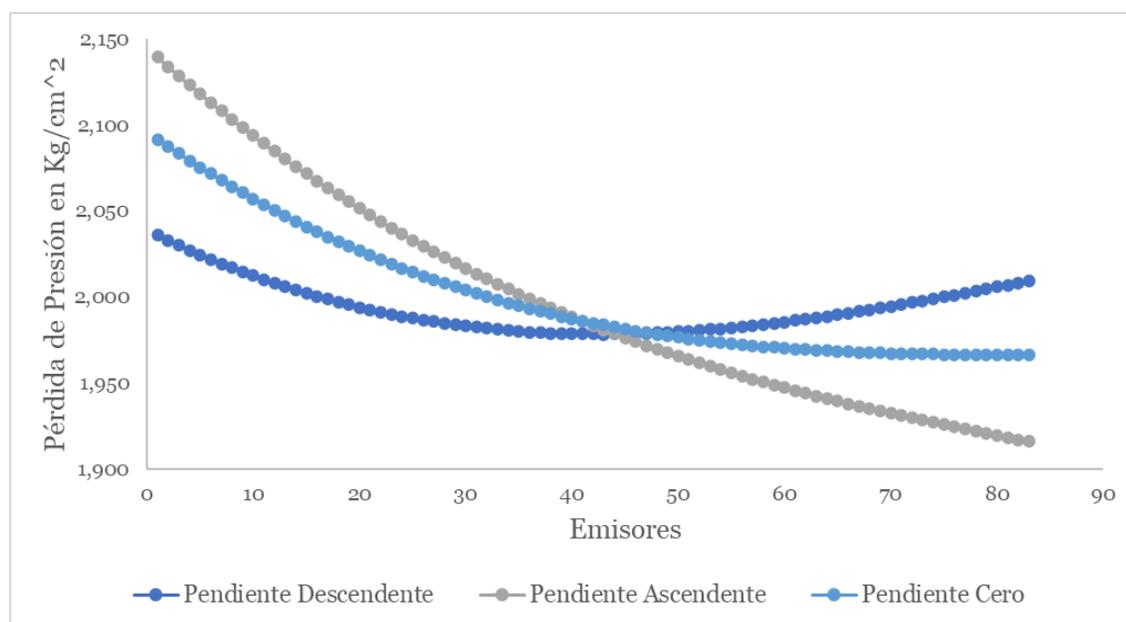
17	20%	6,14E-03	6,15E-03	6,13E-03
8	10%	7,94E-03	7,99E-03	7,88E-03
1	1%	9,48E-03	9,57E-03	9,44E-03

Fuente: Elaboración Propia (Excel)

9.1.4 Pérdidas de Presión en el Lateral

Las presiones a la entrada del lateral de pendiente cero fue de 2.096Kg/cm^2 , la del lateral de pendiente ascendente de 2.145Kg/cm^2 y la del lateral de pendiente descendente de 2.039Kg/cm^2 , de igual forma la pérdida total de presión, es decir el diferencial entre la presión de entrada y salida del lateral fue de 0.127Kg/cm^2 , 0.230Kg/cm^2 y 0.130Kg/cm^2 respectivamente cómo se observa en la figura 2.

Figura 2. Gráfico de Dispersión Pérdidas de Presión en las Tres Condiciones de Pendiente



Fuente: Elaboración Propia (Excel)

Para el lateral de pendiente cero como se puede observar en la tabla 6 en el 40% de la longitud del lateral se generan el 75.46 % de las pérdidas de presión, y tan sólo un 1,27% de las pérdidas de presión se generan en el 20% final del lateral, así como, para el lateral de pendiente ascendente que se muestra en la tabla 7 en el 40% de la longitud del lateral se genera el 60.06%

de las pérdidas de presión y en el 20% final tan solo el 9.61%. Estos resultados son coherentes con los encontrados por Keller & Bliesner (1990) quienes mencionan que alrededor del 40% de la longitud del lateral de riego se presentan la presión media del sistema, ocurriendo alrededor del 75% de las pérdidas de energía, evidenciando así que el 50% posterior de la longitud del lateral sólo es responsable del 15,8% de las pérdidas. De igual forma Bedoya (2012) menciona que en los primeros 20 m del lateral que equivale al 40% de la longitud de la tubería se localiza la presión media y se generan alrededor del 75% de las pérdidas totales, así como en los últimos 80 y 100% de la longitud del lateral solamente ocurren entre el 3,3% y 0,66% de las pérdidas totales.

Las pérdidas en el lateral de pendiente descendente según lo mostrado en la tabla 8, muestran que en el 50% de longitud del lateral se genera el 100% de la pérdida de presión, sin embargo, debido al efecto de la pendiente a favor esta presión se recupera, llegando al final del lateral a encontrarse en un 48.93%, respecto a la presión de entrada del lateral.

Tabla 6 Pérdidas de Presión Pendiente Cero

% Longitud	Emisor	Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %
100%	83	1,62E-06	1,966	100,00%
90%	75	7,98E-05	1,967	99,83%
80%	66	2,78E-04	1,968	98,73%
70%	58	5,35E-04	1,971	96,35%
60%	50	8,61E-04	1,977	92,20%
51%	42	1,27E-03	1,985	85,81%
40%	33	1,79E-03	1,998	75,46%
30%	25	2,31E-03	2,014	63,00%
20%	17	2,91E-03	2,035	47,10%
10%	8	3,67E-03	2,064	24,57%
1%	1	4,30E-03	2,092	3,32%

Fuente: Elaboración Propia (Excel)

Tabla 7 Pérdidas de Presión Pendiente Ascendente

% Longitud	Emisor	Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %
100%	83	1,65E-06	1,916	100,00%
90%	75	7,75E-05	1,926	95,71%
80%	66	2,69E-04	1,938	90,39%
70%	58	5,27E-04	1,951	84,89%
60%	50	8,54E-04	1,966	78,38%
51%	42	1,26E-03	1,983	70,60%
40%	33	1,78E-03	2,007	60,06%
30%	25	2,31E-03	2,033	48,86%
20%	17	2,91E-03	2,063	35,68%
10%	8	3,69E-03	2,103	18,20%
1%	1	4,34E-03	2,139	2,42%

Fuente: Elaboración Propia (Excel)

Tabla 8 Pérdidas de Presión Pendiente Descendente

% Longitud	Emisor	Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %
100%	83	1,68E-06	2,009	48,93%
90%	75	7,89E-05	2,000	64,42%
80%	66	2,75E-04	1,991	79,93%
70%	58	3,02E-04	1,990	81,46%
60%	50	8,55E-04	1,980	97,80%
51%	42	1,27E-03	1,978	100%
40%	33	1,79E-03	1,981	95,64%
30%	25	2,31E-03	1,988	84,85%
20%	17	2,91E-03	1,999	66,67%
10%	8	3,90E-03	2,025	23,92%
1%	1	4,29E-03	2,036	5,10%

Fuente: Elaboración Propia (Excel)

En concordancia con lo anterior, las propuestas de muestreo de la presente investigación se plantearon entre el primer emisor y el emisor cincuenta, es decir entre el 0% y el 60% de la longitud del lateral, ya que en este tramo ya se han generado alrededor del 80 % de las pérdidas de presión. Adicionalmente, se realizó el muestreo establecido en la metodología por Merriam &

Keller (1978). En la Tabla 9 se evidencia los caudales muestreados para la prueba número uno para las 3 condiciones de pendiente, para ver las otras tres pruebas (Ver Anexo E).

Tabla 9 Muestreo de Caudales para la Prueba Uno en las Tres Condiciones de Pendiente

Caudales en LPS para Pendiente Uniforme (0%) Prueba 1									
Posición	Keller y Meriam 0-33-66-100	Propuesta 1 0-10-20-30	Propuesta 2 10-20-30-40	Propuesta 3 20-30-40-50	Propuesta 4 30-40-50-60	Propuesta 5 0-10-20	Propuesta 6 10-20-30	Propuesta 7 20-30-40	Propuesta 8 40-50-60
1	3,84	3,84	3,66	3,6	3,72	3,84	3,66	3,6	4,02
2	4,14	3,66	3,6	3,72	4,02	3,66	3,6	3,72	3,78
3	4,08	3,6	3,72	4,02	3,78	3,6	3,72	4,02	3,84
4	3,84	3,72	4,02	3,78	3,84				
Caudales en LPS para Pendiente Ascendente (2%) Prueba 1									
Posición	Keller y Meriam 0-33-66-100	Propuesta 1 0-10-20-30	Propuesta 2 10-20-30-40	Propuesta 3 20-30-40-50	Propuesta 4 30-40-50-60	Propuesta 5 0-10-20	Propuesta 6 10-20-30	Propuesta 7 20-30-40	Propuesta 8 40-50-60
1	3,78	3,78	3,84	3,6	3,72	3,78	3,84	3,6	4,08
2	3,6	3,84	3,6	3,72	4,08	3,84	3,6	3,72	3,72
3	4,14	3,6	3,72	4,08	3,72	3,6	3,72	4,08	3,78
4	3,9	3,72	4,08	3,72	3,78				
Caudales en LPS para Pendiente Descendente (-2%) Prueba 1									
Posición	Keller y Meriam 0-33-66-100	Propuesta 1 0-10-20-30	Propuesta 2 10-20-30-40	Propuesta 3 20-30-40-50	Propuesta 4 30-40-50-60	Propuesta 5 0-10-20	Propuesta 6 10-20-30	Propuesta 7 20-30-40	Propuesta 8 40-50-60
1	3,9	3,9	3,78	3,54	3,72	3,9	3,78	3,54	4,02
2	4,02	3,78	3,54	3,72	4,02	3,78	3,54	3,72	3,78
3	4,08	3,54	3,72	4,02	3,78	3,54	3,72	4,02	3,66
4	3,9	3,72	4,02	3,78	3,66				

Nota: Elaboración Propia, LPS: Litros por segundo, la posición hace referencia a la ubicación del emisor muestreado en relación con la longitud del lateral.

9.2 Determinación del Coeficiente de Uniformidad de Emisión

En la tabla 10 se muestra la uniformidad de emisión promedio para las propuestas de muestreo planteadas, Merriam y Keller, y el valor real para las tres condiciones de pendiente. En el anexo F se muestran los cálculos para todas las repeticiones.

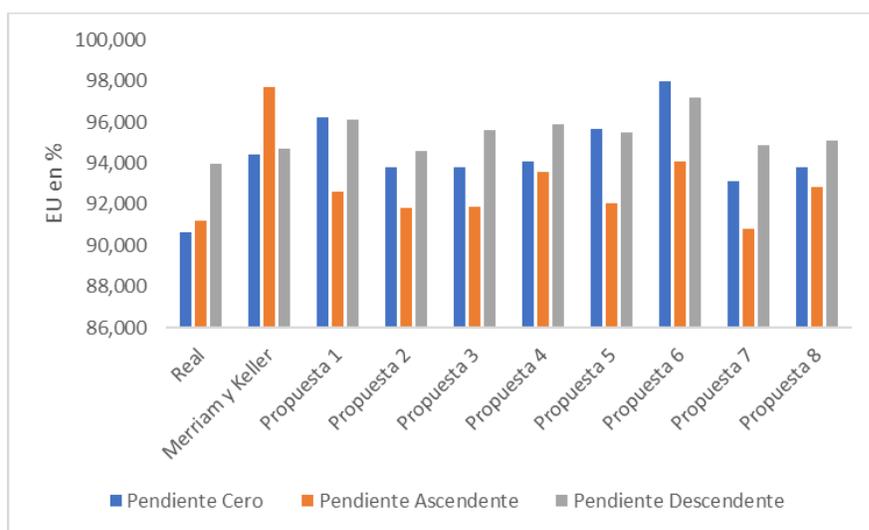
Tabla 10 Coeficiente de Uniformidad de Emisión

Propuesta	Pendiente Cero		Pendiente Ascendente		Pendiente Descendente	
	EU Barragán & Wu (2005)	EU Keller & Karmeli (1974)	EU Barragán & Wu (2005)	EU Keller & Karmeli (1974)	EU Barragán & Wu (2005)	EU Keller & Karmeli (1974)
Real	90,659	91,024	91,210	93,532	93,955	93,963
Merriam y Keller	94,437	92,058	97,718	96,204	94,708	98,676
Propuesta 1	96,209	93,945	92,636	97,845	96,096	94,730
Propuesta 2	93,772	90,622	91,828	96,872	94,582	94,354
Propuesta 3	93,795	90,955	91,858	96,497	95,620	94,446
Propuesta 4	94,095	91,947	93,551	97,013	95,874	95,955
Propuesta 5	95,680	93,182	92,060	97,810	95,494	94,946
Propuesta 6	97,989	94,760	94,060	98,894	97,167	96,101
Propuesta 7	93,122	89,399	90,817	96,409	94,865	94,325
Propuesta 8	93,814	91,119	92,855	96,839	95,088	95,920

Fuente: Elaboración Propia (Excel)

Para la ecuación de Barragán & Wu (2005) se puede inferir de la tabla que en las tres condiciones de pendiente se generan valores sobreestimados del coeficiente de uniformidad de emisión, sin embargo, en algunas propuestas como es el caso de la dos y siete para las pendientes ascendente y descendente la diferencia es baja. Resultados similares fueron encontrados por (Bedoya & Ángeles, 2014), quienes encontraron sobreestimaciones de la uniformidad de emisión usando la ecuación de Barragán & Wu con errores entre el valor real de uniformidad y sus propuestas de aforo entre 0.05% y 12.87%. De igual manera como se muestra en la figura 3 para el lateral de pendiente ascendente la propuesta siete es el único caso que subestima el coeficiente. Respecto a la propuesta de aforo planteada por Merriam & Keller (1978) para estimar la EU, se puede observar que para las tres condiciones de pendiente genera una sobreestimación de la uniformidad de emisión, mostrando una diferencia más notoria en la condición de pendiente ascendente, por el contrario, las propuestas dos, tres, cinco y siete para esa misma condición de pendiente presentan valores muy cercanos al real.

Figura 3. Diagrama de Barras Ecuación de Barragán & Wu (2005)



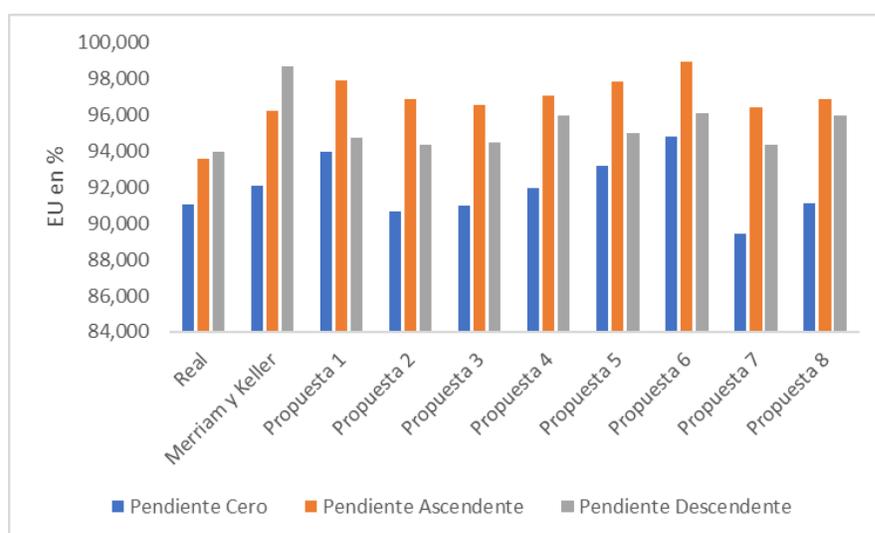
Fuente: Elaboración Propia (Excel)

Respecto a la ecuación de Keller & Karmeli (1974) para la condición de pendiente cero en algunas propuestas subestima EU, mientras que en las pendientes ascendente y descendente sobreestima. Resultados similares fueron encontrados por (Bedoya & Ángeles, 2014). En el mismo

sentido Barragán & Wu (2005) plantean que valores bajos de la uniformidad de emisión darán como resultado diseños conservadores y seguros, pero pueden causar problemas de sobrecostos en los sistemas de microirrigación por sobre diseño.

De acuerdo con lo observado en la figura 4 se puede inferir que esta ecuación es más eficiente en la determinación del coeficiente de uniformidad de emisión para las condiciones de pendiente cero y pendiente descendente, por lo que se evidencia efecto de la pendiente en la determinación de EU. En referencia a la propuesta de Merriam & Keller (1978), la ecuación muestra una estimación adecuada para los laterales de pendiente cero, sin embargo, para las otras dos condiciones de pendiente, se observa una alta sobreestimación. En este sentido Jiang & Kang, (2010) concluyen en su investigación que la pendiente tiene efectos en la uniformidad de emisión, especialmente en pendiente descendente, por lo que recomiendan usar otros métodos de evaluación cuando se tienen laterales con pendiente. De igual forma Bedoya et al (2018), encontraron diferencias significativas usando estadística paramétrica en la uniformidad de emisión en laterales de pendiente ascendente y descendente de 1% y 3% empleando en el cálculo la ecuación de Keller y Karmelli.

Figura 4. Diagrama de Barras Ecuación de Keller & Karmeli (1974)



Fuente: Elaboración Propia (Excel)

9.3 Análisis Estadístico

La prueba de Shapiro Wilk para los coeficientes de uniformidad de emisión para la ecuación de Keller & Karmeli (1914) y Barragán & Wu (2005) con un nivel de significancia de 0.05, arrojó los siguientes valores, $p\text{-value} = 0.01672$ y $p\text{-value} = 4.282e-05$ respectivamente, lo cual significa que hay evidencia suficiente para rechazar H_0 y concluir que los datos no cumplen una distribución normal.

De igual forma se realizó la prueba de homogeneidad de varianzas aplicando el test de Bartlett, encontrando Bartlett's K-squared = 34.865, $df = 9$, $p\text{-value} = 6.294e-05$, para los EU de Keller & Karmeli y Bartlett's K-squared = 38.519, $df = 9$, $p\text{-value} = 1.406e-05$, para los EU de Barragán y Wu, por lo cual hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis de homogeneidad de varianzas.

Al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis a los coeficientes de uniformidad de emisión real, el determinado con el aforo planteado por Merriam y Keller y el determinado con las propuestas de aforo de la investigación para las dos ecuaciones empleadas, entre las propuestas como se muestra en la tabla 11 y entre las propuestas bloqueadas por pendientes como se muestra en la tabla 12, donde se puede demostrar que hay evidencia suficiente para rechazar H_0 y establecer que hay diferencias en al menos una de las medianas entre las propuestas y entre las pendientes.

Tabla 11 Resultados Prueba de Kruskal-Wallis Global

Ecuación de Keller y Karmeli (1798)			
	chi-squared	df	p-value
Tratamiento	41,73	9	3,68E-03
Pendiente	16,633	2	0,000244
Ecuación de Barragán & Wu (2005)			
Tratamiento	47,271	9	3,49E-07
Pendiente	15,419	2	0,0004486

Fuente: Elaboración Propia (R-Studio)

Se encontró que hay evidencia suficiente en la uniformidad de emisión con las ecuaciones usadas para establecer que al menos una de las medianas de las propuestas difiere de las demás, con un nivel de significancia de 0.05, para las tres condiciones de pendiente.

Tabla 12 Resultados Prueba de Kruskal-Wallis para cada Pendiente

Ecuación de Keller y Karmeli (1798)			
	chi-squared	df	p-value
Pendiente Cero	19,17	9	2,38E-02
Pendiente Ascendente	23,335	9	0,005486
Pendiente Descendente	24,43	9	0,003671
Ecuación de Barragán & Wu (2005)			
Pendiente Cero	18,55	9	2,93E-02
Pendiente Ascendente	26,612	9	0.001621
Pendiente Descendente	21,857	9	0,009344

Fuente: Elaboración Propia (R-Studio)

Al aplicar la prueba de comparaciones múltiples de Dunn para la ecuación de Keller y Karmeli (1794), entre las diferentes propuestas se puede evidenciar que entre las propuestas planteadas de aforo y la de Merriam y Keller no hay diferencias estadísticas significativas, ni tampoco entre las diferentes propuestas planteadas a excepción de las propuestas seis y siete que presentaron un valor de p. adjust de 0.0220, que indica que hay diferencias significativas entre ellas. Igualmente, como se evidencia en la tabla 14, al comparar la uniformidad de emisión de las propuestas planteadas, Merriam y Keller con el valor real, se determina que las propuestas dos, tres y siete no presentan diferencias significativas con el valor real, mientras que la propuesta de Merriam y Keller usada actualmente si las presenta ya que su P. adjusted fue de 0.0009.

Tabla 13 Prueba de Comparaciones Múltiples de Dunn Ecuación de Keller & Karmeli (1974)

Comparación	Obs. Dif	Critical.Dif	P. Adjust	Stat. Signif
Keller & Merriam_ Real	58,458	46,306	0,0009	TRUE
Propuesta Uno_ Real	58,000	46,306	0,0010	TRUE
Propuesta Dos_ Real	33,125	46,306	0,4414	FALSE
Propuesta Tres_ Real	40,917	46,306	0,0888	FALSE
Propuesta Cuatro_ Real	61,000	46,306	0,0004	TRUE
Propuesta Cinco_ Real	53,042	46,306	0,0042	TRUE
Propuesta Seis_ Real	78,417	46,306	0,0000	TRUE
Propuesta Siete_ Real	31,625	46,306	0,5824	FALSE
Propuesta Ocho_ Real	54,583	46,306	0,0027	TRUE

Fuente: Elaboración Propia (R-Studio)

Por otro lado, las comparaciones estableciendo las pendientes como bloques muestran que para la pendiente cero y la pendiente ascendente se presentan diferencias significativas entre la

propuesta seis y el valor real con p. adjusted de 0.0031 y 0.0024 respectivamente, para las demás combinaciones no hay diferencias significativas. Para la condición de pendiente descendente se presentan diferencias significativas entre el valor real de la uniformidad de emisión y la propuesta de Merriam y Keller con un p. adjusted de 0.0039. Al comparar las propuestas de la investigación entre ellas y con la propuesta de Merriam y Keller solamente se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre la propuesta uno y la propuesta siete en la condición de pendiente ascendente con p. adjusted de 0.0064, y entre la propuesta siete y Merriam y Keller para la condición de pendiente descendente con p. adjusted de 0.0113, ver anexo G.

Al realizar el análisis de comparaciones múltiples de Dunn para la ecuación de Barragán & Wu (2005), se encontraron diferencias significativas entre la propuesta seis y las propuestas dos, tres y siete con valores de p. adjusted de 0.0053, 4.98×10^{-5} y 0.0231 respectivamente, así como entre la propuesta uno y la propuesta siete con un p. adjusted de 0.034. Al comparar el valor de uniformidad de emisión real y las demás propuestas como se muestra en la tabla 15, se observa que hay diferencias significativas en las propuestas de Merriam y Keller, la propuesta uno y seis, mientras que para el resto de las propuestas no hay diferencias significativas con un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 14 Prueba de Comparaciones Múltiples de Dunn ecuación de Barragán & Wu (2005)

Comparación	Obs. Dif	Critical.Dif	P. Adjust	Stat. Signif
Keller & Merriam_ Real	50,417	46,306	0,0087	TRUE
Propuesta Uno_ Real	52,750	46,306	0,0046	TRUE
Propuesta Dos_ Real	13,917	46,306	1,0000	FALSE
Propuesta Tres_ Real	19,542	46,306	1,0000	FALSE
Propuesta Cuatro_ Real	39,958	46,306	0,1101	FALSE
Propuesta Cinco_ Real	44,750	46,306	0,0366	FALSE
Propuesta Seis_ Real	66,167	46,306	0,0001	TRUE
Propuesta Siete_ Real	1,042	46,306	1,0000	FALSE
Propuesta Ocho_ Real	29,375	46,306	0,8681	FALSE

Fuente: Elaboración Propia (R-Studio)

Estableciendo las pendientes como bloques, se observa que los resultados son similares a los presentados para la ecuación de Keller & Karmeli (1974), debido que en pendiente cero sólo se

presentan diferencias significativas entre el valor real de uniformidad de emisión y la propuesta seis con un p. adjusted de 0.0072 y para pendiente descendente sólo hay diferencias significativas entre Merriam y Keller y el valor real con un valor de p. adjusted de 0.0158, para las demás propuestas al igual que para la condición de pendiente ascendente no se encontraron diferencias significativas entre el valor real y ninguna de las propuestas.

Comparando las propuestas entre ellas se evidencia diferencias significativas entre la propuesta siete y las propuestas uno y seis con p adjusted de 0.0064 y 0.0022 respectivamente para la pendiente ascendente, y entre la propuesta siete y Merriam y Keller con p. adjusted de 0.0113 para la pendiente descendente; para pendiente cero no hay evidencia de diferencias significativas.

La investigación realizada por Bedoya & Ángeles (2014) cuyo enfoque fue evaluar la uniformidad de emisión (EU) en laterales de riego, concluyeron que medir tres puntos específicos en el lateral, ya sea a los 25%, 50% y 75%, o a los 20%, 40% y 80% de su longitud, es suficiente en la determinación de EU, ya que no se presentan diferencias significativas en comparación con los valores reales. Los resultados obtenidos en esta investigación respaldan estos hallazgos en términos del número de emisores a medir. Sin embargo, difiere en términos de la posición de los emisores, ya que considera emisores por encima del 60% de la longitud del lateral.

Finalmente, es importante destacar que las investigaciones realizadas por Bedoya (2012), Bedoya y Ángeles (2014), Bedoya et al. (2014), Juana et al. (2007), han llevado a cabo evaluaciones de la uniformidad de emisión sin poner a prueba los supuestos previos al desarrollo de los análisis estadísticos. Estos estudios han utilizado métodos estadísticos paramétricos para realizar las comparaciones, lo cual, según los hallazgos de la presente investigación, no resulta adecuado debido a la falta de normalidad y homogeneidad de los datos analizados.

10. Conclusiones y Recomendaciones

10.1 Conclusiones

En términos estadísticos, las propuestas de aforo que mostraron un mejor desempeño fueron las propuestas dos (10%, 20%, 30% y 40%), tres (20%, 30%, 40% y 50%) y siete (20%, 30%, 40%) con p_value de 0,4414, 0.0888 y 0,5824 respectivamente para la ecuación de Keller y Karmeli (1974) y p_value de 1.00 para las tres propuestas para la ecuación de Barragán & Wu (2005), lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de significancia del 0.05 con la uniformidad de emisión real. Sin embargo, en términos prácticos y considerando la menor cantidad de emisores a evaluar, se concluye que la propuesta siete es la más adecuada para su implementación en el campo.

Las dos ecuaciones utilizadas para determinar la uniformidad de emisión en campo tienden a sobreestimar dicha uniformidad. Se observan los mayores errores en la propuesta seis, con un porcentaje de -7.33 % y -3.736 % en pendiente cero, -6.508 % en la propuesta de Merriam y Keller, -5.362 % en la propuesta seis en pendiente ascendente, -3.212 % en la propuesta seis y -4.713 % en Merriam y Keller en pendiente descendente, para Barragán & Wu (2005) y Keller y Karmeli (1974) respectivamente.

La propuesta de aforo seis (10%, 20%, 30%) es la menos eficiente en la determinación de la uniformidad de emisión. Esta propuesta presenta diferencias estadísticamente significativas con el valor real en condiciones de pendiente cero y ascendente, según la ecuación de Keller y Karmeli (1974), así como en pendiente cero según la ecuación de Barragán & Wu (2005).

La propuesta de aforo planteada por Merriam y Keller (1978) no resulta eficiente en la determinación del coeficiente de uniformidad de emisión en condiciones de pendiente descendente. Esto se debe a que se encontraron diferencias estadísticamente significativas, con

un nivel de significancia de 0.05, entre los resultados obtenidos por dicha propuesta y el valor real. Estas diferencias se evidenciaron al evaluar las dos ecuaciones consideradas en el estudio.

No se encontró evidencia de diferencias estadísticas significativas entre las propuestas de aforo para la determinación de la uniformidad de emisión planteadas en la presente investigación y la propuesta de Merriam y Keller (1978) para ninguna de las ecuaciones utilizadas.

10.2 Recomendaciones

Ampliar el estudio evaluando las mejores propuestas de esta investigación en subunidades de riego e incluir un mayor número de repeticiones y considerar otras variables que afecten la uniformidad de emisión, tales como: tipo de gotero, tiempo de funcionamiento del sistema de riego y fugas del sistema

Emplear otras ecuaciones para determinar la uniformidad, de tal manera que se pueda establecer ¿cuál de las expresiones se ajusta más al valor real de la uniformidad de emisión?, evitando subestimaciones o sobreestimaciones.

Determinar si existen diferencias significativas entre la uniformidad de emisión de las mejores propuestas de esta investigación y las propuestas de Bedoya & Ángeles, (2014), Juana et al. (2007) entre otras.

11. Referencias Bibliográficas

Aydiñşakir, K., Uluca, E., Nazmi, D. İ. N. Ç., & Küçükcoşkun, Ş. (2021). Effects of Different Irrigation Levels on Fruit Yield and Quality of Valencia Late Orange Under Northern Cyprus Conditions. *Journal of Agricultural Sciences*, 27(3), 276–284.

Bagarello, Ferro, V., & Provenzano, V. (1997). Evaluating pressure losses in drip irrigation lines. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123(1), 1–7.

Barragán, J., & Wu, I. P. (2005). Simple pressure parameters for micro-irrigation design. *Biosyst. Eng.*, 90(4), 463–475.

Bedoya, M. B., Manrique, P. C. Y., & Osorio, L. F. Y. (2018). Efectos de la pendiente en el coeficiente de uniformidad en un lateral de riego por goteo.

Bedoya, M. C. (2012). Análisis Hidráulico Matemático del Flujo en Tuberías con Salidas Múltiples. Universidad Autónoma de Chapingo.

Bedoya-Cardoso, M., & Ángeles-Montiel, V. (2014). ¿Es posible mejorar la uniformidad de riego utilizando diferentes espaciamientos entre emisores? *Tecnología y ciencias del agua*, 5, 167–175.

Blasius, H. (1913). Das aehnlichkeitsgesetz bei reibungsvorgängen in flüssigkeiten. En *Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens* (pp. 1–41). Springer.

Bralts, V. F., & Edwards, D. M. (1986). Field evaluation of drip irrigation submain units. *Transactions of the ASAE. American Society of Agricultural Engineers*, 29(6), 1659–1664. <https://doi.org/10.13031/2013.30369>

Bralts, V. F., & Kesner, C. D. (1983). Drip irrigation field uniformity estimation. *Transactions of the ASAE. American Society of Agricultural Engineers*, 26(5), 1369–1374. <https://doi.org/10.13031/2013.34134>

Burt, C. M. (2004). Rapid field evaluation of drip and microspray distribution uniformity. *Irrigation and Drainage Systems*, 18(4), 275–297. <https://doi.org/10.1007/s10795-004-2751-x>

Çetin, Ö., & Akalp, E. (2019). Efficient use of water and fertilizers in irrigated agriculture: Drip irrigation and fertigation. *Acta Hort. Regiotect.*, 22(2), 97–102.

Christiansen, J. E. (1942). Hydraulics of sprinkling systems for irrigation. *T. Am. Soc. Civ. Eng.*, 107(1), 221–239.

Decreto 1076 de 2015 [Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. 26 de mayo de 2015.

Decreto 1090 de 2018. [Presidencia de la República] Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y se dictan otras disposiciones. 28 de junio de 2018.

Demir, V., Yurdem, H., & Degirmencioglu, A. (2007). Development of prediction models for friction losses in drip irrigation laterals equipped with integrated in-line and on-line emitters using dimensional analysis. *Biosyst. Eng.*, 96(4), 617–631.

Denículi, W., Bernardo, S., Thiábaut, J. T. L., & Sedyama, G. C. (1980). Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. *Revista Ceres*, 27(150), 155–162.

Derrel, M. L., Gilley, J. R., & Baumer, O. W. (1993). Part 623: Irrigation. *Irrigation. National Engineering Handbook*, 623.

Fernandes, Â. I., De Carvalho, M. A. R., De Carvalho, L. C. C., & Neto, A. M. (2013). Avaliação de um sistema de irrigação pelas metodologias de Keller e Karmeli, e de Denículi em

citros irrigados por gotejamento. REVISTA BRASILEIRA DE AGRICULTURA IRRIGADA-RBAI, 6(2).

Fernández, R., Yruela, M., Milla, M., Garcia, J., & Oyonarte, N. (2010). Manual de riego para agricultores.

García, C., & Briones, S. (2015). Sistemas de riego por aspersión y goteo. Trillas.

Jiang, S., & Kang, Y. (2010). Evaluation of microirrigation uniformity on laterals considering field slopes. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 136(6), 429–434. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ir.1943-4774.0000196](https://doi.org/10.1061/(asce)ir.1943-4774.0000196)

Juana, Luis, Rodríguez-Sinobas, L., Sánchez, R., & Losada, A. (2005). Analytical expressions for hydraulic calculation of trapezoidal drip irrigation units. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 131(5), 420–432. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9437\(2005\)131:5\(420\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9437(2005)131:5(420))

Juana, Luis, Rodríguez-Sinobas, L., Sánchez, R., & Losada, A. (2007). Evaluation of drip irrigation: Selection of emitters and hydraulic characterization of trapezoidal units. *Agricultural Water Management*, 90(1–2), 13–26. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.01.007>

Juana, Lus, Losada, A., Rodríguez-Sinobas, L., & Sánchez, R. (2004). Analytical relationships for designing rectangular drip irrigation units. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 130(1), 47–59. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9437\(2004\)130:1\(47\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9437(2004)130:1(47))

Keller, J., & Karmeli, D. (1974). Trickle irrigation desing parameters. ASAE.

Keller, Jack, & Bliesner, R. D. (1990). *Sprinkle and Trickle Irrigation*. Kluwer Academic.

Ley 373 de 1997 [Congreso de la República] por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. 6 de junio de 1997.

Madramootoo, C. A., & Morrison, J. (2013). Advances and challenges with micro-irrigation: Advances and challenges with micro-irrigation. *Irrig. Drain.*, 62(3), 255–261.

Merriam, J. L., & Keller, J. (1978). *Farm irrigation system evaluation: A guide for management*. Farm irrigation system evaluation: a guide for management.

Mohamed, A. Z., Peters, R. T., Zhu, X., & Sarwar, A. (2019). Adjusting irrigation uniformity coefficients for unimportant variability on a small scale. *Agric. Water Manag.*, 213, 1078–1083.

Moot, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos*. Pearson Educación de México, S.A de C.V.

Organización de las Naciones Unidas. (2015, enero). Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Pizarro, F. (1999). *Riegos localizados de alta frecuencia*. Mundiprensa.

Ranjan, S. &, & Sow, S. (2020). Drip Irrigation System for Sustainable Agriculture. *AGRICULTURE & FOOD: e-Newsletter*.

Sánchez, J. E. V., Tamayo, J. H. C., & Herrera, J. G. Á. (2014). Evaluación de goteros utilizados en microirrigación en Colombia. *Rev. colomb. cienc. hortíc.*, 7(2), 186–200.

Schwankl, L. J., & Hanson, L. R. (2007). 12. Surface drip irrigation. En *Developments in Agricultural Engineering* (Vol. 13, pp. 431–472). Elsevier.

Shikiomanov, I. A. (1993). *Water in crisis: A guide to the world's fresh-water resources* (P. H. Gleick, Ed.). Oxford University Press.

Silveira, L. K., Pavão, G. C., dos Santos Dias, C. T., Quaggio, J. A., & Pires, R. C. de M. (2020). Deficit irrigation effect on fruit yield, quality and water use efficiency: A long-term study on Pêra-IAC sweet orange. *Agric. Water Manag.*, 231(106019), 106019.

Torres, R. A. T. (2021). Efecto De Las Fugas En El Coeficiente De Uniformidad En Laterales De Riego Por Goteo. *Universidad Surcolombiana*.

Valiantzas, J. D. (2005). Modified Hazen-Williams and Darcy-Weisbach equations for friction and local head losses along irrigation lateral. *Journal of irrigation and drainage*. ASCE, Renton, 131(4), 342–350.

Vélez, J. E. (2012). Riego en hortalizas. En R. En: Pinzón (Ed.), *Manual para el cultivo de hortalizas*. Produmedios (pp. 107–121).

Wu, I.-P., & H. M. Gitlin. (1974). Drip irrigation design based on uniformity. Transactions of the ASAE. American Society of Agricultural Engineers, 17(3), 0429–0432. <https://doi.org/10.13031/2013.36875>

Zhang, L., & Merkle, G. P. (2012). Relationships between common irrigation application uniformity indicators. Irrigation Science, 30(2), 83–88. <https://doi.org/10.1007/s00271-011-0264-6>

12. ANEXOS

Anexos A. Caudales de Aforo de Emisores del Lateral en tres condiciones de Pendiente

Emisor	Longitud del Lateral (m)	Pendiente Uniforme (0%)				Pendiente Ascendente (2%)				Pendiente Descendente (-2%)			
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
		Caudal (LPH)				Caudal (LPH)				Caudal (LPH)			
1	0.6	3.84	3.72	3.72	3.78	3.78	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.96	3.96
2	1.2	4.08	4.08	4.08	4.08	4.08	3.9	3.9	3.84	4.02	4.08	4.02	4.14
3	1.8	4.08	4.08	4.11	4.14	4.14	4.14	4.08	4.14	4.08	4.08	4.08	4.08
4	2.4	4.14	4.02	4.02	4.08	4.14	4.2	3.84	4.14	4.02	4.02	4.08	4.08
5	3,0	4.02	3.9	3.9	3.84	4.14	4.14	4.08	4.08	4.02	4.14	4.14	4.14
6	3.6	3.66	3.6	3.54	3.6	3.78	3.78	3.78	4.08	3.66	3.66	3.66	3.66
7	4.2	3.6	3.66	3.66	3.48	3.78	3.78	3.78	3.78	3.66	3.6	3.6	3.6
8	4.8	3.66	3.6	3.54	3.54	3.84	3.78	3.84	3.9	3.78	3.78	3.78	3.78
9	5.4	4.14	4.14	4.14	4.2	4.08	4.14	4.14	4.14	3.72	3.72	3.72	3.72
10	6,0	3.9	3.78	3.54	3.78	3.84	3.9	3.96	4.14	3.72	3.78	3.6	3.6
11	6.6	3.6	3.96	3.9	4.14	3.9	3.9	4.14	3.96	3.6	3.54	3.6	3.54
12	7.2	4.14	4.08	4.08	4.14	3.9	3.96	4.14	3.96	3.6	3.6	3.6	3.66
13	7.8	4.02	3.9	3.9	3.96	4.08	4.14	4.2	4.14	4.02	3.96	3.96	4.02
14	8.4	3.9	3.84	3.78	3.84	4.14	4.14	4.14	3.6	3.9	3.9	3.9	3.9
15	9,0	4.14	3.96	3.9	3.96	4.14	4.08	4.2	4.14	3.96	3.96	4.02	4.02
16	9.6	3.78	3.9	3.96	3.96	4.14	4.14	3.96	4.08	4.08	4.02	4.08	4.02
17	10.2	3.6	3.6	3.66	3.54	3.6	3.6	3.6	3.6	3.54	3.6	3.6	3.54
18	10.8	3.6	3.72	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.54	3.6
19	11.4	3.78	3.84	3.72	3.78	3.66	3.6	3.6	3.6	3.6	3.54	3.6	3.54
20	12,0	4.14	4.02	4.14	4.02	4.14	4.14	4.2	3.9	3.96	3.96	4.02	4.02
21	12.6	3.78	3.6	3.54	3.6	3.66	3.66	3.6	3.6	3.6	3.6	3.54	3.6
22	13.2	4.02	3.96	3.96	3.96	4.2	4.14	4.2	4.14	4.08	4.02	4.02	4.02
23	13.8	4.14	4.02	4.02	3.9	4.2	4.14	4.2	4.08	4.08	4.02	4.08	4.02
24	14.4	4.08	3.96	3.9	3.6	4.02	4.08	4.08	3.84	4.02	4.02	4.02	3.96
25	15,0	3.72	3.6	3.6	3.66	3.72	3.72	3.66	3.6	3.72	3.72	3.84	3.9
26	15.6	3.66	3.6	3.6	3.6	3.72	3.66	3.66	3.66	3.72	3.66	3.72	3.66

27	16.2	3.96	3.72	3.66	3.6	3.72	3.72	3.66	3.66	3.66	3.6	3.54	3.66
28	16.8	4.14	4.02	4.02	3.9	3.6	3.9	3.66	4.02	4.02	3.9	3.9	4.02
29	17.4	3.78	3.72	3.72	4.08	4.14	4.08	4.08	4.14	3.78	3.72	3.78	3.72
30	18,0	3.6	3.72	3.54	3.72	3.66	3.6	3.72	3.66	3.6	3.6	3.84	3.6
31	18.6	3.66	3.6	3.66	3.54	3.84	3.84	3.84	3.78	3.66	3.66	3.66	3.6
32	19.2	4.14	4.08	4.02	4.08	4.08	4.02	3.84	3.72	3.78	3.66	3.72	3.72
33	19.8	4.02	3.6	4.08	3.96	4.08	4.14	4.14	4.08	4.02	3.96	3.96	4.02
34	20.4	4.02	3.96	3.96	3.96	3.78	3.84	3.78	3.84	3.6	3.66	3.72	3.66
35	21,0	3.78	3.78	3.72	3.72	3.96	3.9	3.66	4.02	3.78	3.78	3.84	3.78
36	21.6	3.78	3.66	3.6	3.72	3.84	3.78	3.78	3.84	3.84	3.78	3.78	3.78
37	22.2	3.66	3.6	3.6	3.6	3.72	3.72	3.66	3.6	3.72	3.66	3.66	3.66
38	22.8	4.2	4.14	4.02	4.14	3.78	3.78	3.72	3.6	4.02	4.02	4.08	4.08
39	23.4	3.66	3.6	3.6	3.72	3.66	3.72	3.66	3.66	3.84	3.84	3.72	3.66
40	24,0	3.6	3.6	3.54	3.63	3.72	3.66	3.66	3.72	3.66	3.78	3.6	3.6
41	24.6	3.9	3.96	3.9	4.02	4.08	4.08	4.14	4.08	4.14	4.02	4.02	4.08
42	25.2	3.78	3.66	3.72	3.66	3.72	3.66	3.66	3.66	3.78	3.78	3.78	3.72
43	25.8	3.96	3.6	3.84	3.9	4.08	4.08	4.02	3.9	4.14	4.08	4.2	4.08
44	26.4	4.08	4.02	4.2	4.08	3.66	3.78	3.72	3.72	4.14	4.14	4.2	4.2
45	27,0	4.08	3.84	3.78	3.84	3.78	3.72	3.72	3.66	3.78	3.78	3.84	3.84
46	27.6	4.14	4.14	4.02	3.6	4.02	4.02	4.14	4.02	4.14	4.2	4.2	4.2
47	28.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.66	3.78	3.6	3.6	3.66	3.66	3.78	3.66
48	28.8	4.02	4.02	3.96	4.02	4.2	4.38	4.02	4.2	3.96	3.96	4.08	3.96
49	29.4	4.08	4.08	4.02	4.2	4.2	4.2	4.08	3.78	4.08	4.14	4.2	4.2
50	30,0	3.84	3.84	3.66	3.72	3.78	3.9	3.78	3.78	3.66	3.66	3.66	3.6
51	30.6	3.9	3.72	3.72	3.72	3.9	3.78	3.72	3.78	3.72	3.72	3.78	3.78
52	31.2	3.72	3.78	3.78	3.9	3.6	3.84	3.72	3.72	3.84	3.78	3.78	3.78
53	31.8	3.72	3.63	3.6	3.66	3.96	4.14	4.02	3.9	3.96	3.9	3.9	3.96
54	32.4	4.08	3.6	3.66	3.66	3.6	3.78	3.6	3.6	3.6	3.54	3.54	3.54
55	33,0	4.08	4.02	4.02	4.14	4.14	4.08	3.54	3.54	4.08	4.02	4.02	4.02
56	33.6	4.14	4.08	3.84	3.78	4.2	4.14	4.2	4.14	4.02	4.02	4.02	4.02
57	34.2	3.72	3.72	3.78	3.66	3.84	3.84	3.78	3.78	3.78	3.84	3.78	3.78
58	34.8	4.08	3.78	3.54	3.54	3.72	3.66	3.66	3.66	3.6	3.66	3.6	3.6

59	35.4	3.78	3.78	3.72	3.78	3.78	3.84	3.78	3.78	3.9	3.9	3.96	3.9
60	36.0	3.78	3.96	3.72	3.72	3.54	3.6	3.6	3.6	3.6	3.54	3.6	3.6
61	36.6	4.14	4.02	3.96	4.02	4.14	4.14	4.08	4.14	4.14	4.08	3.96	4.02
62	37.2	3.96	3.96	3.9	3.78	4.08	4.02	4.08	4.14	4.02	4.08	3.96	3.96
63	37.8	3.9	3.84	3.84	3.9	3.96	3.96	4.02	4.02	3.9	3.9	3.9	3.84
64	38.4	4.02	3.66	3.9	3.54	3.66	3.66	3.6	3.66	3.6	3.66	3.66	3.66
65	39.0	3.72	3.66	3.6	3.72	3.84	3.84	3.78	3.84	3.66	3.66	3.66	3.66
66	39.6	4.08	4.02	4.02	4.08	3.96	3.96	3.9	4.02	4.08	4.14	3.96	4.14
67	40.20	4.08	4.14	4.02	4.08	4.08	3.96	4.08	4.2	4.02	4.02	4.02	4.02
68	40.80	3.66	3.6	3.66	3.72	3.66	3.72	3.72	3.66	3.6	3.6	3.6	3.6
69	41.4	4.08	4.2	4.02	4.02	4.08	4.14	4.08	4.08	4.08	4.02	4.08	4.02
70	42.0	3.6	3.96	3.54	3.36	3.72	3.72	3.66	3.66	3.66	3.66	3.6	3.6
71	42.6	4.2	3.78	3.6	3.6	3.66	3.72	3.72	3.66	3.84	3.84	3.84	3.84
72	43.2	4.08	3.6	3.84	3.66	3.66	3.72	3.72	3.6	3.78	3.72	3.66	3.6
73	43.8	3.66	3.66	4.08	3.48	3.66	3.66	3.78	3.78	3.78	3.78	3.72	3.78
74	44.4	4.14	4.14	4.14	4.2	4.02	4.02	4.02	4.02	4.14	4.08	4.08	4.08
75	45.0	3.78	3.66	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.54	3.6	3.66	3.66	3.66
76	45.6	4.26	3.6	3.6	3.6	3.66	3.78	3.72	3.54	3.72	3.78	3.78	3.72
77	46.2	4.14	4.14	4.14	4.14	3.66	3.6	3.66	3.54	4.02	3.96	3.96	3.96
78	46.8	4.14	3.72	3.66	3.54	3.72	3.66	3.66	3.54	3.72	3.78	3.78	3.78
79	47.4	3.6	3.6	3.6	3.6	3.66	3.72	3.66	3.6	3.6	3.6	3.6	3.54
80	48.0	4.14	4.14	4.14	4.14	3.78	3.84	3.96	4.02	4.08	4.08	4.08	4.08
81	48.6	4.02	4.2	3.96	3.96	4.08	3.9	3.96	3.9	4.08	3.96	3.96	4.02
82	49.2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.72	3.78	3.72	3.78	3.6	3.6	3.6	3.6
83	49.8	3.84	3.9	3.84	3.84	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.96	3.96	3.96

Anexo B. Pérdidas por Fricción en el Lateral para Pendiente Cero para las Cuatro Repeticiones

Emisor	% Longitud	Longitud Acumulada m	Prueba Uno					Prueba Dos				
			Caudal (LPH)	Caudal Acumulado (LPH)	Velocidad mm/S	Numero de Reynolds	Pérdidas por Fricción m	Caudal (LPH)	Caudal Acumulado (LPH)	Velocidad mm/S	Numero de Reynolds	Pérdidas por Fricción m
83	100%	0,60	3,84	3,84	7,914	102,648	1,47E-05	3,9	3,9	8,038	104,252	1,51E-05
82	99%	1,20	3,6	7,44	15,333	198,881	4,67E-05	3,6	7,5	15,457	200,485	4,74E-05
81	98%	1,80	4,02	11,46	23,618	306,341	9,95E-05	4,2	11,7	24,113	312,757	1,03E-04
80	96%	2,40	4,14	15,6	32,151	417,009	1,71E-04	4,14	15,84	32,645	423,424	1,75E-04
79	95%	3,00	3,6	19,2	39,570	513,242	2,45E-04	3,6	19,44	40,065	519,657	2,51E-04
78	94%	3,60	4,14	23,34	48,102	623,910	3,45E-04	3,72	23,16	47,731	619,098	3,41E-04
77	93%	4,20	4,14	27,48	56,635	734,577	4,60E-04	4,14	27,3	56,264	729,766	4,54E-04
76	92%	4,80	4,26	31,74	65,414	848,453	5,91E-04	3,6	30,9	63,683	825,999	5,64E-04
75	90%	5,40	3,78	35,52	73,205	949,497	7,20E-04	3,66	34,56	71,226	923,835	6,86E-04
74	89%	6,00	4,14	39,66	81,737	1060,165	8,73E-04	4,14	38,7	79,758	1034,503	8,37E-04
73	88%	6,60	3,66	43,32	89,280	1158,002	1,02E-03	3,66	42,36	87,301	1132,340	9,80E-04
72	87%	7,20	4,08	47,4	97,688	1267,066	1,19E-03	3,6	45,96	94,721	1228,573	1,13E-03
71	86%	7,80	4,2	51,6	106,344	1379,337	1,38E-03	3,78	49,74	102,511	1329,617	1,30E-03
70	84%	8,40	3,6	55,2	113,764	1475,570	1,56E-03	3,96	53,7	110,672	1435,473	1,48E-03
69	83%	9,00	4,08	59,28	122,172	1584,634	1,76E-03	4,2	57,9	119,328	1547,745	1,69E-03
68	82%	9,60	3,66	62,94	129,715	1682,471	1,96E-03	3,6	61,5	126,748	1643,978	1,88E-03
67	81%	10,20	4,08	67,02	138,124	1791,535	2,19E-03	4,14	65,64	135,280	1754,645	2,11E-03
66	80%	10,80	4,08	71,1	146,533	1900,599	2,43E-03	4,02	69,66	143,565	1862,105	2,34E-03
65	78%	11,40	3,72	74,82	154,199	2000,039	2,65E-03	3,66	73,32	151,108	1959,942	2,56E-03
64	77%	12,00	4,02	78,84	162,484	2107,499	2,91E-03	3,66	76,98	158,651	2057,779	2,79E-03
63	76%	12,60	3,9	82,74	170,522	2211,751	3,16E-03	3,84	80,82	166,565	2160,427	3,04E-03
62	75%	13,20	3,96	86,7	178,683	2317,608	3,43E-03	3,96	84,78	174,726	2266,283	3,30E-03
61	73%	13,80	4,14	90,84	187,216	2428,275	3,72E-03	4,02	88,8	183,011	2373,743	3,58E-03

60	72%	14,40	3,78	94,62	195,006	2529,320	4,00E-03	3,96	92,76	191,173	2479,600	3,86E-03
59	71%	15,00	3,78	98,4	202,796	2630,364	4,28E-03	3,78	96,54	198,963	2580,644	4,14E-03
58	70%	15,60	4,08	102,48	211,205	2739,428	4,60E-03	3,78	100,32	206,753	2681,688	4,43E-03
57	69%	16,20	3,72	106,2	218,872	2838,869	4,90E-03	3,72	104,04	214,420	2781,129	4,72E-03
56	67%	16,80	4,14	110,34	227,404	2949,537	5,23E-03	4,08	108,12	222,829	2890,193	5,05E-03
55	66%	17,40	4,08	114,42	235,813	3058,600	5,58E-03	4,02	112,14	231,114	2997,653	5,39E-03
54	65%	18,00	4,08	118,5	244,221	3167,664	5,93E-03	3,6	115,74	238,533	3093,886	5,69E-03
53	64%	18,60	3,72	122,22	251,888	3267,105	6,26E-03	3,63	119,37	246,014	3190,921	6,01E-03
52	63%	19,20	3,72	125,94	259,555	3366,546	6,60E-03	3,78	123,15	253,805	3291,965	6,34E-03
51	61%	19,80	3,9	129,84	267,592	3470,798	6,96E-03	3,72	126,87	261,471	3391,406	6,68E-03
50	60%	20,40	3,84	133,68	275,506	3573,446	7,32E-03	3,84	130,71	269,385	3494,054	7,04E-03
49	59%	21,00	4,08	137,76	283,915	3682,510	7,72E-03	4,08	134,79	277,794	3603,118	7,43E-03
48	58%	21,60	4,02	141,78	292,200	3789,970	8,12E-03	4,02	138,81	286,079	3710,578	7,82E-03
47	57%	22,20	3,6	145,38	299,619	3886,203	8,48E-03	3,6	142,41	293,498	3806,811	8,18E-03
46	55%	22,80	4,14	149,52	308,152	3996,871	8,91E-03	4,14	146,55	302,031	3917,479	8,60E-03
45	54%	23,40	4,08	153,6	316,560	4105,935	9,34E-03	3,84	150,39	309,945	4020,127	9,00E-03
44	53%	24,00	4,08	157,68	324,969	4214,998	9,78E-03	4,02	154,41	318,230	4127,587	9,43E-03
43	52%	24,60	3,96	161,64	333,130	4320,855	1,02E-02	3,6	158,01	325,649	4223,820	9,81E-03
42	51%	25,20	3,78	165,42	340,920	4421,899	1,06E-02	3,66	161,67	333,192	4321,656	1,02E-02
41	49%	25,80	3,9	169,32	348,958	4526,151	1,11E-02	3,96	165,63	341,353	4427,513	1,07E-02
40	48%	26,40	3,6	172,92	356,377	4622,384	1,15E-02	3,6	169,23	348,773	4523,745	1,11E-02
39	47%	27,00	3,66	176,58	363,921	4720,221	1,19E-02	3,6	172,83	356,192	4619,978	1,15E-02
38	46%	27,60	4,2	180,78	372,576	4832,492	1,24E-02	4,14	176,97	364,724	4730,646	1,20E-02
37	45%	28,20	3,66	184,44	380,119	4930,329	1,29E-02	3,6	180,57	372,144	4826,879	1,24E-02
36	43%	28,80	3,78	188,22	387,910	5031,374	1,33E-02	3,66	184,23	379,687	4924,716	1,28E-02
35	42%	29,40	3,78	192	395,700	5132,418	1,38E-02	3,78	188,01	387,477	5025,760	1,33E-02
34	41%	30,00	4,02	196,02	403,985	5239,878	1,43E-02	3,96	191,97	395,638	5131,616	1,38E-02
33	40%	30,60	4,02	200,04	412,270	5347,338	1,48E-02	3,6	195,57	403,058	5227,849	1,43E-02
32	39%	31,20	4,14	204,18	420,802	5458,006	1,54E-02	4,08	199,65	411,466	5336,913	1,48E-02
31	37%	31,80	3,66	207,84	428,345	5555,843	1,59E-02	3,6	203,25	418,886	5433,146	1,52E-02
30	36%	32,40	3,6	211,44	435,765	5652,075	1,63E-02	3,72	206,97	426,552	5532,586	1,57E-02

29	35%	33,00	3,78	215,22	443,555	5753,120	1,69E-02	3,72	210,69	434,219	5632,027	1,62E-02
28	34%	33,60	4,14	219,36	452,087	5863,788	1,74E-02	4,02	214,71	442,504	5739,487	1,68E-02
27	33%	34,20	3,96	223,32	460,249	5969,644	1,80E-02	3,72	218,43	450,171	5838,928	1,73E-02
26	31%	34,80	3,66	226,98	467,792	6067,481	1,85E-02	3,6	222,03	457,590	5935,160	1,78E-02
25	30%	35,40	3,72	230,7	475,459	6166,921	1,90E-02	3,6	225,63	465,010	6031,393	1,83E-02
24	29%	36,00	4,08	234,78	483,867	6275,985	1,96E-02	3,96	229,59	473,171	6137,249	1,89E-02
23	28%	36,60	4,14	238,92	492,399	6386,653	2,02E-02	4,02	233,61	481,456	6244,709	1,95E-02
22	27%	37,20	4,02	242,94	500,684	6494,113	2,08E-02	3,96	237,57	489,617	6350,566	2,00E-02
21	25%	37,80	3,78	246,72	508,475	6595,157	2,14E-02	3,6	241,17	497,037	6446,798	2,06E-02
20	24%	38,40	4,14	250,86	517,007	6705,825	2,20E-02	4,02	245,19	505,322	6554,258	2,12E-02
19	23%	39,00	3,78	254,64	524,797	6806,870	2,26E-02	3,84	249,03	513,236	6656,907	2,18E-02
18	22%	39,60	3,6	258,24	532,217	6903,102	2,32E-02	3,72	252,75	520,902	6756,347	2,23E-02
17	20%	40,20	3,6	261,84	539,636	6999,335	2,38E-02	3,6	256,35	528,322	6852,580	2,29E-02
16	19%	40,80	3,78	265,62	547,426	7100,380	2,44E-02	3,9	260,25	536,359	6956,832	2,35E-02
15	18%	41,40	4,14	269,76	555,959	7211,048	2,50E-02	3,96	264,21	544,521	7062,689	2,41E-02
14	17%	42,00	3,9	273,66	563,996	7315,300	2,57E-02	3,84	268,05	552,435	7165,337	2,47E-02
13	16%	42,60	4,02	277,68	572,281	7422,760	2,63E-02	3,9	271,95	560,472	7269,589	2,54E-02
12	14%	43,20	4,14	281,82	580,814	7533,428	2,70E-02	4,08	276,03	568,881	7378,653	2,60E-02
11	13%	43,80	3,6	285,42	588,233	7629,660	2,76E-02	3,96	279,99	577,042	7484,509	2,67E-02
10	12%	44,40	3,9	289,32	596,271	7733,913	2,83E-02	3,78	283,77	584,833	7585,554	2,73E-02
9	11%	45,00	4,14	293,46	604,803	7844,580	2,90E-02	4,14	287,91	593,365	7696,221	2,80E-02
8	10%	45,60	3,66	297,12	612,346	7942,417	2,96E-02	3,6	291,51	600,784	7792,454	2,87E-02
7	8%	46,20	3,6	300,72	619,765	8038,650	3,03E-02	3,66	295,17	608,327	7890,291	2,93E-02
6	7%	46,80	3,66	304,38	627,308	8136,487	3,09E-02	3,6	298,77	615,747	7986,524	2,99E-02
5	6%	47,40	4,02	308,4	635,593	8243,947	3,16E-02	3,9	302,67	623,784	8090,776	3,06E-02
4	5%	48,00	4,14	312,54	644,126	8354,614	3,24E-02	4,02	306,69	632,069	8198,236	3,13E-02
3	4%	48,60	4,08	316,62	652,534	8463,678	3,31E-02	4,08	310,77	640,478	8307,300	3,21E-02
2	2%	49,20	4,08	320,7	660,943	8572,742	3,39E-02	4,08	314,85	648,886	8416,364	3,28E-02
1	1%	49,80	3,84	324,54	668,857	8675,391	3,46E-02	3,72	318,57	656,553	8515,804	3,35E-02

Prueba Tres					Prueba Cuatro				
Caudal (LPH)	Caudal Acumulado (LPH)	Velocidad mm/S	Numero de Reynolds	Pérdidas por Fricción m	Caudal (LPH)	Caudal Acumulado (LPH)	Velocidad mm/S	Numero de Reynolds	Pérdidas por Fricción m
3,84	3,84	7,914	102,648	1,47E-05	3,84	3,840	7,914	102,648	1,468E-05
3,6	7,44	15,333	198,881	4,67E-05	3,60	7,440	15,333	198,881	4,670E-05
3,96	11,4	23,495	304,737	9,86E-05	3,96	11,400	23,495	304,737	9,856E-05
4,14	15,54	32,027	415,405	1,69E-04	4,14	15,540	32,027	415,405	1,695E-04
3,6	19,14	39,446	511,638	2,44E-04	3,60	19,140	39,446	511,638	2,441E-04
3,66	22,8	46,989	609,475	3,32E-04	3,54	22,680	46,742	606,267	3,285E-04
4,14	26,94	55,522	720,142	4,44E-04	4,14	26,820	55,274	716,935	4,405E-04
3,6	30,54	62,941	816,375	5,53E-04	3,60	30,420	62,694	813,168	5,491E-04
3,6	34,14	70,360	912,608	6,72E-04	3,60	34,020	70,113	909,400	6,678E-04
4,14	38,28	78,893	1023,276	8,21E-04	4,20	38,220	78,769	1021,672	8,187E-04
4,08	42,36	87,301	1132,340	9,80E-04	3,48	41,700	85,941	1114,697	9,536E-04
3,84	46,2	95,215	1234,988	1,14E-03	3,66	45,360	93,484	1212,534	1,105E-03
3,6	49,8	102,635	1331,221	1,30E-03	3,60	48,960	100,904	1308,767	1,263E-03
3,54	53,34	109,930	1425,850	1,47E-03	3,36	52,320	107,828	1398,584	1,418E-03
4,02	57,36	118,215	1533,310	1,67E-03	4,02	56,340	116,113	1506,044	1,615E-03
3,66	61,02	125,758	1631,147	1,86E-03	3,72	60,060	123,780	1605,485	1,806E-03
4,02	65,04	134,043	1738,607	2,08E-03	4,08	64,140	132,189	1714,548	2,026E-03
4,02	69,06	142,328	1846,067	2,31E-03	4,08	68,220	140,597	1823,612	2,257E-03
3,6	72,66	149,748	1942,299	2,52E-03	3,72	71,940	148,264	1923,053	2,476E-03
3,9	76,56	157,785	2046,552	2,76E-03	3,54	75,480	155,560	2017,682	2,693E-03
3,84	80,4	165,699	2149,200	3,01E-03	3,90	79,380	163,597	2121,934	2,942E-03
3,9	84,3	173,737	2253,452	3,27E-03	3,78	83,160	171,388	2222,979	3,191E-03
3,96	88,26	181,898	2359,308	3,54E-03	4,02	87,180	179,673	2330,439	3,466E-03
3,72	91,98	189,565	2458,749	3,81E-03	3,72	90,900	187,339	2429,879	3,729E-03
3,72	95,7	197,232	2558,190	4,08E-03	3,78	94,680	195,130	2530,924	4,005E-03

3,54	99,24	204,528	2652,819	4,35E-03	3,54	98,220	202,425	2625,553	4,270E-03
3,78	103,02	212,318	2753,863	4,64E-03	3,66	101,880	209,968	2723,389	4,553E-03
3,84	106,86	220,232	2856,511	4,95E-03	3,78	105,660	217,759	2824,434	4,852E-03
4,02	110,88	228,517	2963,971	5,28E-03	4,14	109,800	226,291	2935,102	5,190E-03
3,66	114,54	236,060	3061,808	5,59E-03	3,66	113,460	233,834	3032,938	5,496E-03
3,6	118,14	243,479	3158,041	5,90E-03	3,66	117,120	241,377	3130,775	5,811E-03
3,78	121,92	251,270	3259,086	6,23E-03	3,90	121,020	249,415	3235,027	6,153E-03
3,72	125,64	258,936	3358,526	6,57E-03	3,72	124,740	257,081	3334,468	6,488E-03
3,66	129,3	266,479	3456,363	6,91E-03	3,72	128,460	264,748	3433,909	6,831E-03
4,02	133,32	274,764	3563,823	7,29E-03	4,20	132,660	273,404	3546,180	7,226E-03
3,96	137,28	282,926	3669,679	7,67E-03	4,02	136,680	281,689	3653,640	7,614E-03
3,6	140,88	290,345	3765,912	8,03E-03	3,60	140,280	289,108	3749,873	7,968E-03
4,02	144,9	298,630	3873,372	8,43E-03	3,60	143,880	296,528	3846,106	8,329E-03
3,78	148,68	306,420	3974,416	8,82E-03	3,84	147,720	304,442	3948,754	8,722E-03
4,2	152,88	315,076	4086,688	9,26E-03	4,08	151,800	312,850	4057,818	9,148E-03
3,84	156,72	322,990	4189,336	9,67E-03	3,90	155,700	320,888	4162,070	9,563E-03
3,72	160,44	330,657	4288,777	1,01E-02	3,66	159,360	328,431	4259,907	9,960E-03
3,9	164,34	338,695	4393,029	1,05E-02	4,02	163,380	336,716	4367,367	1,040E-02
3,54	167,88	345,990	4487,658	1,09E-02	3,63	167,010	344,197	4464,402	1,081E-02
3,6	171,48	353,410	4583,891	1,13E-02	3,72	170,730	351,864	4563,842	1,124E-02
4,02	175,5	361,695	4691,351	1,18E-02	4,14	174,870	360,396	4674,510	1,172E-02
3,6	179,1	369,114	4787,584	1,22E-02	3,60	178,470	367,816	4770,743	1,214E-02
3,6	182,7	376,533	4883,817	1,27E-02	3,72	182,190	375,482	4870,184	1,259E-02
3,72	186,42	384,200	4983,257	1,31E-02	3,72	185,910	383,149	4969,624	1,304E-02
3,96	190,38	392,361	5089,113	1,36E-02	3,96	189,870	391,310	5075,480	1,353E-02
4,08	194,46	400,770	5198,177	1,41E-02	3,96	193,830	399,472	5181,337	1,403E-02
4,02	198,48	409,055	5305,637	1,46E-02	4,08	197,910	407,880	5290,400	1,455E-02
3,66	202,14	416,598	5403,474	1,51E-02	3,54	201,450	415,176	5385,029	1,501E-02
3,54	205,68	423,894	5498,103	1,56E-02	3,72	205,170	422,843	5484,470	1,550E-02
3,72	209,4	431,561	5597,544	1,61E-02	4,08	209,250	431,251	5593,534	1,604E-02
4,02	213,42	439,845	5705,004	1,66E-02	3,90	213,150	439,289	5697,786	1,657E-02

3,66	217,08	447,389	5802,840	1,71E-02	3,60	216,750	446,708	5794,019	1,706E-02
3,6	220,68	454,808	5899,073	1,76E-02	3,60	220,350	454,128	5890,252	1,756E-02
3,6	224,28	462,227	5995,306	1,81E-02	3,66	224,010	461,671	5988,088	1,807E-02
3,9	228,18	470,265	6099,558	1,87E-02	3,60	227,610	469,090	6084,321	1,859E-02
4,02	232,2	478,550	6207,018	1,92E-02	3,90	231,510	477,128	6188,574	1,915E-02
3,96	236,16	486,711	6312,874	1,98E-02	3,96	235,470	485,289	6294,430	1,972E-02
3,54	239,7	494,007	6407,503	2,03E-02	3,60	239,070	492,709	6390,663	2,025E-02
4,14	243,84	502,539	6518,171	2,10E-02	4,02	243,090	500,994	6498,123	2,085E-02
3,72	247,56	510,206	6617,612	2,15E-02	3,78	246,870	508,784	6599,167	2,143E-02
3,6	251,16	517,625	6713,845	2,21E-02	3,60	250,470	516,203	6695,400	2,198E-02
3,66	254,82	525,168	6811,681	2,26E-02	3,54	254,010	523,499	6790,029	2,252E-02
3,96	258,78	533,330	6917,537	2,33E-02	3,96	257,970	531,660	6895,885	2,314E-02
3,9	262,68	541,367	7021,790	2,39E-02	3,96	261,930	539,822	7001,741	2,376E-02
3,78	266,46	549,158	7122,834	2,45E-02	3,84	265,770	547,736	7104,389	2,438E-02
3,9	270,36	557,195	7227,086	2,51E-02	3,96	269,730	555,897	7210,246	2,502E-02
4,08	274,44	565,604	7336,150	2,58E-02	4,14	273,870	564,429	7320,913	2,569E-02
3,9	278,34	573,642	7440,402	2,64E-02	4,14	278,010	572,962	7431,581	2,638E-02
3,54	281,88	580,937	7535,031	2,70E-02	3,78	281,790	580,752	7532,626	2,701E-02
4,14	286,02	589,470	7645,699	2,77E-02	4,20	285,990	589,408	7644,897	2,772E-02
3,54	289,56	596,765	7740,328	2,83E-02	3,54	289,530	596,704	7739,526	2,832E-02
3,66	293,22	604,308	7838,165	2,90E-02	3,48	293,010	603,876	7832,551	2,892E-02
3,54	296,76	611,604	7932,794	2,96E-02	3,60	296,610	611,295	7928,784	2,954E-02
3,9	300,66	619,642	8037,046	3,03E-02	3,84	300,450	619,209	8031,432	3,021E-02
4,02	304,68	627,927	8144,506	3,10E-02	4,08	304,530	627,618	8140,496	3,094E-02
4,11	308,79	636,397	8254,372	3,17E-02	4,14	308,670	636,150	8251,164	3,168E-02
4,08	312,87	644,806	8363,436	3,24E-02	4,08	312,750	644,559	8360,228	3,241E-02
3,72	316,59	652,473	8462,876	3,31E-02	3,78	316,530	652,349	8461,272	3,310E-02

Anexo B1. Pérdidas por Fricción en el Lateral para Pendiente Ascendente para las Cuatro Repeticiones

Emisor	% Longitud	Longitud Acumulada m	Prueba Uno					Prueba Dos				
			Caudal (LPH)	Caudal Acumulado (LPH)	Velocidad mm/S	Numero de Reynolds	Pérdidas por Fricción m	Caudal (LPH)	Caudal Acumulado (LPH)	Velocidad mm/S	Numero de Reynolds	Pérdidas por Fricción m
83	100%	0,60	3,9	3,9	8,038	104,252	1,51E-05	3,9	3,9	8,038	104,252	1,51E-05
82	99%	1,20	3,72	7,8	16,075	208,504	5,07E-05	3,78	7,8	16,075	208,504	5,07E-05
81	98%	1,80	4,08	11,52	23,742	307,945	1,00E-04	3,9	11,58	23,866	309,549	1,01E-04
80	96%	2,40	3,78	15,6	32,151	417,009	1,71E-04	3,84	15,48	31,903	413,801	1,68E-04
79	95%	3,00	3,66	19,38	39,941	518,053	2,49E-04	3,72	19,32	39,817	516,450	2,48E-04
78	94%	3,60	3,72	23,04	47,484	615,890	3,38E-04	3,66	23,04	47,484	615,890	3,38E-04
77	93%	4,20	3,66	26,76	55,151	715,331	4,39E-04	3,6	26,7	55,027	713,727	4,37E-04
76	92%	4,80	3,66	30,42	62,694	813,168	5,49E-04	3,78	30,3	62,446	809,960	5,45E-04
75	90%	5,40	3,6	34,08	70,237	911,004	6,70E-04	3,6	34,08	70,237	911,004	6,70E-04
74	89%	6,00	4,02	37,68	77,656	1007,237	7,99E-04	4,02	37,68	77,656	1007,237	7,99E-04
73	88%	6,60	3,66	41,7	85,941	1114,697	9,54E-04	3,66	41,7	85,941	1114,697	9,54E-04
72	87%	7,20	3,66	45,36	93,484	1212,534	1,10E-03	3,72	45,36	93,484	1212,534	1,10E-03
71	86%	7,80	3,66	49,02	101,027	1310,371	1,27E-03	3,72	49,08	101,151	1311,974	1,27E-03
70	84%	8,40	3,72	52,68	108,570	1408,207	1,44E-03	3,72	52,8	108,818	1411,415	1,44E-03
69	83%	9,00	4,08	56,4	116,237	1507,648	1,62E-03	4,14	56,52	116,484	1510,856	1,62E-03
68	82%	9,60	3,66	60,48	124,646	1616,712	1,83E-03	3,72	60,66	125,017	1621,523	1,84E-03
67	81%	10,20	4,08	64,14	132,189	1714,548	2,03E-03	3,96	64,38	132,683	1720,964	2,04E-03
66	80%	10,80	3,96	68,22	140,597	1823,612	2,26E-03	3,96	68,34	140,845	1826,820	2,26E-03
65	78%	11,40	3,84	72,18	148,759	1929,468	2,49E-03	3,84	72,3	149,006	1932,676	2,50E-03
64	77%	12,00	3,66	76,02	156,673	2032,117	2,73E-03	3,66	76,14	156,920	2035,325	2,73E-03
63	76%	12,60	3,96	79,68	164,216	2129,954	2,96E-03	3,96	79,8	164,463	2133,161	2,97E-03
62	75%	13,20	4,08	83,64	172,377	2235,810	3,22E-03	4,02	83,76	172,624	2239,017	3,23E-03

61	73%	13,80	4,14	87,72	180,786	2344,874	3,50E-03	4,14	87,78	180,909	2346,477	3,51E-03
60	72%	14,40	3,54	91,86	189,318	2455,541	3,80E-03	3,6	91,92	189,441	2457,145	3,80E-03
59	71%	15,00	3,78	95,4	196,614	2550,170	4,06E-03	3,84	95,52	196,861	2553,378	4,07E-03
58	70%	15,60	3,72	99,18	204,404	2651,215	4,34E-03	3,66	99,36	204,775	2656,026	4,36E-03
57	69%	16,20	3,84	102,9	212,071	2750,655	4,63E-03	3,84	103,02	212,318	2753,863	4,64E-03
56	67%	16,80	4,2	106,74	219,985	2853,304	4,94E-03	4,14	106,86	220,232	2856,511	4,95E-03
55	66%	17,40	4,14	110,94	228,641	2965,575	5,28E-03	4,08	111	228,764	2967,179	5,29E-03
54	65%	18,00	3,6	115,08	237,173	3076,243	5,63E-03	3,78	115,08	237,173	3076,243	5,63E-03
53	64%	18,60	3,96	118,68	244,592	3172,476	5,95E-03	4,14	118,86	244,963	3177,288	5,96E-03
52	63%	19,20	3,6	122,64	252,753	3278,332	6,30E-03	3,84	123	253,495	3287,955	6,33E-03
51	61%	19,80	3,9	126,24	260,173	3374,565	6,63E-03	3,78	126,84	261,409	3390,604	6,68E-03
50	60%	20,40	3,78	130,14	268,211	3478,817	6,99E-03	3,9	130,62	269,200	3491,648	7,03E-03
49	59%	21,00	4,2	133,92	276,001	3579,862	7,35E-03	4,2	134,52	277,237	3595,900	7,40E-03
48	58%	21,60	4,2	138,12	284,657	3692,133	7,75E-03	4,38	138,72	285,893	3708,172	7,81E-03
47	57%	22,20	3,66	142,32	293,313	3804,405	8,17E-03	3,78	143,1	294,920	3825,255	8,25E-03
46	55%	22,80	4,02	145,98	300,856	3902,242	8,54E-03	4,02	146,88	302,711	3926,300	8,64E-03
45	54%	23,40	3,78	150	309,141	4009,702	8,96E-03	3,72	150,9	310,996	4033,760	9,05E-03
44	53%	24,00	3,66	153,78	316,931	4110,746	9,36E-03	3,78	154,62	318,662	4133,200	9,45E-03
43	52%	24,60	4,08	157,44	324,474	4208,583	9,75E-03	4,08	158,4	326,453	4234,245	9,86E-03
42	51%	25,20	3,72	161,52	332,883	4317,647	1,02E-02	3,66	162,48	334,861	4343,309	1,03E-02
41	49%	25,80	4,08	165,24	340,549	4417,087	1,06E-02	4,08	166,14	342,404	4441,146	1,07E-02
40	48%	26,40	3,72	169,32	348,958	4526,151	1,11E-02	3,66	170,22	350,813	4550,209	1,12E-02
39	47%	27,00	3,66	173,04	356,625	4625,592	1,15E-02	3,72	173,88	358,356	4648,046	1,16E-02
38	46%	27,60	3,78	176,7	364,168	4723,429	1,19E-02	3,78	177,6	366,023	4747,487	1,20E-02
37	45%	28,20	3,72	180,48	371,958	4824,473	1,24E-02	3,72	181,38	373,813	4848,531	1,25E-02
36	43%	28,80	3,84	184,2	379,625	4923,914	1,28E-02	3,78	185,1	381,480	4947,972	1,29E-02
35	42%	29,40	3,96	188,04	387,539	5026,562	1,33E-02	3,9	188,88	389,270	5049,016	1,34E-02
34	41%	30,00	3,78	192	395,700	5132,418	1,38E-02	3,84	192,78	397,308	5153,269	1,39E-02
33	40%	30,60	4,08	195,78	403,491	5233,463	1,43E-02	4,14	196,62	405,222	5255,917	1,44E-02
32	39%	31,20	4,08	199,86	411,899	5342,527	1,48E-02	4,02	200,76	413,754	5366,585	1,49E-02
31	37%	31,80	3,84	203,94	420,308	5451,590	1,53E-02	3,84	204,78	422,039	5474,045	1,54E-02

30	36%	32,40	3,66	207,78	428,222	5554,239	1,58E-02	3,6	208,62	429,953	5576,693	1,60E-02
29	35%	33,00	4,14	211,44	435,765	5652,075	1,63E-02	4,08	212,22	437,372	5672,926	1,64E-02
28	34%	33,60	3,6	215,58	444,297	5762,743	1,69E-02	3,9	216,3	445,781	5781,990	1,70E-02
27	33%	34,20	3,72	219,18	451,716	5858,976	1,74E-02	3,72	220,2	453,819	5886,242	1,75E-02
26	31%	34,80	3,72	222,9	459,383	5958,417	1,79E-02	3,66	223,92	461,485	5985,683	1,81E-02
25	30%	35,40	3,72	226,62	467,050	6057,857	1,84E-02	3,72	227,58	469,028	6083,519	1,86E-02
24	29%	36,00	4,02	230,34	474,717	6157,298	1,90E-02	4,08	231,3	476,695	6182,960	1,91E-02
23	28%	36,60	4,2	234,36	483,002	6264,758	1,96E-02	4,14	235,38	485,104	6292,024	1,97E-02
22	27%	37,20	4,2	238,56	491,657	6377,030	2,02E-02	4,14	239,52	493,636	6402,692	2,03E-02
21	25%	37,80	3,66	242,76	500,313	6489,301	2,08E-02	3,66	243,66	502,168	6513,359	2,09E-02
20	24%	38,40	4,14	246,42	507,856	6587,138	2,14E-02	4,14	247,32	509,711	6611,196	2,15E-02
19	23%	39,00	3,66	250,56	516,389	6697,806	2,20E-02	3,6	251,46	518,244	6721,864	2,21E-02
18	22%	39,60	3,6	254,22	523,932	6795,642	2,26E-02	3,6	255,06	525,663	6818,097	2,27E-02
17	20%	40,20	3,6	257,82	531,351	6891,875	2,31E-02	3,6	258,66	533,082	6914,330	2,32E-02
16	19%	40,80	4,14	261,42	538,771	6988,108	2,37E-02	4,14	262,26	540,502	7010,562	2,38E-02
15	18%	41,40	4,14	265,56	547,303	7098,776	2,43E-02	4,08	266,4	549,034	7121,230	2,45E-02
14	17%	42,00	4,14	269,7	555,835	7209,444	2,50E-02	4,14	270,48	557,443	7230,294	2,51E-02
13	16%	42,60	4,08	273,84	564,367	7320,111	2,57E-02	4,14	274,62	565,975	7340,962	2,58E-02
12	14%	43,20	3,9	277,92	572,776	7429,175	2,64E-02	3,96	278,76	574,507	7451,630	2,65E-02
11	13%	43,80	3,9	281,82	580,814	7533,428	2,70E-02	3,9	282,72	582,669	7557,486	2,72E-02
10	12%	44,40	3,84	285,72	588,851	7637,680	2,77E-02	3,9	286,62	590,706	7661,738	2,78E-02
9	11%	45,00	4,08	289,56	596,765	7740,328	2,83E-02	4,14	290,52	598,744	7765,990	2,85E-02
8	10%	45,60	3,84	293,64	605,174	7849,392	2,90E-02	3,78	294,66	607,276	7876,658	2,92E-02
7	8%	46,20	3,78	297,48	613,088	7952,040	2,97E-02	3,78	298,44	615,066	7977,702	2,99E-02
6	7%	46,80	3,78	301,26	620,878	8053,085	3,04E-02	3,78	302,22	622,857	8078,747	3,05E-02
5	6%	47,40	4,14	305,04	628,669	8154,129	3,10E-02	4,14	306	630,647	8179,791	3,12E-02
4	5%	48,00	4,14	309,18	637,201	8264,797	3,18E-02	4,2	310,14	639,179	8290,459	3,19E-02
3	4%	48,60	4,14	313,32	645,733	8375,465	3,25E-02	4,14	314,34	647,835	8402,731	3,27E-02
2	2%	49,20	4,08	317,46	654,266	8486,133	3,33E-02	3,9	318,48	656,368	8513,399	3,35E-02
1	1%	49,80	3,78	321,54	662,674	8595,197	3,40E-02	3,9	322,38	664,405	8617,651	3,42E-02

Prueba Tres					Prueba Cuatro				
Caudal (LPH)	Caudal Acumulado (LPH)	Velocidad mm/S	Numero de Reynolds	Pérdidas por Fricción m	Caudal (LPH)	Caudal Acumulado (LPH)	Velocidad mm/S	Numero de Reynolds	Pérdidas por Fricción m
3,9	3,9	8,038	104,252	1,508E-05	3,90	3,900	8,038	104,252	1,508E-05
3,72	7,8	16,075	208,504	5,073E-05	3,78	7,800	16,075	208,504	5,073E-05
3,96	11,52	23,742	307,945	1,004E-04	3,90	11,580	23,866	309,549	1,013E-04
3,96	15,48	31,903	413,801	1,683E-04	4,02	15,480	31,903	413,801	1,683E-04
3,66	19,44	40,065	519,657	2,508E-04	3,60	19,500	40,188	521,261	2,522E-04
3,66	23,1	47,608	617,494	3,392E-04	3,54	23,100	47,608	617,494	3,392E-04
3,66	26,76	55,151	715,331	4,387E-04	3,54	26,640	54,903	712,123	4,353E-04
3,72	30,42	62,694	813,168	5,491E-04	3,54	30,180	62,199	806,752	5,415E-04
3,6	34,14	70,360	912,608	6,719E-04	3,54	33,720	69,495	901,381	6,575E-04
4,02	37,74	77,780	1008,841	8,008E-04	4,02	37,260	76,791	996,010	7,830E-04
3,78	41,76	86,065	1116,301	9,560E-04	3,78	41,280	85,076	1103,470	9,368E-04
3,72	45,54	93,855	1217,345	1,112E-03	3,60	45,060	92,866	1204,514	1,092E-03
3,72	49,26	101,522	1316,786	1,276E-03	3,66	48,660	100,285	1300,747	1,249E-03
3,66	52,98	109,189	1416,227	1,450E-03	3,66	52,320	107,828	1398,584	1,418E-03
4,08	56,64	116,732	1514,063	1,630E-03	4,08	55,980	115,371	1496,421	1,596E-03
3,72	60,72	125,140	1623,127	1,841E-03	3,66	60,060	123,780	1605,485	1,806E-03
4,08	64,44	132,807	1722,568	2,042E-03	4,20	63,720	131,323	1703,321	2,003E-03
3,9	68,52	141,216	1831,632	2,274E-03	4,02	67,920	139,979	1815,593	2,239E-03
3,78	72,42	149,253	1935,884	2,505E-03	3,84	71,940	148,264	1923,053	2,476E-03
3,6	76,2	157,044	2036,928	2,739E-03	3,66	75,780	156,178	2025,701	2,712E-03
4,02	79,8	164,463	2133,161	2,969E-03	4,02	79,440	163,721	2123,538	2,946E-03
4,08	83,82	172,748	2240,621	3,236E-03	4,14	83,460	172,006	2230,998	3,211E-03
4,08	87,9	181,156	2349,685	3,516E-03	4,14	87,600	180,538	2341,666	3,495E-03
3,6	91,98	189,565	2458,749	3,807E-03	3,60	91,740	189,070	2452,334	3,790E-03
3,78	95,58	196,984	2554,982	4,071E-03	3,78	95,340	196,490	2548,566	4,054E-03

3,66	99,36	204,775	2656,026	4,357E-03	3,66	99,120	204,280	2649,611	4,339E-03
3,78	103,02	212,318	2753,863	4,642E-03	3,78	102,780	211,823	2747,448	4,623E-03
4,2	106,8	220,108	2854,908	4,944E-03	4,14	106,560	219,614	2848,492	4,925E-03
3,54	111	228,764	2967,179	5,290E-03	3,54	110,700	228,146	2959,160	5,265E-03
3,6	114,54	236,060	3061,808	5,588E-03	3,60	114,240	235,442	3053,789	5,563E-03
4,02	118,14	243,479	3158,041	5,899E-03	3,90	117,840	242,861	3150,022	5,873E-03
3,72	122,16	251,764	3265,501	6,255E-03	3,72	121,740	250,899	3254,274	6,218E-03
3,72	125,88	259,431	3364,942	6,592E-03	3,78	125,460	258,565	3353,714	6,554E-03
3,78	129,6	267,098	3464,382	6,937E-03	3,78	129,240	266,356	3454,759	6,903E-03
4,08	133,38	274,888	3565,427	7,295E-03	3,78	133,020	274,146	3555,803	7,260E-03
4,02	137,46	283,297	3674,491	7,690E-03	4,20	136,800	281,936	3656,848	7,625E-03
3,6	141,48	291,582	3781,951	8,088E-03	3,60	141,000	290,592	3769,120	8,040E-03
4,14	145,08	299,001	3878,183	8,451E-03	4,02	144,600	298,012	3865,352	8,402E-03
3,72	149,22	307,533	3988,851	8,878E-03	3,66	148,620	306,297	3972,812	8,815E-03
3,72	152,94	315,200	4088,292	9,269E-03	3,72	152,280	313,840	4070,649	9,199E-03
4,02	156,66	322,867	4187,732	9,667E-03	3,90	156,000	321,506	4170,090	9,596E-03
3,66	160,68	331,152	4295,192	1,011E-02	3,66	159,900	329,544	4274,342	1,002E-02
4,14	164,34	338,695	4393,029	1,051E-02	4,08	163,560	337,087	4372,179	1,042E-02
3,66	168,48	347,227	4503,697	1,098E-02	3,72	167,640	345,496	4481,243	1,088E-02
3,66	172,14	354,770	4601,534	1,140E-02	3,66	171,360	353,162	4580,683	1,131E-02
3,72	175,8	362,313	4699,370	1,183E-02	3,60	175,020	360,705	4678,520	1,174E-02
3,66	179,52	369,980	4798,811	1,227E-02	3,60	178,620	368,125	4774,753	1,216E-02
3,78	183,18	377,523	4896,648	1,271E-02	3,84	182,220	375,544	4870,986	1,259E-02
3,66	186,96	385,313	4997,692	1,317E-02	4,02	186,060	383,458	4973,634	1,306E-02
3,78	190,62	392,856	5095,529	1,363E-02	3,84	190,080	391,743	5081,094	1,356E-02
4,14	194,4	400,646	5196,573	1,410E-02	4,08	193,920	399,657	5183,742	1,404E-02
3,84	198,54	409,179	5307,241	1,463E-02	3,72	198,000	408,066	5292,806	1,456E-02
3,84	202,38	417,093	5409,890	1,513E-02	3,78	201,720	415,733	5392,247	1,505E-02
3,72	206,22	425,007	5512,538	1,564E-02	3,66	205,500	423,523	5493,291	1,554E-02
4,08	209,94	432,673	5611,978	1,614E-02	4,14	209,160	431,066	5591,128	1,603E-02
3,66	214,02	441,082	5721,042	1,669E-02	4,02	213,300	439,598	5701,796	1,659E-02

3,66	217,68	448,625	5818,879	1,719E-02	3,66	217,320	447,883	5809,256	1,714E-02
3,66	221,34	456,168	5916,716	1,770E-02	3,66	220,980	455,426	5907,093	1,765E-02
3,66	225	463,711	6014,553	1,821E-02	3,60	224,640	462,969	6004,929	1,816E-02
4,08	228,66	471,254	6112,389	1,874E-02	3,84	228,240	470,389	6101,162	1,868E-02
4,2	232,74	479,663	6221,453	1,933E-02	4,08	232,080	478,303	6203,810	1,923E-02
4,2	236,94	488,319	6333,725	1,994E-02	4,14	236,160	486,711	6312,874	1,983E-02
3,6	241,14	496,975	6445,996	2,056E-02	3,60	240,300	495,244	6423,542	2,044E-02
4,2	244,74	504,394	6542,229	2,110E-02	3,90	243,900	502,663	6519,775	2,098E-02
3,6	248,94	513,050	6654,501	2,174E-02	3,60	247,800	510,701	6624,027	2,157E-02
3,6	252,54	520,469	6750,734	2,229E-02	3,60	251,400	518,120	6720,260	2,212E-02
3,6	256,14	527,889	6846,967	2,285E-02	3,60	255,000	525,539	6816,493	2,268E-02
3,96	259,74	535,308	6943,199	2,342E-02	4,08	258,600	532,959	6912,726	2,324E-02
4,2	263,7	543,469	7049,056	2,405E-02	4,14	262,680	541,367	7021,790	2,388E-02
4,14	267,9	552,125	7161,327	2,472E-02	3,60	266,820	549,900	7132,457	2,455E-02
4,2	272,04	560,658	7271,995	2,539E-02	4,14	270,420	557,319	7228,690	2,513E-02
4,14	276,24	569,314	7384,267	2,608E-02	3,96	274,560	565,851	7339,358	2,581E-02
4,14	280,38	577,846	7494,934	2,677E-02	3,96	278,520	574,013	7445,214	2,646E-02
3,96	284,52	586,378	7605,602	2,747E-02	4,14	282,480	582,174	7551,070	2,712E-02
4,14	288,48	594,540	7711,458	2,814E-02	4,14	286,620	590,706	7661,738	2,782E-02
3,84	292,62	603,072	7822,126	2,885E-02	3,90	290,760	599,238	7772,406	2,853E-02
3,78	296,46	610,986	7924,774	2,952E-02	3,78	294,660	607,276	7876,658	2,920E-02
3,78	300,24	618,776	8025,819	3,018E-02	4,08	298,440	615,066	7977,702	2,986E-02
4,08	304,02	626,567	8126,863	3,085E-02	4,08	302,520	623,475	8086,766	3,058E-02
3,84	308,1	634,975	8235,927	3,157E-02	4,14	306,600	631,884	8195,830	3,130E-02
4,08	311,94	642,889	8338,576	3,227E-02	4,14	310,740	640,416	8306,498	3,205E-02
3,9	316,02	651,298	8447,640	3,301E-02	3,84	314,880	648,948	8417,166	3,280E-02
3,9	319,92	659,335	8551,892	3,372E-02	3,90	318,720	656,862	8519,814	3,350E-02

Anexo B2. Pérdidas por Fricción en el Lateral para Pendiente Descendente para las Cuatro Repeticiones

Emisor	% Longitud	Longitud Acumulada m	Prueba Uno					Prueba Dos				
			Caudal (LPH)	Caudal Acumulado (LPH)	Velocidad mm/S	Numero de Reynolds	Pérdidas por Fricción m	Caudal (LPH)	Caudal Acumulado (LPH)	Velocidad mm/S	Numero de Reynolds	Pérdidas por Fricción m
83	100%	0,60	3,9	3,9	8,038	104,252	1,51E-05	3,96	3,96	8,161	105,856	1,55E-05
82	99%	1,20	3,6	7,5	15,457	200,485	4,74E-05	3,6	7,56	15,581	202,089	4,80E-05
81	98%	1,80	4,08	11,58	23,866	309,549	1,01E-04	3,96	11,52	23,742	307,945	1,00E-04
80	96%	2,40	4,08	15,66	32,274	418,613	1,72E-04	4,08	15,6	32,151	417,009	1,71E-04
79	95%	3,00	3,6	19,26	39,694	514,846	2,47E-04	3,6	19,2	39,570	513,242	2,45E-04
78	94%	3,60	3,72	22,98	47,360	614,286	3,36E-04	3,78	22,98	47,360	614,286	3,36E-04
77	93%	4,20	4,02	27	55,645	721,746	4,46E-04	3,96	26,94	55,522	720,142	4,44E-04
76	92%	4,80	3,72	30,72	63,312	821,187	5,59E-04	3,78	30,72	63,312	821,187	5,59E-04
75	90%	5,40	3,6	34,32	70,731	917,420	6,78E-04	3,66	34,38	70,855	919,024	6,80E-04
74	89%	6,00	4,14	38,46	79,264	1028,088	8,28E-04	4,08	38,46	79,264	1028,088	8,28E-04
73	88%	6,60	3,78	42,24	87,054	1129,132	9,75E-04	3,78	42,24	87,054	1129,132	9,75E-04
72	87%	7,20	3,78	46,02	94,844	1230,176	1,13E-03	3,72	45,96	94,721	1228,573	1,13E-03
71	86%	7,80	3,84	49,86	102,758	1332,825	1,30E-03	3,84	49,8	102,635	1331,221	1,30E-03
70	84%	8,40	3,66	53,52	110,301	1430,662	1,48E-03	3,66	53,46	110,178	1429,058	1,47E-03
69	83%	9,00	4,08	57,6	118,710	1539,725	1,68E-03	4,02	57,48	118,463	1536,518	1,67E-03
68	82%	9,60	3,6	61,2	126,129	1635,958	1,87E-03	3,6	61,08	125,882	1632,751	1,86E-03
67	81%	10,20	4,02	65,22	134,414	1743,418	2,09E-03	4,02	65,1	134,167	1740,211	2,08E-03
66	80%	10,80	4,08	69,3	142,823	1852,482	2,32E-03	4,14	69,24	142,699	1850,878	2,32E-03
65	78%	11,40	3,66	72,96	150,366	1950,319	2,54E-03	3,66	72,9	150,242	1948,715	2,53E-03
64	77%	12,00	3,6	76,56	157,785	2046,552	2,76E-03	3,66	76,56	157,785	2046,552	2,76E-03
63	76%	12,60	3,9	80,46	165,823	2150,804	3,01E-03	3,9	80,46	165,823	2150,804	3,01E-03
62	75%	13,20	4,02	84,48	174,108	2258,264	3,28E-03	4,08	84,54	174,232	2259,868	3,28E-03
61	73%	13,80	4,14	88,62	182,640	2368,932	3,57E-03	4,08	88,62	182,640	2368,932	3,57E-03

60	72%	14,40	3,6	92,22	190,060	2465,165	3,82E-03	3,54	92,16	189,936	2463,561	3,82E-03
59	71%	15,00	3,9	96,12	198,097	2569,417	4,11E-03	3,9	96,06	197,974	2567,813	4,11E-03
58	70%	15,60	3,6	99,72	205,517	2665,650	4,39E-03	3,66	99,72	205,517	2665,650	4,39E-03
57	69%	16,20	3,78	103,5	213,307	2766,694	4,68E-03	3,84	103,56	213,431	2768,298	4,68E-03
56	67%	16,80	4,02	107,52	221,592	2874,154	5,00E-03	4,02	107,58	221,716	2875,758	5,01E-03
55	66%	17,40	4,08	111,6	230,001	2983,218	5,34E-03	4,02	111,6	230,001	2983,218	5,34E-03
54	65%	18,00	3,6	115,2	237,420	3079,451	5,64E-03	3,54	115,14	237,296	3077,847	5,64E-03
53	64%	18,60	3,96	119,16	245,581	3185,307	5,99E-03	3,9	119,04	245,334	3182,099	5,98E-03
52	63%	19,20	3,84	123	253,495	3287,955	6,33E-03	3,78	122,82	253,124	3283,144	6,31E-03
51	61%	19,80	3,72	126,72	261,162	3387,396	6,67E-03	3,72	126,54	260,791	3382,584	6,65E-03
50	60%	20,40	3,66	130,38	268,705	3485,233	7,01E-03	3,66	130,2	268,334	3480,421	6,99E-03
49	59%	21,00	4,08	134,46	277,114	3594,297	7,40E-03	4,14	134,34	276,866	3591,089	7,39E-03
48	58%	21,60	3,96	138,42	285,275	3700,153	7,78E-03	3,96	138,3	285,028	3696,945	7,77E-03
47	57%	22,20	3,66	142,08	292,818	3797,989	8,15E-03	3,66	141,96	292,571	3794,782	8,14E-03
46	55%	22,80	4,14	146,22	301,350	3908,657	8,57E-03	4,2	146,16	301,227	3907,053	8,56E-03
45	54%	23,40	3,78	150	309,141	4009,702	8,96E-03	3,78	149,94	309,017	4008,098	8,95E-03
44	53%	24,00	4,14	154,14	317,673	4120,369	9,40E-03	4,14	154,08	317,549	4118,766	9,39E-03
43	52%	24,60	4,14	158,28	326,205	4231,037	9,84E-03	4,08	158,16	325,958	4227,829	9,83E-03
42	51%	25,20	3,78	162,06	333,996	4332,082	1,03E-02	3,78	161,94	333,748	4328,874	1,02E-02
41	49%	25,80	4,14	166,2	342,528	4442,749	1,07E-02	4,02	165,96	342,033	4436,334	1,07E-02
40	48%	26,40	3,66	169,86	350,071	4540,586	1,11E-02	3,78	169,74	349,824	4537,378	1,11E-02
39	47%	27,00	3,84	173,7	357,985	4643,235	1,16E-02	3,84	173,58	357,738	4640,027	1,16E-02
38	46%	27,60	4,02	177,72	366,270	4750,695	1,21E-02	4,02	177,6	366,023	4747,487	1,20E-02
37	45%	28,20	3,72	181,44	373,937	4850,135	1,25E-02	3,66	181,26	373,566	4845,324	1,25E-02
36	43%	28,80	3,84	185,28	381,851	4952,784	1,30E-02	3,78	185,04	381,356	4946,368	1,29E-02
35	42%	29,40	3,78	189,06	389,641	5053,828	1,34E-02	3,78	188,82	389,146	5047,412	1,34E-02
34	41%	30,00	3,6	192,66	397,060	5150,061	1,39E-02	3,66	192,48	396,689	5145,249	1,39E-02
33	40%	30,60	4,02	196,68	405,345	5257,521	1,44E-02	3,96	196,44	404,851	5251,105	1,44E-02
32	39%	31,20	3,78	200,46	413,136	5358,565	1,49E-02	3,66	200,1	412,394	5348,942	1,48E-02
31	37%	31,80	3,66	204,12	420,679	5456,402	1,54E-02	3,66	203,76	419,937	5446,779	1,53E-02
30	36%	32,40	3,6	207,72	428,098	5552,635	1,58E-02	3,6	207,36	427,356	5543,012	1,58E-02

29	35%	33,00	3,78	211,5	435,888	5653,679	1,63E-02	3,72	211,08	435,023	5642,452	1,63E-02
28	34%	33,60	4,02	215,52	444,173	5761,139	1,69E-02	3,9	214,98	443,061	5746,704	1,68E-02
27	33%	34,20	3,66	219,18	451,716	5858,976	1,74E-02	3,6	218,58	450,480	5842,937	1,73E-02
26	31%	34,80	3,72	222,9	459,383	5958,417	1,79E-02	3,66	222,24	458,023	5940,774	1,78E-02
25	30%	35,40	3,72	226,62	467,050	6057,857	1,84E-02	3,72	225,96	465,690	6040,215	1,84E-02
24	29%	36,00	4,02	230,64	475,335	6165,317	1,90E-02	4,02	229,98	473,975	6147,675	1,89E-02
23	28%	36,60	4,08	234,72	483,743	6274,381	1,96E-02	4,02	234	482,260	6255,135	1,95E-02
22	27%	37,20	4,08	238,8	492,152	6383,445	2,02E-02	4,02	238,02	490,545	6362,595	2,01E-02
21	25%	37,80	3,6	242,4	499,571	6479,678	2,08E-02	3,6	241,62	497,964	6458,827	2,06E-02
20	24%	38,40	3,96	246,36	507,733	6585,534	2,13E-02	3,96	245,58	506,125	6564,684	2,12E-02
19	23%	39,00	3,6	249,96	515,152	6681,767	2,19E-02	3,54	249,12	513,421	6659,313	2,18E-02
18	22%	39,60	3,6	253,56	522,572	6778,000	2,25E-02	3,6	252,72	520,840	6755,545	2,23E-02
17	20%	40,20	3,54	257,1	529,867	6872,629	2,30E-02	3,6	256,32	528,260	6851,778	2,29E-02
16	19%	40,80	4,08	261,18	538,276	6981,693	2,36E-02	4,02	260,34	536,545	6959,238	2,35E-02
15	18%	41,40	3,96	265,14	546,437	7087,549	2,43E-02	3,96	264,3	544,706	7065,094	2,41E-02
14	17%	42,00	3,9	269,04	554,475	7191,801	2,49E-02	3,9	268,2	552,744	7169,347	2,48E-02
13	16%	42,60	4,02	273,06	562,760	7299,261	2,56E-02	3,96	272,16	560,905	7275,203	2,54E-02
12	14%	43,20	3,6	276,66	570,179	7395,494	2,62E-02	3,6	275,76	568,324	7371,436	2,60E-02
11	13%	43,80	3,6	280,26	577,599	7491,727	2,68E-02	3,54	279,3	575,620	7466,065	2,66E-02
10	12%	44,40	3,72	283,98	585,265	7591,167	2,74E-02	3,78	283,08	583,410	7567,109	2,72E-02
9	11%	45,00	3,72	287,7	592,932	7690,608	2,80E-02	3,72	286,8	591,077	7666,550	2,79E-02
8	10%	45,60	3,78	291,48	600,722	7791,652	2,87E-02	3,78	290,58	598,868	7767,594	2,85E-02
7	8%	46,20	3,66	295,14	608,265	7889,489	2,93E-02	3,6	294,18	606,287	7863,827	2,91E-02
6	7%	46,80	3,66	298,8	615,808	7987,326	2,99E-02	3,66	297,84	613,830	7961,664	2,98E-02
5	6%	47,40	4,02	302,82	624,093	8094,786	3,06E-02	4,14	301,98	622,362	8072,331	3,05E-02
4	5%	48,00	4,02	306,84	632,378	8202,246	3,13E-02	4,02	306	630,647	8179,791	3,12E-02
3	4%	48,60	4,08	310,92	640,787	8311,310	3,21E-02	4,08	310,08	639,056	8288,855	3,19E-02
2	2%	49,20	4,02	314,94	649,072	8418,770	3,28E-02	4,08	314,16	647,464	8397,919	3,27E-02
1	1%	49,80	3,9	318,84	657,110	8523,022	3,35E-02	3,9	318,06	655,502	8502,171	3,34E-02

Prueba Tres					Prueba Cuatro				
Caudal (LPH)	Caudal Acumulado (LPH)	Velocidad mm/S	Numero de Reynolds	Pérdidas por Fricción m	Caudal (LPH)	Caudal Acumulado (LPH)	Velocidad mm/S	Numero de Reynolds	Pérdidas por Fricción m
3,96	3,96	8,161	105,856	1,549E-05	3,96	3,960	8,161	105,856	1,549E-05
3,6	7,56	15,581	202,089	4,803E-05	3,60	7,560	15,581	202,089	4,803E-05
3,96	11,52	23,742	307,945	1,004E-04	4,02	11,580	23,866	309,549	1,013E-04
4,08	15,6	32,151	417,009	1,706E-04	4,08	15,660	32,274	418,613	1,718E-04
3,6	19,2	39,570	513,242	2,454E-04	3,54	19,200	39,570	513,242	2,454E-04
3,78	22,98	47,360	614,286	3,361E-04	3,78	22,980	47,360	614,286	3,361E-04
3,96	26,94	55,522	720,142	4,439E-04	3,96	26,940	55,522	720,142	4,439E-04
3,78	30,72	63,312	821,187	5,586E-04	3,72	30,660	63,188	819,583	5,567E-04
3,66	34,38	70,855	919,024	6,802E-04	3,66	34,320	70,731	917,420	6,781E-04
4,08	38,46	79,264	1028,088	8,277E-04	4,08	38,400	79,140	1026,484	8,254E-04
3,72	42,18	86,930	1127,528	9,729E-04	3,78	42,180	86,930	1127,528	9,729E-04
3,66	45,84	94,473	1225,365	1,125E-03	3,60	45,780	94,350	1223,761	1,123E-03
3,84	49,68	102,387	1328,013	1,295E-03	3,84	49,620	102,264	1326,409	1,293E-03
3,6	53,28	109,807	1424,246	1,464E-03	3,60	53,220	109,683	1422,642	1,461E-03
4,08	57,36	118,215	1533,310	1,666E-03	4,02	57,240	117,968	1530,102	1,660E-03
3,6	60,96	125,635	1629,543	1,853E-03	3,60	60,840	125,387	1626,335	1,847E-03
4,02	64,98	133,920	1737,003	2,072E-03	4,02	64,860	133,672	1733,795	2,066E-03
3,96	68,94	142,081	1842,859	2,298E-03	4,14	69,000	142,205	1844,463	2,302E-03
3,66	72,6	149,624	1940,696	2,516E-03	3,66	72,660	149,748	1942,299	2,520E-03
3,66	76,26	157,167	2038,532	2,742E-03	3,66	76,320	157,291	2040,136	2,746E-03
3,9	80,16	165,205	2142,785	2,993E-03	3,84	80,160	165,205	2142,785	2,993E-03
3,96	84,12	173,366	2248,641	3,256E-03	3,96	84,120	173,366	2248,641	3,256E-03
3,96	88,08	181,527	2354,497	3,529E-03	4,02	88,140	181,651	2356,101	3,533E-03
3,6	91,68	188,947	2450,730	3,785E-03	3,60	91,740	189,070	2452,334	3,790E-03
3,96	95,64	197,108	2556,586	4,076E-03	3,90	95,640	197,108	2556,586	4,076E-03

3,6	99,24	204,528	2652,819	4,348E-03	3,60	99,240	204,528	2652,819	4,348E-03
3,78	103,02	212,318	2753,863	4,642E-03	3,78	103,020	212,318	2753,863	4,642E-03
4,02	107,04	220,603	2861,323	4,964E-03	4,02	107,040	220,603	2861,323	4,964E-03
4,02	111,06	228,888	2968,783	5,295E-03	4,02	111,060	228,888	2968,783	5,295E-03
3,54	114,6	236,184	3063,412	5,593E-03	3,54	114,600	236,184	3063,412	5,593E-03
3,9	118,5	244,221	3167,664	5,931E-03	3,96	118,560	244,345	3169,268	5,936E-03
3,78	122,28	252,012	3268,709	6,266E-03	3,78	122,340	252,135	3270,313	6,271E-03
3,78	126,06	259,802	3369,753	6,609E-03	3,78	126,120	259,926	3371,357	6,614E-03
3,66	129,72	267,345	3467,590	6,948E-03	3,60	129,720	267,345	3467,590	6,948E-03
4,2	133,92	276,001	3579,862	7,347E-03	4,20	133,920	276,001	3579,862	7,347E-03
4,08	138	284,410	3688,926	7,743E-03	3,96	137,880	284,162	3685,718	7,731E-03
3,78	141,78	292,200	3789,970	8,118E-03	3,66	141,540	291,705	3783,555	8,094E-03
4,2	145,98	300,856	3902,242	8,543E-03	4,20	145,740	300,361	3895,826	8,519E-03
3,84	149,82	308,770	4004,890	8,940E-03	3,84	149,580	308,275	3998,475	8,915E-03
4,2	154,02	317,426	4117,162	9,384E-03	4,20	153,780	316,931	4110,746	9,358E-03
4,2	158,22	326,082	4229,433	9,836E-03	4,08	157,860	325,340	4219,810	9,797E-03
3,78	162	333,872	4330,478	1,025E-02	3,72	161,580	333,006	4319,251	1,020E-02
4,02	166,02	342,157	4437,938	1,070E-02	4,08	165,660	341,415	4428,315	1,066E-02
3,6	169,62	349,576	4534,171	1,111E-02	3,60	169,260	348,834	4524,547	1,107E-02
3,72	173,34	357,243	4633,611	1,154E-02	3,66	172,920	356,377	4622,384	1,149E-02
4,08	177,42	365,652	4742,675	1,202E-02	4,08	177,000	364,786	4731,448	1,197E-02
3,66	181,08	373,195	4840,512	1,246E-02	3,66	180,660	372,329	4829,285	1,241E-02
3,78	184,86	380,985	4941,556	1,291E-02	3,78	184,440	380,119	4930,329	1,286E-02
3,84	188,7	388,899	5044,205	1,339E-02	3,78	188,220	387,910	5031,374	1,333E-02
3,72	192,42	396,566	5143,645	1,385E-02	3,66	191,880	395,453	5129,210	1,379E-02
3,96	196,38	404,727	5249,501	1,436E-02	4,02	195,900	403,738	5236,670	1,429E-02
3,72	200,1	412,394	5348,942	1,484E-02	3,72	199,620	411,405	5336,111	1,477E-02
3,66	203,76	419,937	5446,779	1,531E-02	3,60	203,220	418,824	5432,344	1,524E-02
3,84	207,6	427,851	5549,427	1,582E-02	3,60	206,820	426,243	5528,577	1,572E-02
3,78	211,38	435,641	5650,472	1,633E-02	3,72	210,540	433,910	5628,017	1,622E-02
3,9	215,28	443,679	5754,724	1,686E-02	4,02	214,560	442,195	5735,477	1,676E-02

3,54	218,82	450,975	5849,353	1,735E-02	3,66	218,220	449,738	5833,314	1,727E-02
3,72	222,54	458,641	5948,793	1,787E-02	3,66	221,880	457,281	5931,151	1,778E-02
3,84	226,38	466,555	6051,442	1,841E-02	3,90	225,780	465,319	6035,403	1,833E-02
4,02	230,4	474,840	6158,902	1,899E-02	3,96	229,740	473,480	6141,259	1,889E-02
4,08	234,48	483,249	6267,966	1,958E-02	4,02	233,760	481,765	6248,719	1,947E-02
4,02	238,5	491,534	6375,426	2,017E-02	4,02	237,780	490,050	6356,179	2,006E-02
3,54	242,04	498,830	6470,055	2,070E-02	3,60	241,380	497,469	6452,412	2,060E-02
4,02	246,06	507,115	6577,515	2,130E-02	4,02	245,400	505,754	6559,872	2,120E-02
3,6	249,66	514,534	6673,747	2,185E-02	3,54	248,940	513,050	6654,501	2,174E-02
3,54	253,2	521,830	6768,376	2,240E-02	3,60	252,540	520,469	6750,734	2,229E-02
3,6	256,8	529,249	6864,609	2,296E-02	3,54	256,080	527,765	6845,363	2,284E-02
4,08	260,88	537,658	6973,673	2,360E-02	4,02	260,100	536,050	6952,823	2,347E-02
4,02	264,9	545,943	7081,133	2,424E-02	4,02	264,120	544,335	7060,283	2,411E-02
3,9	268,8	553,980	7185,385	2,487E-02	3,90	268,020	552,373	7164,535	2,474E-02
3,96	272,76	562,142	7291,242	2,551E-02	4,02	272,040	560,658	7271,995	2,539E-02
3,6	276,36	569,561	7387,474	2,610E-02	3,66	275,700	568,201	7369,832	2,599E-02
3,6	279,96	576,980	7483,707	2,670E-02	3,54	279,240	575,496	7464,461	2,658E-02
3,6	283,56	584,400	7579,940	2,730E-02	3,60	282,840	582,916	7560,693	2,718E-02
3,72	287,28	592,066	7679,381	2,793E-02	3,72	286,560	590,583	7660,134	2,781E-02
3,78	291,06	599,857	7780,425	2,858E-02	3,78	290,340	598,373	7761,179	2,846E-02
3,6	294,66	607,276	7876,658	2,920E-02	3,60	293,940	605,792	7857,411	2,908E-02
3,66	298,32	614,819	7974,495	2,984E-02	3,66	297,600	613,335	7955,248	2,971E-02
4,14	302,46	623,351	8085,162	3,057E-02	4,14	301,740	621,868	8065,916	3,044E-02
4,08	306,54	631,760	8194,226	3,129E-02	4,08	305,820	630,276	8174,980	3,117E-02
4,08	310,62	640,169	8303,290	3,203E-02	4,08	309,900	638,685	8284,044	3,190E-02
4,02	314,64	648,454	8410,750	3,276E-02	4,14	314,040	647,217	8394,711	3,265E-02
3,96	318,6	656,615	8516,606	3,348E-02	3,96	318,000	655,378	8500,568	3,337E-02

Anexo C. Pérdidas Menores para las Tres Condiciones de Pendiente y Cuatro Repeticiones

Emisor	% Longitud	Pendiente Cero				Pendiente Ascendente				Pendiente Descendiente			
		Prueba 1 hm	Prueba 2 hm	Prueba 3 hm	Prueba 4 hm	Prueba 1 hm	Prueba 2 hm	Prueba 3 hm	Prueba 4 hm	Prueba 1 hm	Prueba 2 hm	Prueba 3 hm	Prueba 4 hm
83	100%	1,37E-06	1,42E-06	1,37E-06	1,37E-06	1,42E-06	1,42E-06	1,42E-06	1,42E-06	1,42E-06	1,46E-06	1,46E-06	1,46E-06
82	99%	5,16E-06	5,24E-06	5,16E-06	5,16E-06	5,67E-06	5,67E-06	5,67E-06	5,67E-06	5,24E-06	5,32E-06	5,32E-06	5,32E-06
81	98%	1,22E-05	1,27E-05	1,21E-05	1,21E-05	1,24E-05	1,25E-05	1,24E-05	1,25E-05	1,25E-05	1,24E-05	1,24E-05	1,25E-05
80	96%	2,27E-05	2,34E-05	2,25E-05	2,25E-05	2,27E-05	2,23E-05	2,23E-05	2,23E-05	2,28E-05	2,27E-05	2,27E-05	2,28E-05
79	95%	3,43E-05	3,52E-05	3,41E-05	3,41E-05	3,50E-05	3,48E-05	3,52E-05	3,54E-05	3,45E-05	3,43E-05	3,43E-05	3,43E-05
78	94%	5,07E-05	5,00E-05	4,84E-05	4,79E-05	4,94E-05	4,94E-05	4,97E-05	4,97E-05	4,92E-05	4,92E-05	4,92E-05	4,92E-05
77	93%	7,03E-05	6,94E-05	6,76E-05	6,70E-05	6,67E-05	6,64E-05	6,67E-05	6,61E-05	6,79E-05	6,76E-05	6,76E-05	6,76E-05
76	92%	9,38E-05	8,89E-05	8,69E-05	8,62E-05	8,62E-05	8,55E-05	8,62E-05	8,48E-05	8,79E-05	8,79E-05	8,79E-05	8,75E-05
75	90%	1,17E-04	1,11E-04	1,09E-04	1,08E-04	1,08E-04	1,08E-04	1,09E-04	1,06E-04	1,10E-04	1,10E-04	1,10E-04	1,10E-04
74	89%	1,46E-04	1,39E-04	1,36E-04	1,36E-04	1,32E-04	1,32E-04	1,33E-04	1,29E-04	1,38E-04	1,38E-04	1,38E-04	1,37E-04
73	88%	1,75E-04	1,67E-04	1,67E-04	1,62E-04	1,62E-04	1,62E-04	1,62E-04	1,59E-04	1,66E-04	1,66E-04	1,66E-04	1,66E-04
72	87%	2,09E-04	1,97E-04	1,99E-04	1,92E-04	1,92E-04	1,92E-04	1,93E-04	1,89E-04	1,97E-04	1,97E-04	1,96E-04	1,95E-04
71	86%	2,48E-04	2,30E-04	2,31E-04	2,23E-04	2,24E-04	2,24E-04	2,26E-04	2,21E-04	2,32E-04	2,31E-04	2,30E-04	2,29E-04
70	84%	2,84E-04	2,69E-04	2,65E-04	2,55E-04	2,58E-04	2,60E-04	2,61E-04	2,55E-04	2,67E-04	2,66E-04	2,64E-04	2,64E-04
69	83%	3,27E-04	3,12E-04	3,06E-04	2,96E-04	2,96E-04	2,98E-04	2,99E-04	2,92E-04	3,09E-04	3,08E-04	3,06E-04	3,05E-04
68	82%	3,69E-04	3,52E-04	3,47E-04	3,36E-04	3,41E-04	3,43E-04	3,43E-04	3,36E-04	3,49E-04	3,47E-04	3,46E-04	3,45E-04
67	81%	4,18E-04	4,01E-04	3,94E-04	3,83E-04	3,83E-04	3,86E-04	3,87E-04	3,78E-04	3,96E-04	3,95E-04	3,93E-04	3,92E-04
66	80%	4,71E-04	4,52E-04	4,44E-04	4,33E-04	4,33E-04	4,35E-04	4,37E-04	4,30E-04	4,47E-04	4,46E-04	4,43E-04	4,43E-04
65	78%	5,21E-04	5,01E-04	4,92E-04	4,82E-04	4,85E-04	4,87E-04	4,88E-04	4,82E-04	4,96E-04	4,95E-04	4,91E-04	4,92E-04
64	77%	5,79E-04	5,52E-04	5,46E-04	5,31E-04	5,38E-04	5,40E-04	5,41E-04	5,35E-04	5,46E-04	5,46E-04	5,42E-04	5,42E-04
63	76%	6,38E-04	6,08E-04	6,02E-04	5,87E-04	5,91E-04	5,93E-04	5,93E-04	5,88E-04	6,03E-04	6,03E-04	5,98E-04	5,98E-04
62	75%	7,00E-04	6,69E-04	6,62E-04	6,44E-04	6,52E-04	6,53E-04	6,54E-04	6,49E-04	6,65E-04	6,66E-04	6,59E-04	6,59E-04
61	73%	7,69E-04	7,34E-04	7,25E-04	7,08E-04	7,17E-04	7,18E-04	7,20E-04	7,15E-04	7,31E-04	7,31E-04	7,23E-04	7,23E-04
60	72%	8,34E-04	8,01E-04	7,88E-04	7,70E-04	7,86E-04	7,87E-04	7,88E-04	7,84E-04	7,92E-04	7,91E-04	7,83E-04	7,84E-04
59	71%	9,02E-04	8,68E-04	8,53E-04	8,35E-04	8,48E-04	8,50E-04	8,51E-04	8,47E-04	8,60E-04	8,59E-04	8,52E-04	8,52E-04
58	70%	9,78E-04	9,37E-04	9,17E-04	8,98E-04	9,16E-04	9,19E-04	9,19E-04	9,15E-04	9,26E-04	9,26E-04	9,17E-04	9,17E-04
57	69%	1,05E-03	1,01E-03	9,88E-04	9,67E-04	9,86E-04	9,88E-04	9,88E-04	9,84E-04	9,98E-04	9,99E-04	9,88E-04	9,88E-04

56	67%	1,13E-03	1,09E-03	1,06E-03	1,04E-03	1,06E-03	1,06E-03	1,06E-03	1,06E-03	1,08E-03	1,08E-03	1,07E-03	1,07E-03
55	66%	1,22E-03	1,17E-03	1,14E-03	1,12E-03	1,15E-03	1,15E-03	1,15E-03	1,14E-03	1,16E-03	1,16E-03	1,15E-03	1,15E-03
54	65%	1,31E-03	1,25E-03	1,22E-03	1,20E-03	1,23E-03	1,23E-03	1,22E-03	1,22E-03	1,24E-03	1,23E-03	1,22E-03	1,22E-03
53	64%	1,39E-03	1,33E-03	1,30E-03	1,28E-03	1,31E-03	1,32E-03	1,30E-03	1,29E-03	1,32E-03	1,32E-03	1,31E-03	1,31E-03
52	63%	1,48E-03	1,41E-03	1,38E-03	1,36E-03	1,40E-03	1,41E-03	1,39E-03	1,38E-03	1,41E-03	1,40E-03	1,39E-03	1,39E-03
51	61%	1,57E-03	1,50E-03	1,47E-03	1,45E-03	1,48E-03	1,50E-03	1,48E-03	1,47E-03	1,50E-03	1,49E-03	1,48E-03	1,48E-03
50	60%	1,66E-03	1,59E-03	1,56E-03	1,54E-03	1,58E-03	1,59E-03	1,56E-03	1,56E-03	1,58E-03	1,58E-03	1,57E-03	1,57E-03
49	59%	1,77E-03	1,69E-03	1,66E-03	1,64E-03	1,67E-03	1,69E-03	1,66E-03	1,65E-03	1,68E-03	1,68E-03	1,67E-03	1,67E-03
48	58%	1,87E-03	1,79E-03	1,76E-03	1,74E-03	1,78E-03	1,79E-03	1,76E-03	1,74E-03	1,78E-03	1,78E-03	1,77E-03	1,77E-03
47	57%	1,97E-03	1,89E-03	1,85E-03	1,83E-03	1,89E-03	1,91E-03	1,86E-03	1,85E-03	1,88E-03	1,88E-03	1,87E-03	1,87E-03
46	55%	2,08E-03	2,00E-03	1,96E-03	1,93E-03	1,98E-03	2,01E-03	1,96E-03	1,95E-03	1,99E-03	1,99E-03	1,98E-03	1,98E-03
45	54%	2,20E-03	2,11E-03	2,06E-03	2,03E-03	2,10E-03	2,12E-03	2,07E-03	2,06E-03	2,10E-03	2,09E-03	2,09E-03	2,08E-03
44	53%	2,32E-03	2,22E-03	2,18E-03	2,15E-03	2,20E-03	2,23E-03	2,18E-03	2,16E-03	2,21E-03	2,21E-03	2,21E-03	2,20E-03
43	52%	2,43E-03	2,33E-03	2,29E-03	2,26E-03	2,31E-03	2,34E-03	2,29E-03	2,27E-03	2,33E-03	2,33E-03	2,33E-03	2,32E-03
42	51%	2,55E-03	2,43E-03	2,40E-03	2,37E-03	2,43E-03	2,46E-03	2,40E-03	2,38E-03	2,45E-03	2,44E-03	2,44E-03	2,43E-03
41	49%	2,67E-03	2,55E-03	2,52E-03	2,49E-03	2,54E-03	2,57E-03	2,52E-03	2,49E-03	2,57E-03	2,57E-03	2,57E-03	2,56E-03
40	48%	2,78E-03	2,67E-03	2,62E-03	2,60E-03	2,67E-03	2,70E-03	2,64E-03	2,62E-03	2,69E-03	2,68E-03	2,68E-03	2,67E-03
39	47%	2,90E-03	2,78E-03	2,74E-03	2,71E-03	2,79E-03	2,82E-03	2,76E-03	2,73E-03	2,81E-03	2,81E-03	2,80E-03	2,78E-03
38	46%	3,04E-03	2,92E-03	2,87E-03	2,85E-03	2,91E-03	2,94E-03	2,88E-03	2,85E-03	2,94E-03	2,94E-03	2,93E-03	2,92E-03
37	45%	3,17E-03	3,04E-03	2,99E-03	2,97E-03	3,03E-03	3,06E-03	3,00E-03	2,97E-03	3,07E-03	3,06E-03	3,05E-03	3,04E-03
36	43%	3,30E-03	3,16E-03	3,11E-03	3,09E-03	3,16E-03	3,19E-03	3,12E-03	3,09E-03	3,20E-03	3,19E-03	3,18E-03	3,17E-03
35	42%	3,43E-03	3,29E-03	3,24E-03	3,22E-03	3,29E-03	3,32E-03	3,26E-03	3,22E-03	3,33E-03	3,32E-03	3,32E-03	3,30E-03
34	41%	3,58E-03	3,43E-03	3,38E-03	3,36E-03	3,43E-03	3,46E-03	3,38E-03	3,36E-03	3,46E-03	3,45E-03	3,45E-03	3,43E-03
33	40%	3,73E-03	3,56E-03	3,52E-03	3,50E-03	3,57E-03	3,60E-03	3,52E-03	3,50E-03	3,60E-03	3,59E-03	3,59E-03	3,57E-03
32	39%	3,88E-03	3,71E-03	3,67E-03	3,65E-03	3,72E-03	3,75E-03	3,67E-03	3,65E-03	3,74E-03	3,73E-03	3,73E-03	3,71E-03
31	37%	4,02E-03	3,85E-03	3,81E-03	3,78E-03	3,87E-03	3,91E-03	3,81E-03	3,79E-03	3,88E-03	3,87E-03	3,87E-03	3,85E-03
30	36%	4,16E-03	3,99E-03	3,94E-03	3,92E-03	4,02E-03	4,05E-03	3,96E-03	3,93E-03	4,02E-03	4,00E-03	4,01E-03	3,98E-03
29	35%	4,31E-03	4,13E-03	4,08E-03	4,08E-03	4,16E-03	4,19E-03	4,10E-03	4,07E-03	4,17E-03	4,15E-03	4,16E-03	4,13E-03
28	34%	4,48E-03	4,29E-03	4,24E-03	4,23E-03	4,33E-03	4,36E-03	4,27E-03	4,24E-03	4,33E-03	4,30E-03	4,32E-03	4,29E-03
27	33%	4,64E-03	4,44E-03	4,39E-03	4,38E-03	4,47E-03	4,52E-03	4,41E-03	4,40E-03	4,47E-03	4,45E-03	4,46E-03	4,43E-03
26	31%	4,80E-03	4,59E-03	4,54E-03	4,52E-03	4,63E-03	4,67E-03	4,56E-03	4,55E-03	4,63E-03	4,60E-03	4,61E-03	4,58E-03
25	30%	4,96E-03	4,74E-03	4,68E-03	4,67E-03	4,78E-03	4,82E-03	4,71E-03	4,70E-03	4,78E-03	4,76E-03	4,77E-03	4,75E-03

24	29%	5,13E-03	4,91E-03	4,85E-03	4,82E-03	4,94E-03	4,98E-03	4,87E-03	4,85E-03	4,95E-03	4,93E-03	4,94E-03	4,92E-03
23	28%	5,32E-03	5,08E-03	5,02E-03	4,99E-03	5,12E-03	5,16E-03	5,04E-03	5,02E-03	5,13E-03	5,10E-03	5,12E-03	5,09E-03
22	27%	5,50E-03	5,26E-03	5,19E-03	5,16E-03	5,30E-03	5,34E-03	5,23E-03	5,19E-03	5,31E-03	5,28E-03	5,30E-03	5,27E-03
21	25%	5,67E-03	5,42E-03	5,35E-03	5,32E-03	5,49E-03	5,53E-03	5,42E-03	5,38E-03	5,47E-03	5,44E-03	5,46E-03	5,43E-03
20	24%	5,86E-03	5,60E-03	5,54E-03	5,50E-03	5,66E-03	5,70E-03	5,58E-03	5,54E-03	5,65E-03	5,62E-03	5,64E-03	5,61E-03
19	23%	6,04E-03	5,78E-03	5,71E-03	5,68E-03	5,85E-03	5,89E-03	5,77E-03	5,72E-03	5,82E-03	5,78E-03	5,80E-03	5,77E-03
18	22%	6,21E-03	5,95E-03	5,87E-03	5,84E-03	6,02E-03	6,06E-03	5,94E-03	5,89E-03	5,99E-03	5,95E-03	5,97E-03	5,94E-03
17	20%	6,39E-03	6,12E-03	6,05E-03	6,01E-03	6,19E-03	6,23E-03	6,11E-03	6,06E-03	6,16E-03	6,12E-03	6,14E-03	6,11E-03
16	19%	6,57E-03	6,31E-03	6,24E-03	6,20E-03	6,36E-03	6,41E-03	6,28E-03	6,23E-03	6,35E-03	6,31E-03	6,34E-03	6,30E-03
15	18%	6,78E-03	6,50E-03	6,43E-03	6,39E-03	6,57E-03	6,61E-03	6,48E-03	6,43E-03	6,55E-03	6,51E-03	6,54E-03	6,50E-03
14	17%	6,97E-03	6,69E-03	6,61E-03	6,58E-03	6,77E-03	6,81E-03	6,68E-03	6,63E-03	6,74E-03	6,70E-03	6,73E-03	6,69E-03
13	16%	7,18E-03	6,89E-03	6,81E-03	6,78E-03	6,98E-03	7,02E-03	6,89E-03	6,81E-03	6,94E-03	6,90E-03	6,93E-03	6,89E-03
12	14%	7,40E-03	7,10E-03	7,01E-03	6,99E-03	7,19E-03	7,24E-03	7,11E-03	7,02E-03	7,13E-03	7,08E-03	7,11E-03	7,08E-03
11	13%	7,59E-03	7,30E-03	7,22E-03	7,20E-03	7,40E-03	7,44E-03	7,32E-03	7,22E-03	7,31E-03	7,26E-03	7,30E-03	7,26E-03
10	12%	7,80E-03	7,50E-03	7,40E-03	7,40E-03	7,60E-03	7,65E-03	7,54E-03	7,43E-03	7,51E-03	7,46E-03	7,49E-03	7,45E-03
9	11%	8,02E-03	7,72E-03	7,62E-03	7,62E-03	7,81E-03	7,86E-03	7,75E-03	7,65E-03	7,71E-03	7,66E-03	7,69E-03	7,65E-03
8	10%	8,22E-03	7,91E-03	7,81E-03	7,81E-03	8,03E-03	8,09E-03	7,97E-03	7,87E-03	7,91E-03	7,86E-03	7,89E-03	7,85E-03
7	8%	8,42E-03	8,11E-03	8,01E-03	8,00E-03	8,24E-03	8,29E-03	8,19E-03	8,09E-03	8,11E-03	8,06E-03	8,09E-03	8,05E-03
6	7%	8,63E-03	8,31E-03	8,20E-03	8,19E-03	8,45E-03	8,51E-03	8,40E-03	8,29E-03	8,31E-03	8,26E-03	8,29E-03	8,25E-03
5	6%	8,86E-03	8,53E-03	8,42E-03	8,41E-03	8,67E-03	8,72E-03	8,61E-03	8,52E-03	8,54E-03	8,49E-03	8,52E-03	8,48E-03
4	5%	9,10E-03	8,76E-03	8,65E-03	8,64E-03	8,90E-03	8,96E-03	8,84E-03	8,75E-03	8,77E-03	8,72E-03	8,75E-03	8,71E-03
3	4%	9,34E-03	8,99E-03	8,88E-03	8,87E-03	9,14E-03	9,20E-03	9,06E-03	8,99E-03	9,00E-03	8,95E-03	8,99E-03	8,94E-03
2	2%	9,58E-03	9,23E-03	9,12E-03	9,11E-03	9,39E-03	9,45E-03	9,30E-03	9,23E-03	9,24E-03	9,19E-03	9,22E-03	9,18E-03
1	1%	9,81E-03	9,45E-03	9,33E-03	9,33E-03	9,63E-03	9,68E-03	9,53E-03	9,46E-03	9,47E-03	9,42E-03	9,45E-03	9,42E-03

Anexo D. Pérdidas Totales y de Presión para Pendiente Cero para las Cuatro Repeticiones

% Longitud	Emisor	Prueba 1			Prueba 2			Prueba 3			Prueba 4		
		Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %	Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %	Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %	Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %
100%	83	1,61E-06	1,962	100,00%	1,65E-06	1,967	100,00%	1,61E-06	1,968	100,00%	1,61E-06	1,969	100,00%
99%	82	5,19E-06	1,962	100,00%	5,26E-06	1,967	100,00%	5,19E-06	1,968	100,00%	5,19E-06	1,969	100,00%
98%	81	1,12E-05	1,962	99,99%	1,16E-05	1,967	99,99%	1,11E-05	1,968	99,99%	1,11E-05	1,969	99,99%
96%	80	1,93E-05	1,962	99,99%	1,99E-05	1,967	99,99%	1,92E-05	1,968	99,99%	1,92E-05	1,969	99,99%
95%	79	2,80E-05	1,962	99,97%	2,86E-05	1,967	99,97%	2,78E-05	1,968	99,97%	2,78E-05	1,969	99,97%
94%	78	3,96E-05	1,962	99,95%	3,91E-05	1,967	99,95%	3,80E-05	1,968	99,95%	3,76E-05	1,969	99,95%
93%	77	5,30E-05	1,962	99,92%	5,24E-05	1,967	99,92%	5,12E-05	1,968	99,92%	5,07E-05	1,969	99,92%
92%	76	6,85E-05	1,962	99,88%	6,53E-05	1,967	99,88%	6,40E-05	1,968	99,88%	6,35E-05	1,969	99,88%
90%	75	8,38E-05	1,962	99,83%	7,98E-05	1,967	99,83%	7,80E-05	1,969	99,83%	7,76E-05	1,969	99,83%
89%	74	1,02E-04	1,962	99,77%	9,76E-05	1,967	99,77%	9,57E-05	1,969	99,77%	9,55E-05	1,969	99,77%
88%	73	1,19E-04	1,962	99,69%	1,15E-04	1,967	99,69%	1,15E-04	1,969	99,69%	1,12E-04	1,969	99,69%
87%	72	1,40E-04	1,962	99,60%	1,33E-04	1,967	99,60%	1,34E-04	1,969	99,60%	1,30E-04	1,969	99,61%
86%	71	1,63E-04	1,963	99,50%	1,53E-04	1,967	99,50%	1,53E-04	1,969	99,50%	1,49E-04	1,970	99,50%
84%	70	1,84E-04	1,963	99,38%	1,75E-04	1,968	99,38%	1,73E-04	1,969	99,38%	1,67E-04	1,970	99,39%
83%	69	2,09E-04	1,963	99,24%	2,01E-04	1,968	99,24%	1,97E-04	1,969	99,24%	1,91E-04	1,970	99,25%
82%	68	2,33E-04	1,963	99,08%	2,23E-04	1,968	99,09%	2,20E-04	1,970	99,09%	2,14E-04	1,970	99,10%
81%	67	2,61E-04	1,963	98,91%	2,51E-04	1,968	98,92%	2,47E-04	1,970	98,92%	2,41E-04	1,970	98,94%
80%	66	2,90E-04	1,964	98,72%	2,79E-04	1,968	98,72%	2,75E-04	1,970	98,72%	2,69E-04	1,971	98,75%
78%	65	3,17E-04	1,964	98,50%	3,06E-04	1,969	98,51%	3,01E-04	1,970	98,51%	2,96E-04	1,971	98,53%
77%	64	3,49E-04	1,964	98,26%	3,34E-04	1,969	98,27%	3,31E-04	1,971	98,27%	3,22E-04	1,971	98,30%
76%	63	3,80E-04	1,965	98,00%	3,64E-04	1,969	98,01%	3,61E-04	1,971	98,01%	3,53E-04	1,971	98,05%
75%	62	4,13E-04	1,965	97,72%	3,97E-04	1,970	97,73%	3,93E-04	1,971	97,73%	3,84E-04	1,972	97,77%
73%	61	4,49E-04	1,965	97,41%	4,31E-04	1,970	97,42%	4,27E-04	1,972	97,42%	4,17E-04	1,972	97,47%
72%	60	4,83E-04	1,966	97,08%	4,66E-04	1,971	97,09%	4,59E-04	1,972	97,09%	4,50E-04	1,973	97,14%
71%	59	5,19E-04	1,966	96,72%	5,01E-04	1,971	96,73%	4,93E-04	1,973	96,73%	4,84E-04	1,973	96,78%
70%	58	5,58E-04	1,967	96,33%	5,37E-04	1,971	96,34%	5,27E-04	1,973	96,34%	5,17E-04	1,974	96,40%
69%	57	5,95E-04	1,967	95,92%	5,73E-04	1,972	95,92%	5,63E-04	1,974	95,93%	5,52E-04	1,974	96,00%
67%	56	6,37E-04	1,968	95,47%	6,14E-04	1,973	95,48%	6,01E-04	1,974	95,49%	5,89E-04	1,975	95,56%
66%	55	6,80E-04	1,969	95,00%	6,56E-04	1,973	95,01%	6,42E-04	1,975	95,02%	6,31E-04	1,975	95,10%
65%	54	7,24E-04	1,969	94,49%	6,94E-04	1,974	94,50%	6,81E-04	1,975	94,51%	6,70E-04	1,976	94,60%
64%	53	7,65E-04	1,970	93,95%	7,33E-04	1,975	93,96%	7,20E-04	1,976	93,98%	7,09E-04	1,977	94,07%

63%	52	8,07E-04	1,971	93,38%	7,76E-04	1,975	93,39%	7,62E-04	1,977	93,42%	7,52E-04	1,977	93,52%
61%	51	8,53E-04	1,972	92,78%	8,18E-04	1,976	92,79%	8,04E-04	1,978	92,82%	7,94E-04	1,978	92,92%
60%	50	8,99E-04	1,972	92,14%	8,63E-04	1,977	92,16%	8,47E-04	1,978	92,19%	8,37E-04	1,979	92,30%
59%	49	9,49E-04	1,973	91,47%	9,12E-04	1,978	91,49%	8,94E-04	1,979	91,53%	8,87E-04	1,980	91,64%
58%	48	9,99E-04	1,974	90,77%	9,62E-04	1,979	90,79%	9,43E-04	1,980	90,82%	9,35E-04	1,980	90,94%
57%	47	1,05E-03	1,975	90,02%	1,01E-03	1,980	90,04%	9,88E-04	1,981	90,09%	9,80E-04	1,981	90,21%
55%	46	1,10E-03	1,976	89,24%	1,06E-03	1,981	89,26%	1,04E-03	1,982	89,31%	1,03E-03	1,982	89,43%
54%	45	1,15E-03	1,977	88,42%	1,11E-03	1,982	88,44%	1,09E-03	1,983	88,50%	1,08E-03	1,983	88,63%
53%	44	1,21E-03	1,979	87,56%	1,16E-03	1,983	87,58%	1,14E-03	1,984	87,65%	1,13E-03	1,985	87,78%
52%	43	1,26E-03	1,980	86,66%	1,21E-03	1,984	86,68%	1,20E-03	1,985	86,75%	1,18E-03	1,986	86,89%
51%	42	1,32E-03	1,981	85,72%	1,26E-03	1,985	85,74%	1,25E-03	1,986	85,81%	1,23E-03	1,987	85,96%
49%	41	1,37E-03	1,982	84,74%	1,32E-03	1,986	84,77%	1,30E-03	1,988	84,84%	1,29E-03	1,988	84,99%
48%	40	1,43E-03	1,984	83,71%	1,37E-03	1,988	83,74%	1,35E-03	1,989	83,82%	1,34E-03	1,989	83,97%
47%	39	1,48E-03	1,985	82,65%	1,43E-03	1,989	82,68%	1,41E-03	1,990	82,76%	1,40E-03	1,991	82,92%
46%	38	1,55E-03	1,987	81,54%	1,49E-03	1,991	81,58%	1,47E-03	1,992	81,65%	1,46E-03	1,992	81,82%
45%	37	1,60E-03	1,988	80,39%	1,54E-03	1,992	80,43%	1,52E-03	1,993	80,51%	1,51E-03	1,994	80,67%
43%	36	1,66E-03	1,990	79,20%	1,60E-03	1,994	79,23%	1,58E-03	1,995	79,31%	1,57E-03	1,995	79,48%
42%	35	1,72E-03	1,991	77,96%	1,66E-03	1,995	77,99%	1,63E-03	1,996	78,08%	1,63E-03	1,997	78,25%
41%	34	1,79E-03	1,993	76,67%	1,72E-03	1,997	76,71%	1,70E-03	1,998	76,80%	1,69E-03	1,998	76,97%
40%	33	1,86E-03	1,995	75,34%	1,78E-03	1,999	75,38%	1,76E-03	2,000	75,47%	1,75E-03	2,000	75,64%
39%	32	1,93E-03	1,997	73,96%	1,85E-03	2,000	74,00%	1,83E-03	2,001	74,09%	1,82E-03	2,002	74,26%
37%	31	1,99E-03	1,999	72,52%	1,91E-03	2,002	72,57%	1,89E-03	2,003	72,66%	1,88E-03	2,004	72,82%
36%	30	2,05E-03	2,001	71,04%	1,97E-03	2,004	71,09%	1,95E-03	2,005	71,17%	1,94E-03	2,005	71,35%
35%	29	2,12E-03	2,003	69,51%	2,04E-03	2,006	69,56%	2,01E-03	2,007	69,65%	2,01E-03	2,007	69,82%
34%	28	2,19E-03	2,005	67,94%	2,11E-03	2,008	67,99%	2,08E-03	2,009	68,07%	2,08E-03	2,009	68,23%
33%	27	2,26E-03	2,007	66,30%	2,17E-03	2,010	66,36%	2,15E-03	2,011	66,44%	2,14E-03	2,011	66,59%
31%	26	2,33E-03	2,009	64,62%	2,24E-03	2,012	64,68%	2,21E-03	2,013	64,75%	2,21E-03	2,014	64,91%
30%	25	2,40E-03	2,012	62,88%	2,30E-03	2,015	62,94%	2,28E-03	2,016	63,02%	2,27E-03	2,016	63,17%
29%	24	2,48E-03	2,014	61,09%	2,38E-03	2,017	61,16%	2,35E-03	2,018	61,23%	2,34E-03	2,018	61,38%
28%	23	2,55E-03	2,017	59,25%	2,45E-03	2,019	59,32%	2,43E-03	2,020	59,39%	2,41E-03	2,020	59,53%
27%	22	2,63E-03	2,019	57,34%	2,53E-03	2,022	57,42%	2,50E-03	2,023	57,49%	2,49E-03	2,023	57,63%
25%	21	2,71E-03	2,022	55,38%	2,60E-03	2,024	55,47%	2,57E-03	2,025	55,53%	2,56E-03	2,025	55,67%
24%	20	2,79E-03	2,024	53,36%	2,68E-03	2,027	53,46%	2,65E-03	2,028	53,51%	2,64E-03	2,028	53,66%
23%	19	2,87E-03	2,027	51,28%	2,75E-03	2,030	51,38%	2,72E-03	2,030	51,44%	2,71E-03	2,030	51,58%
22%	18	2,94E-03	2,030	49,15%	2,83E-03	2,032	49,25%	2,80E-03	2,033	49,30%	2,78E-03	2,033	49,45%
20%	17	3,01E-03	2,033	46,96%	2,90E-03	2,035	47,07%	2,87E-03	2,036	47,11%	2,85E-03	2,036	47,26%
19%	16	3,09E-03	2,036	44,71%	2,98E-03	2,038	44,82%	2,95E-03	2,039	44,87%	2,93E-03	2,039	45,01%
18%	15	3,18E-03	2,039	42,41%	3,06E-03	2,041	42,52%	3,03E-03	2,042	42,56%	3,02E-03	2,042	42,70%
17%	14	3,26E-03	2,042	40,04%	3,14E-03	2,044	40,15%	3,11E-03	2,045	40,18%	3,10E-03	2,045	40,33%

16%	13	3,35E-03	2,046	37,60%	3,23E-03	2,047	37,71%	3,19E-03	2,048	37,75%	3,18E-03	2,048	37,89%
14%	12	3,44E-03	2,049	35,11%	3,31E-03	2,050	35,22%	3,28E-03	2,051	35,24%	3,27E-03	2,051	35,39%
13%	11	3,52E-03	2,052	32,54%	3,40E-03	2,054	32,65%	3,36E-03	2,054	32,67%	3,36E-03	2,054	32,82%
12%	10	3,61E-03	2,056	29,92%	3,48E-03	2,057	30,02%	3,44E-03	2,058	30,04%	3,44E-03	2,058	30,17%
11%	9	3,70E-03	2,059	27,23%	3,58E-03	2,061	27,33%	3,53E-03	2,061	27,34%	3,53E-03	2,061	27,46%
10%	8	3,79E-03	2,063	24,47%	3,66E-03	2,064	24,56%	3,61E-03	2,065	24,57%	3,61E-03	2,065	24,68%
8%	7	3,87E-03	2,067	21,65%	3,74E-03	2,068	21,73%	3,70E-03	2,068	21,74%	3,69E-03	2,068	21,84%
7%	6	3,95E-03	2,071	18,77%	3,82E-03	2,072	18,84%	3,78E-03	2,072	18,85%	3,77E-03	2,072	18,93%
6%	5	4,05E-03	2,075	15,82%	3,91E-03	2,075	15,88%	3,87E-03	2,076	15,89%	3,86E-03	2,076	15,96%
5%	4	4,15E-03	2,079	12,80%	4,01E-03	2,079	12,85%	3,96E-03	2,080	12,86%	3,96E-03	2,080	12,92%
4%	3	4,25E-03	2,083	9,71%	4,10E-03	2,083	9,75%	4,06E-03	2,084	9,76%	4,05E-03	2,084	9,80%
2%	2	4,34E-03	2,087	6,55%	4,20E-03	2,088	6,57%	4,15E-03	2,088	6,58%	4,15E-03	2,088	6,61%
1%	1	4,44E-03	2,092	3,31%	4,29E-03	2,092	3,32%	4,24E-03	2,092	3,32%	4,24E-03	2,092	3,34%

Anexo D1. Pérdidas Totales y de Presión para Pendiente Ascendente para las Cuatro Repeticiones

% Longitud	Emisor	Prueba 1			Prueba 2			Prueba 3			Prueba 4		
		Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %	Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %	Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %	Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %
100%	83	1,65E-06	1,915	100,00%	1,65E-06	1,915	100,00%	1,65E-06	1,917	100,00%	1,65E-06	1,918	100,00%
99%	82	5,64E-06	1,917	99,48%	5,64E-06	1,916	99,48%	5,64E-06	1,918	99,47%	5,64E-06	1,919	99,47%
98%	81	1,13E-05	1,918	98,95%	1,14E-05	1,917	98,96%	1,13E-05	1,919	98,95%	1,14E-05	1,920	98,94%
96%	80	1,93E-05	1,919	98,42%	1,91E-05	1,918	98,43%	1,91E-05	1,920	98,42%	1,91E-05	1,921	98,41%
95%	79	2,84E-05	1,920	97,89%	2,83E-05	1,919	97,90%	2,86E-05	1,921	97,88%	2,88E-05	1,922	97,87%
94%	78	3,87E-05	1,921	97,36%	3,87E-05	1,921	97,37%	3,89E-05	1,923	97,34%	3,89E-05	1,924	97,33%
93%	77	5,05E-05	1,923	96,82%	5,03E-05	1,922	96,83%	5,05E-05	1,924	96,80%	5,01E-05	1,925	96,79%
92%	76	6,35E-05	1,924	96,27%	6,31E-05	1,923	96,29%	6,35E-05	1,925	96,25%	6,26E-05	1,926	96,24%
90%	75	7,78E-05	1,925	95,72%	7,78E-05	1,924	95,74%	7,80E-05	1,926	95,70%	7,63E-05	1,927	95,68%
89%	74	9,31E-05	1,926	95,17%	9,31E-05	1,926	95,19%	9,33E-05	1,928	95,14%	9,12E-05	1,929	95,12%
88%	73	1,12E-04	1,928	94,60%	1,12E-04	1,927	94,62%	1,12E-04	1,929	94,58%	1,10E-04	1,930	94,55%
87%	72	1,30E-04	1,929	94,03%	1,30E-04	1,928	94,06%	1,31E-04	1,930	94,00%	1,28E-04	1,931	93,98%
86%	71	1,49E-04	1,930	93,45%	1,49E-04	1,930	93,48%	1,50E-04	1,932	93,42%	1,47E-04	1,933	93,39%
84%	70	1,69E-04	1,932	92,87%	1,70E-04	1,931	92,89%	1,71E-04	1,933	92,83%	1,67E-04	1,934	92,80%
83%	69	1,91E-04	1,933	92,27%	1,92E-04	1,932	92,30%	1,93E-04	1,934	92,23%	1,89E-04	1,935	92,20%
82%	68	2,17E-04	1,934	91,66%	2,18E-04	1,934	91,69%	2,18E-04	1,936	91,62%	2,14E-04	1,937	91,59%
81%	67	2,41E-04	1,936	91,05%	2,43E-04	1,935	91,08%	2,43E-04	1,937	91,00%	2,38E-04	1,938	90,97%
80%	66	2,69E-04	1,937	90,42%	2,70E-04	1,937	90,45%	2,71E-04	1,939	90,37%	2,67E-04	1,940	90,34%
78%	65	2,98E-04	1,939	89,78%	2,98E-04	1,938	89,82%	2,99E-04	1,940	89,72%	2,96E-04	1,941	89,69%
77%	64	3,27E-04	1,940	89,13%	3,27E-04	1,939	89,17%	3,28E-04	1,942	89,07%	3,25E-04	1,943	89,03%
76%	63	3,55E-04	1,942	88,46%	3,56E-04	1,941	88,50%	3,56E-04	1,943	88,40%	3,53E-04	1,944	88,36%
75%	62	3,88E-04	1,943	87,79%	3,89E-04	1,943	87,83%	3,89E-04	1,945	87,72%	3,86E-04	1,946	87,68%
73%	61	4,22E-04	1,945	87,10%	4,23E-04	1,944	87,14%	4,24E-04	1,946	87,02%	4,21E-04	1,947	86,98%
72%	60	4,58E-04	1,947	86,39%	4,59E-04	1,946	86,43%	4,59E-04	1,948	86,31%	4,57E-04	1,949	86,27%
71%	59	4,91E-04	1,948	85,67%	4,92E-04	1,947	85,72%	4,92E-04	1,949	85,58%	4,90E-04	1,950	85,54%
70%	58	5,26E-04	1,950	84,93%	5,28E-04	1,949	84,98%	5,28E-04	1,951	84,84%	5,25E-04	1,952	84,80%
69%	57	5,62E-04	1,952	84,18%	5,63E-04	1,951	84,23%	5,63E-04	1,953	84,09%	5,61E-04	1,954	84,04%
67%	56	6,00E-04	1,953	83,41%	6,01E-04	1,953	83,47%	6,01E-04	1,955	83,31%	5,98E-04	1,956	83,27%
66%	55	6,43E-04	1,955	82,63%	6,44E-04	1,954	82,69%	6,44E-04	1,956	82,53%	6,41E-04	1,957	82,47%
65%	54	6,87E-04	1,957	81,83%	6,87E-04	1,956	81,89%	6,81E-04	1,958	81,72%	6,78E-04	1,959	81,67%
64%	53	7,26E-04	1,959	81,00%	7,28E-04	1,958	81,07%	7,20E-04	1,960	80,90%	7,17E-04	1,961	80,84%

63%	52	7,70E-04	1,961	80,17%	7,74E-04	1,960	80,23%	7,64E-04	1,962	80,05%	7,60E-04	1,963	80,00%
61%	51	8,11E-04	1,963	79,31%	8,18E-04	1,962	79,37%	8,07E-04	1,964	79,20%	8,02E-04	1,965	79,14%
60%	50	8,56E-04	1,965	78,43%	8,62E-04	1,964	78,50%	8,50E-04	1,966	78,32%	8,46E-04	1,967	78,26%
59%	49	9,02E-04	1,967	77,54%	9,09E-04	1,966	77,60%	8,95E-04	1,968	77,42%	8,91E-04	1,969	77,36%
58%	48	9,53E-04	1,969	76,62%	9,61E-04	1,968	76,69%	9,45E-04	1,970	76,50%	9,37E-04	1,971	76,44%
57%	47	1,01E-03	1,971	75,68%	1,02E-03	1,970	75,75%	9,95E-04	1,972	75,56%	9,89E-04	1,973	75,50%
55%	46	1,05E-03	1,973	74,72%	1,06E-03	1,973	74,79%	1,04E-03	1,975	74,60%	1,03E-03	1,975	74,53%
54%	45	1,11E-03	1,976	73,74%	1,12E-03	1,975	73,81%	1,10E-03	1,977	73,62%	1,09E-03	1,978	73,55%
53%	44	1,16E-03	1,978	72,74%	1,17E-03	1,977	72,80%	1,14E-03	1,979	72,62%	1,14E-03	1,980	72,55%
52%	43	1,21E-03	1,980	71,71%	1,22E-03	1,980	71,77%	1,20E-03	1,981	71,59%	1,19E-03	1,982	71,52%
51%	42	1,26E-03	1,983	70,66%	1,28E-03	1,982	70,72%	1,25E-03	1,984	70,54%	1,24E-03	1,985	70,47%
49%	41	1,32E-03	1,985	69,59%	1,33E-03	1,984	69,65%	1,30E-03	1,986	69,47%	1,29E-03	1,987	69,40%
48%	40	1,37E-03	1,988	68,50%	1,39E-03	1,987	68,55%	1,36E-03	1,989	68,37%	1,35E-03	1,990	68,30%
47%	39	1,43E-03	1,990	67,38%	1,44E-03	1,990	67,43%	1,42E-03	1,991	67,25%	1,40E-03	1,992	67,18%
46%	38	1,48E-03	1,993	66,23%	1,50E-03	1,992	66,28%	1,47E-03	1,994	66,11%	1,46E-03	1,995	66,03%
45%	37	1,54E-03	1,996	65,06%	1,56E-03	1,995	65,11%	1,53E-03	1,997	64,94%	1,51E-03	1,997	64,87%
43%	36	1,60E-03	1,998	63,87%	1,61E-03	1,998	63,92%	1,58E-03	1,999	63,74%	1,57E-03	2,000	63,67%
42%	35	1,66E-03	2,001	62,65%	1,67E-03	2,000	62,70%	1,64E-03	2,002	62,53%	1,63E-03	2,003	62,46%
41%	34	1,72E-03	2,004	61,40%	1,74E-03	2,003	61,45%	1,70E-03	2,005	61,28%	1,69E-03	2,006	61,21%
40%	33	1,78E-03	2,007	60,13%	1,80E-03	2,006	60,18%	1,76E-03	2,008	60,01%	1,75E-03	2,009	59,94%
39%	32	1,85E-03	2,010	58,83%	1,87E-03	2,009	58,88%	1,83E-03	2,011	58,71%	1,82E-03	2,012	58,64%
37%	31	1,92E-03	2,013	57,50%	1,94E-03	2,012	57,55%	1,89E-03	2,014	57,39%	1,88E-03	2,015	57,31%
36%	30	1,99E-03	2,016	56,14%	2,00E-03	2,016	56,18%	1,96E-03	2,017	56,03%	1,95E-03	2,018	55,96%
35%	29	2,05E-03	2,019	54,75%	2,06E-03	2,019	54,80%	2,02E-03	2,020	54,65%	2,01E-03	2,021	54,57%
34%	28	2,12E-03	2,023	53,34%	2,14E-03	2,022	53,38%	2,10E-03	2,023	53,24%	2,08E-03	2,024	53,16%
33%	27	2,19E-03	2,026	51,89%	2,21E-03	2,025	51,93%	2,16E-03	2,027	51,80%	2,15E-03	2,027	51,72%
31%	26	2,25E-03	2,029	50,42%	2,27E-03	2,029	50,46%	2,23E-03	2,030	50,32%	2,22E-03	2,031	50,24%
30%	25	2,32E-03	2,033	48,91%	2,34E-03	2,032	48,95%	2,29E-03	2,033	48,83%	2,29E-03	2,034	48,74%
29%	24	2,39E-03	2,036	47,38%	2,41E-03	2,036	47,41%	2,36E-03	2,037	47,30%	2,35E-03	2,038	47,21%
28%	23	2,47E-03	2,040	45,81%	2,49E-03	2,039	45,85%	2,44E-03	2,041	45,74%	2,42E-03	2,041	45,64%
27%	22	2,55E-03	2,043	44,22%	2,57E-03	2,043	44,25%	2,52E-03	2,044	44,15%	2,50E-03	2,045	44,05%
25%	21	2,63E-03	2,047	42,59%	2,65E-03	2,047	42,61%	2,60E-03	2,048	42,52%	2,58E-03	2,049	42,42%
24%	20	2,70E-03	2,051	40,92%	2,72E-03	2,051	40,94%	2,67E-03	2,052	40,86%	2,65E-03	2,052	40,76%
23%	19	2,78E-03	2,055	39,22%	2,80E-03	2,055	39,24%	2,75E-03	2,056	39,16%	2,73E-03	2,056	39,07%
22%	18	2,86E-03	2,059	37,48%	2,87E-03	2,059	37,51%	2,82E-03	2,059	37,43%	2,80E-03	2,060	37,34%
20%	17	2,93E-03	2,063	35,72%	2,95E-03	2,063	35,74%	2,90E-03	2,064	35,67%	2,87E-03	2,064	35,58%
19%	16	3,00E-03	2,067	33,92%	3,02E-03	2,067	33,94%	2,97E-03	2,068	33,88%	2,95E-03	2,068	33,79%
18%	15	3,09E-03	2,071	32,09%	3,11E-03	2,071	32,11%	3,05E-03	2,072	32,05%	3,03E-03	2,072	31,97%
17%	14	3,18E-03	2,076	30,22%	3,20E-03	2,075	30,24%	3,14E-03	2,076	30,19%	3,12E-03	2,077	30,11%

16%	13	3,27E-03	2,080	28,31%	3,28E-03	2,080	28,33%	3,23E-03	2,080	28,29%	3,19E-03	2,081	28,21%
14%	12	3,36E-03	2,084	26,37%	3,37E-03	2,084	26,38%	3,32E-03	2,085	26,35%	3,28E-03	2,085	26,28%
13%	11	3,44E-03	2,089	24,38%	3,46E-03	2,089	24,40%	3,41E-03	2,089	24,38%	3,37E-03	2,090	24,30%
12%	10	3,53E-03	2,094	22,36%	3,55E-03	2,093	22,38%	3,50E-03	2,094	22,36%	3,46E-03	2,094	22,30%
11%	9	3,61E-03	2,098	20,30%	3,63E-03	2,098	20,32%	3,59E-03	2,099	20,30%	3,55E-03	2,099	20,25%
10%	8	3,71E-03	2,103	18,21%	3,73E-03	2,103	18,22%	3,68E-03	2,103	18,20%	3,64E-03	2,104	18,16%
8%	7	3,79E-03	2,108	16,07%	3,82E-03	2,108	16,08%	3,77E-03	2,108	16,07%	3,73E-03	2,109	16,03%
7%	6	3,88E-03	2,113	13,90%	3,90E-03	2,113	13,91%	3,86E-03	2,113	13,89%	3,82E-03	2,113	13,87%
6%	5	3,97E-03	2,118	11,68%	3,99E-03	2,118	11,69%	3,95E-03	2,118	11,68%	3,91E-03	2,118	11,66%
5%	4	4,07E-03	2,123	9,43%	4,09E-03	2,123	9,44%	4,04E-03	2,123	9,42%	4,01E-03	2,124	9,41%
4%	3	4,17E-03	2,129	7,14%	4,19E-03	2,129	7,14%	4,13E-03	2,129	7,13%	4,10E-03	2,129	7,12%
2%	2	4,27E-03	2,134	4,80%	4,29E-03	2,134	4,81%	4,23E-03	2,134	4,80%	4,20E-03	2,134	4,79%
1%	1	4,37E-03	2,139	2,42%	4,39E-03	2,139	2,42%	4,33E-03	2,139	2,42%	4,30E-03	2,140	2,42%

Anexo D2. Pérdidas Totales y de Presión para Pendiente Descendente para las Cuatro Repeticiones

% Longitud	Emisor	Prueba 1			Prueba 2			Prueba 3			Prueba 4		
		Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %	Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %	Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %	Pérdidas Totales Kg/cm ²	Pérdida de Presión Kg/cm ²	Pérdida de Presión %
100%	83	1,65E-06	2,009	49,36%	1,70E-06	2,009	48,88%	1,70E-06	2,009	48,96%	1,70E-06	2,010	48,50%
99%	82	5,26E-06	2,008	51,33%	5,34E-06	2,008	50,87%	5,34E-06	2,008	50,94%	5,34E-06	2,009	50,49%
98%	81	1,14E-05	2,007	53,29%	1,13E-05	2,007	52,85%	1,13E-05	2,007	52,91%	1,14E-05	2,007	52,48%
96%	80	1,95E-05	2,005	55,24%	1,93E-05	2,006	54,81%	1,93E-05	2,006	54,87%	1,95E-05	2,006	54,45%
95%	79	2,81E-05	2,004	57,18%	2,80E-05	2,005	56,77%	2,80E-05	2,005	56,81%	2,80E-05	2,005	56,42%
94%	78	3,85E-05	2,003	59,10%	3,85E-05	2,004	58,71%	3,85E-05	2,003	58,75%	3,85E-05	2,004	58,36%
93%	77	5,14E-05	2,002	61,01%	5,12E-05	2,002	60,63%	5,12E-05	2,002	60,66%	5,12E-05	2,003	60,30%
92%	76	6,46E-05	2,001	62,89%	6,46E-05	2,001	62,54%	6,46E-05	2,001	62,55%	6,44E-05	2,002	62,21%
90%	75	7,88E-05	2,000	64,76%	7,90E-05	2,000	64,42%	7,90E-05	2,000	64,42%	7,88E-05	2,000	64,09%
89%	74	9,65E-05	1,998	66,60%	9,65E-05	1,999	66,27%	9,65E-05	1,999	66,27%	9,63E-05	1,999	65,96%
88%	73	1,14E-04	1,997	68,41%	1,14E-04	1,998	68,10%	1,14E-04	1,998	68,09%	1,14E-04	1,998	67,79%
87%	72	1,33E-04	1,996	70,19%	1,33E-04	1,997	69,90%	1,32E-04	1,997	69,88%	1,32E-04	1,997	69,60%
86%	71	1,54E-04	1,995	71,94%	1,53E-04	1,996	71,67%	1,53E-04	1,996	71,64%	1,52E-04	1,996	71,38%
84%	70	1,74E-04	1,994	73,66%	1,74E-04	1,995	73,40%	1,73E-04	1,994	73,37%	1,73E-04	1,995	73,12%
83%	69	1,99E-04	1,993	75,34%	1,98E-04	1,994	75,10%	1,97E-04	1,993	75,06%	1,97E-04	1,994	74,83%
82%	68	2,21E-04	1,992	76,99%	2,21E-04	1,993	76,76%	2,20E-04	1,992	76,71%	2,19E-04	1,993	76,50%
81%	67	2,48E-04	1,991	78,59%	2,47E-04	1,992	78,38%	2,47E-04	1,991	78,33%	2,46E-04	1,992	78,13%
80%	66	2,77E-04	1,990	80,16%	2,76E-04	1,991	79,96%	2,74E-04	1,991	79,90%	2,75E-04	1,991	79,71%
78%	65	3,03E-04	1,989	81,67%	3,03E-04	1,990	81,49%	3,01E-04	1,990	81,43%	3,01E-04	1,990	81,25%
77%	64	3,31E-04	1,988	83,14%	3,31E-04	1,989	82,97%	3,28E-04	1,989	82,91%	3,29E-04	1,989	82,75%
76%	63	3,62E-04	1,987	84,57%	3,62E-04	1,988	84,41%	3,59E-04	1,988	84,35%	3,59E-04	1,988	84,19%
75%	62	3,95E-04	1,987	85,95%	3,95E-04	1,987	85,80%	3,91E-04	1,987	85,73%	3,91E-04	1,988	85,59%
73%	61	4,30E-04	1,986	87,27%	4,30E-04	1,986	87,13%	4,25E-04	1,986	87,06%	4,26E-04	1,987	86,94%
72%	60	4,62E-04	1,985	88,53%	4,61E-04	1,986	88,41%	4,57E-04	1,985	88,34%	4,57E-04	1,986	88,22%

71%	59	4,97E-04	1,984	89,74%	4,97E-04	1,985	89,63%	4,93E-04	1,985	89,57%	4,93E-04	1,985	89,46%
70%	58	5,31E-04	1,984	90,90%	5,31E-04	1,984	90,80%	5,27E-04	1,984	90,73%	5,27E-04	1,984	90,64%
69%	57	5,68E-04	1,983	92,00%	5,68E-04	1,984	91,90%	5,63E-04	1,983	91,84%	5,63E-04	1,984	91,76%
67%	56	6,08E-04	1,982	93,03%	6,09E-04	1,983	92,95%	6,03E-04	1,983	92,89%	6,03E-04	1,983	92,81%
66%	55	6,50E-04	1,982	94,01%	6,50E-04	1,982	93,93%	6,44E-04	1,982	93,88%	6,44E-04	1,983	93,81%
65%	54	6,88E-04	1,981	94,91%	6,87E-04	1,982	94,84%	6,82E-04	1,981	94,79%	6,82E-04	1,982	94,73%
64%	53	7,31E-04	1,981	95,75%	7,30E-04	1,981	95,69%	7,24E-04	1,981	95,65%	7,25E-04	1,982	95,59%
63%	52	7,74E-04	1,980	96,52%	7,72E-04	1,981	96,47%	7,66E-04	1,980	96,43%	7,67E-04	1,981	96,38%
61%	51	8,16E-04	1,980	97,22%	8,14E-04	1,980	97,18%	8,09E-04	1,980	97,15%	8,10E-04	1,981	97,10%
60%	50	8,59E-04	1,979	97,85%	8,57E-04	1,980	97,81%	8,52E-04	1,980	97,79%	8,52E-04	1,980	97,75%
59%	49	9,08E-04	1,979	98,41%	9,07E-04	1,980	98,38%	9,02E-04	1,979	98,37%	9,02E-04	1,980	98,33%
58%	48	9,57E-04	1,979	98,89%	9,55E-04	1,979	98,87%	9,52E-04	1,979	98,86%	9,50E-04	1,980	98,83%
57%	47	1,00E-03	1,979	99,28%	1,00E-03	1,979	99,27%	9,99E-04	1,979	99,27%	9,96E-04	1,979	99,24%
55%	46	1,06E-03	1,978	99,61%	1,06E-03	1,979	99,60%	1,05E-03	1,979	99,60%	1,05E-03	1,979	99,58%
54%	45	1,11E-03	1,978	99,84%	1,10E-03	1,979	99,84%	1,10E-03	1,978	99,84%	1,10E-03	1,979	99,83%
53%	44	1,16E-03	1,978	100,00%	1,16E-03	1,979	100,00%	1,16E-03	1,978	100,00%	1,16E-03	1,979	100,00%
52%	43	1,22E-03	1,978	100,06%	1,22E-03	1,979	100,07%	1,22E-03	1,978	100,07%	1,21E-03	1,979	100,07%
51%	42	1,27E-03	1,978	100,04%	1,27E-03	1,979	100,04%	1,27E-03	1,978	100,04%	1,26E-03	1,979	100,05%
49%	41	1,33E-03	1,978	99,92%	1,33E-03	1,979	99,93%	1,33E-03	1,978	99,92%	1,32E-03	1,979	99,95%
48%	40	1,38E-03	1,978	99,71%	1,38E-03	1,979	99,72%	1,38E-03	1,979	99,72%	1,37E-03	1,979	99,75%
47%	39	1,44E-03	1,978	99,41%	1,44E-03	1,979	99,42%	1,43E-03	1,979	99,42%	1,43E-03	1,979	99,46%
46%	38	1,50E-03	1,979	99,02%	1,50E-03	1,979	99,03%	1,50E-03	1,979	99,04%	1,49E-03	1,979	99,08%
45%	37	1,56E-03	1,979	98,52%	1,55E-03	1,979	98,53%	1,55E-03	1,979	98,55%	1,54E-03	1,980	98,60%
43%	36	1,62E-03	1,979	97,94%	1,61E-03	1,980	97,95%	1,61E-03	1,980	97,97%	1,60E-03	1,980	98,03%
42%	35	1,68E-03	1,980	97,26%	1,67E-03	1,980	97,26%	1,67E-03	1,980	97,30%	1,66E-03	1,980	97,36%
41%	34	1,73E-03	1,980	96,47%	1,73E-03	1,981	96,48%	1,73E-03	1,980	96,52%	1,72E-03	1,981	96,59%
40%	33	1,80E-03	1,981	95,60%	1,80E-03	1,981	95,60%	1,79E-03	1,981	95,65%	1,79E-03	1,981	95,72%
39%	32	1,86E-03	1,981	94,61%	1,86E-03	1,982	94,62%	1,86E-03	1,982	94,67%	1,85E-03	1,982	94,74%
37%	31	1,92E-03	1,982	93,53%	1,92E-03	1,983	93,53%	1,92E-03	1,982	93,58%	1,91E-03	1,983	93,67%
36%	30	1,99E-03	1,983	92,34%	1,98E-03	1,983	92,34%	1,98E-03	1,983	92,40%	1,97E-03	1,983	92,49%
35%	29	2,05E-03	1,984	91,05%	2,04E-03	1,984	91,05%	2,05E-03	1,984	91,11%	2,03E-03	1,984	91,21%

34%	28	2,12E-03	1,984	89,65%	2,11E-03	1,985	89,65%	2,12E-03	1,985	89,71%	2,10E-03	1,985	89,82%
33%	27	2,19E-03	1,985	88,14%	2,18E-03	1,986	88,14%	2,18E-03	1,985	88,20%	2,17E-03	1,986	88,31%
31%	26	2,25E-03	1,986	86,52%	2,24E-03	1,987	86,52%	2,25E-03	1,986	86,58%	2,24E-03	1,987	86,70%
30%	25	2,32E-03	1,987	84,79%	2,31E-03	1,988	84,80%	2,32E-03	1,988	84,85%	2,31E-03	1,988	84,98%
29%	24	2,40E-03	1,988	82,94%	2,39E-03	1,989	82,96%	2,39E-03	1,989	83,01%	2,38E-03	1,989	83,14%
28%	23	2,47E-03	1,990	80,98%	2,46E-03	1,990	81,00%	2,47E-03	1,990	81,04%	2,46E-03	1,990	81,17%
27%	22	2,55E-03	1,991	78,89%	2,54E-03	1,991	78,91%	2,55E-03	1,991	78,95%	2,53E-03	1,991	79,08%
25%	21	2,62E-03	1,992	76,67%	2,61E-03	1,993	76,69%	2,62E-03	1,992	76,73%	2,60E-03	1,993	76,87%
24%	20	2,70E-03	1,994	74,33%	2,68E-03	1,994	74,36%	2,69E-03	1,994	74,40%	2,68E-03	1,994	74,54%
23%	19	2,77E-03	1,995	71,87%	2,75E-03	1,996	71,90%	2,77E-03	1,995	71,94%	2,75E-03	1,996	72,07%
22%	18	2,84E-03	1,997	69,29%	2,83E-03	1,997	69,33%	2,84E-03	1,997	69,36%	2,82E-03	1,997	69,49%
20%	17	2,92E-03	1,998	66,59%	2,90E-03	1,999	66,63%	2,91E-03	1,999	66,66%	2,90E-03	1,999	66,80%
19%	16	3,00E-03	2,000	63,77%	2,98E-03	2,000	63,82%	2,99E-03	2,000	63,84%	2,98E-03	2,001	63,98%
18%	15	3,08E-03	2,002	60,82%	3,06E-03	2,002	60,87%	3,08E-03	2,002	60,88%	3,06E-03	2,002	61,02%
17%	14	3,16E-03	2,004	57,73%	3,15E-03	2,004	57,78%	3,16E-03	2,004	57,79%	3,14E-03	2,004	57,93%
16%	13	3,25E-03	2,006	54,51%	3,23E-03	2,006	54,56%	3,24E-03	2,006	54,56%	3,23E-03	2,006	54,70%
14%	12	3,33E-03	2,008	51,14%	3,31E-03	2,008	51,19%	3,32E-03	2,008	51,19%	3,31E-03	2,008	51,32%
13%	11	3,41E-03	2,010	47,65%	3,39E-03	2,010	47,70%	3,40E-03	2,010	47,69%	3,38E-03	2,010	47,82%
12%	10	3,49E-03	2,012	44,02%	3,47E-03	2,012	44,08%	3,48E-03	2,012	44,07%	3,46E-03	2,012	44,19%
11%	9	3,57E-03	2,014	40,27%	3,55E-03	2,015	40,32%	3,56E-03	2,015	40,31%	3,55E-03	2,015	40,42%
10%	8	3,66E-03	2,017	36,38%	3,64E-03	2,017	36,43%	3,65E-03	2,017	36,42%	3,63E-03	2,017	36,52%
8%	7	3,74E-03	2,019	32,34%	3,72E-03	2,019	32,40%	3,73E-03	2,019	32,38%	3,71E-03	2,019	32,48%
7%	6	3,82E-03	2,022	28,17%	3,80E-03	2,022	28,23%	3,81E-03	2,022	28,22%	3,80E-03	2,022	28,30%
6%	5	3,92E-03	2,024	23,87%	3,90E-03	2,025	23,92%	3,91E-03	2,024	23,91%	3,89E-03	2,025	23,99%
5%	4	4,01E-03	2,027	19,41%	3,99E-03	2,027	19,45%	4,00E-03	2,027	19,44%	3,99E-03	2,027	19,51%
4%	3	4,11E-03	2,030	14,79%	4,09E-03	2,030	14,83%	4,10E-03	2,030	14,82%	4,08E-03	2,030	14,87%
2%	2	4,20E-03	2,033	10,02%	4,19E-03	2,033	10,05%	4,20E-03	2,033	10,04%	4,18E-03	2,033	10,08%
1%	1	4,30E-03	2,036	5,09%	4,28E-03	2,036	5,10%	4,29E-03	2,036	5,10%	4,28E-03	2,036	5,12%

Anexo E. Muestreo de Caudales para la Prueba Pendiente Cero para las Cuatro Repeticiones

Caudales en LPS para Pendiente Uniforme (0%) Prueba 1									
Posición	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60
1	3,84	3,84	3,66	3,6	3,72	3,84	3,66	3,6	4,02
2	4,14	3,66	3,6	3,72	4,02	3,66	3,6	3,72	3,78
3	4,08	3,6	3,72	4,02	3,78	3,6	3,72	4,02	3,84
4	3,84	3,72	4,02	3,78	3,84				

Caudales en LPS para Pendiente Uniforme (0%) Prueba 2									
Posición	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60
1	3,72	3,72	3,6	3,6	3,6	3,72	3,6	3,6	3,6
2	4,02	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,66
3	4,02	3,6	3,6	3,6	3,66	3,6	3,6	3,6	3,84
4	3,9	3,6	3,6	3,66	3,84				

Caudales en LPS para Pendiente Uniforme (0%) Prueba 3									
Posición	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60
1	3,72	3,72	3,54	3,66	3,6	3,72	3,54	3,66	4,08
2	3,54	3,54	3,66	3,6	4,08	3,54	3,66	3,6	3,72
3	3,84	3,66	3,6	4,08	3,72	3,66	3,6	4,08	3,66
4	3,84	3,6	4,08	3,72	3,66				

Caudales en LPS para Pendiente Uniforme (0%) Prueba 4									
Posición	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60
1	3,78	3,78	3,54	3,54	3,66	3,78	3,54	3,54	3,96
2	3,72	3,54	3,54	3,66	3,96	3,54	3,54	3,66	3,66

3	3,78	3,54	3,66	3,96	3,66	3,54	3,66	3,96	3,72
4	3,84	3,66	3,96	3,66	3,72				

Anexo E1. Muestreo de Caudales para la Prueba Pendiente Ascendente para las Cuatro Repeticiones

Caudales en LPS para Pendiente Ascendente (2%) Prueba 1

Posición	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60
1	3,78	3,78	3,84	3,6	3,72	3,78	3,84	3,6	4,08
2	3,6	3,84	3,6	3,72	4,08	3,84	3,6	3,72	3,72
3	4,14	3,6	3,72	4,08	3,72	3,6	3,72	4,08	3,78
4	3,9	3,72	4,08	3,72	3,78				

Caudales en LPS para Pendiente Ascendente (2%) Prueba 2

Posición	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60
1	3,9	3,9	3,78	3,6	3,72	3,9	3,78	3,6	4,14
2	3,9	3,78	3,6	3,72	4,14	3,78	3,6	3,72	3,66
3	4,08	3,6	3,72	4,14	3,66	3,6	3,72	4,14	3,9
4	3,9	3,72	4,14	3,66	3,9				

Caudales en LPS para Pendiente Ascendente (2%) Prueba 3

Posición	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60
1	3,9	3,9	3,84	3,6	3,66	3,9	3,84	3,6	4,14
2	3,66	3,84	3,6	3,66	4,14	3,84	3,6	3,66	3,66
3	3,54	3,6	3,66	4,14	3,66	3,6	3,66	4,14	3,78
4	3,9	3,66	4,14	3,66	3,78				

Caudales en LPS para Pendiente Ascendente (2%) Prueba 4

Posición	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60

1	3,9	3,9	3,9	3,6	3,6	3,9	3,9	3,6	4,08
2	4,02	3,9	3,6	3,6	4,08	3,9	3,6	3,6	3,66
3	3,54	3,6	3,6	4,08	3,66	3,6	3,6	4,08	3,78
4	3,9	3,6	4,08	3,66	3,78				

Anexo E2. Muestreo de Caudales para la Prueba Pendiente Descendente para las Cuatro Repeticiones

Caudales en LPS para Pendiente Descendente (-2%) Prueba 1

Posición	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60
1	3,9	3,9	3,78	3,54	3,72	3,9	3,78	3,54	4,02
2	4,02	3,78	3,54	3,72	4,02	3,78	3,54	3,72	3,78
3	4,08	3,54	3,72	4,02	3,78	3,54	3,72	4,02	3,66
4	3,9	3,72	4,02	3,78	3,66				

Caudales en LPS para Pendiente Descendente (-2%) Prueba 2

Posición	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60
1	3,9	3,9	3,78	3,6	3,72	3,9	3,78	3,6	3,96
2	3,9	3,78	3,6	3,72	3,96	3,78	3,6	3,72	3,78
3	4,02	3,6	3,72	3,96	3,78	3,6	3,72	3,96	3,66
4	3,96	3,72	3,96	3,78	3,66				

Caudales en LPS para Pendiente Descendente (-2%) Prueba 3

Posición	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60
1	3,96	3,96	3,78	3,6	3,84	3,96	3,78	3,6	3,96
2	3,9	3,78	3,6	3,84	3,96	3,78	3,6	3,84	3,78
3	4,02	3,6	3,84	3,96	3,78	3,6	3,84	3,96	3,66
4	3,96	3,84	3,96	3,78	3,66				

Caudales en LPS para Pendiente Descendente (-2%) Prueba 4

Posición	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60

1	3,96	3,96	3,78	3,54	3,9	3,96	3,78	3,54	4,02
2	4,02	3,78	3,54	3,9	4,02	3,78	3,54	3,9	3,72
3	4,02	3,54	3,9	4,02	3,72	3,54	3,9	4,02	3,6
4	3,96	3,9	4,02	3,72	3,6				

Anexo F. Uniformidad de Emisión para tres condiciones de Pendiente y para las Cuatro Repeticiones

Uniformidad de Emisión Ecuación de Keller y Karmeli (1974)										
Pendiente	Real	Keller y Merriam	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5	Propuesta 6	Propuesta 7	Propuesta 8
	Todos Goteros	0-33-66-100	0-10-20-30	10-20-30-40	20-30-40-50	30-40-50-60	0-10-20	10-20-30	20-30-40	40-50-60
Cero	93,092	96,604	97,166	96,000	95,238	96,875	97,297	98,361	95,238	97,423
Cero	93,906	95,019	99,174	100,000	99,585	97,959	98,901	100,000	100,000	97,297
Cero	93,782	94,779	97,521	95,161	95,618	95,618	97,253	98,333	95,238	95,812
Cero	93,350	98,413	97,521	96,327	95,547	97,600	97,790	98,883	95,161	96,825
Ascendente	93,922	93,385	96,386	94,488	95,238	97,255	96,257	96,774	94,737	96,373
Ascendente	94,157	98,859	96,000	94,488	95,238	94,942	95,745	97,297	94,241	93,846
Ascendente	94,140	94,400	96,000	94,488	95,618	96,063	95,238	97,297	94,737	94,819
Ascendente	93,601	92,188	96,000	94,862	96,386	95,238	94,737	97,297	95,745	95,313
Descendente	94,012	98,113	94,779	94,024	94,024	96,443	94,652	96,196	94,149	95,812
Descendente	94,168	98,859	96,000	95,618	95,618	96,825	95,745	97,297	95,745	96,316
Descendente	93,785	98,485	94,862	94,862	94,862	96,063	95,238	96,257	94,737	96,316
Descendente	93,888	99,248	93,281	92,913	93,281	94,488	94,149	94,652	92,670	95,238
Uniformidad de Emisión Ecuación de Barragán y Wu (2005)										
Cero	90,443	93,921	95,487	92,522	92,391	94,695	94,932	97,350	91,311	95,167
Cero	91,084	93,221	97,744	100,000	98,867	95,576	97,345	100,000	100,000	94,932
Cero	90,937	92,894	96,327	90,338	91,508	91,508	95,784	97,306	90,006	91,364
Cero	90,173	97,713	95,277	92,226	92,414	94,600	94,660	97,300	91,171	93,793
Ascendente	91,022	90,028	94,980	91,222	91,548	93,654	94,343	94,786	90,131	92,691
Ascendente	91,395	96,886	94,178	90,493	90,492	91,279	93,358	95,853	88,953	90,053
Ascendente	91,095	91,722	93,723	90,217	90,449	91,466	92,850	94,932	88,795	90,284
Ascendente	90,583	89,594	92,900	90,554	91,331	91,389	92,176	93,469	89,718	91,446

Descendente	91,312	96,561	92,701	91,032	91,032	93,633	91,794	94,251	89,934	92,605
Descendente	91,504	97,827	94,178	93,306	93,306	94,611	93,358	95,853	92,487	93,752
Descendente	91,080	97,817	92,817	92,817	92,817	94,270	92,303	94,343	91,923	93,752
Descendente	90,942	98,665	90,846	90,157	90,277	91,691	90,786	91,794	88,923	91,311

Anexo G. Prueba de Comparaciones Múltiples de Dunn ecuación de Keller & Karmeli (1978)

Global	Pendiente Cero									
---------------	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Comparison of x by group (Bonferroni)						
Co1 Mean- Row Mean	K_M	P_C	P_Cu	P_D	P_O	P_S
P_C	0.381597 1.0000					
P_Cu	-0.179057 1.0000	-0.560655 1.0000				
P_D	1.784703 1.0000	1.403105 1.0000	1.963761 1.0000			
P_O	0.272989 1.0000	-0.108608 1.0000	0.452046 1.0000	-1.511714 1.0000		
P_S	-1.406041 1.0000	-1.787639 1.0000	-1.226983 1.0000	-3.190744 0.0319	-1.679030 1.0000	
P_Si	1.890376 1.0000	1.508779 1.0000	2.069434 0.8664	0.105673 1.0000	1.617387 1.0000	3.296418 0.0220*
P_T	1.235789 1.0000	0.854192 1.0000	1.414847 1.0000	-0.548913 1.0000	0.962800 1.0000	2.641831 0.1855
P_U	0.032289 1.0000	-0.349308 1.0000	0.211346 1.0000	-1.752414 1.0000	-0.240700 1.0000	1.438330 1.0000
R	4.118321 0.0009*	3.736723 0.0042*	4.297378 0.0004*	2.333617 0.4414	3.845332 0.0027*	5.524362 0.0000*
Co1 Mean- Row Mean	P_Si	P_T	P_U			
P_T	-0.654587 1.0000					
P_U	-1.858087 1.0000	-1.203500 1.0000				
R	2.227944 0.5824	2.882531 0.0888	4.086032 0.0010*			

alpha = 0.05
Reject Ho if p <= alpha/2

data: x and group
Kruskal-Wallis chi-squared = 19.1694, df = 9, p-value = 0.02

Comparison of x by group (Bonferroni)						
Co1 Mean- Row Mean	M_K	P_C	P_Cu	P_D	P_O	P_S
P_C	-1.437347 1.0000					
P_Cu	-0.892668 1.0000	0.544679 1.0000				
P_D	-0.529549 1.0000	0.907798 1.0000	0.363119 1.0000			
P_O	-0.620329 1.0000	0.817018 1.0000	0.272339 1.0000	-0.090779 1.0000		
P_S	-2.239236 0.5657	-0.801888 1.0000	-1.346568 1.0000	-1.709687 1.0000	-1.618907 1.0000	
P_Si	-0.136169 1.0000	1.301178 1.0000	0.756498 1.0000	0.393379 1.0000	0.484159 1.0000	2.103066 0.7978
P_T	-0.317729 1.0000	1.119618 1.0000	0.574939 1.0000	0.211819 1.0000	0.302599 1.0000	1.921507 1.0000
P_U	-1.452477 1.0000	-0.015129 1.0000	-0.559809 1.0000	-0.922928 1.0000	-0.832148 1.0000	0.786758 1.0000
R	1.573517 1.0000	3.010865 0.0586	2.466186 0.3073	2.103066 0.7978	2.193846 0.6355	3.812754 0.0031*
Co1 Mean- Row Mean	P_Si	P_T	P_U			
P_T	-0.181559 1.0000					
P_U	-1.316308 1.0000	-1.134748 1.0000				
R	1.709687 1.0000	1.891247 1.0000	3.025995 0.0558			

alpha = 0.05
Reject Ho if p <= alpha/2

Pendiente Descendente

data: x and group
Kruskal-Wallis chi-squared = 24.4299, df = 9, p-value = 0

Comparison of x by group (Bonferroni)						
Co1 Mean- Row Mean	M_K	P_C	P_Cu	P_D	P_O	P_S
P_C	2.481316 0.2945					
P_Cu	1.301178 1.0000	-1.180138 1.0000				
P_D	3.056255 0.0504	0.574939 1.0000	1.755077 1.0000			
P_O	1.225528 1.0000	-1.255788 1.0000	-0.075649 1.0000	-1.830727 1.0000		
P_S	1.286048 1.0000	-1.195268 1.0000	-0.015129 1.0000	-1.770207 1.0000	0.060519 1.0000	
P_Si	3.056255 0.0504	0.574939 1.0000	1.755077 1.0000	0.000000 1.0000	1.830727 1.0000	1.770207 1.0000
P_T	3.010865 0.0586	0.529549 1.0000	1.709687 1.0000	-0.045389 1.0000	1.785337 1.0000	1.724817 1.0000
P_U	2.617486 0.1993	0.136169 1.0000	1.316308 1.0000	-0.438769 1.0000	1.391957 1.0000	1.331438 1.0000
R	3.752234 0.0039*	1.270918 1.0000	2.451056 0.3205	0.695978 1.0000	2.526706 0.2591	2.466186 0.3073
Co1 Mean- Row Mean	P_Si	P_T	P_U			
P_T	-0.045389 1.0000					
P_U	-0.438769 1.0000	-0.393379 1.0000				
R	0.695978 1.0000	0.741368 1.0000	1.134748 1.0000			

alpha = 0.05
Reject Ho if p <= alpha/2

Pendiente Ascendente

data: x and group
Kruskal-Wallis chi-squared = 23.3351, df = 9, p-value = 0.01

Comparison of x by group (Bonferroni)						
Co1 Mean- Row Mean	M_K	P_C	P_Cu	P_D	P_O	P_S
P_C	-1.181025 1.0000					
P_Cu	-1.589842 1.0000	-0.408816 1.0000				
P_D	0.060565 1.0000	1.241591 1.0000	1.650408 1.0000			
P_O	-0.696502 1.0000	0.484523 1.0000	0.893340 1.0000	-0.757067 1.0000		
P_S	-2.937423 0.0745	-1.756397 1.0000	-1.347580 1.0000	-2.997988 0.0611	-2.240920 0.5632	
P_Si	-0.287685 1.0000	0.893340 1.0000	1.302156 1.0000	-0.348251 1.0000	0.408816 1.0000	2.649737 0.1812
P_T	-1.408146 1.0000	-0.227120 1.0000	0.181696 1.0000	-1.468711 1.0000	-0.711643 1.0000	1.529277 1.0000
P_U	-1.983517 1.0000	-0.802491 1.0000	-0.393675 1.0000	-2.044083 0.9213	-1.287015 1.0000	0.953905 1.0000
R	0.938764 1.0000	2.119790 0.7655	2.528606 0.2577	0.878198 1.0000	1.635266 1.0000	3.876187 0.0024*
Co1 Mean- Row Mean	P_Si	P_T	P_U			
P_T	-1.120460 1.0000					
P_U	-1.695832 1.0000	-0.575371 1.0000				
R	1.226449 1.0000	2.346910 0.4259	2.922282 0.0782			

alpha = 0.05
Reject Ho if p <= alpha/2

Anexo G1. Prueba de Comparaciones Múltiples de Dunn ecuación de Barragán & Wu (2005)

Global

data: x and group
Kruskal-Wallis chi-squared = 47.2709, df = 9, p-value = 0

		Comparison of x by group (Bonferroni)					
Col Mean- Row Mean	M_K	P_C	P_Cu	P_D	P_O	P_S	
P_C	0.399049 1.0000						
P_Cu	0.736481 1.0000	0.337431 1.0000					
P_D	2.570350 0.2286	2.171300 0.6729	1.833868 1.0000				
P_O	1.481766 1.0000	1.082716 1.0000	0.745284 1.0000	-1.088584 1.0000			
P_S	-1.109123 1.0000	-1.508173 1.0000	-1.845605 1.0000	-3.679474 0.0053*	-2.590890 0.2154		
P_Si	3.623725 0.0065*	3.224675 0.0284	2.887243 0.0874	1.053374 1.0000	2.141958 0.7244	4.732849 0.0000*	
P_T	2.174235 0.6680	1.775185 1.0000	1.437753 1.0000	-0.396115 1.0000	0.692468 1.0000	3.283359 0.0231*	
P_U	-0.164314 1.0000	-0.563364 1.0000	-0.900796 1.0000	-2.734665 0.1405	-1.646080 1.0000	0.944809 1.0000	
R	3.550370 0.0087*	3.151320 0.0366	2.813888 0.1101	0.980019 1.0000	2.068604 0.8681	4.659494 0.0001*	
Col Mean- Row Mean	P_Si	P_T	P_U				
P_T	-1.449490 1.0000						
P_U	-3.788039 0.0034*	-2.338549 0.4356					
R	-0.073354 1.0000	1.376135 1.0000	3.714685 0.0046*				

alpha = 0.05
Reject Ho if p <= alpha/2

Pendiente Cero

data: x and group
Kruskal-Wallis chi-squared = 18.5482, df = 9, p-value = 0.03

		Comparison of x by group (Bonferroni)					
Col Mean- Row Mean	M_K	P_C	P_Cu	P_D	P_O	P_S	
P_C	-0.589902 1.0000						
P_Cu	0.196634 1.0000	0.786537 1.0000					
P_D	0.544525 1.0000	1.134428 1.0000	0.347891 1.0000				
P_O	0.347891 1.0000	0.937794 1.0000	0.151257 1.0000	-0.196634 1.0000			
P_S	-1.482320 1.0000	-0.892417 1.0000	-1.678954 1.0000	-2.026846 0.9603	-1.830211 1.0000		
P_Si	0.968045 1.0000	1.557948 1.0000	0.771411 1.0000	0.423520 1.0000	0.620154 1.0000	2.450366 0.3211	
P_T	0.378142 1.0000	0.968045 1.0000	0.181508 1.0000	-0.166382 1.0000	0.030251 1.0000	1.860463 1.0000	
P_U	-0.968045 1.0000	-0.378142 1.0000	-1.164680 1.0000	-1.512571 1.0000	-1.315937 1.0000	0.514274 1.0000	
R	2.117600 0.7697	2.707503 0.1525	1.920966 1.0000	1.573074 1.0000	1.769708 1.0000	3.599920 0.0072*	
Col Mean- Row Mean	P_Si	P_T	P_U				
P_T	-0.589902 1.0000						
P_U	-1.936091 1.0000	-1.346188 1.0000					
R	1.149554 1.0000	1.739457 1.0000	3.085646 0.0457				

alpha = 0.05
Reject Ho if p <= alpha/2

Pendiente Descendente

data: x and group
Kruskal-Wallis chi-squared = 21.857, df = 9, p-value = 0.01

Comparison of x by group (Bonferroni)						
Col Mean- Row Mean	M_K	P_C	P_Cu	P_D	P_O	P_S
P_C	2.677503 0.1669					
P_Cu	1.331188 1.0000	-1.346315 1.0000				
P_D	2.843901 0.1003	0.166398 1.0000	1.512713 1.0000			
P_O	1.936273 1.0000	-0.741229 1.0000	0.605085 1.0000	-0.907628 1.0000		
P_S	1.104280 1.0000	-1.573222 1.0000	-0.226907 1.0000	-1.739620 1.0000	-0.831992 1.0000	
P_Si	3.479241 0.0113*	0.801738 1.0000	2.148053 0.7135	0.635339 1.0000	1.542967 1.0000	2.374960 0.3949
P_T	2.813647 0.1102	0.136144 1.0000	1.482459 1.0000	-0.030254 1.0000	0.877373 1.0000	1.709366 1.0000
P_U	2.208561 0.6121	-0.468941 1.0000	0.877373 1.0000	-0.635339 1.0000	0.272288 1.0000	1.104280 1.0000
R	3.388478 0.0158*	0.710975 1.0000	2.057290 0.8923	0.544576 1.0000	1.452205 1.0000	2.284197 0.5031
Col Mean- Row Mean	P_Si	P_T	P_U			
P_T	-0.665594 1.0000					
P_U	-1.270679 1.0000	-0.605085 1.0000				
R	-0.090762 1.0000	0.574831 1.0000	1.179916 1.0000			

alpha = 0.05
Reject Ho if p <= alpha/2

Pendiente Ascendente

data: x and group
Kruskal-Wallis chi-squared = 26.6122, df = 9, p-value = 0

Comparison of x by group (Bonferroni)						
Col Mean- Row Mean	M_K	P_C	P_Cu	P_D	P_O	P_S
P_C	-1.391174 1.0000					
P_Cu	-0.604858 1.0000	0.786315 1.0000				
P_D	0.695587 1.0000	2.086761 0.8305	1.300445 1.0000			
P_O	0.272186 1.0000	1.663360 1.0000	0.877044 1.0000	-0.423400 1.0000		
P_S	-2.117004 0.7708	-0.725830 1.0000	-1.512145 1.0000	-2.812591 0.1106	-2.389190 0.3799	
P_Si	1.784332 1.0000	3.175506 0.0337	2.389190 0.3799	1.088745 1.0000	1.512145 1.0000	3.901336 0.0022*
P_T	0.272186 1.0000	1.663360 1.0000	0.877044 1.0000	-0.423400 1.0000	0.000000 1.0000	2.389190 0.3799
P_U	-1.844818 1.0000	-0.453643 1.0000	-1.239959 1.0000	-2.540405 0.2491	-2.117004 0.7708	0.272186 1.0000
R	0.211700 1.0000	1.602874 1.0000	0.816558 1.0000	-0.483886 1.0000	-0.060485 1.0000	2.328704 0.4472
Col Mean- Row Mean	P_Si	P_T	P_U			
P_T	-1.512145 1.0000					
P_U	-3.629150 0.0064*	-2.117004 0.7708				
R	-1.572631 1.0000	-0.060485 1.0000	2.056518 0.8940			

alpha = 0.05
Reject Ho if p <= alpha/2