



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA

**MODELACIÓN ANALÍTICA DE ACCESORIOS TIPO CURVA PARA EL
FLUJO EN TUBERÍAS A PRESIÓN**

TUTOR

PhD. MARCIAL SEBASTIAN CALERO AMORES

AUTORES

IVANNA MALENY MARTINEZ DELGADO

HANSEL JAIR PERLAZA MALDONADO

GUAYAQUIL

2023

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Modelación analítica de accesorios tipo curva para el flujo en tuberías a presión.	
AUTOR/ES: Martínez Delgado Ivanna Maleny Perlaza Maldonado Hansel Jair	TUTOR: Calero Amores Marcial Sebastián
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2023	N. DE PÁGS: 180
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Agua Potable, Flujo de Agua, Método Experimental, Medición.	
<p>La instalación y operación de redes de tuberías de Agua Potable pueden enfrentar diversos obstáculos que varían en magnitud, debido a la diversidad de elementos requeridos para su funcionamiento. En el contexto ecuatoriano, se encuentran disponibles varios tipos de accesorios curvos, cada uno con su propio diseño, los cuales han sido sometidos a pruebas exhaustivas. En este estudio, se evaluaron específicamente las marcas Hidrotubos y Tigre, que son reconocidas en el mercado ecuatoriano. Se desarrolló un prototipo que permitió la obtención de datos relacionados con presiones y caudales. Estos datos se introdujeron en ecuaciones pertinentes, dando como resultado los coeficientes de pérdida en los accesorios y la pérdida de energía. Estos resultados fueron posteriormente comparados con los estándares previamente establecidos en manuales de referencia. En conjunto, este trabajo proporciona una evaluación</p>	

detallada de los desafíos asociados con la instalación y funcionamiento de redes de Agua Potable, destacando la importancia de la selección adecuada de accesorios y la validación de su rendimiento mediante métodos empíricos y cálculos precisos.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:
---	-----------------------------

DIRECCIÓN URL (Web):

ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
---------------------	---	------------------------------------

CONTACTO CON AUTOR/ES: Martínez Delgado Ivanna Maleny Perlaza Maldonado Hansel Jair	Teléfono: 0980128461 0988686443	E-mail: imartinezd@ulvr.edu.ec hperlazam@ulvr.edu.ec
--	--	--

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	<p>Mgtr. Genaro Raymundo Gaibor Espín Decano Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 210 E-mail: ggaibore@ulvr.edu.ec</p> <p>Mg. Alexis Wladimir Valle Benítez Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 242 E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec</p>
------------------------------------	--

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Modelación analítica de accesorios tipo curva para el flujo en tuberías a presión

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %	7 %	1 %	3 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	1 %
2	qdoc.tips Fuente de Internet	1 %
3	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
5	Submitted to Corporación Universitaria Reformada Trabajo del estudiante	<1 %
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
7	Submitted to Universidad Cooperativa de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
8	kipdf.com Fuente de Internet	<1 %

42 pdfcoffee.com <1 %
Fuente de Internet

43 www.scribd.com <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas Activo Excluir coincidencias < 20 words
Excluir bibliografía Activo



Firmado electrónicamente por:
**MARCIAL SEBASTIAN
CALERO AMORES**

PhD. Marcial Sebastián Calero Amores

C.I. 0905197569

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **IVANNA MALENY MARTÍNEZ DELGADO** y **HANSEL JAIR PERLAZA MALDONADO**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **Modelación Analítica de Accesorios Tipo Curva Para el Flujo en Tuberías a Presión**, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)



IVANNA MALENY MARTINEZ DELGADO

0956003107



HANSEL JAIR PERLAZA MALDONADO

C.I.

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **Modelación Analítica de Accesorios Tipo Curva Para el Flujo en Tuberías a Presión**, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **Modelación Analítica de Accesorios Tipo Curva Para el Flujo en Tuberías a Presión**, presentado por los estudiantes **Ivanna Maleny Martínez Delgado y Hansel Jair Perlaza Maldonado** como requisito previo, para optar al Título de **Ingeniero Civil** encontrándose apto para su sustentación.



Firmado electrónicamente por:
**MARCIAL SEBASTIAN
CALERO AMORES**

PhD. Marcial Sebastián Calero Amores

C.I. 0905197569

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo, orientación y amistad durante el desarrollo de este trabajo de tesis. En primer lugar, quiero extender mi sincera gratitud a mi respetado tutor, PhD. Calero Amores Sebastián, por su dedicación incansable, paciencia y sabiduría que fueron fundamentales en cada etapa de este proceso. Sus valiosas sugerencias y comentarios enriquecieron enormemente este trabajo, guiándome con claridad hacia la consecución de mis objetivos académicos. A mi compañero de tesis, Hansel Perlaza, le agradezco de corazón por compartir esta travesía conmigo. Nuestros intercambios de ideas, debates y colaboración constante no solo fortalecieron mi comprensión del tema, sino que también hicieron que este viaje académico fuera mucho más significativo y enriquecedor. A mis seres queridos y familia, cuyo amor y apoyo me han sostenido en cada paso de este camino, les dedico este logro. Su fe en mí ha sido un faro que iluminó incluso los momentos más oscuros. En este momento de culminación, miro hacia atrás con gratitud y hacia adelante con entusiasmo. Este trabajo de tesis no solo representa mi esfuerzo individual, sino también la suma de los lazos de amistad y apoyo que me rodean.

DEDICATORIA

A la memoria de mi querida abuela, cuyo amor, sabiduría y cariño resonarán eternamente en mi corazón. Tu presencia sigue inspirándome a alcanzar alturas mayores y a enfrentar desafíos con valentía. Aunque físicamente no estés aquí, siento tu influencia guiándome en cada paso de este viaje. A mi amada madre, cuyo apoyo inquebrantable y sacrificio desinteresado han sido mi roca a lo largo de mi vida. Tu devoción y aliento han hecho posible cada logro y esta tesis es un tributo a la fuerza de tu amor. A mis queridos hermanos, cuya complicidad, risas y lazo inquebrantable han enriquecido mi vida de maneras inimaginables. Nuestra unión es un recordatorio constante de la importancia de la familia y la amistad. Su apoyo ha sido una fuente constante de inspiración, y este logro es también de ustedes.

IVANNA MALENY MARTÍNEZ DELGADO

AGRADECIMIENTO

Primeramente quiero agradecer a Dios y a mi madre quien es la que me ha ayudado durante toda mi carrera, ella es quien me ha estado ayudando de manera motivacional y económica cuando lo he necesitado, quiero agradecer por la gran contribución que ha tenido mi tutor, PhD. Calero Amores Sebastián, supo guiarnos para poder llegar a los resultados además de cuando tuvo que corregirnos lo hizo de la mejor manera.

Quiero agradecer a mi compañera de tesis Ivanna Martínez con quien pude compartir esta larga carrera además de poder culminar como compañeros de tesis, los momentos de experimentación de ellos fueron gratos puestos que me pude nutrir de sus conocimientos y enseñanzas así como yo también pude ayudar a que algunas partes sean comprendidas.

Quiero agradecer inmensamente a Gabo y a mis seres queridos, a mis tíos quienes fueron inspiración para desde un inicio elegir la carrera, quienes desde pequeños me ayudaron a enamorarme de la Ingeniería, agradecer en específico a mi tía Juana Mercedes Perlaza quien estuvo para motivarme durante la carrera, impartiendo conocimientos que me ayudaron.

DEDICATORIA

Esta tesis fue realizada en honor a la memoria de mi abuela paterna debido a que con ella vive gran parte de mi niñez, con ella aprendí los valores que ahora me ayudan a estar culminando esta carrera y me prepararon para poder ser una gran persona y ahora a un paso de ser un profesional.

Dedico esta tesis también a mi madre Cleo tilde Alexandra Maldonado quien estuvo pendiente de mi durante los 10 largos años que duro la cerrera quien no solo estuvo apoyándome de manera monetaria, sino también me ayudaba dándome aliento cada vez que sentía que algo se me complicaba mucho.

HANSEL JAIR PERLAZA MALDONADO

RESUMEN

La instalación y operación de redes de tuberías de Agua Potable pueden enfrentar diversos obstáculos que varían en magnitud, debido a la diversidad de elementos requeridos para su funcionamiento. En el contexto ecuatoriano, se encuentran disponibles varios tipos de accesorios curvos, cada uno con su propio diseño, los cuales han sido sometidos a pruebas exhaustivas. En este estudio, se evaluaron específicamente las marcas Hidrotubos y Tigre, que son reconocidas en el mercado ecuatoriano. Se desarrolló un prototipo que permitió la obtención de datos relacionados con presiones y caudales. Estos datos se introdujeron en ecuaciones pertinentes, dando como resultado los coeficientes de pérdida en los accesorios y la pérdida de energía. Estos resultados fueron posteriormente comparados con los estándares previamente establecidos en manuales de referencia. En conjunto, este trabajo proporciona una evaluación detallada de los desafíos asociados con la instalación y funcionamiento de redes de Agua Potable, destacando la importancia de la selección adecuada de accesorios y la validación de su rendimiento mediante métodos empíricos y cálculos precisos.

Palabras Claves

Agua Potable, Flujo de Agua, Método Experimental, Medición.

ABSTRACT

The installation and operation of potable water piping networks can face various obstacles that vary in magnitude, due to the diversity of elements required for its operation. In the Ecuadorian context, several types of curved fittings are available, each with its own design, which have been extensively tested. In this study, the Hidrotubos and Tigre brands, which are recognized in the Ecuadorian market, were specifically evaluated. A prototype was developed to obtain data related to pressures and flow rates. These data were entered into relevant equations, resulting in the loss coefficients in the accessories and energy loss. These results were then compared to standards previously established in reference manuals. Overall, this work provides a detailed assessment of the challenges associated with the installation and operation of drinking water networks, highlighting the importance of proper selection of fittings and validation of their performance through empirical methods and accurate calculations.

Keywords:

Drinking water, Water Flow, Experimental Methods, Measurement.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

ÍNDICE GENERAL	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxii
ÍNDICE DE FIGURAS	xxii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
ENFOQUE DE LA PROPUESTA	2
1.1. Tema.....	2
1.2. Planteamiento del Problema	2
1.3. Formulación del Problema	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5. Hipótesis	3
1.6 Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO REFERENCIAL	5
2.1. Antecedentes	5
2.1.1 El Agua Potable	5
2.1.2 Evolución Histórica Del Suministro De Agua Potable.	6
2.1.3 Agua Potable En La Salud.....	7
2.1.4 Proceso de Potabilización.....	8
2.1.5 Avances Científicos y Tecnológicos En Las Redes De Agua Potable.	9
2.1.6 Elementos Que Conforman Una Red Agua Potable	12
2.1.7 Red de Agua Potable en Ecuador.....	13

2.2 Marco Teórico	13
2.2.1 Tuberías.....	13
2.2.2 Tipos de Tuberías Para Agua Potable	14
2.2.3 Accesorios para Redes a Agua Potable	15
2.2.4 Accesorios Tipo Curva.....	17
2.2.5 Principales Características de los Accesorios Tipo Curva	19
2.2.6 Materiales de los Accesorios Tipo Curva.....	20
2.2.7 Marcas En Ecuador de Accesorios Tipo Curva para Red de Agua...	21
2.3 Marco Conceptual	23
2.3.1 Hidráulica.....	23
2.3.2 La Hidráulica – Experimentaciones en Laboratorios.....	24
2.3.3 Leyes Básicas de la Hidráulica	24
2.3.4 Fluidos	31
2.3.5 Diagrama de Moody.....	44
2.3.6 Velocidad	46
2.3.7 Caudal	46
2.3.8 Pérdidas de carga.....	46
2.4 Marco Legal	51
2.4.1 Constitución de la República del Ecuador	51
2.4.2 Ley Orgánica De Recursos Hídricos Usos Y Aprovechamiento Del Agua	53
2.4.3 Instituto Ecuatoriano De Normalización (INEN)	54
2.4.4 Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil (ETAPA EP).	55
2.4.5 Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA)	55
2.4.6 Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS).....	55
CAPÍTULO III	56
MARCO METODOLÓGICO	56

3.1 Enfoque de la investigación	56
3.2 Alcance de la investigación.....	56
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	57
3.3.1 Estudio Preliminar de una Red de Agua Potable.....	57
3.3.2 Diseño del Prototipo de Red de Agua Potable.....	57
3.3.3 Materiales a utilizar	58
3.3.4 Elaboración del Prototipo.....	64
3.3.5 Prototipo Final.....	64
3.3.6 Obtener los datos.....	66
3.3.7 Fórmulas a aplicar	66
3.4 Población y muestra.....	70
3.4.1 Población	70
3.4.2 Muestra.....	71
CAPÍTULO IV	72
PROPUESTA Y RESULTADOS.....	72
4.1 Accesorio tipo curva.....	73
4.1.1 Accesorio tipo curva de 90°	73
4.1.2 Accesorio tipo curva en forma de “S”	73
4.1.3 Accesorio tipo curva en forma de “U”	74
4.1.4 Precio de accesorios tipo curvas encontrados en el mercado	76
4.1.5 Precio del prototipo	76
4.1.6 Participación de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción	77
4.1.7 Costo Referencial Total	77
4.2 Presentación y análisis de resultados.....	77
4.2.1 Registros de Medidor.....	78
4.2.2 Caudal	102
4.2.3 Cálculo del Área del Diámetro de las Tuberías Trabajadas.....	106

4.2.4 Cálculo de Velocidad	106
4.2.5 Diferencia de las Lecturas de Medidor de Presión.....	110
4.2.6 Cálculo del hL	114
4.2.7 Cálculo de la variable K	118
4.2.8 Gráficas Comparativas Entre los Coeficientes K y K del Manual....	125
4.2.9 Gráficas de Indicadores y hL Tabulado	137
CONCLUSIONES.....	149
RECOMENDACIONES	151
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Línea de Investigación.....	4
Tabla 2 Tipos de Accesorios	18
Tabla 3 Condiciones de Flujo según Reynolds	30
Tabla 4 Coeficientes Ks.....	68
Tabla 5 Población.....	70
Tabla 6 Muestra	71
Tabla 7 Tabla Comparativa de Precios	76
Tabla 8 Costos de los Prototipos en General.....	76
Tabla 9 Costo Referencial Total	77
Tabla 10 Accesorio Tipo "U" de 1 Pulgada (Primer Registro)	78
Tabla 11 Accesorio Tipo "S" de 1 Pulgada (Primer Registro).....	78
Tabla 12 Accesorio Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada (Primer Registro)	79
Tabla 13 Accesorio Tipo Curva 90° de 1 Pulgada (Primer Registro).....	79
Tabla 14 Accesorio Tipo "U" de 1 Pulgada (Segundo Registro).....	79
Tabla 15 Accesorio Tipo "S" de 1 Pulgada (Segundo Registro).....	80
Tabla 16 Accesorio Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada (Segundo Registro) ...	80
Tabla 17 Accesorio Tipo Curva 90° de 1 Pulgada (Segundo Registro).....	80
Tabla 18 Accesorio Tipo "U" de 1 Pulgada (Tercer Registro).....	81
Tabla 19 Accesorio Tipo "S" de 1 Pulgada (Tercer Registro)	81
Tabla 20 Accesorio Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada (Tercer Registro)	81
Tabla 21 Accesorio Tipo Curva 90° de 1 Pulgada (Tercer Registro).....	82
Tabla 22 Accesorio Tipo "U" de ¾ Pulgada (Primer Registro).....	82
Tabla 23 Accesorio Tipo "S" de ¾ Pulgada (Primer Registro).....	82
Tabla 24 Accesorio Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada (Primer Registro).....	83
Tabla 25 Accesorio Tipo Curva 90° de ¾ Pulgada (Primer Registro).....	83
Tabla 26 Accesorio Tipo "U" de ¾ Pulgada (Segundo Registro).....	83
Tabla 27 Accesorio Tipo "S" de ¾ Pulgada (Segundo Registro)	84
Tabla 28 Accesorio Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada (Segundo Registro) ...	84
Tabla 29 Accesorio Tipo Curva 90° de ¾ Pulgada (Segundo Registro)	84
Tabla 30 Accesorio Tipo "U" de ¾ Pulgada (Tercer Registro).....	85
Tabla 31 Accesorio Tipo "S" de ¾ Pulgada (Tercer Registro).....	85
Tabla 32 Accesorio Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada (Tercer Registro)	85

Tabla 33 Accesorio Tipo Curva 90° de ¾ Pulgada (Tercer Registro).....	86
Tabla 34 Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada (Primer Registro).....	86
Tabla 35 Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada (Primer Registro).....	86
Tabla 36 Accesorio Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada (Primer Registro)	87
Tabla 37 Accesorio Tipo Curva 90° de ½ Pulgada (Primer Registro).....	87
Tabla 38 Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada (Segundo Registro).....	87
Tabla 39 Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada (Segundo Registro)	88
Tabla 40 Accesorio Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada (Segundo Registro) ...	88
Tabla 41 Accesorio Tipo Curva 90° de ½ Pulgada (Segundo Registro)	88
Tabla 42 Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada (Tercer Registro).....	89
Tabla 43 Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada (Tercer Registro)	89
Tabla 44 Accesorio Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada (Tercer Registro)	89
Tabla 45 Accesorio Tipo Curva 90° de ½ Pulgada (Tercer Registro)	90
Tabla 46 Accesorio Tipo “U” de 1 Pulgada (Primer Registro).....	90
Tabla 47 Accesorio Tipo “S” de 1 Pulgada (Primer Registro).....	90
Tabla 48 Accesorio Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada (Primer Registro)	91
Tabla 49 Accesorio Tipo Curva 90° de 1 Pulgada (Primer Registro).....	91
Tabla 50 Accesorio Tipo “U” de 1 Pulgada (Segundo Registro).....	91
Tabla 51 Accesorio Tipo “S” de 1 Pulgada (Segundo Registro).....	92
Tabla 52 Accesorio Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada (Segundo Registro) ...	92
Tabla 53 Accesorio Tipo Curva 90° de 1 Pulgada (Segundo Registro)	92
Tabla 54 Accesorio Tipo “U” de 1 Pulgada (Tercer Registro).....	93
Tabla 55 Accesorio Tipo “S” de 1 Pulgada (Tercer Registro)	93
Tabla 56 Accesorio Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada (Tercer Registro)	93
Tabla 57 Accesorio Tipo Curva 90° de 1 Pulgada (Tercer Registro).....	94
Tabla 58 Accesorio Tipo “U” de ¾ Pulgada (Primer Registro).....	94
Tabla 59 Accesorio Tipo “S” de ¾ Pulgada (Primer Registro).....	94
Tabla 60 Accesorio Tipo de Paso de ¾ Pulgada (Primer Registro)	95
Tabla 61 Accesorio Tipo Curva 90° de ¾ Pulgada (Primer Registro).....	95
Tabla 62 Accesorio Tipo “U” de ¾ Pulgada (Segundo Registro).....	95
Tabla 63 Accesorio Tipo “S” de ¾ Pulgada (Segundo Registro)	96
Tabla 64 Accesorio Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada (Segundo Registro) ...	96
Tabla 65 Accesorio Tipo Curva 90° de ¾ Pulgada (Segundo Registro)	96
Tabla 66 Accesorio Tipo “U” de ¾ Pulgada (Tercer Registro).....	97

Tabla 67 Accesorio Tipo “S” de ¾ Pulgada (Tercer Registro).....	97
Tabla 68 Accesorio Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada (Tercer Registro)	97
Tabla 69 Accesorio Tipo Curva 90° de ¾ Pulgada (Tercer Registro).....	98
Tabla 70 Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada (Primer Registro).....	98
Tabla 71 Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada (Primer Registro).....	98
Tabla 72 Accesorio Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada (Primer Registro)	99
Tabla 73 Accesorio Tipo Curva 90° de ½ Pulgada (Primer Registro).....	99
Tabla 74 Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada (Segundo Registro).....	99
Tabla 75 Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada (Segundo Registro).....	100
Tabla 76 Accesorio Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada (Segundo Registro) .	100
Tabla 77 Accesorio Tipo Curva 90° de ½ Pulgada (Segundo Registro).....	100
Tabla 78 Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada (Tercer Registro).....	101
Tabla 79 Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada (Tercer Registro).....	101
Tabla 80 Accesorio Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada (Tercer Registro)	101
Tabla 81 Accesorio Tipo Curva 90° de ½ Pulgada (Tercer Registro).....	102
Tabla 82 Caudal marca HIDROTUBO Accesorios de 1 Pulgada	102
Tabla 83 Caudal marca HIDROTUBO Accesorios de 1 Pulgada	102
Tabla 84 Caudal marca HIDROTUBO Accesorios de ¾ Pulgada	103
Tabla 85 Caudal marca HIDROTUBO Accesorios de ¾ Pulgada	103
Tabla 86 Caudal marca HIDROTUBO Accesorios de ½ Pulgada	103
Tabla 87 Caudal marca HIDROTUBO Accesorios de ½ Pulgada	104
Tabla 88 Caudal marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada.....	104
Tabla 89 Caudal marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada.....	104
Tabla 90 Caudal marca TIGRE Accesorios de ¾ Pulgada.....	105
Tabla 91 Caudal marca TIGRE Accesorios de ¾ Pulgada.....	105
Tabla 92 Caudal marca TIGRE Accesorios de ½ Pulgada.....	105
Tabla 93 Caudal marca TIGRE Accesorios de ½ Pulgada.....	106
Tabla 94 Área del Diámetro de las Tuberías Usada en el Proyecto.....	106
Tabla 95 Velocidad marca HIDROTUBOS Accesorios de 1 Pulgada	106
Tabla 96 Velocidad marca HIDROTUBOS Accesorios de 1 Pulgada	107
Tabla 97 Velocidad marca HIDROTUBOS Accesorios de ¾ Pulgada	107
Tabla 98 Velocidad marca HIDROTUBOS Accesorios de ¾ Pulgada	107
Tabla 99 Velocidad marca HIDROTUBOS Accesorios de ½ Pulgada	108
Tabla 100 Velocidad marca HIDROTUBOS Accesorios de ½ Pulgada	108

Tabla 101 Velocidad marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada	108
Tabla 102 Velocidad marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada	109
Tabla 103 Velocidad marca TIGRE Accesorios de $\frac{3}{4}$ Pulgada	109
Tabla 104 Velocidad marca TIGRE Accesorios de $\frac{3}{4}$ Pulgada	109
Tabla 105 Velocidad marca TIGRE Accesorios de $\frac{1}{2}$ Pulgada	110
Tabla 106 Velocidad marca TIGRE Accesorios de $\frac{1}{2}$ Pulgada	110
Tabla 107 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de 1 Pulgada	110
Tabla 108 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de 1 Pulgada	111
Tabla 109 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de $\frac{3}{4}$ Pulgada	111
Tabla 110 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de $\frac{3}{4}$ Pulgada	111
Tabla 111 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de $\frac{1}{2}$ Pulgada	112
Tabla 112 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de $\frac{1}{2}$ Pulgada	112
Tabla 113 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada	112
Tabla 114 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada	113
Tabla 115 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de $\frac{3}{4}$ Pulgada	113
Tabla 116 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de $\frac{3}{4}$ Pulgada	113
Tabla 117 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de $\frac{1}{2}$ Pulgada	114
Tabla 118 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de $\frac{1}{2}$ Pulgada	114
Tabla 119 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada	114
Tabla 120 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada	115
Tabla 121 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de $\frac{3}{4}$ Pulgada	115
Tabla 122 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de $\frac{3}{4}$ Pulgada	115
Tabla 123 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de $\frac{1}{2}$ Pulgada	116
Tabla 124 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de $\frac{1}{2}$ Pulgada	116
Tabla 125 Cálculo del hL marca TIGRE de 1 Pulgada	116
Tabla 126 Cálculo del hL marca TIGRE de 1 Pulgada	117
Tabla 127 Cálculo del hL marca TIGRE de $\frac{3}{4}$ Pulgada	117
Tabla 128 Cálculo del hL marca TIGRE de $\frac{3}{4}$ Pulgada	117

Tabla 129 Cálculo del hL marca TIGRE de ½ Pulgada	118
Tabla 130 Cálculo del hL marca TIGRE de ½ Pulgada	118
Tabla 131 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada	118
Tabla 132 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada	119
Tabla 133 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de ¾ Pulgada	119
Tabla 134 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de ¾ Pulgada	119
Tabla 135 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de ½ Pulgada	120
Tabla 136 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de ½ Pulgada	120
Tabla 137 Cálculo de la variable K marca TIGRE de 1 Pulgada	120
Tabla 138 Cálculo de la variable K marca TIGRE de 1 Pulgada	121
Tabla 139 Cálculo de la variable K marca TIGRE de ¾ Pulgada	121
Tabla 140 Cálculo de la variable K marca TIGRE de ¾ Pulgada	121
Tabla 141 Cálculo de la variable K marca TIGRE de ½ Pulgada	122
Tabla 142 Cálculo de la variable K marca TIGRE de ½ Pulgada	122
Tabla 143 Cálculo de la variable K Normalizada de 1 Pulgada	123
Tabla 144 Cálculo de la variable K Normalizada de 1 Pulgada	123
Tabla 145 Cálculo de la variable K Normalizada de ¾ Pulgada	123
Tabla 146 Cálculo de la variable K Normalizada de ¾ Pulgada	124
Tabla 147 Cálculo de la variable K Normalizada de ½ Pulgada	124
Tabla 148 Cálculo de la variable K Normalizada de ½ Pulgada	124
Tabla 149 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorios Tipo "U" de 1 Pulgada	125
Tabla 150 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorios tipo "S" de 1 Pulgada	126
Tabla 151 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorios Curva de Paso de 1"	127
Tabla 152 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva 90° de 1 Pulgada	128
Tabla 153 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo "U" de ¾ Pulgada	129
Tabla 154 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo "S" de ¾ Pulgada	130
Tabla 155 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva de Paso de ¾ Pulgada	131

Tabla 156 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva 90° de ¾ Pulgada	132
Tabla 157 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada	133
Tabla 158 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada.....	134
Tabla 159 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva de Paso de ½ Pulgada.....	135
Tabla 160 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio curva 90° de ½ Pulgada	136
Tabla 161 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios “U” de 1 Pulgada	137
Tabla 162 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios “S” de 1 Pulgada	138
Tabla 163 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada	139
Tabla 164 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de 90° de 1 Pulgada	140
Tabla 165 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo “U” de ¾ Pulgada	141
Tabla 166 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo “S” de ¾ Pulgada	142
Tabla 167 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada	143
Tabla 168 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de 90° de ¾ Pulgada	144
Tabla 169 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva “U” de ½ Pulgada	145
Tabla 170 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva “S” de ½ Pulgada	146
Tabla 171 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada	147
Tabla 172 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de 90° de ½ Pulgada	148

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Ley de Continuidad.....	24
Ecuación 2 Ecuación de Bernoulli	25
Ecuación 3 Energía Potencial	26
Ecuación 4 Energía Cinética	26
Ecuación 5 Ecuación de Energía por Unidad de Peso.....	27
Ecuación 6 Ecuación de Darcy-Weisbach.....	27
Ecuación 7 Ecuación de Hazen-Williams	28
Ecuación 8 Ecuación de Manning	29
Ecuación 9 Número de Reynolds	30
Ecuación 10 Densidad.....	33
Ecuación 11 Tensión Superficial	35
Ecuación 12 Peso Específico	35
Ecuación 13 Presión	36
Ecuación 14 Presión Manométrica.....	37
Ecuación 15 Presión Absoluta.....	38
Ecuación 16 Diagrama de Moody	45
Ecuación 17 Caudal	46
Ecuación 18 Pérdidas Longitudinales/Fricción	47
Ecuación 19 Pérdidas Localizadas.....	48
Ecuación 20 Pérdidas por Cambio de Dirección	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Uso del Agua Potable.....	6
Figura 2 Historia de la Conducción del Agua	7
Figura 3 Procesos del Agua	9
Figura 4 Tubos PVC	14
Figura 5 Tipos de Tubería de Acero	15
Figura 6 Accesorios para Redes a Agua Potable	17
Figura 7 Accesorio Tipo Curva	20
Figura 8 Deformación Resultante de la Aplicación de una Fuerza Constante..	32
Figura 9 Viscosidad Del Agua	34

Figura 10 Reograma para Distintos Tipos de Fluidos	39
Figura 11 Flujo Laminar.....	42
Figura 12 Flujo Transición	43
Figura 13 Diagrama de Moody	45
Figura 14 Coeficientes Cc para Curvas de Diámetro Constante y $Re \geq 2.2 \cdot 10^5$, en Tubos Rugosos	50
Figura 15 Demostración del Flujo en Codos y Curvas	51
Figura 16 Enfoque de la Investigación	56
Figura 17 Accesorio Tipo Curva de 90°	58
Figura 18 Accesorios con Curva de Paso	59
Figura 19 Accesorio Tipo Curva “U”	59
Figura 20 Accesorio Tipo Curva “S”	60
Figura 21 Manómetro	60
Figura 22 Medidor	61
Figura 23 Tarraja.....	62
Figura 24 Tubería PVC Marca Plastigama	62
Figura 25 Serrucho.....	63
Figura 26 Teflón	63
Figura 27 Diseño de Prototipo (Implantación Horizontal)	64
Figura 28 Prototipo Final Horizontal	65
Figura 29 Banco Hidráulico	66
Figura 30 Curva de 90°	73
Figura 31 Forma “S”	74
Figura 32 Forma “U”	75
Figura 33 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo “U” de 1 Pulgada	125
Figura 34 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo “S” de 1 Pulgada.....	126
Figura 35 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorios Curva de Paso de 1 Pulgada.....	127
Figura 36 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva 90° de 1 Pulgada	128
Figura 37 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo “U” de $\frac{3}{4}$ Pulgada	129

Figura 38 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo S de ¾ Pulgada.....	130
Figura 39 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada.....	131
Figura 40 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva 90° de ¾"	132
Figura 41 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo U de ½"	133
Figura 42 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo "S" de ½ Pulgada.....	134
Figura 43 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo de Paso de ½"	135
Figura 44 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva 90° de ½"	136
Figura 45 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios "U" de 1 Pulgada.....	137
Figura 46 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios "S" de 1 Pulgada.....	138
Figura 47 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada	139
Figura 48 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de 90° de 1 Pulgada	140
Figura 49 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo "U" de ¾ Pulgada.	141
Figura 50 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo "S" de ¾ Pulgada .	142
Figura 51 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada	143
Figura 52 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de 90° de ¾ Pulgada	144
Figura 53 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva "U" de ½ Pulgada	145
Figura 54 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva "S" de ½ Pulgada	146
Figura 55 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada	147
Figura 56 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de 90° de ½ Pulgada	148

INTRODUCCIÓN

En el contexto de las obras civiles en Ecuador, particularmente en el área hidrosanitaria, la presión del agua es de vital importancia para mejorar el rendimiento de las tuberías. Se han desarrollado proyectos de gran envergadura que requieren transportar más agua, lo que ha llevado a emplear diversos materiales para conducir agua, como hierro fundido, acero, PVC, polietileno, entre otros. Uno de los principales problemas en las redes de agua potable es la limitación de accesorios por presiones para estructuras más grandes, lo que afecta la eficiencia y fluidez del caudal. Esto se debe al desgaste con el tiempo y otras causas, como obstrucciones en las tuberías. Para mejorar la situación, es necesario realizar estudios analíticos y experimentales de los accesorios, especialmente los tipos de curvas. La modelación de los accesorios existentes y la investigación adecuada permitirá mejorar la calidad de la presión del agua y reducir los costos de inversión.

Este estudio tiene como objetivo el diseño de un prototipo con las tuberías y accesorios respectivamente encontrados en el mercado ecuatoriano mediante el cual observaremos los diferentes accesorios tipo curva, para este prototipo las marcas a evaluar son: Hidrotubos y Tigre. Dichas marcas que nos permitirá obtener datos experimentales en cuanto a presiones y caudales, para luego calcular con ecuaciones los coeficientes de pérdidas en cada uno de los accesorios con su respectiva medida y marca, modelos dimensionales y universales aplicables a redes de Agua Potable.

Se utilizan búsquedas exhaustivas para recopilar la información más completa posible. Esto es fundamental para llevar a cabo las pruebas en el prototipo que involucran accesorios tipo curva. Posteriormente, se realiza una comparativa detallada que resalta las disparidades entre los coeficientes de pérdida obtenidos y los valores establecidos en los manuales de referencia. Con base en estos resultados, se procede a analizar y sintetizar las conclusiones y recomendaciones correspondientes. Estos hallazgos orientarán la optimización del flujo en la red de Agua Potable, permitiendo una gestión más eficiente y efectiva del sistema.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1. Tema

“Modelación analítica de accesorios tipo curva para el flujo en tuberías a presión”

1.2. Planteamiento del Problema

En la historia de las obras civiles realizadas en el territorio ecuatoriano específicamente en el aspecto de la hidrosanitaria la presión del agua es un aspecto de vital importancia por lo cual se busca tener presión idónea y a su vez mejorar la calidad y rendimiento de los accesorios para las tuberías de presión. En los últimos años se han presentado proyectos de gran envergadura que cuentan con la necesidad de transportar más agua. En la actualidad se emplean variedad de materiales para conducir agua, tales como hierro fundido, acero, latón, cobre, plomo, hormigón, polipropileno y los más usados en la actualidad para interiores son el policloruro de vinilo (PVC) y el termoplástico polietileno, siendo este último usado para tuberías que conducen agua con cambios de temperatura.

En gran parte de las instalaciones de redes de agua potable el mayor inconveniente es que los accesorios se limitan por presiones para estructuras más grandes. En mayor parte el inconveniente son los accesorios, puesto que por las tuberías pasan determinados caudales y presiones que afectan los accesorios. En obras como las rehabilitaciones de redes de agua potable es importante colocar accesorios que mejoren el flujo y que la pérdida de presión sea mínima. Por lo cual es necesario efectuar los estudios necesarios para llegar al rendimiento adecuado de los accesorios.

En general la modelación analítica y experimental de los accesorios tipo curvas es necesaria pues que uno de los problemas comunes que se suele presentar en las redes de agua potable son las tuberías ruidosas con exceso de pérdidas, otro de los problemas que se suele presentar en la instalación de tuberías son los cambios bruscos de dirección, que generan exceso de pérdidas localizadas y disminución de la eficiencia del sistema. Con este se espera generar una mejor productividad al

momento de realizar las instalaciones de las redes de agua potable, por ende, se espera que gracias a los estudios realizados se logre obtener mejores resultados mientras se invierte menos capital.

Mediante el análisis de los accesorios ya existentes y gracias a los estudios necesarios se pretende modelar accesorio tipo curva para el flujo de tuberías a presión para que este permita mejorar la calidad en la presión del agua y a su vez sea más económico.

1.3. Formulación del Problema

¿Qué efecto tendrá la experimentación y modelación de accesorios tipo curva para mejorar la presión y de qué manera impacta el mercado local?

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Elaborar modelos analíticos para accesorios tipo curvas para sistemas a presión, elaborados y mercadeados en Ecuador.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar modelos gráficos y analíticos.
- Elaborar prototipos, experienciales y experimentar la resistencia al flujo en accesorios.
- Evaluar coeficientes de pérdidas obtenidos en el laboratorio FIIC y los establecidos en manuales.
- Evaluar técnica y económicamente accesorios distribuidos en el país.

1.5. Hipótesis

La elaboración de modelos analíticos experimentales para accesorios tipo curvas beneficiará técnica y económicamente los proyectos de flujo en tuberías.

1.6 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

La elección del territorio en la línea institucional del tema de Modelación Analítica de Accesorios Tipo Curva para el flujo en tuberías a presión puede estar influenciada, pues existe la disponibilidad de recursos financieros, tecnológicos y de personal capacitado para llevar a cabo investigaciones y estudios en este campo específico. El modelado analítico de accesorios tipo curva para el flujo en tuberías a presión puede ser un área con potencial de innovación y desarrollo, lo que podría ser una motivación para que la institución elija este territorio como una forma de avanzar en el conocimiento y la tecnología en el campo de la hidráulica y la ingeniería de fluidos. La elección del territorio en la línea institucional del tema puede estar guiada por la experiencia, las necesidades locales, los recursos disponibles y el potencial de desarrollo e innovación en el área de estudio. Es importante que la elección se base en una evaluación cuidadosa de estos factores para garantizar que la investigación y los esfuerzos institucionales sean efectivos y relevantes para la comunidad y la industria en el territorio.

Tabla 1 Línea de Investigación

Dominio	Línea Institucional	Líneas de Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco amigable, industria, y desarrollo de energías renovables	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Territorio

Fuente: Sitio web ULVR (2023)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

2.1.1 *El Agua Potable*

En nuestro planeta existe un líquido de vital importancia del cual todos tienen derecho, y es esencial para la vida humana, el agua; por lo que acceder a ella ha sido de gran interés y las civilizaciones han desarrollado diferentes métodos para obtener agua potable. La historia del suministro de agua potable se remonta a miles de años atrás. A lo largo de la historia, las sociedades humanas han desarrollado diversas técnicas y sistemas para obtener agua limpia y segura para el consumo humano.

Según La Organización Mundial de la Salud (1997) “El agua de beber debe ser adecuada para el consumo humano y para todos los usos domésticos corrientes.” Cuando se supera un valor de referencia, es necesario investigar su causa y tomar acciones correctivas. La cantidad y duración que se pueda exceder un valor de referencia sin poner en riesgo la salud humana depende del tipo de sustancia involucrada. Al establecer estándares nacionales para la calidad del agua potable, se deben considerar diversos factores, como aspectos locales, geográficos, socioeconómicos y culturales. Como consecuencia, los estándares nacionales pueden variar significativamente respecto a los valores de referencia.

A nivel global, el transporte de agua a través de conductos tubulares cerrados, como las tuberías, se ha vuelto muy común debido a los avances en la tecnología industrial. Con el paso del tiempo, ha surgido una mayor necesidad de mover el agua, y en la mayoría de los casos, el agua se presuriza para su transporte de un lugar a otro. El transporte de agua presurizada ofrece ciertos beneficios, como la flexibilidad en el diseño de redes hidráulicas, control en el suministro del líquido, reducción del impacto ambiental al ahorrar agua, control de la calidad del agua y una mayor eficiencia. Sin embargo, debido al crecimiento de la población y la disminución de este recurso hídrico natural, es esencial llevar a cabo un estudio que permita reducir los impactos negativos en el transporte de agua presurizada.

Figura 1 Uso del Agua Potable



Fuente: Sitio Web Aquae Fundación (2021)

2.1.2 Evolución Histórica Del Suministro De Agua Potable.

2.1.2.1 Civilizaciones Antiguas. Las antiguas civilizaciones, como los egipcios, romanos y griegos, reconocieron la importancia del agua potable y desarrollaron sistemas rudimentarios para su suministro. Utilizaban fuentes naturales, como ríos y manantiales, y construían acueductos y canales para llevar el agua a las ciudades.

2.1.2.2 Edad Media y Renacimiento. Durante la Edad Media, el suministro de agua potable se volvió más desafiante debido a la falta de conocimientos sobre higiene y saneamiento. Los pozos y los ríos seguían siendo las principales fuentes de agua, pero la calidad del agua era cuestionable. Durante el Renacimiento, se mejoraron las técnicas de suministro de agua, como la construcción de sistemas de tuberías y la instalación de fuentes públicas.

2.1.2.3 Revolución Industrial. Con la llegada de la Revolución Industrial, el crecimiento de las ciudades y el aumento de la contaminación del agua plantea desafíos significativos para el suministro de agua potable. Surgieron sistemas de abastecimiento de agua a gran escala, con la construcción de embalses, estaciones de bombeo y redes de tuberías para llevar agua limpia a las comunidades.

2.1.2.4 Avances Científicos y Sanitarios. A finales del siglo XIX y principios del XX, los avances científicos y sanitarios jugaron un papel crucial en la mejora de la

calidad del agua potable. La comprensión de los riesgos para la salud asociados con el agua contaminada llevó a la implementación de sistemas de filtración y tratamiento del agua. Se desarrollaron técnicas como la cloración para desinfectar el agua y protegerla de enfermedades transmitidas por el agua, como el cólera y la fiebre tifoidea.

2.1.2.5 Siglo XX y Actualidad. En el siglo XX, se realizaron inversiones significativas en infraestructura de agua potable en todo el mundo. Se construyeron plantas de tratamiento de agua más avanzadas, sistemas de distribución más extensos y se implementaron regulaciones más estrictas para garantizar la calidad del agua potable. En la actualidad, el acceso a agua potable segura y limpia sigue siendo un desafío en algunas partes del mundo, pero se han logrado avances significativos en la mejora de la cobertura y la calidad del suministro de agua potable.

Figura 2 Historia de la Conducción del Agua



Fuente: Sitio Web iAgua (2022)

2.1.3 Agua Potable En La Salud.

A lo largo de la historia, la comprensión de los riesgos para la salud, ya que es importante destacar que no toda el agua es potable. El agua potable es aquella que cumple con los estándares de calidad y no contiene contaminantes perjudiciales para la salud. Es necesario asegurarse de obtener agua de fuentes seguras, como agua municipal tratada o agua embotellada certificada. Al tener acceso a agua potable de

calidad, se reducen significativamente los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua, como la diarrea, el cólera y otras infecciones gastrointestinales.

Según OMS (2023) las consecuencias sociales y económicas de la falta de acceso adecuado a servicios de agua y saneamiento son también extremadamente graves. Cuando estos servicios esenciales están ausentes, las personas enferman y los niños, especialmente las niñas, sufren un impacto negativo en su educación. Además, comunidades enteras pueden ser desplazadas debido a la escasez de agua.

Por otro lado, los beneficios de contar con acceso a agua potable y saneamiento, tanto para las personas como para las sociedades, son incalculables. Estos servicios son fundamentales para el desarrollo saludable de los niños y para mantener el bienestar en la etapa adulta. También juegan un papel crucial en el avance social y económico al respaldar la salud de la comunidad y aumentar la productividad.

2.1.4 Proceso de Potabilización

2.1.4.1 La Captación Del Agua. Cuando se realiza desde fuentes naturales como ríos, lagos o embalses mediante el uso de electrobombas. Durante su transporte, el agua se somete a un proceso de filtración a través de una serie de rejillas de diferentes tamaños para retener los sólidos presentes en ella.

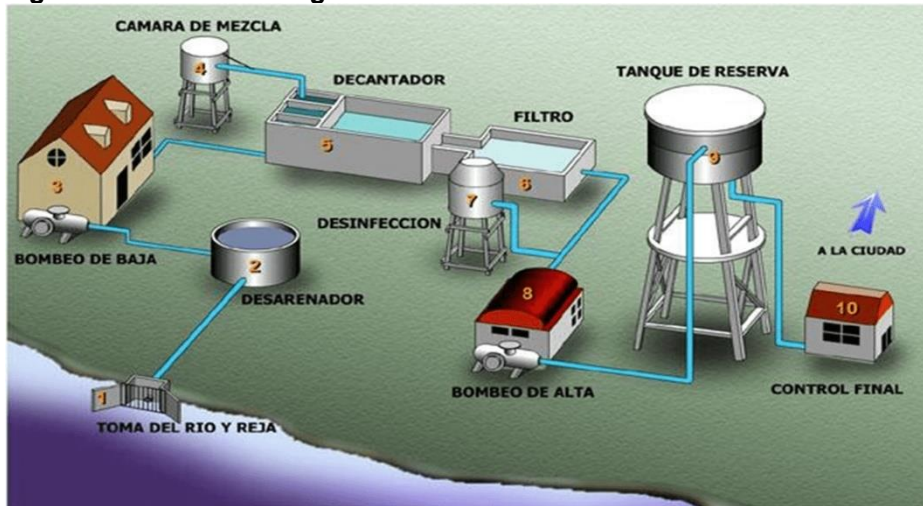
2.1.4.2 La Coagulación/Floculación. Es un tratamiento que se lleva a cabo para eliminar algas, plancton y otras sustancias. En esta etapa se utilizan productos químicos que pueden afectar el olor y sabor del agua posteriormente.

2.1.4.3 La Sedimentación. Donde los flóculos formados en el proceso anterior se eliminan mediante la acción de la gravedad.

2.1.4.4 La Filtración. Tiene como objetivo reducir la turbidez del agua y eliminar quistes de organismos parásitos. El agua pasa a través de un filtro o medio poroso que retiene las partículas indeseables.

2.1.4.5 La Desinfección. Consiste en la eliminación de microorganismos patógenos presentes en el agua. Este proceso puede incluir el uso de productos químicos desinfectantes o la aplicación de radiación ultravioleta para asegurar la potabilidad del agua.

Figura 3 Procesos del Agua



Fuente: Sitio Web Bioingepro (2023)

2.1.5 Avances Científicos y Tecnológicos En Las Redes De Agua Potable.

2.1.5.1 Tratamiento Del Agua Más Eficiente. Según (Lárraga, 2016) Se han desarrollado nuevas tecnologías de tratamiento del agua que mejoran la eficiencia y la efectividad en la eliminación de contaminantes. Por ejemplo, la ósmosis inversa, la filtración de membrana y la desinfección avanzada son técnicas que se utilizan para eliminar una amplia gama de contaminantes, incluidos productos químicos, bacterias, virus y compuestos orgánicos.

2.1.5.2 Monitoreo En Tiempo Real. Los avances en sensores y sistemas de monitoreo han permitido implementar redes de agua potable inteligentes. Estos sistemas recopilan y analizan datos en tiempo real sobre la calidad del agua, el consumo, la presión y otros parámetros importantes. Esto ayuda a detectar problemas y tomar medidas correctivas de manera más rápida y eficiente, mejorando la gestión y la respuesta a emergencias.

2.1.5.3 Gestión De Datos y Análisis. La ciencia de datos y el análisis avanzado se están utilizando para optimizar la gestión de las redes de agua potable. Los modelos y algoritmos permiten predecir la demanda de agua, identificar patrones de consumo, detectar fugas y optimizar la operación de las instalaciones. Esto ayuda a reducir las pérdidas de agua, mejorar la eficiencia y ahorrar costos.

2.1.4.4 Tecnologías De Detección De Fugas. Se han desarrollado sistemas y tecnologías de detección de fugas más precisos y eficientes. Esto incluye el uso de

sensores acústicos, sistemas de detección de fugas basados en análisis de presión y sistemas de monitoreo remoto. Estas tecnologías permiten una detección temprana de fugas, lo que ayuda a minimizar las pérdidas de agua y reducir los costos de reparación.

2.1.5.5 Sistemas de distribución inteligente. La implementación de sistemas de distribución de agua potable inteligentes permite un control más preciso y eficiente de la red. Estos sistemas utilizan tecnologías como la telemetría, la automatización y el control remoto para monitorear y controlar válvulas, bombas y otros elementos de la red. Esto mejora la gestión operativa, reduce los tiempos de respuesta y optimiza el rendimiento general del sistema.

Estos avances científicos y tecnológicos están mejorando la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad de los sistemas de redes de agua potable, contribuyendo a proporcionar agua potable de alta calidad a las comunidades de manera más efectiva. Los avances científicos y los esfuerzos en infraestructura han sido fundamentales para garantizar el acceso a agua potable segura para la humanidad. El suministro de agua potable ha evolucionado desde sistemas primitivos hasta complejas infraestructuras de tratamiento y distribución, ya que para poder disfrutar de esta es necesario un proceso de tratamiento previo mediante una instalación de red de agua potable. Se necesita un sin número de cálculos, implementos, estudios para lograr que el suministro llegue a las familias, hospitales, edificios, etc.

La base teórica de este trabajo se construyó mediante una revisión exhaustiva de diferentes investigaciones y estudios llevados a cabo por otros investigadores. Estas contribuciones sustentan el propósito de nuestra investigación y confieren legitimidad al tema de estudio, aspecto que se verá reflejado en el desarrollo del capítulo correspondiente.

El transporte de agua presurizada a través de tuberías cerradas ha demostrado ser una forma eficiente y flexible de suministrar agua en diversas aplicaciones, desde sistemas de abastecimiento de agua potable en ciudades hasta sistemas de riego agrícola e industrial. Esta tecnología ha permitido llevar agua desde fuentes distantes hasta lugares donde se necesita, brindando un acceso confiable al recurso hídrico.

En el trabajo de Defaz Chimba (2022) afirma que, el transporte de agua presurizada a través de tuberías tiene ventajas significativas en comparación con otros métodos de transporte, como el uso de canales abiertos. Al mantener el agua en tuberías cerradas, se reduce la pérdida de agua por evaporación y filtración, lo que ayuda a conservar el recurso y minimizar el impacto ambiental. Además, el transporte de agua presurizada permite un mayor control sobre el suministro y la distribución del líquido, lo que resulta en una mayor eficiencia y capacidad de adaptación a las necesidades cambiantes.

Sin embargo, Defaz Chimba (2022) menciona, el crecimiento de la población y la disminución de los recursos hídricos naturales plantean desafíos importantes para el transporte de agua presurizada. Es fundamental realizar estudios detallados y planificar cuidadosamente la infraestructura hidráulica para garantizar un uso eficiente del agua y minimizar los impactos negativos.

El estudio de Defaz Chimba (2022) menciona, que algunas de las medidas que pueden implementarse para reducir impactos negativos en el transporte de agua presurizada incluyen:

- Mejora de la eficiencia del sistema: Implementar tecnologías y prácticas que reduzcan las pérdidas de agua durante el transporte, como la reparación de fugas y la optimización del diseño del sistema.
- Uso de tecnologías de riego eficientes: En sistemas de riego agrícola, adoptar métodos de riego más eficientes, como el riego por goteo o el riego por aspersión, puede ayudar a reducir el consumo de agua.
- Gestión sostenible del agua: Desarrollar planes de gestión del agua que tengan en cuenta la disponibilidad de recursos hídricos, la demanda de agua y la protección del medio ambiente.
- Reutilización y reciclaje de agua: Fomentar la reutilización y el reciclaje del agua tratada en aplicaciones no potables, como el riego o la limpieza, puede reducir la demanda de agua fresca.

- Promoción de prácticas de conservación: Educación y concienciación sobre el uso responsable del agua en la población, las empresas y las industrias pueden contribuir a una mayor conservación del recurso.

Montalvan Portero (2021) indica que, el transporte de agua presurizada a través de tuberías cerradas es una solución importante para satisfacer la creciente demanda de agua en diversas aplicaciones. Sin embargo, es esencial abordar los desafíos asociados con la escasez de agua y la sostenibilidad ambiental mediante una planificación cuidadosa y la implementación de prácticas y tecnologías eficientes. De esta manera, podremos garantizar un suministro confiable de agua y reducir el impacto negativo en el medio ambiente.

2.1.6 Elementos Que Conforman Una Red Agua Potable

2.1.6.1 Captación de agua. Es el punto donde se obtiene el agua de una fuente natural, como ríos, embalses, pozos o manantiales. La captación puede implicar el uso de estructuras como presas, tomas de agua o pozos de extracción.

2.1.6.2 Tratamiento Del Agua. Después de la captación, el agua cruda pasa por procesos de tratamiento para eliminar impurezas, contaminantes y microorganismos. Los procesos de tratamiento pueden incluir la coagulación, la floculación, la sedimentación, la filtración y la desinfección, entre otros, dependiendo de la calidad del agua de origen y los estándares de calidad requeridos.

2.1.6.3 Almacenamiento. El agua tratada se almacena en estructuras como tanques de almacenamiento o embalses, lo que permite mantener una reserva para satisfacer la demanda de agua en momentos de alta demanda o cuando se producen interrupciones en el suministro.

2.1.6.4 Red De Distribución. Es el sistema de tuberías y conductos que transporta el agua tratada desde los puntos de almacenamiento hasta los usuarios finales. La red de distribución está compuesta por tuberías de diferentes tamaños, válvulas, conexiones y accesorios que permiten la circulación del agua hacia los puntos de consumo.

2.1.6.5 Bombeo. En algunos casos, es necesario utilizar bombas para impulsar el agua a través de la red de distribución, especialmente en áreas donde se requiere superar desniveles topográficos o garantizar una presión adecuada en los puntos de consumo.

2.1.6.6 Conexiones y Acometidas. Son los puntos de conexión donde se ramifica la red de distribución hacia los hogares, edificios y otros lugares de consumo. Las conexiones y acometidas permiten que el agua llegue a los usuarios finales y se instalen los sistemas de distribución internos.

2.1.6.7 Medidores. Se instalan medidores en las acometidas para medir el consumo de agua en cada usuario. Estos medidores permiten llevar un control del consumo, facturar correctamente y detectar posibles fugas o problemas en el sistema.

2.1.6.8 Válvulas De Control. Se utilizan válvulas en la red de distribución para controlar el flujo de agua, permitiendo abrir o cerrar secciones de la red según sea necesario para realizar mantenimiento, reparaciones o regular la distribución en casos de emergencia.

2.1.7 Red de Agua Potable en Ecuador

La red de tuberías para el suministro de agua potable en Ecuador es administrada principalmente por empresas públicas como la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil (EMAPAG) en Guayaquil, la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) en Quito y la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA) en Cuenca. Estas empresas son responsables de operar y mantener las redes de tuberías que transportan el agua potable desde las fuentes de abastecimiento, como ríos, represas o pozos, hasta los hogares, las industrias y los establecimientos comerciales.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Tuberías

Una tubería es un conducto o canal hecho de un material resistente, generalmente cilíndrico, utilizado para transportar líquidos, gases o sólidos en forma

de partículas pequeñas de un lugar a otro. Las tuberías se utilizan en una amplia variedad de industrias y aplicaciones, incluyendo el suministro de agua, sistemas de alcantarillado, transporte de petróleo y gas, distribución de productos químicos, entre otros. Las tuberías están diseñadas para permitir un flujo constante y controlado del material que se transporta. Pueden ser fabricadas con diversos materiales, como acero, cobre, plástico, cerámica, entre otros, dependiendo de la naturaleza del fluido o material a transportar y las condiciones de operación.

Figura 4 Tubos PVC



Fuente: Arcosa Perú (2023)

2.2.2 Tipos de Tuberías Para Agua Potable

2.2.2.1 Tuberías de hierro fundido dúctil. Son tuberías de hierro recubiertas con una capa de cemento y una capa de zinc para protegerlas contra la corrosión. Son conocidas por su resistencia y durabilidad, lo que las hace adecuadas para aplicaciones de alta presión y en suelos agresivos.

2.2.2.2 Tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD). Son tuberías flexibles hechas de polietileno de alta densidad. Son ligeras, resistentes a la corrosión y tienen una vida útil prolongada. Se utilizan ampliamente en redes de agua potable debido a su facilidad de instalación y bajo costo de mantenimiento.

2.2.2.3 Tuberías de polivinilo clorado (PVC-C). Estas tuberías están hechas de cloruro de polivinilo clorado, lo que les confiere una mayor resistencia a altas temperaturas y productos químicos. Son adecuadas para aplicaciones de agua caliente y fría y se utilizan comúnmente en sistemas de distribución de agua potable.

2.2.2.4 Tuberías de polietileno reticulado (PEX). Son tuberías flexibles hechas de polietileno reticulado, un material resistente al calor y a la corrosión. Se utilizan principalmente en instalaciones internas de plomería y son populares en aplicaciones residenciales debido a su facilidad de instalación y bajo costo.

2.2.2.5 Tuberías de acero galvanizado. Estas tuberías de acero recubiertas con una capa de zinc ofrecen una buena resistencia a la corrosión. Sin embargo, su uso en redes de agua potable ha disminuido debido a la tendencia a la acumulación de sedimentos y a la posibilidad de que el zinc se disuelva en el agua, afectando su calidad.

Figura 5 Tipos de Tubería de Acero



Fuente: Sitio Web Rotoplás (2023)

2.2.3 Accesorios para Redes a Agua Potable

Las tuberías están compuestas por secciones unidas entre sí mediante juntas o conexiones, lo que permite crear una red o sistema de tuberías para el transporte eficiente de los fluidos o materiales a lo largo de distancias considerables. Además, pueden contar con accesorios como válvulas, codos, reducciones y registros, que permiten controlar el flujo, cambiar la dirección y realizar mantenimientos. Los

accesorios de tuberías son componentes utilizados para facilitar la instalación, el mantenimiento y el funcionamiento de los sistemas de tuberías. Estos accesorios se utilizan para modificar la dirección del flujo, regular el caudal, conectar tuberías de diferentes tamaños y tipos, y permitir el acceso a la tubería para inspección y reparaciones.

2.2.3.1 Válvulas. Son dispositivos que regulan y controlan el flujo de líquidos o gases en una tubería. Pueden abrirse o cerrarse manualmente o mediante el uso de mecanismos automáticos. Algunos tipos comunes de válvulas incluyen las válvulas de compuerta, de globo, de mariposa y de bola.

2.2.3.2 Curva. Son accesorios en forma de curva que permiten cambiar la dirección de una tubería. Están disponibles en diferentes ángulos, como 45 grados y 90 grados, y se utilizan para evitar obstrucciones y permitir el paso de tuberías alrededor de obstáculos o cambios de dirección.

2.2.3.3 Tees. Son accesorios en forma de "T" que se utilizan para conectar tres tuberías en un punto. Permiten el flujo simultáneo en dos direcciones y son comunes en sistemas de distribución de agua o gas.

2.2.3.4 Reductor. Son accesorios que permiten conectar tuberías de diferentes diámetros. Se utilizan para adaptar una tubería de mayor tamaño a una de menor tamaño o viceversa. Pueden ser de tipo concéntrico (con un extremo más grande y otro más pequeño en el mismo eje) o excéntrico (con un extremo desplazado hacia un lado).

2.2.3.5 Tapones. Son accesorios que se utilizan para sellar el extremo de una tubería. Pueden ser roscados, soldables o con encaje, y se utilizan para cerrar temporalmente una tubería o para permitir el acceso para limpieza y mantenimiento.

2.2.3.6 Bridas. Son accesorios utilizados para unir dos tuberías o componentes de tuberías. Consisten en anillos circulares con agujeros para pernos que se sujetan entre sí mediante tuercas y pernos. Las bridas proporcionan una conexión segura y permiten el desmontaje y la reparación fácilmente.

2.2.4.1 Tipos de Curva. Están disponibles en diferentes ángulos para adaptarse a las necesidades específicas de la tubería y del sistema. Los ángulos más comunes son de 45 grados y 90 grados, pero también se pueden encontrar codos de 22,5 grados, 60 grados, 135 grados, entre otros. El ángulo del codo determina la suavidad o la brusquedad del cambio de dirección del flujo.

2.2.4.2 Radio de curvatura. Se refiere al tamaño de la curva. Es importante considerar el radio de curvatura al seleccionar un accesorio tipo curva, ya que un radio de curvatura más pequeño puede generar más turbulencia en el flujo. Las curvas de radio largo proporcionan un cambio de dirección más suave, reduciendo la resistencia al flujo.

2.2.4.3 Materiales y acabados. Pueden estar fabricados con una variedad de materiales, como acero al carbono, acero inoxidable, cobre, PVC (cloruro de polivinilo), CPVC (cloruro de poli vinilideno clorado) u otros materiales plásticos. La elección del material depende del tipo de fluido que se transporta, las condiciones de temperatura y presión, y las necesidades de resistencia química.

2.2.4.4 Conexiones. Suelen tener extremos que se pueden conectar a las tuberías mediante soldadura, roscado o encaje. La elección de la conexión dependerá del tipo de tubería y del método de unión preferido.

2.2.4.5 Estándares y especificaciones. Se debe cumplir con los estándares y especificaciones de la industria para garantizar su calidad y compatibilidad con los sistemas de tuberías existentes.

Tabla 2 Tipos de Accesorios

CODO DE TUBERÍA	CONEXIÓN T	REDUCTOR
Codo 90°	Camisera reductora	Reductor concéntrico
Codo 45°	Camiseta barrada	Reductor excéntrico
Codo de radio largo	Camiseta igual	Sindicato

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

2.2.5 Principales Características de los Accesorios Tipo Curva

Los accesorios tipo curva para redes de agua potable son elementos esenciales en la instalación de tuberías, ya que permiten realizar cambios de dirección en el flujo del agua. A continuación se describe las principales características de los accesorios tipo curva:

2.2.5.1 Material. Los accesorios tipo curva están generalmente fabricados con materiales resistentes y duraderos, como PVC, PE (polietileno), acero inoxidable o hierro fundido, dependiendo del tipo de tubería y las condiciones de la red de agua.

2.2.5.2 Diámetro y ángulo. Vienen en diferentes tamaños de diámetro y ángulos de curvatura, lo que permite adaptarse a diversas necesidades y configuraciones de la red de agua potable.

2.2.5.3. Tipos de curvas. Pueden encontrarse diferentes tipos de curvas, como las curvas a 45 grados, 90 grados o incluso otras medidas personalizadas, según las especificaciones del proyecto.

2.2.5.4 Soldadura o junta. Algunos accesorios tipo curva se conectan mediante soldadura (como termofusión en tuberías de plástico) o con juntas de compresión o roscadas, dependiendo del material y el método de instalación.

2.2.5.5 Resistencia a la corrosión. Es importante que los accesorios sean resistentes a la corrosión y a los agentes químicos presentes en el agua potable para garantizar su larga vida útil y la calidad del agua.

2.2.5.6 Cumplimiento de normativas. Los accesorios tipo curva deben cumplir con las normativas y estándares locales o internacionales establecidos para asegurar su calidad y funcionalidad en sistemas de agua potable.

2.2.5.7 Facilidad de instalación. Estos accesorios suelen ser diseñados para facilitar su instalación, lo que permite ahorrar tiempo y mano de obra durante la construcción o mantenimiento de la red de agua.

Figura 7 Accesorio Tipo Curva



Fuente: Bp (2020)

2.2.6 Materiales de los Accesorios Tipo Curva.

Estos materiales pueden estar fabricados con una variedad de materiales, cada uno con características específicas que los hacen adecuados para diferentes aplicaciones. Según TECMAGA (2023) existen tres destinos a utilizar en una tubería que son: para gas, para sanitaria e hidráulica.

2.2.6.1 Acero al carbono. Son ampliamente utilizados en sistemas de tuberías debido a su resistencia, durabilidad y capacidad para soportar altas presiones y temperaturas. Son adecuados para una amplia gama de aplicaciones industriales, incluyendo petróleo y gas, plantas químicas, sistemas de agua y vapor.

2.2.6.2 Acero inoxidable. Son altamente resistentes a la corrosión y se utilizan en aplicaciones que requieren una alta resistencia a la corrosión, como sistemas de tuberías para la industria química, farmacéutica y alimentaria. También son ideales para aplicaciones que involucran fluidos agresivos o ambientes corrosivos.

2.2.6.3. Cobre. Son utilizados principalmente en sistemas de tuberías de agua potable y calefacción. El cobre es resistente a la corrosión, fácil de trabajar y presenta una excelente conductividad térmica, lo que lo hace adecuado para sistemas que requieren transferencia de calor eficiente.

2.2.6.4 PVC (cloruro de polivinilo). Son livianos, económicos y ampliamente utilizados en sistemas de tuberías para aplicaciones de agua potable, riego, drenaje y alcantarillado. Son resistentes a la corrosión, químicamente inertes y fáciles de instalar debido a su naturaleza liviana y su capacidad para unirse mediante encolado.

2.2.6.5. CPVC (cloruro de poli vinilideno clorado). Son similares al PVC, pero presentan una mayor resistencia a altas temperaturas y productos químicos agresivos. Por lo tanto, son utilizados en sistemas de tuberías que transportan agua caliente, líquidos corrosivos y productos químicos.

2.2.6.6 Polietileno. Son utilizados en sistemas de tuberías de agua y gas. El polietileno es un material liviano, flexible y resistente a la corrosión, lo que facilita su instalación en aplicaciones enterradas o en áreas con terrenos irregulares.

Es importante destacar que la extensión y calidad de las redes de tuberías pueden variar según la ubicación geográfica y la densidad de población. En áreas rurales, es posible que la infraestructura de tuberías sea limitada y que se utilicen sistemas alternativos, como pozos o sistemas de abastecimiento comunitario. Sin embargo, en general, Ecuador ha invertido en la expansión y mejora de sus redes de tuberías para garantizar el acceso a servicios básicos y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

2.2.7 Marcas En Ecuador de Accesorios Tipo Curva para Red de Agua

En Redes de Agua Potable existen varias marcas reconocidas que ofrecen tuberías y accesorios para diferentes aplicaciones. Además, que han logrado una buena presencia y reputación en el mercado debido a la calidad y confiabilidad de sus productos.

2.2.7.1 Pavco. Es una marca ecuatoriana con una amplia gama de productos para sistemas de tuberías, incluyendo tuberías de PVC (cloruro de polivinilo), accesorios de PVC, tuberías de polietileno, sistemas de conducción de agua, sistemas de alcantarillado, entre otros. Pavco es una marca bien establecida y reconocida en el mercado ecuatoriano. También es conocida por su calidad, durabilidad y amplia cobertura en todo el territorio ecuatoriano.

2.2.7.2 Tigre. Es una marca brasileña con presencia internacional y una amplia variedad de productos para sistemas de tuberías. Ofrece tuberías y accesorios de PVC y polietileno, sistemas de agua potable, sistemas de alcantarillado, sistemas de riego, entre otros. Tigre es reconocida por su calidad y durabilidad en sus productos.

2.2.7.3 Durman Esquivel. Es una marca costarricense que ofrece una amplia gama de tuberías y accesorios para sistemas de agua, gas y alcantarillado. Su catálogo incluye tuberías de PVC, polietileno y polipropileno, así como accesorios como codos, tees, reducciones y conexiones. Durman Esquivel es una marca confiable y reconocida en el mercado ecuatoriano.

2.2.7.4 Amanco. Es una marca internacional que forma parte del Grupo Mexichem. Ofrece soluciones de tuberías y accesorios para diversas aplicaciones, incluyendo agua potable, sistemas de riego, sistemas de conducción de agua y alcantarillado. Amanco es conocida por su calidad y por ofrecer una amplia variedad de productos para diferentes necesidades.

2.2.7.5 Thermofusion. Es una marca ecuatoriana especializada en sistemas de tuberías de polietileno mediante el proceso de termofusión. Ofrece tuberías y accesorios para aplicaciones de agua potable, riego, gas y conducción de fluidos en general. Thermofusion se destaca por su experiencia en termofusión y por ofrecer soluciones adaptadas a las necesidades del mercado ecuatoriano.

2.2.7.6. Matusita. Es una marca ecuatoriana que ha ganado reconocimiento en el mercado de tuberías y accesorios. Ofrece productos de PVC, polietileno y otros materiales para aplicaciones de agua potable, alcantarillado y riego. Matusita se ha destacado por su enfoque en la calidad, el servicio al cliente y su presencia en diferentes regiones de Ecuador.

2.2.7.7 Hidrotubos. Es una marca ecuatoriana que realiza accesorios y tuberías. Sus productos son de PVC, que son especializados para aplicar en redes de Agua Potable. Tienen poco tiempo en el mercado pero son accesorios en su gran mayoría con las características de las marcas más reconocidas.

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Hidráulica

La hidráulica es una rama fascinante de la física y la ingeniería que se enfoca en el estudio del agua y su comportamiento mecánico. Esta disciplina busca entender cómo se comportan bajo la influencia de fuerzas y presiones en distintas situaciones y entornos.

Según Gallardo Armijos (2019) menciona que, esta área tiene diversas aplicaciones prácticas en diferentes sectores industriales y en la vida diaria. Por ejemplo, en la ingeniería civil, la hidráulica es esencial para diseñar estructuras como presas, canales, sistemas de riego y drenaje, permitiendo comprender cómo los fluidos interactúan con estas construcciones y cómo fluyen a través de ellas.

Gallardo Armijos (2019) indica, en la ingeniería mecánica, la hidráulica es fundamental para el diseño y operación de sistemas de transmisión de energía, como los sistemas hidráulicos utilizados en maquinaria pesada y equipos industriales. Estos sistemas se basan en el principio de que los fluidos pueden transmitir fuerzas y presiones de manera eficiente a lo largo de distancias considerables, lo que los hace especialmente útiles en aplicaciones donde se requiere alto rendimiento y precisión.

En el estudio de Gallardo Armijos (2019), la hidráulica también es vital en el campo de la ingeniería aeroespacial, ya que los fluidos son cruciales en el diseño y funcionamiento de aeronaves y cohetes. Comprender cómo los fluidos se comportan a altas velocidades y en condiciones extremas es esencial para garantizar la seguridad y eficiencia de estos vehículos. Además de sus aplicaciones en la ingeniería, la hidráulica también tiene relevancia en la meteorología, la oceanografía y otras áreas de la ciencia donde se investiga el comportamiento de los fluidos en la naturaleza.

La hidráulica es una disciplina crucial que nos permite comprender las propiedades mecánicas de los fluidos y su interacción con el mundo que nos rodea. Gracias a su conocimiento, se han desarrollado y mejorado numerosas tecnologías y sistemas que impactan positivamente en nuestra sociedad y nuestra calidad de vida.

2.3.2 La Hidráulica – Experimentaciones en Laboratorios.

Se refiere a un enfoque de estudio y práctica que involucra la realización de experimentos y pruebas en un entorno de laboratorio para comprender y analizar los principios y fenómenos relacionados con la hidráulica. La hidráulica se centra en el comportamiento y las propiedades de los fluidos en movimiento, como el agua, y cómo interactúan con superficies y estructuras. Los experimentos en laboratorios de hidráulica pueden abordar una amplia gama de temas, como la dinámica de fluidos, el flujo de agua en tuberías, la medición de caudales, la evaluación de pérdidas de presión, el diseño de sistemas de tuberías y la optimización de sistemas hidráulicos.

Estos laboratorios brindan un entorno controlado donde es posible reproducir y manipular condiciones específicas para observar y analizar los resultados. Los experimentos pueden incluir el uso de modelos a escala reducida, instrumentación para medir parámetros como presión y caudal, y la aplicación de principios teóricos para comprender cómo los fluidos se comportan en situaciones reales.

2.3.3 Leyes Básicas de la Hidráulica

Las leyes básicas de la hidráulica se refieren a los principios fundamentales que rigen el comportamiento de los fluidos, especialmente el agua, en sistemas y procesos hidráulicos. Estas leyes básicas de la hidráulica proporcionan una base sólida para el diseño, análisis y comprensión de sistemas hidráulicos en una amplia gama de aplicaciones, desde sistemas de distribución de agua hasta maquinaria industrial y sistemas de propulsión.

A continuación leyes básicas de la hidráulica junto con sus fórmulas asociadas:

2.3.3.1 Ley de Continuidad. La ley de continuidad establece que el caudal de un fluido en un conducto es constante si el flujo es estable y no hay fugas. La fórmula relaciona el caudal (Q) con el área transversal (A) y la velocidad del fluido (V).

Su ecuación es:

Ecuación 1 Ley de Continuidad

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

A = Área (m^2)

V = Volumen (m/s)

2.3.3.2 Ecuación de Bernoulli. Esta ecuación describe la conservación de la energía en un flujo de fluido ideal. Pero debe ser extendida a un sistema real y no ideal. Es especialmente útil para analizar el comportamiento de fluidos en tuberías y conductos.

Su ecuación es:

Ecuación 2 Ecuación de Bernoulli

$$P_1 + \frac{1}{2}pv_1^2 + pgh_1 = P_2 + \frac{1}{2}pv_2^2 + pgh_2$$

Dónde:

P = presión estática del fluido

p = densidad del fluido

v = velocidad media del fluido

g = aceleración debido a la gravedad

h = altura del fluido sobre un punto de referencia.

2.3.3.3 La Energía. La energía en sistemas de agua potable se refiere a la capacidad que tiene el agua en movimiento para realizar trabajo, transmitir fuerza o llevar a cabo procesos. En el contexto de la hidráulica y los sistemas de agua potable, la energía se relaciona principalmente con la presión y la velocidad del agua en movimiento dentro de tuberías y conductos. Hay dos formas principales de energía en un sistema de agua potable:

2.3.3.3.1 Energía Potencial. La energía potencial del agua en un sistema de agua potable se refiere a la energía almacenada debido a su posición en relación con

un punto de referencia, generalmente el nivel del suelo o una referencia específica. Cuanto mayor sea la elevación del agua, mayor será su energía potencial. La energía potencial se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 3 Energía Potencial

$$E_p = m \times g \times h$$

Donde:

E_p = Energía potencial

m = Masa del agua

g = Aceleración debida a la gravedad

h = Altura a la que se encuentra el agua sobre el punto de referencia

2.3.3.3.2 Energía Cinética. La energía cinética del agua en movimiento se refiere a la energía asociada con su velocidad. Cuanto mayor sea la velocidad del agua, mayor será su energía cinética. La energía cinética se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 4 Energía Cinética

$$E_c = 0.5 \times m \times v^2$$

Donde:

E_c = Energía cinética

m = Masa del agua

v = Velocidad del agua

En sistemas de agua potable, la energía se conserva según el principio de conservación de la energía, lo que significa que la suma de la energía potencial y la energía cinética en cualquier punto de un sistema permanece constante, asumiendo que no hay pérdidas significativas. En la práctica, se utiliza la ecuación de Bernoulli para describir la relación entre la energía potencial, la energía cinética y la presión en un fluido en movimiento en un sistema de tuberías.

2.3.3.3.3 Energía por Unidad de Peso. La energía se describe como la medida de energía por cada unidad de peso, es decir, por cada kilogramo de agua que atraviesa la sección del canal, calculada en relación con el lecho del canal.

Su ecuación es:

Ecuación 5 Ecuación de Energía por Unidad de Peso

$$z + \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = cte$$

Donde:

z = Energía potencial por unidad de peso ($N \cdot m/N$)

$\frac{P}{\gamma}$ = Energía de presión por unidad de peso

v = Velocidad media del flujo

$\frac{v^2}{2g}$ = Energía cinética o de velocidad por unidad de peso

2.3.3.4 Ecuación de Darcy-Weisbach. La ecuación de Darcy-Weisbach es una expresión matemática que describe las pérdidas de energía en una tubería o conducto a medida que el fluido fluye a través de ellos. Esta ecuación se utiliza ampliamente en ingeniería hidráulica y fluidos para calcular las pérdidas de carga y determinar la presión y velocidad del fluido en un sistema. Esta ecuación es homogénea dimensionalmente.

Su ecuación es:

Ecuación 6 Ecuación de Darcy-Weisbach

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2G}$$

Donde, para el sistema MKS:

hf = pérdida de energía en la tubería (m)

f = coeficiente de fricción de Moody, que depende de la rugosidad de la tubería y el número de Reynolds.

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro de la tubería (m)

V = velocidad promedio del fluido en la tubería (m/s)

G = aceleración debido a la gravedad (aproximadamente $9.81 m/s^2$).

La ecuación de Darcy-Weisbach es ampliamente utilizada para el diseño y análisis de sistemas de transporte de fluidos, como sistemas de distribución de agua, redes de alcantarillado, sistemas de calefacción y enfriamiento, y en general, cualquier sistema de tuberías en el que se desee conocer las pérdidas de energía por fricción y las condiciones de flujo del fluido.

2.3.3.5 Ecuación de Hazen-Williams. Según Defaz (2022), en la investigación de Defaz (2022) menciona que, la ecuación de Hazen-Williams es una ecuación empírica ampliamente utilizada en ingeniería hidráulica para calcular la pérdida de energía por fricción en tuberías que transportan agua. La ecuación de Hazen-Williams no es homogénea dimensionalmente y se formula de la siguiente manera:

Ecuación 7 Ecuación de Hazen-Williams

$$h = 10.674 \times \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.871}} \times L$$

Donde:

h = Perdida de Carga (m)

Q = Caudal (m^3/h)

D = Diámetro interno de la tubería (m)

C = Coeficientes de rugosidad

L = Longitud de la tubería (m)

Gallardo Armijos (2019) menciona que, el empleo de la ecuación de Hazen-Williams ha sido ampliamente popularizado debido a su facilidad de uso y cálculo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que es una ecuación empírica y su precisión puede variar dependiendo de las condiciones específicas de flujo y las características de la tubería. Por lo tanto, se recomienda utilizarla con precaución y considerar otras ecuaciones y métodos más precisos cuando sea necesario para aplicaciones críticas o que requieran mayor exactitud en el cálculo de pérdidas de energía por fricción.

2.3.3.6 Ecuación de Manning. La ecuación de Manning es utilizada para calcular el caudal en canales, como ríos, arroyos, y así como en tuberías presurizadas. Es una ecuación no homogénea dimensionalmente.

Su ecuación es:

Ecuación 8 Ecuación de Manning

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

n = coeficiente de rugosidad de Manning

A = el área transversal (m^2)

R = el radio hidráulico (m)

S = la pendiente del canal

2.3.3.7 Número de Reynolds. El número de Reynolds (Re) es un parámetro adimensional que describe el tipo de flujo de un fluido en función de sus propiedades físicas y la velocidad relativa entre el fluido y las paredes del conducto. Sirve para caracterizar el tipo de flujo de un fluido, ya sea laminar, de transición o turbulento, en función de su velocidad, densidad, viscosidad y dimensiones del flujo. En el contexto de las pérdidas locales en sistemas de fluidos, el número de Reynolds tiene una influencia significativa en el comportamiento de las pérdidas de energía.

Su ecuación es:

Ecuación 9 Número de Reynolds

$$Re = \frac{v \times D \times \rho}{\mu} = \frac{v \times D}{\nu}$$

Donde:

Re = Número de Reynolds para tubería presurizada circular

v = Velocidad media del flujo (m/s)

D = Diámetro interno de la tubería (m)

μ = Viscosidad dinámica del fluido

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

Tabla 3 Condiciones de Flujo según Reynolds

Tipo de Flujo	Re
Laminar	Re < 2300
Transición (probablemente turbulento)	2300 ≤ Re ≤ 4000
Turbulento	Re > 4000

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Por lo tanto, el número de Reynolds es un factor crítico para determinar las pérdidas locales en sistemas de fluidos. En general, a medida que el número de Reynolds aumenta y el flujo se vuelve más turbulento, las pérdidas locales también aumentan considerablemente. Este conocimiento es esencial para el diseño y cálculo de sistemas de tuberías y conductos, permitiendo una selección adecuada de componentes para minimizar las pérdidas de energía y optimizar la eficiencia del sistema.

2.3.3.8 Coeficiente K. Según (Pirobloc, 2019) excepto en circunstancias excepcionales, las pérdidas de energía localizadas solo pueden ser determinadas mediante experimentación. Dado que estas pérdidas son causadas por la disipación

de energía debido a turbulencias, es posible expresarlas en relación con la altura cinética corregida debido a la obstrucción, utilizando un coeficiente empírico conocido como el factor K.

Este coeficiente está influenciado por el tipo de singularidad y su forma geométrica principal, y se asemeja al coeficiente de caudal proporcionado por los fabricantes de válvulas, aunque es mucho más general y aproximado en su aplicación. El coeficiente K es adimensional y depende del elemento que ejerce la pérdida de carga.

2.3.4 Fluidos

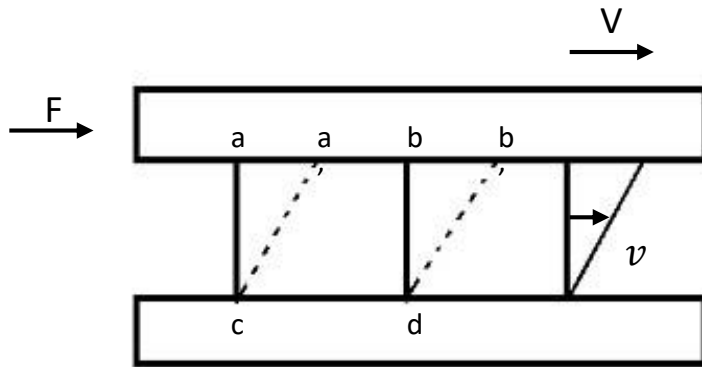
La Universidad Central del Ecuador (2013) menciona que un fluido es una sustancia que se presenta en tres estados naturales: sólido, líquido y gaseoso. Los dos últimos estados son comúnmente conocidos como fluidos. (En condiciones de altas temperaturas, también puede existir en forma de plasma). Una sustancia en estado líquido o gaseoso se considera un fluido.

(Domingo, 2011) en su investigación demostró la distinción entre un sólido y un fluido se basa en la capacidad de la sustancia para resistir un esfuerzo cortante o tangencial que intenta cambiar su forma. Un fluido es una sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante, incluso si este es mínimo. El esfuerzo cortante se define como la componente de la fuerza tangente a una superficie y se calcula como la fuerza aplicada dividida por el área de la superficie en cuestión.

Rocha (2016) indica que cuando una sustancia se encuentra entre dos placas muy cercanas, y la placa superior se somete a una fuerza F . Esta fuerza ejerce un esfuerzo cortante F/A sobre el fluido que se encuentra entre las placas. A es el área de la placa superior. Los fluidos son una categoría especial de materia que exhibe un comportamiento distintivo cuando se someten a fuerzas externas. Su característica principal es su habilidad para deformarse de manera continua en el tiempo cuando se les aplica una fuerza o tensión tangencial, sin importar la magnitud de esta fuerza. Esta capacidad de deformación se debe a la estructura molecular del fluido y a la forma en que las partículas que lo componen interactúan entre sí.

Torrejón (2018) menciona que en la Figura 9, se representa cómo el área "abcd" del fluido fluye hacia una nueva posición "ab'c'd'", y cada partícula del fluido se desplaza paralelamente a la placa. La velocidad u varía uniformemente desde cero en la placa fija hasta " u " en la placa superior.

Figura 8 Deformación Resultante de la Aplicación de una Fuerza Constante



Fuente: Torrejón (2018)

La fuerza viscosa de acuerdo al modelo de distribución de velocidades:

$$F = A\mu \frac{dv}{dy}$$

$$F = A\mu \frac{v}{y}$$

2.3.4.1 Características de los fluidos. Dentro de las características de los fluidos tenemos a la densidad, presión y viscosidad. Permite entender cómo los fluidos interactúan con su entorno y cómo fluyen alrededor de superficies y objetos. Otra propiedad clave es la compresibilidad, que se refiere a la capacidad del fluido para cambiar su volumen en respuesta a cambios en la presión. Los fluidos compresibles son aquellos que pueden ser comprimidos o reducir su volumen bajo la influencia de una fuerza externa, mientras que los fluidos incompresibles mantienen aproximadamente el mismo volumen incluso bajo presiones significativas.

2.3.4.2 Propiedades físicas de los fluidos. Las propiedades físicas de los fluidos son características intrínsecas que describen su comportamiento y cómo responden a fuerzas externas. Estas propiedades son fundamentales en el estudio

de la mecánica de fluidos y tienen aplicaciones en diversas áreas de la ingeniería. Algunas de las propiedades físicas más importantes de los fluidos son:

2.3.4.2.1 Densidad (ρ). La densidad es la masa por unidad de volumen de un fluido. Se expresa en unidades como kg/m^3 o g/cm^3 . La densidad es una medida de la compacidad del fluido y su capacidad para "llenar" un espacio dado.

Su ecuación es:

Ecuación 10 Densidad

$$\rho = m * V$$

Donde:

ρ = Densidad (kg/m^3 o g/cm^3)

m = Masa (Kg)

V = Volumen (m^3)

2.3.4.2.2 Viscosidad (μ). La viscosidad es una medida de la resistencia interna del fluido al fluir. Un fluido con alta viscosidad se considera espeso y presenta una mayor resistencia al flujo, mientras que un fluido con baja viscosidad fluye más fácilmente. Se mide en unidades como $\text{Pa}\cdot\text{s}$ o cP (centipoise). En donde $1 \text{ cP} = 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$. La viscosidad es en función de temperatura y presión.

A continuación se detalla una tabla para la variación de la Viscosidad en función de la temperatura:

Figura 9 Viscosidad Del Agua

VISCOSIDAD DEL AGUA			
TEMPERATURA °C	VISCOSIDAD DINAMICA (Pa. s)	VISCOSIDAD CINEMÁTICA (m ² /s)	DENSIDAD (kg/m ³)
0	1,792 x 10 ⁻⁰³	1,792 x 10 ⁻⁶	999,9
10	1,08 x 10 ⁻⁰³	1,308 x10 ⁻⁶	999,7
20	1,005 x 10 ⁻⁰³	1,007 x10 ⁻⁶	998,2
30	0,801 x 10 ⁻⁰³	0,804 x10 ⁻⁶	995,7
40	0,656 x 10 ⁻⁰³	0,661 x10 ⁻⁶	992,2
50	0,549 x 10 ⁻⁰³	0,556 x10 ⁻⁶	988,1
60	0,469 x 10 ⁻⁰³	0,477 x10 ⁻⁶	983,2
70	0,406 x 10 ⁻⁰³	0,415 x10 ⁻⁶	977,8
80	0,357 x 10 ⁻⁰³	0,367 x10 ⁻⁶	971,8
90	0,357 x 10 ⁻⁰³	0,0612 x10 ⁻⁶	963,3

Fuente: Universidad Nacional de Cuyo (2012)

2.3.4.2.3 Tensión superficial. Es una propiedad que se observa en la superficie de un líquido y se debe a la cohesión molecular en la interfaz entre el líquido y el aire (o cualquier otro gas). La tensión superficial causa que la superficie de un líquido se comporte como una "piel elástica", lo que explica fenómenos como la formación de gotas y la capacidad de ciertos insectos para caminar sobre el agua.

Su ecuación es:

Ecuación 11 Tensión Superficial

$$\sigma = \frac{F}{2B}$$

Donde:

σ = Tensión Superficial (N/m)

F = Fuerza (N)

B = Longitud a lo largo de donde se siente la fuerza (m)

2.3.4.2.4 Peso Específico. Suele llamarse peso específico al cociente entre el peso de un cuerpo y su volumen. Para calcularlo se divide el peso del cuerpo o porción de materia entre el volumen que éste ocupa.

Su ecuación es:

Ecuación 12 Peso Específico

$$\gamma = P V = mg V = \rho g$$

Donde:

γ = peso específico

P = peso de la sustancia

V = volumen que ocupa la sustancia

p = densidad de la sustancia

g = aceleración de la gravedad

2.3.4.2.5 Presión (P). La presión es la fuerza ejercida por el fluido en una unidad de área. Se mide en unidades como Pa (Pascal) o atm (atmósfera). La presión es un parámetro crucial en la mecánica de fluidos y tiene efectos significativos en el comportamiento del fluido en sistemas de tuberías, entre otros.

Su ecuación es:

Ecuación 13 Presión

$$P = \frac{F}{A}$$

P = Presión (Pa)

F = Fuerza (N)

A = Área (m^2)

Tipos de Presiones

Presión Atmosférica

Gallardo Armijos (2019) muestra que, la presión atmosférica es la fuerza que ejerce el aire sobre la Tierra. En un punto específico, esta presión coincide numéricamente con el peso de una columna estática de aire con sección recta unitaria que se extiende desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera. Para calcular el peso de esa columna de aire, es necesario tener en cuenta la variación de la densidad del aire (ρ) en función de la altitud (z) o de la presión (p), ya que la densidad del aire disminuye a medida que se asciende en altitud.

Gallardo Armijos (2019) dice que es importante saber que, Debido a las variaciones continuas en la temperatura y presión del aire, calcular exactamente la presión atmosférica en un lugar específico de la superficie terrestre puede ser complejo. Además, medir la presión atmosférica con precisión también puede ser un desafío. La presión atmosférica en un lugar dado experimenta cambios asociados con los cambios meteorológicos y, en general, tiende a disminuir con la altitud.

Los cambios en la presión atmosférica están relacionados con la dinámica atmosférica y la circulación de los sistemas meteorológicos, lo que influye en el clima y el clima local de una región. La presión atmosférica es una variable importante en la meteorología y es utilizada para pronósticos del tiempo y estudios climáticos.

Presión Manométrica

Gallardo Armijos (2019) menciona la relevancia de, la presión manométrica es la diferencia entre la presión absoluta o real y la presión atmosférica. Esta diferencia se aplica cuando la presión es mayor que la presión atmosférica, y en casos en que la cantidad es negativa, se denomina presión de vacío. La presión manométrica es la ejercida por el líquido:

$$p = \gamma h$$

En la investigación de Gallardo Armijos (2019) menciona que, la presión atmosférica es la presión ejercida por la atmósfera terrestre debido al peso del aire que la compone. Esta presión es constante pero varía con la altitud y las condiciones climáticas locales. Para medir presiones, a menudo se utiliza la presión atmosférica como referencia y se mide la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica, lo que se conoce como presión manométrica. La fórmula para calcular la presión manométrica es:

Ecuación 14 Presión Manométrica

Presión manométrica = Presión absoluta - Presión atmosférica

Cuando la presión absoluta es mayor que la presión atmosférica, la presión manométrica es positiva, lo que indica que la presión es mayor que la presión atmosférica. Si la presión absoluta es menor que la presión atmosférica, la presión manométrica es negativa, lo que indica una presión de vacío.

La presión manométrica es una medida comúnmente utilizada en diversas aplicaciones, como la medición de la presión en tanques de almacenamiento, sistemas de tuberías, neumáticos de vehículos y otros equipos industriales. Al proporcionar una referencia en relación con la presión atmosférica, permite evaluar con mayor precisión las condiciones de presión en diferentes entornos y sistemas.

Presión Absoluta

En la investigación de Gallardo Armijos (2019) menciona que, la presión manométrica es la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica local.

Si la presión absoluta es mayor que la presión atmosférica, la presión manométrica será positiva y se considerará una presión relativa. Por otro lado, si la presión absoluta es menor que la presión atmosférica, la presión manométrica será negativa, lo que indica una presión de vacío. Es importante destacar que la presión manométrica siempre se mide con respecto a la presión atmosférica local, que puede variar en diferentes ubicaciones y condiciones climáticas.

Gallardo Armijos (2019), la presión absoluta, por otro lado, se refiere a la presión medida con respecto al cero absoluto, es decir, sin referencia a la presión atmosférica. En un vacío perfecto o en el cero absoluto, no hay moléculas y, por lo tanto, no hay interacción entre ellas, lo que resultaría en una presión absoluta de cero. Sin embargo, en la mayoría de las situaciones cotidianas, la presión absoluta no es cero, ya que existen moléculas en el aire y otros fluidos, lo que da lugar a una presión diferente de cero. Por lo tanto, la presión absoluta es la suma de la presión manométrica y la presión atmosférica local:

Ecuación 15 Presión Absoluta

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión manométrica} + \text{Presión atmosférica local}$$

Esta distinción entre presión manométrica y presión absoluta es fundamental en diversas aplicaciones y mediciones de presión, ya que proporciona una referencia clara para evaluar y comprender las condiciones de presión en diferentes situaciones.

2.3.4.3 Tipos de Fluidos

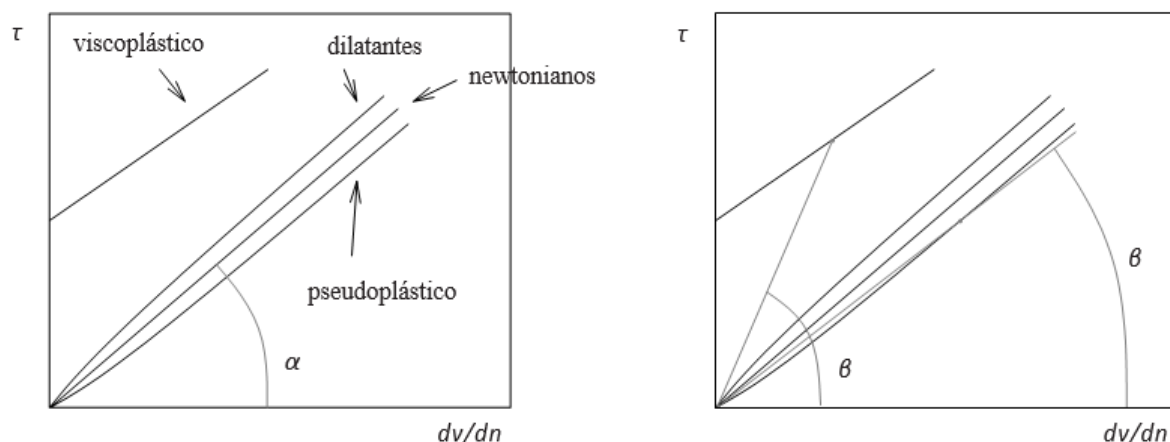
2.3.4.3.1 Fluidos newtonianos. Martin Domingo (2011) menciona que los fluidos newtonianos son aquellos que cumplen con la ley de viscosidad de Newton, lo que significa que la relación entre el esfuerzo cortante (fuerza de rozamiento por unidad de área) y la velocidad de deformación (rapidez con que varía la velocidad en la dirección perpendicular a la superficie) es de proporcionalidad directa. Según su estudio Martin Domingo (2011) indica que es importante destacar que esta ley de viscosidad de Newton es una aproximación válida solo en el régimen laminar o para pequeñas velocidades de deformación en el caso del flujo turbulento.

En condiciones extremas de flujo, como en el caso de velocidades muy altas o en la presencia de turbulencias intensas, esta ley puede no ser válida, y otros modelos más complejos de la viscosidad y el comportamiento del fluido pueden ser necesarios. Sin embargo, para muchas aplicaciones prácticas y en la mayoría de las condiciones de flujo comunes, la ley de viscosidad de Newton proporciona una buena descripción del comportamiento de los fluidos newtonianos.

2.3.4.3.2 Fluidos no newtonianos. Martín Domingo (2011) menciona que los fluidos no newtonianos son aquellos que no siguen la ley de viscosidad de Newton y cuyo comportamiento es más complejo que el de los fluidos newtonianos. En los fluidos no newtonianos, la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación no es lineal, lo que significa que la viscosidad del fluido puede variar significativamente con la velocidad de deformación. Además indica que existen diferentes tipos de comportamiento para los fluidos no newtonianos, y se pueden representar mediante curvas de corriente o curvas reológicas. Estas curvas muestran la relación entre el esfuerzo cortante y la tasa de variación de la velocidad en una sección particular del fluido.

Martín Domingo (2011) según su estudio, el comportamiento de los fluidos no newtonianos es importante en muchas aplicaciones industriales y en la vida cotidiana. El estudio de los fluidos no newtonianos es una parte importante de la reología, que es la rama de la ciencia que se ocupa del estudio del flujo y la deformación de la materia.

Figura 10 Reograma para Distintos Tipos de Fluidos



Fuente: Martín Domingo (2011)

2.3.4.3.3 Fluidos pseudoplásticos. En la investigación de Martin Domingo (2011) habla sobre los fluidos pseudoplásticos son un tipo de fluido no newtoniano en el cual la viscosidad aparente disminuye con el aumento de la tasa de corte o velocidad de deformación. Es decir, al incrementar la velocidad a la que se aplica una fuerza cortante, la resistencia del fluido a fluir disminuye, lo que resulta en una disminución de la viscosidad aparente.

Según Martin Domingo (2011), en una curva reológica para un fluido pseudoplástico, se puede observar que a bajas tasas de corte (bajas velocidades de deformación), la viscosidad aparente es alta, y a medida que aumenta la tasa de corte, la viscosidad aparente disminuye gradualmente. Esto da como resultado una curva con una pendiente negativa en el gráfico de tensión cortante versus tasa de corte.

2.3.4.3.4 Fluidos dilatantes. Según Martin Domingo (2011), los fluidos dilatantes son otro tipo de fluido no newtoniano que presenta un comportamiento opuesto al de los fluidos pseudoplásticos. En los fluidos dilatantes, la viscosidad aparente aumenta con el incremento de la tasa de corte o velocidad de deformación. Es decir, a medida que la velocidad de corte aumenta, la resistencia del fluido a fluir también aumenta, lo que resulta en un aumento de la viscosidad aparente.

Martin Domingo (2011) menciona que, en una curva reológica para un fluido dilatante, se puede observar que a bajas tasas de corte (bajas velocidades de deformación), la viscosidad aparente es relativamente baja, pero a medida que aumenta la tasa de corte, la viscosidad aparente aumenta de manera significativa. Esto da como resultado una curva con una pendiente positiva en el gráfico de tensión cortante versus tasa de corte. En el caso de fluidos newtonianos, $n = 1$ y κ corresponde a la viscosidad dinámica μ . Los fluidos pseudoplásticos tienen $n < 1$, mientras que los fluidos dilatantes tienen $n > 1$. Estos parámetros permiten describir y caracterizar el comportamiento reológico de diferentes tipos de fluidos en función de su viscosidad y respuesta a la tasa de corte.

2.3.4.4 Tipos de Flujo. En la investigación de Gallardo Armijos (2019) menciona que, en las tuberías y conductos, los fluidos pueden presentar diferentes regímenes de flujo, siendo los más comunes el flujo laminar y el flujo turbulento. Estos regímenes de flujo se refieren a la forma en que el fluido se mueve a través de la

tubería y están influenciados principalmente por la viscosidad del fluido y la velocidad del flujo. Las pérdidas locales provocan una disminución de la presión del fluido y se traducen en una reducción de la energía disponible para mantener el flujo. Para tuberías presurizadas la clasificación es:

Flujo laminar ($Re < 2300$) es cuando el número de Reynolds es pequeño y el flujo es laminar, las pérdidas locales son relativamente bajas. En el flujo laminar, las líneas de corriente fluyen de manera suave y ordenada, y hay poca turbulencia. Las pérdidas de energía se deben principalmente a la viscosidad del fluido y son proporcionales a la longitud del componente o accesorio en cuestión.

El Flujo de transición ($2300 \leq Re \leq 4000$) pues en esta zona, el flujo puede ser tanto laminar como turbulento, dependiendo de las condiciones y la geometría del sistema. Las pérdidas locales pueden ser variables y dependen de factores específicos para cada situación.

Flujo turbulento ($Re > 4000$) con números de Reynolds altos y flujo turbulento, las pérdidas locales son significativamente mayores. La turbulencia aumenta la mezcla entre las partículas del fluido, lo que conduce a mayores pérdidas de energía en comparación con los flujos laminar y de transición. En sistemas con flujos turbulentos, las pérdidas locales se vuelven predominantemente proporcionales al cuadrado de la velocidad del fluido.

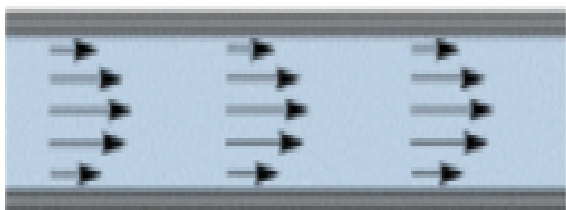
Según Lucas (2016) Esta distinción entre regímenes de flujo es esencial en la ingeniería para comprender y predecir el comportamiento de los fluidos en tuberías, lo que permite diseñar sistemas eficientes y seguros. Por ejemplo, en el diseño de sistemas de transporte de líquidos o gases, es importante conocer el régimen de flujo para calcular la pérdida de presión, la eficiencia del transporte y prevenir problemas asociados con el cambio de régimen de flujo, como la formación de erosión y ruidos.

2.3.4.4.1 Flujo Laminar. Para Gallardo Armijos (2019) muestra que, en el flujo laminar, las partículas del fluido se mueven en capas paralelas o láminas, a medida que se alejan de las paredes, las partículas del fluido aumentan su velocidad, lo que resulta en una distribución gradual de velocidades en función de la distancia a las paredes del conducto.

En la investigación de Gallardo Armijos (2019) menciona que, las trayectorias de las partículas son más ordenadas y predecibles, lo que genera menos mezcla y turbulencia en el fluido. Este tipo de flujo ocurre a bajas velocidades y en fluidos con baja viscosidad, donde la viscosidad es la resistencia interna al movimiento de las partículas del fluido. La transición del flujo laminar al flujo turbulento depende del número de Reynolds, que es una relación entre la inercia y la viscosidad del fluido.

Según Gallardo Armijos (2019), el flujo laminar es importante en varias aplicaciones, como en sistemas de micro fluidos, procesos químicos y bioquímicos, y en ciertos dispositivos médicos. En estas situaciones, la presencia de turbulencias puede alterar la precisión y la eficiencia del proceso, por lo que se prefiere el flujo laminar.

Figura 11 Flujo Laminar



Fuente: Gallardo Armijos (2019)

2.3.4.4.2 Flujo De Transición. Según Gallardo Armijos (2019) muestra que, en el flujo turbulento, las partículas del fluido se mueven de manera caótica y desordenada en todas las direcciones, lo que contrasta con el flujo laminar donde las partículas siguen trayectorias paralelas. En el flujo turbulento, se forman remolinos, vórtices y turbulencias en el fluido debido a las variaciones en la velocidad y dirección del flujo en diferentes puntos.

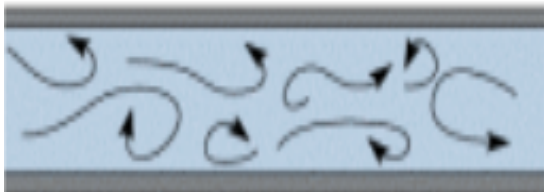
A diferencia del flujo laminar, donde las trayectorias de las partículas son ordenadas y predecibles, en el flujo turbulento es imposible conocer la trayectoria de una partícula individualmente debido a su comportamiento caótico y aleatorio. Este tipo de flujo ocurre a velocidades más altas y en fluidos con mayor viscosidad, donde las partículas del fluido con las paredes del conducto son suficientes para generar la turbulencia.

El flujo turbulento puede ser más energéticamente demandante que el flujo laminar debido a la generación de turbulencias y remolinos, lo que resulta en una

mayor pérdida de energía y resistencia al flujo. Sin embargo, el flujo turbulento también puede ser beneficioso en ciertas aplicaciones, como en la mezcla de fluidos, la transferencia de calor y la dispersión de partículas (Gallardo Armijos, 2019).

Según Gallardo Armijos (2019), en ingeniería y diseño de sistemas, es importante tener en cuenta el tipo de flujo, ya que el flujo turbulento y el flujo laminar tienen diferentes propiedades y efectos en la eficiencia y comportamiento de los fluidos en tuberías, conductos y otros dispositivos. Los ingenieros y científicos utilizan modelos y ecuaciones para predecir y comprender el flujo turbulento y sus implicaciones en diferentes aplicaciones.

Figura 12 Flujo Transición



Fuente: Gallardo Armijos (2019)

2.3.4.4.3 Flujo Turbulento. El flujo turbulento es un tipo de flujo de fluido en el cual las partículas del fluido se mueven en trayectorias caóticas e impredecibles. A diferencia del flujo laminar, en el cual las partículas se mueven en capas ordenadas y suaves, en el flujo turbulento, las partículas se mezclan y se dispersan en todas las direcciones, lo que resulta en la formación de remolinos, vórtices y fluctuaciones de velocidad en el flujo.

El flujo turbulento es común en situaciones donde la velocidad del fluido es alta, las geometrías son complejas o hay interacciones intensas entre el fluido y las superficies circundantes. Se encuentra en una variedad de aplicaciones, desde sistemas de tuberías y conductos hasta corrientes de ríos, ventilación, agitación de fluidos en la industria química y procesos de transferencia de calor en equipos como intercambiadores de calor. El estudio y la comprensión del flujo turbulento son fundamentales en áreas como la dinámica de fluidos, la ingeniería mecánica y la ingeniería aeroespacial, ya que el comportamiento turbulento del flujo puede tener un impacto significativo en el rendimiento y la eficiencia de los sistemas y dispositivos.

2.3.5 Diagrama de Moody

Gallardo Armijos (2019) menciona que, el diagrama de Moody, también conocido como gráfico de Moody, es una herramienta gráfica ampliamente utilizada en ingeniería hidráulica para determinar el coeficiente de fricción (f) en tuberías que transportan diferentes tipos de fluidos. Este diagrama fue desarrollado por Lewis F. Moody y se utiliza en lugar de la ecuación de Colebrook-White para facilitar el cálculo del coeficiente de fricción en condiciones de flujo turbulento.

El diagrama de Moody muestra el factor de fricción (f) en el eje vertical y el número de Reynolds (Re) en el eje horizontal. La gráfica contiene una serie de curvas que representan diferentes valores de rugosidad relativa (ϵ/D), donde ϵ es la rugosidad de la tubería y D es el diámetro de la tubería. A medida que aumenta la rugosidad relativa ϵ/D para un flujo con un número de Reynolds dado, el factor de fricción aumenta. Esto significa que a medida que la rugosidad interna de la tubería se vuelve más significativa en comparación con el diámetro de la tubería, la pérdida de energía por fricción también aumenta.

Según Gallardo Armijos (2019), para una rugosidad relativa ϵ/D determinada, el factor de fricción disminuye a medida que aumenta el número de Reynolds hasta que se alcanza la zona de turbulencia completa. Esto implica que a mayores velocidades del flujo, el efecto de la turbulencia disminuye las pérdidas de energía por fricción en comparación con velocidades más bajas.

Dentro de la zona de turbulencia completa, el número de Reynolds no tiene ningún efecto sobre el factor de fricción. Una vez que el flujo alcanza el régimen completamente turbulento, el factor de fricción se mantiene constante, independientemente de la magnitud del número de Reynolds (Gallardo Armijos, 2019).

Gallardo Armijos (2019) menciona que, el diagrama de Moody es una herramienta valiosa para los ingenieros hidráulicos, ya que les permite determinar el coeficiente de fricción con facilidad y precisión, lo que es esencial para el diseño y análisis de sistemas de tuberías en una amplia variedad de aplicaciones. Sin embargo, en lugar de utilizar el diagrama, también se puede emplear la ecuación

explícita con una tolerancia de $\pm 1\%$ bajo las restricciones mencionadas para el rango de rugosidad relativa y número de Reynolds especificados.

Ecuación 16 Diagrama de Moody

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

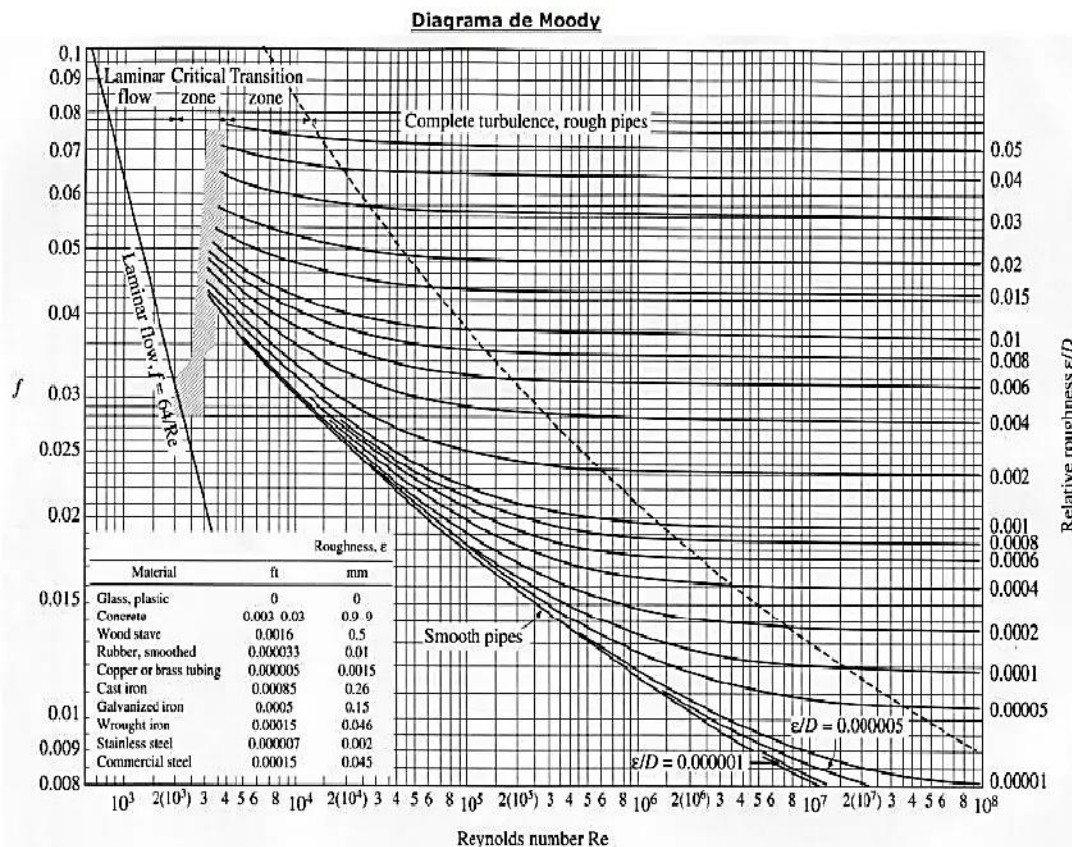
Donde:

ϵ/D = Rugosidad relativa (a dimensional)

Re = Numero de Reynolds

g = Aceleración de la gravedad (9.806 m/s²)

Figura 13 Diagrama de Moody



Fuente: Jonathan Lujan (2016)

2.3.6 Velocidad

La velocidad promedio de las partículas del fluido en un punto específico es un parámetro fundamental para comprender la dinámica y el comportamiento del flujo. Es importante destacar que la velocidad de las partículas puede variar en diferentes puntos y condiciones del flujo, y su medición y análisis son aspectos clave en la mecánica de fluidos. Gallardo Armijos (2019) menciona que, la dinámica de fluidos es un campo de estudio fascinante que abarca una amplia variedad de fenómenos, desde el flujo en tuberías y canales hasta la aerodinámica de aeronaves y la circulación atmosférica. Comprender cómo se mueven y se comportan los fluidos es esencial para el diseño y optimización de sistemas, máquinas e infraestructuras, y tiene aplicaciones en diversas industrias y campos de la ciencia y la ingeniería.

2.3.7 Caudal

El caudal es la cantidad de fluido que se encamina a través de un punto, por una medida de tiempo, también se puede expresar de la siguiente manera: cm³/min, gpm, lt/seg.

La ecuación es:

Ecuación 17 Caudal

$$Q = A \times V$$

Dónde:

Q = Caudal (cm³ / min; lt/seg; gal / min)

A = Área (m²)

V = Velocidad (m/s)

2.3.8 Pérdidas de carga

Las pérdidas de carga en accesorios de tuberías de red de agua potable se refieren a la disminución de la presión del agua. Estas pérdidas pueden afectar la eficiencia del sistema y la cantidad de agua disponible en diferentes puntos de la red.

2.3.9.1 Pérdida de carga local. Estas pérdidas ocurren en accesorios específicos, como curvas, codos, válvulas, uniones en T, reducciones y otros componentes. La forma y el diseño de estos accesorios pueden causar turbulencia y fricción, lo que conduce a una disminución de la presión.

2.3.9.2 Pérdidas Longitudinales/ Fricción. Su definición es la disminución de energía debido a la resistencia que opone la tubería al paso del fluido. La fórmula se ve expresada de la siguiente manera:

Ecuación 18 Pérdidas Longitudinales/Fricción

$$H_f = J \times L$$

Donde:

H_f = Pérdidas de energía o carga producto de la fricción (m)

J = Pérdidas de carga por cada metro de tubería (m/m)

L = longitud de la cañería de conducción (m)

2.3.9.4 Pérdidas Localizadas (accesorios). Cuando el agua fluye a través de un accesorio tipo curva en la tubería, se genera turbulencia que conducen a pérdidas de carga. Algunos accesorios, como medidores de flujo, filtros y purgadores, pueden tener pérdidas de carga específicas debido a su diseño y función.

Según (Jimenez, 2017) las pérdidas de energía que surgen en los accesorios, comúnmente llamadas pérdidas de carga localizadas, se caracterizan por estar vinculadas a puntos específicos en la red en concreto con el cambio de dirección del flujo. Sin embargo, la validez de los resultados de estas pérdidas de carga localizadas es limitada, principalmente debido a la complejidad del flujo dentro de los accesorios. Esto hace que determinar el valor exacto de estas pérdidas sea un proceso experimental que implica ciertas dificultades.

Las pérdidas de energía o cargas menores en una tubería se producen debido a la presencia de diferentes elementos que cambian la dirección o se oponen al flujo del agua. Estos elementos incluyen codos, reducciones de diámetro, válvulas, llaves u otras obstrucciones que pueden encontrarse en el sistema de tuberías. Cuando el

agua fluye a través de una tubería y se encuentra con alguno de estos elementos, se produce una pérdida de energía debido a las turbulencias generadas en el flujo. Esta pérdida de energía se traduce en una disminución de la velocidad del agua y una reducción en la presión del sistema (Gallardo Armijos, 2019).

Si el diámetro es constante entonces:

$$Q = V \times A$$

Donde:

Q = caudal

V = Volumen

A = Área

Entonces V es constante y la Δh es el hL.

En la investigación de Gallardo Armijos (2019) menciona que, para calcular estas pérdidas de energía, se utilizan ecuaciones y fórmulas empíricas que toman en cuenta las características de los elementos que generan las obstrucciones, así como la velocidad del flujo y otras propiedades del fluido. Estos cálculos son importantes en el diseño y operación eficiente de sistemas de tuberías, ya que permiten determinar la pérdida de energía en diferentes puntos del sistema y asegurar que el flujo de agua sea adecuado para su propósito específico.

En un sistema será:

Ecuación 19 Pérdidas Localizadas

$$H_s = \sum \left(\frac{k \times V^2}{2 \times g} \right)$$

Dónde, en sistema MKS:

Hs = Pérdidas singulares o localizadas (m)

v = Velocidad de circulación del agua (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

k = Constante adimensional de coeficiente de resistencia que depende de los accesorios que se contemplan en el diseño.

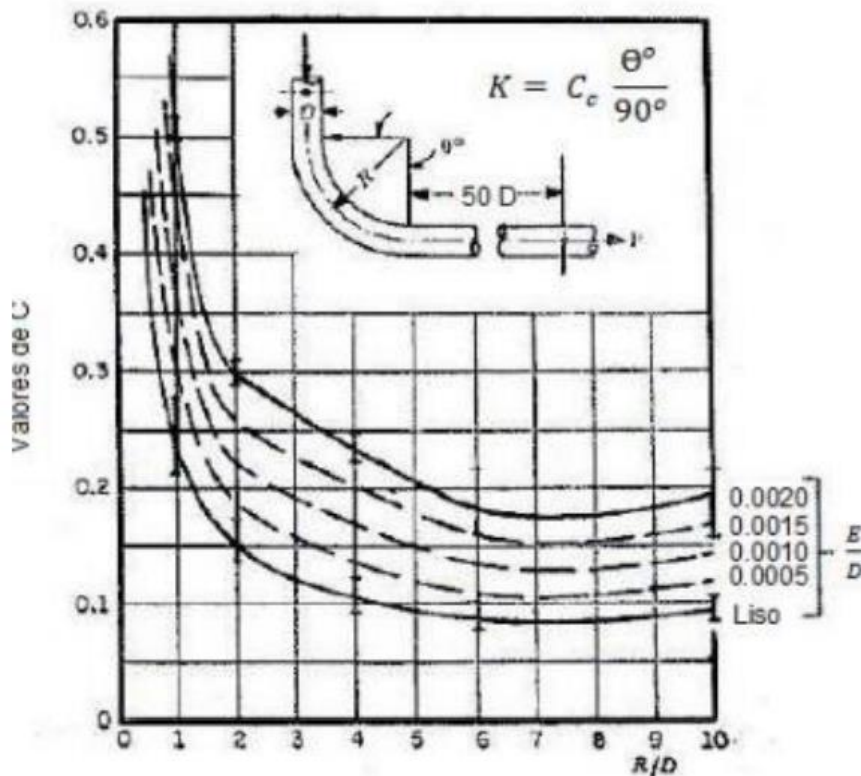
2.3.9.5 Pérdidas por Cambio de Dirección. Cuando el agua fluye a través de un cambio de dirección en una tubería, como una curva, se produce un fenómeno conocido como separación de flujo o separación de capa límite. Este fenómeno ocurre debido a la inercia del flujo, que tiende a mantener el movimiento rectilíneo de las partículas de agua en los filetes centrales del flujo. Sin embargo, a medida que el flujo se ve forzado a cambiar de dirección, las partículas cercanas a las paredes internas del codo experimentan una resistencia mayor debido al contacto con la superficie sólida de la tubería.

Gallardo Armijos (2019) menciona que, como resultado, la distribución de velocidades del flujo se ve alterada, con una disminución de velocidad en las capas cercanas a las paredes internas y una mayor velocidad en las capas centrales. Esta diferencia en la velocidad crea zonas de separación, donde las capas de agua se separan de las paredes internas del codo y se generan remolinos o vórtices.

Los vórtices y remolinos persisten en el flujo durante cierta distancia aguas abajo del codo, formando un patrón espiral conocido como flujo secundario o flujo espiral. Este flujo espiral puede extenderse hasta aproximadamente 50 veces el diámetro de la tubería, dependiendo de las características del flujo y del diseño del codo.

Este fenómeno de separación de flujo y formación de vórtices puede tener efectos significativos en el comportamiento del flujo y en la eficiencia del sistema de tuberías. Puede causar pérdidas de energía adicionales debido a la fricción y generar turbulencias que afectan la presión y la distribución del flujo en el sistema. Por lo tanto, es importante tener en cuenta estos efectos al diseñar y operar sistemas de tuberías para asegurar un flujo eficiente y uniforme (Gallardo Armijos, 2019).

Figura 14 Coeficientes C_c para Curvas de Diámetro Constante y $Re \cdot 2.2 \cdot 10^5$, en Tubos Rugosos



Fuente: Gallardo Armijos (2019)

La grafica de Hoffman que la vemos reflejada en la Figura 14 se usa para obtener el coeficiente de pérdidas k , todo esto solo si el cambio de dirección es gradual en una curva de radio R .

Su ecuación es:

Ecuación 20 Pérdidas por Cambio de Dirección

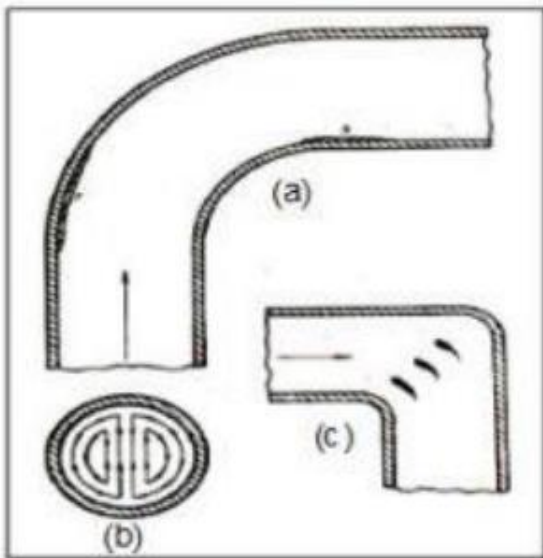
$$K = C_c \frac{\theta^\circ}{90^\circ}$$

2.3.9.6 Pérdidas producidas por curvas. Gallardo Armijos (2019) menciona que, fuerza centrífuga y flujo secundario: Cuando el agua atraviesa una curva, la dirección del flujo se modifica, lo que da lugar a una fuerza centrífuga debido a la curvatura de la tubería. Esta fuerza centrífuga hace que el agua tienda a alejarse de las paredes internas de la curva y a moverse hacia el centro del mismo, generando un flujo secundario. Este flujo secundario se superpone al flujo principal y aumenta la

turbulencia y el rozamiento en la curva, lo que resulta en pérdidas adicionales de energía.

Según Gallardo Armijos (2019) ambos fenómenos, la fuerza centrífuga y la separación de flujo, contribuyen a las pérdidas de energía en las curvas de las tuberías. Estas pérdidas son una parte importante a considerar en el diseño y cálculo de sistemas de tuberías, ya que pueden afectar la eficiencia y el rendimiento del sistema.

Figura 15 Demostración del Flujo en Codos y Curvas



Fuente: Gallardo Armijos (2019)

2.4 Marco Legal

Para (Duarte, 2023) “El marco legal nos proporciona las bases sobre las cuales las instituciones construyen y determinan el alcance y naturaleza de la participación política.”

2.4.1 Constitución de la República del Ecuador

Art. 12, 313 y 318.- de la Constitución de la República consagran el principio del que el agua como patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, reservando para el Estado el derecho de

administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 318.- de la Constitución prohíbe toda forma de privatización del agua y determina que la gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria y que el servicio de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias; prescribe además, que el Estado a través de la Autoridad Única del Agua, será responsable directa de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano y riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación y que se requerirá autorización estatal para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la Ley

Art. 340.- El sistema nacional de inclusión y equidad social es el conjunto articulado y coordinado de sistemas, instituciones, políticas, normas, programas y servicios que aseguran el ejercicio, garantía y exigibilidad de los derechos reconocidos en la Constitución y el cumplimiento de los objetivos del régimen de desarrollo.

El sistema se articulará al Plan Nacional de Desarrollo y al sistema nacional descentralizado de planificación participativa; se guiará por los principios de universalidad, igualdad, equidad, progresividad, interculturalidad, solidaridad y no discriminación; y funcionará bajo los criterios de calidad, eficiencia, eficacia, transparencia, responsabilidad y participación.

El sistema se compone de los ámbitos de la educación, salud, seguridad social, gestión de riesgos, cultura física y deporte, hábitat y vivienda,

cultura, comunicación e información, disfrute del tiempo libre, ciencia y tecnología, población, seguridad humana y transporte.

2.4.2 Ley Orgánica De Recursos Hídricos Usos Y Aprovechamiento Del Agua

Es la ley encargada de la gestión, planificación del suministro del agua. En el Título I; sobre Elementos Constitutivos Del Estado en el Capítulo Primero, Principios Fundamentales, los artículos en consideración son:

Art. 3.- Objeto de la Ley. El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

Art. 5.- Sector estratégico. El agua constituye patrimonio nacional, sector estratégico de decisión y de control exclusivo del Estado a través de la Autoridad Única del Agua. Su gestión se orientará al pleno ejercicio de los derechos y al interés público, en atención a su decisiva influencia social, comunitaria, cultural, política, ambiental y económica.

Art. 6.- Prohibición de privatización. Se prohíbe toda forma de privatización del agua, por su trascendencia para la vida, la economía y el ambiente; por lo mismo esta no puede ser objeto de ningún acuerdo comercial, con gobierno, entidad multilateral o empresa privada nacional o extranjera. Su gestión será exclusivamente pública o comunitaria. No se reconocerá ninguna forma de apropiación o de posesión individual o colectiva sobre el agua, cualquiera que sea su estado. En consecuencia, se prohíbe:

Toda delegación al sector privado de la gestión del agua o de alguna de las competencias asignadas constitucional o legalmente al Estado a través de la Autoridad Única del Agua o a los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

La gestión indirecta, delegación o externalización de la prestación de los

servicios públicos relacionados con el ciclo integral del agua por parte de la iniciativa privada.

Cualquier acuerdo comercial que imponga un régimen económico basado en el lucro para la gestión del agua.

Toda forma de mercantilización de los servicios ambientales sobre el agua con fines de lucro.

Cualquier forma de convenio o acuerdo de cooperación que incluya cláusulas que menoscaben la conservación, el manejo sustentable del agua, la biodiversidad, la salud humana, el derecho humano al agua, la soberanía alimentaria, los derechos humanos y de la naturaleza; y, El otorgamiento de autorizaciones perpetuas o de plazo indefinido para el uso o aprovechamiento del agua.

2.4.3 Instituto Ecuatoriano De Normalización (INEN)

- NTE INEN 1328:94.

Tubería plástica. Accesorios de PVC rígido para presión. Dimensiones básicas.

- NTE-INEN 1373:2010.

Tubería Plástica. Tubos y accesorios de PVC rígido para presión (AA.PP.).

- NTE INEN 2497:2009.

Tubería plástica. Tubos de PVC rígido unión por rosca, para conducción de agua potable a presión. Cédula 80. Requisitos.

- NTE-INEN 3123:2017.

Grifería. llaves. definiciones, requisitos y métodos de ensayo.

2.4.4 Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil (ETAPA EP).

ETAPA EP es una empresa pública municipal con sede en Guayaquil, la ciudad más poblada de Ecuador. Se encarga de la prestación de servicios de telecomunicaciones, agua potable y alcantarillado en la ciudad y áreas cercanas. La empresa tiene como objetivo principal asegurar el acceso y suministro de agua potable y servicios de saneamiento para la población de la ciudad, así como mejorar la calidad de vida y promover el desarrollo sostenible.

La misión de ETAPA EP se centra en brindar servicios de calidad, eficientes y sostenibles en el ámbito de agua potable y alcantarillado, cumpliendo con los estándares de seguridad y salud establecidos. También busca promover el uso racional y eficiente del agua, así como la preservación del medio ambiente y los recursos naturales.

2.4.5 Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA)

La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) es una institución gubernamental encargada de regular, supervisar y controlar el uso, aprovechamiento y gestión del agua en el territorio ecuatoriano. Fue creada con el objetivo de asegurar el uso sostenible y eficiente de los recursos hídricos, garantizando su disponibilidad para el abastecimiento humano, el desarrollo agrícola, la generación de energía y otros usos económicos y sociales. Además, trabaja en coordinación con otras instituciones gubernamentales, gobiernos locales, comunidades y actores del sector privado para lograr sus objetivos y enfrentar los desafíos relacionados con el agua y el saneamiento en el país.

2.4.6 Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS)

El agua cruda es la que se encuentra en la naturaleza, ya sea superficial, subterránea o atmosférica, pero por regla general no reúnen los requisitos necesarios para considerarlas como potables, por lo que son sometidas a tratamientos específicos en una planta potabilizadora, dependiendo de sus cualidades físicas, químicas, radiológicas, biológicas y microbiológicas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de su proceso de investigación se centra en el análisis de mediciones numéricas. El investigador recopila datos a través de la observación del proceso y los analiza para responder la hipótesis de la investigación. Este enfoque emplea análisis estadísticos, que incluyen la recolección de datos, la medición de parámetros y la obtención de frecuencias y estadísticos de población. Además, el investigador plantea un problema de estudio específico y delimitado, y formula preguntas de investigación que se centran en aspectos concretos. Una vez planteado el problema de estudio, se realiza una revisión exhaustiva de la literatura existente, con el objetivo de conocer las investigaciones previas relacionadas con el tema en cuestión. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Figura 16 Enfoque de la Investigación

Surge en los siglos XVIII y XIX, en el proceso de consolidación del capitalismo occidental con el fin de analizar los conflictos sociales y el hecho económico como universo complejo.
El enfoque cuantitativo es aquel que permite examinar los datos de manera numérica, especialmente en el campo de la estadística.
El enfoque está fundamentado en los hechos prestando poca atención a la subjetividad de los individuos.
El enfoque propone investigación deductiva.
Es objetiva.
Su representación de la realidad es parcial y proyectada. El experto se convierte en una autoridad de verdad.
Se requiere claridad para definir, limitar y saber exactamente donde se inicia el problema. En cual dirección va y que tipo de incidencia existe entre sus elementos.
Los elementos constituidos por un problema, de investigación lineal se denominan: variables, relación entre variables y unidad de observación.
Desde donde se inicia hasta donde termina el abordaje de los datos es estático se le asigna significado numérico.

Fuente: Artículo Enfoque de Investigación (2018)

3.2 Alcance de la investigación.

La utilización de la modelación y experimentación analítica explicativa permitirá adquirir un entendimiento detallado de los fenómenos físicos relacionados con las pérdidas de carga en accesorios tipo curva en sistemas de redes de agua potable. Este enfoque permitirá identificar las variables de mayor influencia, establecer

relaciones funcionales y resaltar los factores críticos que afectan el comportamiento del flujo. Además, será de gran ayuda para explicar las variaciones en el flujo bajo diferentes condiciones operativas, y facilitará la optimización y mejora del diseño de los sistemas.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

3.3.1 Estudio Preliminar de una Red de Agua Potable

El objetivo es comprender cómo la geometría y las características de las curvas afectan la distribución del flujo y las pérdidas de energía. Se explorará la relación entre las pérdidas localizadas y la geometría de las curvas, buscando desarrollar un enfoque analítico que permita predecir con precisión el comportamiento hidráulico en sistemas de distribución de agua. Dentro de las lineaciones se debe calibrar el sistema de red de agua potable que implica ajustar y equilibrar diferentes elementos para asegurar un flujo adecuado y una presión uniforme en toda la red.

Es importante recopilar información sobre el diseño del sistema de agua potable, incluyendo los diámetros de las tuberías, la ubicación de las válvulas, las bombas y los tanques de almacenamiento, así como las demandas de agua en diferentes puntos de la red. Mediante cálculos manuales, se analiza el sistema para entender su comportamiento actual y detectar posibles problemas como zonas con baja presión o altas velocidades de flujo. Este estudio proporcionará información valiosa para el diseño y la optimización de redes de tuberías a presión.

3.3.2 Diseño del Prototipo de Red de Agua Potable.

El diseño de la red de experimentación se enfoca en investigar y comprender la influencia de los accesorios tipo curva en el flujo de agua en sistemas de tuberías a presión. Se construirá una red experimental compuesta por múltiples segmentos de tubería que contengan diferentes tipos de curvas, como curvas de 90°, curvas tipo "U", curvas tipo "S" y curvas de paso.

Cada segmento de tubería incluirá medidores de presión y caudal estratégicamente ubicados para medir las variables hidráulicas clave. Se establecerán condiciones de flujo controladas, variando las tasas de flujo. Estos datos

permitirán la obtención de información sobre las pérdidas localizadas, distribución del flujo y el comportamiento hidráulico en presencia de las diferentes curvas.

3.3.3 Materiales a utilizar

Dentro del mercado ecuatoriano existen diversas cantidades de marcas de materiales para el diseño de una Red de Agua Potable, ya sea para instalaciones de viviendas, condominios, urbanizaciones, etc. Desde tuberías hasta los accesorios a utilizar hay gran variedad, para este diseño de Red de Agua Potable se prevé trabajar con medidas de 1 pulgada, $\frac{3}{4}$ pulgadas y $\frac{1}{2}$ pulgada. Se realizó un sondeo con las respectivas marcas, medidas de accesorios para la elaboración del sistema de red que se podrá a prueba.

3.3.3.1 Accesorio Tipo Curva de 90°. Este accesorio es de los más comunes ya que son similares a los codos; su diferencia al ser curva es que no tiene vértice, en cambio los codos sí. En esta prueba se utilizaron en las medidas de 1 pulgada, $\frac{3}{4}$ pulgada y $\frac{1}{2}$ pulgada. Las marcas que obtenidas son: Hidrotubos y Tigre.

Figura 17 Accesorio Tipo Curva de 90°



Fuente: Poolaria (2022)

3.3.3.2 Accesorio Tipo Curva de Paso. Este accesorio tipo curva se utiliza por lo general, al momento de observar o contar con otra red ya existente, de manera perpendicular a nuestra red, por lo que este accesorio permite tener un pequeño desvío/curva, para no afectar ninguna red existente con la nueva a instalar. Se obtuvo en las marcas: Hidrotubos y Tigre.

Figura 18 Accesorios con Curva de Paso



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

3.3.3.3 Accesorio Tipo Curva “U”. Este accesorio tipo curva en forma de U permite dar un giro de 180° en nuestra red de tubería de Agua Potable; pues dependiendo del diseño de la Red, sirve para hacer un cambio de sentido. Se encontró en las marcas: Hidrotubos y Tigre.

Figura 19 Accesorio Tipo Curva “U”



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

3.3.3.4 Accesorio Tipo Curva “S”. Este accesorio tipo curva en forma de “s” es poco utilizado, no es común en los sistemas de redes de Agua Potable, se encontró en las marcas: Hidrotubos y Tigre.

Figura 20 Accesorio Tipo Curva “S”



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

3.3.3.5 Equipos de Medición

3.3.3.5.1 Medidor de Presión. Este instrumento nos permite obtener medidas de presión del agua, en el sistema de Red de Agua Potable y varía según el caudal y presión o fuerza de la bomba de agua. Este manómetro es de 6 Bares = 600 kPa y de 90 Psi = 63 mca.

Figura 21 Manómetro



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

3.3.3.5.2 Medidor Volumétrico para estimar Caudales. Este instrumento permite leer la cantidad de volumen que pasa por toda la Red de Agua Potable, Y se toma la lectura durante un determinado tiempo, con cada uno de los accesorios. Un medidor de agua, también conocido como contador de agua, es un dispositivo utilizado para medir y registrar el volumen de agua que fluye a través de una tubería o conducto. Los medidores volumétricos registran el volumen de agua que pasa a través de ellos mediante la medición directa del desplazamiento del fluido.

Generalmente, consisten en una cámara de medición con una serie de paletas o discos que se desplazan a medida que fluye el agua. La rotación de estas paletas o discos se transmite a un mecanismo de contador que registra el volumen acumulado. Es importante mencionar que los medidores de agua deben ser calibrados y verificados periódicamente para garantizar su precisión y confiabilidad en la medición del consumo de agua. Además, estos dispositivos también pueden tener funciones adicionales, como la detección de fugas o la transmisión de datos a sistemas de lectura remota para facilitar la gestión del consumo de agua y la facturación.

Figura 22 Medidor



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

3.3.3.6 Otro Materiales a Utilizar

3.3.3.6.1 Tarraja. Consiste en un dispositivo manual que permite realizar un corte helicoidal en la superficie exterior de una tubería o varilla, lo que facilita la conexión con otros componentes de la red de tuberías. Las tarrajas vienen en diferentes tamaños y tipos, dependiendo del diámetro y el tipo de rosca que se va a crear. Las roscas creadas por la tarraja permiten atornillar conexiones, como accesorios y válvulas, en las tuberías de manera segura y hermética.

Figura 23 Tarraja



Fuente: Frecuento (2023)

3.3.3.6.2 Tubería. Con respecto a la tubería, se trabajó con una sola marca, que es Plastigama. En la que se necesitó las medidas de 1 pulgada, $\frac{3}{4}$ pulgada y $\frac{1}{2}$ pulgada, para que coincidan con sus respectivos accesorios al momento de hacer las pruebas.

Figura 24 Tubería PVC Marca Plastigama



Fuente: Plastigama (2022)

3.3.3.6.3 Serrucho. Un serrucho es una herramienta manual utilizada para cortar madera u otros materiales similares, como plástico o metales delgados, mediante movimientos de vaivén. Consiste en una hoja dentada y afilada montada en un mango o empuñadura que permite al usuario aplicar fuerza para realizar cortes precisos y controlados.

Figura 25 Serrucho



Fuente: Bahco (2019)

3.3.3.6.4 Teflón. El teflón para tuberías, también conocido como cinta de teflón o cinta selladora de roscas, se utiliza comúnmente para sellar las roscas en las conexiones de tuberías y accesorios y prevenir las fugas de agua o gas. La cinta de teflón tiene propiedades antiadherentes y una superficie lisa, lo que facilita su aplicación en las roscas.

Figura 26 Teflón

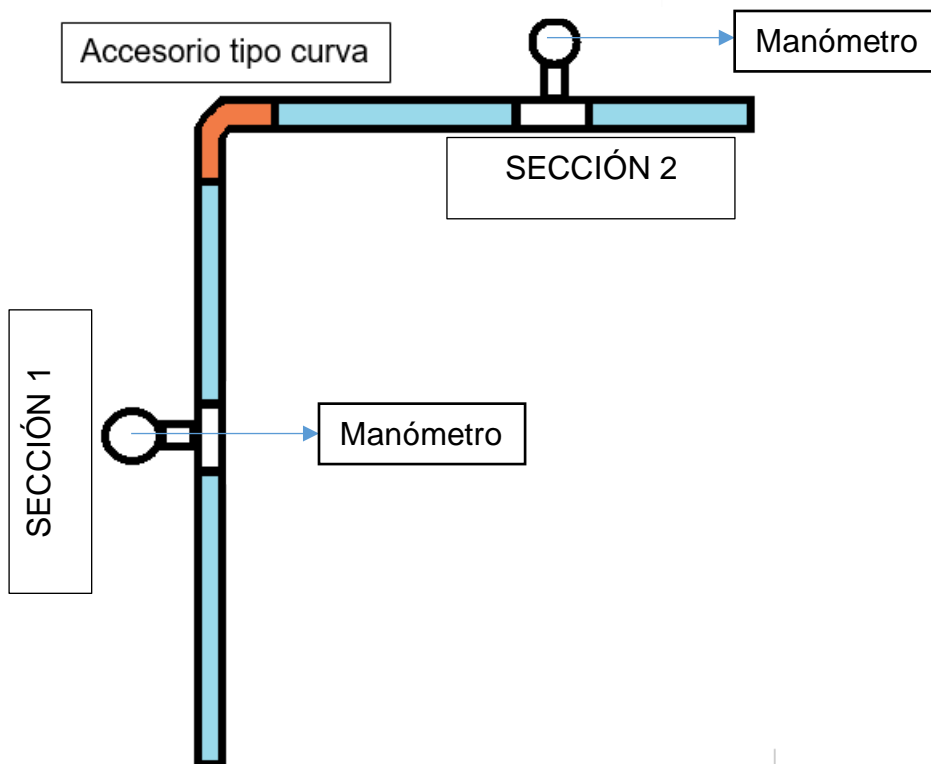


Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

3.3.4 Elaboración del Prototipo

Se ejecutará el prototipo mediante una bomba para agua, con un reservorio que almacena 20 litros, se tomará tubos de la marca Plastigama y tendrán 2 secciones. La primera sección está representada antes del accesorio medirán 0.60 m y 0.80 m respectivamente; la segunda sección representada después del accesorio en las medidas de 0.60 m y 0.80 m respectivamente. Los respectivos diámetros de las tuberías son de 1 pulgada = 25.4 mm, ½ pulgada = 12.7mm y ¾ pulgada =19.05 mm. Los accesorios de las diferentes marcas obtenidas como, Hidrotubos y Tigre se enroscarán junto con la medida que les correspondan para la previa revisión, para luego, comenzar obteniendo los resultados de las pruebas a la que serán sometidos dichos accesorios en el sistema de Red.

Figura 27 Diseño de Prototipo (Implantación Horizontal)



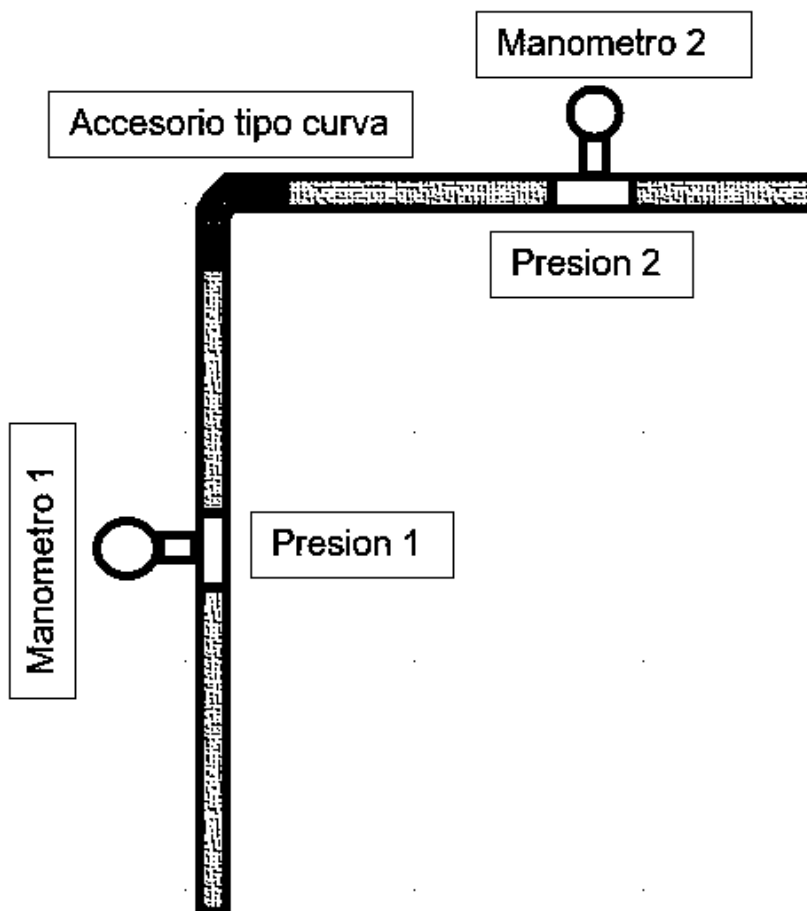
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

3.3.5 Prototipo Final

Para diseñar el prototipo es necesario la implementación de equipos de medición y válvulas; de la bomba de agua se enroca una tubería de 20 cm con la medida correspondiente al accesorio puesto a prueba, ya sea 1 pulgada = 25.4 mm,

$\frac{1}{2}$ pulgada = 12.7mm y $\frac{3}{4}$ pulgada =19.05 mm. Luego esta tubería conectaba con una válvula que es la que nos permite controlar el flujo, seguida de un medidor 1, para seguir con el manómetro 1 que nos permitirá tomar la presión inicial, es decir, antes del accesorio; luego conectaba el accesorio tipo curva a evaluar, de este accesorio conectaba el manómetro 2 que nos permite tomar la lectura de la presión final, es decir, después del accesorio. Luego conecta con el medidor 2 para finalizar con una tubería que ingresaba al banco hidráulico.

Figura 28 Prototipo Final Horizontal



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

La red de distribución es el sistema de tuberías y accesorios que lleva el agua potable desde los tanques de almacenamiento hasta los puntos de consumo. La red debe ser diseñada de manera eficiente para garantizar un flujo adecuado de agua y minimizar las pérdidas de carga. Se experimentó con un banco hidráulico ubicado en las instalaciones de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, en el laboratorio de Hidráulica.

Figura 29 Banco Hidráulico



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

3.3.6 Obtener los datos

Al momento de hacer las respectivas pruebas, estas nos arrojarán datos de volúmenes que pasa por la red y de presiones a la que estará sometidas nuestra red; con el principal objetivo de analizar el comportamiento de diferentes accesorios en las tres medidas antes mencionadas como; 1 pulgada. 3/4 pulgada y ½ pulgada. Luego se procederá a ingresar nuestros datos obtenidos a las fórmulas que nos determinaran si se obtendrá resultados negativos o positivos de los accesorios con los que se está trabajando. Según el método científico a aplicarse en los registros, se tomarán por lo menos 3 lecturas que permitirá validar la información.

3.3.7 Fórmulas a aplicar

A continuación se detalla las fórmulas a las que se ingresaran los datos obtenidos de las pruebas

- **Perdidas de presión**

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

Donde:

ΔP = Diferencia de Presión

P = Presión

- **Caudal**

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

Donde:

Q= Caudal

V= Velocidad

T= Tiempo

- **Área**

$$A = \pi * r^2$$

Donde:

A= área

r= radio

- **Velocidad**

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

Donde:

V= Velocidad

Q= Caudal

A= Área

- **Pérdidas de Presión**

$$E_L = E_2 + hL$$

$$Z_1 + \frac{h_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{h_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hL$$

Donde:

z = Energía potencial por unidad de peso ($N \cdot m/N$)

$\frac{p}{\gamma}$ = Energía de presión por unidad de peso

v = Velocidad media del flujo

$\frac{v^2}{2g}$ = Energía cinética o de velocidad por unidad de peso

$$hL = \frac{p_2 - p_1}{\gamma}$$

Donde:

hL = Pérdida de presión

p_{1-2} = Presiones

γ = Peso específico del agua.

- **Coefficiente K Manuales**

Según EPMAPS (201) Se empleará la ecuación de Darcy-Weisbach para realizar el cálculo hidráulico y determinar las pérdidas por fricción en tuberías a presión. A continuación se encuentran los coeficientes de rugosidad absoluta (Ks) recomendados para tuberías matrices y tuberías menores de distribución, según el material del que estén hechas.

Tabla 4 Coeficientes Ks

TIPO DE TUBERÍA	COEFICIENTE Ks (mm)
PVC	0.12
Polietileno	0.12
GRP	0.12
Acero	0.12
CCP	0.24
Hierro Dúctil	0.24

Fuente: EPMAPS (2013)

- **Número de Reynolds**

$$Re = \frac{v \times D}{\nu}$$

Donde:

v = Velocidad media del flujo (m/s)

D = Diámetro interno de la tubería (m)

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

- **Coeficiente K**

$$k = \frac{hL * 2g}{v^2}$$

Donde:

hL= pérdida de presión en metros columnas sobre agua

g = gravedad

v = velocidad

La relación entre el diámetro de las tuberías (\emptyset), la velocidad del flujo (V) y el número de Reynolds (Re) es fundamental y juega un papel importante en la determinación de hL ya que esta depende de los valores antes mencionados.

- **K Experimental**

$$K_{experimental} = \frac{\Delta h - A^2(2g)}{Q^2}$$

Donde:

Δh = Diferencia de Presiones

A = Área de la tubería

Q = Caudal

- **hL Tabulado**

$$hL_{Tabulado} = K_{Tabulado} \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

K Tabulado = Coeficiente Constante

v = Velocidad

g = gravedad

- **Indicadores**

$$Indicador = \frac{k_{Experimental}}{k_{Tabulado}}$$

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Citando a (TDDEL,2019, pág. 4) La población de una investigación está compuesta por todos los elementos (personas, objetos, organismos, historias clínicas) que participan del fenómeno que fue definido y delimitado en el análisis del problema de investigación. La población tiene la característica de ser estudiada, medida y cuantificada. También se conoce como UNIVERSO. La población debe delimitarse claramente en torno a sus características de contenido, lugar y tiempo.

Según Ventura León (2017) La población es un grupo de elementos que poseen ciertas características que se desean investigar. Por lo tanto, entre la población y la muestra existe un enfoque inductivo (de lo específico a lo general), con la expectativa de que la muestra observada sea representativa del conjunto total (la población). De esta manera, se asegura que las conclusiones obtenidas en el estudio sean válidas y aplicables al conjunto completo.

Tabla 5 Población

Población
<p>La población en este caso se refiere a todas las posibles curvas de accesorios para el flujo en tuberías a presión. Esto incluiría todas las configuraciones, diseños y tamaños de accesorios curvos que podrían utilizarse en sistemas de tuberías a presión en una amplia gama de aplicaciones industriales, como sistemas de distribución de agua, redes de gas, procesos químicos, entre otros.</p>

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

3.4.2 Muestra

Según (Lilia, 2015, pág. 7) “Cualquier subconjunto del universo. Desde la estadística pueden ser probabilísticas o no probabilísticas.” Y Unidad muestral es un “Conjunto de elementos extraídos de la población que conforman la muestra.”

La muestra sería un subconjunto representativo de las curvas de accesorios para el flujo en tuberías a presión dentro de la población completa. Para llevar a cabo un análisis analítico de estos accesorios, se toma una muestra de accesorios curvos de diferentes diseños de accesorios tipo curvas con diferentes radios de curvatura, ángulos y tamaños de tuberías. Esta muestra sería lo que realmente se estudiaría en detalle en términos de modelación analítica para comprender su comportamiento hidráulico en el flujo de fluidos a presión.

A continuación se detalla la muestra escogida para poder realizar el prototipo antes mencionado:

Tabla 6 Muestra

Medidas	Hidrotubos	Tigre
1 Pulgada	Accesorio Tipo Curva “S”	Accesorio Tipo Curva “S”
	Accesorio Tipo Curva “U”	Accesorio Tipo Curva “U”
¾ Pulgada	Accesorio Tipo Curva 90°	Accesorio Tipo Curva 90°
½ Pulgada	Accesorio Tipo Curva De Paso	Accesorio Tipo Curva De Paso

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

CAPÍTULO IV

PROPUESTA Y RESULTADOS

En el contexto de la investigación sobre la resistencia al flujo en sistemas de agua potable, se ha desarrollado una propuesta de modelado analítico con el objetivo principal de examinar los impactos de los accesorios tipo curva en este flujo. Con este fin, se ha establecido un sistema prototipo de red cerrada que replica las condiciones reales de los sistemas de agua potable. Dentro de este sistema, se han implementado instrumentos de medición de alta precisión para recopilar datos detallados sobre las pérdidas de carga que resultan específicamente de estos accesorios.

Se ha otorgado un énfasis especial a la exactitud de las mediciones. Se han instalado manómetros diseñados para detectar incluso las variaciones más mínimas en la presión del agua, permitiendo un monitoreo extremadamente sensible. Además, se ha incorporado un medidor volumétrico que registra con gran precisión tanto el flujo entrante como el saliente del sistema. Estas herramientas avanzadas de medición aseguran que los datos obtenidos sean confiables y sirvan como una base sólida para el análisis subsiguiente.

La estrategia implementada se basa en la creación de un sistema de red cerrada que replica las condiciones reales de los sistemas de agua potable. Esta simulación experimental resulta crucial para obtener mediciones precisas y confiables de las pérdidas de carga originadas por los accesorios tipo curva en el flujo. La inclusión de manómetros de baja sensibilidad, pero altamente responsivos a cualquier cambio en la presión del agua, junto con la utilización de un medidor especializado para cuantificar el flujo, asegura que los datos obtenidos sean exhaustivos y representativos.

En última instancia, esta propuesta de modelado analítico y el sistema de red cerrada permitirán llevar a cabo un análisis detallado de cómo los accesorios tipo curva afectan el flujo en sistemas de agua potable. La información recopilada desempeñará un papel fundamental en el modelado y la comprensión de las pérdidas de carga, lo que podría tener repercusiones significativas en el diseño y la optimización de sistemas de distribución de agua potable.

4.1 Accesorio tipo curva

4.1.1 Accesorio tipo curva de 90°

Un accesorio tipo curva de 90° es una pieza utilizada en sistemas de tuberías y conductos para cambiar la dirección del flujo en un ángulo de 90°. Desempeñan una función crucial en la eficiencia del diseño y la construcción de sistemas de tuberías y conductos. Permiten cambios de dirección sin requerir la colocación de múltiples tramos rectos y empalmes, lo que simplifica la distribución y reduce la complejidad del sistema. Esto resulta particularmente beneficioso en espacios limitados donde no se pueden utilizar tramos rectos largos. Al diseñar sistemas de tuberías, resulta esencial considerar la tolerancia y la curvatura precisa de estas curvas de 90°. Si no se diseñan adecuadamente, podrían generar resistencia adicional al flujo de fluido, lo que podría incidir en la eficiencia y el rendimiento global del sistema.

Figura 30 Curva de 90°



Fuente: PEMSA (2018)

Marca: Hidrotubos/Tigre

Medidas: ½, ¾ y 1 pulgada

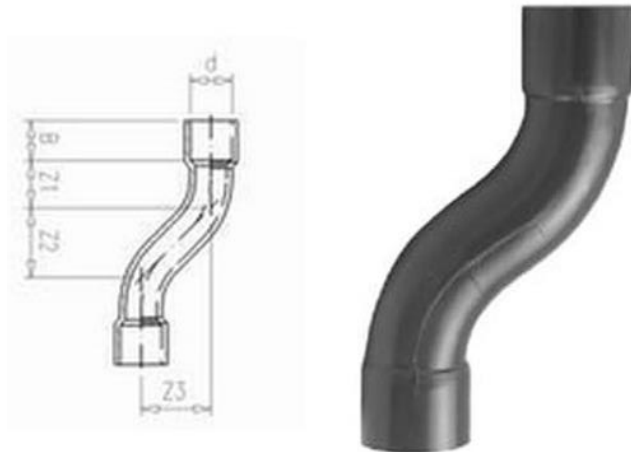
4.1.2 Accesorio tipo curva en forma de "S"

Un accesorio tipo curva en forma de S es un elemento empleado en sistemas de plomería, tuberías y conductos para modificar la dirección del flujo de manera similar a la letra "S". A diferencia de las curvas estándar de 90 grados, estas curvas en forma de S permiten redirigir el flujo de líquidos o gases de manera más compleja y versátil. Estos accesorios son especialmente valiosos cuando se necesita cambiar la dirección del flujo en múltiples ángulos o cuando se deben sortear obstáculos en la

trayectoria del conducto. La configuración en forma de S proporciona mayor flexibilidad en el diseño y la disposición del sistema, lo que permite adaptarse a espacios limitados o a condiciones específicas del entorno.

Las curvas en forma de S se encuentran disponibles en diversos materiales, como PVC, acero inoxidable, cobre, entre otros, para satisfacer las demandas de diversas aplicaciones y tipos de fluidos. La elección del material adecuado asegura durabilidad y resistencia a la corrosión, elementos esenciales para la vida útil del sistema. Al igual que con cualquier componente de tubería, la instalación precisa de las curvas en forma de S es esencial para garantizar un flujo continuo y sin restricciones en el sistema.

Figura 31 Forma "S"



Fuente: Direct Industry (2022)

Marca: Hidrotubos /Tigre

Medidas: ½, ¾ y 1 pulgada

4.1.3 Accesorio tipo curva en forma de "U"

Un "accesorio tipo curva en forma de U" es una pieza utilizada en sistemas de tuberías y conductos para crear una curva que adopta la configuración de la letra "U". Estas curvas en forma de U son esenciales para facilitar cambios de dirección en el flujo de líquidos o gases en un plano horizontal, donde el flujo primero desciende y luego asciende nuevamente. Este tipo de accesorio tiene una amplia aplicación en diversos contextos, como sistemas de desagüe y alcantarillado, así como en entornos

industriales y comerciales donde se requiere el transporte de líquidos o gases desde un nivel inferior hasta un nivel superior, y viceversa. La forma en U de la curva posibilita que el fluido fluya descendiendo por un lado, pase a través de la parte inferior y luego ascienda por el otro lado de la curva.

La utilidad principal de las curvas en forma de U radica en su capacidad para permitir cambios de elevación en el flujo, evitando así la necesidad de incorporar bombas adicionales para elevar el fluido en determinadas circunstancias. Estas curvas también se utilizan en conjunto con otros componentes de tuberías para establecer sistemas de plomería eficientes y funcionales. La elección del material y el tamaño apropiados para las curvas en forma de U es esencial para garantizar su durabilidad y su capacidad para manejar los fluidos específicos que se transportarán a través del sistema.

Los accesorios tipo curva en forma de U son elementos cruciales en sistemas de tuberías y conductos, ya que facilitan los cambios de dirección en el flujo de fluidos en un plano horizontal. Su correcto diseño y utilización son esenciales para asegurar el funcionamiento efectivo y sin complicaciones de sistemas de desagüe, alcantarillado y otras aplicaciones que implican el transporte de líquidos o gases entre diferentes niveles.

Figura 32 Forma “U”



Fuente: Amoy Brand (2020)

Marca: Hidrotubos /Tigre

Medidas: ½, ¾ y 1 pulgada

4.1.4 Precio de accesorios tipo curvas encontrados en el mercado

Se realizó una tabla comparativa para visibilizar las diferencias de precios de las marcas Hidrotubos y Tigre.

Tabla 7 Tabla Comparativa de Precios

Medidas	Accesorios de 90°		Accesorio en forma "S"		Accesorio en forma "U"	
	Hidrotubos	Tigre	Hidrotubos	Tigre	Hidrotubos	Tigre
1/2 pulgadas	\$0.60	\$0.65	\$1.30	\$1.40	\$1.25	\$1.30
3/4 pulgadas	\$0.85	\$0.90	\$1.60	\$1.65	\$1.45	\$1.50
1 pulgada	\$0.90	\$0.95	\$1.95	\$2.00	\$1.75	\$1.85

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.1.5 Precio del prototipo

A continuación se procede a detallar los precios de todos los implementos utilizados para la elaboración del prototipo final.

Tabla 8 Costos de los Prototipos en General

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. FINAL
Tubería PVC 1/2"	ml	1	5,68	5,68
Tubería PVC 3/4"	ml	1	14,49	14,49
Tubería PVC 1"	ml	1	18,43	18,43
Curva 90° 1"	U	1	5,68	5,68
Curva 90° 1/2"	U	1	2,09	2,09
Curva 90° 3/4"	U	1	2,54	2,54
Curva de Paso 1"	U	1	5,72	5,72
Curva de Paso 1/2"	U	1	1,24	1,24
Curva de Paso 3/4"	U	1	1,44	1,44
Codo 90° 1/2"	U	3	1,65	4,95
Unión 1"	U	2	0,36	0,72
Unión 1/2"	U	2	0,52	1,04
Unión 3/4"	U	2	0,75	1,50
Medidor de Agua	U	2	35,00	70,00
Manómetro	U	2	4,60	9,20
Reductor 1/2" a 1/4"	U	2	0,83	1,66
Reductor de 3/4" a 1/2"	U	2	0,54	1,08
Reductor de 1" a 1/2"	U	2	0,65	1,30
Cinta Teflón	U	2	1,54	3,08
			TOTAL	\$151,84

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.1.6 Participación de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción

La universidad desempeñó un papel fundamental en el desarrollo del proyecto sobre la modelación analítica de accesorios tipo curva para el flujo en tuberías a presión. A través de una variedad de recursos y apoyos, la institución proporcionó el entorno necesario para poder llevar a cabo una investigación exhaustiva y lograr resultados significativos en el área de estudio. Como asesoramiento académico, acceso a recursos y biblioteca, facilidades de laboratorio como la utilización de un banco hidráulico existente, realizado por antiguos estudiantes.

4.1.7 Costo Referencial Total

Para calcular el costo referencial total se toma en cuenta el aporte de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. A demás se añade el costo del prototipo general.

Tabla 9 Costo Referencial Total

COSTO REFERENCIAL TOTAL	
Costo de Prototipo	\$151,84
Aporte FIIC	\$30,00
Total	\$181,84

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2 Presentación y análisis de resultados

Para obtener la presentación y análisis de resultados implica transformar información cruda en una forma comprensible y visualmente atractiva, con el propósito de responder a las preguntas de investigación, evaluar hipótesis y contribuir al cuerpo de conocimiento existente en un campo específico. Este proceso no solo implica mostrar los datos, sino también interpretarlos en función de la teoría, la metodología y el contexto en el que se llevó a cabo la investigación.

4.2.1 Registros de Medidor

Para obtener los registros del medidor se realizó 3 lecturas para validar la información. Cabe recalcar que se tomaron volúmenes iguales pero se generan en tiempos diferentes.

4.2.1.1 Registro Accesorios Marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada

4.2.1.1.1 Primer Registro

Tabla 10 Accesorio Tipo "U" de 1 Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	7886	7884	3,5	0,0035
Una Vuelta	7890	7886	4	0,004
Vuelta Y Media	7895	7890	5	0,005
Dos Vueltas	7903	7898	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	7908	7903	5	0,005
Tres Vueltas	7912	7907	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 11 Accesorio Tipo "S" de 1 Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	7886	7884	3,5	0,0035
Una Vuelta	7890	7886	4	0,004
Vuelta Y Media	7895	7890	5	0,005
Dos Vueltas	7903	7898	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	7908	7903	5	0,005
Tres Vueltas	7912	7907	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 12 Accesorio Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8120	8119	3,5	0,0035
Una Vuelta	8124	8120	4	0,004
Vuelta Y Media	8129	8124	5	0,005
Dos Vueltas	8134	8129	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8139	8134	5	0,005
Tres Vueltas	8145	8139	6	0,006

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 13 Accesorio Tipo Curva 90° de 1 Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8146	8145	2,5	0,0025
Una Vuelta	8149	8146	3	0,003
Vuelta Y Media	8152	8149	3	0,003
Dos Vueltas	8156	8152	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8160	8156	4	0,004
Tres Vueltas	8164	8160	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.1.2 Segundo Registro

Tabla 14 Accesorio Tipo "U" de 1 Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8186	8182,5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8190	8186	4	0,004
Vuelta Y Media	8195	8190	5	0,005
Dos Vueltas	8200	8195	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8205	8200	5	0,005
Tres Vueltas	8210	8205	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 15 Accesorio Tipo "S" de 1 Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8213,5	8210	3,5	0,0035
Una Vuelta	8117,5	8213,5	4	0,004
Vuelta Y Media	8222,5	8217,5	5	0,005
Dos Vueltas	8227,5	8222,5	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8232,5	8227,5	5	0,005
Tres Vueltas	8237,5	8232,5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)**Tabla 16 Accesorio Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada (Segundo Registro)**

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8241	8237,5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8245	8241	4	0,004
Vuelta Y Media	8250	8245	5	0,005
Dos Vueltas	8255	8250	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8260	8255	5	0,005
Tres Vueltas	8266	8260	6	0,006

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)**Tabla 17 Accesorio Tipo Curva 90° de 1 Pulgada (Segundo Registro)**

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8268,5	8266	2,5	0,0025
Una Vuelta	8271,5	8268,5	3	0,003
Vuelta Y Media	8274,5	8271,5	3	0,003
Dos Vueltas	8278,5	8274,5	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8282,5	8278,5	4	0,004
Tres Vueltas	8286,5	8282,5	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.1.3 Tercer Registro

Tabla 18 Accesorio Tipo “U” de 1 Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8290	8286.5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8294	8290	4	0,004
Vuelta Y Media	82999	8294	5	0,005
Dos Vueltas	8304	8299	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8309	8304	5	0,005
Tres Vueltas	8314	8309	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 19 Accesorio Tipo “S” de 1 Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8317,5	8314	3,5	0,0035
Una Vuelta	8321,5	8317,5	4	0,004
Vuelta Y Media	8326,5	8321,5	5	0,005
Dos Vueltas	8331,5	8326,5	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8336,5	8331,5	5	0,005
Tres Vueltas	8341,5	8336,5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 20 Accesorio Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8345	8341,5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8349	8345	4	0,004
Vuelta Y Media	8354	8349	5	0,005
Dos Vueltas	8359	8354	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8364	8359	5	0,005
Tres Vueltas	8370	8364	6	0,006

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 21 Accesorio Tipo Curva 90° de 1 Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8372,5	8370	2,5	0,0025
Una Vuelta	8375,5	8372,5	3	0,003
Vuelta Y Media	8378,5	8375,5	3	0,003
Dos Vueltas	8382,5	8378,5	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8386,5	8382,5	4	0,004
Tres Vueltas	8390,5	8386,5	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.2 Registro Accesorios Marca HIDROTUBOS de ¾ Pulgada

4.2.1.2.1 Primer Registro

Tabla 22 Accesorio Tipo “U” de ¾ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8381,5	8378	3,5	0,0035
Una Vuelta	8385,5	8381,5	4	0,004
Vuelta Y Media	8389,5	8385,5	4	0,004
Dos Vueltas	8393,5	8389,5	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8397,5	8393,5	4	0,004
Tres Vueltas	8401,5	8397,5	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 23 Accesorio Tipo “S” de ¾ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8405	8401,5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8410	8405	5	0,005
Vuelta Y Media	8415	8410	5	0,005
Dos Vueltas	8420	8415	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8425	8420	5	0,005
Tres Vueltas	8430	8425	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 24 Accesorio Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8434,5	8430	4,5	0,0045
Una Vuelta	8439,5	8434,5	5	0,005
Vuelta Y Media	8444,5	8439,5	5	0,005
Dos Vueltas	8449,5	8444,5	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8454,5	8449,5	5	0,005
Tres Vueltas	8459,5	8454,5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)**Tabla 25 Accesorio Tipo Curva 90° de ¾ Pulgada (Primer Registro)**

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8463	8459,5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8467	8463	4	0,004
Vuelta Y Media	8471	8467	4	0,004
Dos Vueltas	8475	8471	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8479	8475	4	0,004
Tres Vueltas	8483	8479	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.2.2 Segundo Registro

Tabla 26 Accesorio Tipo "U" de ¾ Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8486,5	8483	3,5	0,0035
Una Vuelta	8490,5	8486,5	4	0,004
Vuelta Y Media	8494,5	8490,5	4	0,004
Dos Vueltas	8498,5	8494,5	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8502,5	8498,5	4	0,004
Tres Vueltas	8506,5	8502,5	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 27 Accesorio Tipo "S" de ¾ Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8510	8506,5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8515	8510	5	0,005
Vuelta Y Media	8520	8515	5	0,005
Dos Vueltas	8525	8520	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8530	8525	5	0,005
Tres Vueltas	8535	8530	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)**Tabla 28 Accesorio Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada (Segundo Registro)**

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8539,5	8535	4,5	0,0045
Una Vuelta	8544,5	8539,5	5	0,005
Vuelta Y Media	8549,5	8544,5	5	0,005
Dos Vueltas	8554,5	8549,5	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8559,5	8554,5	5	0,005
Tres Vueltas	8564,5	8559,5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)**Tabla 29 Accesorio Tipo Curva 90° de ¾ Pulgada (Segundo Registro)**

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8568	8564,5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8572	8568	4	0,004
Vuelta Y Media	8576	8572	4	0,004
Dos Vueltas	8580	8576	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8584	8580	4	0,004
Tres Vueltas	8588	8584	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.2.3 Tercer Registro

Tabla 30 Accesorio Tipo "U" de ¾ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8591,5	8588	3,5	0,0035
Una Vuelta	8595,5	8591,5	4	0,004
Vuelta Y Media	8599,5	8595,5	4	0,004
Dos Vueltas	8603,5	8599,5	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8607,5	8603,5	4	0,004
Tres Vueltas	8611,5	8607,5	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 31 Accesorio Tipo "S" de ¾ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8615	8611,5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8620	8615	5	0,005
Vuelta Y Media	8625	8620	5	0,005
Dos Vueltas	8630	8625	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8635	8630	5	0,005
Tres Vueltas	8640	8635	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 32 Accesorio Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8644,5	8640	4,5	0,0045
Una Vuelta	8649,5	8644,5	5	0,005
Vuelta Y Media	8654,5	8649,5	5	0,005
Dos Vueltas	8659,5	8654,5	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8664,5	8659,5	5	0,005
Tres Vueltas	8669,5	8664,5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 33 Accesorio Tipo Curva 90° de ¾ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8673	8669,5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8677	8673	4	0,004
Vuelta Y Media	8681	8677	4	0,004
Dos Vueltas	8685	8681	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8689	8685	4	0,004
Tres Vueltas	8693	8689	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.3 Registro Accesorios Marca HIDROTUBOS de ½ Pulgada

4.2.1.3.1 Primer Registro

Tabla 34 Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8667.5	8665	2,5	0,0025
Una Vuelta	8670.5	8667.5	3	0,003
Vuelta Y Media	8674.5	8670.5	4	0,004
Dos Vueltas	8678.5	8674.5	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8682.5	8678.5	4	0,004
Tres Vueltas	8687.5	8682.5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 35 Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8690	8687,5	2,5	0,0025
Una Vuelta	8693	8690	3	0,003
Vuelta Y Media	8697	8693	4	0,004
Dos Vueltas	8702	8697	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8707	8702	5	0,005
Tres Vueltas	8712	8707	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 36 Accesorio Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8715,5	8712	3,5	0,0035
Una Vuelta	8719,5	8715.5	4	0,004
Vuelta Y Media	8724,5	8719.5	5	0,005
Dos Vueltas	8729,5	8724.5	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8734,5	8729.5	5	0,005
Tres Vueltas	8739,5	8734.5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 37 Accesorio Tipo Curva 90° de ½ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8743	8739,5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8747	8743	4	0,004
Vuelta Y Media	8751	8747	4	0,004
Dos Vueltas	8755	8751	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8759	8755	4	0,004
Tres Vueltas	8764	8759	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.3.2 Segundo Registro

Tabla 38 Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8766,5	8764	2,5	0,0025
Una Vuelta	8769,5	8766,5	3	0,003
Vuelta Y Media	8773,5	8769,5	4	0,004
Dos Vueltas	8777,5	8773,5	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8781,5	8777,5	4	0,004
Tres Vueltas	8786,5	8781,5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 39 Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8789	8786,5	2,5	0,0025
Una Vuelta	8792	8789	3	0,003
Vuelta Y Media	8796	8792	4	0,004
Dos Vueltas	8801	8796	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8806	8801	5	0,005
Tres Vueltas	8811	8806	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 40 Accesorio Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8814,5	8811	3,5	0,0035
Una Vuelta	8818,5	8814,5	4	0,004
Vuelta Y Media	8823,5	8818,5	5	0,005
Dos Vueltas	8828,5	8823,5	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8833,5	8828,5	5	0,005
Tres Vueltas	8838,5	8833,5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 41 Accesorio Tipo Curva 90° de ½ Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8842	8838,5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8846	8842	4	0,004
Vuelta Y Media	8850	8846	4	0,004
Dos Vueltas	8854	8850	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8858	8854	4	0,004
Tres Vueltas	8863	8858	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.3.3 Tercer Registro

Tabla 42 Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8865,5	8863	2,5	0,0025
Una Vuelta	8868,5	8865,5	3	0,003
Vuelta Y Media	8872,5	8868,5	4	0,004
Dos Vueltas	8876,5	8872,5	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8880,5	8876,5	4	0,004
Tres Vueltas	8885,5	8880,5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 43 Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8888	8885,5	2,5	0,0025
Una Vuelta	8891	8888	3	0,003
Vuelta Y Media	8895	8891	4	0,004
Dos Vueltas	8900	8895	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8905	8900	5	0,005
Tres Vueltas	8910	8905	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 44 Accesorio Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura _{final}	Lectura _{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8913,5	8910	3,5	0,0035
Una Vuelta	8917,5	8913,5	4	0,004
Vuelta Y Media	8922,5	8917,5	5	0,005
Dos Vueltas	8927,5	8922,5	5	0,005
Dos Vueltas Y Media	8932,5	8927,5	5	0,005
Tres Vueltas	8937,5	8932,5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 45 Accesorio Tipo Curva 90° de ½ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	<i>Lectura_{final}</i>	<i>Lectura_{inicial}</i>	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8941	8937,5	3,5	0,0035
Una Vuelta	8945	8941	4	0,004
Vuelta Y Media	8949	8945	4	0,004
Dos Vueltas	8953	8949	4	0,004
Dos Vueltas Y Media	8957	8953	4	0,004
Tres Vueltas	8962	8957	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.4 Registro Accesorios Marca TIGRE de 1 Pulgada

4.2.1.4.1 Primer Registro

Tabla 46 Accesorio Tipo “U” de 1 Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	<i>Lectura_{final}</i>	<i>Lectura_{inicial}</i>	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8949,5	8947	2,5	0,0025
Una Vuelta	8953,5	8949,5	4	0,004
Vuelta Y Media	8957,5	8953,5	4	0,004
Dos Vueltas	8962	8957,5	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8967	8962	5	0,005
Tres Vueltas	8972	8967	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 47 Accesorio Tipo “S” de 1 Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	<i>Lectura_{final}</i>	<i>Lectura_{inicial}</i>	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8974	8972	2	0,002
Una Vuelta	8978	8974	4	0,004
Vuelta Y Media	8982	8978	4	0,004
Dos Vueltas	8986,5	8982	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8991	8986,5	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8996,5	8991	5,5	0,0055

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 48 Accesorio Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	$Lectura_{final}$	$Lectura_{inicial}$	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8999,5	8996,5	3	0,003
Una Vuelta	9003	8999,5	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	9007,5	9003	4,5	0,0045
Dos Vueltas	9012	9007,5	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	9016,5	9012	4,5	0,0045
Tres Vueltas	9022	9016,5	5,5	0,0055

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 49 Accesorio Tipo Curva 90° de 1 Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	$Lectura_{final}$	$Lectura_{inicial}$	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	9024	9022	2	0,002
Una Vuelta	9026,5	9024	2,5	0,0025
Vuelta Y Media	9029	9026,5	2,5	0,0025
Dos Vueltas	9032,5	9029	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	9036	9032,5	3,5	0,0035
Tres Vueltas	9040	9036	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.4.2 Segundo Registro

Tabla 50 Accesorio Tipo "U" de 1 Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	$Lectura_{final}$	$Lectura_{inicial}$	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8186	9040	2,5	0,0025
Una Vuelta	8190	8186	4	0,004
Vuelta Y Media	8194	8190	4	0,004
Dos Vueltas	8198,5	8194	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8203,5	8198,5	5	0,005
Tres Vueltas	8208,5	8203,5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 51 Accesorio Tipo “S” de 1 Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8210,5	8208,5	2	0,002
Una Vuelta	8214,5	8210,5	4	0,004
Vuelta Y Media	8218,5	8214,5	4	0,004
Dos Vueltas	8223	8218,5	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8227,5	8223	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8233	8227,5	5,5	0,0055

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)**Tabla 52 Accesorio Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada (Segundo Registro)**

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8236	8233	3	0,003
Una Vuelta	8239,5	8236	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8244	8239,5	4,5	0,0045
Dos Vueltas	8248,5	8244	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8253	8248,5	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8258,5	8253	5,5	0,0055

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)**Tabla 53 Accesorio Tipo Curva 90° de 1 Pulgada (Segundo Registro)**

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8260,5	8258,5	2	0,002
Una Vuelta	8263	8260,5	2,5	0,0025
Vuelta Y Media	8265,5	8263	2,5	0,0025
Dos Vueltas	8269	8265,5	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8272,5	8269	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8276,5	8272,5	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.4.3 Tercer Registro

Tabla 54 Accesorio Tipo “U” de 1 Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	<i>Lectura</i>_{final}	<i>Lectura</i>_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8279	8276,5	2,5	0,0025
Una Vuelta	8283	8279	4	0,004
Vuelta Y Media	8287	8283	4	0,004
Dos Vueltas	8291,5	8287	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8296,5	8291,5	5	0,005
Tres Vueltas	8301,5	8296,5	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 55 Accesorio Tipo “S” de 1 Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	<i>Lectura</i>_{final}	<i>Lectura</i>_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8303,5	8301,5	2	0,002
Una Vuelta	8307,5	8303,5	4	0,004
Vuelta Y Media	8311,5	8307,5	4	0,004
Dos Vueltas	8316	8311,5	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8320,5	8316	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8326	8320,5	5,5	0,0055

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 56 Accesorio Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	<i>Lectura</i>_{final}	<i>Lectura</i>_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8329	8326	3	0,003
Una Vuelta	8332,5	8329	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8337	8332,5	4,5	0,0045
Dos Vueltas	8341,5	8337	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8346	8341,5	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8351,5	8346	5,5	0,0055

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 57 Accesorio Tipo Curva 90° de 1 Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8353,5	8351,5	2	0,002
Una Vuelta	8356	8353,5	2,5	0,0025
Vuelta Y Media	8358,5	8356	2,5	0,0025
Dos Vueltas	8362	8358,5	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8365,5	8362	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8369,5	8365,5	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.5 Registro Accesorios Marca TIGRE de $\frac{3}{4}$ Pulgada

4.2.1.5.1 Primer Registro

Tabla 58 Accesorio Tipo “U” de $\frac{3}{4}$ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8463,2	8461,2	2	0,002
Una Vuelta	8466,7	8463,2	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8470,2	8466,7	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8473,7	8470,2	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8477,2	8473,7	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8481,2	8477,2	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 59 Accesorio Tipo “S” de $\frac{3}{4}$ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8484,2	8481,2	3	0,003
Una Vuelta	8487,7	8484,2	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8492,2	8487,7	4,5	0,0045
Dos Vueltas	8496,7	8492,2	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8501,2	8496,7	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8506,2	8501,2	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 60 Accesorio Tipo de Paso de ¾ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	<i>Lectura_{final}</i>	<i>Lectura_{inicial}</i>	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8509,4	8506,2	3,2	0,0032
Una Vuelta	8513,9	8509,4	4,5	0,0045
Vuelta Y Media	8518,4	8513,9	4,5	0,0045
Dos Vueltas	8522,9	8518,4	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8527,4	8522,9	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8532,4	8527,4	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 61 Accesorio Tipo Curva 90° de ¾ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	<i>Lectura_{final}</i>	<i>Lectura_{inicial}</i>	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8534,9	8532,4	2,5	0,0025
Una Vuelta	8538,4	8534,9	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8541,9	8538,4	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8545,4	8541,9	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8548,9	8545,4	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8552,9	8548,9	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.5.2 Segundo Registro

Tabla 62 Accesorio Tipo “U” de ¾ Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	<i>Lectura_{final}</i>	<i>Lectura_{inicial}</i>	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8462,7	8460,7	2	0,002
Una Vuelta	8466,2	8462,7	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8469,7	8466,2	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8473,2	8469,7	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8476,7	8473,2	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8480,7	8476,7	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 63 Accesorio Tipo “S” de ¾ Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8483,7	8480,7	3	0,003
Una Vuelta	8487,2	8483,7	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8491,7	8487,2	4,5	0,0045
Dos Vueltas	8496,2	8491,7	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8500,7	8496,2	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8505,7	8500,7	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 64 Accesorio Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8508,9	8505,7	3,2	0,0032
Una Vuelta	8513,4	8508,9	4,5	0,0045
Vuelta Y Media	8517,9	8513,4	4,5	0,0045
Dos Vueltas	8522,4	8517,9	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8526,9	8522,4	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8531,9	8526,9	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 65 Accesorio Tipo Curva 90° de ¾ Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8534,4	8531,9	2,5	0,0025
Una Vuelta	8537,9	8534,4	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8541,4	8537,9	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8544,9	8541,4	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8548,4	8544,9	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8552,4	8548,4	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.5.3 Tercer Registro

Tabla 66 Accesorio Tipo “U” de ¾ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8554,4	8552,4	2	0,002
Una Vuelta	8557,9	8554,4	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8561,4	8557,9	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8564,9	8561,4	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8568,4	8564,9	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8572,4	8568,4	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 67 Accesorio Tipo “S” de ¾ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8575,4	8572,4	3	0,003
Una Vuelta	8578,9	8575,4	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8583,4	8578,9	4,5	0,0045
Dos Vueltas	8587,9	8583,4	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8592,4	8587,9	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8597,4	8592,4	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 68 Accesorio Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8600,6	8597,4	3,2	0,0032
Una Vuelta	8605,1	8600,6	4,5	0,0045
Vuelta Y Media	8609,6	8605,1	4,5	0,0045
Dos Vueltas	8614,1	8609,6	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8618,6	8614,1	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8623,6	8618,6	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 69 Accesorio Tipo Curva 90° de ¾ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8626,1	8623,6	2,5	0,0025
Una Vuelta	8629,6	8626,1	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8633,1	8629,6	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8636,6	8633,1	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8640,1	8636,6	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8644,1	8640,1	4	0,004

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.6 Registro Accesorios Marca TIGRE de ½ Pulgada

4.2.1.6.1 Primer Registro

Tabla 70 Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8646,1	8644,1	2	0,002
Una Vuelta	8648,6	8646,1	2,5	0,0025
Vuelta Y Media	8652,1	8648,6	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8655,6	8652,1	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8659,1	8655,6	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8663,6	8659,1	4,5	0,0045

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 71 Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8665,6	8663,6	2	0,002
Una Vuelta	8668,1	8665,6	2,5	0,0025
Vuelta Y Media	8671,6	8668,1	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8676,1	8671,6	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8680,6	8676,1	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8685,1	8680,6	4,5	0,0045

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 72 Accesorio Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8688,1	8685,1	3	0,003
Una Vuelta	8691,6	8688,1	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8696,1	8691,6	4,5	0,0045
Dos Vueltas	8700,6	8696,1	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8705,1	8700,6	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8710,1	8705,1	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 73 Accesorio Tipo Curva 90° de ½ Pulgada (Primer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8712,6	8710,1	2,5	0,0025
Una Vuelta	8716,1	8712,6	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8719,6	8716,1	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8723,1	8719,6	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8726,6	8723,1	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8731,1	8726,6	4,5	0,0045

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.6.2 Segundo Registro

Tabla 74 Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8733,1	8731,1	2	0,002
Una Vuelta	8735,6	8733,1	2,5	0,0025
Vuelta Y Media	8739,1	8735,6	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8742,6	8739,1	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8746,1	8742,6	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8750,6	8746,1	4,5	0,0045

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 75 Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada (Segundo Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	$Lectura_{final}$	$Lectura_{inicial}$	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8752,6	8750,6	2	0,002
Una Vuelta	8755,1	8752,6	2,5	0,0025
Vuelta Y Media	8758,6	8755,1	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8763,1	8758,6	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8767,6	8763,1	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8772,1	8767,6	4,5	0,0045

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)**Tabla 76 Accesorio Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada (Segundo Registro)**

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	$Lectura_{final}$	$Lectura_{inicial}$	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8775,1	8772,1	3	0,003
Una Vuelta	8778,6	8775,1	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8783,1	8778,6	4,5	0,0045
Dos Vueltas	8787,6	8783,1	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8792,1	8787,6	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8797,1	8792,1	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)**Tabla 77 Accesorio Tipo Curva 90° de ½ Pulgada (Segundo Registro)**

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	$Lectura_{final}$	$Lectura_{inicial}$	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8799,6	8797,1	2,5	0,0025
Una Vuelta	8803,1	8799,6	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8806,6	8803,1	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8810,1	8806,6	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8813,6	8810,1	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8818,1	8813,6	4,5	0,0045

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.1.6.3 Tercer Registro

Tabla 78 Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8820,1	8818,1	2	0,002
Una Vuelta	8822,6	8820,1	2,5	0,0025
Vuelta Y Media	8826,1	8822,6	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8829,6	8826,1	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8833,1	8829,6	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8837,6	8833,1	4,5	0,0045

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 79 Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8839,6	8837,6	2	0,002
Una Vuelta	8842,1	8839,6	2,5	0,0025
Vuelta Y Media	8845,6	8842,1	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8850,1	8845,6	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8854,6	8850,1	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8859,1	8854,6	4,5	0,0045

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 80 Accesorio Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m^3				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m^3)
Media Vuelta	8862,1	8859,1	3	0,003
Una Vuelta	8865,6	8862,1	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8870,1	8865,6	4,5	0,0045
Dos Vueltas	8874,6	8870,1	4,5	0,0045
Dos Vueltas Y Media	8879,1	8874,6	4,5	0,0045
Tres Vueltas	8884,1	8879,1	5	0,005

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 81 Accesorio Tipo Curva 90° de ½ Pulgada (Tercer Registro)

VOLUMEN EN LITROS DEL MEDIDOR CONVERTIDO A m³				
Válvula de Control	Lectura_{final}	Lectura_{inicial}	v (litros)	v (m³)
Media Vuelta	8886,6	8884,1	2,5	0,0025
Una Vuelta	8890,1	8886,6	3,5	0,0035
Vuelta Y Media	8893,6	8890,1	3,5	0,0035
Dos Vueltas	8897,1	8893,6	3,5	0,0035
Dos Vueltas Y Media	8900,6	8897,1	3,5	0,0035
Tres Vueltas	8905,1	8900,6	4,5	0,0045

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.2 Caudal

4.2.2.1 Cálculo Caudal Marca HIDROTUBOS

4.2.2.1.1 Cálculo Caudal Marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada

Tabla 82 Caudal marca HIDROTUBO Accesorios de 1 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Volumen (m³)	Tiempo (s)	Caudal (m³/s)	Volumen (m³)	Tiempo (s)	Caudal (m³/s)
0,0035	20,6	0,00016990	0,0035	21,5	0,00016279
0,004	20,1	0,00019900	0,004	21,2	0,00018868
0,005	19,9	0,00025126	0,005	20,6	0,00024272
0,005	19,9	0,00025126	0,005	20,1	0,00024876
0,005	19,8	0,00025253	0,005	19,9	0,00025126
0,005	18,3	0,00027322	0,005	18,4	0,00027174

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 83 Caudal marca HIDROTUBO Accesorios de 1 Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Volumen (m³)	Tiempo (s)	Caudal (m³/s)	Volumen (m³)	Tiempo (s)	Caudal (m³/s)
0,0035	21,5	0,00016279	0,0025	21,5	0,00011628
0,004	21,2	0,00018868	0,003	21,2	0,00014151
0,005	20,6	0,00024272	0,003	20,6	0,00014563
0,005	20,1	0,00024876	0,004	20,1	0,00019900
0,005	20	0,00025000	0,004	20	0,00020000
0,006	19,9	0,00030151	0,004	19,9	0,00020101

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.3.1.2 Cálculo Caudal Marca HIDROTUBOS de 3/4 pulgada

Tabla 84 Caudal marca HIDROTUBO Accesorios de 3/4 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
0,0035	21,5	0,00016279	0,0035	21,4	0,00016355
0,005	21,2	0,00023585	0,004	21,1	0,00018957
0,005	20,6	0,00024272	0,004	20,9	0,00019139
0,005	20,1	0,00024876	0,004	20,6	0,00019417
0,005	19,9	0,00025126	0,004	20,1	0,00019900
0,005	18,4	0,00027174	0,004	19,3	0,00020725

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 85 Caudal marca HIDROTUBO Accesorios de 3/4 Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
0,0045	21,5	0,00020930	0,0035	21,5	0,00016279
0,005	21,2	0,00023585	0,004	21,2	0,00018868
0,005	20,6	0,00024272	0,004	20,6	0,00019417
0,005	20,1	0,00024876	0,004	20,1	0,00019900
0,005	20	0,00025000	0,004	20	0,00020000
0,005	19,9	0,00025126	0,004	19,9	0,00020101

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.3.1.3 Cálculo Caudal Marca HIDROTUBOS de 1/2 pulgada

Tabla 86 Caudal marca HIDROTUBO Accesorios de 1/2 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
0,0025	21,5	0,00011628	0,0025	23,2	0,00010776
0,003	21,4	0,000140187	0,003	21,5	0,000139535
0,004	21,1	0,000189573	0,004	21,2	0,000188679
0,005	20,6	0,000242718	0,004	20,6	0,000194175
0,005	20,1	0,000248756	0,004	20,1	0,00019900
0,005	19,9	0,000251256	0,005	19,9	0,000251256

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 87 Caudal marca HIDROTUBO Accesorios de ½ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
0,0035	21,5	0,00016279	0,0035	21,5	0,00016279
0,004	21,2	0,000188679	0,004	21,2	0,000188679
0,005	20,6	0,000242718	0,004	20,6	0,000194175
0,005	20,1	0,000248756	0,004	20,1	0,00019900
0,005	20	0,00025000	0,004	20	0,00020000
0,005	19,9	0,000251256	0,005	19,9	0,000251256

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.2.2 Cálculo Caudal Marca TIGRE

4.2.2.2.1 Cálculo Caudal Marca TIGRE de 1 Pulgada

Tabla 88 Caudal marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
0,002	18,2	0,00010989	0,0025	18,2	0,00013736
0,004	21,3	0,00018779	0,004	21,3	0,00018779
0,005	21	0,0002381	0,005	21	0,0002381
0,0045	20,4	0,00022059	0,0045	20,4	0,00022059
0,0045	19,9	0,00022613	0,0045	19,9	0,00022613
0,0045	19,7	0,00022843	0,0045	19,7	0,00022843

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 89 Caudal marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
0,003	19,8	0,00015152	0,002	19,8	0,00010101
0,0035	21,3	0,00016432	0,0025	21,3	0,00011737
0,0045	21	0,00021429	0,0025	21	0,00011905
0,0045	20,4	0,00022059	0,0035	20,4	0,00017157
0,0045	19,9	0,00022613	0,0035	19,9	0,00017588
0,0055	19,7	0,00027919	0004	19,7	0,00020305

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.2.2.2 Cálculo Caudal Marca TIGRE de ¾ Pulgada

Tabla 90 Caudal marca TIGRE Accesorios de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
0,003	18,2	0,00016484	0,002	18,1	0,00011050
0,0035	21,3	0,00016432	0,0035	21,2	0,00016509
0,0045	21	0,00021429	0,0035	20,9	0,00016746
0,0045	20,4	0,00022059	0,0035	20,4	0,00017157
0,0045	19,9	0,00022613	0,0035	19,9	0,00017588
0,005	19,7	0,00025381	0,004	19,7	0,00020305

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 91 Caudal marca TIGRE Accesorios de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Volumen (m ³)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (Q)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
0,0032	19,8	0,00016162	0,0025	19,8	0,00012626
0,0045	21,3	0,00021127	0,0035	21,3	0,00016432
0,0045	21	0,00021429	0,0035	21	0,00016667
0,0045	20,4	0,00022059	0,0035	20,4	0,00017157
0,0045	19,9	0,00022613	0,0035	19,9	0,00017588
0,005	19,7	0,00025381	0,004	19,7	0,00020305

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.2.2.3 Caudal Calculado Marca TIGRE de ½ Pulgada

Tabla 92 Caudal marca TIGRE Accesorios de ½ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
0,002	18,2	0,000109890	0,002	18,1	0,000110497
0,0025	21,3	0,000117371	0,0025	21,2	0,000117925
0,0035	21	0,000166667	0,0035	20,9	0,000167464
0,0045	20,4	0,000220588	0,0035	20,4	0,000171569
0,0045	19,9	0,000226131	0,0035	19,9	0,000175879
0,0045	19,7	0,000228426	0,0045	19,7	0,000228426

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 93 Caudal marca TIGRE Accesorios de ½ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
0,003	19,8	0,000151515	0,0025	19,8	0,000126263
0,035	21,3	0,000164319	0,0035	21,3	0,000164319
0,0045	21	0,000214286	0,0035	21	0,000166667
0,0045	20,4	0,000220588	0,0035	20,4	0,000171569
0,0045	19,9	0,000226131	0,0035	19,9	0,000175879
0,005	19,7	0,000253807	0,0045	19,7	0,000228426

Elaborado por: Martínez, I. y Perlaza, H (2023)

4.2.3 Cálculo del Área del Diámetro de las Tuberías Trabajadas

Tabla 94 Área del Diámetro de las Tuberías Usada en el Proyecto

Pulgadas	Metros (m)	$\frac{m}{2}$	Área (m ²)
1	0,0254	0,0127	0,000506451
½	0,0127	0,00635	0,000126613
¾	0,01905	0,009525	0,000284878

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.4 Cálculo de Velocidad

4.2.4.1 Cálculo Velocidad marca HIDROTUBOS

4.2.4.1.1 Cálculo Velocidad marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada

Tabla 95 Velocidad marca HIDROTUBOS Accesorios de 1 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)
0,000169903	0,000506451	0,287552365	0,000162791	0,000506451	0,321434505
0,000199005	0,000506451	0,392940546	0,000188679	0,000506451	0,372552121
0,000251256	0,000506451	0,496112121	0,000242718	0,000506451	0,479253942
0,000251256	0,000506451	0,496112121	0,000248756	0,000506451	0,491175682
0,000252525	0,000506451	0,498617738	0,000251256	0,000506451	0,496112121
0,000273224	0,000506451	0,539488044	0,000271739	0,000506451	0,536556044

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 96 Velocidad marca HIDROTUBOS Accesorios de 1 Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)
0,000162791	0,000506451	0,321434505	0,000116279	0,000506451	0,229596075
0,000188679	0,000506451	0,372552121	0,000141509	0,000506451	0,279414091
0,000242718	0,000506451	0,479253942	0,000145631	0,000506451	0,287552365
0,000248756	0,000506451	0,491175682	0,000149254	0,000506451	0,294705409
0,000250000	0,000506451	0,493631561	0,000200000	0,000506451	0,394905248
0,000301508	0,000506451	0,595334545	0,000226131	0,000506451	0,446500909

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.4.1.2 Cálculo Velocidad marca HIDROTUBOS de ¾ Pulgada

Tabla 97 Velocidad marca HIDROTUBOS Accesorios de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)
0,00016279	0,000284878	0,571439119	0,000163551	0,000284878	0,574109395
0,00023585	0,000284878	0,827893603	0,000189573	0,000284878	0,665453815
0,00024272	0,000284878	0,852007008	0,000191388	0,000284878	0,671821794
0,00024876	0,000284878	0,873201213	0,000194175	0,000284878	0,681605607
0,00025126	0,000284878	0,881977104	0,000199005	0,000284878	0,69856097
0,00027174	0,000284878	0,953877412	0,000207254	0,000284878	0,727516865

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 98 Velocidad marca HIDROTUBOS Accesorios de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)
0,000209302	0,000284878	0,734707439	0,000162791	0,000284878	0,571439119
0,000235849	0,000284878	0,827893603	0,000188679	0,000284878	0,662314882
0,000242718	0,000284878	0,852007008	0,000194175	0,000284878	0,681605607
0,000248756	0,000284878	0,873201213	0,000199005	0,000284878	0,69856097
0,000250000	0,000284878	0,877567219	0,000200000	0,000284878	0,702053775
0,000251256	0,000284878	0,881977104	0,000201005	0,000284878	0,705581683

Elaborado por: Martínez, I. y Perlaza, H (2023)

4.2.4.1.3 Cálculo Velocidad marca HIDROTUBOS de ½ Pulgada

Tabla 99 Velocidad marca HIDROTUBOS Accesorios de ½ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)
0,000116279	0,000126613	0,918384299	0,000107759	0,000126613	0,851088897
0,000140187	0,000126613	1,107210977	0,000139535	0,000126613	1,102061158
0,000189573	0,000126613	1,497271084	0,000188679	0,000126613	1,490208485
0,000242718	0,000126613	1,917015769	0,000194175	0,000126613	1,533612615
0,000248756	0,000126613	1,964702728	0,000199005	0,000126613	1,571762183
0,000251256	0,000126613	1,984448484	0,000251256	0,000126613	1,984448484

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 100 Velocidad marca HIDROTUBOS Accesorios de ½ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Tipo Curva 90°		
Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)
0,000162791	0,000126613	1,285738018	0,000162791	0,000126613	1,285738018
0,000188679	0,000126613	1,490208485	0,000188679	0,000126613	1,490208485
0,000242718	0,000126613	1,917015769	0,000194175	0,000126613	1,533612615
0,000248756	0,000126613	1,964702728	0,000199005	0,000126613	1,571762183
0,000250000	0,000126613	1,974526242	0,000200000	0,000126613	1,579620994
0,000251256	0,000126613	1,984448484	0,000251256	0,000126613	1,984448484

Elaborado por: Martínez, I. y Perlaza, H (2023)

4.2.4.2 Cálculo Velocidad marca TIGRE

4.2.4.2.1 Cálculo Velocidad marca TIGRE de 1 Pulgada

Tabla 101 Velocidad marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)
0,00010989	0,000506451	0,216980906	0,000137363	0,000506451	0,271226132
0,00018779	0,000506451	0,37080305	0,000187793	0,000506451	0,37080305
0,00023810	0,000506451	0,470125296	0,000238095	0,000506451	0,470125296
0,00022059	0,000506451	0,435557259	0,000220588	0,000506451	0,435557259
0,00022613	0,000506451	0,446500909	0,000226131	0,000506451	0,446500909
0,00022843	0,000506451	0,451033913	0,000228426	0,000506451	0,451033913

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 102 Velocidad marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)
0,00015152	0,000506451	0,299170643	0,00010101	0,000506451	0,199447095
0,00016432	0,000506451	0,324452669	0,00011737	0,000506451	0,231751906
0,00021429	0,000506451	0,423112766	0,00011905	0,000506451	0,235062648
0,00022059	0,000506451	0,435557259	0,00017157	0,000506451	0,338766757
0,00022613	0,000506451	0,446500909	0,00017588	0,000506451	0,347278485
0,00027919	0,000506451	0,551263672	0,00020305	0,000506451	0,400919034

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.4.2.2 Cálculo Velocidad marca TIGRE de ¼ Pulgada

Tabla 103 Velocidad marca TIGRE Accesorios de ¼ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)
0,000164835	0,000284878	0,578615749	0,00011050	0,000284878	0,387875014
0,000164319	0,000284878	0,576804745	0,00016509	0,000284878	0,579525522
0,000214286	0,000284878	0,752200473	0,00016746	0,000284878	0,58784407
0,000220588	0,000284878	0,774324016	0,00017157	0,000284878	0,602252013
0,000226131	0,000284878	0,793779394	0,00017588	0,000284878	0,617383973
0,000253807	0,000284878	0,890931186	0,00020305	0,000284878	0,712744949

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 104 Velocidad marca TIGRE Accesorios de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)
0,00016162	0,000284878	0,567316182	0,00012626	0,000284878	0,443215767
0,00021127	0,000284878	0,7416061	0,00016432	0,000284878	0,576804745
0,00021429	0,000284878	0,752200473	0,00016667	0,000284878	0,585044812
0,00022059	0,000284878	0,774324016	0,00017157	0,000284878	0,602252013
0,00022613	0,000284878	0,793779394	0,00017588	0,000284878	0,617383973
0,00025381	0,000284878	0,890931186	0,00020305	0,000284878	0,712744949

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.4.2.3 Cálculo Velocidad marca TIGRE de ½ Pulgada

Tabla 105 Velocidad marca TIGRE Accesorios de ½ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)
0,000109890	0,000126613	0,867923623	0,000110497	0,000126613	0,872718781
0,000117371	0,000126613	0,927007625	0,000117925	0,000126613	0,931380303
0,000166667	0,000126613	1,316350828	0,000167464	0,000126613	1,322649157
0,000220588	0,000126613	1,742229037	0,000171569	0,000126613	1,355067029
0,000226131	0,000126613	1,786003636	0,000175879	0,000126613	1,389113939
0,000228426	0,000126613	1,804135653	0,000228426	0,000126613	1,804135653

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 106 Velocidad marca TIGRE Accesorios de ½ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Área Tubería (m ²)	Velocidad (m/s)
0,000126263	0,000126613	0,997235476	0,000151515	0,000126613	1,196682571
0,000164319	0,000126613	1,297810676	0,000164319	0,000126613	1,297810676
0,000166667	0,000126613	1,316350828	0,000214286	0,000126613	1,692451065
0,000171569	0,000126613	1,355067029	0,000220588	0,000126613	1,742229037
0,000175879	0,000126613	1,389113939	0,000226131	0,000126613	1,786003636
0,000228426	0,000126613	1,804135653	0,000253807	0,000126613	2,00459517

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.5 Diferencia de las Lecturas de Medidor de Presión

4.2.5.1 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS

4.2.5.1.1 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de 1 Pulgada

Tabla 107 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de 1 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Presión ₁ (psi)	Presión ₂ (psi)	Δ Presión (psi)	Presión ₁ (psi)	Presión ₂ (psi)	Δ Presión (psi)
4	3,82	0,18	2,9	2,69	0,21
15,5	15,28	0,22	12,3	12,06	0,24
16,9	16,62	0,28	14,4	14,16	0,24
16,4	16,17	0,23	14,5	14,14	0,36
16,2	15,93	0,27	14,6	14,34	0,26
16,7	16,52	0,18	14,7	14,48	0,22

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 108 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de 1 Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)	<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)
3,1	2,95	0,15	3,1	2,90	0,20
13,4	13,23	0,17	7,7	7,50	0,20
14,5	14,31	0,19	13,1	12,94	0,16
14,6	14,43	0,17	13,9	13,75	0,15
14,9	14,74	0,16	14,7	14,51	0,19
16,3	16,12	0,18	14,9	14,73	0,17

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.5.1.2 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de ¾ Pulgada

Tabla 109 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)	<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)
3,3	3,17	0,13	2,1	1,96	0,14
16,5	16,23	0,27	11,3	11,04	0,26
16,7	16,41	0,29	11,5	11,23	0,27
16,2	15,84	0,36	13,8	13,46	0,34
16,9	16,52	0,38	13,7	13,34	0,36
16,2	15,97	0,23	14,2	13,82	0,38

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 110 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)	<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)
3,3	3,15	0,15	3,7	3,64	0,06
11	10,73	0,27	12,9	12,64	0,26
12,2	11,91	0,29	13,8	13,53	0,27
12,9	12,54	0,36	14	13,66	0,34
13,9	13,52	0,38	14,9	14,54	0,36
16,8	16,49	0,31	14,5	14,21	0,29

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.5.1.3 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de ½ Pulgada

Tabla 111 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de ½ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)	<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)
4,4	4,12	0,28	3,6	3,33	0,27
11,2	10,78	0,42	6,7	6,41	0,29
13,6	13,06	0,54	10,5	10,07	0,43
17,4	16,95	0,45	14,2	13,65	0,55
17,2	16,92	0,28	14,7	14,27	0,43
16,7	16,43	0,27	14,6	14,33	0,27

Elaborado por: Martínez, I. y Perlaza, H (2023)

Tabla 112 Diferencia de Presión marca HIDROTUBOS Accesorios de ½ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)	<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)
6,2	5,84	0,36	3,1	2,74	0,36
15,8	15,39	0,41	12,8	12,53	0,27
16,4	15,66	0,74	13,6	13,25	0,35
16,1	15,42	0,68	14,8	14,40	0,40
16,4	15,93	0,47	15,3	14,87	0,43
17,2	16,83	0,37	16,7	16,23	0,47

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.5.2 Diferencia de presión de la marca TIGRE

4.2.5.2.1 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada

Tabla 113 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)	<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)
6,5	6,31	0,19	6,1	5,91	0,19
18,4	18,15	0,25	14,8	14,55	0,25
20,9	20,65	0,25	18,4	18,15	0,25
20,4	20,10	0,30	18,3	17,95	0,35
20,2	19,90	0,30	18,1	17,80	0,30
20,7	20,57	0,13	18,2	18,02	0,18

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 114 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de 1 Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)	<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)
3,1	2,87	0,23	3,1	2,87	0,23
13,4	13,22	0,18	7,7	7,53	0,17
14,5	14,29	0,21	13,3	13,10	0,20
14,6	14,45	0,15	13,9	13,75	0,15
14,9	14,76	0,14	14,9	14,76	0,14
16,3	16,12	0,18	14,9	14,73	0,17

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.5.2.2 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de ¾ Pulgada

Tabla 115 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)	<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)
3.5	3,36	0,14	2.8	2,68	0,12
15.5	15,36	0,14	11.3	11,09	0,21
16.9	16,66	0,24	11.7	11,48	0,22
16.2	15,89	0,31	13.8	13,51	0,29
17.1	16,82	0,28	13.9	13,58	0,32
16.2	15,89	0,31	14.2	13,98	0,22

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 116 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)	<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)
3.5	3,37	0,13	3.9	3,77	0,13
11	10,78	0,22	12.9	12,69	0,21
12.5	12,26	0,24	14	13,78	0,22
12.9	12,59	0,31	14	13,71	0,29
14.1	13,77	0,33	15.1	14,79	0,31
16.8	16,52	0,28	14.5	14,24	0,26

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.5.2.3 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de ½ Pulgada

Tabla 117 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de ½ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)	<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)
4.6	4,35	0,25	3.8	3,55	0,25
12.2	11,90	0,30	6.7	6,42	0,28
13.8	13,29	0,51	10.7	10,27	0,43
17.4	16,95	0,45	14.2	13,67	0,53
17.4	17,16	0,24	14.9	14,58	0,32
16.7	16,47	0,23	14.6	14,27	0,33

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 118 Diferencia de Presión marca TIGRE Accesorios de ½ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)	<i>Presión₁</i> (psi)	<i>Presión₂</i> (psi)	Δ <i>Presión</i> (psi)
6.2	5,78	0,42	3.1	2,67	0,43
16	15,61	0,39	13	12,57	0,43
16.4	15,77	0,63	13.6	13,09	0,51
16.3	15,70	0,60	15	14,44	0,56
16.4	16,02	0,38	15.3	14,73	0,57
17.4	16,95	0,45	15.9	15,32	0,58

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.6 Cálculo del hL

4.2.6.1 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS

4.2.6.1.1 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada

Tabla 119 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Δ <i>Presión</i> (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)	Δ <i>Presión</i> (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)
0,18	0,704	0,1238	0,21	0,704	0,1447
0,22	0,704	0,1571	0,24	0,704	0,1664
0,28	0,704	0,1972	0,24	0,704	0,1705
0,23	0,704	0,1613	0,36	0,704	0,2511
0,27	0,704	0,1914	0,26	0,704	0,1813
0,18	0,704	0,1234	0,22	0,704	0,1532

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 120 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)	Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)
0,15	0,704	0,1047	0,20	0,704	0,1424
0,17	0,704	0,1164	0,20	0,704	0,1436
0,19	0,704	0,1305	0,16	0,704	0,1138
0,17	0,704	0,1211	0,15	0,704	0,1040
0,16	0,704	0,1112	0,19	0,704	0,1372
0,18	0,704	0,1263	0,17	0,704	0,1191

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.6.1.2 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de ¾ Pulgada

Tabla 121 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)	Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)
0,134913383	0,704	0,094979021	0,14	0,704	0,0951
0,271932849	0,704	0,191440726	0,26	0,704	0,1803
0,288776842	0,704	0,203298896	0,27	0,704	0,1907
0,36218205	0,704	0,254976163	0,34	0,704	0,2413
0,377390248	0,704	0,265682735	0,36	0,704	0,2524
0,229741068	0,704	0,161737712	0,38	0,704	0,2643

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 122 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)	Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)
0,148808579	0,704	0,104761239	0,063890655	0,704	0,044979021
0,271932849	0,704	0,191440726	0,255855205	0,704	0,180122064
0,288776842	0,704	0,203298896	0,271748997	0,704	0,191311294
0,36218205	0,704	0,254976163	0,344296512	0,704	0,242384744
0,376884658	0,704	0,265326799	0,358819817	0,704	0,252609152
0,306367521	0,704	0,215682735	0,288120668	0,704	0,20283695

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.6.1.3 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de ½ Pulgada

Tabla 123 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de ½ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)	Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)
0,282229313	0,704	0,198689437	0,274470412	0,704	0,19322717
0,420787906	0,704	0,296234686	0,292205666	0,704	0,205712789
0,543800869	0,704	0,382835812	0,428789703	0,704	0,301867951
0,452522249	0,704	0,318575663	0,550977876	0,704	0,387888424
0,279924469	0,704	0,197066826	0,430856206	0,704	0,303322769
0,270800914	0,704	0,190643843	0,270800914	0,704	0,190643843

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 124 Cálculo del hL marca HIDROTUBOS de ½ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)	Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)
0,363396727	0,704	0,255831296	0,363396727	0,704	0,255831296
0,414585157	0,704	0,291867951	0,272539703	0,704	0,191867951
0,736613158	0,704	0,518575663	0,352114239	0,704	0,247888424
0,677651742	0,704	0,477066826	0,402447115	0,704	0,283322769
0,467105002	0,704	0,328841921	0,432469928	0,704	0,30445883
0,370232732	0,704	0,260643843	0,46966455	0,704	0,330643843

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.6.2 Cálculo del hL marca TIGRE

4.2.6.2.1 Cálculo del hL marca TIGRE de 1 Pulgada

Tabla 125 Cálculo del hL marca TIGRE de 1 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)	Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)
0,19	0,704	0,132159666	0,189452383	0,704	0,133374478
0,25	0,704	0,176307106	0,25043623	0,704	0,176307106
0,25	0,704	0,17648860	0,250694028	0,704	0,176488596
0,30	0,704	0,20870230	0,353270312	0,704	0,248702299
0,30	0,704	0,209145095	0,2970811	0,704	0,209145095
0,13	0,704	0,093939983	0,183709836	0,704	0,129331724

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 126 Cálculo del hL marca TIGRE de 1 Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)	Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)
0,23	0,704	0,164105646	0,2	0,704	0,161824731
0,18	0,704	0,124828878	0,2	0,704	0,122463713
0,21	0,704	0,148212129	0,2	0,704	0,142534608
0,15	0,704	0,108702299	0,1	0,704	0,105264354
0,14	0,704	0,099145095	0,1	0,704	0,095532218
0,18	0,704	0,123939983	0,2	0,704	0,121520647

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.6.2.2 Cálculo del hL marca TIGRE de ¾ Pulgada

Tabla 127 Cálculo del hL marca TIGRE de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)	Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)
0,135451169	0,704	0,095357623	0,123439261	0,704	0,08690124
0,135314827	0,704	0,095261638	0,20654255	0,704	0,145405956
0,235730658	0,704	0,165954383	0,221379838	0,704	0,155851406
0,308953925	0,704	0,217503563	0,293519827	0,704	0,206637958
0,282532692	0,704	0,198903015	0,323131449	0,704	0,22748454
0,307401896	0,704	0,216410935	0,217759941	0,704	0,153302998

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 128 Cálculo del hL marca TIGRE de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)	Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)
0,134607463	0,704	0,094763654	0,126436107	0,704	0,089011019
0,220494918	0,704	0,155228422	0,206337554	0,704	0,145261638
0,235730658	0,704	0,165954383	0,221165909	0,704	0,1557008
0,308953925	0,704	0,217503563	0,293519827	0,704	0,206637958
0,325146328	0,704	0,228903015	0,308926903	0,704	0,21748454
0,278992805	0,704	0,196410935	0,260373577	0,704	0,183302998

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.6.2.3 Cálculo del hL marca TIGRE de ½ Pulgada

Tabla 129 Cálculo del hL marca TIGRE de ½ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)	Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)
0,247946949	0,704	0,174554652	0,248490804	0,704	0,174937526
0,297470753	0,704	0,20941941	0,283795694	0,704	0,199792168
0,510632526	0,704	0,359485298	0,426488271	0,704	0,300247743
0,453461349	0,704	0,31923679	0,531576226	0,704	0,374229663
0,236252149	0,704	0,166321513	0,324595857	0,704	0,228515483
0,22628919	0,704	0,15930759	0,325721008	0,704	0,22930759

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 130 Cálculo del hL marca TIGRE de ½ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)	Δ Presión (psi)	Factor de Conversión	Metros Columna Agua (mca)
0,420014672	0,704	0,295690329	0,434419454	0,704	0,305831296
0,39383813	0,704	0,277262044	0,428789703	0,704	0,301867951
0,626980205	0,704	0,441394065	0,508364239	0,704	0,357888424
0,595506804	0,704	0,41923679	0,558697115	0,704	0,393322769
0,378297604	0,704	0,266321513	0,574515383	0,704	0,40445883
0,446491985	0,704	0,314330358	0,583300914	0,704	0,410643843

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.7 Cálculo de la variable K

4.2.7.1 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS

4.2.7.1.1 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada

Tabla 131 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
2,428817727	0,29104735	8,345094801	2,839788127	0,287892388	9,86406116
3,081962045	0,248619649	12,39629315	3,264115575	0,246127237	13,26190314
3,869569288	0,246127237	15,72182478	3,345915907	0,241253551	13,86887736
3,164514513	0,157521432	20,08942201	4,925928196	0,229684341	21,44651294
3,755357684	0,154402272	24,32190682	3,556914513	0,138795083	25,6270931
2,420142615	0,082686363	29,26894511	3,00590315	0,103320141	29,093100

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 132 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de 1 Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
2,054988127	0,354423221	5,798119326	2,794242922	0,199363062	14,01585077
2,283115575	0,243672118	9,36962176	2,817065011	0,155950155	18,06388077
2,561115907	0,241253551	10,61586824	2,232617727	0,086851278	25,70621609
2,375328196	0,229684341	10,34170716	2,04016615	0,082686363	24,67355052
2,181304906	0,138795083	15,71600996	2,69095514	0,078072234	34,46750523
2,477180899	0,103320141	23,97577938	2,337626756	0,052714357	44,34516262

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.7.1.2 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de ¾ Pulgada

Tabla 133 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
1,8634884	0,909882116	2,048054761	1,866241438	0,529280789	3,525995041
3,756067035	0,777883612	4,828572007	3,537745902	0,487987429	7,249666061
3,988724348	0,762480358	5,231248658	3,741610071	0,464586203	8,05364009
5,002632322	0,725915942	6,891476037	4,734527583	0,451344523	10,48983058
5,212695251	0,685407817	7,60524628	4,951788686	0,44282878	11,18217449
3,173293905	0,326542667	9,717853826	5,18515271	0,329601598	15,73157637

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 134 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
2,055415519	0,777883612	2,642317547	0,8824884	0,497845512	1,772614956
3,756067035	0,770124223	4,8772223	3,533994903	0,492879503	7,170099145
3,988724348	0,762480358	5,231248658	3,753527583	0,487987429	7,691853028
5,002632322	0,725915942	6,891476037	4,755588686	0,464586203	10,23618147
5,205711801	0,685407817	7,595057528	4,956191553	0,438661003	11,29845489
4,231695251	0,539795021	7,839448473	3,979660961	0,326542667	12,18726177

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.7.1.3 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de ½ Pulgada

Tabla 135 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de ½ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
3,898286748	3,938035788	0,989906379	3,79111708	3,938035788	0,962692389
5,812124533	3,860056811	1,505709583	4,036084917	2,470436359	1,633753852
7,511238629	3,674949459	2,043902566	5,922649195	2,351967653	2,518167793
6,250454513	2,241820699	2,788115265	7,610370888	2,220721327	3,426981492
3,86645113	1,225916147	3,153927892	5,951192723	1,214538797	4,899960989
3,740432209	0,84342972	4,434788246	3,740432209	0,724352311	5,163830018

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 136 Cálculo de la variable K marca HIDROTUBOS de ½ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
5,019410026	3,938035788	1,274597362	5,019410026	3,938035788	1,274597362
5,726449195	3,898753881	1,468789611	3,764449195	2,495202484	1,508674835
10,17445451	3,860056811	2,635830251	4,863570888	2,470436359	1,96870924
9,36005113	3,674949459	2,546987717	5,558792723	2,351967653	2,363464784
6,451878492	2,220721327	2,905307574	5,973482235	2,220721327	2,68988376
5,113832209	1,653122251	3,093438616	6,487232209	1,653122251	3,924230168

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.7.2 Cálculo de la variable K marca TIGRE

4.2.7.2.1 Cálculo de la variable K marca TIGRE de 1 Pulgada

Tabla 137 Cálculo de la variable K marca TIGRE de 1 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
2,592972642	0,303891636	8,532556799	2,616807253	0,221017794	11,83980353
3,459145412	0,19936306	17,35098459	3,459145412	0,203431591	17,00397366
3,462706249	0,189710126	18,25261688	3,462706249	0,199363062	17,36884566
4,094739113	0,141451388	28,94803065	4,879539113	0,189710126	25,72102614
4,103426756	0,137494902	29,84421019	4,103426756	0,137494902	29,844210
1,843102472	0,047080713	39,14771755	2,537488432	0,073563615	34,49379751

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 138 Cálculo de la variable K marca TIGRE de 1 Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
3,219752766	0,303891636	10,59506873	3,175001229	0,251150112	12,64184675
2,449142581	0,199363062	12,28483632	2,402738051	0,120602346	19,92281354
2,907921972	0,189710126	15,32823804	2,796529004	0,114762916	24,36788038
2,132739113	0,179024413	11,91311888	2,065286624	0,055254448	37,37774393
1,945226756	0,105269534	18,47853482	1,874342111	0,053708946	34,89813612
2,431702472	0,089503073	27,16892703	2,384235101	0,039779144	59,93681299

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.7.2.2 Cálculo de la variable K marca TIGRE de ¾ Pulgada

Tabla 139 Cálculo de la variable K marca TIGRE de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
1,870916566	0,793758379	2,357035359	1,705002324	0,508005363	3,356268357
1,869033342	0,630085726	2,966315955	2,852864847	0,38116297	7,484632746
3,256024997	0,599577683	5,430530675	3,057804586	0,362707487	8,430497565
4,267419914	0,565805552	7,542202265	4,054236738	0,345560651	11,73234491
3,902477153	0,334796185	11,65627726	4,463246673	0,33584983	13,28941172
4,245982541	0,332703713	12,76205335	3,007804826	0,150447026	19,99245116

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 140 Cálculo de la variable K marca TIGRE de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
1,859262885	0,793758379	2,342353711	1,746396195	0,508005363	3,437751495
3,045581647	0,630085726	4,83359886	2,850033342	0,38116297	7,477204152
3,256024997	0,599577683	5,430530675	3,054849689	0,362707487	8,42235079
4,267419914	0,565805552	7,542202265	4,054236738	0,342277433	11,84488474
4,491077153	0,549979608	8,165897586	4,267046673	0,332703713	12,82536533
3,853582541	0,32184765	11,97331265	3,596404826	0,196440216	18,30788469

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.7.2.3 Cálculo de la variable K marca TIGRE de ½ Pulgada

Tabla 141 Cálculo de la variable K marca TIGRE de ½ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
3,424762274	3,254905453	1,052184871	3,432274264	3,254905453	1,054492769
4,108808824	3,189808988	1,288104974	3,919922342	1,929637536	2,031429359
7,053101552	3,035362018	2,323644267	5,890860714	1,836206653	3,208168702
6,263425816	1,732779502	3,614669845	7,342385987	1,749400793	4,197086234
3,263228089	0,859343138	3,797351659	4,483473782	0,867469269	5,168452584
3,125614908	0,753291415	4,149277219	4,499014908	0,761638071	5,907024715

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 142 Cálculo de la variable K marca TIGRE de ½ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
5,801444258	4,018401794	1,443719308	6,000410026	3,938035788	1,523706322
5,439881295	3,189808988	1,705394058	5,922649195	2,495202484	2,37361466
8,660151545	3,035362018	2,853086879	7,021770888	2,470436359	2,842320087
8,225425816	2,864390606	2,871614576	7,716992723	2,351967653	3,281079445
5,225228089	1,68431255	3,102291253	7,935482235	2,220721327	3,573380476
6,167161615	1,432049176	4,306529217	8,056832209	1,653122251	4,873706227

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.7.3 Cálculo de la Variable K Normalizada

Para obtener los resultados de K Normalizada se procede a elegir un caudal previamente extraído, en este caso Caudal (Q) de la marca Tigre para luego aplicar la fórmula respectiva del K y así obtener un K Normalizada de Hidrotubos en función de un solo caudal.

4.2.7.3.1 Cálculo de la variable K Normalizada de 1 Pulgada

Tabla 143 Cálculo de la variable K Normalizada de 1 Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
2,004372642	0,303891636	6,595682167	2,028207253	0,221017794	9,176669532
3,066745412	0,19936306	15,38271626	3,066745412	0,199363062	15,38271626
3,070306249	0,189710126	16,1841980	2,972206249	0,189710126	15,66709332
3,800439113	0,141451388	26,86745721	3,309939113	0,141451388	23,39983482
3,809126756	0,137494902	27,7037672	3,809126756	0,137494902	27,703767
1,746964472	0,047080713	37,1057349	2,380528432	0,073563615	32,36013401

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 144 Cálculo de la variable K Normalizada de 1 Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
2,054988127	0,303891636	6,762239843	2,488301229	0,251150112	9,907625397
2,283115575	0,199363062	11,45204911	1,421738051	0,120602346	11,78864341
2,561115907	0,189710126	13,50015394	1,705657004	0,114762916	14,86244047
2,375328196	0,179024413	13,26818034	1,268714624	0,055254448	22,9613119
2,181304906	0,105269534	20,7211414	1,275932111	0,053708946	23,75641684
2,477180899	0,089503073	27,67704843	1,442475101	0,039779144	36,26209527

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.7.3.3 Cálculo de la variable K Normalizada de ¾ Pulgada

Tabla 145 Cálculo de la variable K Normalizada de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
1,8634884	0,793758379	2,347677139	1,866241438	0,508005363	3,673664838
3,756067035	0,630085726	5,961200009	3,537745902	0,38116297	9,28145224
3,988724348	0,599577683	6,652556398	3,741610071	0,362707487	10,31577843
5,002632322	0,565805552	8,841610525	4,734527583	0,345560651	13,70100321
5,212695251	0,334796185	15,56975704	4,951788686	0,33584983	14,74405594
3,173293905	0,332703713	9,537897463	5,18515271	0,150447026	34,46497307

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 146 Cálculo de la variable K Normalizada de ¾ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
2,055415519	0,793758379	2,589472531	0,8824884	0,508005363	1,737163552
3,756067035	0,630085726	5,961200009	3,533994903	0,38116297	9,271611306
3,988724348	0,599577683	6,652556398	3,753527583	0,362707487	10,34863552
5,002632322	0,565805552	8,841610525	4,755588686	0,342277433	13,89395921
5,205711801	0,549979608	9,465281485	4,956191553	0,332703713	14,89671246
4,231695251	0,32184765	13,14813158	3,979660961	0,196440216	20,25889117

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.7.3.3 Cálculo de la variable K Normalizada de ½ Pulgada

Tabla 147 Cálculo de la variable K Normalizada de ½ Pulgada

Accesorio Tipo "S"			Accesorio Tipo "U"		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
3,898286748	3,254905453	1,197665125	3,79111708	3,254905453	1,16473954
5,812124533	3,189808988	1,822091716	4,036084917	1,929637536	2,091628527
7,511238629	3,035362018	2,474577525	5,922649195	1,836206653	3,225480741
6,250454513	1,732779502	3,607184009	7,610370888	1,749400793	4,350272914
3,86645113	0,859343138	4,499309951	5,951192723	0,867469269	6,860407554
3,740432209	0,753291415	4,965451794	3,740432209	0,761638071	4,911036295

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 148 Cálculo de la variable K Normalizada de ½ Pulgada

Accesorio Tipo Curva de Paso			Accesorio Curva 90°		
$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)	$2g \times hL$	v^2	$\frac{2g \times hL}{v^2}$ (k)
5,019410026	4,018401794	1,249106058	5,019410026	3,938035788	1,274597362
5,726449195	3,189808988	1,795232635	3,764449195	2,495202484	1,508674835
10,17445451	3,035362018	3,351973983	4,863570888	2,470436359	1,96870924
9,36005113	2,864390606	3,267728609	5,558792723	2,351967653	2,363464784
6,451878492	1,68431255	3,830570813	5,973482235	2,220721327	2,68988376
5,113832209	1,432049176	3,570989248	6,487232209	1,653122251	3,924230168

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.8 Gráficas Comparativas Entre los Coeficientes K y K del Manual

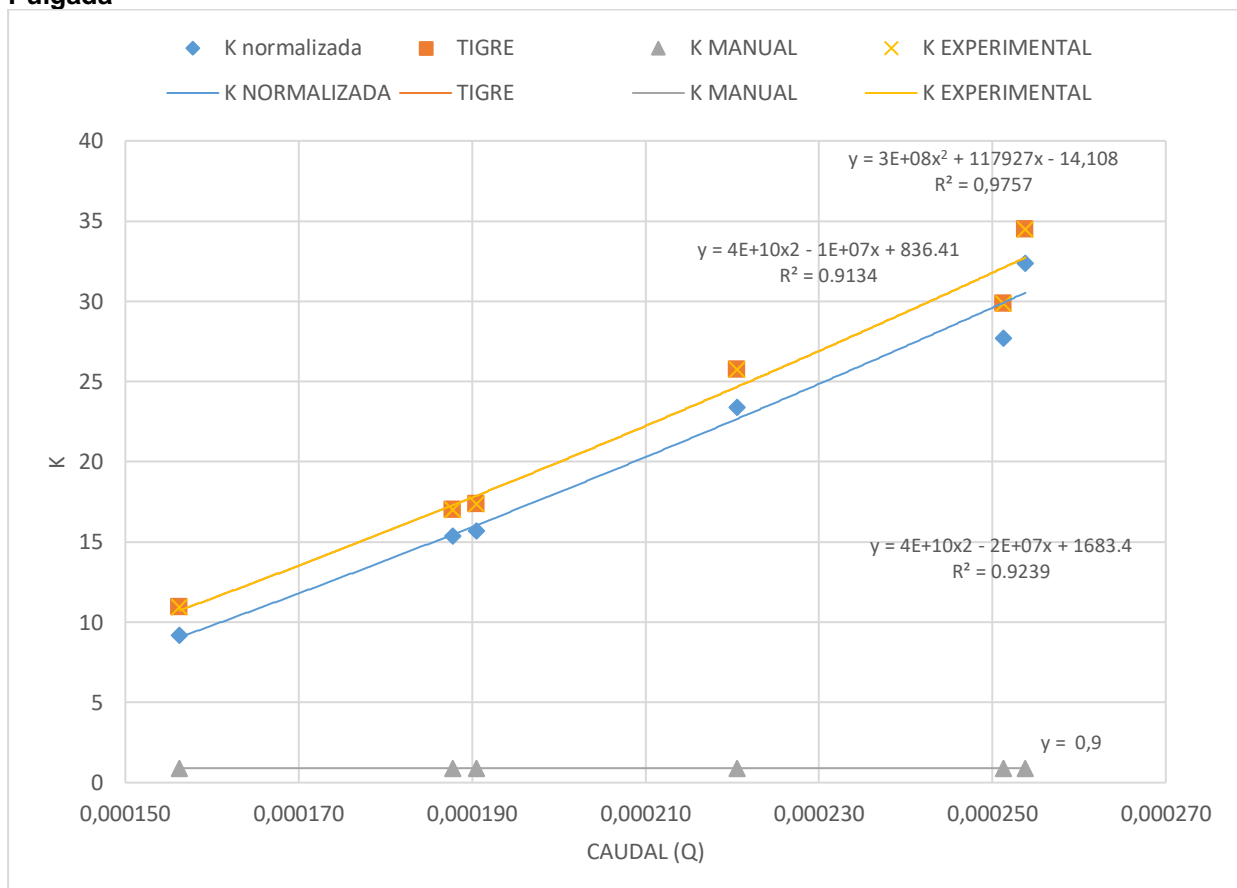
4.2.8.1 Gráficas Comparativa entre K de Accesorios de 1 Pulgada

Tabla 149 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorios Tipo “U” de 1 Pulgada

CAUDAL (Q)	K EXPERIMENTAL	K TIGRE	K HIDROTUBOS	K NORMALIZADA	K MANUAL	% DISTORSIÓN	Reynolds (Re*1000)
0,000156	10,95	10,95	9,86	9,17	0,9	90%	6,07
0,000188	17,00	17,01	13,26	15,38	0,9	94%	7,29
0,000190	17,36	17,36	13,86	15,66	0,9	94%	7,40
0,000221	25,73	25,73	21,44	23,39	0,9	96%	8,57
0,000251	29,84	29,84	25,62	27,70	0,9	97%	9,76
0,000254	26,65	34,49	29,09	32,36	0,9	97%	9,86

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 33 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo “U” de 1 Pulgada



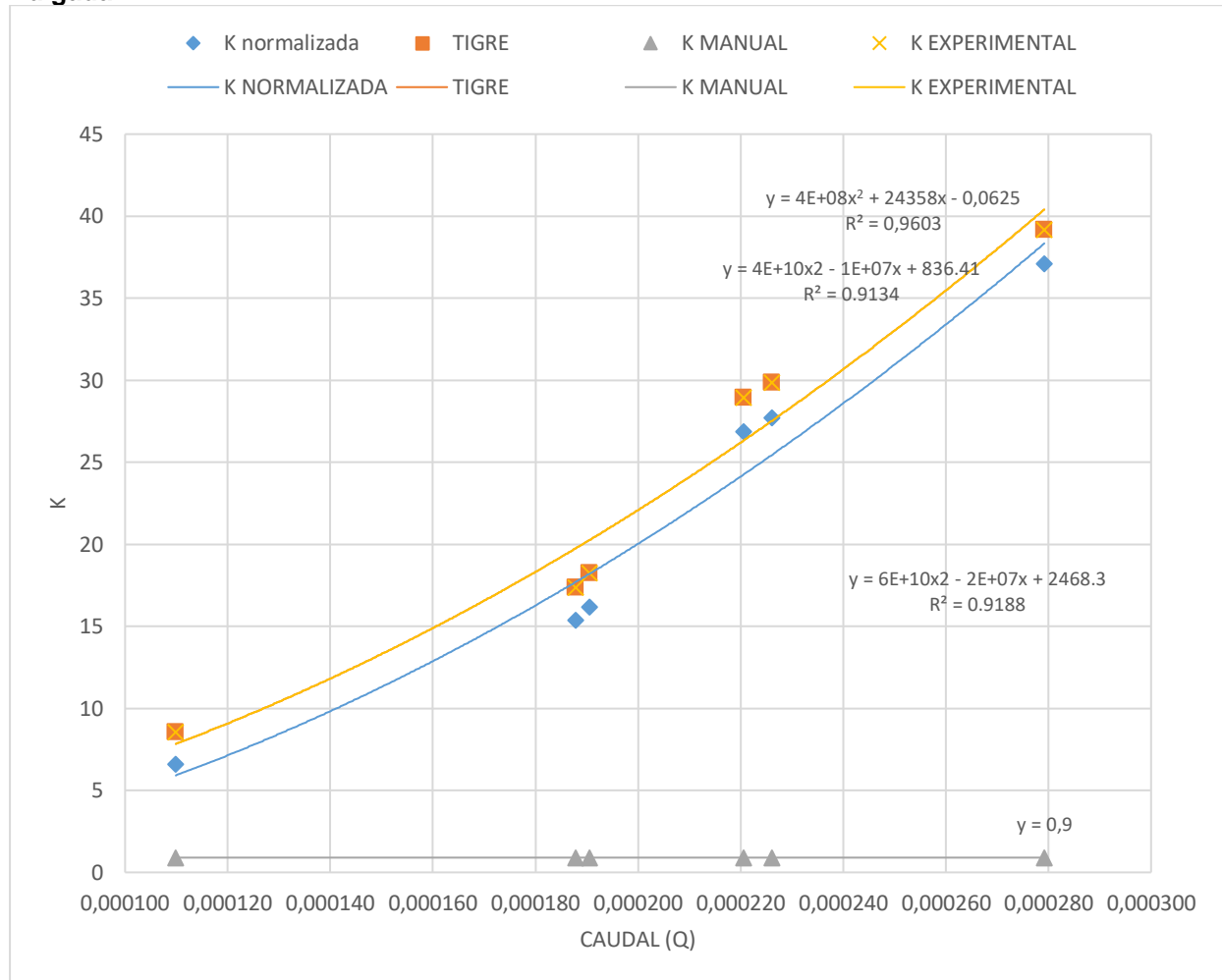
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 150 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorios tipo “S” de 1 Pulgada

CAUDAL (Q)	K EXPERIMENTAL	K TIGRE	K HIDROTUBOS	K NORMALIZADA	K MANUAL	% DISTORSIÓN	Reynolds (Re*1000)
0,000110	8,53	8,53	8,34	6,59	0,9	86%	4,27
0,000188	17,35	17,35	12,39	15,38	0,9	94%	7,30
0,000190	18,25	18,25	15,72	16,18	0,9	94%	7,37
0,000221	28,94	28,94	20,08	26,86	0,9	97%	8,58
0,000226	29,84	29,84	24,32	27,70	0,9	97%	8,77
0,000279	39,14	39,14	29,26	37,10	0,9	98%	10,83

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 34 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo “S” de 1 Pulgada



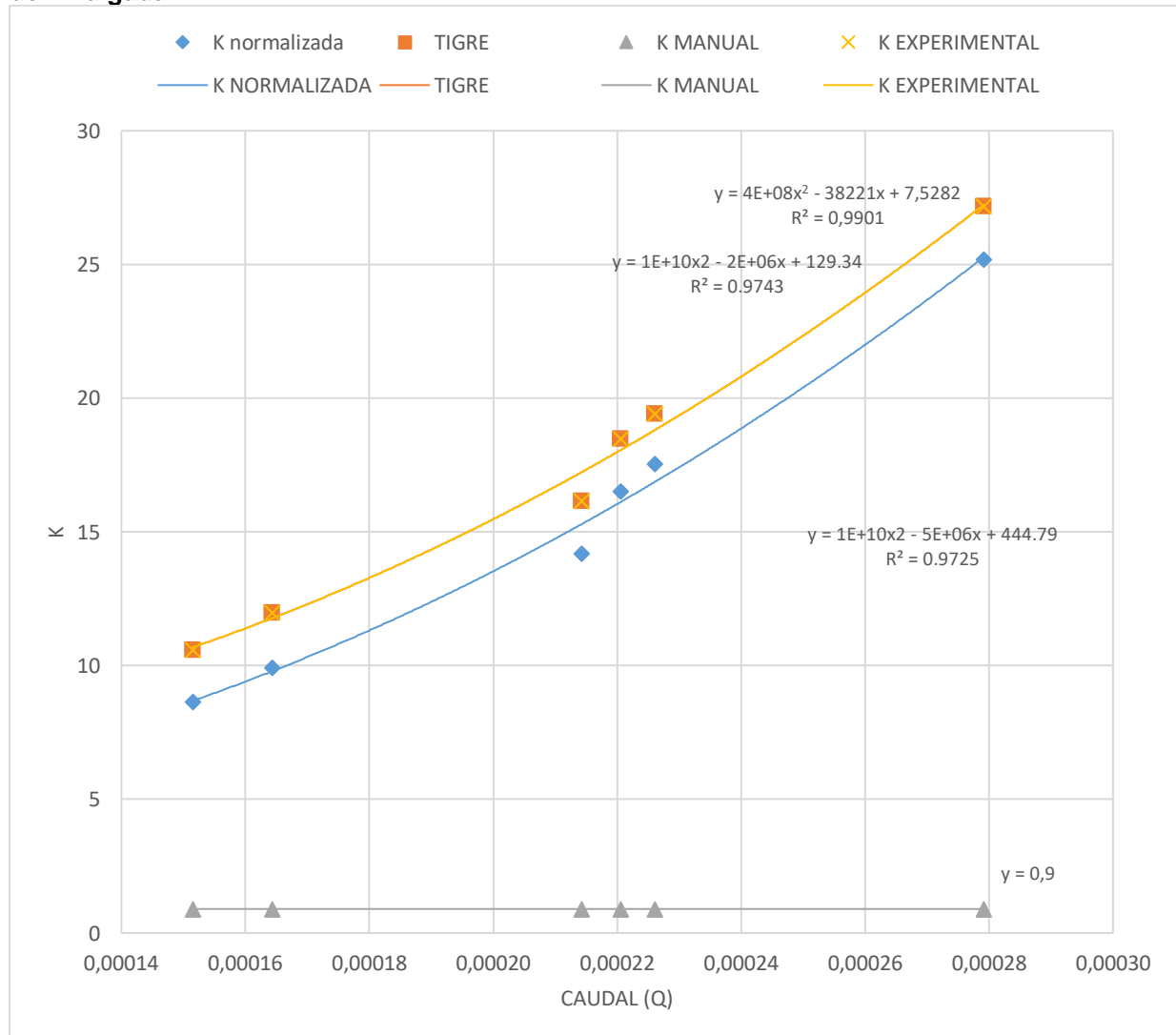
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 151 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorios Curva de Paso de 1"

CAUDAL (Q)	K EXPERIMENTAL	K TIGRE	K HIDROTUBOS	K NORMALIZADA	K MANUAL	% DISTORSIÓN	Reynolds (Re*1000)
0,00015	10,59	10,59	5,79	8,65	0,9	90%	5,88
0,00016	11,98	11,98	9,36	9,92	0,9	91%	6,38
0,00021	16,15	16,15	10,61	14,19	0,9	94%	8,32
0,00022	18,48	18,48	10,34	16,52	0,9	95%	8,56
0,00023	19,41	19,41	15,71	17,54	0,9	95%	8,78
0,00028	27,16	27,16	23,97	25,19	0,9	96%	10,84

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 35 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorios Curva de Paso de 1 Pulgada



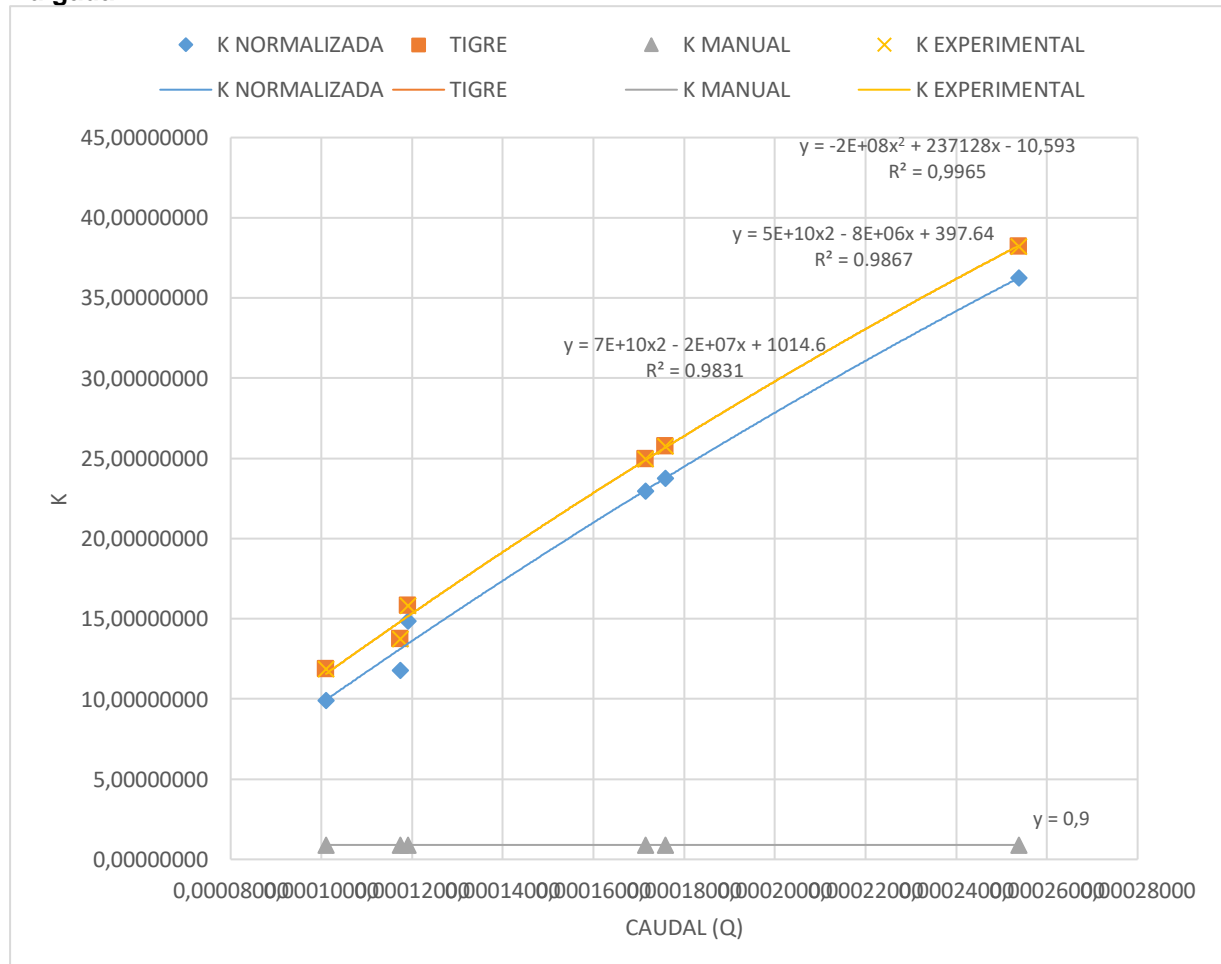
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 152 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva 90° de 1 Pulgada

CAUDAL (Q)	K EXPERIMENTAL	K TIGRE	K HIDROTUBOS	K NORMALIZADA	K MANUAL	% DISTORSIÓN	Reynolds (Re*1000)
0,00010101	11,86	11,86	14,01	9,90	0,9	91%	3,92
0,000117371	13,74	13,74	18,06	11,78	0,9	92%	4,55
0,000119048	15,81	15,81	25,70	14,86	0,9	94%	4,62
0,000171569	24,94	24,94	24,67	22,96	0,9	96%	6,66
0,00017588	25,76	25,76	34,46	23,75	0,9	96%	6,83
0,000253807	38,23	38,23	44,34	36,26	0,9	98%	9,85

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 36 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva 90° de 1 Pulgada



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

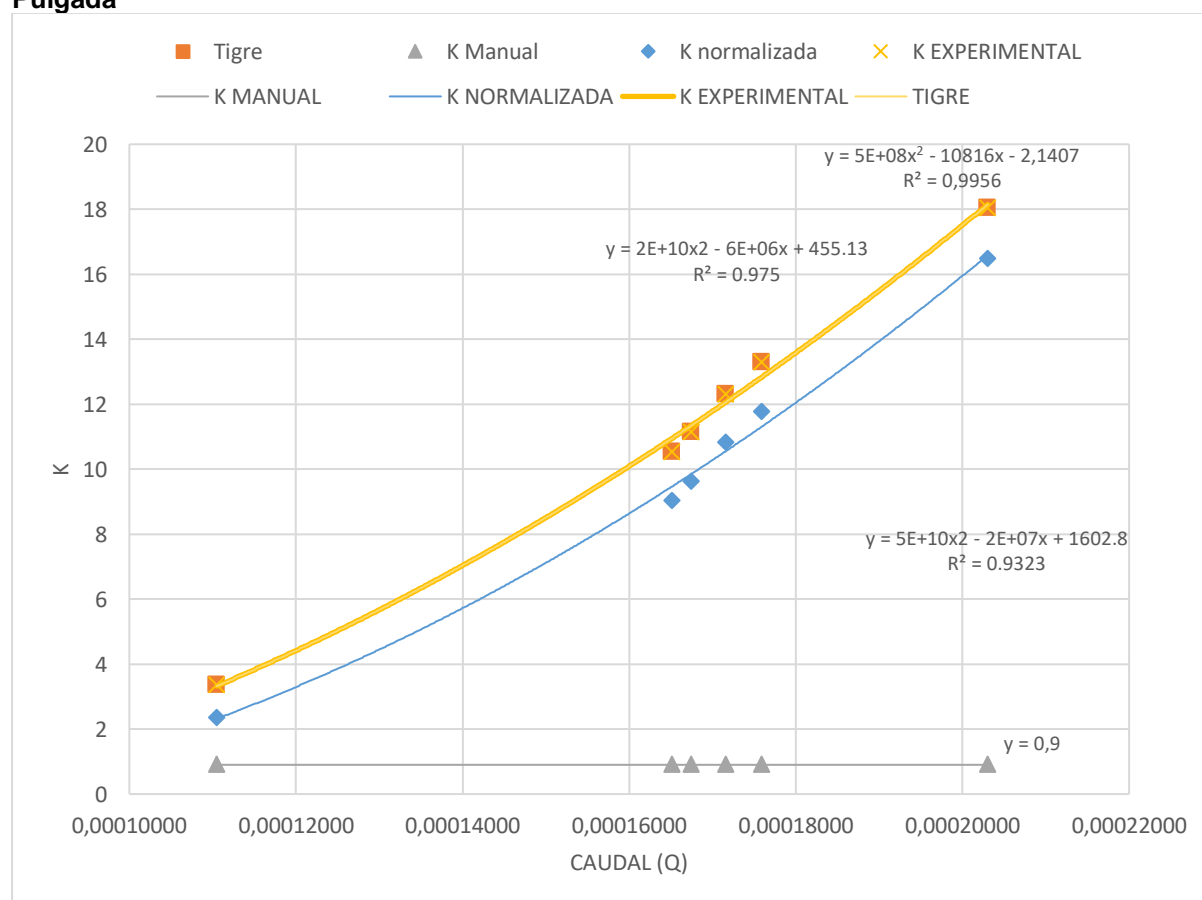
4.2.9.2 Gráficas Comparativas entre K de accesorios de ¾ Pulgada

Tabla 153 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo “U” de ¾ Pulgada

CAUDAL (Q) T	K EXPERIMENTAL	K TIGRE	K HIDROTUBOS	K NORMALIZADA	K MANUAL	% DISTORSIÓN	Reynolds Re
0,00011050	3,35	3,35	3,52	2,35	0,9	62%	3,21
0,000165094	10,521	10,52	7,24	9,02	0,9	90%	4,80
0,000167464	11,13	11,13	8,05	9,62	0,9	91%	4,87
0,000171569	12,30	12,30	10,48	10,82	0,9	92%	4,99
0,000175879	13,28	13,28	11,18	11,77	0,9	92%	5,12
0,000203046	18,03	18,03	15,73	16,47	0,9	95%	5,91

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 37 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo “U” de ¾ Pulgada



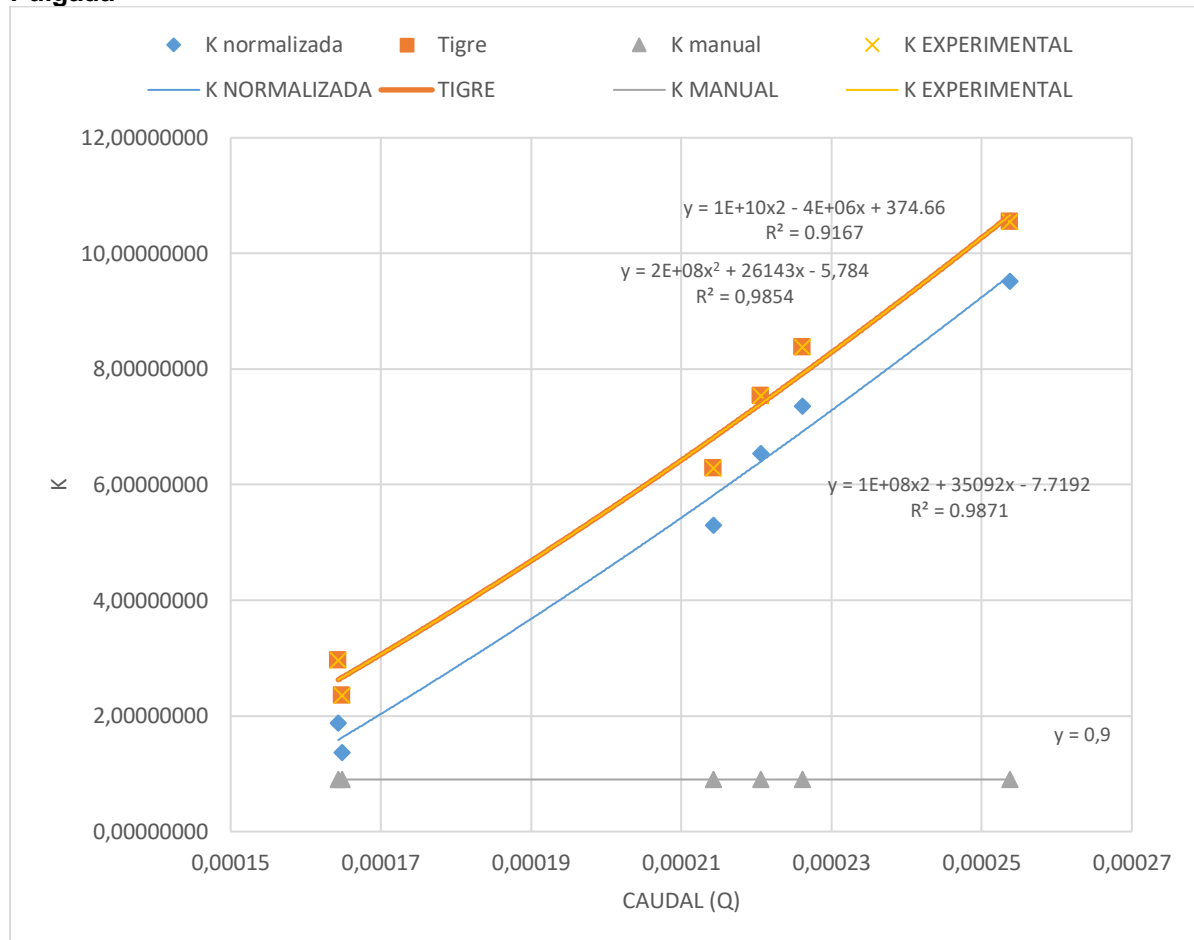
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 154 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo "S" de ¾ Pulgada

CAUDAL (Q)	K EXPERIMENTAL	K TIGRE	K HIDROTUBOS	K NORMALIZADA	K MANUAL	% DISTORSIÓN	Reynolds Re
0,000164835	2,35	2,35	2,04	1,36	0,9	34%	4,80
0,000164319	2,96	2,96	4,82	1,87	0,9	52%	4,78
0,000214286	6,28	6,28	5,23	5,29	0,9	83%	6,24
0,000220588	7,54	7,54	6,89	6,53	0,9	86%	6,42
0,00022613	8,37	8,37	7,60	7,36	0,9	88%	6,58
0,000253807	10,55	10,55	9,71	9,51	0,9	91%	7,39

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 38 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo S de ¾ Pulgada



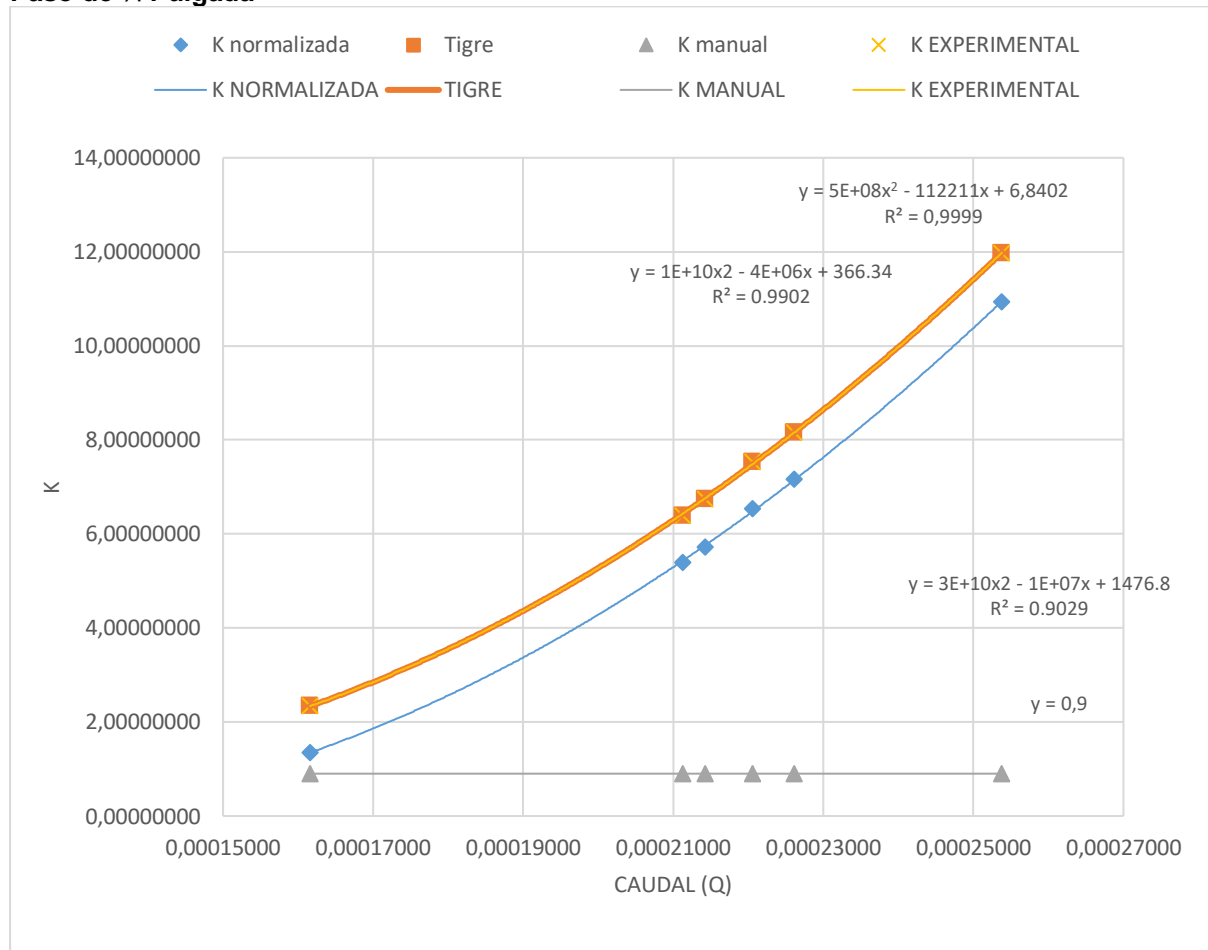
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 155 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva de Paso de 3/4 Pulgada

CAUDAL (Q)	K EXPERIMENTAL	K TIGRE	K HIDROTUBOS	K NORMALIZADA	K MANUAL	% DISTORSIÓN	Reynolds (Re*1000)
0,00016162	2,34	2,34	2,64	1,35	0,9	34%	4,70
0,000211268	6,39	6,39	4,87	5,39	0,9	83%	6,15
0,000214286	6,73	6,73	5,23	5,72	0,9	84%	6,24
0,000220588	7,54	7,54	6,89	6,53	0,9	86%	6,42
0,000226131	8,16	8,16	7,59	7,16	0,9	87%	6,58
0,000253807	11,97	11,97	7,83	10,93	0,9	92%	7,39

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 39 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo Curva de Paso de 3/4 Pulgada



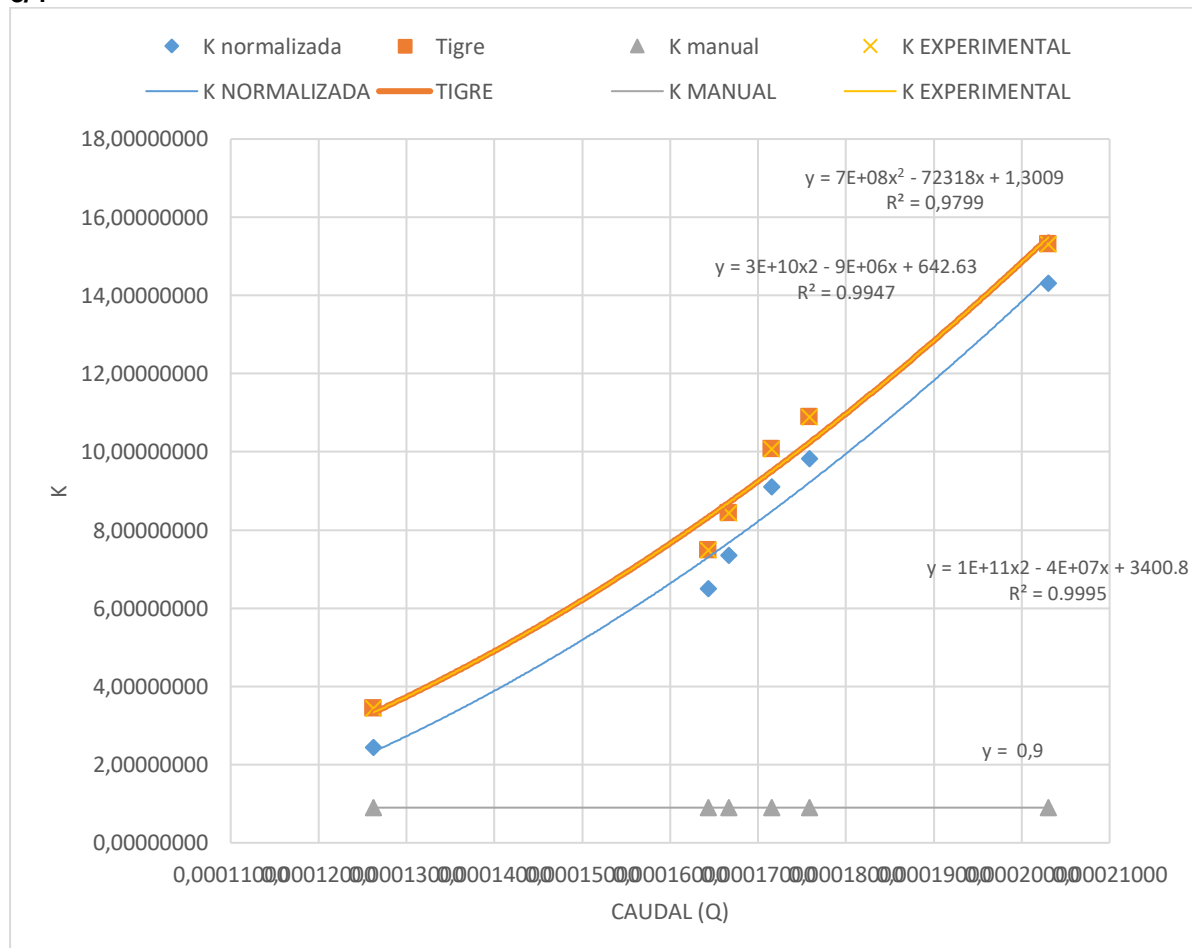
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 156 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva 90° de ¾ Pulgada

CAUDAL (Q)	K EXPERIMENTAL	K TIGRE	K HIDROTUBOS	K NORMALIZADA	K MANUAL	% DISTORSIÓN	Reynolds (Re*1000)
0,00012626	3,43	3,43	1,77	2,43	0,9	63%	3,67
0,000164319	7,47	7,47	7,17	6,49	0,9	86%	4,78
0,000166667	8,42	8,42	7,69	7,34	0,9	88%	4,85
0,000171569	10,06	10,06	10,23	9,09	0,9	90%	4,99
0,00017588	10,87	10,87	11,29	9,81	0,9	91%	5,12
0,000203046	15,31	15,31	12,18	14,31	0,9	94%	5,91

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 40 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva 90° de ¾"



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

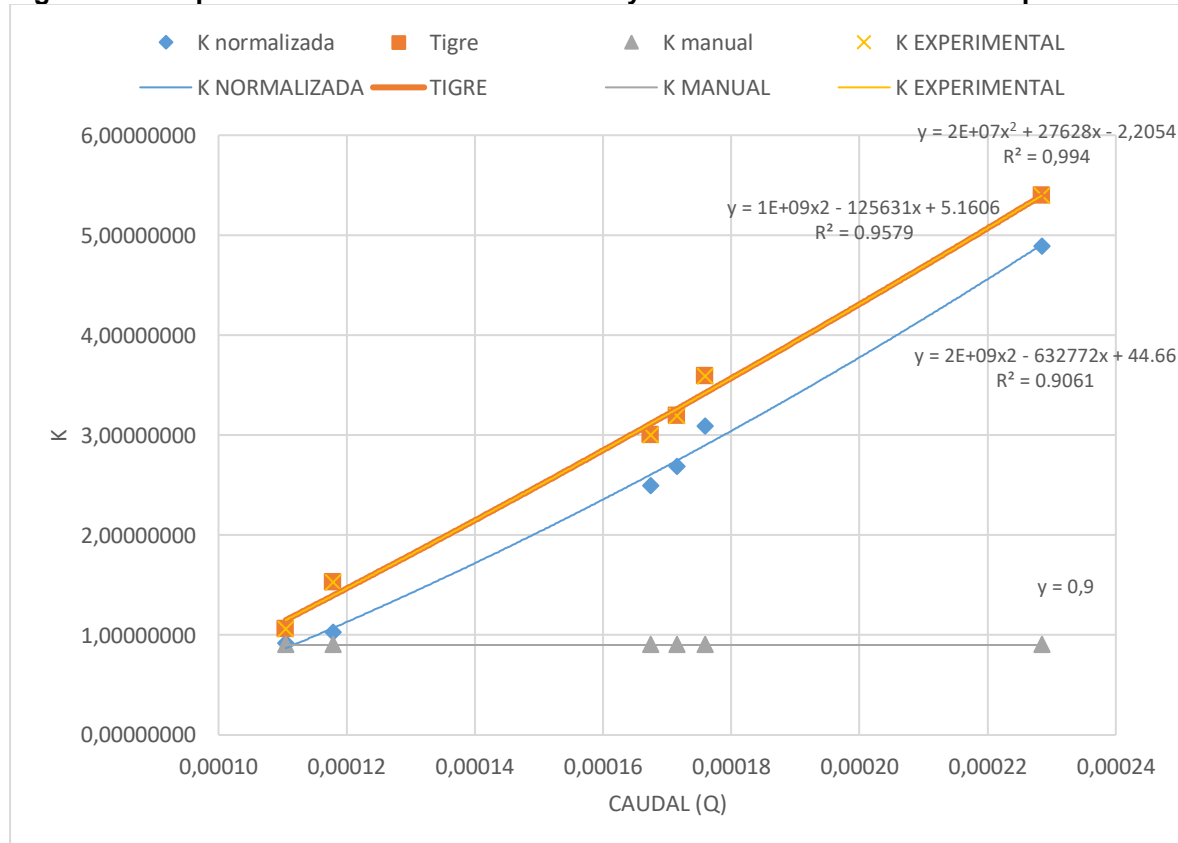
4.2.9.3 Gráficas Comparativas entre K de accesorios de ½ Pulgada

Tabla 157 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo “U” de ½ Pulgada

CAUDAL (Q)	K EXPERIMENTAL	K TIGRE	K HIDROTUBOS	K NORMALIZADA	K MANUAL	% DISTORSIÓN	Reynolds (Re*1000)
0,00011	1,05	1,05	0,96	0,91	0,9	2%	2,14
0,00012	1,52	1,52	1,63	1,02	0,9	12%	2,28
0,00017	2,99	2,99	2,51	2,49	0,9	64%	3,25
0,00017	3,18	3,18	3,42	2,68	0,9	66%	3,33
0,00018	3,58	3,58	3,76	3,08	0,9	71%	3,4
0,00023	5,39	5,39	5,16	4,89	0,9	82%	4,43

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 41 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo U de 1/2"



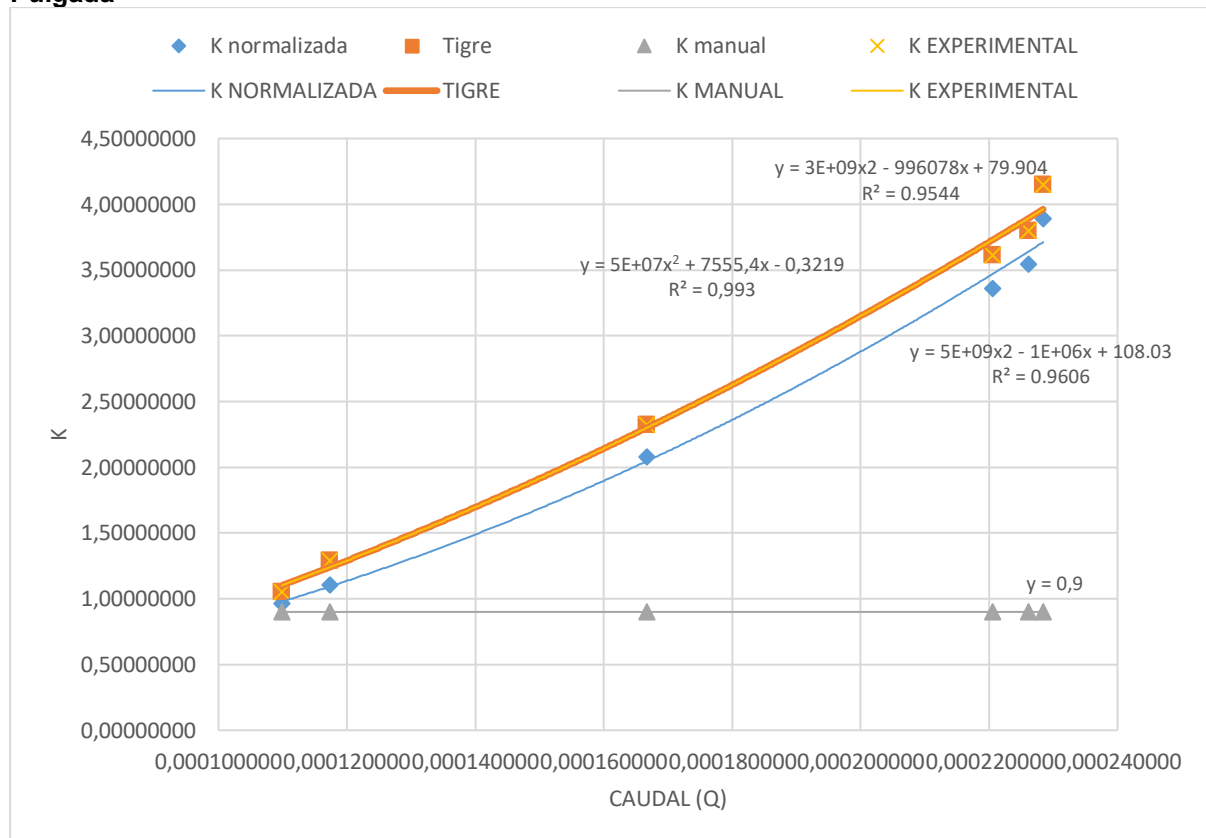
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 158 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada

CAUDAL (Q)	K EXPERIMENTAL	K TIGRE	K HIDROTUBOS	K NORMALIZADA	K MANUAL	% DISTORSIÓN	Reynolds (Re*1000)
0,000109890	1,05	1,05	0,98	0,96	0,9	6%	2,13
0,000117371	1,28	1,28	1,50	1,10	0,9	18%	2,27
0,000166667	2,32	2,32	2,04	2,07	0,9	57%	3,23
0,000220588	3,61	3,61	2,78	3,36	0,9	73%	4,28
0,000226131	3,79	3,79	3,15	3,54	0,9	75%	4,39
0,000228426	4,14	4,14	3,43	3,89	0,9	77%	4,43

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 42 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo “S” de ½ Pulgada



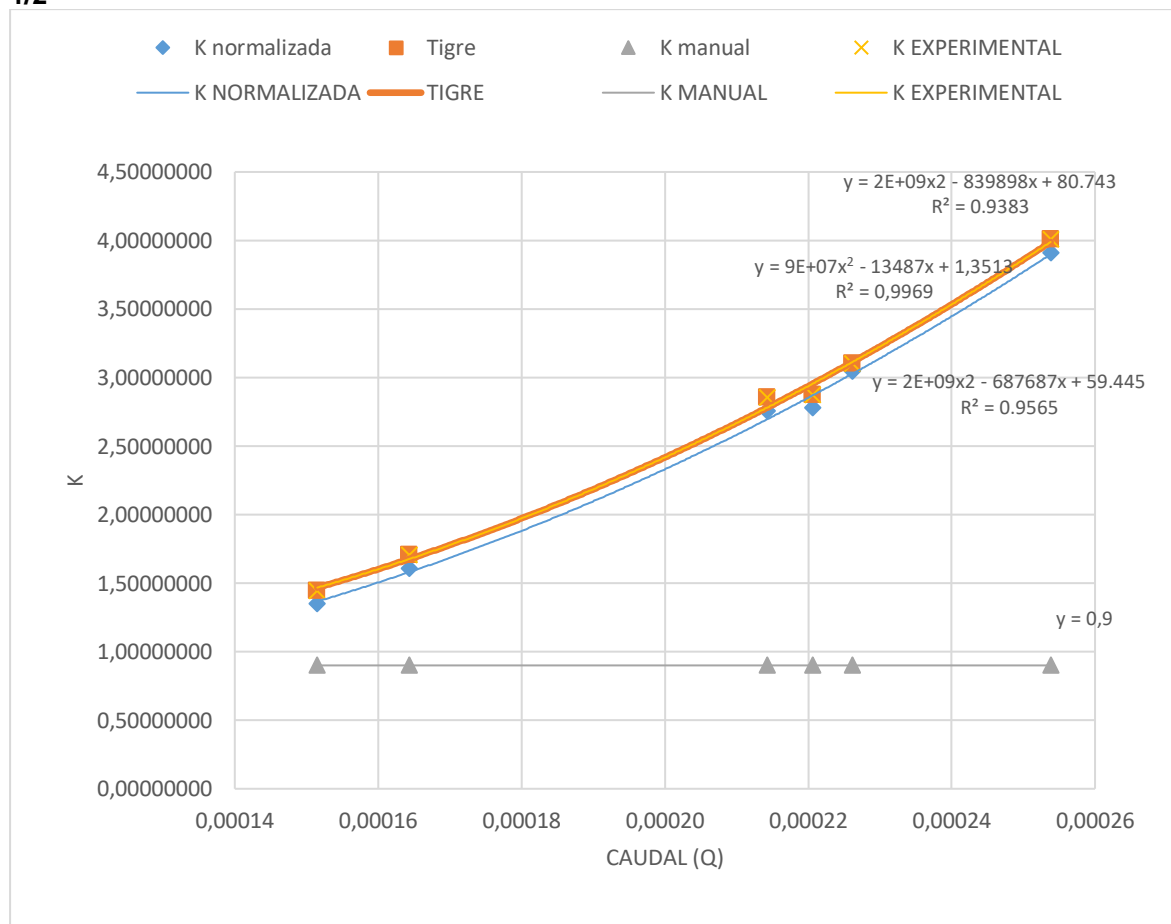
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 159 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva de Paso de 1/2 Pulgada

CAUDAL (Q)	K EXPERIMENTAL	K TIGRE	K HIDROTUBOS	K NORMALIZADA	K MANUAL	% DISTORSIÓN	Reynolds (Re*1000)
0,00015	1,44	1,44	1,27	1,34	0,9	67%	2,94
0,00016	1,70	1,70	1,4	1,60	0,9	56%	3,19
0,00021	2,85	2,85	2,63	2,75	0,9	33%	4,16
0,00022	2,87	2,87	2,54	2,77	0,9	32%	4,28
0,00023	3,10	3,10	2,90	3,04	0,9	30%	4,39
0,00025	4,00	4,00	3,09	3,90	0,9	23%	4,92

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 43 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Tipo de Paso de 1/2"



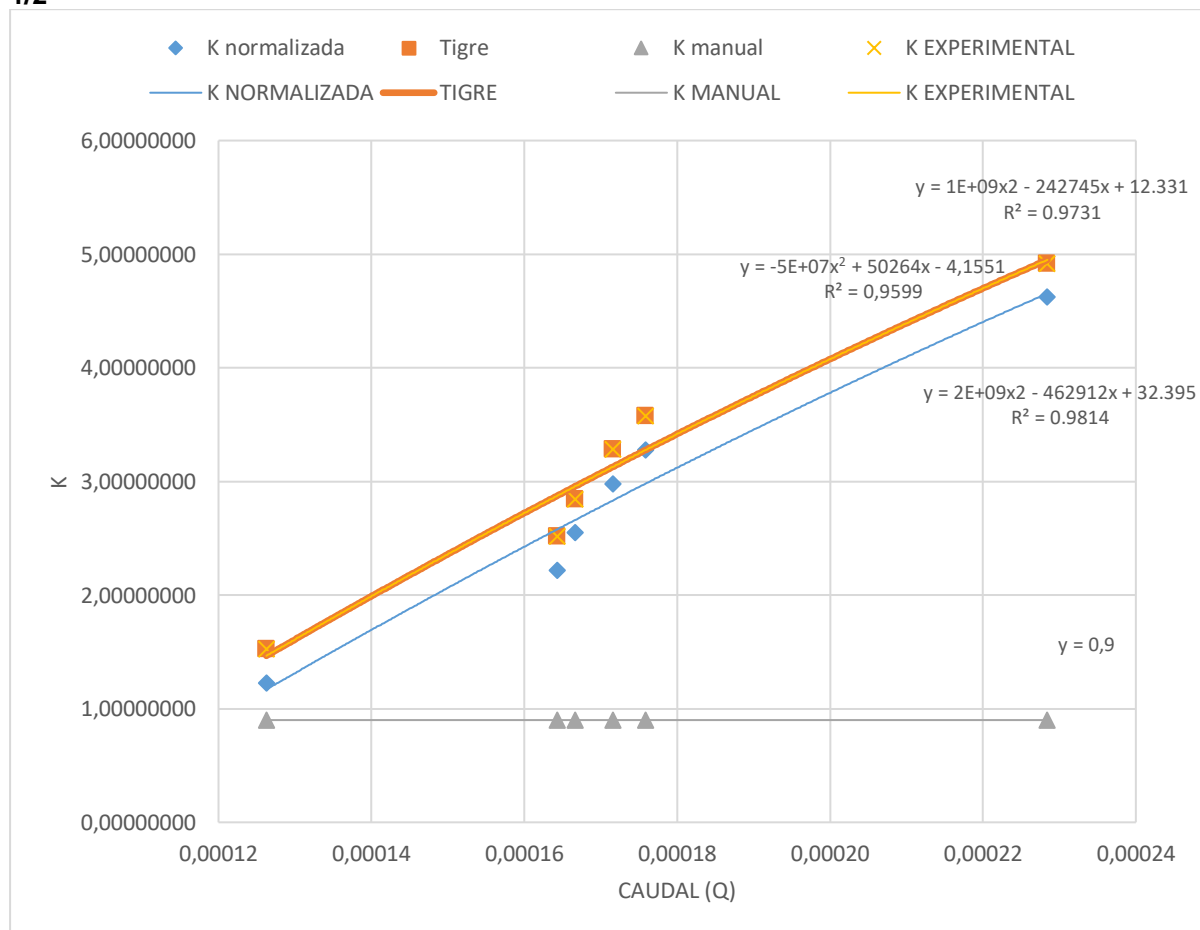
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 160 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio curva 90° de 1/2 Pulgada

CAUDAL (Q)	K EXPERIMENTAL	K TIGRE	K HIDROTUBOS	K NORMALIZADA	K MANUAL	% DISTORSIÓN	Reynolds (Re*1000)
0,00013	1,52	1,52	1,27	1,22	0,9	73%	2,45
0,00016	2,51	2,51	1,50	2,21	0,9	41%	3,19
0,00017	2,84	2,84	1,96	2,54	0,9	35%	3,23
0,00017	3,28	3,28	2,36	2,98	0,9	30%	3,33
0,00018	3,57	3,57	2,68	3,27	0,9	27%	3,41
0,00023	4,91	4,91	3,92	4,62	0,9	19%	4,43

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 44 Comparativas entre los coeficientes K y K del manual de Accesorio Curva 90° de 1/2"



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

4.2.9 Gráficas de Indicadores y hL Tabulado

Con los datos obtenidos del Caudal procedemos a un hL Tabulado y a su vez un “k” Tabulado. La división de el “k” Tabulado y el “k” Experimental dan como resultado un indicador, el mismo que nos permitirá corregir la “k” Tabulada a una “k” Experimental Real.

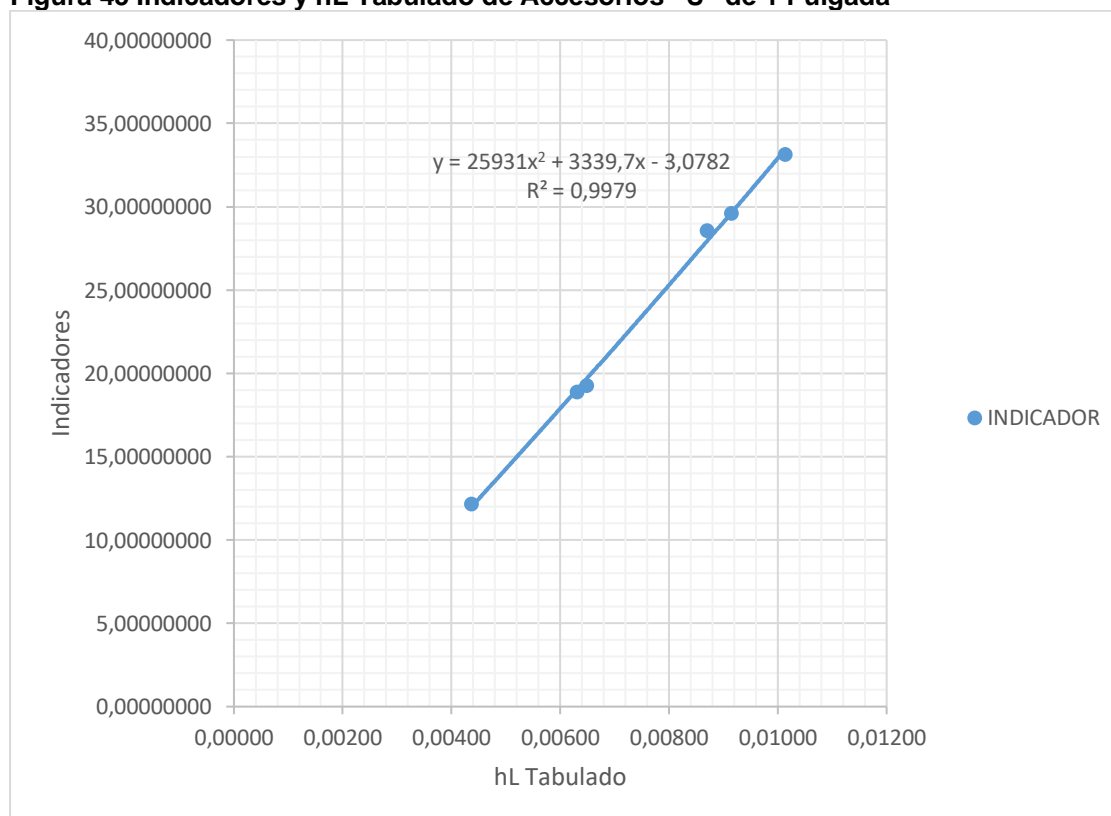
4.2.9.1 Gráficas de Indicadores y hL Tabulado de Accesorios de 1 Pulgada

Tabla 161 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios “U” de 1 Pulgada

CAUDAL (Q)	hL TABULADO	K TABULADO	K EXPERIMENTAL REAL	INDICADOR
0,000156	0,0101	0,9	10,95	12,16
0,000188	0,0091	0,9	17,01	18,89
0,000190	0,0087	0,9	17,36	19,29
0,000221	0,0064	0,9	25,73	28,58
0,000251	0,0063	0,9	29,84	33,16
0,000254	0,0043	0,9	26,65	29,61

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 45 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios “U” de 1 Pulgada



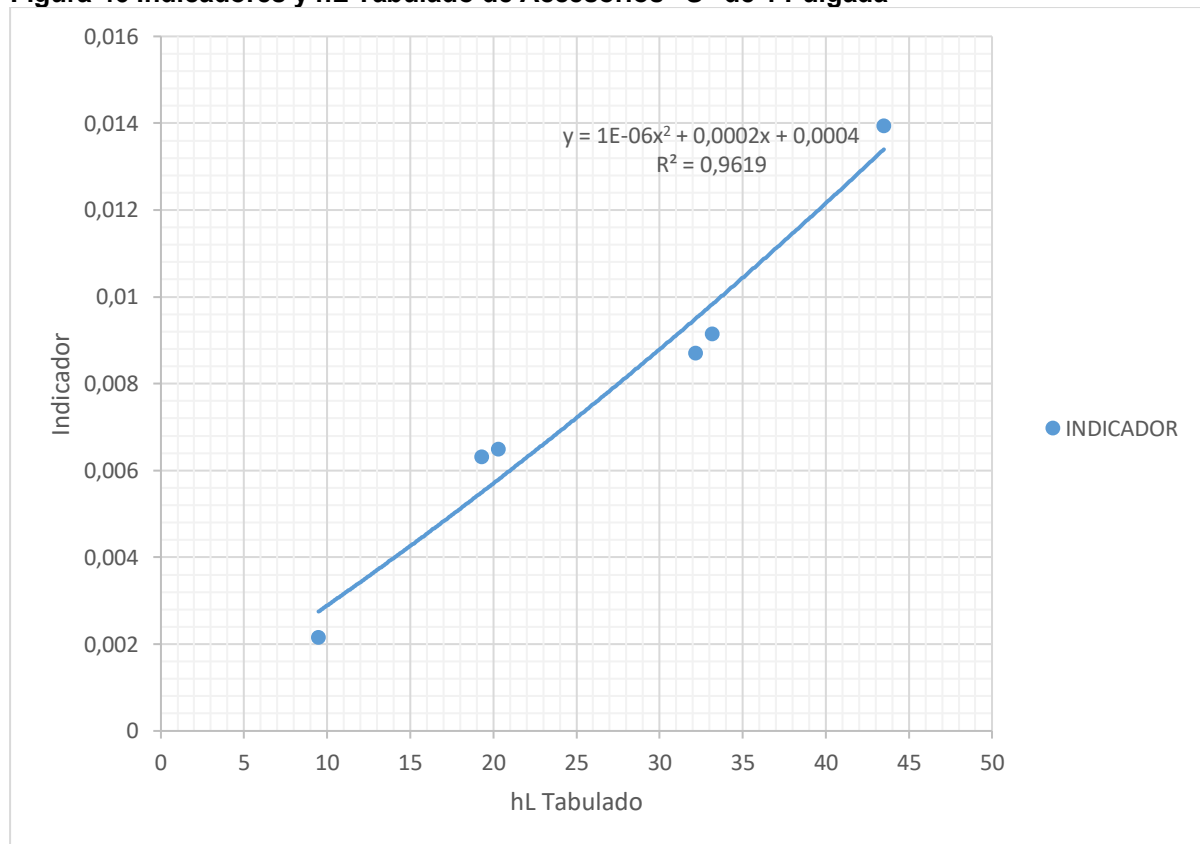
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 162 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios “S” de 1 Pulgada

CAUDAL (Q)	hL TABULADO	K TABULADO	K EXPERIMENTAL REAL	INDICADOR
0,000110	0,0139	0,9	8,53	9,48
0,000188	0,0091	0,9	17,35	19,27
0,000190	0,0087	0,9	18,25	20,28
0,000221	0,0064	0,9	28,94	32,16
0,000226	0,0063	0,9	29,8	33,16
0,000279	0,0021	0,9	39,14	43,49

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 46 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios “S” de 1 Pulgada



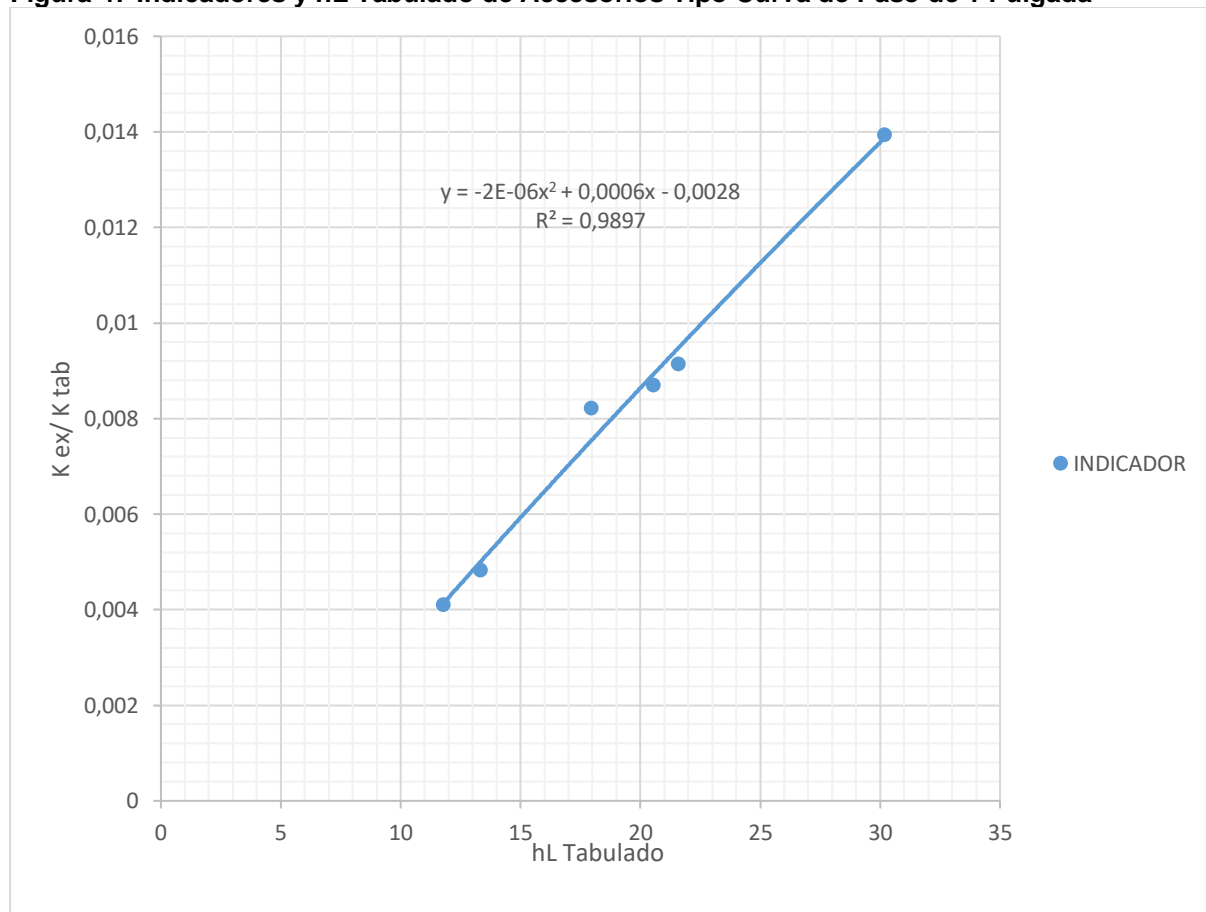
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 163 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada

CAUDAL (Q)	hL TABULADO	K TABULADO	K EXPERIMENTAL REAL	INDICADOR
0,00015	0,013	0,9	10,59	11,77
0,00016	0,009	0,9	11,98	13,32
0,00021	0,0087	0,9	16,15	17,95
0,00022	0,0082	0,9	18,48	20,54
0,00023	0,0048	0,9	19,41	21,56
0,00028	0,0041	0,9	27,16	30,18

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 47 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de Paso de 1 Pulgada



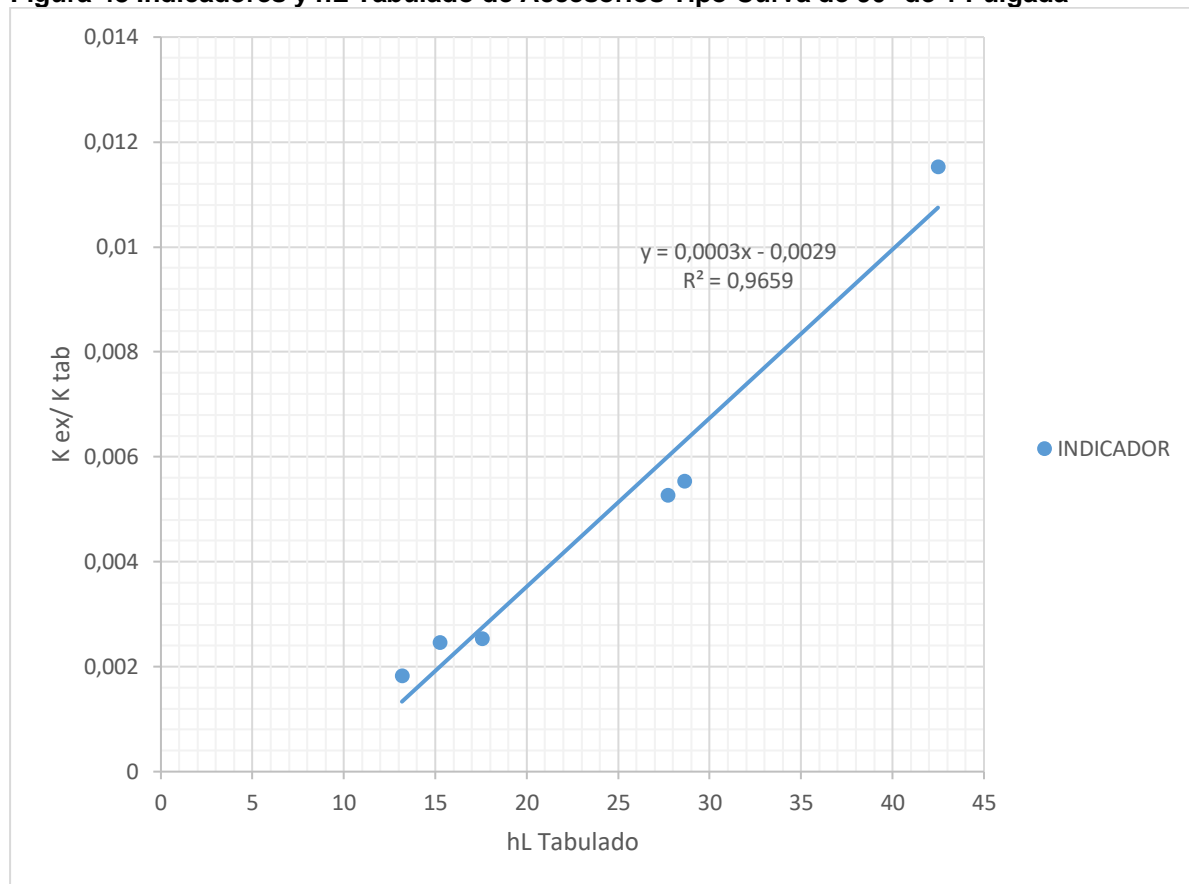
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 164 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de 90° de 1 Pulgada

CAUDAL (Q)	hL TABULADO	K TABULADO	K EXPERIMENTAL REAL	INDICADOR
0,00010101	0,011	0,9	11,86	13,17
0,000117371	0,0055	0,9	13,74	15,26
0,000119048	0,0052	0,9	15,81	17,57
0,000171569	0,0025	0,9	24,94	27,72
0,00017588	0,0024	0,9	25,76	28,62
0,000253807	0,0018	0,9	38,23	42,48

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 48 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de 90° de 1 Pulgada



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

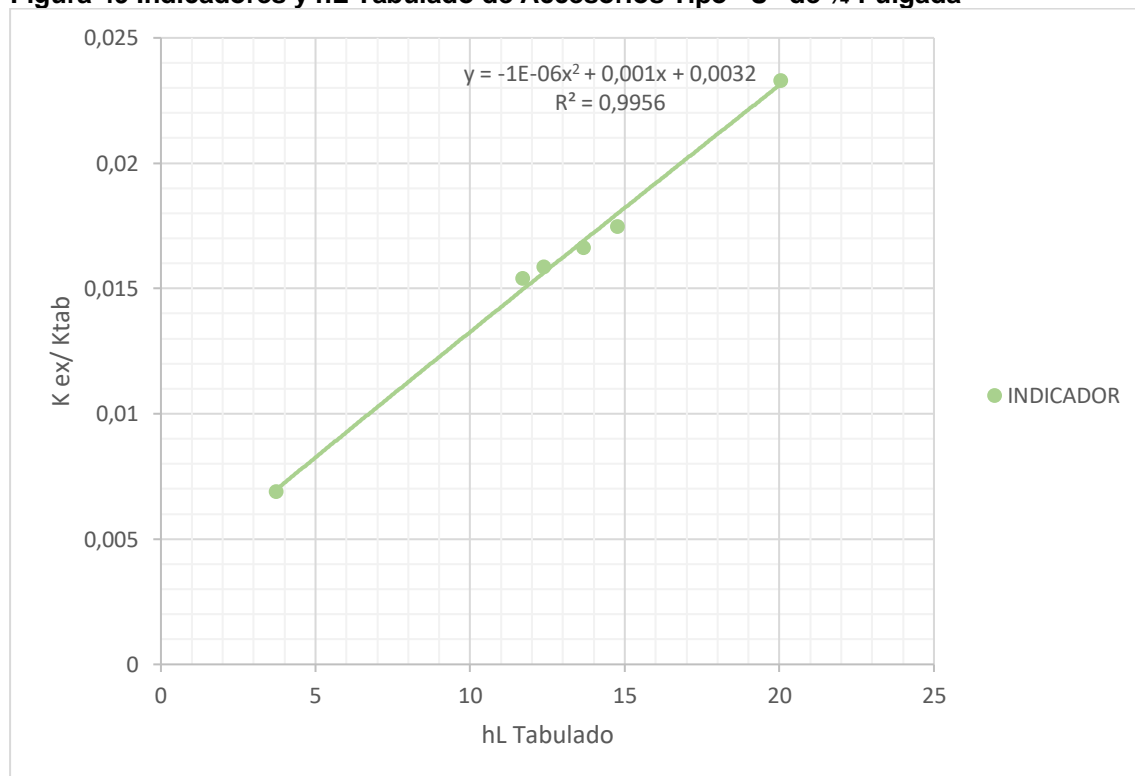
4.2.9.2 Gráficas de Indicadores y hL Tabulado de Accesorios de ¾ Pulgada

Tabla 165 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo “U” de ¾ Pulgada

CAUDAL (Q)	hL TABULADO	K TABULADO	K EXPERIMENTAL REAL	INDICADOR
0,00011050	0,023	0,9	3,35	3,72
0,000165094	0,017	0,9	10,52	11,69
0,000167464	0,016	0,9	11,13	12,37
0,000171569	0,015	0,9	12,30	13,66
0,000175879	0,015	0,9	13,28	14,76
0,000203046	0,006	0,9	18,03	20,04

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 49 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo “U” de ¾ Pulgada



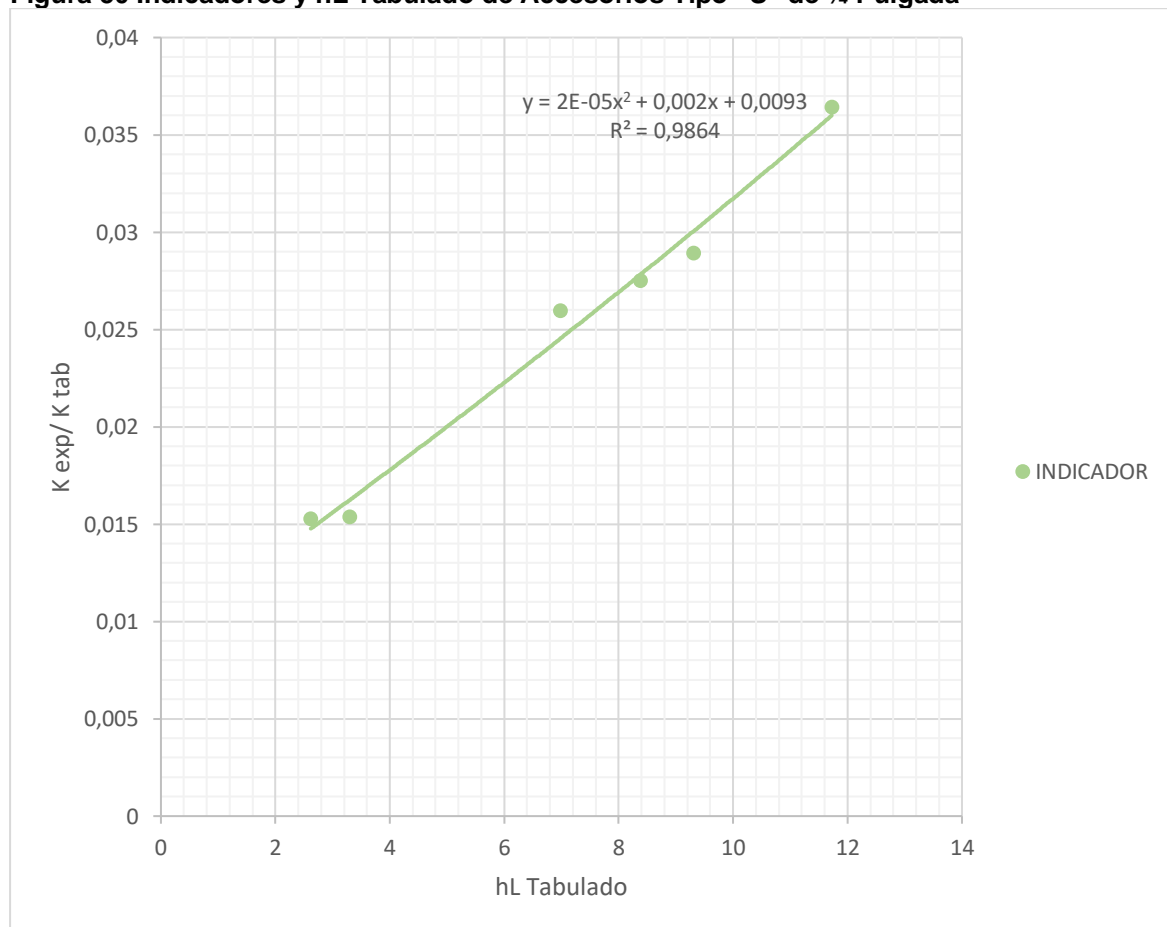
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 166 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo “S” de ¾ Pulgada

CAUDAL (Q)	hL TABULADO	K TABULADO	K EXPERIMENTAL REAL	INDICADOR
0,000164835	0,036	0,9	2,35	2,61
0,000164319	0,028	0,9	2,96	3,29
0,000214286	0,027	0,9	6,28	6,97
0,000220588	0,025	0,9	7,54	8,38
0,00022613	0,015	0,9	8,373	9,30
0,000253807	0,015	0,9	10,55	11,72

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 50 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo “S” de ¾ Pulgada



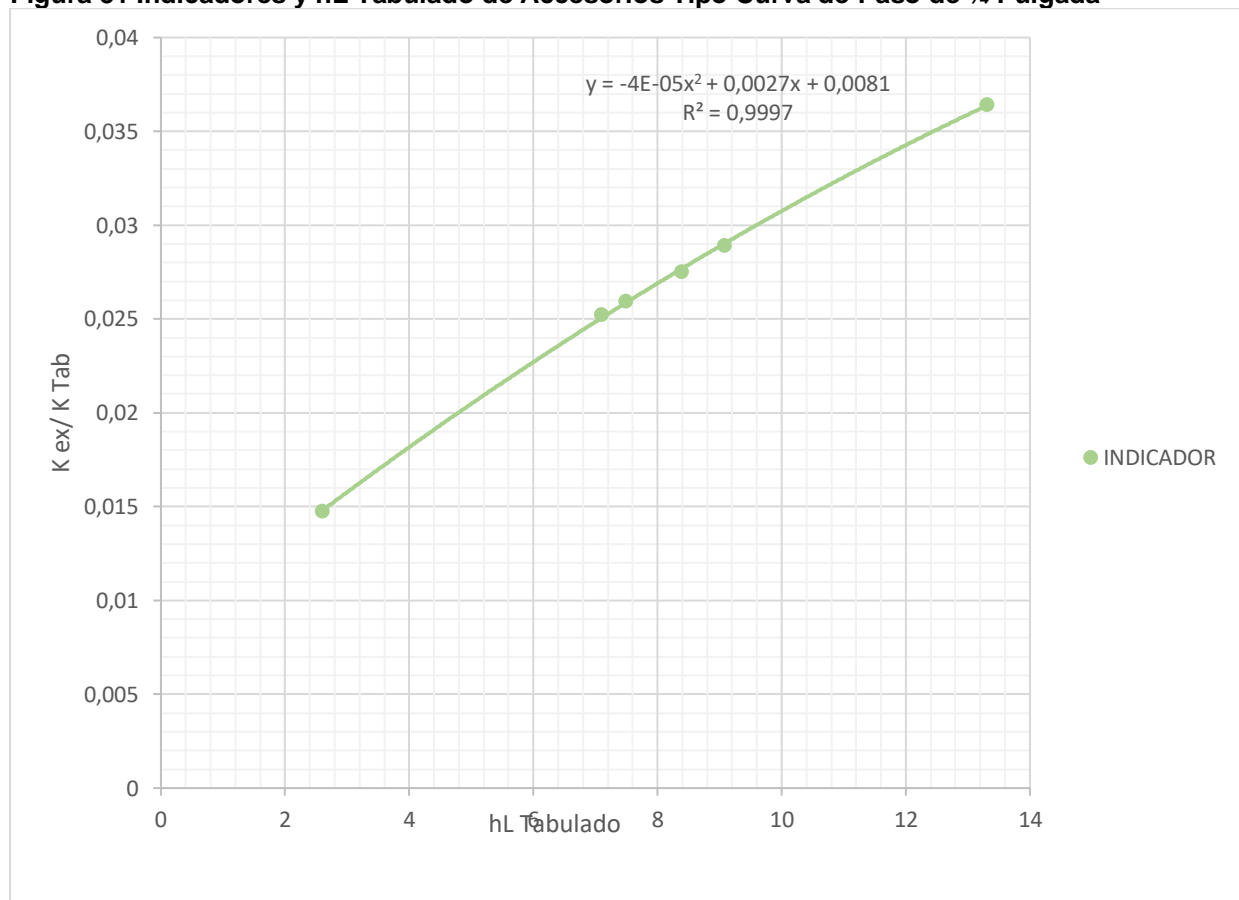
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 167 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada

CAUDAL (Q)	hL TABULADO	K TABULADO	K EXPERIMENTAL REAL	INDICADOR
0,00016162	0,036	0,9	2,34	2,60
0,000211268	0,028	0,9	6,39	7,10
0,000214286	0,027	0,9	6,73	7,48
0,000220588	0,025	0,9	7,54	8,380
0,000226131	0,025	0,9	8,16	9,07
0,000253807	0,014	0,9	11,97	13,30

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 51 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de Paso de ¾ Pulgada



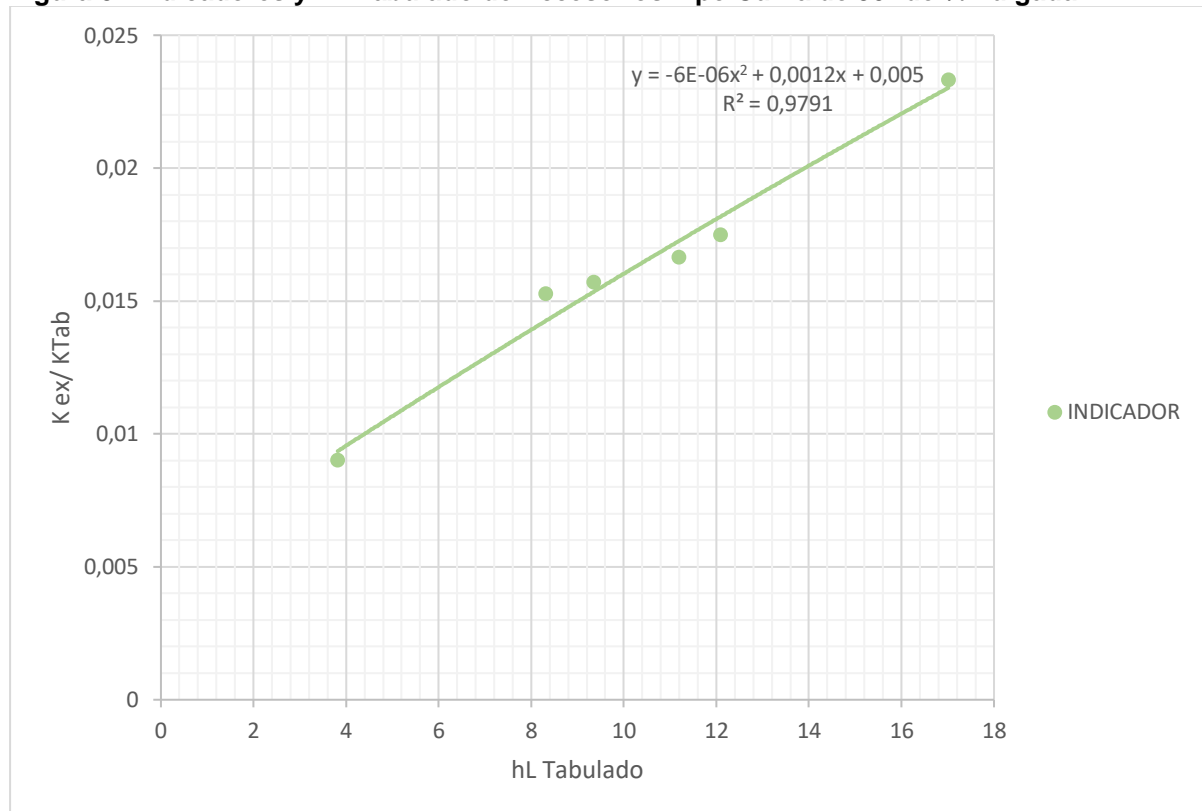
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 168 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de 90° de ¾ Pulgada

CAUDAL (Q)	hL TABULADO	K TABULADO	K EXPERIMENTAL REAL	INDICADOR
0,00012626	0,023	0,9	3,43	3,81
0,000164319	0,017	0,9	7,47	8,30
0,000166667	0,016	0,9	8,42	9,35
0,000171569	0,015	0,9	10,06	11,18
0,00017588	0,015	0,9	10,87	12,08
0,000203046	0,014	0,9	15,31	17,01

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 52 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de 90° de ¾ Pulgada



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

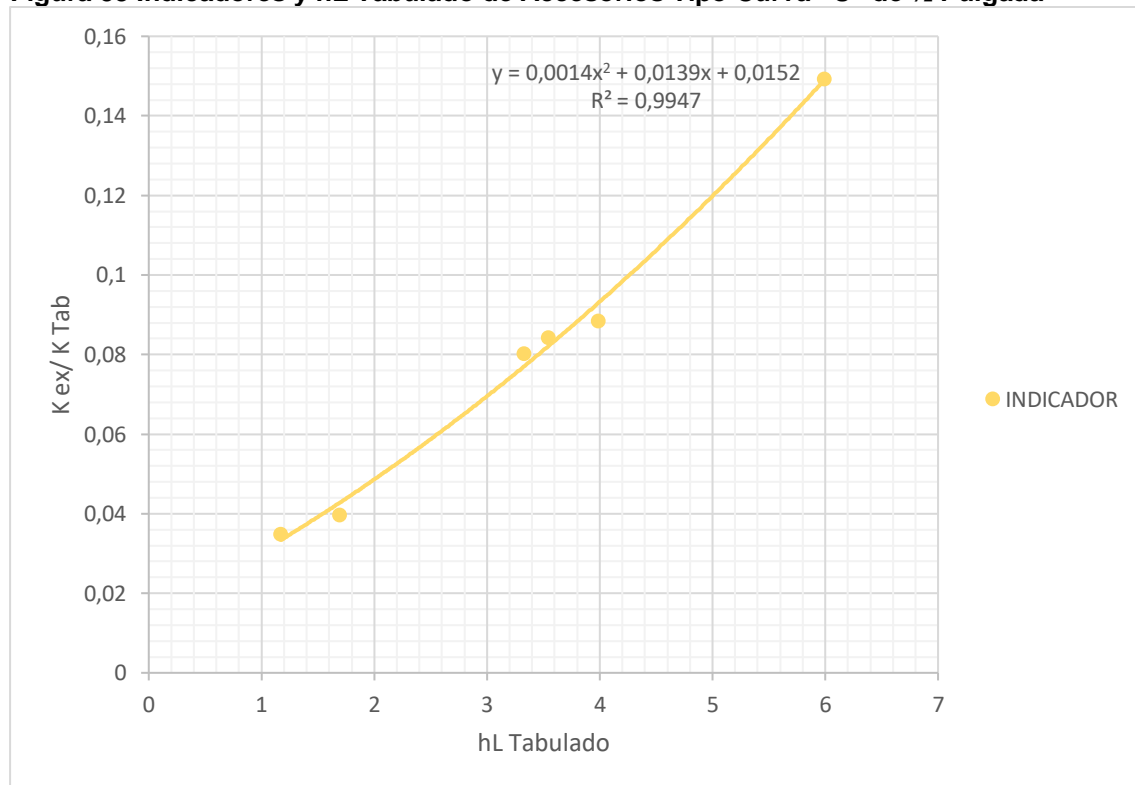
4.2.9.2 Gráficas de Indicadores y hL Tabulado de Accesorios de ½ Pulgada

Tabla 169 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva “U” de ½ Pulgada

CAUDAL (Q)	hL TABULADO	K TABULADO	K EXPERIMENTAL REAL	INDICADOR
0,00011	0,14	0,9	1,05	1,17
0,00012	0,08	0,9	1,52	1,69
0,00017	0,08	0,9	2,99	3,32
0,00017	0,08	0,9	3,18	3,54
0,00018	0,03	0,9	3,58	3,98
0,00023	0,03	0,9	5,39	5,99

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 53 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva “U” de ½ Pulgada



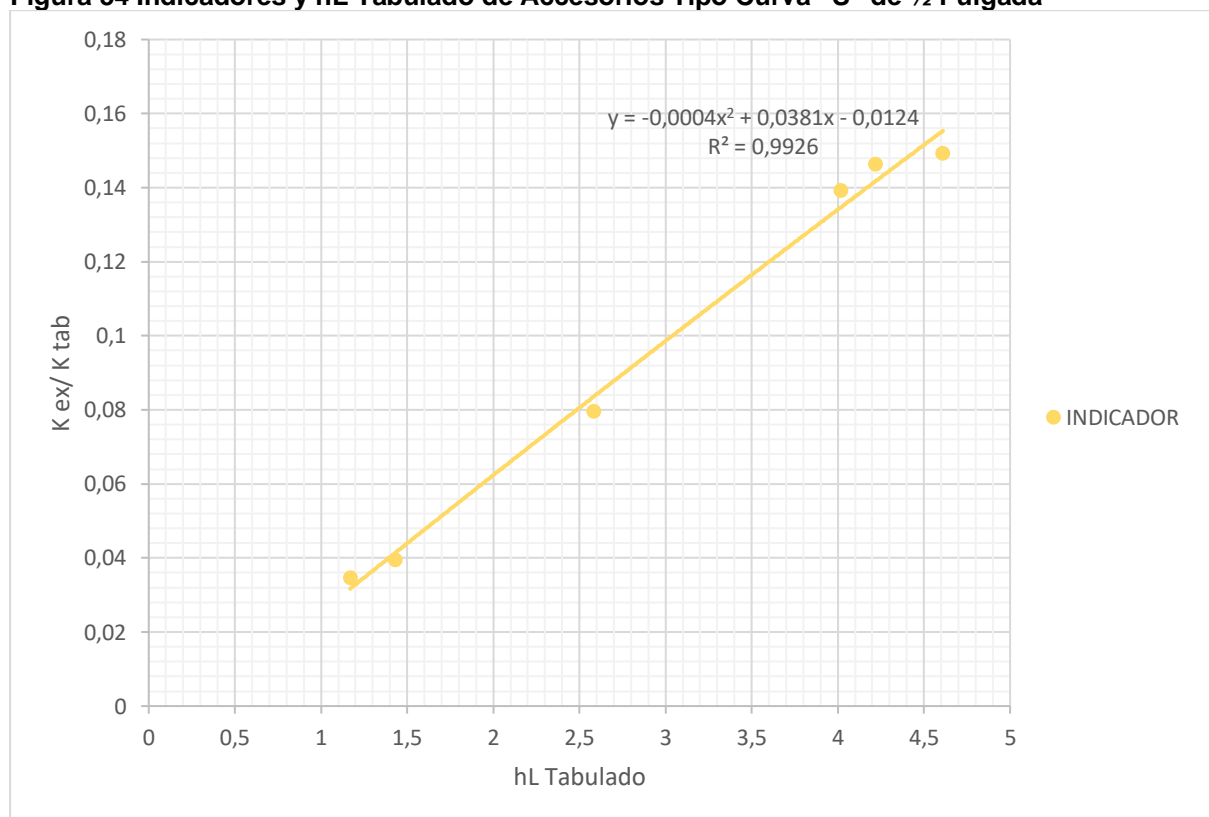
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 170 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva "S" de ½ Pulgada

CAUDAL (Q)	hL TABULADO	K TABULADO	K EXPERIMENTAL REAL	INDICADOR
0,000109890	0,14	0,9	1,05	1,16
0,000117371	0,14	0,9	1,28	1,43
0,000166667	0,13	0,9	2,32	2,58
0,000220588	0,07	0,9	3,61	4,01
0,000226131	0,03	0,9	3,79	4,21
0,000228426	0,03	0,9	4,14	4,61

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 54 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva "S" de ½ Pulgada



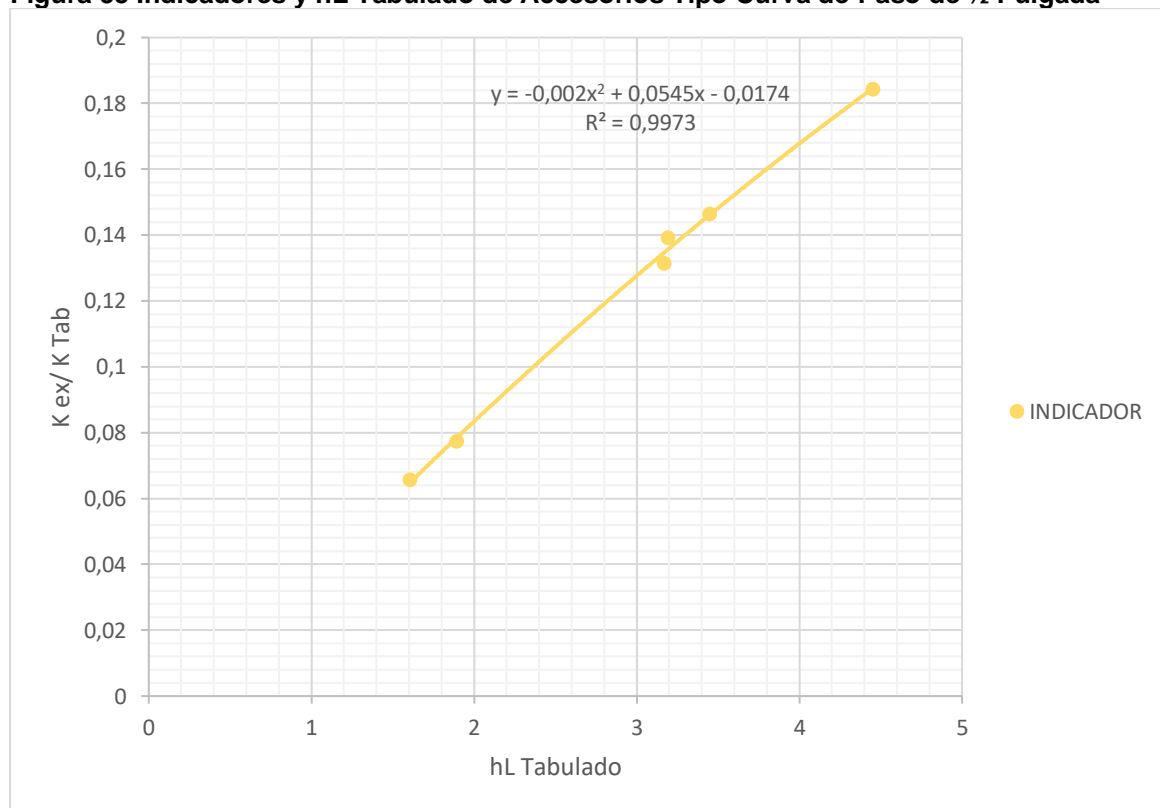
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 171 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada

CAUDAL (Q)	hL TABULADO	K TABULADO	K EXPERIMENTAL REAL	INDICADOR
0,00015	0,18	0,9	1,44	1,60
0,00016	0,14	0,9	1,70	1,89
0,00021	0,13	0,9	2,85	3,17
0,00022	0,13	0,9	2,87	3,19
0,00023	0,07	0,9	3,10	3,44
0,00025	0,06	0,9	4,01	4,45

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 55 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de Paso de ½ Pulgada



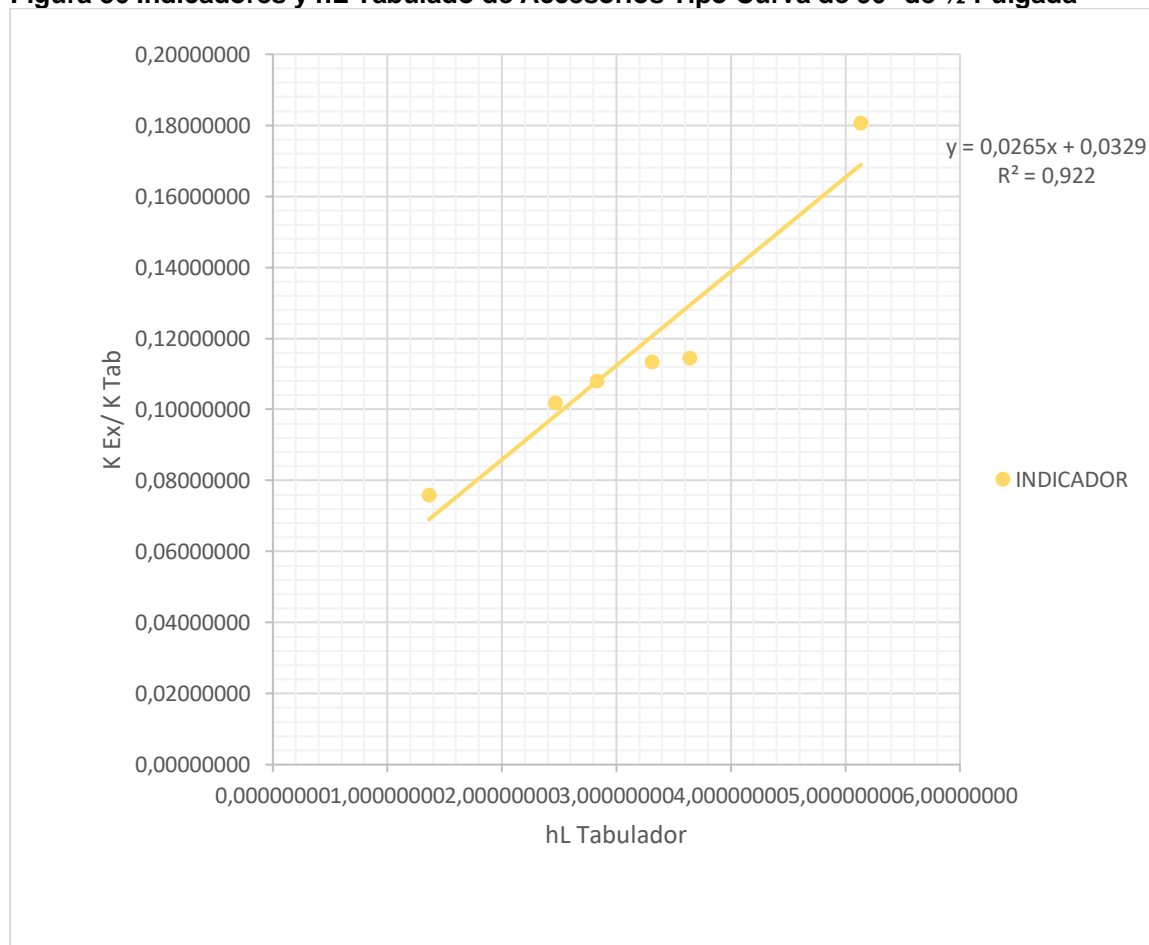
Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Tabla 172 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de 90° de ½ Pulgada

CAUDAL (Q)	hL TABULADO	K TABULADO	K EXPERIMENTAL REAL	INDICADOR
0,00013	0,18	0,9	1,22	1,36
0,00016	0,11	0,9	2,21	2,46
0,00017	0,11	0,9	2,54	2,83
0,00017	0,10	0,9	2,98	3,31
0,00018	0,10	0,9	3,27	3,64
0,00023	0,07	0,9	4,6	5,13

Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

Figura 56 Indicadores y hL Tabulado de Accesorios Tipo Curva de 90° de ½ Pulgada



Elaborado por: Martínez, I. & Perlaza, H (2023)

CONCLUSIONES

- El desarrollo de modelos gráficos y analíticos se ha mostrado como una herramienta valiosa para el estudio y análisis del sistema para los accesorios tipo curva. Estos modelos permiten comprender mejor el comportamiento de variables y factores relevantes, facilitando la toma de decisiones fundamentadas en datos y evidencia científica.
- La creación y evaluación de prototipos, junto con la experimentación de la resistencia al flujo en accesorios tipo curva, desempeñan un papel de suma importancia en el desarrollo y perfeccionamiento de estos elementos. Los prototipos experimentales proporcionan datos precisos y reales sobre el comportamiento del flujo en condiciones controladas, lo cual constituye un pilar fundamental para la optimización y diseño de estos accesorios en diversas aplicaciones industriales. La resistencia al flujo, un parámetro crítico que influye en la eficiencia energética y el rendimiento de los accesorios, adquiere una relevancia significativa. Por consiguiente, la investigación y la evaluación experimental se vuelven esenciales para garantizar un desempeño óptimo y la conservación de recursos en la implementación práctica.
- La verificación de la coherencia y solidez de los coeficientes de pérdida, derivados tanto de los experimentos realizados en el laboratorio FIIC como de las referencias establecidas en manuales, se posiciona como un ejercicio de vital importancia. Este proceso, en sí mismo, garantiza la validez y fiabilidad de los datos empleados en el diseño y análisis de sistemas de flujo. En esta sinergia, la colaboración entre instituciones académicas y organismos reguladores emerge como un componente esencial, ya que esta asociación asegura la vigencia y confiabilidad de los coeficientes de pérdida. Este esfuerzo conjunto se traduce en un entorno propicio para un desarrollo más sostenible y eficiente en la gestión de recursos, impulsando así la consecución de objetivos de alto valor en esta disciplina.
- En cuanto a la evaluación técnica y económica de los accesorios tipo curva distribuidos en el país es una tarea necesaria para garantizar la calidad, seguridad y competitividad de los productos en el mercado. La evaluación

técnica permite verificar que los accesorios cumplan con los estándares y normativas vigentes, asegurando su correcto funcionamiento y durabilidad. Por otro lado, la evaluación económica analiza la relación costo-beneficio de los accesorios, considerando factores como el precio, la eficiencia y el impacto en los procesos productivos.

- El coeficiente K depende del número de Reynolds, con base en los resultados obtenidos se puede observar que el flujo de la tubería no es un flujo turbulento completamente desarrollado.

RECOMENDACIONES

Basados en los resultados previamente discutidos, es evidente que la información recopilada tiene una relevancia crítica para la toma de decisiones informadas tanto por consumidores como por empresas al momento de seleccionar los accesorios adecuados para satisfacer sus requerimientos. Esto no solo promueve una competencia equitativa en el mercado, sino también un crecimiento sostenible. Se sugiere enfocarse en la difusión de estos hallazgos para impulsar la adopción de prácticas sustentables en el ámbito industrial.

La comparación meticulosa entre los resultados obtenidos a través de experimentación y los valores establecidos en manuales de referencia revela posibles discrepancias. La iteración y ajuste de modelos y estimaciones basados en estos datos permitirán alcanzar niveles superiores de precisión en las predicciones. Esta metodología es fundamental para optimizar la eficiencia energética y minimizar impactos ambientales en sistemas de transporte de fluidos, como las redes de agua. Se recomienda profundizar en la refinación de estos modelos a través de estudios adicionales.

Con el objetivo de establecer una base sólida para futuros sistemas de mayor envergadura, se sugiere encarecidamente la realización de estudios adicionales. Estos esfuerzos permitirán obtener resultados más realistas y aplicables, los cuales serán invaluable en contextos laborales más amplios. Se debe considerar la expansión de las investigaciones actuales para garantizar que los datos y estadísticas acumulados puedan ser aprovechados de manera efectiva en el diseño y desarrollo de sistemas de mayor complejidad.

Tras el análisis exhaustivo, se concluye que las marcas Hidrotubos y Tigre son altamente recomendables en el mercado ecuatoriano en lo que respecta a accesorios tipo curva. Estas marcas han demostrado mantener altos estándares de calidad y rendimiento, lo que respalda la integridad y eficacia de las redes de Agua Potable. Se aconseja continuar la evaluación y monitoreo de estas marcas en el futuro, manteniendo un enfoque en la calidad-tiempo.

La modelación analítica de accesorios tipo curva en sistemas de conducción de fluidos bajo presión requiere la aplicación de fórmulas y ecuaciones que describan el comportamiento fluido-dinámico en estos componentes. La pérdida de carga emerge como un parámetro crítico en estos análisis. Por lo tanto, se insta a conceder una atención constante a esta variable y profundizar en su estudio para una comprensión más precisa.

Se recomienda encarecidamente validar los resultados obtenidos mediante métodos analíticos mediante la confrontación con datos experimentales. La comparación entre resultados modelados y mediciones reales es esencial para asegurar la exactitud de los cálculos y para perfeccionar aún más el flujo en las tuberías. Además, es crucial tener en cuenta factores influyentes adicionales, como la rugosidad de la tubería, viscosidad del fluido y condiciones operativas, para obtener una comprensión completa y precisa del flujo en accesorios tipo curva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, R., & Espinoza, M. (2021). Diseño y simulación de un banco hidráulico didáctico para la determinación de pérdidas de energía por fricción del agua en tubería pvc y acero inoxidable.
- ARISTIZABAL, N. C. (2023). IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO HIDRÁULICO Y UN MANÓMETRO DE MERCURIO PARA ENSAYOS DE PÉRDIDAS ENERGÉTICAS POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS EN SERIE EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ. *repository.ucc.edu.co*.
- Domingo, A. (2011). *Universidad Politecnica de Madrid*. Recuperado el 2023, de <https://oa.upm.es/6934/1/amd-apuntes-fluidos.pdf>
- Duarte. (31 de Marzo de 2023). Recuperado el 2023, de <https://www.monumentocruzdeltercermilenio.cl/blog/trabajo/que-son-las-bases-legales-en-un-trabajo-de-investigacion.html#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20marco%20legal,naturaleza%20de%20la%20participaci%C3%B3n%20pol%C3%ADtica>
- EPMAPS. (Octubre de 2013). *AGUA POTABLE PARA VARIOS SECTORES DE CALDERÓN*. Recuperado el 2023, de <file:///C:/Users/USER/Downloads/6983802.pdf>
- Fuentes, A., & Macías, S. (2019). *Repositorio ULVR*. Recuperado el 2023, de Elaboración de un modelo matemático que permita calcular las pérdidas por fricción para tuberías PVC y PEAD para diámetros hasta 32 mm: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3499/1/T-ULVR-3079.pdf>
- Fundation, A. (15 de Diciembre de 2021). *Aquae Foundation*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/caracteristicas-agua-potable/>
- Ingeniería, F. d. (2012). *Universidad Nacional de Cuyo*. Recuperado el 2023, de <http://ingenieria.uncuyo.edu.ar/catedras/tablas-mdf20122.pdf>

- Jessica, D. (2022). *Universidad Tecnica de Cotopaxi*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9832/1/MUTC-001245.pdf>
- Jimenez. (Julio de 2017). *Hidraulica Facil*. Obtenido de <https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html>
- Lárraga, B. (2016). *Pontifia Universidad Católica del Ecuador*. Recuperado el 2023, de http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/BOL%C3%8DVAR%20PATRICIO%20L%C3%81RRAGA%20JURADO_.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- León, V. (2017). *Scielo*. Recuperado el 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662017000400014
- Lilia. (Septiembre de 2015). *Universidad Autonoma del Estado de México*. Recuperado el 2023, de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/35134/secme-21544.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MAGUIÑA, j. (2021). <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/>. Recuperado el 2023, de Análisis comparativo de costo, vida útil y calidad entre tuberías de PVC y HDPE en red de agua potable de la asociación de vivienda Santiago de Mazo - Végueta - Huaura, 2021: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6714/TESIS%20MAGUI%c3%91A%20RICRA%20JOSE%20GONZALO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Maria Garcia, C. G. (2020). La implicancia económica mediante Newton Rapshon para el desarrollo de un aplicación Android para el diseño del diámetro de tuberías a presión. *Aglala*, 149-168.
- Mello. (2021). *Universidad Complutense de Madrid*. Recuperado el 2023, de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/65336/1/T42283.pd>

- OMS. (6 de Agosto de 1997). *Guías para la calidad del agua potable*. Recuperado el 2023, de file:///C:/Users/USER/Downloads/9243545035-spa.pdf
- OMS. (22 de Marzo de 2023). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/22-03-2023-our-lifetime-opportunity-to-enable-water-sanitation-and-hygiene-for-all>
- Ortero, A. (2018). *Enfoques de Investigación*. Recuperado el 2023, de https://www.researchgate.net/profile/Alfredo_Otero_Ortega/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION_TABLA_DE_CONTENIDO_Contenido/links/5b6b7f9992851ca650526dfd/ENFOQUES-DE-INVESTIGACION-TABLADECONTENIDO-Contenido.pdf el, 14.
- Pereda, A. (2018). *Universidad Privada Antenor Orrego*. Recuperado el 2023, de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4442>
- Pirobloc. (10 de 01 de 2019). *Pirobloc*. Recuperado el 2023, de <https://www.pirobloc.com/blog-es/calculo-perdidas-carga/>
- Ponce, B. (2020). *Universidad Estatal del Sur de Manabí*. Recuperado el 2023, de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2282/1/BRAVO%20PONCE%20STEEVEN%20DANIEL.pdf>
- Ramirez, R. (2019). *Universidad Nacional Pedro Luis Gallo*. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/5278/BC-%203919%20RIVERA%20RAMIREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojano, F., Choi, C., & Collier, R. (2019). *Desarrollo de una red de tuberías de agua utilizada como sistema de enfriamiento por conducción aplicado a granjas lecheras*. doi:<https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2018.06.012>
- Roman. (2021). *Universidad Complutense de Madrid*. Recuperado el 2023, de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/65336/1/T42283.pdf>
- Sanitarias, I. E. (1998).
- Silverio. (2020). *Determinación de pérdidas de cargas en accesorios "k"*. ECUADORIAN SCIENCE JOURNAL VOL. 4,5.

- TECMAGA. (10 de Febrero de 2023). *TECMAGA*. Recuperado el 2023, de <https://www.tecmaga.com.mx/blog/febrero/tipos-de-tuberias.html>
- Toledo, D. (s.f.). *Universidad Autonoma del Estado de México*. Recuperado el 2023, de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/63099/secme26877.pdf?sequence=1>
- Tubería PVC*. (s.f.). (V. Group, Productor) Recuperado el 2023, de Direct Industry: <https://www.directindustry.es/prod/van-lande-bv/product-89109-854735.html>
- Vasco. (2020). *Hidraulica en Tuberías*. Recuperado el 2023, de <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2022-11-07-135357-LIBRO%20HIDRAULICA%20EN%20TUBERIAS%20Y%20ACCESORIOS.pdf>
- Villegas Leon, L. L. (2021). Una revisión de las metodologías para estimar el coeficiente de pérdidas en curvas de tuberías bajo flujo turbulento. *ecnología y ciencias del agua*, 42-111.
- Zambrano, M. (2019). *Universidad Estatal del Sur de Manabí*. Recuperado el 2023, de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1735/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2019-67.pdf>