

**CARACTERIZACIÓN TÉCNICA Y DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL  
ACUEDUCTO VEREDAL DE AGUA CRUDA PUENTE TABLA VEREDA  
RIOFRIO MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÁ DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

**RICARDO SUÁREZ SIERRA**

**ID 41241**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS**

**CENTRO REGIONAL ZIPAQUIRA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL**

**ZIPAQUIRA**

**2015**

**CARACTERIZACION TECNICA Y DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL  
ACUEDUCTO VEREDAL DE AGUA CRUDA PUENTE TABLA  
VEREDA RIO FRIO**

**RICARDO SUÁREZ SIERRA**

**ID 41241**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR**

**MAYID GENE BELTRAN**

**INGENIERO CIVIL**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS**

**CENTRO REGIONAL ZIPAQUIRÁ**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA INGENIERIA CIVIL**

**ZIPAQUIRÁ**

**2015**

## RESUMEN

En este trabajo se mostraron los pasos del estudio con el que se realizó el diseño de la red de abastecimiento de agua cruda para la comunidad del sector El banco vereda Rio frio.

Se enseñaron los criterios que se tuvieron en cuenta al momento de realizar los estudios para calcular la demanda del agua como también la metodología para obtener los resultados que se solicitan, el por qué se decidió obtener las muestras y la manera de su procesamiento para obtener los diseños solicitados.

La manera en que se procesaron las muestras necesarias para diseñar es otro aspecto importante debido a que se ponen en práctica muchos conocimientos obtenidos durante el transcurso de la carrera de ingeniería civil. El uso de esta agua es destinado para consumo doméstico, la capacidad y continuidad de abastecimiento es importante para brindar un sistema que este en la capacidad de ofrecer un servicio eficiente y de calidad, suficiente para todos los integrantes actuales y además de eso para los que en un futuro puedan integrarse al servicio, todo esto sin perder la efectividad del servicio.

Este proyecto busca dejar la posibilidad de una segunda etapa la cual se encargará de acoplar dispositivos de purificación de agua para consumo directo. El diseño que se presento fue realizado con ayuda del software especializado EPANET de licencia libre; este programa brindo un gran apoyo para la realización de los cálculos necesarios al momento de determinar el diámetro de las tuberías, los caudales que se deben garantizar y los demás temas relevantes para que el servicio esté disponible en todo momento aun en las horas pico.

El proyecto finalizo con el sistema de distribución abierta utilizando tuberías de 1.5" para la red de distribución y 2 pulgadas para la línea de aducción.

## **ABSTRACT**

In this paper we study showed the steps with which the network design raw water supply for the community sector Rio frio The village bank was performed.

The criteria taken into account when conducting studies to estimate water demand as well as the methodology for results that are requested, why was decided to obtain samples and how its processing to be taught the designs requested.

The manner in which the samples were processed needed to design is another important aspect because they are implemented much knowledge obtained during the course of a career civil engineering. The use of this water is destined for domestic consumption, capacity and continuity of supply is important to provide a system that is in the ability to provide efficient service and quality, sufficient for all current members and besides that for which in the future they can integrate the service, all without losing the effectiveness of the service.

This project seeks to leave the possibility of a second phase which will handle coupled water purification devices for direct consumption. The design that was presented was done with the help of specialized software EPANET free license; this program I offer great support for performing the necessary calculations when determining the diameter of the pipe, the flow must be guaranteed and other relevant issues that the service is available at all times even during peak hours.

The project ended with open distribution system using pipes 1.5 "to the distribution network and 2 inches for adduction line.

## INTRODUCCION

Al realizar la visita al sector El banco ubicado en la vereda rio frio se observó que existe la necesidad de diseñar una red de distribución de agua, debido a que el sistema que cumple esta función no tuvo un mínimo de estudios técnicos sobre su caudal, población y demanda, como consecuencia su diseño no alcanza a cumplir con los requerimientos mínimos de abastecimiento a la comunidad, todo esto a causa de la falta de capacitación sobre el tema a los fabricantes del acueducto que en este momento hace la distribución, el diseño presenta grandes deficiencias y limitaciones de cobertura. Enfocados en estos problemas se realizo un diseño que satisfaga las necesidades de la comunidad; utilizando las herramientas digitales como AutoCAD (licencia para estudiantes y educadores), EpaCAD, Epanet, encuestando a la comunidad sobre las actividades realizadas por las familias así como su número de integrantes y junto a la indagación legal pertinente, se realizaran varias simulaciones de funcionamiento para verificar que problemas se presentan y que soluciones se proponen para exponer sobre las ventajas y ganancias de tener una estructura tecnificada las cuales dependen de los criterios del diseñador. Este documento será fácil de interpretar ante cualquier diseñador familiarizado con el tema aunque la falta de datos recolectados años atrás sobre la condición de los afluentes de la zona, la no existencia de registros históricos sobre volúmenes de agua consumidos por los habitantes del sector disminuye la precisión del trabajo de campo.

## JUSTIFICACIÓN

La investigación sobre el proyecto tuvo como finalidad determinar si es viable mejorar la calidad del servicio de abastecimiento de agua cruda para el sector el banco vereda rio frio, los habitantes de este dependen actualmente del agua que pueden captar de la quebrada que recorre la curva llamada puente-tabla y es distribuida por un sistema de mangueras tipo acometida domiciliaria que se desprenden directamente del tanque que cumple la función de acopio del agua.

Por este mismo diseño su distribución es ineficiente, hay puntos donde no llega agua o llega en horas de la noche donde los usuarios no hacen uso del servicio.

La optimización al sistema de distribución de agua cruda para el sector el banco vereda rio frio mejorará el desempeño en las actividades diarias que dependan del servicio, abriendo la posibilidad a mejoras futuras. Con 24 familias inscritas y con la posibilidad de integrar 100 más, objetivo que con el sistema actual de distribución no se logra; inclusive este sistema no alcanza a abastecer a los usuarios actuales a plena cabalidad.

El proyecto dejará el precedente para la segunda etapa (implementación de sistemas de purificación de agua) los cuales con el sistema actual no se pueden ubicar debido a las altas irregularidades en el caudal que recibe cada usuario, el nivel de consumo de agua potable es muy bajo solo usado en la preparación de alimentos, limpieza de utensilios de cocina y el aseo. El agua usada para estos servicios no puede ser traída por una red de agua municipal debido a los costos, el acueducto veredal es la alternativa económica más viable para los integrantes de la comunidad.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Valorar y diseñar técnicamente la red de distribución de agua para el acueducto veredal, sector el banco Vereda Rio Frio.

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar el sistema de distribución existente para proyectar los rangos de consumo como red de agua potable.
- Establecer técnicamente la línea base de usuarios y proyectar la ampliación de la red para la población censada.
- Realizar el diseño de distribución y trazado de la red mediante un modelo viable para la proyección

## TABLA DE CONTENIDO

<b>2</b>	<b>DISTRIBUCIÓN DE AGUA</b> .....	2
2.1	TIPOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	3
2.1.1	RED DE DISTRIBUCIÓN ABIERTA.....	3
2.1.2	RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CERRADA O EN MALLA.....	4
<b>3</b>	<b>FACTORES DE DISEÑO</b> .....	5
3.1	TRAZADO DE LA RED.....	5
3.2	PRESIONES DE SERVICIO.....	5
3.3	VELOCIDAD DE DISEÑO.....	6
3.4	LOCALIZACIÓN DE LA TUBERIA.....	6
3.5.1	Método de continuidad de Bernoulli y ecuación general de la energía.....	7
<b>4</b>	<b>OTROS FACTORES DE DISEÑO</b> .....	9
4.1	Distribución de Caudales Iniciales.....	9
4.2	TRAZADO DE LA RED PRINCIPAL.....	9
4.3	CONEXIONES DOMICILIARIAS.....	9
<b>5</b>	<b>DESCRIPCION DEL PROBLEMA</b> .....	11
<b>6</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	12
	FASE 1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	12
	FASE 2. ESTUDIO DE LAS DEMANDAS.....	12
	FASE 3. ESTUDIO DE LA ALTERNATIVA.....	12
	FASE 4. DISEÑOS DE INGENIERIA.....	12
6.1	OBJETO DE ESTUDIO.....	13
6.2	INSTRUMENTOS.....	13
6.3	DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	13
6.4	HIPÓTESIS.....	14
<b>7</b>	<b>TRABAJO DE INGENIERIA</b> .....	15
7.1	DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIDAD Y DE LA ZONA DEL PROYECTO.....	15
7.1.2	Topografía,.....	15
7.1.3	Población,.....	15

7.1.3 Recursos hídricos, .....	15
7.1.4 Caracterización técnica del sistema de aducción y distribución existente .....	15
<b>8 DISEÑO CONCEPTUAL .....</b>	<b>21</b>
<b>9 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN .....</b>	<b>22</b>
9.1 ESTUDIO DE LA DEMANDA .....	22
9.2 Obtención de dotaciones futuras .....	22
9.2.1 Dotación neta: .....	22
9.2.2 Dotación bruta:.....	23
<i>Dbruta = Dneta1 – %P</i> .....	23
9.3 Obtención de los coeficientes de mayoración .....	23
9.3.1 Cálculo del caudal medio diario: .....	23
9.3.2 Cálculo del caudal máximo diario .....	24
9.3.3 Calculo del caudal máximo horario .....	25
<b>10 DESCRIPCIÓN Y PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO PROPUESTAS .....</b>	<b>26</b>
10.1 Presiones de diseño .....	26
<b>10.2 Trazado de la red de distribución .....</b>	<b>26</b>
10.3 Calculo hidráulico de la red de distribución .....	28
10.4 Simulación del comportamiento de la red .....	29
<b>11 ALTERNATIVAS DE DISEÑO PROPUESTAS.....</b>	<b>37</b>
<b>11.1 Cambio de la posición geográfica del tanque .....</b>	<b>37</b>
Figura 20. Simulación del acueducto con el tanque elevado .....	41
<b>11.2 Estación de bombeo .....</b>	<b>42</b>
11.2.1 Inconsistencias en la red .....	45
11.2.2 Beneficio/Costo tanque levado vs sistema de bombeo.....	46
11.2.3 consideraciones de seguridad y mantenimiento de la red .....	47
<b>13. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>13. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>52</b>

## TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Red de distribución.....	2
<b>Figura 2:</b> Red de distribución abierta.....	3
<b>Figura 3:</b> Red de distribución cerrada o en malla.....	4
<b>Figura 4.</b> Diagrama borde de calzada.....	6
<b>Figura 5.</b> Ecuación general de la energía.....	7
<b>Figura 6.</b> Ubicación geográfica bocatoma y tanque.....	16
<b>Figura 7.</b> Bocatoma en concreto.....	16
<b>Figura 8.</b> Tanque de distribución actual .....	17
<b>Figura 9.</b> Tanque de distribución actual (llegada de agua).....	17
<b>Figura 10.</b> Distribución tipo acometida domiciliaria.....	18
<b>Figura 11.</b> Simulación red de distribución actual.....	19
<b>Figura 12.</b> Vista aérea sector el banco vereda rio frio.....	27
<b>Figura 13.</b> Distribución de los usuarios y puntos de control para el sector el banco.....	27
<b>Figura 14.</b> Proyección del trazado de la red para el acueducto.....	28
<b>Figura 15.</b> Deficiencias en las presiones por punto de control.....	29
<b>Figura 16.</b> Deficiencia de presión con el diámetro aumentado a 2”.....	31
<b>Figura 17.</b> Detalles sección 1.....	33
<b>Figura 18.</b> Perfil longitudinal de cota sección 1.....	34
<b>Figura 19.</b> Perfil longitudinal de presión sección 1.....	34
<b>Figura 20.</b> Detalles sección 2.....	35
<b>Figura 21.</b> Perfil longitudinal de cota sección 2.....	35
<b>Figura 22.</b> Perfil longitudinal de presión sección 2.....	36
<b>Figura 23.</b> Simulación del acueducto con el tanque elevado.....	41
<b>Figura 24.</b> Perfil de presión sección 2.....	41

<b>Figura 25.</b> Perfil de presión sección 2.....	42
<b>Figura 26.</b> Simulación del acueducto con bomba.....	43
<b>Figura 27.</b> Velocidades resultantes.....	45



## 1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Los servicios públicos debido a ser una parte fundamental para la calidad de vida por este motivo se han realizado múltiples opciones para mejorar estos servicios en lo que a distribución de agua se refiere como Barriga, A, & Plazas, O, & Rivera, J. (2006) Desarrollan un sistema de distribución de agua potable para una comunidad que se proyecta para un grupo de viviendas de interés social, el objetivo de este estudio es brindar un servicio eficiente mediante un sistema de distribución mixto en malla y abierto para la mejora de la calidad de vida de los usuarios asumiéndose que la presión necesaria es suministrada por la empresa prestadora del servicio.

En este sentido Barriga, A, & Plazas, O, & Rivera, J no trabajan guiándose por las presiones necesarias exigidas por la normatividad RAS-2000, siendo el método de proyección de población estimado se puede tomar como referencia para el proyecto del acueducto veredal pero no es conveniente el manejo de asumir las presiones dadas por la empresa prestadora del servicio. Mientras que en oposición Ramirez S & Beltran Nuñez (2013) hicieron el estudio en el sector de Bosa del distrito capital para realizar la red de distribución, originalmente esta red presenta una deficiencia en sus presiones de servicio teniendo en cuenta que la altura de las viviendas demanda presiones de 10 a 50 m.c.a, para verificar la alternativa mas viable crean un análisis de distintos tipos de tuberías y los posibles trazados.

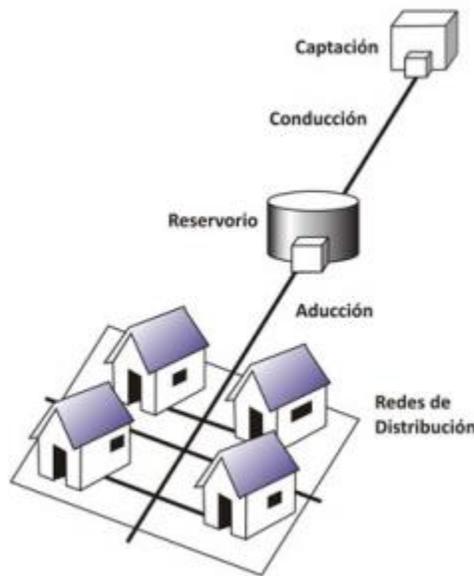
Adicionalmente este estudio se realiza para un sector urbano el cual cuenta con un terreno favorable e ideal para realizar una red de distribución cerrada, a pesar que el acueducto veredal no cuenta con un terreno favorable también se tienen problemas de presión y en estos proyectos se contempla que como mínimo las sean de más de 10 m.c.a.

Se realizó de igual forma la indagación en EAAAZ y se encontró que en el sector hay un problema de entendimiento entre las veredas Rio-Frio Y barro-blanco las cuales no dan un reconocimiento oficial de que el sector El banco pertenezca a alguna de ellas por este motivo no existe un respaldo para que se tomen en cuenta las peticiones realizadas, la comunidad se asume perteneciente a la vereda Rio Frio debido a que esta es la más cercana y por este motivo la empresa no ha iniciado un estudio de necesidades en el sector.

## MARCO TEÓRICO

### 2 DISTRIBUCIÓN DE AGUA

Figura 2: Red de distribución



**Fuente:** (<http://www.conversaciondeconservacion.com/agua/agua-su-generacion-y-distribucion/>)

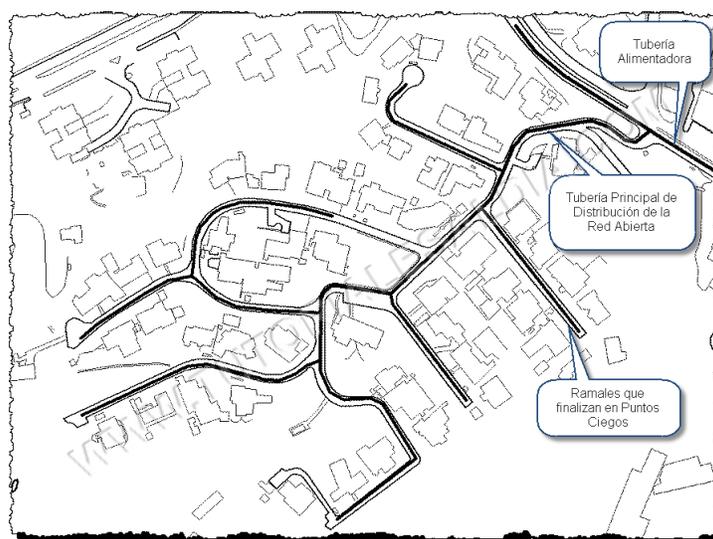
Se entiende por red de distribución al conjunto de tuberías cuya función es la de suministrar el agua potable a los consumidores de la localidad. La unión entre el tanque de almacenamiento y la red de distribución se hace mediante una tubería denominada “línea matriz”, la cual conduce el agua al punto o a los puntos de entrada a la red de distribución. El diseño depende de las condiciones de operación de la red de distribución tales como trazado, caudales y presiones de servicio. La red de distribución está conformada por tubería “principal” y de “relleno”. La red de tuberías principales es la encargada de distribuir el agua en las diferentes zonas de la población, mientras que las tuberías de relleno son las encargadas de hacer las conexiones domiciliarias. El diseño o cálculo de la red de distribución se hace sobre la red principal (Barriga, A, & Plazas, O, & Rivera, J. (2006)).

## 2.1 TIPOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

### 2.1.1 RED DE DISTRIBUCIÓN ABIERTA

Este tipo de red de distribución se caracteriza por contar con una tubería Principal de distribución (la de mayor diámetro) desde la cual parten ramales que terminarán en puntos ciegos, es decir sin interconexiones con otras tuberías en la misma red de distribución de agua (Barriga, A, & Plazas, O, & Rivera, J, (2006)).

**Figura 2:** Red de distribución abierta



**Fuente:** (<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/>, 2013)

La Figura 1 nos muestra un sistema de distribución en donde los ramales se desprenden de una tubería principal y no se interconectan en ningún punto, el sistema de red de distribución ramificada es muy simple, fácil de implementar y es el más económico. Al momento de realizar los cálculos se deben hallar las pérdidas de energía en las tuberías para los caudales que circulen, los valores de velocidad de flujo y sus correspondientes presiones. Tiene una desventaja y es que al momento que se presente una falla la sección aguas abajo de la válvula de control más cercana se quedará sin servicio hasta que el daño sea reparado. Este sistema es recomendado para sitios rurales donde es más práctico y viable económicamente mantener una simplicidad en el sistema (<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/>, 2013)

### 2.1.2 RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CERRADA O EN MALLA

En este tipo de red, se logra la conformación de mallas o circuitos a través de la interconexión entre los ramales de la Red de Distribución de Agua.

**Figura 3:** Red de distribución cerrada o en malla



**Fuente:** (<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/>, 2013)

La figura. 2, nos muestra un sistema de red de distribución cerrada este sistema es común en las ciudades la cual consiste en formar una malla de tubería, también es un poco más complejo de implementar y más costosa, y al momento de ser calculada se deben usar métodos iterativos como el método de Cross, pero cuenta con la ventaja de que si llegara a fallar solo se estará comprometida una pequeña sección debido a que cuenta con múltiples alternativas de flujo, esto garantiza mayor eficiencia y garantía del servicio (<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/>, 2013).

### 3 FACTORES DE DISEÑO

#### 3.1 TRAZADO DE LA RED

Según Barriga, & Plazas, & Rivera (2006), el trazado de la red debe obedecer a la conformación física de la población y por tanto no existe una forma predefinida. Hidráulicamente, se pueden establecer redes abiertas, redes cerradas o redes mixtas, dependiendo de las condiciones anteriores

- De mayor a menor diámetro. Este esquema puede ser usado en poblaciones pequeñas en donde por lo general no existe más de una calle principal. Tiene forma alargada e irregular. El diseño hidráulico de la tubería principal se hace como una red abierta.
- En árbol. Existe un tronco principal del cual se desprenden varias ramificaciones. El diseño hidráulico de las tuberías principales corresponde al de la red abierta, Barriga, & Plazas, & Rivera, (2006).

#### 3.2 PRESIONES DE SERVICIO

Tabla 1. Presiones de servicio mínimas según el nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Presión mínima (kPa)	Presión mínima (metros)
Bajo	98,1	10
Medio	98,1	10
Medio alto	147,2	15
Alto	147,2	15

Fuente: RAS 2000 título B tabla B.7.4

Como se puede observar en la tabla1, en lo posible, se debe mantener una presión de servicio en la red entre  $1.0 \text{ Kg/cm}^2$  y  $5.0 \text{ Kg/cm}^2$  (10 a 50 metros columna de agua) (Ras 2000, título B).

### 3.3 VELOCIDAD DE DISEÑO

Por lo general se debe diseñar con velocidades que estén comprendidas entre 0.9 y 1.5 m/s. En zonas rurales se es más flexible y se puede diseñar con velocidades entre 0.4 y 2.5 m/s. (Ramirez & Beltrán, 2013).

### 3.4 LOCALIZACIÓN DE LA TUBERIA

La tubería deberá tenderse a un lado de la calzada; en el caso de vías importantes. Si existen tuberías del acueducto se deberá instalar la tubería a una distancia horizontal de 3.0 metros. En caso de no poder cumplir lo anterior, se debe dar una protección adecuada a la tubería del acueducto como por ejemplo un recubrimiento con concreto (Ramirez & Beltrán, 2013).

**Figura 4:** Diagrama borde de calzada



**Fuente:** (tomada y modificada de manual tecnico de tubosistemas acuaflex 2014)

### 3.5 MÉTODO DE CÁLCULO

Se trabajara con la energía que posee el agua por unidad de peso, su interacción entre esta y las energías agregadas perdidas y removidas.

**Energía por unidad de peso:**

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g}$$

**Energía agregada, removida y perdida**

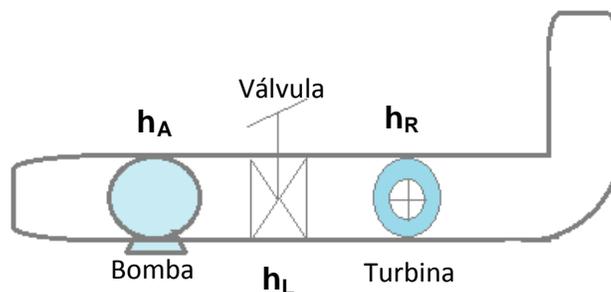
$$+h_A - h_R - h_L$$

Es importante que la ecuación se trabaje en orden del punto inicial hacia el punto final siguiendo el orden en la ecuación de derecha a izquierda debido a que en la sección izquierda el fluido trae una cantidad de energía por unidad de peso en la primera parte de la ecuación, el agua puede ganar energía  $h_A$  puede perder energía  $-h_R$  removerse energía  $-h_L$  antes de que el fluido alcance la sección 2 ya que en ese momento posee una cantidad diferente de energía.

### 3.5.1 Método de continuidad de Bernoulli y ecuación general de la energía

Debido a la simplicidad de la red con el método de continuidad de la energía se calculará la presión en cada punto de control junto con su caudal y velocidad respectiva y de forma directa asumiendo los diámetros mínimos permitidos por la norma ras 2000, la forma en tramos es ideal para este método. El método iterativo de Cross es más usado para redes cerradas por este motivo no será utilizado.

**Figura 5.** Ecuación general de la energía



**Fuente:** (Robert L, 2006)

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

**Fuente:** (Robert L, 2006)

**h<sub>A</sub>:** Energía añadida al fluido por un dispositivo mecánico como una bomba

**h<sub>R</sub>:** Energía retirada o removida por un dispositivo mecánico como una turbina

**h<sub>L</sub>:** Perdidas de energía ocasionada por la fricción en las tuberías o perdidas menores por válvulas y accesorios

## **4 OTROS FACTORES DE DISEÑO**

### **4.1 Distribución de Caudales Iniciales**

La distribución de los caudales iniciales se puede hacer por medio del concepto de nudos de carga o mediante una distribución uniforme repartiendo el consumo doméstico por metro lineal de tubería alimentada. En este último caso (por metro lineal de tubería), la hipótesis de alimentación de las tuberías deberá hacerse de acuerdo con la topografía de la zona, (Rosales, 2010).

### **4.2 TRAZADO DE LA RED PRINCIPAL**

El trazado de la red principal debe realizarse teniendo en cuenta las aéreas habitadas para que la distribución del agua se realice en los sectores que puedan ser poblados. Algunos factores determinantes son:

1. Puntos de mayor consumo: Se deben localizar los posibles puntos de mayor demanda, como por ejemplo, industrias, comercios.
2. Centro de masas: Deben ubicarse los puntos en donde ha de concentrarse la demanda anterior (Rosales, 2010).

### **4.3 CONEXIONES DOMICILIARIAS**

La conexión domiciliaría se hace a partir de la red distribución de 1.5" y consiste en una serie de elementos que permiten derivar el agua hacia el domicilio hasta la caja en donde se encuentra el medidor. De este punto en adelante, todas las obras son propiedad del dueño del domicilio. El diámetro de la tubería utilizada para la conexión domiciliaria depende de la presión de la red y del uso del agua dentro del domicilio. El diámetro mínimo es de ½" para vivienda unifamiliar y el máximo puede llegar hasta 2 ½" para vivienda multifamiliar (edificio con tanque central) (Rosales, 2010).

**Tabla 1. Diámetros mínimos en la red matriz**

<b>NIVEL DE COMPLEJIDAD</b>	<b>DIAMETRO MINIMO</b>
BAJO	64 mm (2,5")
MEDIO	100 mm (4")
MEDIO ALTO	150 mm (6")
ALTO	300 mm (12")

**Fuente:** Ras 2000 A.11.1.17.1

En la Tabla 2 podemos apreciar los diámetros mínimos de las tuberías para la red matriz sugeridas por la ras 2000 los cuales se ven discriminados según el nivel de complejidad.

**Tabla 2. Diámetros mínimos en la red de distribución**

<b>NIVEL DE COMPLEJIDAD</b>	<b>DIAMETROS MINIMOS</b>
BAJO	38,10 mm (1,5")
MEDIO	50 mm (2")
MEDIO ALTO	100 mm (4") COMERCIAL
	63,5 mm (2,5") RESIDENCIAL
ALTO	150 mm (6") COMERCIAL
	75 mm (23") RESIDENCIAL

**Fuente:** Ras 2000 A.11.1.17.2

En la Tabla 3 podemos apreciar los diámetros mínimos para las tuberías de la red de distribución discriminados por el nivel de complejidad sugeridas por la RAS 2000 con estos diámetros se puede realizar un cálculo inicial utilizando un diámetro aleatorio y ver el comportamiento del sistema.

## **5 DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

En el sector El banco ubicado en la Vereda Rio Frio existe una comunidad que carece de un suministro de agua eficiente y que le brinde a todos los usuarios inscritos en el acueducto con la presión necesaria para que el llegue en la cantidad suficiente, la mayoría de usuarios no cuenta con un tanque de reserva de modo que su servicio depende estrictamente de la presión ofrecida por el sistema. El problema se presenta en los puntos más lejanos de la red y en los puntos que presentan una cota cercana a la del tanque.

Debido a la antigüedad del sistema y que en un principio se construyo para 7 usuarios, se realizo de manera artesanal sin estudios ni proyecciones a futuro, el sistema actualmente no se ha remodelado.

Su configuración básica de distribución se conforma por una bocatoma lateral de la cual desprende una manguera que llega a un tanque de acopio de agua, de la salida de este desprende una tubería de 2.5" perpendicular al tanque de 3m de largo y de este sale parte acometida a cada punto, en varios casos recorriendo con ellas distancias que llegan a superar los 500 metros por usuario. Las mangueras utilizadas han sufrido daño por mala manipulación y deterioro por los años de uso sin mantenimiento, esto ocasiona que el sistema no tenga capacidad de incorporar mas usuarios dejando sin cobertura a muchos que no tienen otra fuente de abastecimiento y para poder adquirirlo realizan tomas directas desde la quebrada.

## **6 MATERIALES Y METODOS**

### **FASE 1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

- Compilación de información sobre el uso del agua de la comunidad
- Valoración topográfica de la zona
- Descripción de los recursos hídricos disponibles
- Caracterización técnica del sistema de aducción y distribución existente

### **FASE 2. ESTUDIO DE LAS DEMANDAS**

- Compilación de información para el estudio de las demandas
  - Realización del análisis de crecimiento poblacional
    - proyección de la población
  - Obtención de las dotaciones para la población proyectada
  - Calculo de las pérdidas del sistema
  - Obtención de los caudales
    - obtención del caudal máximo horario
    - obtención del caudal máximo diario
- Obtención del caudal de diseño (Barriga, A, & Plazas, O, & Rivera, J. (2006)).

### **FASE 3. ESTUDIO DE LA ALTERNATIVA**

- Descripción y pre-dimensionamiento de la alternativa
- Valoración de la alternativa

### **FASE 4. DISEÑOS DE INGENIERIA**

- Realización de los diseños de las estructuras de conducción para la red de distribución.
  - planteamiento de conclusiones
  - planteamiento de recomendaciones (Barriga, A, & Plazas, O, & Rivera, J. (2006)).

## **6.1 OBJETO DE ESTUDIO**

El estudio de este proyecto fue el diseño de la red de distribución de agua cruda, para el sector el banco, vereda Rio Frio ubicada en la ciudad de Zipaquirá, entre las coordenadas (N1003727.9911, E1047426.3554) y (N1002693.0587, E1047213.90047) con el objeto de suplir la necesidad de abastecimiento de la comunidad y optimizar la utilización del recurso.

## **6.2 INSTRUMENTOS**

En el desarrollo de este proyecto de investigación se determinó una secuencia de fases con la finalidad de simplificar el proceso y realizar con más facilidad un estudio de los datos compilados analizándolos y procesándolos con los instrumentos presentados a continuación:

- GPS garmin 60CSX
- Cronometro
- Balde con indicador de volumen para aforar
- Software EPANET
- Software Autocad

## **6.3 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

Las variables se consideraron teniendo en cuenta los aspectos que se pueden modificar o variar, de los cuales dependerá el desarrollo del diseño y cálculo del acueducto como lo son el caudal a distribuir el cual está en función de la población que se debe abastecer y la disponibilidad del recurso, el terreno el cual no posee una configuración plana o que permita trazados rectos en la mayoría de su recorrido y el trazado de la red que depende de la topografía de terreno a intervenir y adicionalmente si es terreno de uso público, privado o definido como servidumbre porque si es optimo para una sección del trazado atravesar un predio pero depende del consentimiento de su propietario.

## **6.4 HIPÓTESIS**

La red de distribución de agua del sector El banco requiere de una remodelación para aumentar su cobertura en 2,67km y así llegar a los 472 usuarios que no han podido hacer uso de el sistema, también necesita mejorar sus estructuras de captación y distribución para mejorar el servicio prestado a los 24 usuarios presentes y dar un servicio aceptable a los usuarios futuros.

## **7 TRABAJO DE INGENIERIA**

### **7.1 DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIDAD Y DE LA ZONA DEL PROYECTO**

Debido al nivel de complejidad que presenta la zona se pueden realizar los siguientes estudios:

#### **7.1.2 Topografía,**

El sector el banco de la vereda rio frio presenta elevaciones y ondulaciones de terreno parcialmente montañoso el cual no permite trazados directos ni rectos con pendientes promedio del 9% obtenidas mediante el perfil de elevación de google Earht

#### **7.1.3 Población,**

La población está conformada por 25 usuarios inscritos, (ver anexo 1) quienes conforman el acueducto veredal, en la actualidad cada usuario representa una familia de 4 habitantes en promedio, este promedio es asumido para facilidad en la simulación.

#### **7.1.3 Recursos hídricos,**

La principal fuente hídrica disponible en el sector El banco es la quebrada que pasa por el sitio llamado puente tabla, este cuerpo de agua transporta un caudal de 10L/S medición realizada por el autor en campo para fines de diseño en el mes de junio, época en la que en el sector se caracteriza por ser verano las mediciones en la época de invierno fueron realizadas por el señor Francisco Avendaño fontanero del acueducto quien mediante C.P suministro el dato que en las épocas de creciente el mayor caudal que se halla medido es de 16LPS.

#### **7.1.4 Caracterización técnica del sistema de aducción y distribución existente**

El sistema de aducción cuenta con una bocatoma lateral de medidas (1.05mX1.2mx0.40m), se encuentra a una altitud de 2873m.s.n.m.m obtenida por el autor con la ayuda de GPS garmin60CSX, coordenadas obtenidas ( **latitud:** 5°1'39.19"N **longitud:** 74°2'27.04"O), podemos ver su ubicación en la figura

**Figura 6.** Ubicación geográfica bocatoma y tanque



**Fuente:** Modificada y tomada de google earth 2014

**Figura 7.** Bocatoma en concreto



En la figura 4 se observa la estructura existente con la cual se capta un caudal de 1L/S y utilizando una manguera de  $\frac{3}{4}$ " que recorre una distancia aproximada de 893m hasta el tanque de distribución, está elaborada en mampostería con pañete y cuenta con una rejilla de entrada del agua y una salida que se encuentra en un evidente estado de desgaste motivo por el cual para evitar la fuga de agua tiene ubicado a modo de retenedor lonas de plástico que es a su vez son ajustadas con la ayuda de varas pequeñas de madera, su mal estado solicita una reparación o una demolición y posterior remplazo

**Figura 8.** Tanque de distribución actual



En la figura 5 se observa el tanque que es la estructura utilizada para recolectar el agua que luego será distribuida a los usuarios de la red, este tanque está elaborado en mampostería.

**Figura 9.** Tanque de distribución actual (llegada de agua)



En la figura 6 se observa el ingreso del agua al tanque por medio de un tubo de 1.5". Este tanque se encuentra a una altitud de 2858m.s.n.m obtenida por el autor con la ayuda de GPS garmin60CSX, coordenadas obtenidas ( **latitud:** 5°1'19.32"N **longitud:** 74°2'44.38"O),

Con unas medidas de 1.5mX3mX4m aproximadamente 20m<sup>3</sup>, desde este punto se distribuye para cada usuario utilizando una manguera de ½" que parte de un tubo de 2" tipo acometida domiciliaria, está construido en mampostería pañetada en el exterior en su parte interior la mampostería se encuentra expuesta, se nota su desgaste pero no se observan fugas sería favorable colocar el pañete del interior y realizar un mantenimiento del pañete exterior

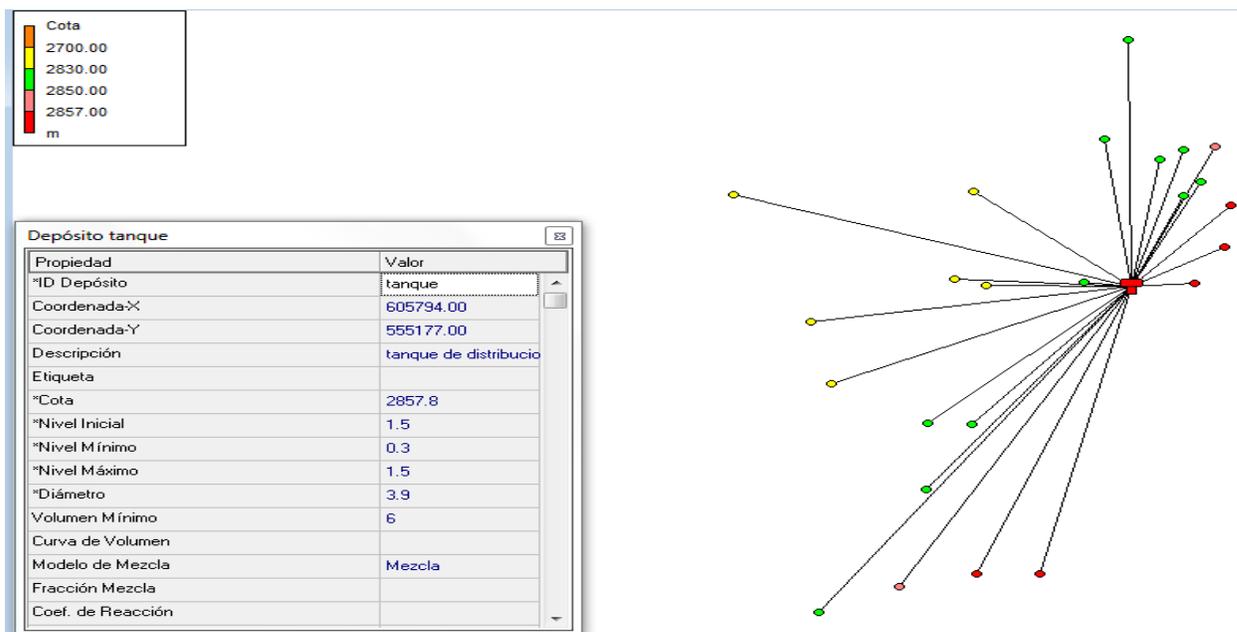
**Figura 10.** Distribución tipo acometida domiciliaria



En la figura 7 se observa la manera como se distribuye el agua a las viviendas este método se utiliza cuando se realiza una acometida domiciliaria y no es la manera más eficiente de transportar el agua, las instalaciones no presentan fugas pero si se observan algunas conexiones desconectadas totalmente y otras cerradas.

Al realizar el montaje de esta red en el programa Epanet se encontró que los sitios con mayores faltas de presión son los sectores que tienen una cota muy cercana a la cota del tanque como se puede observar en la figura 8.

**Figura 11.** Simulación red de distribución actual



Fuente: tomada y modificada de EPANET

Los datos arrojados por EPANET utilizando un caudal de consumo promedio de 0.042 L/S, valor obtenido dividiendo el caudal real de llegada al tanque de distribución que es de 1 L/S entre los 24 usuarios. (Se decidió ignorar las ondulaciones en el terreno mencionadas debido a que se desconoce el recorrido real de estas mangueras, llevan más de 10 años bajo tierra y gran parte de ellas está sepultada bajo la vía principal pavimentada conociéndose únicamente su punto de destino)

**Tabla 4. Datos de presión por usuario**

<b>Tabla de Red Nudos</b>			
	<b>Cota</b>	<b>Demanda</b>	<b>Presión</b>
ID Nudo	m	LPS	m.c.a
Conexión javiersilva3	2843	0.04	15.83
Conexión mauriciogaleano	2861	0.04	-2.45
Conexión donfransisco	2857	0.04	1.37
Conexión marthalizzy	2861	0.04	-1.79
Conexión flormarina	2846	0.04	13.13
Conexión pedrobermudez	2836	0.04	22.47
Conexión marinacaisedo	2835	0.04	23.17
Conexión alvarotriana	2837	0.04	21.65
Conexión luismedardo	2848	0.04	11.19
Conexión mariaedelmira	2846	0.04	13.09
Conexión fidelmuñoz	2852	0.04	7.07
Conexión josemartines	2806	0.04	52.26

**CONTINUA PAGINA SIGUIENTE**

<b>Tabla de Red Nudos</b>			
	<b>Cota</b>	<b>Demanda</b>	<b>Presión</b>
ID Nudo	m	LPS	m.c.a
Conexión demetrio espejo	2820	0.04	39.08
Conexión rosa alarcon	2812	0.04	46.75
Conexión javiersilva2	2786	0.04	73.04
Conexión javiersilva	2800	0.04	58.20
Conexión famnavarrete	2826	0.04	32.48
Conexión famcaisedo	2830	0.04	28.18
Conexión juanvelasco	2841	0.04	17.87
Conexión lijicaisedo	2839	0.04	19.24
Conexión alveiroolaya	2866	0.04	-7.95
Conexión carlosjulio	2859	0.04	-0.51
Conexión jairovelandia	2854	0.04	4.26
Conexión hambalo	2842	0.04	16.00
Depósito tanque	2857	-0.98	1.50

Fuente: Tomada y modificada de EPANET

Teniendo en cuenta que no todos los puntos se encuentran activos se tomó un caudal promedio para facilidad de cálculo de las presiones para los 24 puntos y se asume que todos se encuentran operativos, esto con el objetivo de poder comparar el desequilibrio de presiones

Se puede determinar con facilidad que en algunos puntos existen presiones muy elevadas y por el contrario existen puntos donde el agua no tiene la presión suficiente para subir 1m de altura. Por este motivo se presenta el desabastecimiento en los puntos más altos, también el escaso suministro a los puntos más cercanos a la cota del tanque y el daño en las mangueras de los puntos más bajos presumiblemente por causa del exceso de presión, estos puntos que presentan estos daños se encuentran suspendidos en la actualidad.

## **8 DISEÑO CONCEPTUAL**

De acuerdo con la cantidad de integrantes es importante contar con un abastecimiento de agua tecnificado, que obtenga eficientemente, de manera sostenible los recursos eco-sistémicos que se solicitan. Por eso se presenta el diseño de este de acuerdo con las necesidades de consumo de la población, este proyecto tiene un nivel de complejidad bajo según lo establecido con la ras 2000 A.3.1 sobre niveles de complejidad del sistema. Este nivel se establece por un número de 24 habitantes según la conformación legal del sistema de acueducto, más los 100 usuarios que se proyectaran dando un total de 124 núcleos familiares. Dadas las condiciones de diseño de la red, siendo un diseño no tecnificado de la red de distribución y la falta de planeación para su operación y mantenimiento se presentan problemas en la limpieza, reparaciones, distribución, abastecimiento y la cobertura a posibles nuevos usuarios, todo esto por la inexistencia de los estudios necesarios para prever estas situaciones y la falta de la estructura física que soporte todo el requerimiento en el sistema.

Siendo una zona rural con poca densidad poblacional, una red de distribución abierta o ramificada es lo más recomendable implementándose un sistema de distribución no convencional basado en la distribución entre usuarios la simplicidad del sistema, su fácil cálculo, mantenimiento e implementación son necesarios para el desarrollo del proyecto.

## **9 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN**

### **9.1 ESTUDIO DE LA DEMANDA**

Para la estimación de la demanda entre los usuarios actuales e inscritos en el acueducto y los que forman parte del sector el banco que no está haciendo uso actualmente del servicio asumiéndose como clientes potenciales se decidió asumir que todos los puntos están activos y que aparte se realizará la integración de 124 nuevos puntos. No se utilizan los estándares de la ras 2000 para estimación de población debido a que está muy por debajo del mínimo que la norma establece para el cálculo, también el hecho que no exista un conteo histórico por sectores, únicamente encontrándose un conteo global por veredas, Por esto se asume un nivel de complejidad bajo.

Teniendo en cuenta que en la red de distribución de la comunidad el banco están inscritos 24 usuarios y en algunos de ellos existe el punto de agua mas no hay ninguna vivienda construida utilizándose para llenar tanques en mampostería de aproximadamente  $1\text{m}^3$ .

También existe una consideración adicional realizada por la comunidad la cual es realizar la red de distribución como si se tratara de un acueducto de agua potable contemplando la opción de adaptar un suministro de agua potable en el futuro.

### **9.2 Obtención de dotaciones futuras**

Como se determinó un sistema de complejidad bajo se tomaron los valores de dotación bruta y la dotación neta para dicha complejidad.

#### **9.2.1 Dotación neta:**

Según el ras 2000 título A artículo 67, el cual fue modificado por la resolución 2320 de 2009 las dotación para un nivel de complejidad baja es de 90(L/hab.dia)

### 9.2.2 Dotación bruta:

La dotación bruta Según la resolución 2320 de 2009 sin importar su nivel de complejidad se calculara con la siguiente ecuación.

$$D_{bruta} = \frac{D_{neta}}{1 - \%P}$$

Dónde:

$D_{bruta}$ = dotación bruta

$D_{neta}$ = dotación neta

$\%P$ = pérdidas técnicas máximas admisibles

Teniendo en cuenta el artículo 67 de la resolución 2320 del 2009 para las perdidas en la red de distribución se tomara un valor del 25%, ya que no existen antecedentes históricos de control se utilizará este valor que es el valor establecido como perdidas máximas.

Y resolviendo obtenemos:

$$dotación\ bruta = \frac{90(L/hab.\ dia)}{1 - 25\%}$$

$$Dotación\ bruta = 120(L/hab.\ dia)$$

## 9.3 Obtención de los coeficientes de mayoración

### 9.3.1 Cálculo del caudal medio diario:

Para los integrantes de la comunidad del sector el banco se proyectará una población de 124 núcleos familiares con un promedio de 4 integrantes cada uno lo que nos da un total de 496 habitantes, y según la normatividad RAS 2000 independientemente del nivel de complejidad el Qmd se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Qmd = \frac{Poblacion \times Dotacion\ Bruta}{86400}$$

En donde:

$$Qmd = \text{caudal medio diario}$$

**Población**= número de habitantes a beneficiar

Por lo tanto reemplazando para una población de 496 habitantes una dotación bruta de 120(L/s) con la ecuación se obtuvo

$$Qmd = \frac{496 \times 120(L/hab. dia)}{86400}$$

$$Qmd = 0,69 L/s$$

### 9.3.2 Cálculo del caudal máximo diario

Para este cálculo se utiliza el caudal medio diario y el coeficiente de consumo máximo diario con lo que la ras 2000 indica que el cálculo se realiza con la siguiente ecuación:

$$QMD = Qmd \times k_1$$

En donde:

**QMD**= caudal máximo diario

**Qmd**= caudal medio diario

**k<sub>1</sub>**= coeficiente de consumo máximo diario

Por lo tanto realizando el remplazo del valor de Qmd obtenido que es de 0,69 L/s y el coeficiente de consumo máximo diario que para el nivel de complejidad bajo da un valor de 1,3 obtenemos:

$$QMD = 0,69L/s \times 1,3$$

$$QMD = 0,9L/s$$

### 9.3.3 Calculo del caudal máximo horario

Para hallar este valor se utilizó el valor del QMD y el valor del consumo máximo horario los cuales se involucran en la siguiente formula dada por la ras 2000:

$$QMH = QMD \times k_2$$

Dónde:

**QMH**= caudal máximo horario

**QMD**= caudal máximo diario

**K<sub>2</sub>**= coeficiente de consumo máximo horario

Y por tanto remplazando el valor de caudal máximo diario de 0,9L/s y el coeficiente de consumo máximo horario que para nivel de complejidad bajo según ras es de 1,6 por lo tanto obtenemos:

$$QMH = 0,9 \text{ L/s} * 1,6$$

$$\boxed{QMH = 1,43 \text{ L/s}}$$

Obtenemos un caudal que se deberá distribuir es de 1,43 L/s, en el aforo realizado al caudal de llegada en al tanque es de 1 L/s siendo insuficiente para satisfacer a la comunidad, existiendo la necesidad de ampliar las estructuras de almacenamiento y distribución.

## **10 DESCRIPCIÓN Y PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO PROPUESTAS**

Para realizar el planteamiento de la alternativa y lograr los objetivos propuestos en el siguiente trabajo de investigación se realizó un análisis de los siguientes lineamientos que determinaron el diseño de la red.

### **10.1 Presiones de diseño**

Teniendo en cuenta la RAS 2000 en la tabla para presiones de diseño B.7.4 dice que para un nivel de complejidad bajo la presión mínima es de 98,1Kpa o 10 m.c.a (metros columna de agua) este es el que se usará al momento de realizar el diseño debido a la poca energía disponible en el sistema causada por la ubicación del tanque de distribución que no se encuentra a la altura necesaria.

### **10.2 Trazado de la red de distribución**

Para realizar la búsqueda de un trazado ideal para el recorrido se recurrió en primera instancia a la cartografía elaborada por el IGAC con el objetivo de buscar las curvas de nivel ubicadas en el sector, pero al momento de revisar se encontró que por el sector únicamente cruzaban 2 curvas de nivel cada una con una separación considerable (ver anexo 2) no pudiéndose obtener una cuantificación precisa de todos los puntos de control, en su defecto se recurrió a tomar los puntos de control con ayuda del GPS garmin60CSX el cual dio la posibilidad de tomar los puntos libremente con sus respectivas coordenadas y cotas, este instrumento también da la posibilidad de exportar los archivos con la finalidad que diferentes software puedan reconocerlos, para finalmente poder ser ubicada mediante la fotografía satelital de google earth además de esto se pueden trazar rutas entre los puntos deseados y obtener un perfil de elevación de las rutas,

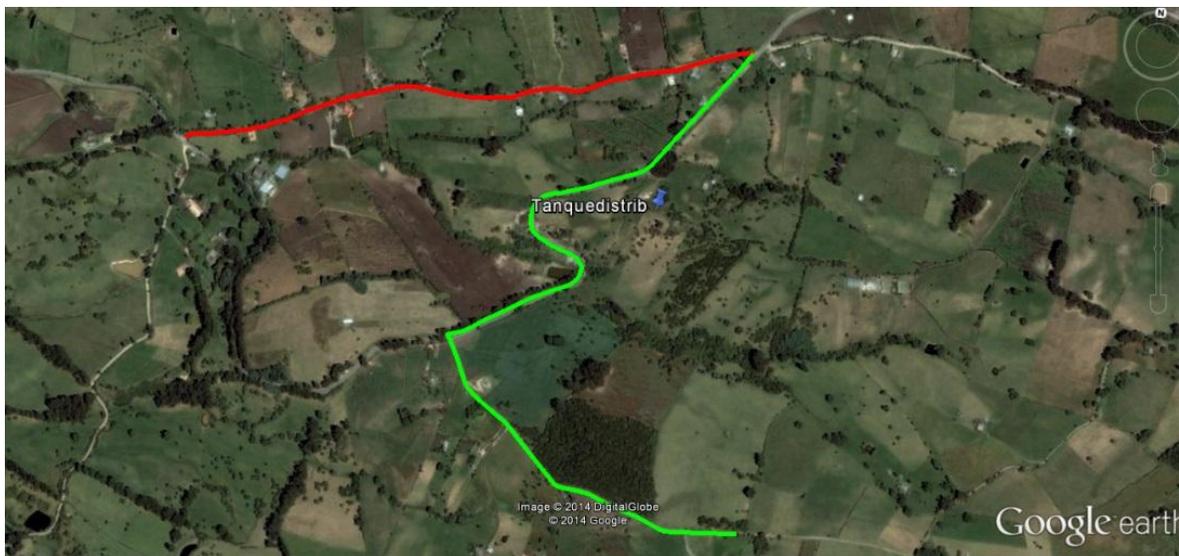
En las figuras 9 y 10 pueden observarse las dos vías principales del sector El banco, una de las dos vías es destapada y la segunda es la vía principal, es asfaltada. Por las cuales se proyectará el trazado de las líneas de acueducto.



### 10.3 Cálculo hidráulico de la red de distribución

Para el cálculo hidráulico de la red se utilizará el software libre para cálculo de redes, EPANET. Este proyecto comprende una red de distribución abierta que está compuesta por dos ramas principales, se utilizará tubería PEAD debido a que es un material que adopta las formas del recorrido sin necesidad de adicionar aditamentos salvo los tapones en los puntos finales de la red, la bifurcación en el sitio de nacimiento de la vía sin pavimentar y las juntas por termofusión esto reducirá drásticamente las pérdidas por los accesorios, el valor de fricción comercial para función del cálculo será usarse de 0.007, este valor es ofrecido por el fabricante. Para un mejor entendimiento véase las siguientes ilustraciones. En la siguiente figura puede observarse la disposición de las líneas de distribución que serán colocadas al costado de cada vía.

**Figura 14.** Proyección del trazado de la red para el acueducto



**Fuente:** Modificada y tomada de google earth 2014

En la figura 11 se observan las rutas seleccionadas para el trazado del acueducto:

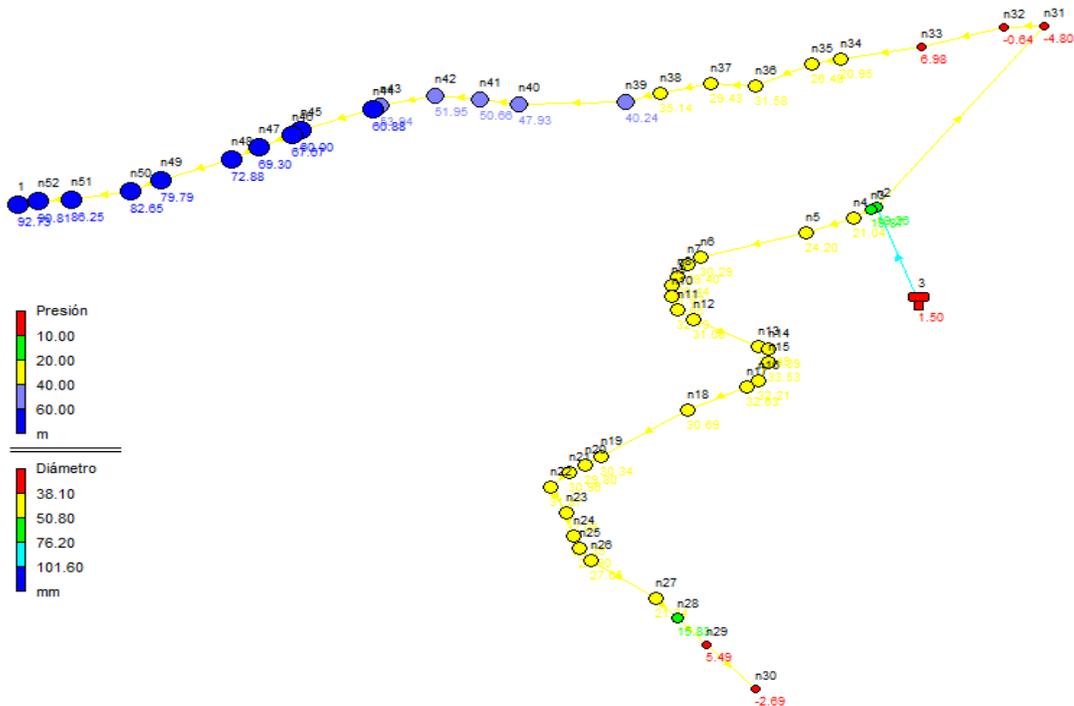
- la ruta delineada de color rojo es de fácil intervención debido a que es una carretera sin pavimentar que no presenta ningún inconveniente para la realización de las excavaciones de instalación de la red.
- La ruta delineada de color verde tendrá que ser intervenida en las cunetas para evitar dañar la vía, a pesar de que por algunos sectores sería más sencillo atravesar la tubería por los predios esta opción se descarta debido

a que no son zonas establecidas como servidumbres por el contrario son terrenos privados y por este motivo se podrían desarrollar actividades agrícolas o de construcción que podrían causar daños en la red. Las zonas de servidumbre son terrenos que se pueden intervenir sin ningún problema legal ni de vecindad

### 10.4 Simulación del comportamiento de la red

La primera simulación se realizara con los trazados de la red propuestos en el punto anterior también se utilizara el tanque de distribución existente en las condiciones actuales, se usara un caudal de 1.43 LPS distribuido uniformemente en los 52 puntos de control estos fueron tomados con el GPS que servirán para chequear el comportamiento de la red, el diámetro para la tubería de los trazados será de 1.5”.

**Figura 15.** Deficiencias en las presiones por punto de control



**Fuente:** Tomada y modificada de EPANET

La simulación que se muestra en la figura 12 muestra una deficiencia en las presiones de los nodos de color rojo que tienen la cota muy cercana a la cota del tanque al igual que en la simulación anterior, dando como resultado presiones negativas, esto significa que no se puede brindar el suministro en esos nodos ya que al no tener equipos mecánicos que aporten energía se depende exclusivamente de la diferencia de alturas entre el punto de partida y el punto de llegada de agua entre más alta es la diferencia más energía se obtiene, por el contrario muestra que en los nodos azules existe una presión por encima de los 60 m.c.a. Corroborando con cálculo manual para el primer nodo n<sub>2</sub>:

Fórmula general de la energía:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

### Ecuación de continuidad de Bernoulli

Fuente: (Robert L, 2006)

Despejamos P<sub>2</sub> hasta obtener la siguiente expresión:

$$(z_1 - z_2) + \frac{h_L - v}{2 \times g} \times 9.81 \text{KN}/\text{M}^3 = p_2$$

Remplazando tenemos:

$$2858\text{m} - 2840 + \frac{0.023 - 0.72^2}{2 \times 9.81\text{m}/\text{s}^2} \times 9.81\text{KN}/\text{m}^3 = 176.56\text{KPA}$$

Realizando la conversión en m.c.a:

$$18.01 \text{ m.c.a}$$

La conversión se realizó con ayuda de la página:

<http://www.conversordeunidades.org/presion-pa-atm-bar-mpa-mh20-mmhg-psi.php>

La conexión n<sub>2</sub> nos da una presión de 18.01 m y Epanet nos arroja que es 18.10m

**Tabla 5. Datos de presión por usuario**

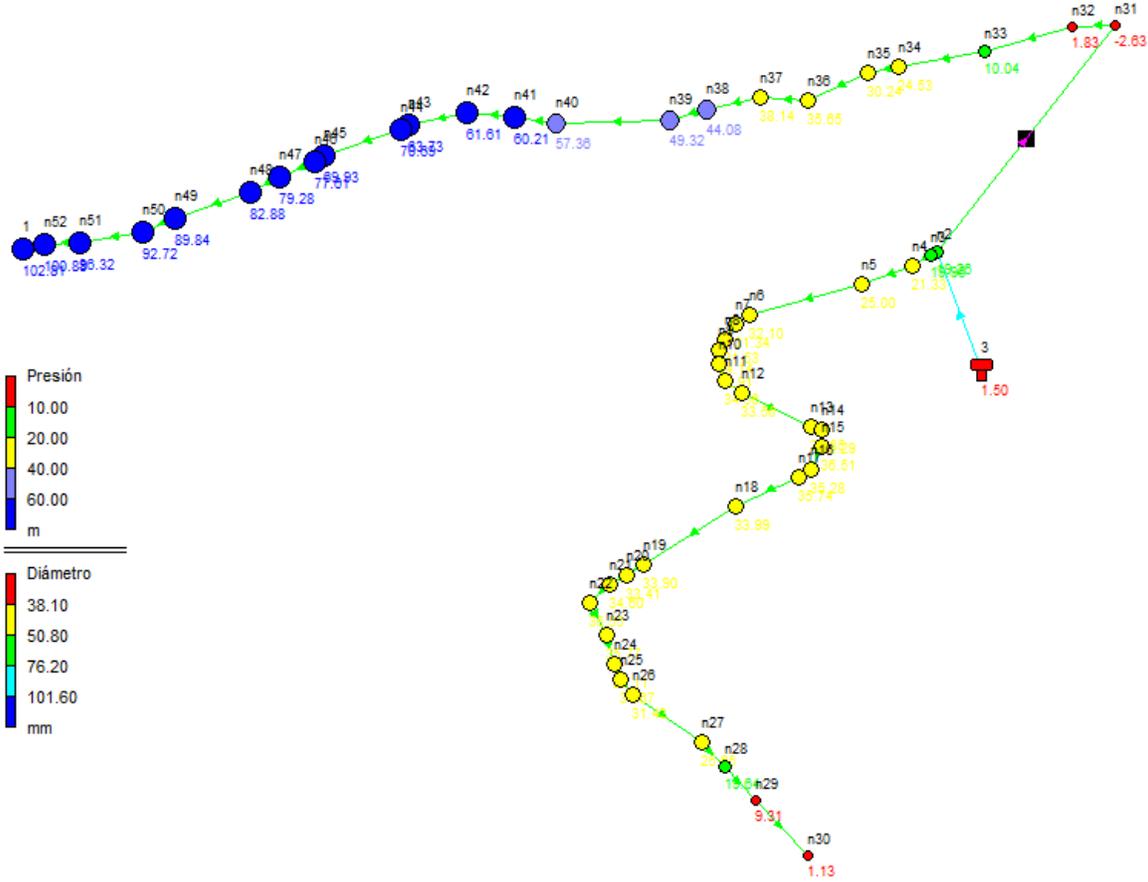
Prueba			
Tabla de Red Nudos			
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Presión
	m	LPS	m
Conexión n <sub>2</sub>	2840	0.0275	18.10
Conexión n <sub>3</sub>	2839	0.0275	19.87
Conexión n <sub>4</sub>	2838	0.0275	21.04
Conexión n <sub>5</sub>	2834	0.0275	24.20
Conexión n <sub>6</sub>	2827	0.0275	30.29
Conexión n <sub>7</sub>	2827	0.0275	29.40
Conexión n <sub>8</sub>	2827	0.0275	29.44
Conexión n <sub>9</sub>	2824	0.0275	31.97
Conexión n <sub>10</sub>	2825	0.0275	30.65
Conexión n <sub>11</sub>	2824	0.0275	32.19
Conexión n <sub>12</sub>	2825	0.0275	31.08
Conexión n <sub>13</sub>	2823	0.0275	32.49
Conexión n <sub>14</sub>	282	0.0275	33.39
Conexión n <sub>15</sub>	2822	0.0275	33.53
Conexión n <sub>16</sub>	2823	0.0275	32.21
Conexión n <sub>17</sub>	2823	0.0275	32.63
Conexión n <sub>18</sub>	2824	0.0275	30.69
Conexión n <sub>19</sub>	2824	0.0275	30.34
Conexión n <sub>20</sub>	2824	0.0275	29.80
Conexión n <sub>21</sub>	2823	0.0275	30.96
Conexión n <sub>22</sub>	2823	0.0275	31.87
Conexión n <sub>23</sub>	2822	0.0275	32.05
Conexión n <sub>24</sub>	2831	0.0275	23.35
Conexión n <sub>25</sub>	2826	0.0275	27.90
Conexión n <sub>26</sub>	2827	0.0275	27.65
Conexión n <sub>27</sub>	2832	0.0275	21.84

Prueba			
Tabla de Red Nudos			
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Presión
	m	LPS	m
Conexión n <sub>28</sub>	2838	0.0275	15.83
Conexión n <sub>29</sub>	2849	0.0275	5.49
Conexión n <sub>32</sub>	2857	0.0275	-0.64
Conexión n <sub>33</sub>	2848	0.0275	6.98
Conexión n <sub>34</sub>	2834	0.0275	20.95
Conexión n <sub>35</sub>	2828	0.0275	26.49
Conexión n <sub>36</sub>	2822	0.0275	31.58
Conexión n <sub>37</sub>	2818	0.0275	29.43
Conexión n <sub>38</sub>	2812	0.0275	35.14
Conexión n <sub>39</sub>	2807	0.0275	40.24
Conexión n <sub>40</sub>	2799	0.0275	47.93
Conexión n <sub>41</sub>	2796	0.0275	50.66
Conexión n <sub>42</sub>	2794	0.0275	51.95
Conexión n <sub>43</sub>	2792	0.0275	53.94
Conexión n <sub>44</sub>	2785	0.0275	60.88
Conexión n <sub>45</sub>	2786	0.0275	60.00
Conexión n <sub>46</sub>	2778	0.0275	67.67
Conexión n <sub>47</sub>	278	0.0275	69.30
Conexión n <sub>48</sub>	2773	0.0275	72.88
Conexión n <sub>49</sub>	2766	0.0275	79.79
Conexión n <sub>50</sub>	2763	0.0275	82.65
Conexión n <sub>51</sub>	2760	0.0275	86.25
Conexión n <sub>52</sub>	2755	0.0275	90.81
Conexión 1	2753	0.0275	92.73
Depósito 3	2858	-1.43	1.50

Fuente: Tomada y modificada de EPANET

Para intentar recuperar presión en los nodos que presentan insuficiencia, se aumentó el diámetro de las tuberías de 1.5" a 2" para disminuir las pérdidas por fricción dando los siguientes resultados.

**Figura 16.** Deficiencia de presión con el diámetro aumentado a 2"



Fuente: Tomada y modificada de EPANET

**Tabla 6. Datos de presión por usuario**

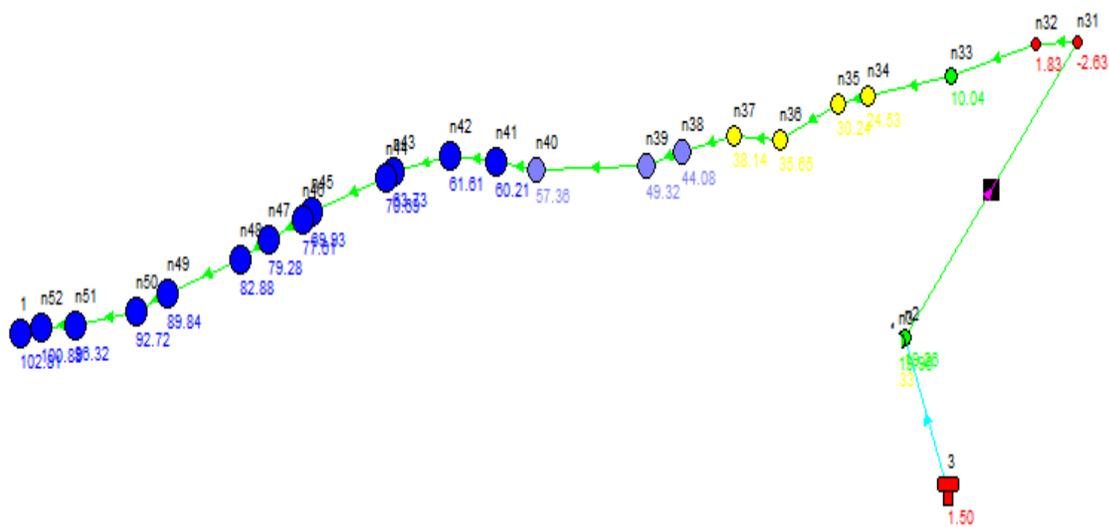
Prueba				
Tabla de Red Nudos				
Nudo	Cota	Demanda Base	Presión	P Min.
	m	LPS	m	
Conexión n <sub>2</sub>	2840	0.0275	19,26	Si
Conexión n <sub>3</sub>	2839	0.0275	19,96	Si
Conexión n <sub>4</sub>	2838	0.0275	21,33	Si
Conexión n <sub>5</sub>	2834	0.0275	25	Si
Conexión n <sub>6</sub>	2827	0.0275	32,1	Si
Conexión n <sub>7</sub>	2827	0.0275	31,34	Si
Conexión n <sub>8</sub>	2827	0.0275	31,53	Si
Conexión n <sub>9</sub>	2824	0.0275	34,14	Si
Conexión n <sub>10</sub>	2825	0.0275	32,91	Si
Conexión n <sub>11</sub>	2824	0.0275	34,56	Si
Conexión n <sub>12</sub>	2825	0.0275	33,56	Si
Conexión n <sub>13</sub>	2823	0.0275	35,35	Si
Conexión n <sub>14</sub>	2822	0.0275	36,29	Si
Conexión n <sub>15</sub>	2822	0.0275	36,51	Si
Conexión n <sub>16</sub>	2823	0.0275	35,28	Si
Conexión n <sub>17</sub>	2823	0.0275	35,74	Si
Conexión n <sub>18</sub>	2824	0.0275	33,99	Si
Conexión n <sub>19</sub>	2824	0.0275	33,9	Si
Conexión n <sub>20</sub>	2824	0.0275	33,41	Si
Conexión n <sub>21</sub>	2823	0.0275	34,6	Si
Conexión n <sub>22</sub>	2823	0.0275	35,55	Si
Conexión n <sub>23</sub>	2822	0.0275	35,77	Si
Conexión n <sub>24</sub>	2831	0.0275	27,11	Si
Conexión n <sub>25</sub>	2826	0.0275	31,67	Si
Conexión n <sub>26</sub>	2827	0.0275	31,43	si

Prueba				
Tabla de Red Nudos				
Nudo	Cota	Demanda Base	Presión	P Min.
	m	LPS	m	
Conexión n <sub>27</sub>	2832	0.0275	25,65	si
Conexión n <sub>28</sub>	2838	0.0275	19,64	si
Conexión n <sub>29</sub>	2849	0.0275	9,31	no
Conexión n <sub>30</sub>	2857	0.0275	1,13	no
Conexión n <sub>31</sub>	2861	0.0275	-2,63	no
Conexión n <sub>32</sub>	2857	0.0275	1,83	no
Conexión n <sub>33</sub>	2848	0.0275	10,04	si
Conexión n <sub>34</sub>	2834	0.0275	24,53	si
Conexión n <sub>35</sub>	2828	0.0275	30,24	si
Conexión n <sub>36</sub>	2822	0.0275	35,65	si
Conexión n <sub>37</sub>	2818	0.0275	38,14	si
Conexión n <sub>38</sub>	2812	0.0275	44,08	si
Conexión n <sub>39</sub>	2807	0.0275	49,32	si
Conexión n <sub>40</sub>	2799	0.0275	57,36	si
Conexión n <sub>41</sub>	2796	0.0275	60,21	si
Conexión n <sub>42</sub>	2794	0.0275	61,61	Si
Conexión n <sub>43</sub>	2792	0.0275	63,73	Si
Conexión n <sub>44</sub>	2785	0.0275	70,69	Si
Conexión n <sub>45</sub>	2786	0.0275	69,93	Si
Conexión n <sub>46</sub>	2778	0.0275	77,61	Si
Conexión n <sub>47</sub>	2777	0.0275	79,28	Si
Conexión n <sub>48</sub>	2773	0.0275	82,88	Si
Conexión n <sub>49</sub>	2766	0.0275	89,84	si
Conexión n <sub>50</sub>	2763	0.0275	92,72	si
Conexión n <sub>51</sub>	2760	0.0275	96,32	si
Conexión n <sub>52</sub>	2755	0.0275	100,88	si
Conexión 1	2753	0.0275	102,81	si
Depósito 3	2858	No Disponible	1,5	no aplica

Fuente: Tomada y modificada de EPANET

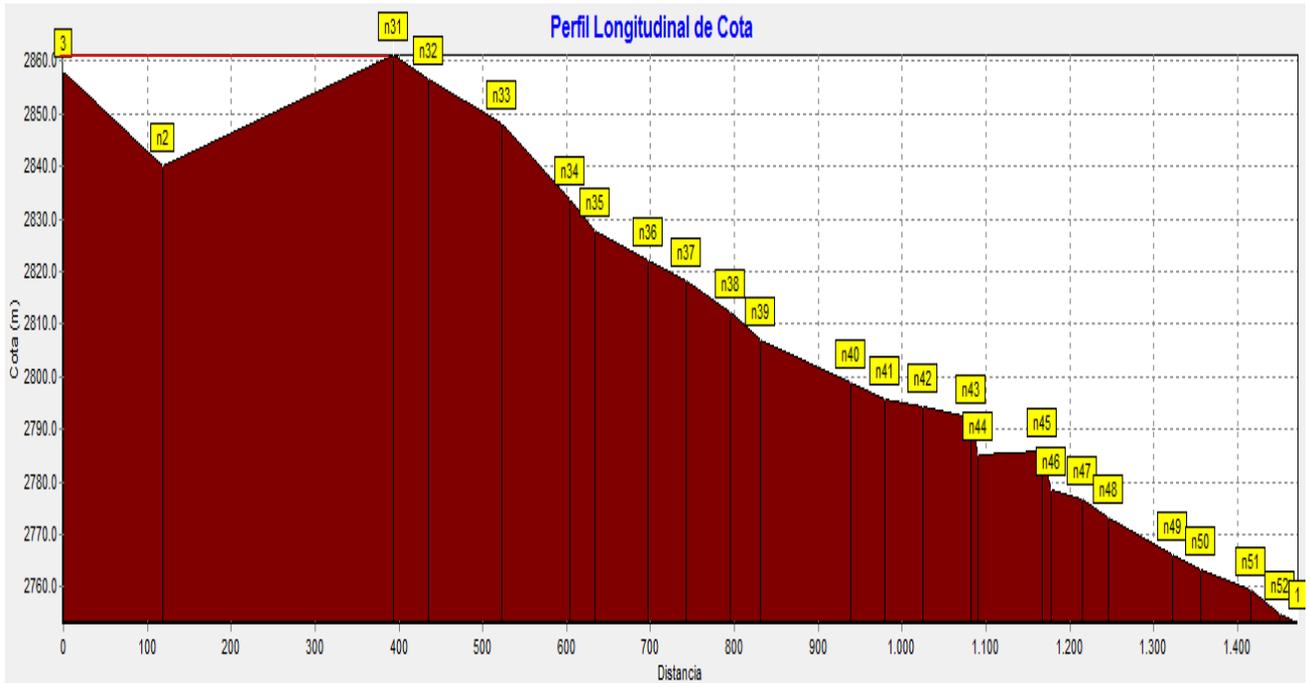
Como se describió en la tabla 6 de resultados solo se pudo recuperar la presión en un nodo ( $n_{33}$ ), después de realizarse el mismo procedimiento con diámetros mayores el resultado no cambio significativamente solo en un valor máximo de 0.2 a 0.5 m.c.a. Esto nos demuestra que se debe recurrir a otra opción de diseño para la red de distribución debido a que los cambios en los diámetros de las tuberías no son suficientes para aumentar la presión, lo que nos demuestra que las pérdidas por fricción no están jugando un papel determinante para la caída de presiones en el sistema como se evidencia en las figuras 14-19

**Figura 17. Detalles sección 1**



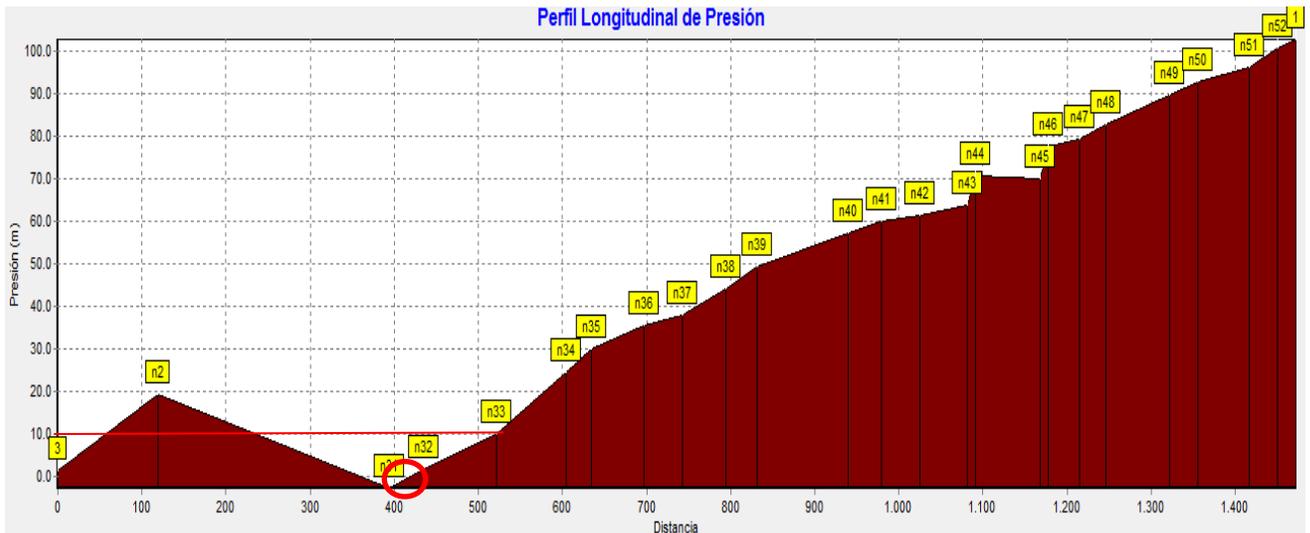
**Fuente:** Tomada y modificada de EPANET

**Figura 18.** Perfil longitudinal de cota sección 1



**Fuente:** Tomada y modificada de EPANET

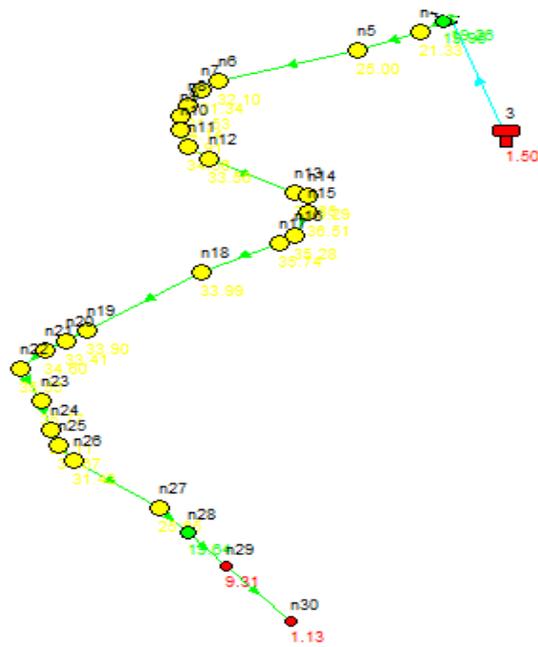
**Figura 19.** Perfil longitudinal de presión sección 1



**Fuente:** Tomada y modificada de EPANET

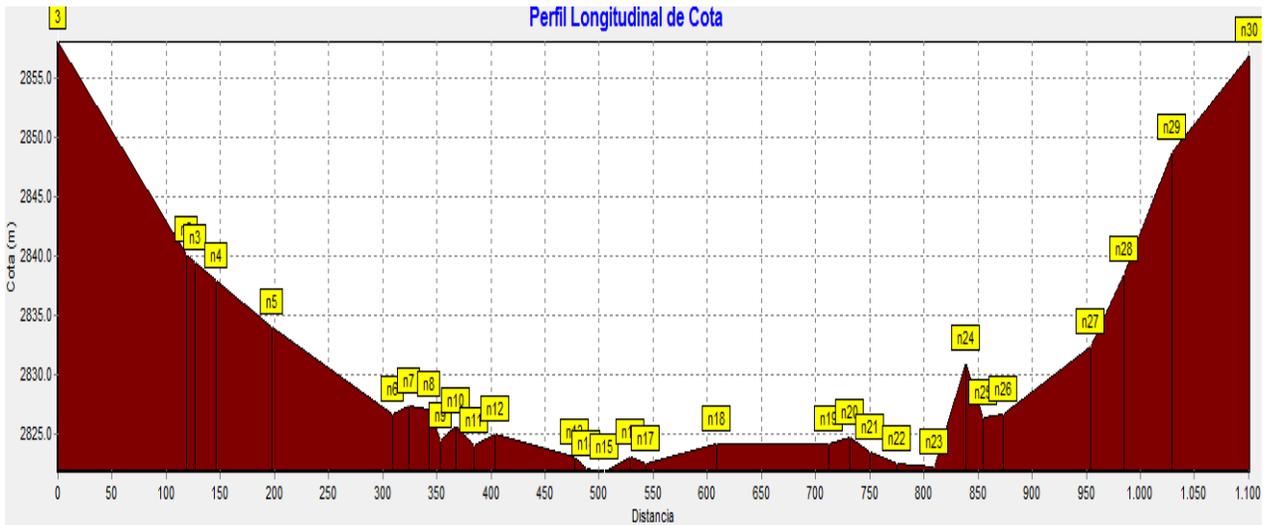
Realizando el mismo procedimiento para el segundo trazado tenemos

**Figura 20. Detalles sección 2**



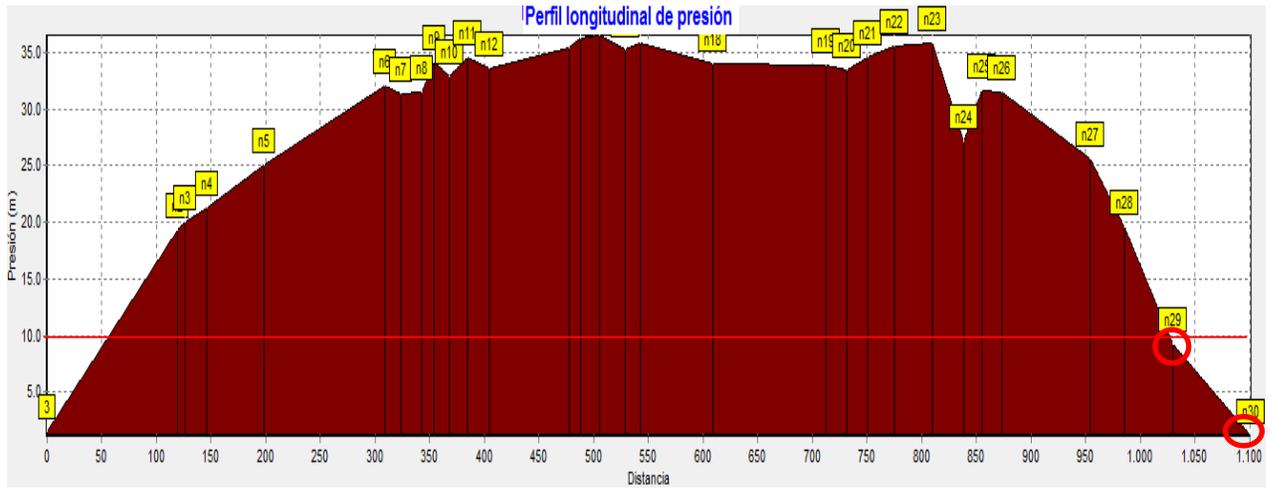
**Fuente:** Tomada y modificada de EPANET

**Figura 21. Perfil longitudinal de cota sección 2**



**Fuente:** Tomada y modificada de EPANET

**Figura 22.** Perfil longitudinal de presión sección 2



**Fuente:** Tomada y modificada de EPANET

Como puede observarse en el perfil de presión del segundo trazado esta aumenta a medida que se aleja del tanque, en el nodo 29 y 30 la presión baja los límites de 10 m.c.a.

## 11 ALTERNATIVAS DE DISEÑO PROPUESTAS

### 11.1 Cambio de la posición geográfica del tanque

En búsqueda de una mejora para que el acueducto siga funcionando sin la necesidad de equipos mecánicos se simuló en el programa EPANET elevar el nivel del tanque y modificar los diámetros hasta que la presión en los puntos más críticos fuera de como mínimo 10 m.c.a.

Utilizando una demanda base de 0.0275 LPS el cual lo obtenemos dividiendo el caudal de diseño de 1.43 LPS por las 52 conexiones de control, podemos simular una situación de consumo en hora pico.

Para conocer el volumen necesario del tanque debemos conocer que en el nivel bajo de complejidad, si no existen datos que describan las curvas de variación del Consumo horario, el volumen almacenado será igual a 1/3 del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo, garantizando en todo momento las presiones adecuadas. (Ras 2000 título B en el inciso B.9.4.4)

Cálculo del volumen del tanque:

$$(1.43L/S \times 86400S) \times \frac{1M3}{1000L} = Vol$$

$$Vol = 123,8M^3 \times \frac{1}{3}$$

$$Vol = 41,26M^3$$

**Tabla 7.** Datos de demanda y presión por usuario

Prueba			
Tabla de Red			
	Cota	Demanda Base	Presión
ID Nudo	m	LPS	m
Conexión n <sub>2</sub>	2840	0.0275	34.20
Conexión n <sub>3</sub>	2839	0.0275	34.81
Conexión n <sub>4</sub>	2838	0.0275	35.98
Conexión n <sub>5</sub>	2834	0.0275	39.14
Conexión n <sub>6</sub>	2827	0.0275	45.23
Conexión n <sub>7</sub>	2827	0.0275	44.34
Conexión n <sub>8</sub>	2827	0.0275	44.38
Conexión n <sub>9</sub>	2824	0.0275	46.91
Conexión n <sub>10</sub>	2825	0.0275	45.58
Conexión n <sub>11</sub>	2824	0.0275	47.12
Conexión n <sub>12</sub>	2825	0.0275	46.01
Conexión n <sub>13</sub>	2823	0.0275	47.43
Conexión n <sub>14</sub>	2822	0.0275	48.33
Conexión n <sub>15</sub>	2822	0.0275	48.47
Conexión n <sub>16</sub>	2823	0.0275	47.15
Conexión n <sub>17</sub>	2823	0.0275	47.57
Conexión n <sub>18</sub>	2824	0.0275	45.63
Conexión n <sub>19</sub>	2824	0.0275	45.27
Conexión n <sub>20</sub>	2824	0.0275	44.74
Conexión n <sub>21</sub>	2823	0.0275	45.89
Conexión n <sub>22</sub>	2823	0.0275	46.80
Conexión n <sub>23</sub>	2822	0.0275	46.98
Conexión n <sub>24</sub>	2831	0.0275	38.29
Conexión n <sub>25</sub>	2826	0.0275	42.84
Conexión n <sub>26</sub>	2827	0.0275	42.59
Conexión n <sub>27</sub>	2832	0.0275	36.78

Prueba			
Tabla de Red			
	Cota	Demanda Base	Presión
ID Nudo	m	LPS	m
Conexión n <sub>28</sub>	2838	0.0275	30.76
Conexión n <sub>29</sub>	2849	0.0275	20.42
Conexión n <sub>32</sub>	2857	0.0275	14.30
Conexión n <sub>33</sub>	2848	0.0275	21.92
Conexión n <sub>34</sub>	2834	0.0275	35.89
Conexión n <sub>35</sub>	2828	0.0275	41.43
Conexión n <sub>36</sub>	2822	0.0275	46.52
Conexión n <sub>37</sub>	2818	0.0275	44.37
Conexión n <sub>38</sub>	2812	0.0275	50.08
Conexión n <sub>39</sub>	2807	0.0275	55.18
Conexión n <sub>40</sub>	2799	0.0275	62.87
Conexión n <sub>41</sub>	2796	0.0275	65.60
Conexión n <sub>42</sub>	2794	0.0275	66.88
Conexión n <sub>43</sub>	2792	0.0275	68.88
Conexión n <sub>44</sub>	2785	0.0275	75.82
Conexión n <sub>45</sub>	2786	0.0275	74.94
Conexión n <sub>46</sub>	2778	0.0275	82.61
Conexión n <sub>47</sub>	2777	0.0275	84.24
Conexión n <sub>48</sub>	2773	0.0275	87.81
Conexión n <sub>49</sub>	2766	0.0275	94.72
Conexión n <sub>50</sub>	2763	0.0275	97.59
Conexión n <sub>51</sub>	2760	0.0275	101.18
Conexión n <sub>52</sub>	2755	0.0275	105.75
Conexión 1	2753	0.0275	107.67
Depósito 3	2874	No Disponible	1.50

Fuente: tomada y modificada de EPANET

En la tabla 7 se observan los resultados de la simulación con la demanda de 0.0275 lps Fuente: elaboración propia obtenida mediante EPANET

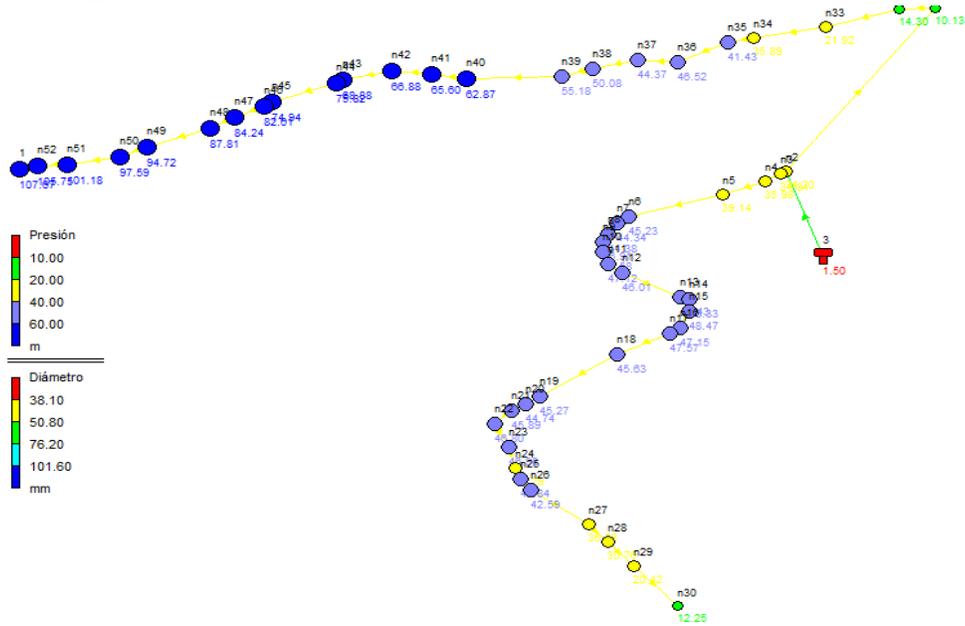
**Tabla 8. Datos numéricos de tuberías entre puntos de control**

Prueba			
Tabla de Red			
tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal
ID Línea	m	mm	LPS
Tubería p2	7.65	38.1	0.77
Tubería p3	19.29	38.1	0.74
Tubería p4	52.34	38.1	0.71
Tubería p5	111.1	38.1	0.69
Tubería p6	15.02	38.1	0.66
Tubería p7	18.6	38.1	0.63
Tubería p8	11.49	38.1	0.60
Tubería p9	14.05	38.1	0.58
Tubería p10	17.17	38.1	0.55
Tubería p11	19.44	38.1	0.52
Tubería p12	73.82	38.1	0.50
Tubería p13	10.24	38.1	0.47
Tubería p14	17	38.1	0.44
Tubería p15	23.74	38.1	0.41
Tubería p16	13.9	38.1	0.38
Tubería p17	66.23	38.1	0.36
Tubería p18	103.5	38.1	0.33
Tubería p19	18.87	38.1	0.30
Tubería p20	19.27	38.1	0.28
Tubería p21	24.78	38.1	0.25
Tubería p22	34.44	38.1	0.22
Tubería p23	30.38	38.1	0.19
Tubería p24	16.79	38.1	0.17
Tubería p25	18.44	38.1	0.14
Tubería p26	80.66	38.1	0.11

Prueba			
Tabla de Red			
tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal
ID Línea	m	mm	LPS
Tubería p27	31.72	38.1	0.08
Tubería p28	45.78	38.1	0.05
Tubería p29	71.91	38.1	0.03
Tubería p31	275.9	38.1	0.63
Tubería p32	41.3	38.1	0.60
Tubería p33	87.5	38.1	0.58
Tubería p34	83.5	38.1	0.55
Tubería p35	30.17	38.1	0.52
Tubería p36	63.8	38.1	0.50
Tubería p38	52.52	38.1	0.44
Tubería p39	36.78	38.1	0.41
Tubería p40	108.4	38.1	0.38
Tubería p41	40.55	38.1	0.36
Tubería p42	45.2	38.1	0.33
Tubería p43	57.11	38.1	0.30
Tubería p44	11.07	38.1	0.28
Tubería p45	77.17	38.1	0.25
Tubería p46	12.85	38.1	0.22
Tubería p47	37.2	38.1	0.19
Tubería p48	31.51	38.1	0.17
Tubería p49	75.93	38.1	0.14
Tubería p50	33.74	38.1	0.11
Tubería p51	60.78	38.1	0.08
Tubería p52	34.36	38.1	0.05
Tubería 4	108	50.8	1.43
Tubería 1	216.725	38.1	0.03
Tubería 3	1000	38.1	0.47

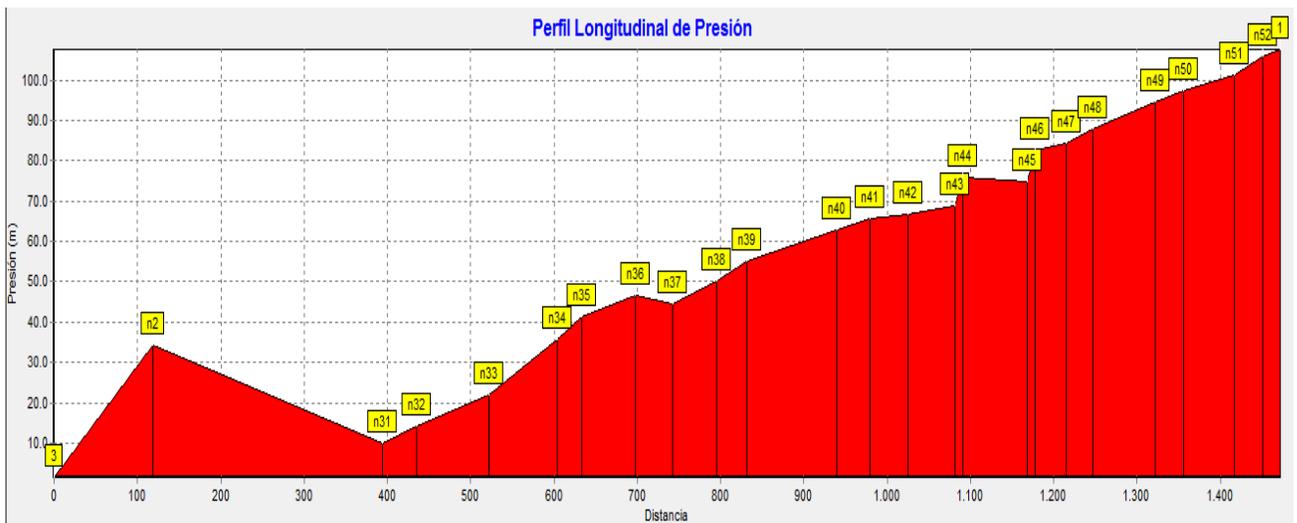
Fuente: Tomada y modificada de EPANET

**Figura 23. Simulación del acueducto con el tanque elevado**



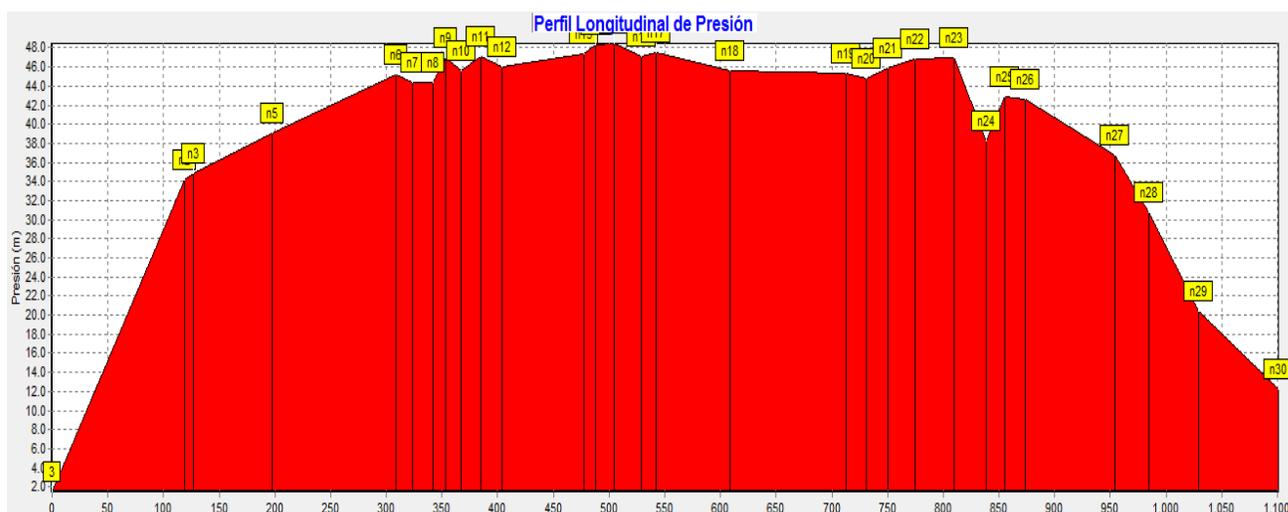
**Fuente:** Tomada y modificada de EPANET

**Figura 24. Perfil de presión sección 2**



**Fuente:** Tomada y modificada de EPANET

**Figura 25.** Perfil de presión sección 2



**Fuente:** Tomada y modificada de EPANET

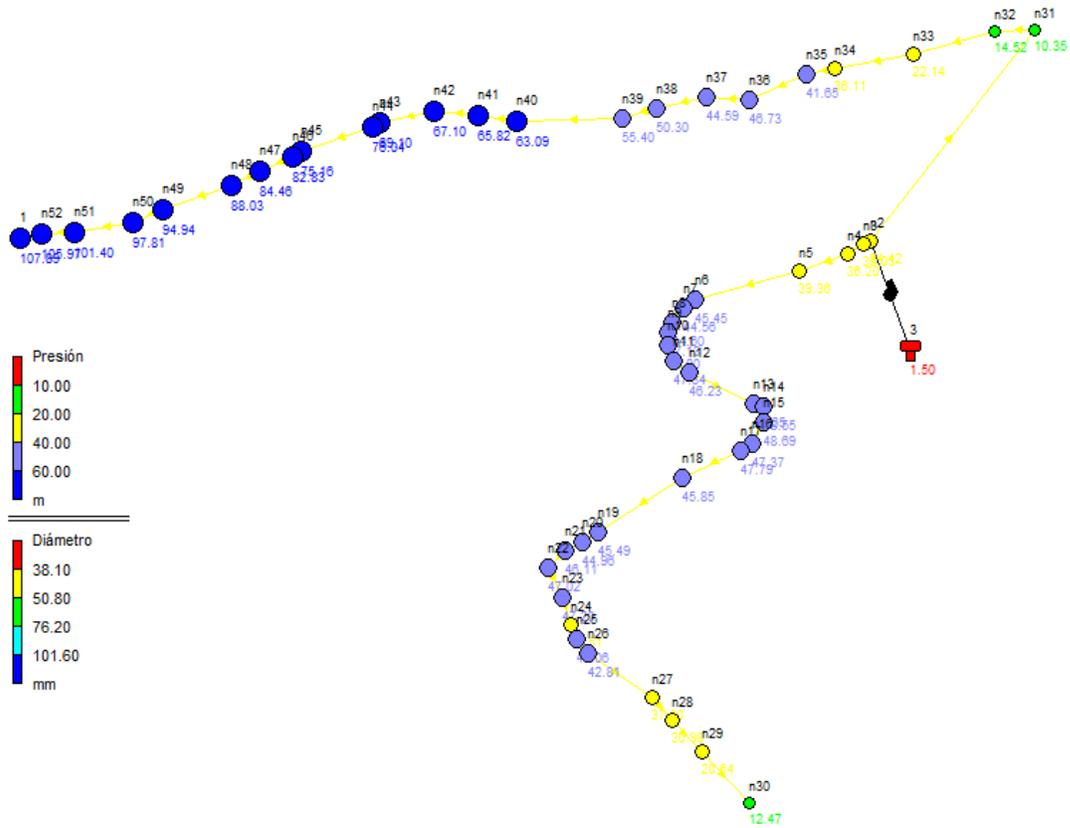
Como se observa en las figuras 20-22 construyendo un tanque de acopio de agua que se encuentre mínimo 16 metros por encima de la cota del tanque existente aumenta la cantidad de energía que recibe el sistema gracias al aumento de la diferencia entre las cotas del tanque de distribución y los nodos afectados, esto trae como consecuencia un aumento en la presión de estos puntos, adicionalmente utilizando un diámetro de tubería para la línea matriz de 1<sup>1/2</sup>” el sistema logra que su punto más crítico trabaje por encima de la presión mínima establecida por la RAS-2000. Adicionalmente el construir un tanque en un área más elevada aumenta las posibilidades de brindar una cobertura mayor a pobladores que en la actualidad tienen su vivienda en las zonas fuera del sector El banco.

## 11.2 Estación de bombeo

La siguiente simulación se realizara teniendo en cuenta que la energía que se necesita para aumentar la presión en los puntos críticos se puede aportar utilizando un sistema mecánico como una bomba de agua o un equipo hidroflo inmediatamente después del tanque de acopio del agua aprovechando así la estructura existente, el sistema trabajaría de manera similar a un edificio que por

cuestión de su altura necesita energía adicional para proveer de agua los puntos más altos.

**Figura 26.** Simulación del acueducto con bomba



**Fuente:** Tomada y modificada de EPANET

**Tabla 9.** Datos de demanda y presión por usuario

Prueba			
Tabla de Red – Nudos			
	Cota	Demanda Base	Presión
ID Nudo	m	LPS	m
Conexión n <sub>2</sub>	2840	0.0275	34.42
Conexión n <sub>3</sub>	2839	0.0275	35.03
Conexión n <sub>4</sub>	2838	0.0275	36.20
Conexión n <sub>5</sub>	2834	0.0275	39.36
Conexión n <sub>6</sub>	2827	0.0275	45.45
Conexión n <sub>7</sub>	2827	0.0275	44.56
Conexión n <sub>8</sub>	2827	0.0275	44.60
Conexión n <sub>9</sub>	2824	0.0275	47.13
Conexión n <sub>10</sub>	2825	0.0275	45.80
Conexión n <sub>11</sub>	2824	0.0275	47.34
Conexión n <sub>12</sub>	2825	0.0275	46.23
Conexión n <sub>13</sub>	2823	0.0275	47.65
Conexión n <sub>14</sub>	2822	0.0275	48.55
Conexión n <sub>15</sub>	2822	0.0275	48.69
Conexión n <sub>16</sub>	2823	0.0275	47.37
Conexión n <sub>17</sub>	2823	0.0275	47.79
Conexión n <sub>18</sub>	2824	0.0275	45.85
Conexión n <sub>19</sub>	2824	0.0275	45.49
Conexión n <sub>20</sub>	2824	0.0275	44.96
Conexión n <sub>21</sub>	2823	0.0275	46.11
Conexión n <sub>22</sub>	2823	0.0275	47.02
Conexión n <sub>23</sub>	2822	0.0275	47.20
Conexión n <sub>24</sub>	2831	0.0275	38.51
Conexión n <sub>25</sub>	2826	0.0275	43.06
Conexión n <sub>26</sub>	2827	0.0275	42.81
Conexión n <sub>27</sub>	2832	0.0275	37.00

Prueba			
Tabla de Red – Nudos			
	Cota	Demanda Base	Presión
ID Nudo	m	LPS	m
Conexión n <sub>28</sub>	2838	0.0275	30.98
Conexión n <sub>29</sub>	2849	0.0275	20.64
Conexión n <sub>30</sub>	2857	0.0275	12.47
Conexión n <sub>31</sub>	2861	0.0275	10.35
Conexión n <sub>32</sub>	2857	0.0275	14.52
Conexión n <sub>33</sub>	2848	0.0275	22.14
Conexión n <sub>34</sub>	2834	0.0275	36.11
Conexión n <sub>35</sub>	2828	0.0275	41.65
Conexión n <sub>36</sub>	2822	0.0275	46.73
Conexión n <sub>37</sub>	2818	0.0275	44.59
Conexión n <sub>38</sub>	2812	0.0275	50.30
Conexión n <sub>39</sub>	2807	0.0275	55.40
Conexión n <sub>40</sub>	2799	0.0275	63.09
Conexión n <sub>41</sub>	2796	0.0275	65.82
Conexión n <sub>42</sub>	2794	0.0275	67.10
Conexión n <sub>43</sub>	2792	0.0275	69.10
Conexión n <sub>44</sub>	2785	0.0275	76.04
Conexión n <sub>45</sub>	2786	0.0275	75.16
Conexión n <sub>46</sub>	2778	0.0275	82.83
Conexión n <sub>47</sub>	2777	0.0275	84.46
Conexión n <sub>48</sub>	2773	0.0275	88.03
Conexión n <sub>49</sub>	2766	0.0275	94.94
Conexión n <sub>50</sub>	2763	0.0275	97.81
Conexión n <sub>51</sub>	2760	0.0275	101.40
Conexión n <sub>52</sub>	2755	0.0275	105.97
Conexión 1	2753	0.0275	107.89
Depósito 3	2858	No Disponible	1.50

Fuente: tomada y modificada de EPANET

**Tabla 10. Datos numéricos de consumo y potencia de la bomba**

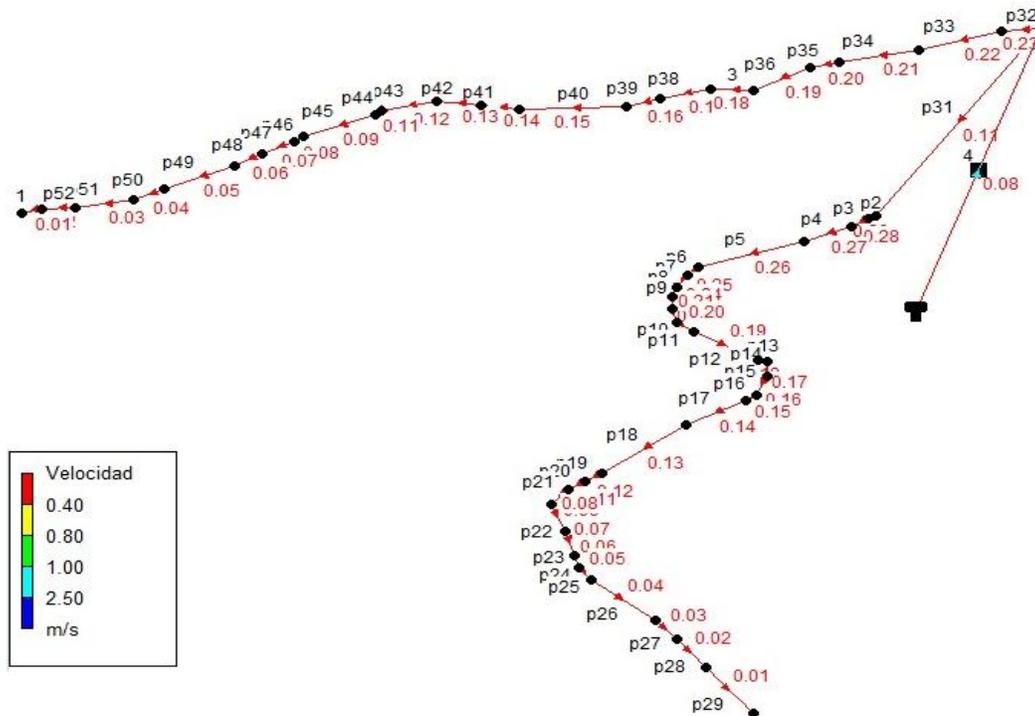
PRUEBA					
INFORME DE CONSUMO DE ENERGÍA					
	Porcentaje	Rendimiento	kW·h	Potencia	Potencia
Bomba	Utilización	Medio	/m3	Media (Kw)	Máx. (kW)
1	100%	15.00	0.27	1.40	1.40

**Fuente:** tomada y modificada de EPANET

### 11.2.1 Inconsistencias en la red

En las dos simulaciones realizadas se muestra que por la configuración de la red algunas velocidades quedan por debajo del límite mínimo de los 0.4 m/s y debido a que la tubería para la red de distribución ya está en un diámetro de 1.5” que es el mínimo permitido no se puede reducir el diámetro para aumentar la velocidad de flujo.

**Figura 27. Velocidades resultantes**



**Fuente:** Tomada y modificada de EPANET

### 11.2.2 Beneficio/Costo tanque levado vs sistema de bombeo

Para las dos opciones propuestas se debe realizar un nuevo trazado de la red el que tiene un costo de \$45.847.145 los cuales se representan en este valor global

- Rollos de tubería PEAD: \$22'500.000
- Excavaciones: \$2'600.000
- Trazado y replanteo: \$3'450.000
- Instalación manguera PEAD: \$15'800.000

Adicionalmente para el tanque de almacenamiento se tiene un valor de \$616,993 por cada M<sup>3</sup> siendo un total para los 42M<sup>3</sup> un valor de \$26000000 precios verificados en la cartilla ICCU 2014 sabana centro.

Implementar el sistema de bombeo que se requiere un valor de \$485,978 precio verificado en la cartilla ICCU 2014 sabana centro, más \$300000 costo de la bomba de agua cotización realizada por internet en homecenter.

- Implementar el sistema de bombeo es más económico, pero este sistema tiene la limitación de no permitir una cobertura a los usuarios que se encuentren en las partes externas al sector el banco principalmente en la parte norte y occidente.
- La bomba requiere de energía constante.
- Requiere de mantenimiento preventivo y reparaciones.
- Requiere de un operario especializado.
- Al momento de presentarse una falla en la bomba el servicio se verá suspendido en su totalidad hasta que el inconveniente sea solucionado.
- Al construir un tanque este será nuevo en concreto reforzado con el volumen necesario según (Ras 2000 título B en el inciso B.9.4.4).
- El nuevo tanque podrá soportar ampliaciones de la red a futuro que ampliarían aun más su cobertura.

En las comparaciones vemos que los sistemas distan bastante en precios y en beneficios a futuro, si se desea dar cobertura a los usuarios que están fuera del sector el banco y adicionalmente realizar ampliaciones futuras es recomendable implementar un tanque que sea distante al actual tanto en su cota como en su ubicación geográfica,

### 11.2.3 consideraciones de seguridad y mantenimiento de la red

Se considero la posibilidad de daño por golpe de ariete en las tuberías el cual se presenta cuando se ocasionan sobrepresiones en la red que excedan la presión de diseño estas sobrepresiones se presentan por lo general cuando se realiza un cierre rápido de alguna válvula de corte de flujo.

Debido a que se solicita la construcción de la red con tubería PEAD se realizo la siguiente verificación

$$a = \frac{1420}{1 + \frac{\frac{2.06 \times 10^4 \text{ kg}}{\text{cm}^2}}{\frac{1.4 \times 10^4 \text{ kg}}{\text{cm}^2}} \times (7.4 - 2)}$$

$$a = 474.76 \text{ m/s}$$

Para cálculo de la presión tenemos:

$$P = \frac{474.76 \text{ M/S} \times 0.28 \text{ M/S}}{9.81 \text{ M/S}}$$

$$P = 13.55 \text{ m.c.a}$$

La presión más alta que se genera en el sistema es de 107.5 m.c.a entonces

**Presión total del sistema=** 107.5 m. c. a + 13.5 m. c. a

**Presión total del sistema=** 121 m.c.a

Ya que la presión nominal de la tubería PEAD es de 161 m.c.a no excede la presión de trabajo de la tubería y no hay inconvenientes por golpe de ariete.

Para el mantenimiento y corte de flujo se utilizaran barras para corte de flujo, adicionalmente para evitar inclusiones de aire se instalaran ventosas de doble efecto en las partes más bajas de red.

Para verificar ecuaciones y valores nominales ver anexo 3

## 12. CONCLUSIONES

- La caracterización técnica del acueducto existente nos muestra que sus estructuras evidencian un desgaste ocasionado por su tiempo de servicio que no ha sido reparado causando una baja de eficiencia del sistema de distribución.
- Al utilizar un diámetro de la tubería para la red matriz de 1.5" y un tanque 16 metros más alto de que se encuentra en la actualidad se logra obtener la presión reglamentaria de 10m.c.a en todos los puntos de control.
- Con la bomba en funcionamiento continuo, también se logra que el sistema de red trabaje con las presiones satisfactorias, es funcional técnicamente.
- Las pérdidas por fricción no logran ser un factor determinante en la caída de presión como si lo son las diferencias en las cotas en cada punto.
- La diferencia de consumo en LPS entre el acueducto actual y el acueducto proyectado es de 0.43LPS aproximadamente.
- Es necesario que el nuevo tanque tenga una capacidad para 41,36 - 42m<sup>3</sup>.
- Debido a que algunas velocidades en el sistema que están por debajo del mínimo permitido por la RAS 2000 en los extremos de cada ramal y la solución no se puede realizar mediante cambios en la configuración de la red, se deben implementar tanques de reserva domésticos los cuales garantizarán fluido durante el día y pueden llenarse durante la noche con el caudal disponible.
- Es necesario realizar la construcción de un nuevo sistema de distribución para el sector El banco
- Se puede utilizar cualquiera de las alternativas propuestas de bombeo o reubicación del tanque de acopio.
- Se debe implementar un sistema de red de distribución abierta debido a su fácil implementación con un diámetro de tubería en la red de distribución 1.5" y para la tubería de aducción de 2" siguiendo el trazado propuesto en las simulaciones siguiendo las especificaciones de manejo profundidad establecidas por la cartilla del anexo 3
- se debe implementar un sistema de pre-tratamiento y potabilización de agua según los anexos 4 y 5 quienes realizan esta observación, adicionalmente por las bajas velocidades de agua presentes pueden presentarse depósitos de minerales o material biológico por este motivo la red debe implementarse junto con un sistema de potabilización adecuado.

### **13. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un estudio de las servidumbres disponibles para verificar la posibilidad de intervenir predios, carreteables y carreteras sin que esto ocasione problemas legales o de convivencia.
- Se recomienda utilizar tubería PEAD que tiene rugosidad interna baja para lograr un mejor desempeño, adicionalmente su instalación es más sencilla.
- Se recomienda cambiar geográficamente de posición el tanque de almacenamiento a la altura de 16 metros por encima del nivel del actual para mejorar la cobertura.
- Se recomienda la instalación de micro-medidores para llevar un registro histórico de los consumos volumétricos por unidad habitacional.
- Se recomienda la instalación de macro-medidores para llevar un registro histórico de las posibles pérdidas de líquido que se puedan presentar en el sistema.

### 13. BIBLIOGRAFIA

- Ley N°.373 de 2007. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua, Diario oficial de la república de Colombia,
- Robert, L. (2006).Mecánica de fluidos. Atlacomulco: Pearson educación
- UNAL. (10/04/2014). virtual.unal.edu.co .Manizales. Recuperado de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/4080004.pdf>
- Fonseca, O. (2009). Optimización acueducto urbano por gravedad. Recuperado de [http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/2009/DA/215494011/09-11-221548/DA\\_PROCESO\\_09-11-221548\\_215494011\\_1177773.pdf](http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/2009/DA/215494011/09-11-221548/DA_PROCESO_09-11-221548_215494011_1177773.pdf)
- Barriga, A, & Plazas, O, & Rivera, J. (2006). diseño de alcantarillado sanitario, red de distribución de agua potable, programación y presupuesto de obra para el Barrio villa Carol ubicado en el municipio de Garzón, Universidad de la Salle, Bogotá D.C, Colombia
- Ingenierocivilinfo.com. (2011). Redes De Distribución Ramificadas - Diseño Y Asignación De Caudales A Nudos. Recuperado de <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/06/redes-de-distribucion-ramificadas.html>
- Ministerio de la Protección Social. (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Recuperado de [http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4\\_Sistemas\\_de\\_acueducto.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4_Sistemas_de_acueducto.pdf)
- Ministerio de la Protección Social. (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Recuperado de [http://www.minvivienda.gov.co/Agua/Documents/010710\\_ras\\_titulo\\_a\\_.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Agua/Documents/010710_ras_titulo_a_.pdf)
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). Fontanería rural municipios menores y zonas rurales. Recuperado de <http://www.minvivienda.gov.co/Agua/Publicaciones/Cultura%20empresarial/Fontaner%C3%ADa%20rural%20para%20municipios%20menores%20y%20zonas%20rurales.pdf>

- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009). por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38487>
- <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/>.(2013).<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/>. Obtenido de <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/#comments>.
- mott, R. L. (2006). mecanica de fluidos. Atlacomulco: pearson educación.
- Rosales,G.(diciembrede2010).bibliotecavirtual.dgb.umich.mx.Recuperadoel mayode2014,de<http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/123456789/74/1/DESARROLLODEUNCENTROHABITACIONALYECOTURISTICODENOMINADOPLANMAESTROELVERDE.pdf>.
- Sergio andres, D. a. (septiembre de 2013). ucatolica.edu.co. Recuperado el 03de05de2014,de<http://repository.ucatolica.edu.co:8080/jspui/bitstream/10983/1524/3/Articulo%20FINAL.pdf>.
- Conversación personal con: Francisco Avendaño fontanero del acueducto puente tabla

**ANEXOS**

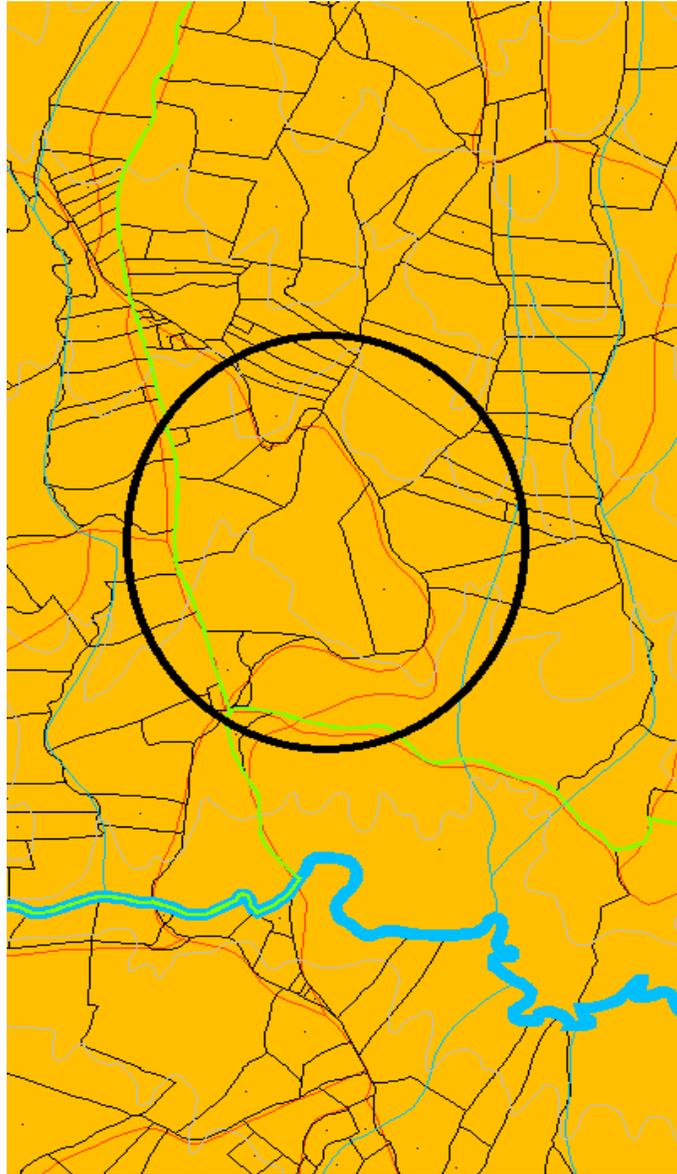
**ANEXO 1: listado de integrantes de la comunidad, que son usuarios del acueducto**

CENSO DE USUARIOS PARA CONCESION DE AGUAS Horno 1/2015.

ITEM	NOMBRE USUARIO	EDAD	Nº. COMUNA	NOMBRE PUEBLO	Nº. FERIA LOCAL	Nº. PATRÓN A Nº.
1	Eda. Emma Alberto	(4)	79581264	La Esperanza	00-00-003-0291-000	Manuel Ylla
2	Alvaro Triana Soto	(2)	79341264	Comuna Los Rios	00-00-0011-0237-000	Manuel Ylla
3	Alvaro Triana Soto	(4)	35411264	Comuna Los Rios	00-00-0011-0237-000	Manuel Ylla
4	Humberto Reyes Yonnis	(1)	32558334	San Pedro	00-00-0013-0232-000	Manuel Ylla
5	Carlos Jello Urtecho Quijano	(1)	11333534	Argemón de los Serpentes	00-00-0013-0232-000	Manuel Ylla
6	Hendrick Yonca Galeado	(1)	35102637	Finca La Misal	00-00-0011-0334-000	Manuel Ylla
7	Jos. Hernan Galeado	(1)	35402973	Finca La Misal	00-00-0011-0334-000	Manuel Ylla
8	Hernan Galeado	(1)	3202581	Los Amargos	00-00-0013-0295-000	Manuel Ylla
9	Pedro De Quevedo	(3)	11330558	El Trebol	00-00-0013-0295-000	Manuel Ylla
10	Jos. Meléndez González	(1)	31401147	El Primerero	00-00-0013-0295-000	Manuel Ylla
11	Mrs. Edmundo González	(1)	0166998	El Primerero	00-00-0013-0295-000	Manuel Ylla
12	Maria Edmundo González	(1)	113306154	El Trebol	00-00-0013-0295-000	Manuel Ylla
13	Almeida Olaya	(1)	113306152	San Francisco	00-00-013-0233-000	Manuel Ylla
14	Dimitro Espino Pacheco	(1)	113306152	San Francisco	00-00-013-0233-000	Manuel Ylla
15	Jairo Velazquez	(1)	113306152	San Carlos	00-00-013-0233-000	Manuel Ylla
16	Jairo Velazquez	(1)	113306152	San Carlos	00-00-013-0233-000	Manuel Ylla
17	Jairo Velazquez	(1)	113306152	San Carlos	00-00-013-0233-000	Manuel Ylla
18	José Antonio Espinoza	(2)	464049	San Carlos	00-00-0013-0295-000	Manuel Ylla
19	Francisco Hernandez	(1)	316126	San Carlos	00-00-0013-0295-000	Manuel Ylla
20	Manuel Nuñez	(1)	113306152	San Carlos	00-00-0013-0295-000	Manuel Ylla
21	Jos. García	(1)	113306152	San Carlos	00-00-0013-0295-000	Manuel Ylla
22	Jos. García	(1)	113306152	San Carlos	00-00-0013-0295-000	Manuel Ylla
23	Jos. García	(1)	113306152	San Carlos	00-00-0013-0295-000	Manuel Ylla

FUENTE: acueducto veredal puente tabla

**ANEXO 2:** Cartografía, curvas de nivel del IGAC y planeación de zipaquira (captura de pantalla realizada de autocad)



**ANEXO 3:** ver manual técnico de turbosistemas PEAD acuaflex para conducción de agua potable 2014

**ANEXO 4:** Análisis de calidad de agua rio frio captacion



**MABER**  
Soluciones Hidroquímicas E.U.  
NIT. 500142015-4

**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA  
REPORTE DE RESULTADOS**

FECHA DE TOMA	Marzo 30 de 2011	ORDEN DE TRABAJO	-	MUESTRA No.	AFQM 185
SOLICITANTE	Acueducto Sector El Banco				
DEPARTAMENTO	CUNDINAMARCA				
MUNICIPIO	ZIAPAQUIRA				
DIRECCION	VEREDA RIO FRIO SECTOR EL BANCO	TELEFONO			
FUENTE	QUEBRADA PUENTE TABLA				
PUNTO DE TOMA	SITIO DE CAPTACIÓN				
TIPO DE MUESTRA	CRUDA				
MUESTRA TOMADA POR	Personal MABER Soluciones Hidroquímicas E.U.			HORA TOMA	08:45 a.m.
FECHA ANALISIS	Marzo 30 de 2011			HORA ANALISIS	2:00 p.m.

ANALISIS FISICOQUIMICOS				
PARAMETRO	UNIDADES	METODO	DEC. 1594/84	RESULTADO
pH		Electrométrico	5.0 a 9.0	6,95
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	Electrométrico	< 1000	37,1
COLOR APARENTE	UPC	Fotométrico	≤ 75	13
TURBIEDAD	UNT	Turbidimétrico	≤ 10	5,91
HIERRO TOTAL	mg/l de Fe	Fotométrico	0.3	0,36
CLORUROS	mg/l de Cl	Argentométrico	250	9,5
ALCALINIDAD TOTAL	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	Volumétrico		14
DUREZA TOTAL	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	Volumétrico		10,68
ALUMINIO	mg/l de Al	Fotométrico		-
MANGANESO	mg/l de Mn	Fotométrico		0,06
FOSFATOS	mg/l de PO <sub>4</sub>	Fotométrico		0,26
SULFATOS	mg/l de SO <sub>4</sub>	Fotométrico		1
NITRITOS	mg/l de NO <sub>2</sub>	Fotométrico		0,035

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS				
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	Filtración por membrana	20.000	380
E. COLI	UFC/100 ml	Filtración por membrana	2.000	14

pH in situ: 7.0

OBSERVACIONES: LA MUESTRA DE AGUA ANALIZADA PARA SU POTABILIZACION REQUIERE FILTRACION Y DESINFECCION.

GLORIA MARITZA BERNAL J.  
QUIMICO IND.

Transversal 7 No 23-16 Vereda San Antonio Zipaquirá Cel: 300 4817681 - 321 214 5332 maberj@yahoo.es

**ANEXO 5:** Análisis de calidad de agua rio frio tanque de almacenamiento



**MABER**  
Soluciones Hidroquímicas E.U.  
NIT. 900142015-4

**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO DEL AGUA  
REPORTE DE RESULTADOS**

FECHA DE TOMA	Marzo 30 de 2011	ORDEN DE TRABAJO	-	MUESTRA No.	AFQM 188
SOLICITANTE	Acueducto Sector El Banco				
DEPARTAMENTO	CUNDINAMARCA				
MUNICIPIO	ZIPAQUIRA				
DIRECCION	VEREDA RIO FRIO SECTOR EL BANCO	TELEFONO			
FUENTE	QUEBRADA PUENTE TABLA				
PUNTO DE TOMA	TANQUE DE ALMACENAMIENTO				
TIPO DE MUESTRA	CRUDA				
MUESTRA TOMADA POR	Personal MABER Soluciones Hidroquímicas E.U.	HORA TOMA	09:00 a.m.		
FECHA ANALISIS	Marzo 30 de 2011	HORA ANALISIS	2:00 p.m.		

**ANALISIS FISICOQUIMICOS**

PARAMETRO	UNIDADES	METODO	DEC. 1594/84	RESULTADO
pH		Electrométrico	5.0 a 9.0	6,9
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	Electrométrico	< 1000	37,3
COLOR APARENTE	UPC	Fotométrico	≤ 75	11
TURBIEDAD	UNT	Turbidimétrico	≤ 10	4,22
HIERRO TOTAL	mg/l de Fe	Fotométrico	0.3	0,26
CLORUROS	mg/l de Cl	Argentométrico	250	9,5
ALCALINIDAD TOTAL	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	Volumétrico		14
DUREZA TOTAL	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	Volumétrico		12,46
ALUMINIO	mg/l de Al	Fotométrico		-
MANGANESO	mg/l de Mn	Fotométrico		0,04
FOSFATOS	mg/l de PO <sub>4</sub>	Fotométrico		0,19
SULFATOS	mg/l de SO <sub>4</sub>	Fotométrico		1
NITRITOS	mg/l de NO <sub>2</sub>	Fotométrico		0,026

**ANALISIS MICROBIOLOGICOS**

COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	Filtración por membrana	20.000	260
E. COLI	UFC/100 ml	Filtración por membrana	2.000	12

pH in situ: 7.0

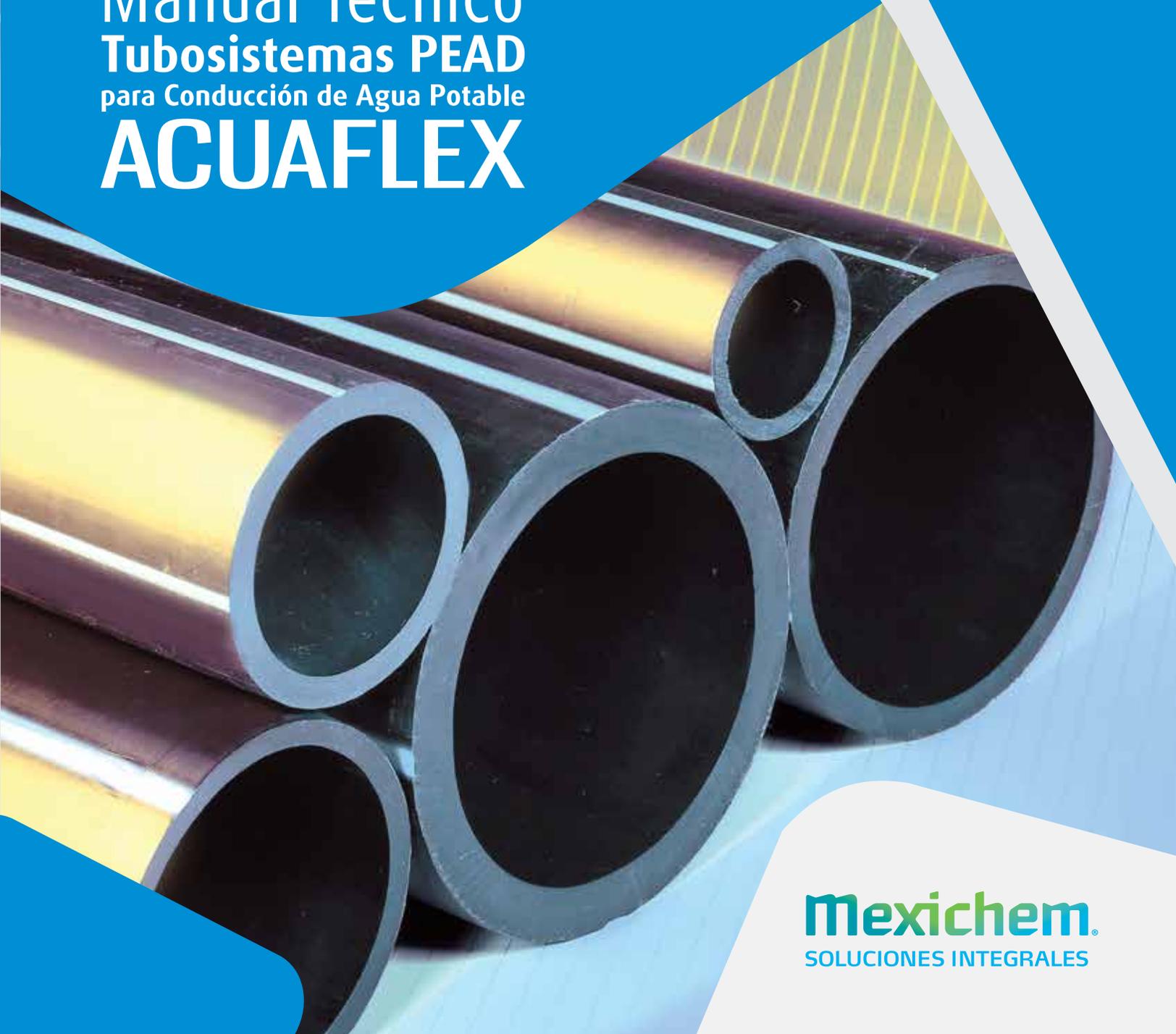
OBSERVACIONES: LA MUESTRA DE AGUA ANALIZADA PARA SU POTABILIZACION REQUIERE FILTRACION Y DESINFECCION.

GLORIA MARITZA BERNAL J.  
QUIMICO IND.

Transversal 7 No 23-16 Vereda San Antonio Zipaquirá Cel: 300 4817681 - 321 214 5332 maberj@yahoo.es

# PAVCO

Manual Técnico  
Tubosistemas PEAD  
para Conducción de Agua Potable  
**ACUAFLEX**



**Mexichem.**  
SOLUCIONES INTEGRALES



## Índice General

Presentación .....	5
Especificaciones del PEAD Acuaflex PAVCO .....	6
Propiedades y Características del PEAD Acuaflex PAVCO .....	6
Ventajas del PEAD de Alta Densidad Acuaflex PAVCO .....	7
Comportamiento del PEAD de Alta Densidad Acuaflex PAVCO en Presencia de Elementos Químicos .....	8
Condiciones de Diseño de las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO .....	10

## Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO

Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO .....	13
Accesorios PEAD Acuaflex PAVCO .....	14
Para Unión por Electrofundición .....	14
Para Unión por Termofusión .....	14
Para Unión Mecánica .....	16
Transporte y Almacenamiento de las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO .....	17
Instalación de las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO .....	17
Uniones por Termofusión, Electrofundición y Unión Mecánica para Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO .....	19

## Condiciones Básicas Termofusión

Procedimiento General para Uniones a Tope por Termofusión .....	20
Barras para el Corte de Flujo .....	26
Procedimiento General para Uniones a Socket por Termofusión .....	26
Procedimiento General para Uniones con Silla por Termofusión .....	30

## Generalidades Electrofundición

Instrucciones para Uniones por Electrofundición .....	33
Electrofundición a Socket .....	33
Electrofundición con Silla .....	37

## Condiciones Básicas Unión Mecánica

Procedimiento General para Uniones Mecánicas .....	39
Procedimiento para el Ensamble del Collar de Derivación con las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO .....	40
Puesta en Servicio .....	40
Rotulado .....	41



## Tubosistemas para Acueductos en PEAD Acuaflex PAVCO

Con tecnología de punta, como respuesta a las necesidades de suministro de agua potable, en las etapas de conducción, redes y conexiones domiciliarias, PAVCO le proporciona tubosistemas para acueducto en PEAD (Polietileno de Alta Densidad) con los mejores beneficios.

Este material garantiza la conservación de la calidad del agua para consumo humano ya que ha sido verificado de acuerdo a la ANSI/NSF 61:02 sin exceder los valores máximos de aluminio, antimonio, cobre, arsénico, bario, cadmio, cromo, plomo, mercurio, níquel, selenio y plata que establece el decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115 de 2007.

## Ventajas

### 1. Mayores Caudales:

Coefficiente de fricción  $C=150$  PE  
 $K_s=0.007$  (Darcy & Weisbach)

### 2. Más Fácil y Rápido de Instalar:

- Peso liviano.
- Tuberías en tramos de 6, 10 y 12 m. y en rollos de 50 ó 100 m.
- Tuberías con presión de trabajo hasta 230 psi.
- Tuberías de 16 mm. hasta 400 mm.

### 3. Amigos del Medio Ambiente:

Uniones por termofusión o electrofusión totalmente monolíticas: impiden por tal motivo la contaminación del agua conducida. Además también impiden la erosión de los suelos y el hundimiento de vías, debido a exfiltraciones.

### 4. Sismo-Resistentes:

Por su flexibilidad tienen un excelente comportamiento en zonas altamente sísmicas.

### 5. Vida Útil Mayor a 50 Años\*:

Fabricadas con resinas químicamente resistentes a la acción agresiva de los suelos y aguas.

Diseñadas para conducir fluidos a presión, a partir de un coeficiente de seguridad de diseño de 1,25 para las tuberías fabricadas con PE 100.

\* Esta información no es una garantía de producto dado que PAVCO no ejerce control sobre todos los aspectos que se presentan en la instalación y que afectan directamente el desempeño y la vida útil del producto.

### 6. Fácil Mantenimiento:

- Inventario de Tuberías y Accesorios local.
- Utilizando la tecnología del pinzado adecuadamente, evitan el cierre de válvulas.

### 7. Más Económicas:

- Transportan un mayor volumen de agua que las tuberías convencionales.
- Obras más rápidas de ejecutar.
- Se minimiza el uso de accesorios.
- Mayor vida útil.

## Servicios

Igualmente PAVCO le brinda la más completa gama de servicios:

### 1. Capacitación Dirigida a:

- Centros de Educación: Técnica y Universitaria.
- Personal: Empresas de servicio, Ingeniería, Fontanería, Acciones comunales y Juntas administradoras.

### 2. Asistencia Técnica

Durante el Proceso de:

- Diseño.
- Compra.
- Ejecución de obra.
- Operación.
- Mantenimiento.

### 3. Red Nacional de Servicios:

- Respuesta personalizada.
- Atención inmediata.
- Inventario de material local.

# Especificaciones del PEAD Acuaflex PAVCO

## Materia Prima

El polietileno es un polímero obtenido por la polimerización del etileno:  $CH_2=CH_2$ .

Polimerización es el proceso de unir "n" veces la molécula del etileno.

Es un polímero termostático del etileno producido a altas y bajas presiones y como resultado se obtienen familias de polímeros de alta y baja densidad, cada una de ellas con características diferentes de comportamiento y cualidades técnicas.

### Son Tres las Características del Polietileno que Afectan las Propiedades Físicas:

1. Ramificación Molecular.
2. Peso Molecular que hace relación con el índice de fluidez.
3. Distribución de los pesos moleculares

Las Tuberías de Polietileno a utilizar para la conducción de agua potable, se clasifican según la densidad, así:

#### PE 40:

Polietilenos de baja densidad.

#### PE 80:

Polietilenos de media densidad.

#### PE 100:

Polietilenos de alta densidad.

## Producto Terminado

Las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO son fabricadas con materias primas de primera calidad. El PE 100 que se usa para esta aplicación es un polietileno de alta densidad y es un polímero de tercera generación.

### Dimensiones y Tolerancias:

Las especificaciones en cuanto a dimensiones y tolerancias se rigen por la Norma Técnica Colombiana 4585 en lo referente a:

1. Diámetro exterior.
2. Espesor de pared.
3. Variaciones o tolerancias del espesor de pared.

### Resistencia Hidrostática de las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO:

Las resistencias hidrostáticas serán las de la tabla de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana 4585.

### Normatividad

PAVCO una vez más, establece las más altas características que convierten la línea PEAD Acuaflex PAVCO en un producto de excelente calidad, con un estricto cumplimiento de la Norma Técnica Colombiana 4585 Tubos de polietileno para la distribución de agua especificaciones. Serie Métrica.

## Propiedades y Características del PEAD Acuaflex PAVCO

### Materia Prima

CUADRO DE LOS METODOS DE ENSAYO

Características	Unidad	PE 40	Valores PE 80	PE 100	Metodo de Ensayo
Densidad Compuesto	g/cm <sup>3</sup>	0.932	0.946 - 0952	0.956 - 0962	ASTM D - 1505 y/o ISO 1183
Melt Index (5 kg.)	g/10 minutos	0.3 a 0.6	0.3 a 0.6	0.3 a 0.6	ASTM D - 1238 y/o ISO 1133
Contenido de Negro de Humo	%	2.0 - 2.5	2.0 - 2.5	2.0 - 2.5	ISO 6964
Dispersión del Negro de Humo y/o Azul		≤3	≤3	≤3	ISO 11420 (N. Humo) ISO 13949 (Azul)
Estabilidad Térmica	minutos	≥15	≥15	≥20	ISO 10837 (210°C)
Designación (MRS)	Mpa	4 min.	8 min.	10 min.	ISO 9080 / ISO 12162

## Producto Terminado

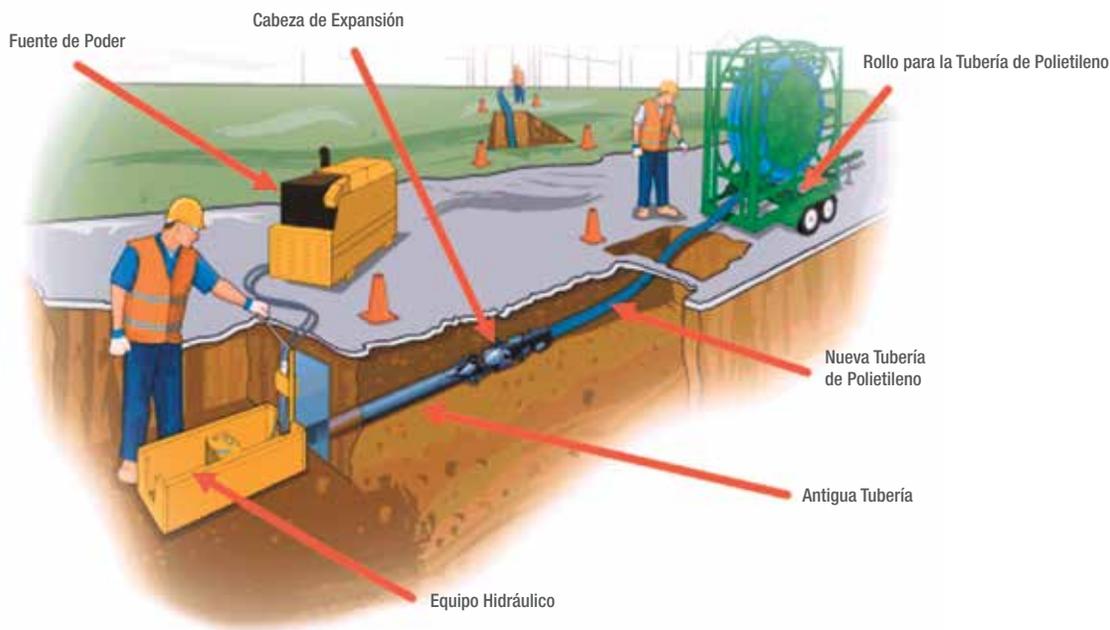
### CUADRO DE LOS METODOS DE ENSAYO

Características	Metodo de Ensayo
Dimensiones y Tolerancias	Norma Técnica Colombiana 3358
Resistencia Hidrostática	Norma Técnica Colombiana 3578
Reversión Longitudinal	Norma Técnica Colombiana 4451-1

## Ventajas de PEAD de Alta Densidad Acuaflex PAVCO

<b>Resistencia Química</b>	Nuestros tubosistemas PEAD Acuaflex PAVCO pueden ser sometidos con excelentes resultados a la mayoría de agentes químicos y corrosivos hallados en la conducción de acueductos. Adicionalmente nuestras Tuberías no se corroen.
<b>Resistencia a la Interperie</b>	Las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO ofrecen un alto grado de protección contra la degradación causada por los rayos ultravioleta. Dentro del compuesto, está mezclado uniformemente un porcentaje ya normalizado de negro humo para este fin.
<b>Peso Liviano</b>	Las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO son muy livianas, por tal motivo la ingeniería en la construcción de su obra se beneficia en el transporte, cargue y descargue como en la misma instalación.
<b>Durabilidad</b>	Las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO se fabrican con resinas de primera calidad. Así le podemos garantizar un producto de larga vida útil.
<b>Resistencia Mecánica</b>	Las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO cumplen con los requerimientos fisicomecánicos contemplados en la Norma Técnica Colombiana 4585.
<b>Flexibilidad</b>	Las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO además de ser resistentes, ofrecen gran flexibilidad, que las hace aptas para el trabajo en obra. Adicionalmente, brindan facilidad y economía en la instalación minimizando el uso de accesorios. Por su flexibilidad se adaptan al terreno y facilitan los trazados abruptos.
<b>Sistema de Unión</b>	El Sistema PEAD Acuaflex PAVCO se fabrica para poder ser acoplado por termofusión, electrofusión o unión mecánica.
<b>Propiedades del Flujo</b>	Las superficies de las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO son lisas y sin porosidades. Así se logran excelentes propiedades de flujo, lo cual previene incrustaciones prematuras de depósitos minerales que obstruyen el paso normal del agua.
<b>Pérdidas Mínimas por Fricción</b>	Las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO tienen un bajo coeficiente de fricción, el cual permite llevar más caudal de agua en relación con otros materiales del mismo diámetro.
<b>Resistencia a la Electrólisis</b>	Las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO no producen ninguna reacción electrolytica que corra la tubería por algún efecto potencial eléctrico. Por tal motivo no requieren protección contra corrientes galvánicas.
<b>Ausencia de Toxicidad y Olor</b>	Las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO son inoloras, atóxicas e insípidas y por tal motivo el uso en la conducción de agua potable es aceptado mundialmente.

La combinación de estas características, especialmente su flexibilidad y sistema de unión por termofusión, permite el uso exitoso en instalaciones sin zanja aplicable especialmente para rehabilitación o sustitución de redes existentes e instalaciones nuevas en que las condiciones de la superficie no permite la excavación a cielo abierto o simplemente para minimizar el impacto urbano que las instalaciones convencionales causan.



## Comportamiento del PEAD de Alta Densidad Acuaflex PAVCO en Presencia de Elementos Químicos

El comportamiento de las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO en presencia de elementos químicos está dado en la siguiente tabla. Esta información debe utilizarse SOLO COMO GUÍA.

Abreviaciones: S: Satisfactorio / L: Posible aplicación limitada / I: Insatisfactorio / - - - -: No probado

Concentración: Sat.sol.=Solución acuosa preparada a 20°C (68°F) / Sol.=Solución acuosa con concentración sobre 10% pero debajo del nivel de Saturación / Dil.sol.=Solución acuosa diluida concentración debajo del 10% / Cust.conc.=Servicio concentración normal

MEDIO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA 20°C (68°F)	RESISTENCIA 60°C (140°F)
ACEITES Y GRASA	- - - -	S	L
ACETATO AMÍLICO	100%	S	L
ACETATO DE PLATA	Sat.sol.	S	S
ACETATO ETÍLICO	100%	S	I
ACETONA	100%	L	L
ÁCIDO ACÉTICO	100%	S	L
ÁCIDO ACÉTICO	10%	S	S
ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	96%	S	L
ÁCIDO ADÍPICO	Sat.sol.	S	S
ÁCIDO ANHÍDRIDO ACÉTICO	100%	S	L
ÁCIDO ARSÉNICO	Sat.sol.	S	S
ÁCIDO BENZOICO	Sat.sol.	S	S
ÁCIDO BÓRICO	Sat.sol.	S	S
ÁCIDO BUTÍRICO	100%	S	L

MEDIO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA 20°C (68°F)	RESISTENCIA 60°C (140°F)
ÁCIDO CÍTRICO	Sat.sol	S	S
ÁCIDO CLOROACÉTICO	Sol.	S	S
ÁCIDO CRESÍLICO	Sat.sol.	L	- - - -
ÁCIDO CRÓMICO	20%	S	L
ÁCIDO CRÓMICO	50%	S	L
ÁCIDO FLUOROSÍLICO	40%	S	S
ÁCIDO FÓRMICO	50%	S	S
ÁCIDO FÓRMICO	98-100%	S	S
ÁCIDO HIDROBROMÍCO	50%	S	S
ÁCIDO HIDROBÓMICO	100%	S	S
ÁCIDO HIDROCIÁNICO	10%	S	S
ÁCIDO HIDROCLÓRICO	10%	S	S
ÁCIDO HIDROCLÓRICO	35%	S	S
ÁCIDO HIDROFLUÓRICO	4%	S	S

MEDIO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA 20°C(68°F)	RESISTENCIA 60°C (140°F)
ÁCIDO HIDROFLUORICO	60%	S	L
ÁCIDO LÁCTICO	100%	S	S
ÁCIDO MALEICO	Sat.sol.	S	S
ÁCIDO NICOTINICO	Dil.sol.	S	---
ÁCIDO NÍTRICO	25%	S	S
ÁCIDO NÍTRICO	50%	S	I
ÁCIDO NÍTRICO	75%	I	I
ÁCIDO NÍTRICO	100%	I	I
ÁCIDO OLEICO	100%	S	L
ÁCIDO ORTOFOSFÓRICO	50%	S	L
ÁCIDO ORTOFOSFÓRICO	95%	S	L
ÁCIDO OXÁLICO	Sat.sol.	S	S
ÁCIDO PÍCRICO	Sat.sol.	S	---
ÁCIDO PROPIONICO	50%	S	S
ÁCIDO PROPIONICO	100%	S	L
ÁCIDO SALICÍLICO	Sat.sol.	S	S
ÁCIDO SULFÚRICO	10%	S	S
ÁCIDO SULFÚRICO	50%	S	S
ÁCIDO SULFÚRICO	98%	S	I
ÁCIDO SULFÚRICO	Fuming	I	I
ÁCIDO SULFUROSO	30%	S	S
ÁCIDO TÁNICO	Sol.	S	S
ÁCIDO TARTÁRICO	Sol.	S	S
AGUA	---	S	S
ALCOHOL ALÍLICO	96%	S	S
ALCOHOL AMÍLICO	100%	S	L
ALUMINIO	Sol.	S	S
AMONIAO, ACUOSO	Dil.sol.	S	S
AMONIAO, GASEOSO SECO	100%	S	S
AMMONIA, LÍQUIDA	100%	S	S
ANILINA	100%	S	L
ANTIMONIO TRICLORÍDRICO	90%	S	S
AGUA REGIA	HCl-HNO3/1	I	I
BENZALDEIDO	100%	S	L
BENZENO	---	L	L
BENZOATO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
BICARBONATO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
BICARBONATO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
BIFOSFATO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
BISULFATO DE POTASIO	Sol.	S	S
BISULFURO DE SODIO	Sol.	S	S
BORAX	Sat.sol.	S	S
BROMATO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
BROMURO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
BROMURO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
BROMO, GASEOSO SECO	100%	I	I
BROMO, LÍQUIDO	100%	I	I
BUTANO, GASEOSO	100%	S	S
1-BUTANOL	100%	S	S
CARBONATO DE BARIO	Sat.sol.	S	S
CARBONATO DE CALCIO	Sat.sol.	S	S
CARBONATO DE MAGNESIO	Sat.sol.	S	S
CARBONATO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
CARBONATO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
CARBONATO DE ZINC	Sat.sol.	S	S
CERVEZA	---	S	S
CIANURO DE PLATA	Sat.sol.	S	S
CIANURO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
CICLOHEXANOL	100%	S	S
CICLOHEXANONA	100%	S	L
CLORATO DE CALCIO	Sat.sol.	S	S
CLORATO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
CLORATO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
CLORHÍDRIDO DE METILENO	100%	L	---
CLORHÍDRIDO (II) DE ZINC	Sat.sol.	S	S
CLORHÍDRIDO (IV) DE ZINC	Sat.sol.	S	S

MEDIO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA 20°C(68°F)	RESISTENCIA 60°C (140°F)
CLORHÍDRIDO DE BARIO	Sat.sol.	S	S
CLORHÍDRIDO DE CALCIO	Sat.sol.	S	S
CLORHÍDRIDO DE COBRE	Sat.sol.	S	S
CLORHÍDRIDO DE MAGNESIO	Sat.sol.	S	S
CLORHÍDRIDO DE MERCURIO	Sat.sol.	S	S
CLORHÍDRIDO DE NIQUEL	Sat.sol.	S	S
CLORHÍDRIDO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
CLORHÍDRIDO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
CLORHÍDRIDO DE TIONIL	100%	L	I
CLORHÍDRIDO DE ZINC	Sat.sol.	S	S
CLORHÍDRIDO FERRICO	Sat.sol.	S	S
CLORHÍDRIDO FERROSO	Sat.sol.	S	S
CLOROFORMO	100%	I	I
CLORURO DE ALUMINIO	Sat.sol.	S	S
CLORURO DE AMONIO	Sat.sol.	S	S
CROMATO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
CIANURO DE MERCURIO	Sat.sol.	S	S
CIANURO DE POTASIO	Sol.	S	S
CLORO, GASEOSO SECO	100%	L	I
CLORO, SOLUCIÓN ACUOSA	Sat.sol.	L	I
DECAHIDRONAPTALENO	100%	S	L
DESARROLLADOR FOTOGRÁFICO	Cust.conc.	S	S
DEXTRINA	Sol.	S	S
DICROMATO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
DIOCLIPTALANO	100%	S	L
DIOXANO	100%	S	S
DIÓXIDO CARBÓNICO, GASEOSO SECO	100%	S	S
DIOXIDO SULFUROSO, SECO	100%	S	S
DISULFIDE DE CARBON	100%	L	I
ETANOL	40%	S	L
ETER DIETILICO	100%	L	---
ETHANEDIOL	100%	S	S
FERRUCIANURO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
FERRUCIANIDE DE SODIO	Sat.sol.	S	S
FERRUCIANIDE DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
FERRUCIANIDE DE SODIO	Sat.sol.	S	S
FLUORHÍDRIDO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
FLUORINE, GASEOSO	100%	I	I
FLUORURO DE ALUMINIO	Sat.sol.	S	S
FLUORURO DE AMONIO	Sol.	S	S
FLUORURO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
FORMALDEIDO	40%	S	S
FURFURYL ALCOHOL	100%	S	L
GASOLINA	---	S	L
GLICERINA	100%	S	S
GLICOL	Sol.	S	S
GLUCOSA	Sat.sol.	S	S
HEPTANO	100%	S	I
HIDRÓGENO	100%	S	S
HIDRÓXIDO DE BARIO	Sat.sol.	S	S
HIDRÓXIDO DE MAGNESIO	Sat.sol.	S	S
HIDRÓXIDO DE POTASIO	10%	S	S
HIDRÓXIDO DE POTASIO	Sol.	S	S
HIDRÓXIDO DE SODIO	40%	S	S
HIDRÓXIDO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
HIPOCLORITO DE POTASIO	Sol.	S	L
HIPOCLORITO DE SODIO	15%	S	S
LEAD ACETATE	Sat.sol.	S	---
LECHE	---	S	S
MELAZA	---	S	S
MERCURIO	100%	S	S
METANOL	100%	S	S
MONÓXIDO CARBONICO	100%	S	S
NITRATO DE AMONIO	Sat.sol.	S	S
NITRATO DE CALCIO	Sat.sol.	S	S

MEDIO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA 20°C(68°F)	RESISTENCIA 60°C (140°F)
NITRATO DE COBRE	Sat.sol.	S	S
NITRATO DE MAGNESIO	Sat.sol.	S	S
NITRATO DE MERCURIO	Sol.	S	S
NITRATO DE NIQUEL	Sat.sol.	S	S
NITRATO DE PLATA	Sat.sol.	S	S
NITRATO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
NITRATO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
NITRATO FÉRRICO	Sol.	S	S
NITRITO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
ORTOFOSFATO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
ORTOFOSFATO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
ÓXIDO DE ZINC	Sat.sol.	S	S
ÓXIGENO	100%	S	L
OZONO	100%	L	I
PERCLORATO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
PERMANGANATO DE POTASIO	20%	S	S
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	30%	S	L
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	90%	S	I
PERSULFATO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
PETROLEO (KEROSENE)	---	S	L
PHENOL	Sol.	S	S
PIRIDINE	100%	S	L
QUINOL (HIDROQUINONE)	Sat.sol.	S	S
SULFATO DE ALUMINIO	Sat.sol.	S	S
SULFATO DE AMONIO	Sat.sol.	S	S
SULFATO DE BARIO	Sat.sol.	S	S

MEDIO	CONCENTRACIÓN	RESISTENCIA 20°C(68°F)	RESISTENCIA 60°C (140°F)
SULFATO DE CALCIO	Sat.sol.	S	S
SULFATO DE COBRE	Sat.sol.	S	S
SULFATO DE NIQUEL	Sat.sol.	S	S
SULFATO DE POTASIO	Sat.sol.	S	S
SULFATO DE SODIO	Sat.sol.	S	S
SULFATO DE ZINC	Sat.sol.	S	S
SULFATO FÉRRICO	Sat.sol.	S	S
SULFATO FERROSO	Sat.sol.	S	S
SULFIDE DE BARIO	Sol.	S	S
SULFIDE DE CALCIO	Dil.sol.	L	L
SULFIDE DE HIDRÓGENO, GASEOSO	100%	S	S
SULFIDE DE SODIO	Sat.sol.	S	S
SULFITO DE AMONIO	Sol.	S	S
SULFITO DE POTASIO	Sol.	S	S
TETRACLORÍDRIDO CARBÓNICO	100%	L	I
TOLUENO	100%	L	I
TROCLORIDO FOSFOROSO	100%	S	L
TRICLORÍDRIDO DE ETILENO	100%	I	I
TRITILAMINA	Sol.	S	L
TRIÓXIDO SULFÚRICO	100%	I	I
UREA	Sol.	S	S
URINA	---	S	S
VINAGRE DE VINO	---	S	S
VINOS Y LICORES	---	S	S
XILENOS	100%	L	I
YEAST	Sol.	S	S

## Condiciones de Diseño en las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO

### Golpe de Ariete

Una columna de líquido moviéndose tiene inercia que es proporcional a su peso y a su velocidad. Cuando el flujo se detiene rápidamente, por ejemplo al cerrar una válvula, la inercia se convierte en un incremento de presión. Entre más larga sea la línea y más alta la velocidad del líquido, mayor será la sobrecarga de presión.

Estas sobrepresiones pueden llegar a ser lo suficientemente grandes para reventar cualquier tipo de tubería. Este fenómeno se conoce con el nombre de Golpe de Ariete.

Las Principales Causas de éste Fenómeno son:

1. La apertura y el cierre rápido de una válvula.
2. El arranque y la parada de una bomba.
3. La acumulación y el movimiento de bolsas de aire dentro de las tuberías.

Al cerrar una válvula, la sobrepresión máxima que se puede esperar se calcula así:

#### Fórmula:

$$P = \frac{aV}{g} \quad \text{con:}$$

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \left(\frac{K}{E}\right) (RDE-2)}}$$

#### Donde:

- P: Sobrepresión máxima en metros de columna de agua, al cerrar bruscamente la válvula
- a: Velocidad de la onda (m/s).
- V: Cambio de velocidad del agua (m/s).
- g: Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>
- K: Módulo de compresión del agua = 2.06 x 10<sup>4</sup> Kg/cm<sup>2</sup>
- E: Módulo de elasticidad de la Tubería = 1.4 x 10<sup>4</sup> Kg/cm<sup>2</sup> Para Polietileno
- RDE: Relación diámetro exterior/espesor mínimo.

## Tabla de Equivalencias de Presión por Unidad de Área

Kg/Cm <sup>2</sup>	KPa	Psi Lb/in <sup>2</sup>	mm. Mercurio In. Hg	Pulg. Mercurio In. Hg	Pulg. Agua In. H <sub>2</sub> O	Atmósferas Atm	Milibares	Bares
1	98.06650	14.22334	735.561	28.0501	393.712	0.9678411	980.6650	0.980

Un efecto no muy conocido pero mucho más perjudicial para las tuberías es el aire atrapado en la línea.

El aire es compresible y si se transporta con el agua en una conducción, éste puede actuar como un resorte, comprimiéndose y expandiéndose aleatoriamente.

Se ha demostrado que estas compresiones repentinas pueden aumentar la presión en un punto, hasta 10 veces la presión de servicio. Para disminuir este riesgo se deben tomar las siguientes precauciones:

1. Mantener siempre la baja velocidad, especialmente en diámetros grandes.  
Durante el llenado de la Tubería, la velocidad no debe ser mayor de 0.3 m/seg. hasta que todo el aire salga y la presión llegue a su valor nominal.
2. Instalar ventosas de doble efecto, en los puntos altos, bajos y a lo largo de tramos rectos, muy largos, para purgar el aire, y permitir su entrada cuando se interrumpe el servicio.
3. Durante la operación de la línea, prevenir la entrada del aire en las bocatomas, rejillas, etc., de manera que el flujo de agua sea continuo.

## Conversión de Temperatura °C a °F

**Fórmula:**

$$C = \frac{5}{9} (F - 32)$$

$$C = \frac{9}{5} C + 32$$

## Metodología según la Fórmula William & Hazen para Diseño Hidráulico a Presión

**Fórmula:**

$$H_f = 0.2083 \left( \frac{100}{C} \right)^{1.85} \frac{Q^{1.85}}{D^{4.866}}$$

$$H_f = 0.0985 \frac{Q^{1.85}}{D^{4.866}}$$

**Donde:**

- H<sub>f</sub>: Pérdida de presión Mt/100mt  
 Q: Flujo de gals por minuto.  
 D: Diámetro interior en pulgadas  
 C: Factor de fricción constante=150

**Nota:**

Los parámetros de diseño de un proyecto y obra son responsabilidad exclusiva del diseñador

## Metodología Darcy-Weisbach

Para diseñar de acuerdo con la metodología de Darcy-Weisbach se utilizan las siguientes ecuaciones:

**Fórmula:**

$$H_f = 0.2083 \left( \frac{100}{C} \right)^{1.85} \frac{Q^{1.85}}{D^{4.866}}$$

$$H_f = 0.0985 \frac{Q^{1.85}}{D^{4.866}}$$

**Donde:**

- H<sub>f</sub>: Pérdida de presión Mt/100mt  
 Q: Flujo de gals por minuto.  
 D: Diámetro interior en pulgadas  
 C: Factor de fricción constante=150

**Nota:**

Los parámetros de diseño de un proyecto y obra son responsabilidad exclusiva del diseñador

# Análisis experimental de la Rugosidad Absoluta Tubería PEAD Acuaflex

El estudio sobre el comportamiento hidráulico y la determinación del coeficiente de rugosidad en tuberías de acueducto, forma parte de diferentes temas de investigación que desarrolla el Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados (CIACUA) de la Universidad de los Andes a través de la “Cátedra PAVCO” período 2001 – 2002, proyecto de investigación patrocinado por PAVCO desde hace 13 años.

El estudio consistió en la modelación de las pérdidas por fricción generadas por diferentes regímenes de flujo a partir de la disposición de un montaje realizado en el laboratorio de hidráulica de la Universidad de los Andes con la tubería PEAD Acuaflex PAVCO y la valoración de la información observada mediante un modelo matemático. A partir del montaje del modelo físico a escala real para simular las pérdidas de energía generadas bajo diferentes caudales, se obtienen datos experimentales de la presión en diferentes tramos de la tubería. Los datos experimentales son valorados por un modelo matemático de análisis de flujo en tuberías con flujo a presión aplicando las ecuaciones de Bernoulli para las pérdidas por fricción, de Darcy-Weisbach para la valoración de los resultados, el entendimiento del Diagrama de Moody y de los diferentes tipos de flujo presentes en las tuberías con flujo a presión (flujos laminar, turbulento hidráulicamente liso, hidráulicamente rugoso y flujo transicional).

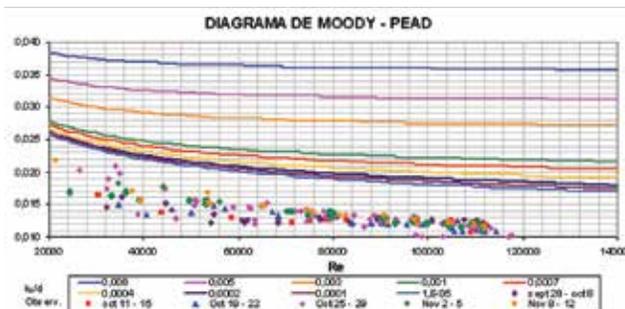
A partir de los resultados se obtienen curvas experimentales que son graficadas en el Diagrama de Moody en donde el principal objetivo es analizar el desempeño de la tubería PEAD Acuaflex bajo diferentes condiciones de caudal y establecer la rugosidad absoluta del material de la tubería.

## Resultados

Luego de analizar el ensayo de laboratorio se logró establecer el caudal necesario para que la rugosidad teórica de la tubería PEAD Acuaflex ( $K_s$  de 0.007 mm) afecte las pérdidas por fricción que se generan, es decir el caudal necesario para que la subcapa laminar viscosa disminuya hasta que la rugosidad teórica supere el límite de  $0.305 \delta^1$ , donde  $\delta^1$  corresponde al espesor de la subcapa laminar viscosa.

Se encontró que para que se cumpla lo anterior la magnitud del caudal debe ser muy alta, correspondientes a velocidades que superan ampliamente las velocidades máximas permitidas por las empresas operadoras del servicio de agua potable, por lo que se puede asegurar que el régimen de flujo en las tuberías PEAD Acuaflex corresponderá a hidráulicamente liso y por lo tanto la rugosidad del material no va a afectar las pérdidas de energía que se generen. La principal conclusión del ensayo permite asegurar que las pérdidas de energía que se van a

producir en una tubería PEAD Acuaflex son muy pequeñas en comparación con otros materiales y que además su rugosidad ( $k_s$ ) no va a afectar el régimen de flujo.



## Viscosidad Cinemática del Agua

Temperatura	Viscosidad Cinemática
°C	cm <sup>2</sup> /sg
0	0,0176
10	0,0131
12	0,0124
20	0,0100
30	0,0080
40	0,0066
60	0,0048
80	0,0036
100	0,0030

Tomado de Tuberías, tomo 1 J.M. Mayol

## Factor de Reducción por Temperatura

Temperatura*	Coefficiente
°C	
20 °C	1.00
30 °C	0.87
40 °C	0.74

\* Para diferentes temperaturas se puede interpolar  
Tomado de EN12201

# Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO

PE 100 / PN 6 Presión Nominal (PN)  
de Trabajo a 23°C : 6 Bar - 87 Psi (RDE 26)

Diámetro Nominal mm.	Referencia	Diámetro Exterior Prom.	Espesor de Pared Mínimo	Diam. Interior mm	Presentación	Peso kg/m
50		50	2.0	46.00	Rollo 100 m	0.31
63	2906744	63	2.5	58.00	Rollo 100 m	0.49
75		75	2.9	69.20	Rollo 100 m	0.68
90	2905361	90	3.5	83.00	Rollo 100 m	0.98
110	2905362	110	4.2	101.60	Rollo 50 m	1.44
160	2905681	160	6.2	147.60	Tramo 6 m	3.09
200	2904917	200	7.7	184.60	Tramo 6 m	4.80
250	2904919	250	9.6	230.80	Tramo 6 m	7.49
315		315	12.1	290.80	Tramo 6 m	11.89
355		355	13.6	327.80	Tramo 6 m	15.06
400		400	15.3	369.40	Tramo 6 m	19.09

PE 100 / PN 16 Presión Nominal (PN)  
de Trabajo a 23°C : 16Bar - 230 Psi (RDE 11)

Diámetro Nominal mm.	Referencia	Diámetro Exterior Prom.	Espesor de Pared Mínimo	Diam. Interior mm	Presentación	Peso kg/m
* 50	2905757	50	4.6	40.80	Rollo 100m	0.68
63	2900297	63	5.8	51.40	Rollo 100m	1.09
* 75	NUEVO	75	6.8	61.36	Rollo 100m	1.51
90	2900299	90	8,2	73.60	Rollo 100m	2.17
110	2900288	110	10,0	90.00	Rollo 50 m	3.21
160	2900292	160	14,6	130.80	Tramo 6 m	6.81
200	2903708	200	18,2	163.60	Tramo 6 m	10.38
250	2905056	250	22,7	204.60	Tramo 6 m	16.65
315	2903916	315	28,6	257.80	Tramo 6 m	26.57
355	2904619	355	32,2	290.60	Tramo 6 m	33.72
400	2904623	400	36,3	327.40	Tramo 6 m	42.83

PE 100 / PN 8 Presión Nominal (PN)  
de Trabajo a 23°C : 8 Bar - 116 Psi (RDE 21)

Diámetro Nominal mm.	Referencia	Diámetro Exterior Prom.	Espesor de Pared Mínimo	Diam. Interior mm	Presentación	Peso kg/m
50	2906209	50	2.4	45.20	Rollo 100m	0.37
63		63	3.0	57.00	Rollo 100 m	0.58
75		75	3.6	67.86	Rollo 100m	0.83
90		90	4.3	81.40	Rollo 100m	1.20
110	2903971	110	5.3	99.40	Rollo 50 m	1.80
160	2903972	160	7.7	144.60	Tramo 6 m	3.80
200	2904918	200	9.6	180.80	Tramo 6 m	5.93
250		250	11,9	226.20	Tramo 6 m	9.19
315		315	15,0	285.00	Tramo 6 m	14.60
355		355	16,9	321.20	Tramo 6 m	18.54
400	2905408	400	19.1	361.80	Tramo 6 m	23.60

PE 100 / PN 20 Presión Nominal (PN)  
de Trabajo a 23°C : 20Bar - 290 Psi (RDE 9)

Diámetro Nominal mm.	Referencia	Diámetro Exterior Prom.	Espesor de Pared Mínimo	Diam. Interior mm	Presentación	Peso kg/m
200	2905686	200	22.4	155.20	Tramo 6 m	12.9

PE 100 / PN 25 Presión Nominal (PN)  
de Trabajo a 23°C : 25Bar - 363 Psi (RDE 7.4)

Diámetro Nominal mm.	Referencia	Diámetro Exterior Prom.	Espesor de Pared Mínimo	Diam. Interior mm	Presentación	Peso kg/m
160	2905661	160	21.9	116.20	Tramo 6 m	9.81

PE 100 / PN 10 Presión Nominal (PN)  
de Trabajo a 23°C : 10Bar - 145 Psi (RDE 17)

Diámetro Nominal mm.	Referencia	Diámetro Exterior Prom.	Espesor de Pared Mínimo	Diam. Interior mm	Presentación	Peso kg/m
63	2900296	63	3,8	55.40	Rollo 100m	0.74
* 75	2905663	75	4,4	66.18	Rollo 100 m	1.01
90	2900298	90	5,4	79.20	Rollo 100m	1.49
110	2900287	110	6,6	96.80	Rollo 50 m	2.20
160	2900291	160	9,5	141.00	Tramo 6/12 m	4.57
200	2902458	200	11,9	176.20	Tramo 6/12 m	7.13
250	2902459	250	14,8	220.40	Tramo 6/10m	11.24
315	2902497	315	18,7	277.60	Tramo 6/10 m	17.97
355	2904620	355	21,1	312.80	Tramo 6/10 m	22.85
400	2904621	400	23,7	352.60	Tramo 6/10 m	28.27

PE 100 / PN 16 Presión Nominal (PN)  
de Trabajo a 23°C : 16Bar - 230 Psi (RDE 11)

Diámetro Nominal mm.	Referencia	Diámetro Exterior Prom.	Espesor de Pared Mínimo	Diam. Interior mm	Presentación	Peso kg/m
32	2900559	32	3.0	26.00	Rollo 180 m	0.26
40	2906207	40	3.7	32.60	Rollo 100 m	0.41

PE 80 / PN 16 Presión Nominal (PN)  
de Trabajo a 23°C : 16Bar - 230 Psi (RDE 9)

Diámetro Nominal mm.	Referencia	Diámetro Exterior Prom.	Espesor de Pared Mínimo	Diam. Interior mm	Presentación	Peso kg/m
20	2905877	20	2.3	15.40	Rollo 150 m	0.13
25	2906525	25	2.8	19.40	Rollo 100 m	0.19
32	2906692	32	3.6	24.80	Rollo 100 m	0.31
40	2906693	40	4.5	31.00	Rollo 100 m	0.40

PE 100 / PN 12.5 Presión Nominal (PN) de Trabajo a 23°C : 12.5 Bar - 181 Psi (RDE 14)

Diámetro Nominal mm.	Referencia	Diámetro Exterior Prom.	Espesor de Pared Mínimo	Diam. Interior mm	Presentación	Peso kg/m
63	2904523	63	4.7	53.60	Rollo 100m	0.89
75		75	5.4	64.29	Rollo 100m	1.21
90	2905850	90	6.7	76.60	Rollo 100m	1.81
110	2905851	110	8.1	93.80	Rollo 50 m	2.68
160	2905055	160	11.8	136.40	Tramo 6 m	5.67
200	2905590	200	14.7	170.60	Tramo 6 m	8.84
250		250	18.4	213.20	Tramo 6 m	13.82
315		315	23.2	268.60	Tramo 6 m	21.96
355		355	26.1	302.80	Tramo 6 m	27.85
400	2905591	400	29.4	341.20	Tramo 6 m	35.34

PE 40 / PN 10 Presión Nominal (PN)  
de Trabajo a 23°C : 10Bar - 145 Psi (RDE 7,5)

Diámetro Nominal mm.	Referencia	Diámetro Exterior Prom.	Espesor de Pared Mínimo	Diam. Interior mm	Presentación
16	2900289	16	2.3	11.40	Rollo 150mts.
20	2900293	20	2.8	14.40	Rollo 150mts.
25	2900294	25	3.5	18.00	Rollo 150mts.
32	2900295	32	4.4	23.20	Rollo 150mts.

\* Bajo Pedido

# Tipos de Unión

A continuación los diferentes accesorios de acuerdo con el tipo de unión.

Fabricados de acuerdo a la Norma PE UNI 7612 +F.A. 1 Uniones en PE alta densidad para conducciones de fluidos a presión. Tipos, dimensiones y requisitos.

## Accesorios PEAD Acuaflex PAVCO

### Para Unión por Electrofusión



#### Uniones PE 100/PN 16

Referencia	Díámetro mm
2903376	63
NUEVO	75
2903377	90
2903373	110
2903374	160
2903375	200
2903378	250
2904663	315
2904664	355
2904665	400

### Para Unión por Termofusión



#### Codos 45°

##### PE 100 / PN 16

Referencia	Díámetro mm
2903197	63
NUEVO	75
2903199	90
2903188	110
2906642	125
2903190	160
2903192	200
2903194	250
2904666	315
2904667	355
2904668	400

##### PE 100 / PN 10

2903198	90
2903187	110
2903189	160
2903191	200
2903193	250
2904649	315
2904650	355
2904651	400



#### Codos 90°

##### PE 100 / PN 16

Referencia	Díámetro mm
2903209	63
NUEVO	75
2903211	90
2903201	110
2906643	125
2903203	160
2903205	200
2903207	250
2904669	315
2904670	355
2904671	400

##### PE 100 / PN 10

2903208	63
NUEVO	75
2906509	90
2906510	110
2906511	160
2903204	200
2903206	250
2904652	315
2904653	355
2904654	400



#### Reducciones

##### PE 100 / PN 16

Referencia	Díámetro mm
NUEVO	75 x 63
2903956	90 x 63
NUEVO	2905660 90 x 75
2903258	110 x 63
NUEVO	2905875 110 x 75
2903260	110 x 90
2903264	160 x 90
2903261	160 x 110
2903266	200 x 160
2904675	250 x 160
2903268	250 x 200
2904676	315 x 250
2904677	355 x 315
2904678	400 x 355

##### PE 100 / PN 10

NUEVO	2906204 75 x 63
2903272	90 x 63
NUEVO	2906205 90 x 75
2903257	110 x 63
NUEVO	2906206 110 x 75
2906517	110 x 90
2903263	160 x 90
2906519	160 x 110
2903265	200 x 160
2903919	250 x 160
2903267	250 x 200
3903920	315 x 250
2904657	355 x 315
2904658	400 x 355



### Tapones

PE 100 / PN 16

Referencia	Diámetro mm
2906646	25
2906647	32
2903325	63
NUEVO	75
2905549	90
2903317	110
2906648	125
2903319	160
2903321	200
2903323	250
2904679	315
2904680	355
2904681	400

PE 100 / PN 10

2903324	63
NUEVO	75
2903326	90
2903316	110
2903318	160
2903320	200
2903322	250
2903327	315
2904659	355
2904660	400



### Silletas PE 100 / PN16

Referencia	Diámetro mm
2903302	90 x 16
2903303	90 x 20
2903298	110 x 16
2903299	110 x 20
2903300	160 x 20
2903301	200 x 20



### Tees

PE 100 / PN 16

Referencia	Diámetro mm
2903353	63
NUEVO	75
2903957	90
2903343	110
2906649	125
2904682	160
2903346	200
2904647	250
2904683	315
2904684	355
2904685	400

PE 100 / PN 10

2903352	63
2903355	90
2906528	110
2906529	160
2903345	200
2903347	250
2903418	315
2904661	355
2904662	400
2903362	160 x 110
2903363	200 x 160



### Portaflanches

PE 100 / PN 16

Referencia	Diámetro mm
2903264	63
2905874	75
2903256	90
2905391	110
2906644	125
2903248	160
2906645	180
2903250	200
2903251	250
2904672	315
2904673	355
2904674	400

PE 100 / PN 10

2903253	63
NUEVO	75
2903255	90
2903246	110
2903247	160
2903249	200
2903252	250
2903417	315
2904655	355
2904656	400



### Uniones Rápidas

160 PSI

Referencia	Diámetro mm
2903383	16
2903384	20
2903385	25
2903386	32

110 PSI

2903387	63
2903388	90
2903382	110

# Accesorios PEAD Acuaflex PAVCO



## Codos Rápidos PN 16

**Referencia**      **Diámetro mm**

2903182	16
2903183	20

## Para Unión Mecánica



## Flanches Metálicos Universales PN 16 / PN 10

**Referencia**      **Diámetro mm**

2903243	63
NUEVO 2903778	75
2903244	90
2903239	110
2903240	160
2903241	200
2903242	250
2903416	315
2904686	355
2904687	400



## Adaptadores Hembra

(Pulgadas rosca NPT)  
PN 160 PSI

**Referencia**      **Diámetro mm**

2903147	20 mm x 1/2"
---------	--------------

PN 110 PSI

2903148	63 mm x 1.1/2"
---------	----------------



## Adaptadores Macho

(Pulgadas rosca NPT)  
PN 160 PSI

**Referencia**      **Diámetro mm**

2903149	16 mm x 1/2"
2903150	20 mm x 1/2"
2903151	20 mm x 3/4"
2903152	25 mm x 1/2"
2903153	25 mm x 3/4"
2903154	32 mm x 1"

PN 110 PSI

2903155	63 mm x 2"
2903156	90 mm x 3"



## Collares de Derivación Tornillo Metálico

(Pulgadas rosca NPT)  
PN 10

### SENCILLO

**Referencia**      **Diámetro Nominal mm**

2903226	63 mm x 1/2"
2903227	63 mm x 3/4"
2903225	63 mm x 1"
2903229	90 mm x 1/2"
2903228	90 mm x 1"
2903216	110 mm x 1/2"
2903218	110 mm x 3/4"
2903214	110 mm x 1"
2903217	110 mm x 2"
2903224	160 mm x 3/4"
2903220	160 mm x 1"
2903955	160 mm x 1.1/2"
2903223	160 mm x 2"

### DOBLE

2903230	90 mm x 1/2" x 1/2"
2903222	160 mm x 1/2" x 1/2"

# Transporte y Almacenamiento de las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO

## Transporte

1. Al seleccionar el transporte, verifique que la superficie sobre la que va a quedar apoyada la Tubería sea lisa y libre de elementos que puedan causar abrasión o rayaduras a la Tubería (Evite: superficies rugosas, puntillas, latas, etc.).

2. Durante el cargue y descargue de los tubos, no los arroje al piso ni los golpee.



3. Verifique que tanto las Tuberías como los Accesorios no queden muy cerca al exosto del vehículo, así como de otras posibles fuentes de calor que puedan dañarlos.

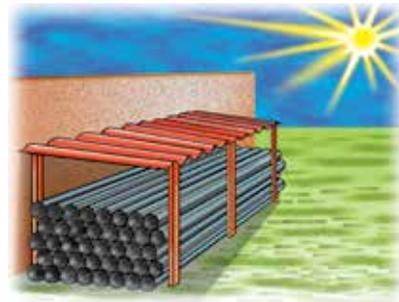
4. Por ningún motivo permita que se adicione otro tipo de carga sobre las Tuberías y Accesorios.

5. Si una Tubería o accesorio, en cualquier etapa del transporte, manipulación o almacenamiento, presentare deterioro o marca con una profundidad superior al 10% del espesor de pared, deberá desecharse el tramo dañado o la pieza, según sea el caso.

6. Las Tuberías en rollos zunchadas podrán transportarse en forma horizontal. Se emplearán plataformas transportables (pallets).



## Almacenamiento



1. Almacene la Tubería en una superficie nivelada y en posición horizontal.

2. La altura máxima para apilar Tuberías sobre tierra nivelada a piso duro es de 1.20 m.

3. La Tubería en rollos, deberá almacenarse zunchada y permanecer así hasta su utilización.

4. La Tubería en rollos deberá almacenarse acostada y a una altura máxima de 1.50 m. para evitar ovalación por causa de sobrepeso.

## Instalación de las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO

### Introducción

- El éxito de una instalación adecuada es lograr un soporte estable y permanente de la Tubería.
- Los materiales de relleno deben ser estables y compatibles en la zanja.
- La Tubería debe ser instalada en una zanja seca.

### Excavación y Tendido

1. El fondo de la zanja no debe tener objetos duros como rocas o cualquier otro elemento que entalle la Tubería.

2. Cuando el fondo de la zanja está conformado por rocas o elementos que puedan dañar la Tubería, es necesario rellenar el fondo con arena o suelos finos compactados (5 cms).

3. La zanja debe ser lo más angosta posible dentro de los límites practicables y que permita el trabajo dentro de ella si es necesario. (Ver gráfico A).

**Nota:** Si la Tubería puede ser soldada fuera de la zanja se puede reducir el ancho de la zanja y disminuir el volumen de excavación.

Diámetro de la Tubería	Ancho de la Zanja
mm.	cms.
63	35
90	35
110	40
160	40
200	50
250	65
315	72
355	76
400	80

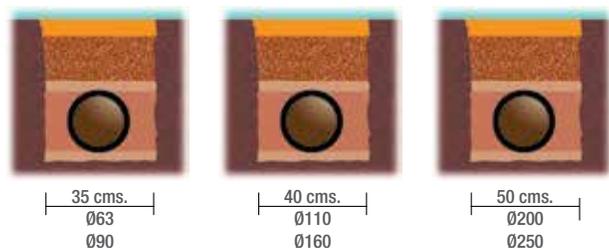
4. La Tubería PEAD Acuaflex PAVCO, se debe instalar a una profundidad mínima de 80 y 90cms. En general para diámetros hasta 200mm., y a un (1) metro si son pasos de alto tráfico.

5. No se debe desenrollar la Tubería en forma de espiral. Adicionalmente se debe instalar en forma serpenteada para facilitar los movimientos de tierra, o por contracciones y dilataciones del material.

6. La flexibilidad de las Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO permite curvaturas al encontrarse obstáculos menores facilitando y economizando la instalación.

El radio de curvatura a una temperatura ambiental de 20°C deberá ser aproximadamente de 20 a 25 veces el diámetro nominal de la Tubería. Si existe algún accesorio en este sector, el radio de curvatura deberá ser de 120 a 125 veces el diámetro nominal de la Tubería.

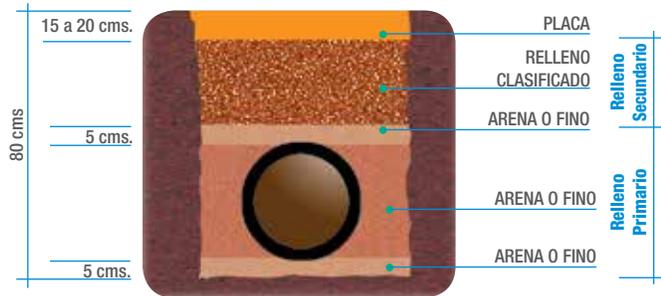
## GRÁFICO A Zanja según Diámetro de Tubería



7. El relleno se debe comenzar inmediatamente después de la colocación y pruebas de presión de la Tubería PEAD Acuaflex PAVCO con el fin de protegerla.

El material de relleno inicial “relleno primario” debe ser fino de la misma zanja o arena fina (Ver gráfico B), el cual contribuye de una manera importante al soporte de la Tubería.

## GRÁFICO B Profundidad de Zanja

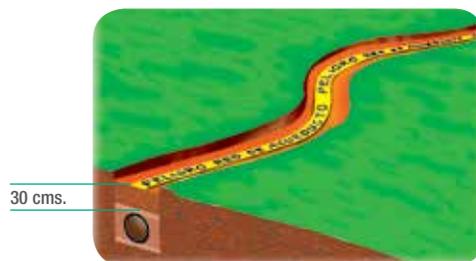


De la clave del tubo hacia arriba debe quedar como mínimo 5cms. de fino de la misma excavación o arena fina bien compactada. Paso seguido puede ir relleno clasificado del material nativo “relleno secundario”. Debe tomarse la precaución necesaria para asegurar la estabilidad a largo plazo del sistema de relleno.

**Nota:** Cuando existan condiciones de inestabilidad en la zanja, o cuando haya posibilidad de movimientos de tierra, o niveles de agua altos, serán necesarios procedimientos especiales para lograr una adecuada instalación.

8. La cinta de señalización que va en forma continua a 30 cms. de la clave superior del tubo se usa para advertir la presencia de la Tubería en posteriores excavaciones. Tiene un ancho de 12 cms. y debe quedar centrada con respecto al eje longitudinal de la zanja. (Ver gráfico C).

## GRÁFICO C Cinta de Señalización



9. Por último, va la placa de cemento, el pavimento u otro acabado, quedando recuperado en su totalidad el sitio donde se hizo la instalación.

**Nota:** Cuando hay agua sobre el fondo de la zanja debe evacuarse para mantener la zanja seca hasta que la Tubería sea instalada y rellenada al menos un diámetro sobre la clave de la Tubería para evitar flotación.

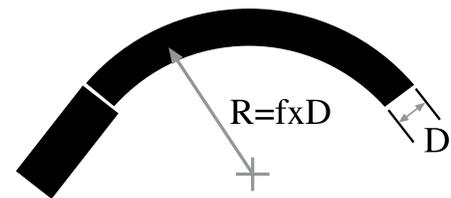
# Condiciones Extremas para el material

- El PE es un material termoplástico que puede ser fundido aplicando calor, de tal forma que nunca debe instalarse, almacenarse o someterse a una fuente de calor que pueda deformarlo. La temperatura máxima a que puede transportar agua es de 60°C.
- No aplique solventes ni someta la tubería a contacto con estos.
- No someta la tubería a contacto directo con elementos punzantes, tales como herramientas metálicas o piedras angulosas mayores a 3/4".
- Consulte con nosotros condiciones especiales no cubiertas por este manual en los teléfonos que aparecen en la contraportada de este manual.

## Curvas en Frío con Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO

Con un factor de seguridad de 2, los radios de curvatura mínimos recomendados son:

PN	f
10	25
16	15
12.5	21



## Uniones por Termofusión, Electrofusión y Unión Mecánica para Tuberías PEAD Acuaflex PAVCO

Existen tres métodos para unir Tuberías de PEAD, estos son:

<p><b>Termofusión</b></p>	<p>Se utiliza una plancha calentadora para producir la plastificación del material, luego se retira dicha herramienta y se unen los extremos aplicando una presión adecuada al tipo de unión que estemos realizando.</p> <p>Los Parámetro Básicos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura de la plancha calentadora</li> <li>• Tiempo de calentamiento</li> <li>• Presión (de calentamiento y unión).</li> </ul>
<p><b>Electrofusión</b></p>	<p>Siempre se realiza con un accesorio, que tiene incorporada una resistencia. Este accesorio se conecta mediante dos bornes a una máquina que le suministra una tensión, que da origen a la circulación de corriente eléctrica a través de la resistencia.</p> <p>La temperatura que genera la resistencia plastifica tanto el tubo como el accesorio.</p> <p>El parámetro básico es el tiempo de conexión del accesorio a la máquina de electrofusión. La presión necesaria para la unión viene dada por la interferencia que se produce al plastificarse el tubo y el accesorio.</p>
<p><b>Unión Mecánica</b></p>	<p>Se realiza por medio de uniones plásticas. Estos accesorios son fáciles de montar y desmontar por el sistema de acople a las Tuberías. Estos accesorios facilitan las transiciones a otros materiales y algunos de ellos permiten trabajar la unión a tracción u otros, que por medio de la compresión de la junta elástica logran la estanqueidad del sistema.</p>

## Condiciones Básicas a tener en Cuenta

1. Disponer en el lugar de trabajo de todas las herramientas y equipos adecuados para la termofusión.
2. Se debe verificar que los elementos utilizados para realizar uniones por termofusión pertenezcan a un mismo sistema.
3. Asegurarse que todas las superficies a unir estén limpias y secas.
4. Tener en condiciones óptimas de uso las herramientas necesarias, siguiendo las recomendaciones del proveedor del sistema.
5. Asegurarse que la temperatura de la plancha calentadora sea la adecuada y compare con el termómetro de contacto, el funcionamiento del sistema de medición de temperatura de las superficies calentadoras.
6. Aplicar los tiempos de calentamiento y presiones adecuadas para el tipo de unión.

No se deberá:

- a). Tocar o soplar las superficies que hayan sido limpiadas y preparadas para la unión.
- b). Recalentar la Tubería y/o el Accesorio, después de haber intentado una unión adecuada.
- c). Utilizar elementos metálicos para limpiar las caras de calentamiento, como navajas o cepillos de alambre; se recomiendan espátulas no metálicas.

## Procedimiento General para Uniones a Tope por Termofusión

Es la unión entre tubos o entre tubo y accesorio enfrentados con extremos de igual diámetro y PN.

### Equipo Necesario

Carro alineador manual o hidráulico, plancha calentadora, caras de calentamiento, refrentadora, trapo (No sintético), cronómetro o reloj y alcohol.

\* Si no cuenta con una fuente de energía estable requiere planta generadora con el voltaje requerido por la máquina.



EQUIPO PIPE FUSE 250

### Preparación

#### Precauciones:

Antes de iniciar la fusión revise

- Que las condiciones climáticas sean la adecuadas, disponga de una carpa de protección contra la lluvia o el sol.
- Que el equipo esté completo y funcione (incluyendo planta eléctrica).
- Que la placa calentadora esté limpia, sin residuos de fusiones anteriores, ni rayones.
- Que las tuberías y/o accesorios sean del mismo diámetro y PN.
- Que la temperatura de la placa sea la correcta.

Revise que el carro alineador manual o hidráulico, la plancha de calentamiento y la refrentadora funcionen adecuadamente.

1. Coloque los extremos de los tubos en el carro alineador dejando que sobresalga 3 cms. aproximadamente de las abrazaderas internas del carro alineador para que entre la refrentadora.



2. Determine la presión de arrastre (presión necesaria para acercar un extremo del tubo al otro).

3. Inserte la refrentadora entre los tubos y préndala, empleando el dispositivo de cierre. Aproxime los tubos a las cuchillas y maquine los extremos de las Tuberías, hasta lograr una viruta que no exceda los 0.2 mm. de espesor.

Cuando la Viruta sea continúa en ambos lados deje de aplicar paulatinamente la presión y luego separe los tubos. Extraiga la máquina y limpie con un trapo limpio y seco las cuchillas y los extremos de los tubos de las virutas residuales. Deben obtenerse superficies planas y lisas.



**No toque los extremos de los tubos si no lo hace con un trapo limpio**

4. Verifique que los extremos hayan quedado completamente planos, alineados y paralelos.

Con las caras en contacto verifique el alineamiento de los tubos a unir. Se permite una desalineación máxima del 10% del espesor del tubo. (Falta de paralelismo entre las caras).

En el caso de Tubería en rollos, puede ser necesario rotar la Tubería para lograr alineación.

Si es así repita los pasos (1 a 3).

## Operación

1. Revise que la plancha de calentamiento esté limpia y libre de daños. La temperatura debe estar en  $(220^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C})$ .



2. Limpie los extremos de los tubos con un trapo no sintético y alcohol.

3. Determine la presión de precalentamiento teniendo en cuenta la presión de arrastre. Presión de precalentamiento = Presión de arrastre + Presión (P1), según Tabla #1.



4. Tapone los extremos que no está soldando. Posicione la plancha de calentamiento y junte los extremos de los tubos aplicando la presión determinada antes.



5. Mantenga la presión hasta que la Tubería se derrita uniformemente formando un reborde o cordón en el extremo con la altura que aparece en la Tabla #1 y mueva inmediatamente las válvulas de control a posición neutral para eliminar la presión de la Tubería contra la plancha de calentamiento.

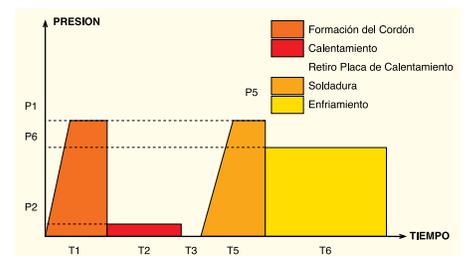


6. Mantenga los extremos de los tubos en contacto con la plancha de calentamiento durante el tiempo de calentamiento (T2). Ver Tabla #1

**Nota:** Si la presión de la Tubería contra la plancha calentadora se mantuviera durante el tiempo de calentamiento, el material fundido escurriría de ambos extremos, causando concavidad en los extremos de las Tuberías calentadas. Esto produciría a su vez una unión débil.

7. Cumplido el tiempo de calentamiento (T2) retire la plancha calentadora y una los extremos de la Tubería rápidamente (máximo 10 seg.).

Tenga precaución de no golpear el material fundido con la plancha calentadora al momento de sacarla. Aplique la presión de soldadura (= presión de precalentamiento) determinada en punto 2.



8. Mantenga esta presión durante el tiempo de soldadura mínimo (T5) según Tabla #1.

**NOTA:** No se deben usar presiones en exceso del rango indicado para cada diámetro. La presión excesiva sacará demasiado polietileno fundido, dando como resultado una unión débil. La presión aplicada hará que el material fundido forme un cordón hacia atrás sobre la tubería. Un cordón pequeño indicará visualmente una unión defectuosa.



9. Permita que la unión se enfríe el tiempo (T6) Tabla #1, antes de retirarla de la máquina.

**Nota:** A mayor PN, mayor tiempo de enfriamiento.

10. Retire los tramos unidos de Tubería de la máquina de termofusión. Deje enfriar mínimo 20 minutos la unión después de retirarla de la máquina, antes de aplicarle esfuerzos de doblado o prueba de presión.



CICLO GENÉRICO DE UNIÓN A TOPE CON TUBERÍAS Y ACCESORIOS PEAD ACUAFLEX PAVCO

**Tabla #1 Equipo Sauron Pipe Fuse 250**

PE100			Pre calentamiento		Calentamiento		Retiro Placa Calentamiento	Soldadura		Enfriamiento	
Diámetro Nominal mm	Presión Nominal PN bar	Espesor de Pared e mm	P1 bar	Altura del Cordón mm	P2 bar	T2 s	T3 max s	P5 bar	T5 s	P6 bar	T6 min
63	10	3.8	1.7	0.5	0.20	36	5	1.7	5	0	6
	12.5	4.7	2.1	0.7	0.30	45	5	2.1	5	0	6
	16	5.8	2.7	1.0	0.40	58	5	2.7	5	0	6 - 10
90	10	5.4	3.5	1.0	0.50	51	6	3.5	6	0	6 - 10
	12.5	6.7	5.0	1.0	0.50	64	6	5.0	6	0	6 - 10
	16	8.2	5.4	1.5	0.70	82	7	5.4	7	0	10 - 16
110	10	6.6	5.2	1.0	0.70	63	6	5.2	6	0	6 - 10
	12.5	8.1	7.0	1.0	0.70	78	6	7.0	6	0	10 - 16
	16	10.0	8.0	1.5	1.10	100	7	8.0	7	0	10 - 16
160	10	9.5	11.0	1.5	1.50	91	7	11.0	7	0	10 - 16
	12.5	11.8	16.0	1.5	1.60	114	8	16.0	8	0	10 - 16
	16	14.6	17.0	2.0	2.30	146	8	17.0	8	0	16 - 24
200	10	11.9	17.2	1.5	2.30	114	8	17.2	8	0	10 - 16
	12.5	14.7	25.0	1.5	2.50	142	9	25.0	9	0	16 - 24
	16	18.2	26.5	2.0	3.50	182	9	26.5	9	0	16 - 24
250	10	14.8	26.8	2.0	3.60	142	10	26.8	10	0	16 - 24
	12.5	18.4	38.0	2.0	3.80	178	10	38.0	10	0	16 - 24
	16	22.7	41.5	2.5	5.50	228	11	41.5	11	0	24 - 32

NOTA 1

NOTA 1

NOTA 1

- NOTAS:
1. Recuerde que se le debe sumar la presión de arrastre.
  2. Estos parámetros son válidos únicamente para el equipo PIPE FUSE 250.
  3. Para el equipo PIPE FUSE 250 requiere 3300W, 230V alterno, 50/60 Hz monofásico.

## Tabla #1 Equipo Ritmo 250

PE100			Precalentamiento		Calentamiento		Retiro Placa Calentamiento	Soldadura		Enfriamiento	
Diámetro Nominal mm	Presión Nominal PN bar	Espesor de Pared e mm	P1 bar	Altura del Cordón mm	P2 bar	T2 s	T3 max s	P5 bar	T5 s	P6 bar	T6 min
90	10	5.4	4.0	1.0	0.40	51	5	4.0	5	0	7
	12.5	6.7	5.0	1.0	0.50	64	5	5.0	5	0	9
	16	8.2	6.0	1.5	0.60	82	6	6.0	6	0	11
110	10	6.6	6.0	1.0	0.60	63	6	6.0	6	0	9
	12.5	8.1	7.0	1.0	0.70	78	6	7.0	6	0	11
	16	10.0	9.0	1.5	0.90	100	7	9.0	7	0	14
160	10	9.5	13.0	1.5	1.30	91	7	13.0	7	0	13
	12.5	11.8	16.0	1.5	1.60	114	8	16.0	8	0	16
	16	14.6	20.0	2.0	2.00	146	9	20.0	9	0	19
200	10	11.9	20.0	1.5	2.00	114	8	20.0	8	0	15
	12.5	14.7	25.0	1.5	2.50	142	9	25.0	9	0	18
	16	18.2	31.0	2.0	3.10	182	10	31.0	11	0	23
250	10	14.8	31.0	2.0	3.10	142	9	31.0	9	0	19
	12.5	18.4	38.0	2.0	3.80	178	10	38.0	11	0	23
	16	22.7	48.0	2.5	4.80	228	11	48.0	13	0	28

NOTA 1

NOTA 1

NOTA 1

- NOTAS:
1. Recuerde que se le debe sumar la presión de arrastre.
  2. Estos parámetros son válidos únicamente para el equipo RITMO 250

## Tabla #1 Equipo Worldpoly 90 - 250

PE100			Precalentamiento		Calentamiento		Retiro Placa Calentamiento	Soldadura		Enfriamiento
Diámetro Nominal mm	Presión Nominal PN bar	Espesor mm	P1 MPa	Altura del Cordón mm	P2 MPa	T2 s	T3 max s	P5 MPa	T5 s	T6 min
63	10	3,8	0,15	0,50	<= 0.20	45	5	0,15 +- 0.01	5	6
	16	5,8	0,15	1,00		58	5 - 6	0,15 +- 0.01	5 - 6	6 - 10
90	10	5,4	0,20	1,00		54	5 - 6	0,20 +- 0.01	5 - 6	6 - 10
	16	8,2	0,29	1,50		82	6 - 8	0,29 +- 0.01	6 - 8	10 - 16
110	10	6,6	0,29	1,50		66	6 - 8	0,29 +- 0.01	6 - 8	10 - 16
	16	10,0	0,43	1,50		100	6 - 8	0,43 +- 0.01	6 - 8	10 - 16
160	10	9,5	0,61	1,50		95	6 - 8	0,61 +- 0.01	6 - 8	10 - 16
	16	14,6	0,91	2,00		146	8 - 10	0,91 +- 0.01	8 - 11	16 - 24
200	10	11,9	0,96	1,50		119	6 - 8	0,96 +- 0.01	6 - 8	10 - 16
	16	18,2	1,42	2,00		182	8 - 10	1,42 +- 0.01	8 - 11	16 - 24
250	10	14,8	1,49	2,00		148	8 - 10	1,49 +- 0.01	8 - 11	16 - 24
	16	22,7	2,21	2,50		227	10 - 12	2,21 +- 0.01	11 - 14	24 - 32

## Tabla #1 Equipo Wordpoly 200 - 450

PE100			Pre calentamiento		Calentamiento		Retiro Placa Calentamiento	Soldadura		Enfriamiento
Diámetro Nominal mm	Presión Nominal PN bar	Espesor mm	P1 MPa	Altura del Cordón mm	P2 MPa	T2 s	T3 max s	P5 MPa	T5 s	T6 min
200	10	11,9	0,47	1,50	<= 0.20	119	6 - 8	0,47 +- 0.01	6 - 8	10 - 16
	16	18,2	0,70	2,00		182	8 - 10	0,70 +- 0.01	8 - 11	16 - 24
250	10	14,8	0,73	2,00		148	8 - 10	0,73 +- 0.01	8 - 11	16 - 24
	16	22,7	1,09	2,50		227	10 - 12	1,09 +- 0.01	11 - 14	24 - 32
315	10	18,7	1,17	2,00		187	8 - 10	1,17 +- 0.01	8 - 11	16 - 24
	16	28,6	1,72	3,00		286	12 - 16	1,72 +- 0.01	14 - 19	32 - 45
355	10	21,1	1,48	2,50		211	10 - 12	1,48 +- 0.01	11 - 14	24 - 32
	16	32,2	2,19	3,00		322	12 - 16	2,19 +- 0.01	14 - 19	32 - 45
400	10	23,7	1,88	2,50		237	10 - 12	1,88 +- 0.01	11 - 14	24 - 32
	16	36,3	2,78	3,00		363	12 - 16	2,78 +- 0.01	14 - 19	32 - 45

- NOTAS:
1. Recuerde que se le debe agregar la presión de arrastre.
  2. Estos parámetros son válidos únicamente para los equipos Wordpoly
  3. Para el equipo WORDPOLY 90 - 250 mm requiere 220V +- 10% 50Hz, 230V +- 10% 50Hz, o 240 +- 10% 50HZ como está especificado en la placa de identificación de la máquina.  
Para el equipo WORDPOLY 200-450 mm requiere 230V +-10% una fase 50Hz, 380V +-10% 3 fases 50Hz, o 425V +-10% 3 fases 50HZ como está especificado en la placa de identificación de la máquina.

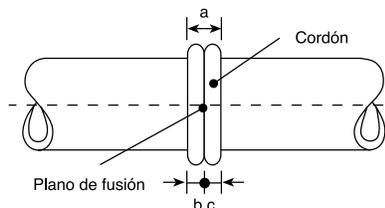
## Ensayos en Obra para Uniones a Tope por Termofusión (Calificación)

Una inspección visual no garantiza la calidad de la unión, por lo que se podrá recurrir a un ensayo destructivo si:

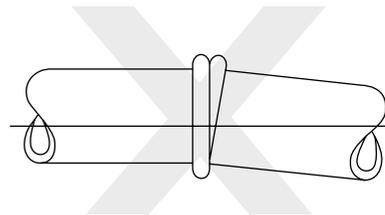
- a). La unión no satisface el exámen visual exterior.
- b). Se ha detectado aplicación incorrecta o incumplimiento de los parámetros en cuanto a los valores de tiempos, presiones y temperaturas o ante variaciones climáticas.

### Exámen Visual

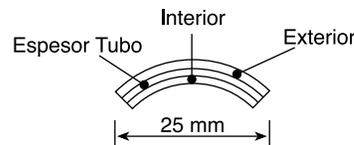
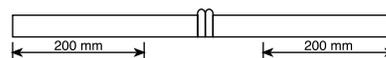
1. El perímetro del cordón deberá presentar una distribución uniforme en ambos lados del plano de la unión, sin porosidades, fisuras u otras deficiencias.



2. Los tubos deben estar correctamente alineados.



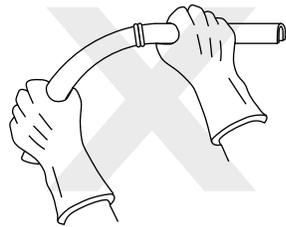
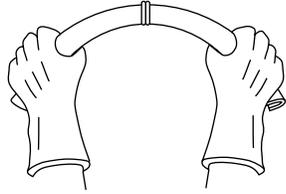
Ensayo Destructivo en Obra  
Tamaño de la probeta



### Doblado

Para realizar el doblado tome la probeta de los extremos, ejerciendo la misma presión con las dos manos.

ANTES O DESPUÉS DEL ENSAYO NO DEBEN APARECER FISURAS, POROS NI CAVIDADES EN LA UNIÓN, NI EN EL CORDÓN INTERIOR, NI EN EL EXTERIOR.



## Uniones a Tope MAL Realizadas



MAL ALINEADA



CON RANURAS O VARIOS ENTRE TUBOS



FUNDIDO A BAJA PRESIÓN REBORDE INCOMPLETO

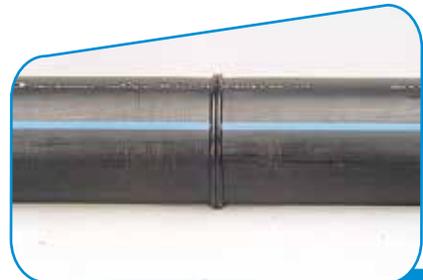


DEMASIADA PRESIÓN Y TEMPERATURA  
REBORDE MUY GRUESO



FLUIDO CASI FRÍO POCO TIEMPO Y  
POCA TEMPERATURA

## Uniones a Tope BIEN Realizadas



TUBO COMPLETO  
CON UNIÓN ÓPTIMA



TUBO PARTIDO EN DOS  
CON UNIÓN ÓPTIMA

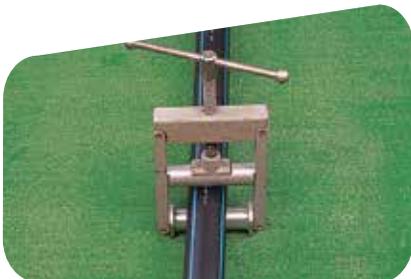
# Barras para corte de flujo

- Su forma normalmente es circular con bordes redondos o dos barras circulares.
- Se utiliza para cerrar el flujo de agua a través de la Tubería ya sea para reparar un tramo de Tubería o para hacer una acometida domiciliaria.
- Esta herramienta se encuentra normalmente con cierre mecánico para Tuberías hasta de 110 mm. de diámetro e hidráulico para diámetros mayores.
- Normalmente las barras para el corte de flujo tienen un tope para indicar según el diámetro, el aplastamiento de la Tubería.

## Procedimiento

1. Cuando se va a colocar un accesorio, la herramienta de aplastamiento se debe colocar a una distancia aproximada de 3 a 4 veces el diámetro nominal.

La herramienta de aplastamiento se coloca en medio del tubo y se inicia la operación de cerrado lentamente para permitir el acomodamiento de los esfuerzos en la Tubería.



2. Se lleva hasta el tope indicado en la herramienta según sea el diámetro.

**Nota:** Es muy importante que se tenga cuidado en este paso pues si se llega a colocar otro diámetro diferente, se puede estrangular la Tubería y perder sus propiedades originales.



3. Se retira la herramienta desenganchándola de la Tubería, para dar paso al flujo de agua.



4. En el sitio donde se haga un aplastamiento o cierre de flujo, no se puede volver a repetir, por tal motivo se aconseja colocar una cinta de color rojo preferiblemente para indicar que allí ya se realizó un aplastamiento.

**Nota:** La Tubería lentamente puede recuperar su estado normal o puede ayudarse mecánicamente sin perder ninguna propiedad.



## Procedimiento General para Uniones a Socket por Termofusión

Realizada entre un accesorio con extremo hembra y un tubo. La Tubería y Accesorios de tamaños menores de 63 mm. se unen rápido manualmente.

### Equipo Necesario

Plancha calentadora, caras de calentamiento, suplementos para tubo y accesorio, anillo frío, calibrador de profundidad, cortadora de tubos, trapo (no sintético), termómetro de contacto, cronómetro o reloj, pinzas de estrangulación, cinta roja y alcohol.



EQUIPO NECESARIO

## Preparación

1. Corte el extremo del tubo a escuadra y limpie con un trapo limpio. Puede hacerse con la cortadora de tubo o una segueta, cuidando de obtener un corte a escuadra y limpio.



2. Realice un bisel al tubo de donde remueva por lo menos 1.5 mm del extremo del tubo. Quite la rebaba del tubo y verifique que esté limpio y libre de sustancias extrañas.



3. Limpie el tubo y el accesorio a unir con un trapo no sintético y alcohol etílico > 99%.



4. La plancha calentadora y las caras macho y hembra deben estar libres de toda suciedad y a temperatura de  $210^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ .



5. Para lograr la profundidad de inserción adecuada del tubo dentro del accesorio utilice el anillo frío que debe ir alineado con el extremo del tubo y el calibrador de profundidad que nos determina el límite a plastificar.



## Operación

1. Ubique la plancha calentadora con las caras hembra y macho entre el tubo y el accesorio a unir y aplique una presión firme, hasta que el tubo y el accesorio entren totalmente en la herramienta calentadora. En este momento se inicia el ciclo de calentamiento. (Tabla #2).



2. Una vez finalizado el ciclo de calentamiento separe el tubo y el accesorio de las caras de calentamiento con un movimiento rápido, extraiga la plancha y comience la unión del accesorio y el tubo (esta operación debe hacerse como máximo en 5 segundos).

**Nota:** Se debe observar rápidamente la superficie del tubo externamente y la del accesorio internamente para revisar que hayan quedado 100% fundidas sin ningún punto frío. Si el fundido no quedó completo deseche el tramo de Tubería fundida y el accesorio, e inicie nuevamente el proceso.



3. Empuje firmemente el accesorio alineado contra el extremo del tubo hasta que haga contacto total con el anillo frío. No se debe girar el tubo ni el accesorio. Mantenga la presión constante en su lugar hasta completar el tiempo de enfriamiento según lo especificado en la Tabla #2.



4. Después de esperar el tiempo del enfriamiento, quite el anillo frío e inspeccione la unión. Una buena unión tendrá un anillo achatado y uniforme de material fundido sin vacíos entre el tubo y el accesorio.

Espera entre 10 y 30 minutos adicionales según el diámetro después de realizada la unión, antes de hacer pruebas de hermeticidad a la junta o que sufra esfuerzos al enterrarse.



## Tiempos Unión a Socket

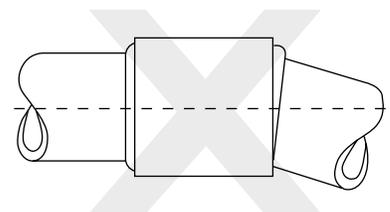
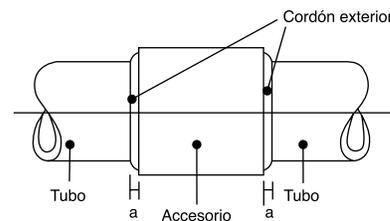
Tabla #2

Ciclos de Tiempo	Diámetro (Milímetros)	Tiempo de Calentamiento (Seg.)	Tiempo de Enfriamiento (Seg.)	Tiempo Adicional para Realizar Pruebas de Presión (Min.)
Temperatura de Fusión (210°C ± 10°C)	20	8 - 9	30	10
	25	9 - 12	30	15
	32	13 - 15	30	15

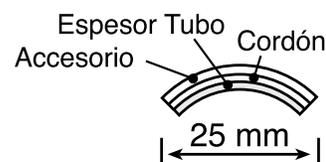
## Ensayos en Obra para Uniones a Socket (Calificación)

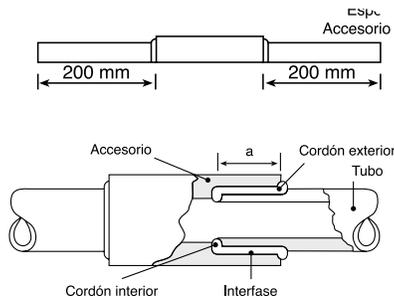
### Exámen Visual

1. Cordón exterior continuo comprimido contra la pared de la boca del accesorio.
2. Tubos y accesorios alineados.
3. Correcta penetración del tubo en el accesorio.
4. Cordón interno uniforme.



Ensayo Destructivo en Obra  
Tamaño de la probeta

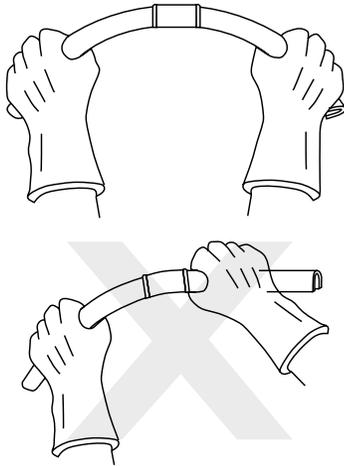




## Doblado

Para realizar el doblado tome la probeta de los extremos, ejerciendo la misma presión con las dos manos.

ANTES O DESPUÉS DEL ENSAYO NO DEBEN APARECER FISURAS, POROS NI CAVIDADES EN LA UNIÓN, NI EN EL CORDÓN INTERIOR, NI EN EL EXTERIOR.



## Uniones a Socket Errores Usuales



MALA ALINEACIÓN



EL TUBO NO ENTRA BIEN EN EL ACCESORIO



REBORDE EXTERNO NO COMPLETO



NO USO EL CALIBRADOR DE PROFUNDIDAD

## Uniones a Socket BIEN Realizadas



# Procedimiento General para Uniones con Silla por Termofusión

Se realiza entre un tubo y un accesorio sobreponiendo el accesorio al tubo. Es recomendable utilizar una herramienta de aplicación para hacer la unión con silla. Todas las variables que se utilizan para dicha operación son controladas más fácilmente si se usa una herramienta, que cuando se hace manualmente.

## Equipo Necesario

Herramienta de aplicación, plancha calentadora, caras de calentamiento, suplementos para tubos, porta-accesorios, trapo (no sintético), cuchillo o raspador, termómetro de contacto, cronómetro y alcohol.



## Preparación

1. Instale las mordazas de sujeción que corresponden con el diámetro del tubo a unir.



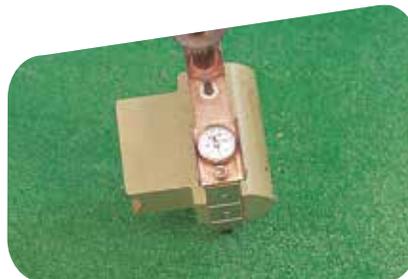
2. Raspe la superficie del tubo donde va el accesorio, con un cuchillo y limpie con un trapo limpio y seco o con el alcohol.



3. Fije el accesorio al soporte que posee la máquina y controle el correcto ajuste. Accione la palanca de la herramienta de aplicación hasta alinear el tubo y el accesorio.



4. Verifique que la medida de las caras de calentamiento sea la correcta para el tubo y el accesorio. Caliente la herramienta de forma que las superficies tengan una temperatura de  $210^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ .



## Operación

1. Coloque la plancha calentadora entre el tubo y el accesorio aplicando presión entre 40 y 60 psi

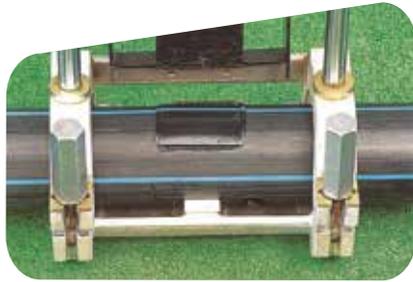


2. Aplique y mantenga la presión durante el calentamiento.

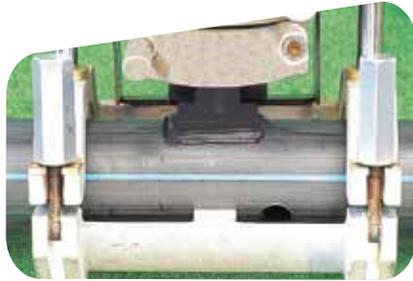
**Nota:** El tiempo de calentamiento comienza después de que el accesorio y el tubo estén firmemente asentados sobre las caras de calentamiento. Durante el calentamiento la plancha calentadora puede balancearse ligeramente 1 ó 2 grados, para verificar el contacto pleno con la Tubería.



3. Transcurrido el tiempo de calentamiento y después de que se ha formado el reborde de material fundido, levante la palanca rápidamente evitando golpear las partes de la Tubería y accesorio caliente. Verifique rápidamente si están totalmente fundidas las superficies tanto del accesorio como de la Tubería.

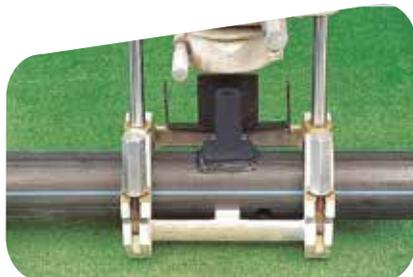


4. Cierre la máquina y aplique la presión de 40 a 60 psi. Mantenga la presión durante el tiempo de unión indicado en la Tabla #3.



5. Después de dejar que la unión realizada se enfríe 3 minutos más, retire el tubo con el accesorio soldado de la máquina.

**Nota:** Verifique el reborde de la unión en toda la base del accesorio. Deje que la unión se enfríe entre 10 y 15 minutos más, antes de hacer las pruebas de presión o de derivar la Tubería principal.

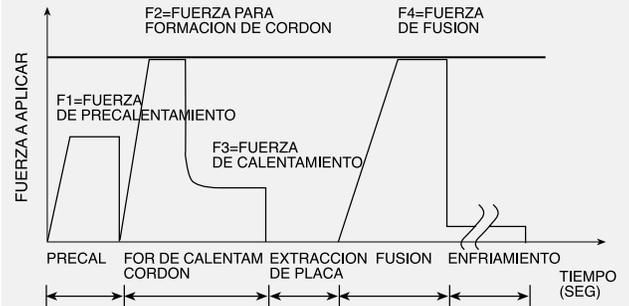


## Tiempos Unión con Silla

Tabla #3

Ciclos de Tiempo	Diámetro Silla (mm)	Tiempo de Calentamiento (Seg.)	Tiempo de Enfriamiento (Seg.)	Tiempo Adicional para Realizar Pruebas de Presión (Min.)
Temperatura de Fusión (260°C ± 5°C) (500°F ± 10°F)	63	50	70	10
	90	50	70	12
	110	50	70	12
	160	50	70	15
	200	50	70	15

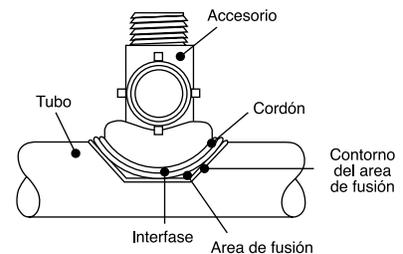
### CICLO GENÉRICO DE UNIÓN CON SILLA CON TUBERÍAS Y ACCESORIOS PEAD ACUAFLEX PAVCO



## Ensayos en Obra para Uniones con Silla por Termofusión (Calificación)

### Exámen Visual

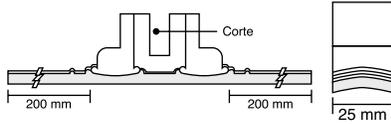
1. Cordones hacia afuera del accesorio, uniformes y dimensionalmente similares en todo el perímetro de la base del accesorio.
2. Area de unión completa.
3. Contorno de la interfase de unión sin porosidades.



## Ensayo Destructivo en Obra

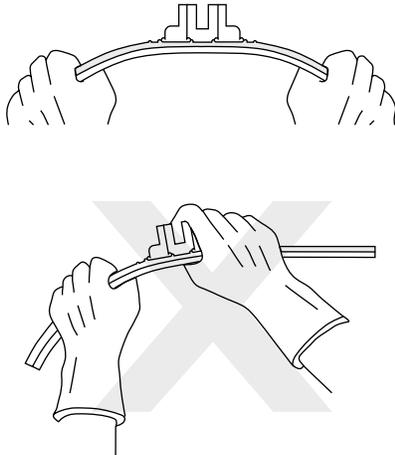
Tamaño de la probeta.

Realizar un corte transversal en el accesorio hasta 1 cm de la superficie del tubo.



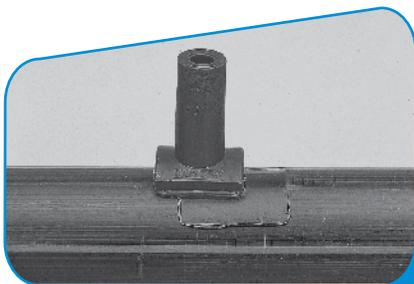
## Doblado

Para realizar el doblado tome la probeta de los extremos, ejerciendo la misma presión con las dos manos.

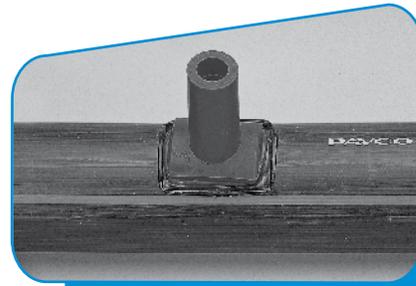


NO DEBEN APARECER POROS, CAVIDADES NI FISURAS EN LA INTERFASE DE LA UNIÓN DESPUÉS DEL ENSAYO.

## Uniones con Silla Errores Usuales



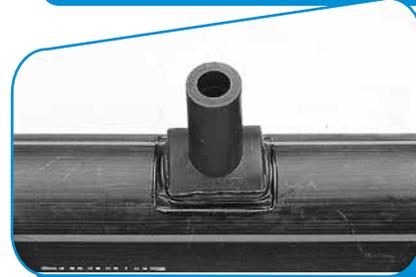
MALA ALINEACIÓN



DEMASIADO CALENTAMIENTO

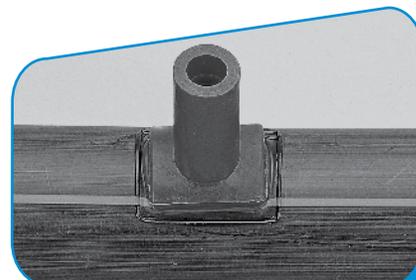


FALTA DE CALENTAMIENTO



FALTA DE RASPADO

## Unión con Silla BIEN Realizada



## Generalidades

La electrofusión hace uso de la energía eléctrica para realizar la unión de tubo y accesorio.

El principio de funcionamiento de la electrofusión se basa en la circulación de una corriente eléctrica originada al cerrarse el circuito, formado por la unidad de control (máquina de electrofusión) y el accesorio que está provisto de una resistencia interna.

Debido a las pérdidas causadas por las corrientes parásitas, parte de la energía eléctrica se transforma en calor. El calor así generado produce la plastificación del polietileno del tubo y del accesorio.

Al aumentar la temperatura, el polietileno se dilata produciendo una interferencia entre las piezas a unir. Esta interferencia es la que origina la presión necesaria para la correcta unión.

Los parámetros de toda buena unión son básicamente tres: temperatura, presión y tiempos de calentamiento y enfriamiento. En la electrofusión las dos primeras variables escapan al control humano ya que la temperatura depende de la unidad de control o su conexión a red, estando la misma preparada para emitir mensajes de error cuando alguna variable que influya en la temperatura salga de los parámetros preestablecidos. Por su parte la presión está supeditada a la temperatura de unión y a las tolerancias dimensionales entre tubo y accesorio.

El control de la tercera variable, el tiempo de fusión, depende con que clase de sistema de electrofusión contamos. Hay dos tipos de electrofusión, la clásica y la inteligente. A continuación se describen brevemente las características de cada uno.

## Clásica

El tiempo de fusión es cargado por el operario mediante un teclado provisto en la unidad de control. Dicho tiempo viene especificado en el accesorio a unir. En este punto puede existir un error de carga y por consiguiente una mala unión. No obstante, el rango de error se ve muy disminuído con respecto a la termofusión.

## Inteligente

En este sistema tanto la unidad de control como el accesorio deben ser compatibles. La característica es que la unidad de control reconoce el accesorio que ha sido conectado y automáticamente lee el tiempo de fusión y tiene en cuenta otros factores, como la temperatura ambiental y la correcta instalación del accesorio sobre la Tubería.

Dentro de este mismo equipo existe el lápiz de rayo infrarrojo que se utiliza para leer el código de barras que viene en los accesorios e identifica diámetro, tiempos de calentamiento y enfriamiento, temperatura y amperaje para cada tipo de accesorio a unir.

Con esta clase de equipo se eliminan los errores humanos ya que la máquina de electrofusión controla todos los parámetros de forma automática y ante cualquier problema emite mensajes de error. Además existe como opción, un equipo que guarda en la memoria todos los datos de la unión (fecha, operador, condiciones en que se realizó la misma, etc.) pudiendo luego imprimir o transferir a un computador toda la información, para así llevar una estadística de control, ubicar rápidamente cualquier problema actual o futuro.

El sistema de electrofusión inteligente, también muestra una identificación visual para comprobar que el proceso de plastificación quedó bien realizado.

## Instrucciones para Uniones por Electrofusión

### Medidas de Seguridad

1. Mantener las manos alejadas de los contactos eléctricos y colocar siempre "polo a tierra".
2. Revisar el cableado eléctrico como también las conexiones eléctricas y todas las herramientas para asegurarse que están en condiciones de uso y seguridad.
3. En caso de inclemencias climáticas durante la operación, se deberá proteger el equipo (con una carpa). Si el día es muy húmedo se deben extremar las precauciones de seguridad.

## Electrofusión a Socket

### Equipo Necesario

1. Dispositivo con mordaza de alineación.
2. Raspador (herramienta que elimina la capa superficial oxidada del tubo).
3. Trapo seco, limpio y de material no sintético y alcohol.
4. Cortadora de tubos.
5. Máquina de electrofusión.
6. Marcador de tinta para delimitar el área a raspar para la limpieza

# Electrofusión a Socket



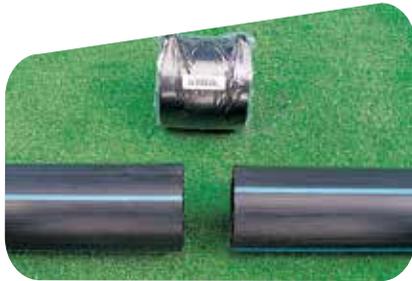
EQUIPO NECESARIO

## Preparación

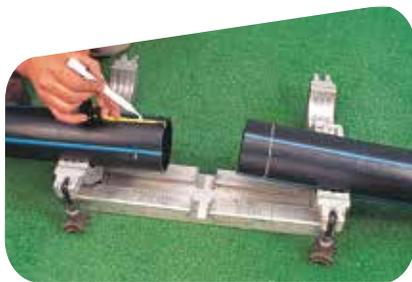
1. Sin sacar el accesorio de su envoltura verifique que el material del tubo y el accesorio pertenezcan al sistema PEAD Acuaflex PAVCO o sean compatibles.

Corte los extremos del tubo a escuadra, utilizando una cortadora de tubos.

Quite las rebabas y limpie los extremos de los tubos con un trapo limpio y seco. (No use ningún líquido o solvente para limpiar el tubo, excepto alcohol).

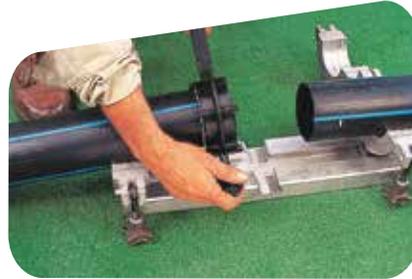


2. Trace una línea circunferencial con un marcador, que no posea borde punzante en cada uno de los tubos, a una distancia del extremo igual a la mitad de la longitud del accesorio más 2.5 mm.



3. Raspe los extremos de los tubos extrayendo una película de aproximadamente 0,2 mm. uniforme, para no dañar el contorno del tubo, hasta la línea determinada en el paso anterior. Esta operación se denomina "Peeling Off" limpieza del polietileno exterior oxidado, y es de fundamental importancia para el resultado satisfactorio de la unión.

**Nota:** Donde sea posible, se recomienda rotar el tubo durante el raspado para asegurar que se complete en un 100%. Si la rotación no fuese posible, puede utilizarse un espejo para verificar que en toda la circunferencia se haga el raspado. Después del raspado, es importante evitar tocar con las manos el área que se raspó.



## Operación

1. Saque el accesorio de su empaque sin tocar ni apoyar los dedos sobre la superficie interna. Limpie con un paño limpio y seco o con alcohol los extremos raspados de los tubos.



2. Deslice el accesorio sobre el extremo de uno de los tubos hasta su tope central.



3. Ubique el tubo en el dispositivo con mordazas de alineación, con el accesorio colocado hasta el tope. "No force más allá del tope". Ajuste las mordazas.



4. Introduzca el otro tubo en forma suave hasta el tope central del accesorio y ajuste las mordazas.

**Nota:** Rote el accesorio alrededor de los tubos suavemente para lograr una alineación correcta.

Verifique que las terminales o bornes queden en posición vertical.



## Etapas de Unión

1. Conecte el cable a la fuente de energía. Verifique que la unidad de control esté en condiciones listas para operar y que los cables no tengan daños.

Conecte las terminales de salida de la "Unidad de Control" a los bornes del accesorio asegurándose que las mismas son confiables y las terminales, estén bien acopladas.



2. Dé energía a la unidad de control mediante el botón correspondiente.

Aparecerá en el visor, por ser la primera vez, la secuencia de inicio del programa.

**Nota:** Dependiendo del sistema a usar, clásico, manual o inteligente, podría ser necesario introducir a la máquina de control el tiempo de fusión de acuerdo a lo indicado en el empaque o en el accesorio. En el caso del sistema inteligente, éste automáticamente reconoce el accesorio e indica sus parámetros de operación



3. Técnica de código de barras:

En cuanto sea solicitado por la máquina, lea el código de barras correspondiente al accesorio. Chequee los parámetros aparecidos en el visor.

Técnica de Ingreso manual: Ante la solicitud programada, ingrese el valor del tiempo adecuado. Inmediatamente en el visor, aparecerá este valor, garantizando que la operación fue correcta.

**Nota:** Los accesorios tienen grabado el tiempo de fusión y el enfriamiento.



4. Inicie el ciclo de fusión presionando el botón verde durante un tiempo, hasta que se escuche un "Clic"; en ese momento comenzará la cuenta regresiva.



5. Durante la misma; se notará un movimiento ascendente de los "Testigos de Fusión" (Fideos de polietileno fundido) del accesorio. Estos no deben ser alterados bajo ningún concepto.



6. De no aparecer ningún inconveniente que altere el ciclo, en el visor se indicará "fusión correcta". De aparecer un mensaje de error, se debe repetir absolutamente toda la operación desde el numeral 1.

Si la fusión no es satisfactoria la máquina emitirá el mensaje correspondiente.

La unidad se apagará automáticamente al completar el ciclo. No desconecte las terminales.

El operario debe permanecer junto a la unidad, observando el visor hasta que se cumpla el "ciclo de fusión".

Verifique que los "Testigos de fusión" han ascendido en forma adecuada. De ocurrir una falla, presione el botón "Reset" para detener el ciclo y reinicie todo el proceso.

## Posibles Inconvenientes

a). Si se interrumpe el ciclo de fusión por corte de energía, se "invalida" la operación, descartando el accesorio y el (los) tramo(s) del tubo(s) afectado(s).

b). Se debe recordar que en el visor de tiempos aparecerá un mensaje de aprobación o no, de la fusión.

c). Ante alguna duda, use un accesorio nuevo y repita las operaciones.

**Nota:** Dependiendo del sistema a usar, clásico, manual o inteligente, podría ser necesario introducir a la máquina de control el tiempo de fusión de acuerdo a lo indicado en el empaque o en el accesorio. En el caso del sistema inteligente, ésta automáticamente reconoce el accesorio e indica sus parámetros de operación.

## Enfriamiento

Sin quitar los cables, permita que se enfríe la unión respetando los tiempos indicados con las mordazas ajustadas.

Al término de la fusión los testigos dejarán de emerger.

Al concluir el tiempo de enfriamiento aconsejado, afloje las mordazas, y retire con precaución el tramo unido.

**Nota:** En el caso del Sistema Inteligente, la máquina hará sonar un timbre al finalizar el ciclo de enfriamiento. Desconecte los terminales del accesorio.

## Inspección

En una buena fusión se observa:

Testigos o fideos que hayan sufrido un movimiento ascendente.

Las zonas de contacto sin signos de material fundido derramado.

En el visor, se confirma el éxito de la fusión.

## Ensayos en Obra para Uniones por Electrofusión a Socket (Calificación)

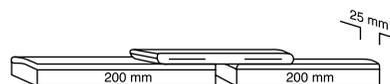
### Exámen Visual

1. El material en la operación de fusión no debe exceder exteriormente los límites del accesorio (zona fría externa) ni los límites del extremo del tubo (zona fría central), excepto en los testigos de fusión.

2. Verifique el correcto alineamiento entre la Tubería y el accesorio y la profundidad de penetración del tubo en el accesorio.

### Ensayo Destructivo en Obra

Tamaño de la probeta.



### Doblado

Para realizar el doblado tome la probeta de los extremos, ejerciendo la misma presión con las dos manos.

ANTES O DESPUÉS DEL ENSAYO DE DOBLADO NO DEBEN APARECER CAVIDADES O FISURAS EN EL ÁREA TRANSVERSAL DE LA UNIÓN.

### Desprendimiento por Falta de Adherencia.

1. Se extraerá una probeta de las características señaladas en la figura, que será obtenida cortando por un plano que pase por el eje del tubo y sea perpendicular a los ejes de los bornes del accesorio, una vez finalizado el tiempo de enfriamiento de la unión.

2. Previo al ensayo, verifique que no exista derrame de material sobre las zonas frías central y extremos del accesorio.

3. La probeta se someterá a una carga creciente de aplastamiento, con velocidad de avance de las mordazas de la prensa de aproximadamente 10 cm/min.

4. La distancia entre mordazas se aproximará hasta dos veces el espesor de pared del tubo.

5. Antes o durante el ensayo, la totalidad de la interfase de fusión entre la primera y la última resistencia no deberá presentar poros, cavidades, ni fisuras en ninguno de los niveles (tubo, resistencia o accesorio).

# Electrofusión con Silla

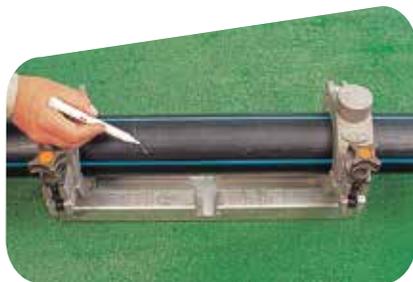
## Equipo Necesario

1. Dispositivo con mordaza de alineación.
2. Raspador (herramienta que elimina la capa superficial oxidada del tubo).
3. Trapo seco, limpio y de material no sintético y alcohol.
4. Cortadora de tubos.
5. Máquina de electrofusión.



## Preparación

1. Verifique que el material del tubo y el accesorio pertenezcan al sistema PEAD Acuaflex PAVCO o sean compatibles. Elija de acuerdo al diámetro del tubo sobre el que se efectuará la electrofusión, el accesorio de base correcta. Sin retirar el accesorio de su envoltura posición sobre el lomo del tubo en forma perpendicular al eje longitudinal de éste, luego trace con un marcador su contorno sobre el tubo con un margen de aprox. 10 mm.



2. Raspe el área marcada utilizando el raspador, extrayendo una película de aprox. 0,2 mm. prepare la máquina para sujetar la silla.

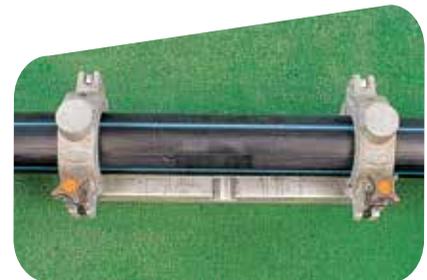


3. Preparar las mordazas, correctas según el diámetro del tubo.

**Nota:** Existen sillas que tienen sistema de sujeción propia.

## Posicionamiento Correcto

1. Coloque el tubo en el sistema de alineación sin ajustar las mordazas con la superficie raspada hacia arriba, en el mismo eje vertical del porta-accesorio.



2. Extraiga el accesorio de su envoltura cuidando de no tocar la zona que se apoyará sobre el tubo. Limpie la zona raspada. No apoye los dedos en las zonas preparadas. El accesorio se debe colocar en el porta-accesorio.



3. Posicione la base de éste sobre la zona raspada del tubo. Por ningún motivo el accesorio debe ser movido ni desalineado de su asentamiento durante el ciclo de unión.



## Operación

1. Conecte el cable a la fuente de energía. Conecte las terminales de salida de la "Unidad de Control" a los bornes del accesorio, asegurándose que los mismos son confiables y los terminales, estén bien acoplados.



2. Dé energía a la unidad de control mediante el botón correspondiente. Aparecerá en el visor, por ser la primera vez, la secuencia de inicio del programa.



### Técnica del Sistema Inteligente:

El proceso es completamente automático. La máquina de control pedirá confirmar los pasos básicos anteriores.

### Técnica de Código de Barras:

En cuanto sea solicitado por la máquina, lea el código de barras correspondiente al accesorio. Chequee los parámetros aparecidos en el visor.

### Técnica de Ingreso Manual:

Ante la solicitud programada, ingrese el valor del tiempo adecuado.

**Nota:** Los accesorios tienen grabado el tiempo de fusión y de enfriamiento.

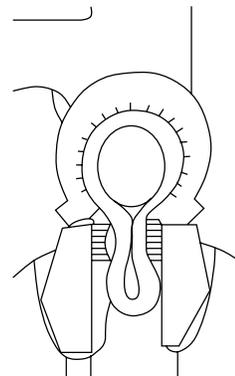
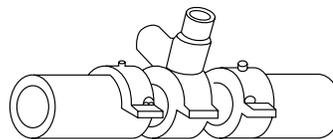
## Ensayos en Obra para Uniones con Silla (Calificación)

### Exámen Visual

1. Se deberá verificar que se cumpla con la perfecta perpendicularidad entre el eje de la boca de salida del accesorio y el de la Tubería.
2. Correcto posicionamiento de la silla sobre la Tubería.
3. El material fundido no deberá rebasar la zona fría, en todo el perímetro de la base del accesorio.

## Ensayos Destructivo en Obra con Desprendimiento por falta de Adherencia

1. La probeta deberá ser obtenida cortando la muestra en tres anillos, una vez finalizado el tiempo de enfriamiento de la unión.
2. La probeta se someterá a una carga de crecimiento de aplastamiento, con una velocidad de avance de las mordazas de la prensa de aproximadamente 10 cm/min.
3. La distancia entre mordazas se aproximará hasta 2 veces el espesor de pared del tubo.
4. Antes o durante el ensayo, la totalidad de la interfase de fusión no deberá presentar poros, cavidades ni fisuras en ninguno de los niveles (tubo, resistencia o accesorio).



## Condiciones Básicas a Tener en Cuenta

1. Con estos accesorios rápidos a presión no se requiere ningún tipo de máquina para ensamblar la tubería con el accesorio.
2. Al no requerir equipos se hace muy económica su instalación.
3. Se pueden utilizar estos accesorios en el momento de instalación en cualquier situación climática ya que no es tan exigente como los dos sistemas anteriores.
4. Se utiliza en diámetros desde 16 mm. hasta 110 mm.

## Procedimiento General para Uniones Mecánicas

1. Pase el tubo a través de la tuerca.



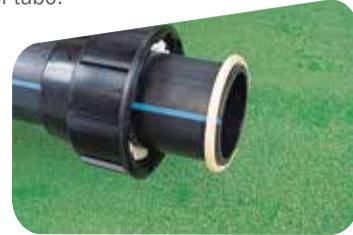
2. Coloque el anillo cónico de sujeción con su cara de mayor diámetro hacia el extremo del tubo.



3. Introduzca el buje.



4. Coloque el anillo de caucho u O-ring lo más cerca al extremo del tubo.



5. Tome el cuerpo y haga presión con él hasta pasar el O-ring.



6. Asegúrese que el tubo llegue hasta el tope interno del cuerpo.



7. Repita el mismo ensamble al otro lado del tubo



8. Apriete las tuercas manualmente con llave mecánica en el caso de accesorios de diámetros grandes. Cerciórese que los implementos queden bien posicionados.



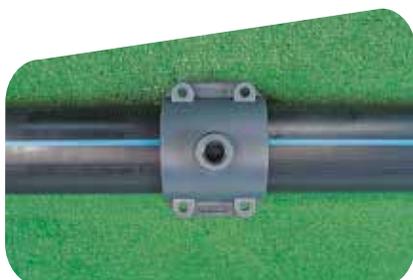
**Nota:** Los ensambles de estos accesorios a las tuberías de polietileno son iguales en uniones, adaptadores macho y hembra, tees y codos.

# Procedimiento para el Ensamble del Collar de Derivación con las Tuberías PEAD Acuaflex

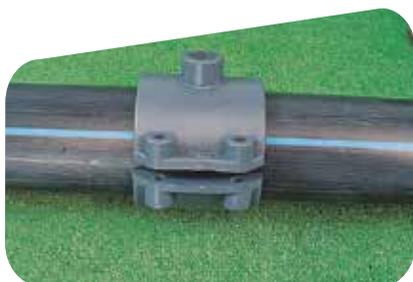
1. Coloque el O-ring en la ranura interior que trae la parte superior de la abrazadera.



2. Colóque la parte superior sobre la tubería alineada.



3. La otra parte del cuerpo se coloca debajo del tubo.



4. Sujete bien e introduzca los tornillos.



5. Atornille hasta que la pieza quede firme y en un ángulo de 45°.



6. Instale sobre este un registro de incorporación y con un taladro para acometidas, perfore sobre la tubería el orificio de salida.



**Nota:** (En el paso 6) Se puede usar un sacabocado sin dañar la Tubería.

## Puesta en Servicio

### Pruebas de Presión

1. Posterior al tendido de la Tubería ya instalada, debe someterse a unas pruebas de presión para verificar su hermeticidad.
2. Se recomienda hacer estas pruebas cada 500 metros lineales de Tubería instalada. La prueba deberá ser como mínimo de 1.5 veces la presión nominal de trabajo máxima a la que las Tuberías vayan a estar sometidas de acuerdo con el diseño.
3. Se debe llenar lentamente de agua el tramo que se va a probar de abajo hacia arriba, manteniendo abiertos los elementos por donde sale el aire. Estos se cerrarán después de verificar que no existe aire en la línea.
4. En el momento de lograr una presión estable, se dejará de 30 minutos a 1 hora y se considerará satisfactoria la prueba cuando durante este tiempo, el manómetro no indique caída de presión.

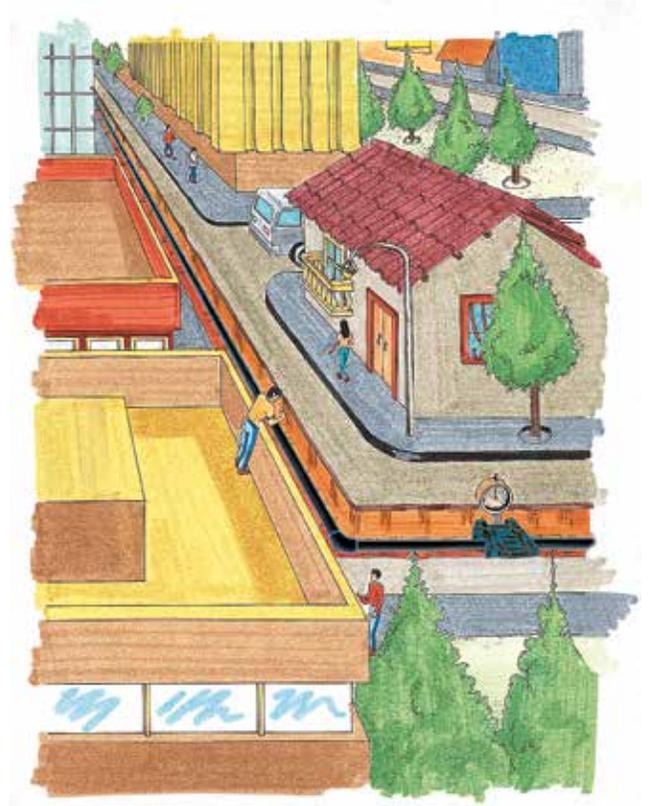
5. De la misma forma, se pueden hacer pruebas de presión con aire presurizando la línea en uno de los extremos.
6. La prueba se considera satisfactoria si la presión no varía por debajo de la raíz de  $P/5$ , siendo P la presión de prueba en PSI.

**Nota:** Recuerde hacer las pruebas de presión antes de hacer las acometidas domiciliarias y después de haber realizado los anclajes en todos los accesorios y cambios de dirección.

## Mantenimiento

El mantenimiento preventivo debe ser el estipulado por la empresa de servicios públicos que opera el acueducto. Pueden usarse los equipos de inspección y limpieza usualmente dedicados a estas actividades. Para mantenimiento correctivo, según sea el caso del daño específico, puede consultarse con PAVCO en los teléfonos que aparecen en la contraportada de este manual.

## Prueba de Redes



## Rotulado

Marca y uso	Agua Potable
País de origen y fabricante	PAVCO - MEXICHEN COLOMBIA
Norma de fabricación	Por Ejemplo PE 100 NTC 4585
Diámetro nominal	Por Ejemplo RDE 17 63mm x 3.8mm Grado B
Rigidez	Por Ejemplo PN 10 bar - 140 psi
Trazabilidad	Planta    año    mes    día    turno    No. Máquina 1 dígito  2 dígitos  2 dígitos  2 dígitos  1 dígito  2 dígitos
RT:	Por Ejemplo 001



Certificado SC 036 - 1  
MEXICHEM COLOMBIA S.A.S.

Producción y venta de tuberías y accesorios de PVC, CPVC y polietileno, de accesorios de PVC, CPVC y polipropileno, de cementos solventes de PVC y CPVC

NTC - ISO 9001 : 2008



Certificado SA 057 - 1  
MEXICHEM COLOMBIA S.A.S.

Producción y venta de tuberías y accesorios de PVC, CPVC y polietileno, y de cementos solventes de PVC y CPVC y cámaras y cajas de inspección de polietileno

NTC - ISO 14001 : 2004



Certificado OS 033-1  
MEXICHEM COLOMBIA S.A.S.

Producción y venta de tuberías y accesorios de PVC, CPVC y polietileno, y de cementos solventes de PVC y CPVC y cámaras y cajas de inspección de polietileno

NTC OHSAS 18001 : 2007



Resolución 1166 del 20 de Junio del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo territorial

Producción y venta de tubos y accesorios para acueducto, alcantarillado, uso sanitario y aguas lluvias  
Marca Pavco  
(Biaxial pavco, Acuaflex, Novafort, Novaloc).

Fabricado por  
MEXICHEM COLOMBIA S.A.S.



Certificado CSC - CER217357  
MEXICHEM COLOMBIA S.A.S.

Tubos de Polietileno para distribución de agua.  
Especificaciones. Serie métrica

NTC 4585 - (2009)

ESTE MANUAL TÉCNICO HA SIDO REVISADO Y APROBADO POR LA GERENCIA DE PRODUCTO DE PAVCO.

LABORATORIO HOMOLOGADO

Mediante resolución N° 984 del 12 de Mayo de 1998 y las que la complementan, La Superintendencia de Industria y Comercio acreditó los laboratorios de la División de Tubosistemas de PAVCO S.A. como LABORATORIOS DE ENSAYOS EN TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE PVC.

PRODUCTO NO BIODEGRADABLE.  
NO INCINERE.  
HAGA DISPOSICIÓN ADECUADA DE DESPERDICIOS.

Edición  
Abril de 2014  
reemplaza la de Junio de 2011





[www.pavco.com.co](http://www.pavco.com.co)

En PAVCO estamos cerca de nuestros clientes:

01 8000 912286



Certificado SC 036 - 1  
MEDICEM COLOMBIA S.A.S.

Producción y venta de tuberías y accesorios de PVC, CPVC y polipropileno, accesorios polipropileno, cementos solventes de PVC y CPVC, Cámaras y cajas de inspección de polipropileno, Servicio de Rehabilitación de tuberías existentes.

NTC - ISO 9001 : 2008



Certificado SA 087 - 1  
MEDICEM COLOMBIA S.A.S.

Producción y venta de tuberías y accesorios de PVC, CPVC y polipropileno, de accesorios de PVC y CPVC y polipropileno, de cementos solventes de PVC y CPVC, Cámaras y cajas de inspección de polipropileno y Rehabilitación de tuberías existentes.

ISO 14001 : 2004  
NTC - ISO 14001 : 2004



Certificado OS 033-1  
MEDICEM COLOMBIA S.A.S.

Producción y venta de tuberías y accesorios de PVC, CPVC y Polipropileno, de cementos solventes de PVC y CPVC, Cámaras y cajas de inspección de polipropileno y Rehabilitación de tuberías existentes.

OHSAS 18001 : 2007  
NTC OHSAS 18001 : 2007

#### BOGOTÁ

Autopista Sur N.º 71 - 75  
Conmutador: (57 1) 782 5000  
Fax: (57 1) 782 5010  
Servicliente: (57 1) 777 2286

#### BUCARAMANGA

Carrera 21 N.º 36 - 83  
Torre 2 Oficina 404  
Floridablanca  
Servicliente: 314 330 2331

#### BARRANQUILLA

Conmutador: (57 5) 375 8100  
Fax: (57 5) 375 8156  
Servicliente: 312 332 0041

#### MEDELLÍN

Carrera 46 N.º 14 - 48  
Conmutador: (57 4) 325 6660  
Fax: (57 4) 325 6666

#### CALI - YUMBO

Calle 10 N.º 31A - 153  
Zona Industrial Arroyohondo  
Conmutador: (57 2) 442 3444  
Fax: (57 2) 666 4118

#### EJE CAFETERO

Calle 12 N.º 19 - 114  
Oficina 103, Pereira  
Servicliente: 312 332 0025



@pavcolombia



pavcolombia



pavco