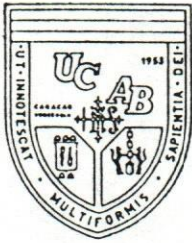


AAN 8344

TESIS
IC 2000

H4



UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS TECNICO – ECONOMICO DE LAS TUBERIAS DE PVC
A OBJETO DE PROPONER UNA MODIFICACION DE LAS NORMAS INOS
EN ACUEDUCTOS Y CLOACAS



REALIZADO POR

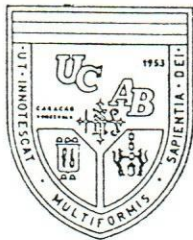
Tomás Eduardo Hernández P.

PROFESOR GUIA

Ing. José Ochoa Iturbe

FECHA

Junio 2000



UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS TECNICO - ECONOMICO DE LAS TUBERIAS DE PVC
A OBJETO DE PROPONER UNA MODIFICACION DE LAS NORMAS INOS
EN ACUEDUCTOS Y CLOACAS

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: DIEZ Y NUEVE (19)

JURADO EXAMINADOR

FIRMA:

NOMBRE: José Ochoa Iturbe

FIRMA:

NOMBRE: José M. De Viana

FIRMA:

NOMBRE: José Divasson

REALIZADO POR

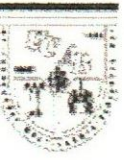
Tomás Eduardo Hernández P.

PROFESOR GUIA

Ing. José Ochoa Iturbe

FECHA

Junio 2000



A mis padres, por haberme apoyado siempre.
A mis hermanas Nina y Carola.
A mis sobrinos Virginia, Federico y Andrés.

Tomás E.



AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a todas aquellas personas que con su colaboración me ayudaron de una u otra forma en la realización de este Trabajo Especial de Grado:

A mi tutor, el Ingeniero José Ochoa Iturbe, por apoyarme en el desarrollo de la investigación y motivarme a proponer esta tesis, dedicando su tiempo y su experiencia en este trabajo.

Mi padre, el Ingeniero Tomás R. Hernández, por su orientación, apoyo, y colaboración en la búsqueda de información.

La empresa Edivial Construcciones S.A, por permitirme trabajar en campo con tuberías de plástico.

Los Ingenieros Humberto Padrón y Enrique Padrón.

El Ingeniero Residente Cesar Cabrera, por su consejo y orientación en la obra.

La empresa Hidroelca C.A, en especial a el Ingeniero Carmelo Rosciano.

El señor Emperador Orta de Mezerhane Materiales C.A por su colaboración.

El Sr. Ignacio Velasco, por su gran ayuda.

El Sr. Mario Delgado de Tuberías Uniteca.

El Sr. Marcel Levy de Tubehidro C.A.

El Ingeniero Mario D'Alessio de constructora Daccasa.

El Ingeniero Rafael Guevara de M.G.A, mi profesor y amigo.

A la Ingeniero Maria Antonia Lares de MGA.

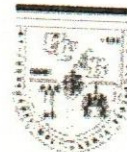
A la Universidad Católica Andrés Bello y a la Facultad de Ingeniería.

INDICE

Página

I.	INTRODUCCION	1
II.	SINOPSIS	3
III.	ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE TUBERIAS DE PVC EN SISTEMAS DE CLOACAS. ESTUDIO COMPARATIVO CON EL MATERIAL CONCRETO.	5
III.1.	VELOCIDADES Y CAUDALES	6
III.1.1	Comparaciones de Velocidades y caudales para el P.V.C y el concreto.	7
III.1.2.	Pendientes equivalentes en P.V.C para igualar capacidades hidráulicas manteniendo las profundidades finales de rasante equivalentes.	8
III.2.	ANALISIS DE COSTOS POR EXCAVACION ENTRE TUBERIAS DE CONCRETO DE 8" Y TUBERIAS DE P.V.C DE 6".	10
III.2.1	Comparación de excavación asumiendo la pendiente del terreno natural igual a la pendiente de la rasante de la tubería de concreto de 8".	10
III.2.2	Comparación asumiendo la pendiente del terreno natural igual a cero, es decir terreno plano.	12
III.3.	LISTA DE PRECIOS DE TUBERIAS DE CLOACAS	14
III.3.1.	Tuberías de P.V.C.	14
III.3.2.	Tuberías de concreto.	15
III.4.	ANALISIS DE COSTOS CONSIDERANDO COSTO DE MATERIAL MAS COSTO DE EXCAVACION .	18
III.4.1.	Pendiente del terreno natural paralela a la pendiente de rasante de la tubería de 8" de concreto.	18
III.4.2.	Pendiente del terreno natural igual a cero, es decir, terreno plano.	19
III.5.	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS EN TUBERIAS DE CLOACAS	20
III.6.	COMPARACION DE COSTOS DE EXCAVACION MAS COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS EN BASE A SUS PRECIOS UNITARIOS.	21
III.6.1.	Pendiente de la rasante de la tubería de concreto de 8" paralela a pendiente del terreno natural.	21
III.6.2.	Pendiente del terreno natural igual a cero.	22
III.6.3.	Longitudes de tramos de tubería para igualar los costos de suministro e instalación más costo de excavación al comparar tuberías de P.V.C de 6" y concreto de 8".	36

IV. ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE TUBERIAS DE PVC EN SISTEMAS DE ACUEDUCTOS. ESTUDIO COMPARATIVO CON EL MATERIAL HIERRO FUNDIDO DUCTIL.	38
IV. 1 COMPARACION DE PERDIDAS DE CARGA ENTRE TUBERIAS DE PVC DE 3" Y TUBERIAS DE HIERRO FUNDIDO DUCTIL DE 4".	39
IV.1.1 Hazen- Williams	39
IV.1.2 . Darcy – Weisbach	40
IV.2. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS EN TUBERIAS DE ACUEDUCTOS	49
IV.3 ANALISIS COMPARATIVO DEL ACUEDUCTO EN UN CONJUNTO RESIDENCIAL TOMADO COMO MODELO DE ESTUDIO	51
IV.3.1. Análisis comparativo del modelo para el caudal medio	52
IV.3.2. Análisis comparativo del modelo para el caudal máximo	54
IV.4 RECOMENDACIONES AL UTILIZAR TUBERIAS DE PVC EN ACUEDUCTOS	55
V. CONCLUSIONES	56
V.1 CONCLUSIONES CLOACAS	56
V.2 CONCLUSIONES ACUEDUCTOS	59
V.I. BIBLIOGRAFIA	60
ANEXOS	
ANEXO "0"	Puntos en las normas que se propone modificar
ANEXO "1"	Propiedades técnicas del PVC.
ANEXO "2"	Tablas
ANEXO "3"	Hojas de análisis de precios unitarios en tuberías de cloacas
ANEXO "4"	Hojas de análisis de precios unitarios en acueductos.
ANEXO "5"	Corrida de Cross del modelo de estudio.
ANEXO "6"	Manual técnico para sistemas de alcantarillado de PVC.
ANEXO "7"	Manual técnico para sistemas de acueducto de PVC.
ANEXO "8"	Fotos de trabajos en obra con tuberías de PVC.
ANEXO "9"	Plano del modelo de estudio.

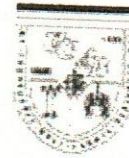


I. INTRODUCCION

El suministro de agua potable es el servicio más importante para la vida humana, y cada día más, las comunidades se han dado cuenta de toda la inversión, la logística y el trabajo que significa su dotación. Así mismo, el costo del agua se ha incrementado debido a el proceso de contaminación mundial, el cual ha afectado gran parte de las fuentes, requiriéndose mejores tratamientos para obtener un agua de calidad.

Las empresas dedicadas al servicio del suministro del agua, miden ahora con mayor precisión sus dotaciones, controlando los caudales suministrados y ofreciendo un servicio de mejor calidad a sus clientes, que permita minimizar los costos tanto a la empresa como a los usuarios. Estos y muchos otros factores, han conducido a que desde hace varios años atrás, la conciencia del racionamiento y el buen uso del agua potable esté presente en toda sociedad civilizada. Por ejemplo, en la rama de las instalaciones sanitarias, hay una tendencia a reducir las capacidades de los tanques de las pocetas, pues se ha observado que con la mitad de la cantidad de agua que contienen los tanques tradicionales, es suficiente para llevar a cabo la evacuación. Así mismo, gran número de las regaderas que se fabrican actualmente, permiten controlar mejor el chorro de agua. Muchos analistas consideran el suministro de agua como uno de los mejores negocios en un futuro no muy lejano.

Desde el punto de vista del diseño de acueductos y cloacas, es lamentable tener que sobrediseñar para cumplir con las normas de diámetros mínimos, cuando en muchos casos diámetros inferiores a los que establecen las normas verifican el cálculo de diseño. Esto representa un gasto innecesario, en una época en la que la situación económica del país, le exige a los ingenieros minimizar el sobrediseño en cualquier tipo de proyectos.

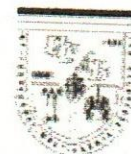


Estas son algunas de las razones que motivan la presentación de este Trabajo Especial de Grado, en donde se propone analizar varios casos con la finalidad de justificar la revisión de las Normas e Instructivos para el Proyecto de Alcantarillados en el caso de las cloacas, para así ajustarlas a las necesidades y a la realidad en que vivimos.

En el diseño de acueductos para Urbanismos Integrales debidamente permitidos, existen exigencias por parte de las empresas dedicadas a el suministro de agua (Empresas "Hidro") de un diámetro mínimo de 4", para obtener la Factibilidad de Servicio para un determinado proyecto de acueductos urbanos. De igual manera ocurre con la permisología exigida por el Ministerio de Sanidad.

En el desarrollo del trabajo, se presenta un análisis técnico-económico de tuberías de P.V.C, pues es un material cuyo uso es cada vez más frecuente, y pensamos que amerita ser estudiado debido a las bondades que ofrece. El análisis pretende demostrar que el uso del P.V.C permite en muchos casos reducir los diámetros por debajo de los recomendados por las normas. Esto redundaría en un ahorro, en muchos casos sustancial, del urbanismo a construir.

Se llevan a cabo una serie de cálculos comparativos, con la finalidad de desarrollar la tesis propuesta. A lo largo del trabajo se hace referencia a dichos cálculos presentados en el anexo de tablas (Anexo 2), por ello es importante tener presente éste punto para la comprensión y el seguimiento del texto.



II. SINOPSIS

El objetivo de este trabajo especial de grado, es el de proponer una modificación de los diámetros mínimos permitidos en acueductos urbanos y en cloacas establecido en las normas, siempre y cuando favorezcan las condiciones previas. La motivación se origina luego de analizar las propiedades técnicas e hidráulicas de las tuberías plásticas de P.V.C, así como sus costos y precios unitarios de instalación.

En el caso de las cloacas o aguas negras, compiten con las tuberías tradicionales de concreto, y en el caso de acueductos de diámetros comprendidos entre 3" y 16", se han introducido en el mercado para competir con tuberías de Hierro fundido dúctil (H.F.D).

En esta tesis realizamos comparaciones entre los tipos de tuberías establecidos en el párrafo anterior. Específicamete se propone revisar los puntos en las normas que establecen los diámetros mínimos (Ver Anexo 0). Nuestro planteamiento solicita considerar las siguientes modificaciones:

	ϕ mínimo	ϕ mínimo propuesto en PVC
Acueductos urbanos.	4 "	3 "
Cloacas	8 "	6 "

Desde el punto de vista hidráulico, brindamos mucha importancia a las bondades del P.V.C. Al analizar las capacidades de conducción según la Ecuación de Manning, observamos como las tuberías de P.V.C, debido a su bajo coeficiente de rugosidad n (el cual oscila entre 0,009 y 0,011), transporta caudales mucho mayores que las tuberías de concreto . En especial, si analizamos el P.V.C con los ϕ mínimos propuestos, y comparamos con tuberías de concreto con los ϕ mínimos vigentes, observamos como con diámetros menores se obtienen mayores capacidades de conducción para ciertas pendientes y longitudes de tramos, los cuales analizamos en este trabajo.

De manera similar, al analizar las pérdidas de carga entre tuberías de igual diámetro según las ecuaciones de Hazen-Williams y Darcy - Weisbach, observamos como el P.V.C presenta valores mucho menores de pérdidas, y minimiza la formación de incrustaciones en la sección de la tubería. Esta propiedad es muy importante en el caso de comparar el P.V.C con las tuberías de H.F.D en acueductos. Aún cuando proponemos un diámetro menor, lo

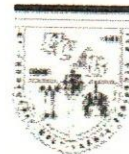


que implica un aumento de las pérdidas resultado de una velocidad mayor del flujo, se pretende determinar si dicho aumento de pérdidas es tan significativo como para justificar la utilización de diámetros mayores de tubería.

Adicionalmente, y producto de las investigaciones realizadas, este trabajo presenta una guía técnica para el buen uso de las tuberías de P.V.C , planteando una serie de sugerencias y una metodología a seguir en los casos más comunmente encontrados al trabajar en obra. De esta manera la proposición planteada en esta tesis se apoya en un manual práctico. (Ver anexos 6 y 7 manuales técnicos cloacas y acueductos)

El análisis económico permite visualizar el significativo ahorro que se obtiene al reducir a diámetros mínimos. Tratamos en lo posible de presentar un análisis de precios unitarios que involucren rendimientos promedios de instalación de tuberías, para llevar a cabo comparaciones realistas entre los distintos tipos de material (Ver anexos 3 y 4). Esto porque el P.V.C compite en términos de precios cuando se hace un análisis global de instalación, más que por el precio en sí del material (tubería).

Este trabajo especial de grado se basa en información recopilada en distintos fabricantes y distribuidores de tuberías, así como en empresas dedicadas a la instalación, cuyo asesoramiento fué muy valioso. El trabajar en obra con tuberías de P.V.C, permitió llegar a los planteamientos aquí presentados y a la importancia de esta proposición en aquellos casos cuyos caudales de diseño permiten utilizar los diámetros mínimos modificados planteados.



III. ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE TUBERIAS DE PVC EN SISTEMAS DE CLOACAS. ESTUDIO COMPARATIVO CON EL MATERIAL CONCRETO.

El análisis consiste en estudiar las propiedades hidráulicas de las tuberías plásticas de P.V.C , de manera de hacer una comparación con tuberías de concreto, y así visualizar los caudales a sección plena y las velocidades del flujo para distintos valores de pendiente de rasante.

La comparación es entre tuberías de P.V.C de 6" y tuberías de concreto de 8" principalmente. Hidraulicamente el flujo puede ser estudiado según la Ecuación de Manning y la Ecuación de la Continuidad, y a partir de éstas , se calculan los caudales y las velocidades. Así mismo, se calculan las "pendientes equivalentes para la tubería de P.V.C de 6". Dichas pendientes equivalentes, son aquellas pendientes de rasante en una tubería de P.V.C de 6" que permiten igualar los caudales a sección plena con una tubería de concreto de 8".

Entonces se realiza un estudio en donde se comparan las tuberías de P.V.C de 6" con las tuberías de concreto de 8", tomando en cuenta la excavación necesaria para la zanja de colocación. Es importante realizar este análisis debido a que las pendientes equivalentes en la tubería de P.V.C de 6", son más pronunciadas que las pendientes de rasante de la tubería de concreto de 8", a pesar del factor rugosidad, implicando esto excavaciones mayores. Luego el "análisis de costos por excavación" se lleva a cabo para tramos de tuberías que permitan visualizar la incidencia en costos de dicha actividad. El precio unitario de excavación para este análisis es tomado como dato de empresas constructoras dedicadas a la colocación de tuberías de cloacas.

Luego se introduce el costo de las tuberías dentro del análisis comparativo, asumiendo de nuevo, que la tuberías de P.V.C de 6" están colocadas a la pendiente equivalente. Este sería un análisis previo a el estudio comparativo de precios unitarios. Al final de este capítulo, se analizan tramos de tuberías asumiendo el costo del suministro e instalación de las tuberías (precios unitarios) sumado a el costo de excavación . La idea es la de determinar cuando es conveniente usar cada tipo de material, en base a los precios unitarios actuales presentados en este trabajo y a el costo de excavación adoptado; o bien,



tener presente que existe dicho rango de conveniencia en caso de tener precios y costos distintos .

Es importante destacar que comparamos las tuberías asumiendo diferentes valores de diseño de coeficientes de rugosidad, en especial para el concreto, pues es un material más susceptible a cambiar dicho valor a lo largo de su vida útil.

III.1. VELOCIDADES Y CAUDALES .

En el Anexo 2 -Tablas , se aprecian las velocidades y los caudales calculados para los distintos diámetros disponibles en el mercado . Los cálculos se realizaron para tuberías a capacidad plena y para las distintas pendientes posibles de colocación, a partir de la ecuación de Manning y la ecuación de la continuidad. Las tablas 2 y 3 muestran los cálculos para los diámetros de tuberías de P.V.C que se consiguen en el mercado venezolano (Tuberías PAVCO y Tuberías Uniteca, quienes son los principales productores de tuberías de plástico del país). Así mismo en las tablas 4 y 5 se muestran los cálculos para los diámetros de tuberías de concreto que se consiguen en el mercado venezolano (Concretera Caracas). En consecuencia tenemos:

Fórmula de Manning:

$$V = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Ecuación de la continuidad

$$Q = V * A$$

A = Area transversal en m²

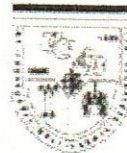
S = Pendiente longitudinal en decimales

V = Velocidad en m/s

Q = Caudal en m³/s

R = Radio hidráulico en m

n = Coeficiente de rugosidad



III.1.1. Comparaciones de Velocidades y caudales para el P.V.C y el concreto.

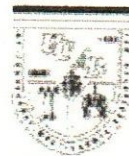
En esta sección se comparan las capacidades hidráulicas entre tuberías colocadas a una misma pendiente de rasante. Estas comparaciones se presentan entre tuberías de concreto de 8 pulgadas de diámetro (200mm) y tuberías de P.V.C de 6 pulgadas de diámetro (150mm).

En las normas e instructivos para el proyecto de alcantarillados, se establece en el punto 3.22 (pág 26), los valores de del coeficiente de rugosidad "n" a utilizar según el material de los colectores. Para el P.V.C se indica un valor de $n=0.012$, y para tuberías de concreto con diámetros menores a 21" un valor de $n=0.015$. Es importante destacar que no se pretende incumplir dicho punto de la norma en este trabajo especial de grado, pues para el análisis presentado, se consideran valores del coeficiente de rugosidad menores para el P.V.C. Lo que ocurre es que a largo de la investigación, se reflexionó acerca de una gran discusión que existe entre los fabricantes de ambos tipos de tuberías (concreto y P.V.C), no sólo en Venezuela, sino también a en Estados Unidos, acerca de los valores del coeficiente de rugosidad de Manning.

Las comparaciones presentadas en las tablas 6 y 7 (ver anexo tablas), se realizan asumiendo coeficientes de rugosidad de Manning para el P.V.C de 0,009 y 0,011, y para el concreto $n = 0,013$ y 0,015. Es importante resaltar que estos valores de los coeficientes de rugosidad son los que recomiendan los fabricantes de cada tipo de tubería de acuerdo a los ensayos de laboratorio realizados, y son los adoptados en este trabajo especial de grado de acuerdo a las investigaciones realizadas.

Las tuberías de P.V.C de 6 pulgadas equivalen a un diámetro interno de 153.6mm. según se fabrica en el país, mientras que las tuberías de 8 pulgadas de concreto, posee un diámetro interno de 200mm. Las tablas anexas presentadas se basan en cálculos con estos diámetros reales, los cuales son los encontrados en el mercado.

De los análisis realizados se confirmó que la tubería de concreto de 8" tiene mayor capacidad que la tubería de PVC de 6", aún teniendo mayor coeficiente de rugosidad.



III.1.2. Pendientes equivalentes en P.V.C para igualar capacidades hidráulicas manteniendo las profundidades finales de rasante equivalentes.

En esta sección se presenta el cálculo de las pendientes equivalentes necesarias para transportar el mismo caudal que transporta una tubería de 8 pulgadas en concreto, con una tubería de P.V.C de 6 pulgadas (ver tablas 8 y 9).

Por medio de la Ecuación de Manning, se calcularon para las distintas pendientes de colocación en una tubería de concreto de (8"), sus respectivas pendientes equivalentes, necesarias en una tubería de P.V.C de (6") , de forma que los caudales a sección plena fueran iguales.

Evidentemente que por el hecho de comparar diámetros diferentes, se requieren pendientes mayores con una tubería de menor diámetro para igualar caudales . En la Tabla 8, se observa el cálculo comparativo entre tuberías de concreto (8") con $n = 0,015$ y tuberías de P.V.C. (6") con $n = 0,009$ y $n = 0,011$. En dicha tabla, se muestran las pendientes equivalentes necesarias para igualar los caudales , así como las longitudes de los tramos de tubería que permiten lograr dicha pendiente manteniendo las cotas de rasante finales iguales entre sí, es decir, sin necesidad de excavar en exceso. Esta última condición se fijó como punto de partida para otros análisis. El razonamiento seguido consistió en que si mantenemos la excavación relativamente constante (misma cota final de rasante), la pendiente mayor obtenida de la diferencia de diámetros, aunada a una rugosidad menor, permitiría el uso de diámetros menores. Para longitudes de tubería mayores a las presentadas en las tablas 8 y 9 , la excavación es mayor para la tubería de P.V.C de 6" , como se verá en el siguiente capítulo .

Igualmente en la tabla 8, se puede apreciar como las pendientes equivalentes obtenidas para una tubería de P.V.C de 6" ($n=0.009$) son mayores al compararlas con las pendientes de la tubería de concreto de 8" ($n=0.015$), pero si observamos en la columna de tuberías de P.V.C de 6" ($n=0.011$) notaremos que el valor de la pendiente equivalente necesaria para igualar caudales es mayor aún. Así mismo, notemos como las longitudes de los tramos en donde podemos lograr dicha pendiente equivalente manteniendo la profundidad final de rasante igual, son longitudes cortas, pero de igual manera si asumimos un $n=0.011$ para el P.V.C dicha longitud es más corta. Obsérvese que se resaltó en rojo aquellos valores cuya velocidad para la tubería de concreto de 8" es inferior a 0.6m/s.



(Velocidad mínima permitida por las normas INOS, punto 3.23). Por ejemplo, para una pendiente de 0.3% corresponde una velocidad de 0.5m/s, la pendiente equivalente para una tubería de P.V.C de 6" ($n=0.009$) es de 0.44% y se logra en un tramo de 35.24m., mientras que para una tubería de P.V.C de 6" ($n=0.011$) la pendiente equivalente es de 0.66% y se consigue en un tramo de 14.03 m, y en ambos casos se cumple con la velocidad mínima.

En la Tabla 9, se observa el cálculo comparativo entre tuberías de concreto (8") con $n = 0,013$ y tuberías de P.V.C. (6") con $n = 0,009$ y $n = 0,011$. En esa tabla se muestran las pendientes necesarias para igualar los caudales , así como las longitudes de los tramos de tubería que permiten lograr dicha pendiente manteniendo nuevamente las cotas de rasante finales iguales entre sí, es decir, sin necesidad de excavar en exceso. Obsérvese como las pendientes equivalentes obtenidas son mayores y las longitudes de tramos son menores, debido a que se considera el coeficiente de rugosidad del concreto igual a $n = 0.013$.

En las Tablas 10 y 11 se presentan análisis comparativos similares entre tuberías de concreto de 10 pulgadas, y tuberías de P.V.C de 8 pulgadas, siendo el análisis de los resultados similar al de las tablas anteriores.

En la (TABLA 12) se puede observar como para tramos cortos de 10 y 15 metros, la capacidad hidráulica de la tubería de P.V.C de 153.6mm de diámetro(6"), es superior que la capacidad (caudal a sección plena) de la tubería de concreto de 200 mm de diámetro (8").

Esto ocurre debido a la diferencia entre los diámetros entre las tubería (5cm), así como al hecho de que el material P.V.C posee un coeficiente de rugosidad menor que el concreto.

Obsérvese como los valores resaltados en gris son mayores para el P.V.C, en longitudes de tramo de 10 y 15 metros , y mucho más sin el tramo es más corto. En tramos cortos, el desnivel debido a la diferencia de diámetros origina un aumento de pendiente suficiente para que la tubería de P.V.C de 6" sobrepase la capacidad de conducción de la tubería de concreto de 8". Esto se observa para un rango de pendientes de colocación de la tubería de concreto comprendido entre 3 y 10 por mil en dicha tabla.



III.2. ANALISIS DE COSTOS POR EXCAVACION ENTRE TUBERIAS DE CONCRETO DE 8" Y TUBERIAS DE P.V.C DE 6".

III.2.1 Comparación de excavación asumiendo la pendiente del terreno natural igual a la pendiente de la rasante de la tubería de concreto de 8".

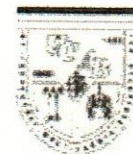
En esta parte se presenta una comparación entre tuberías de concreto de 8 pulgadas de diámetro con coeficiente de rugosidad $n = 0,015$ y tuberías de P.V.C de 6 pulgadas de diámetro con $n = 0,009$ (TABLA 13). Así como una comparación entre tuberías de concreto de 8 pulgadas de diámetro con coeficiente de rugosidad $n = 0,013$ y tuberías de P.V.C de 6 pulgadas de diámetro con $n = 0,009$ (TABLA 14). Tomando esto en cuenta se muestran los valores de las profundidades iniciales y finales de la rasante de la tubería de concreto de 8", así como la excavación necesaria aproximada de colocación .

A partir de los valores de las pendientes equivalentes de la tubería de P.V.C de 6" para igualar los caudales de la tubería de concreto de 8", se determinaron los valores de las profundidades iniciales y finales de la rasante de la tubería de P.V.C, así como la excavación necesaria aproximada de colocación .

Los cálculos efectuados son para tramos de 1000 metros de longitud, en donde se asume que la pendiente de colocación de la rasante de la tubería de concreto es paralela a la pendiente del terreno natural. Se asumió que la excavación se lleva a cabo con una retroexcavadora con un cucharón o pala de 0,7 metros de ancho, lo que determina el ancho de la zanja en la práctica.

Notese que este análisis difiere de las comparaciones presentadas en el capítulo anterior (punto 1.2), debido a que el tramo estudiado posee una longitud mayor a aquellas longitudes presentadas en donde se alcanzan las equivalencias sin necesidad de excavar en exceso, y no se mantiene la profundidad final de la rasante. En el caso de la tubería de P.V.C la excavación es mayor, ya que el diámetro es menor y se requieren mayores pendientes equivalentes, a pesar de la disminución de la rugosidad.

Luego en las TABLAS 15 y 16 , se resumen las diferencias de excavación y el costo asociado a dicha diferencia, asumiendo concreto con coeficiente de rugosidad $n = 0,013$ y $n = 0,015$ respectivamente, comparado con P.V.C con $n = 0,009$. Se toma un valor



aproximado de 5000 bolívares por m^3 de excavación. (Este precio unitario de excavación se tomó a partir de análisis de precios unitarios presentados por una constructora consultada).

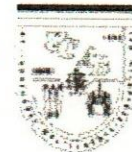
En las tablas 13,14,15 y 16 en estudio (ver anexo tablas), se muestran las columnas correspondientes a la pendiente de rasante, profundidad inicial de la rasante de la tubería, profundidad final de la rasante de la tubería y excavación.

En el caso de la tubería de concreto de diámetro 200mm (8"), la profundidad inicial de la rasante es igual a 1.35m, ya que el lomo de la tubería debe estar mínimo a 1.15m de la superficie (punto 3.19 de las normas) , y al sumarle el diámetro obtenemos dicha profundidad. Es decir , Profundidad inicial rasante tubería = (1.15 + 0.20)m. La columna de profundidad final rasante de la tubería se obtiene sumándole a la profundidad inicial el producto de la pendiente de rasante en decimales por la longitud del tramo, es decir, Profundidad final rasante tubería = Profundidad inicial rasante tubería + (Pendiente s)*1000m.

La columna de excavación para la tubería de concreto es constante e igual a $945 m^3$, calculado asumiendo que la pendiente de rasante es paralela a la pendiente del terreno natural, y considerando un ancho de zanja igual a 0.7m., valor aproximado al tamaño del cucharón de la retroexcavadora. Luego, $Excavación = (1.35)*(0.7)*(1000) = 945m^3$.

En el caso de la tubería de PVC de diámetro 150mm (6"), la profundidad inicial de la rasante de la tubería es igual a 1.30m, ya que sobre el lomo de la tubería debe haber 1.15m , y al sumarle el diámetro obtenemos dicha profundidad. Es decir , Profundidad inicial rasante tubería = (1.15 + 0.15)m. La columna de profundidad final rasante de la tubería se obtiene sumándole a la profundidad inicial el producto de la pendiente equivalente de rasante en decimales por la longitud del tramo, es decir, Profundidad final rasante tubería = Profundidad inicial rasante tubería + (Pendiente equivalente s)*1000m.

Los valores de la excavación varían para cada valor de pendiente equivalente de PVC, debido a que se ha considerado la pendiente del terreno natural paralela a la pendiente de rasante de la tubería de concreto de 8", variando en cada caso el prisma de tierra a excavar. En este caso el valor de excavación se calcula a partir de un prisma trapezoidal, en el cual uno de los lados del trapecio es igual a la profundidad inicial de rasante(1.3m), el otro lado del trapecio es igual a la profundidad final de rasante de la tubería, calculada



como la diferencia entre la pendiente equivalente para el PVC menos la pendiente de la tubería de concreto multiplicado por la longitud del tramo.

En las tablas 15 y 16 se puede apreciar el costo por diferencia debido al exceso en excavación. Como puede observarse, la diferencia de costos es apreciable excepto para pendientes menores al 1%. En la tabla 15 se puede observar como el costo por diferencia en excavación, disminuye a medida que disminuye la pendiente, ya que la diferencia en excavación es menor. Los costos por diferencia son mayores en este caso (concreto con $n=0.013$), que los mostrados en la tabla 16 (concreto con $n=0.015$), ya que si asumimos un coeficiente de rugosidad de 0.015 para el concreto, los valores de diferencia de excavación se reducen al comparar con P.V.C con $n=0.009$.

III.2.2 Comparación asumiendo la pendiente del terreno natural igual a cero, es decir terreno plano.

En esta sección se realizará un análisis comparativo entre tuberías de concreto de 8 pulgadas de diámetro con coeficiente de rugosidad $n = 0,015$ y tuberías de P.V.C de 6 pulgadas de diámetro con $n = 0,009$ (TABLA 17). Así como una comparación entre tuberías de concreto de 8 pulgadas de diámetro con coeficiente de rugosidad $n = 0,013$ y tuberías de P.V.C de 6 pulgadas de diámetro con $n = 0,009$ (TABLA 18).

En esta oportunidad se analiza el caso en el cual el terreno es plano, es decir, su pendiente es igual a cero. Los cálculos efectuados son para tramos de 1000 metros de longitud.

Se asume igualmente que la excavación se lleva a cabo con una retroexcavadora con un cucharón o pala de 0,7 metros de ancho, lo que determina el ancho de la zanja en la práctica.

Se analiza para una serie de pendientes la colocación de una tubería de concreto de 8", determinando las profundidades iniciales y finales de la rasante de la tubería, así como la excavación necesaria aproximada de colocación. Luego manteniendo el caudal constante se hallaron las pendientes equivalentes para tuberías de P.V.C de 6". De igual forma se determinaron los valores de las profundidades iniciales y finales de la rasante, y la excavación necesaria con las pendientes equivalentes.



Luego en la TABLA 19 se resumen las diferencias de excavación y el costo asociado a dicha diferencia, tomando un precio unitario de excavación de 5000Bs/m³, y comparando concreto con coeficiente de rugosidad igual a $n = 0,013$ y P.V.C con $n = 0,009$.

En la TABLA 20 se resumen las diferencias de excavación y el costo asociado a dicha diferencia, y comparando concreto con coeficiente de rugosidad igual a $n = 0,015$ y P.V.C con $n = 0,009$.

Si observamos las tablas 19 y 20 correspondientes a terreno plano, podemos ver como los valores de los costos por diferencia en excavación son equivalentes a los mostrados en las tablas 15 y 16 para el caso de pendiente de rasante de colocación de la tubería de concreto de 8" paralela a la pendiente natural del terreno. Esto se debe a que las diferencias en excavación se mantienen iguales para los dos casos en estudio, ya que el volumen de tierra en consideración (resultado de la diferencia entre la pendiente equivalente para la tubería de PVC de 6" y la pendiente de rasante de la tubería de concreto de 8") no depende de la pendiente de rasante del terreno. . Ahora bien, los costos en excavación (analizando cada material por separado), para las condiciones topográficas señaladas previamente, son mayores en el caso de terreno plano que en el caso de terreno con pendiente (tabla 17 y tabla 18).



III.3. LISTA DE PRECIOS DE TUBERIAS DE CLOACAS

A continuación se muestran los precios de las tuberías para cloacas mayormente utilizadas como lo son las tuberías de P.V.C y las de concreto. De esta manera se podrá comparar el costo del material , y observar las especificaciones para cada material.

Es importante resaltar que las tuberías plásticas de P.V.C para cloacas se consiguen en el mercado desde un diámetro de 110mm(4") hasta un diámetro de 400mm(15") , ya que nos referimos a diámetros externos.

De igual manera, destacamos que las tuberías de concreto se consiguen en el mercado nacional desde un diámetro de 150mm (6") hasta un diámetro de 1500mm (60").

III.3.1. Tuberías de P.V.C.

Lista de precios de tubos de P.V.C clase CA.

Diámetro mm.(pulg)	Espesor mm.	Largo m.	Precio Bs/m.	Precio Bs/Tubo.
110 (4")	2.2	6	2250	13500
160 (6")	3.2	6	5193.33	31160
200 (8")	4	6	8203.33	49220
250(10")	4.9	6	12433.33	74600
315 (12")	6.2	6	20333.33	122000
355 (14")	7	6	27900	167400
400 (16")	7.9	6	33666.67	202000

Lista de precios de anillos de goma para tuberías de P.V.C

Diámetro mm.(pulg)	Precio Bs/Pieza
110 (4")	860
160 (6")	1290
200 (8")	1820
250(10")	3200
315 (12")	5000
400 (16")	11200

Lista de precios de codos de 45 grados para tubos de P.V.C

Diámetro mm.(pulg)	Grados	Precio Bs/Pieza
110 (4")	45	3350
160 (6")	45	7200
200 (8")	45	13700
250(10")	45	55000
315 (12")	45	92000
400 (16")	45	206000



Lista de precios de tee para tubos de P.V.C

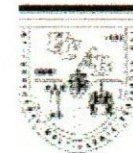
Diámetro mm.(pulg)	Precio Bs/Pieza
110 (4")	6400
160 (6")	15600
200 (8")	22500
250(10")	79000
315 (12")	157000
400 (16")	368000

Lista de precios de yee para tubos de P.V.C.

mm.(pulg)	Precio Bs/Pieza
110 (4")	8250
160 (6")	19600
200 (8")	32700
250(10")	108000
315 (12")	197000
400 (16")	370000

III.3.2. Tuberías de concreto

A continuación se muestran los precios de las tuberías de concreto disponibles en el mercado nacional, con algunos de sus accesorios y conexiones de manera de compararlos con las tuberías de P.V.C.



Lista de precios de tuberías de concreto

Diámetro interno		Especificaciones INOS	Espesor de Pared Cms.	Largo útil en Mts.	Peso aproximado Kg/ml.	Precio por metro lineal en planta sin junta de goma Bs.	Precio por metro lineal en planta sin junta de goma Bs.
mm	pulg.						
150	6	C - 2	3.2	1.25	52	2897	3473
200	8	C - 2	3.8	1.25	80	4436	5113
250	10	C - 2	4.4	1.25	109	6054	6894
300	12	C - 3	5.5	2.5	156	9065	10003
380	15	C - 3	5.5	2.5	216	12527	13542
450	18	C - 3	6.4	2.5	280	16090	17186
500	21	C - 3	7	2.5	356	20884	22127
		C - 4				33131	34374
		C - 7				62772	64015
600	24	C - 3	7.6	2.5	395	21582	22932
		C - 4				35087	36437
		C - 5				38442	39792
		C - 6				47747	49097
		C - 7				64567	65917
700	27	C - 4	7.9	2.5	465	39280	40759
		C - 5				43037	44516
		C - 6				53437	54917
		C - 7				72592	74071
750	30	C - 4	8.5	2.5	570	47989	49614
		C - 5				52675	54300
		C - 6				65459	67084
		C - 7				89076	90701
800	33	C - 4	9.5	2.5	676	56922	58721
		C - 5				63506	65305
		C - 6				77519	79318
		C - 7				105348	107147
900	36	C - 4	10.2	2.5	780	66155	68068
		C - 5				73822	75734
		C - 6				89386	91298
		C - 7				123220	125132
1050	42	C - 4	11.4	2.5	1020	89395	92119
		C - 5				100896	103620
		C - 6				122892	125616
		C - 7				165268	167992
1200	48	C - 4	12.7	2.5	1288	113551	116676
		C - 5				125748	128873
		C - 6				154529	157654
		C - 7				210757	213857
1350	54	C - 4	14	2.5	1588	164677	168676
		C - 5				186365	189859
		C - 6				220405	223900
		C - 7				268396	271890
1500	60	C - 4	15.2	2.5	1924	192928	196806
		C - 5				216118	219996
		C - 6				255844	259722
		C - 7				314069	317947



Lista de precios de juntas de goma para usar en tuberías de concreto.

Diámetro de la tubería	Precio por ml.	Precio por unidad
6	576	720
8	677	846
10	840	1050
12	938	2345
15	1015	2538
18	1097	2743
21	1243	3108
24	1350	3375
27	1480	3700
30	1625	4063
33	1799	4498
36	1913	4783
42	2724	6810
48	3125	7813
54	3494	8735
60	3878	9695
66	6926	17315
72	7516	18790
84	9551	23878
96	9906	24765
108	11101	27753

Lista de precios de codos de 45 grados para tubos de concreto.

Diámetro interno		Desviación en grados	Espesor de pared en cms.	Peso aproximado Kgs.	Precio por pieza en planta
mm	Pulg.				
15	6	45	2.2	9	1265
20	8	45	3	19	2633

Precios de cortes de yeas y tees

Diámetro interno		Peso aproximado Kgs.	Precio por pieza en planta
mm	Pulg.		
15	6	11	1526
20	8	18	2496



III.4. ANALISIS DE COSTOS CONSIDERANDO COSTO DE MATERIAL MAS COSTO DE EXCAVACION .

En esta sección se presenta una comparación de costos en donde se considera el costo de las tuberías. Para ello, se analizan tramos de 1000 metros comparando las tuberías de 8" de concreto con las tuberías de 6" de P.V.C.

Se asignarán los costos de las tuberías presentados anteriormente, y se considera el tramo recto para no introducir otras conexiones en este análisis (codos, yees, tees, etc.).

De igual manera , se analizan dos casos: el primero considerando la pendiente de rasante de la tubería de concreto de 8" paralela a la pendiente del terreno natural. Hallamos la pendiente equivalente para mantener el caudal a sección plena constante en una tubería de 6" de P.V.C.

El segundo caso sería considerando la pendiente del terreno natural igual a cero, es decir , terreno plano, y hallar las pendientes equivalentes para la tubería de 6" de P.V.C, en comparación con la pendiente de la tubería de concreto de 8" para igualar caudales.

III.4.1. Pendiente del terreno natural paralela a la pendiente de rasante de la tubería de 8" de concreto.

En este caso se muestran las tablas 21 y 22, en la cual se compara una tubería de concreto de 8" con coeficiente de rugosidad $n = 0,013$ con una tubería de P.V.C de 6" con $n = 0,009$; y concreto de 8" con coeficiente de rugosidad $n = 0,015$ con una tubería de P.V.C de 6" con $n = 0,009$ respectivamente. Para este análisis se considera la pendiente del terreno natural paralela a la pendiente de rasante de la tubería de 8" de concreto. En las tablas 21 y 22 se puede observar como la suma de los costos de excavación más costo de tubería son mayores para la tubería de P.V.C de 6", debido a que se necesita una mayor excavación y el costo por metro lineal del tubo es un poco mayor también. Ahora bien el costo por diferencia va disminuyendo a medida que disminuye la pendiente, ya que se reduce la excavación. Pero como conclusión puede señalarse que el costo es mayor en P.V.C, aun para pendientes bajas del 0,1%.

No se presentan los costos totales de excavación más costo de tuberías por separado, ya que lo que se pretende es visualizar como los costos son mayores para la tubería de P.V.C de 6" debido a la mayor excavación que requieren para igualar caudales con las tuberías de 8" por el hecho de necesitar pendientes equivalentes mayores, así como también



poseen un costo por metro lineal de tubería mayor. Este análisis comparativo no considera la instalación de las tuberías (hecho que realizaremos a continuación en el siguiente capítulo), por lo que es un análisis parcial, pero importante para entender que las tuberías de P.V.C son competitivas cuando se hace un análisis de precios unitarios a partir de pendientes bajas (Menores a 0,4%).

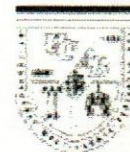
III.4.2. Pendiente del terreno natural igual a cero, es decir, terreno plano.

En este caso se muestran las tablas 23 y 24(ver anexo tablas), en las cuales se compara una tubería de concreto de 8" con coeficiente de rugosidad $n = 0,013$ con una tubería de P.V.C de 6" con $n = 0,009$; y una tubería de concreto de 8" con coeficiente de rugosidad $n = 0,015$ con una tubería de P.V.C de 6" con $n = 0,009$ respectivamente. Ahora además del costo de excavación, el cual es mayor para las tuberías de P.V.C de 6" por tener una pendiente equivalente mayor para igualar caudales, se introduce el costo de las tuberías.

Para este análisis se considera la pendiente del terreno natural igual a cero, y se determinan las pendientes equivalentes para que una tubería de P.V.C de 6" ($n=0.009$) iguale su caudal con una tubería de concreto de 8" colocada a distintas pendientes con rugosidades de $n = 0,013$ y $n = 0,015$.

Se puede observar que aunque aumenta la excavación para la tubería de concreto de 8" en comparación con el caso de pendiente de rasante paralela a la pendiente del terreno natural, la diferencia en excavación entre ésta tubería y la tubería de P.V.C de 6" colocada a una pendiente equivalente, es similar. Esto hace que los costos por diferencia sean semejantes también.

Al observar las tablas 23 y 24, se puede concluir que la suma del costo de excavación más el costo de la tubería es mayor para la tubería de P.V.C de 6", y que la diferencia entre los costos se va reduciendo para pendientes bajas. (Desde 0,5 % y 0,09%).



III.5. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS EN TUBERIAS DE CLOACAS

A continuación se muestra el análisis en función de los precios unitarios de suministro e instalación para tuberías de P.V.C de 6" con junta automática y con junta pegada , así como para una tubería de concreto de 8" con junta de goma. (En el Anexo 3 "Hojas de análisis de precios unitarios cloacas", se muestran los y análisis realizados).

Los costos del material (precios de tuberías) son datos tomados de Tuberías PAVCO y de Concretera Caracas. De igual manera el costo del lubricante y la pega utilizada en tuberías plásticas, son datos cuyos precios se observan en la sección de Materiales dentro de las hojas de análisis de precios unitarios ya mencionadas. Así mismo, en el caso de tuberías de concreto, se aprecia el costo de la manteca vegetal.

Por tratarse de tuberías de diámetros pequeños, en la sección de equipos, se observa la influencia de un camión de volteo y las herramientas menores.

En la sección de Mano de obra, se tomaron cuadrillas típicas de colocación de tuberías de P.V.C y tuberías de concreto, con costos de mano de obra actualizados.

Es importante destacar que dentro de esta comparación no se incluye el uso de conexiones, codos, tees u otro tipo de accesorios, ya que esto complicaría el análisis desde el punto de vista de los rendimientos de colocación. Entonces, el análisis comparativo presentado a continuación aplica en tramos principalmente rectos. De igual forma , no se consideran desperdicios de tuberías por fractura o rotura de las mismas.

A partir de información tomada del Manual de Costos para Edificaciones y Urbanismos de Dataconstrucción y de información proveniente de empresas dedicadas a la colocación de este tipo de tuberías, Los rendimientos de instalación de las tuberías que adoptamos son los siguientes:

- a) Tuberías de P.V.C de 6" con Junta Automática y con Junta Pegada.

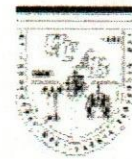
Se considera un rendimiento de 100ML/día .

- b) Tuberías de concreto de 8" con Junta de Goma

Se considera un rendimiento de 42ML/día.

A partir de estos rendimientos los precios unitarios de suministro e instalación son:

- **Tubería de P.V.C de 6" con junta pegada: 8961.64 Bs/ML**
- **Tubería de P.V.C de 6" con junta automática: 8887.95 Bs/ML**
- **Tubería de concreto de 8" con junta de goma: 11925.07Bs/ML**



III.6. COMPARACION DE COSTOS DE EXCAVACION MAS COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS EN BASE A SUS PRECIOS UNITARIOS.

En esta sección se hará una comparación entre una tubería de 6" de P.V.C con junta pegada con coeficiente de rugosidad $n = 0,009$ con tuberías de concreto con junta de goma de 8" de diámetro con $n = 0,013$ y $n = 0,015$.

La comparación se realiza para un caudal a sección plena constante entre las pendientes de colocación de la tubería de 8" de concreto y sus respectivas pendientes equivalentes en una tubería de P.V.C de 6" para los distintos valores de coeficiente de rugosidad.

Los valores de precios unitarios calculados en la sección anterior, representan el suministro y la instalación de las tuberías. El costo de excavación por m^3 se considera igual a $5000Bs/m^3$, valor que proviene de análisis de precios unitarios hechos por una constructora consultada, tal como señalamos previamente.

Se analizan dos casos igual que antes:

- a) asumiendo la pendiente de la rasante de la tubería de concreto de 8" paralela a la pendiente del terreno natural
- c) asumiendo el terreno con pendiente igual a cero, es decir terreno plano.

III.6.1. Pendiente de la rasante de la tubería de concreto de 8" paralela a pendiente del terreno natural.

En este punto se llevan a cabo las comparaciones entre el costo total de suministro e instalación más costo de excavación entre una tubería de concreto de 8" con junta de goma y coeficiente de rugosidad $n = 0,013$ (TABLA 25) con el costo total de una tubería de P.V.C de 6" con junta pegada y $n = 0,009$ (TABLA 26). para un tramo de 1000m. En la TABLA 27 se muestran comparativamente los resultados, y el GRAFICO 1 permite observar los Costos vs. Caudal a sección plena para cada tipo de tubería.

Luego se compara una tubería de concreto de 8" con junta de goma y coeficiente de rugosidad $n = 0,015$ (TABLA 28), con una tubería de P.V.C de 6" con junta pegada y $n = 0,009$ (TABLA 29). En la TABLA 30 se pueden comparar los resultados, y el GRAFICO 2 permite visualizar Costos vs. Caudal a sección plena.

Al realizar los análisis con los precios unitarios de suministro e instalación, y a este valor le sumamos el costo de excavación, observamos en la tabla 27(ver anexo), como para



tramos de 1000 metros y el caso de pendiente de rasante de la tubería de concreto paralela a la pendiente del terreno natural, al comparar una tubería de concreto de 8" con $n=0.013$ con una tubería de P.V.C de 6" ($n=0.009$) se obtienen costos más bajos para la tubería de P.V.C para las pendientes de 0.1% y 0.09%. Si observamos la tabla 30, se obtienen costos de tramo más bajos desde la pendiente de 0.3% para la tubería de P.V.C.

III.6.2. Pendiente del terreno natural igual a cero.

A continuación se llevan a cabo las comparaciones de costos totales de suministro e instalación más costo de excavación, para el caso de pendiente del terreno natural igual a cero, es decir terreno plano.

En este punto se compara una tubería de concreto de 8" con junta de goma y coeficiente de rugosidad $n = 0,013$ (TABLA 31) con el costo total de una tubería de P.V.C de 6" con junta pegada y $n = 0,009$ (TABLA 32) para un tramo de 1000m. En la TABLA 33 se muestran comparativamente los resultados, y el GRAFICO 3 permite observar los Costos vs. Caudal a sección plena para cada tipo de tubería.

Luego se compara una tubería de concreto de 8" con junta de goma y coeficiente de rugosidad $n = 0,015$ (TABLA 34), con una tubería de P.V.C de 6" con junta pegada y $n = 0,009$ (TABLA 35). En la TABLA 36 se pueden comparar los resultados, y el GRAFICO 4 permite visualizar Costos vs. Caudal a sección plena.

Como conclusión se puede decir que, al observar las tablas 33 y 36, el costo total es menor para la tubería de P.V.C para las pendientes más bajas (Entre 0,3% y 0,09%), aún cuando los costos parciales por excavación son mayores para tramos de 1000m.

Los gráficos 5 y 6 muestran la comparación de costos totales vs. Pendiente de rasante para el caso de pendiente de rasante de la tubería de concreto de 8" paralela a la pendiente del terreno natural.

Así mismo los siguientes gráficos muestran la incidencia sobre el costo total de los costos parciales de suministro e instalación y costo de excavación para los siguientes casos estudiados;

1. Pendiente de la tubería de concreto de 8" paralela a la pendiente del terreno:
 - Gráfico 7: para una tubería de concreto de 8" con $n=0.015$, colcada a distintas pendientes (caudal a sección plena).



- Gráfico 8 : para una tubería de PVC de 6" ($n=0.009$) al comparar con una de concreto de 8"($n=0.013$), colcada a distintas pendientes (caudal a sección plena).

- Gráfico 9: para una tubería de PVC de 6" ($n=0.009$) al comparar con una de concreto de 8"($n=0.015$), colcada a distintas pendientes (caudal a sección plena).

2. Pendiente del terreno igual a cero (terreno plano):

- Gráfico 10: para una tubería de concreto de 8" con $n=0.015$ colcada a distintas pendientes (caudal a sección plena).

- Gráfico 11: para una tubería de PVC de 6" ($n=0.009$) al comparar con una de concreto de 8"($n=0.013$), colcada a distintas pendientes (caudal a sección plena).

- Gráfico 12: para una tubería de PVC de 6" ($n=0.009$) al comparar con una de concreto de 8"($n=0.015$), colcada a distintas pendientes (caudal a sección plena).

En estos gráficos se puede apreciar como el costo por excavación representa un porcentaje muy alto del costo total, en especial para la tubería de PVC de 6", por el hecho de requerir pendientes equivalentes muy pronunciadas.

A continuación podemos observar los gráficos señalados.

**GRAFICO 1. Costos totales para tuberías de concreto de 8" (n=0.013) y de P.V.C de 6" (n=0,009) vs. Caudal a sección plena en tramos de 1000 m, para el caso de rasante de la tubería de concreto paralela a la pendiente del terreno natural.
 Grafico basado en la tabla 27.**

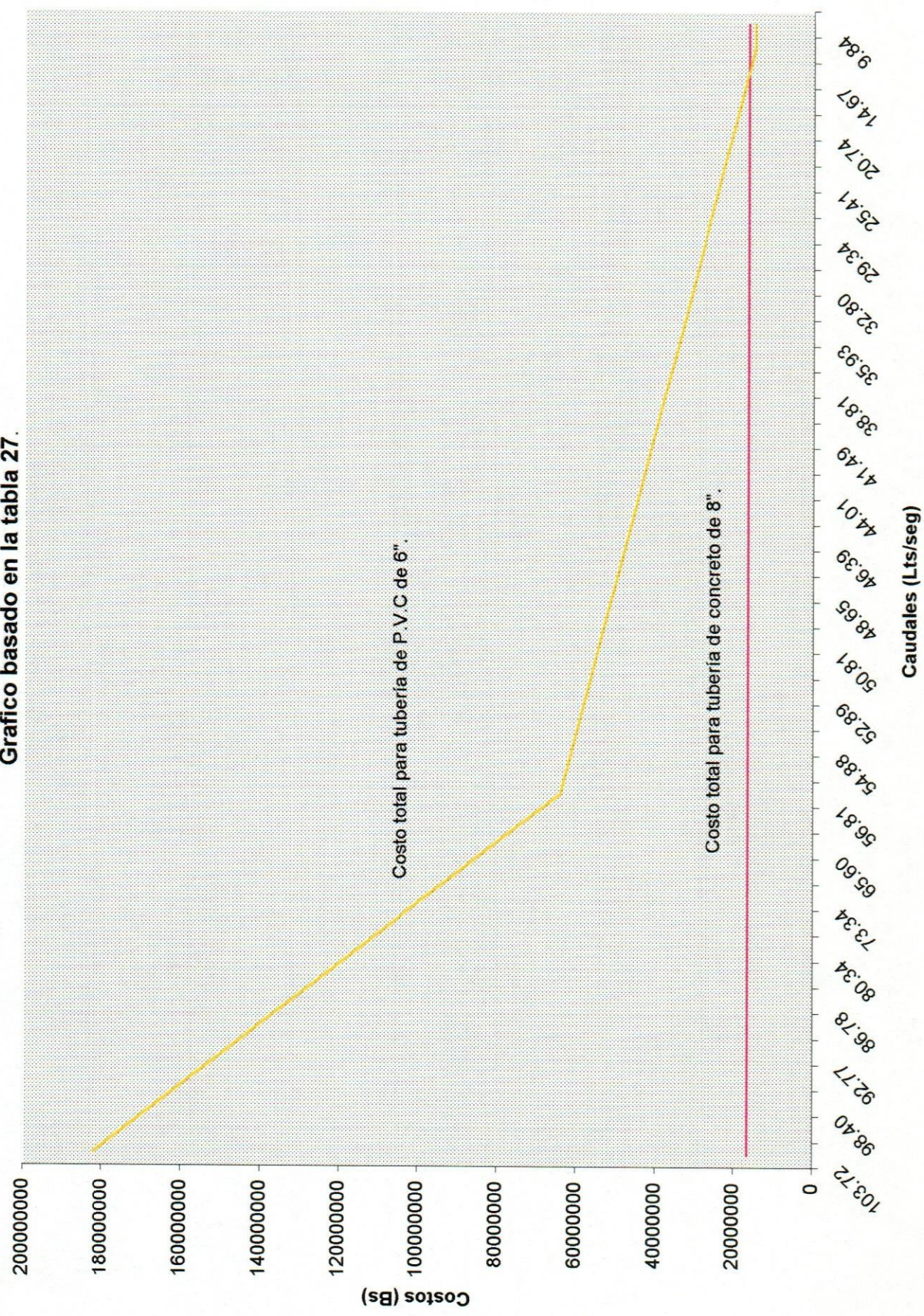


GRAFICO 2. Costos de tuberías de concreto de 8" (n=0.015) y tubería de P.V.C de 6" (n=0.009) vs. Caudal a sección plena en tramos de 1000m, para el caso de la pendiente de rasante de la tubería de concreto paralela a la pendiente del terreno natural.

Gráfico basado en la tabla 30.

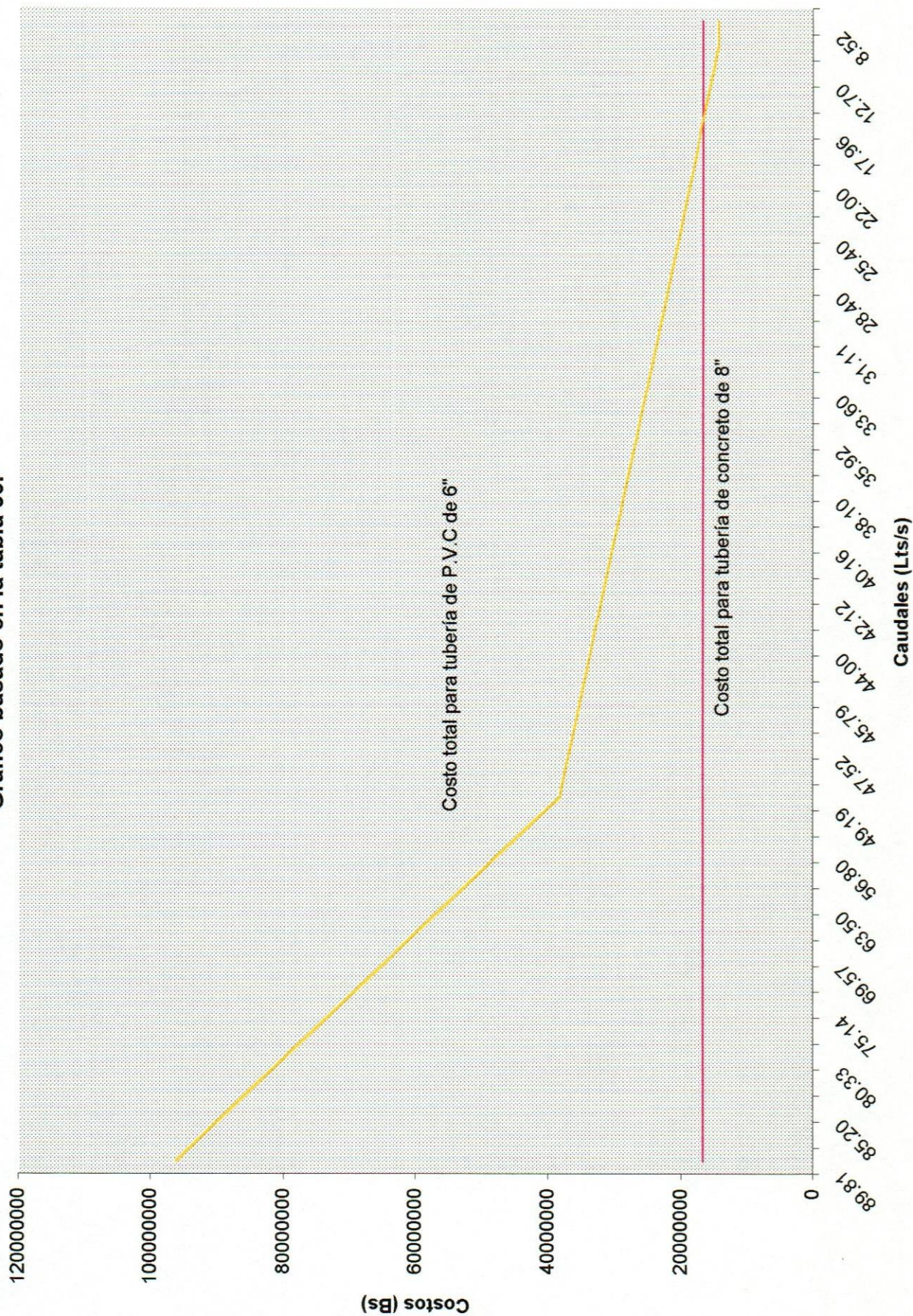


GRAFICO 3. Costos de tuberías de concreto de 8" (n=0.013) y tuberías de P.V.C (n=0.009) vs. Caudal a sección plena en terreno plano para tramos de 1000m.
Gráfico basado en la tabla 33.

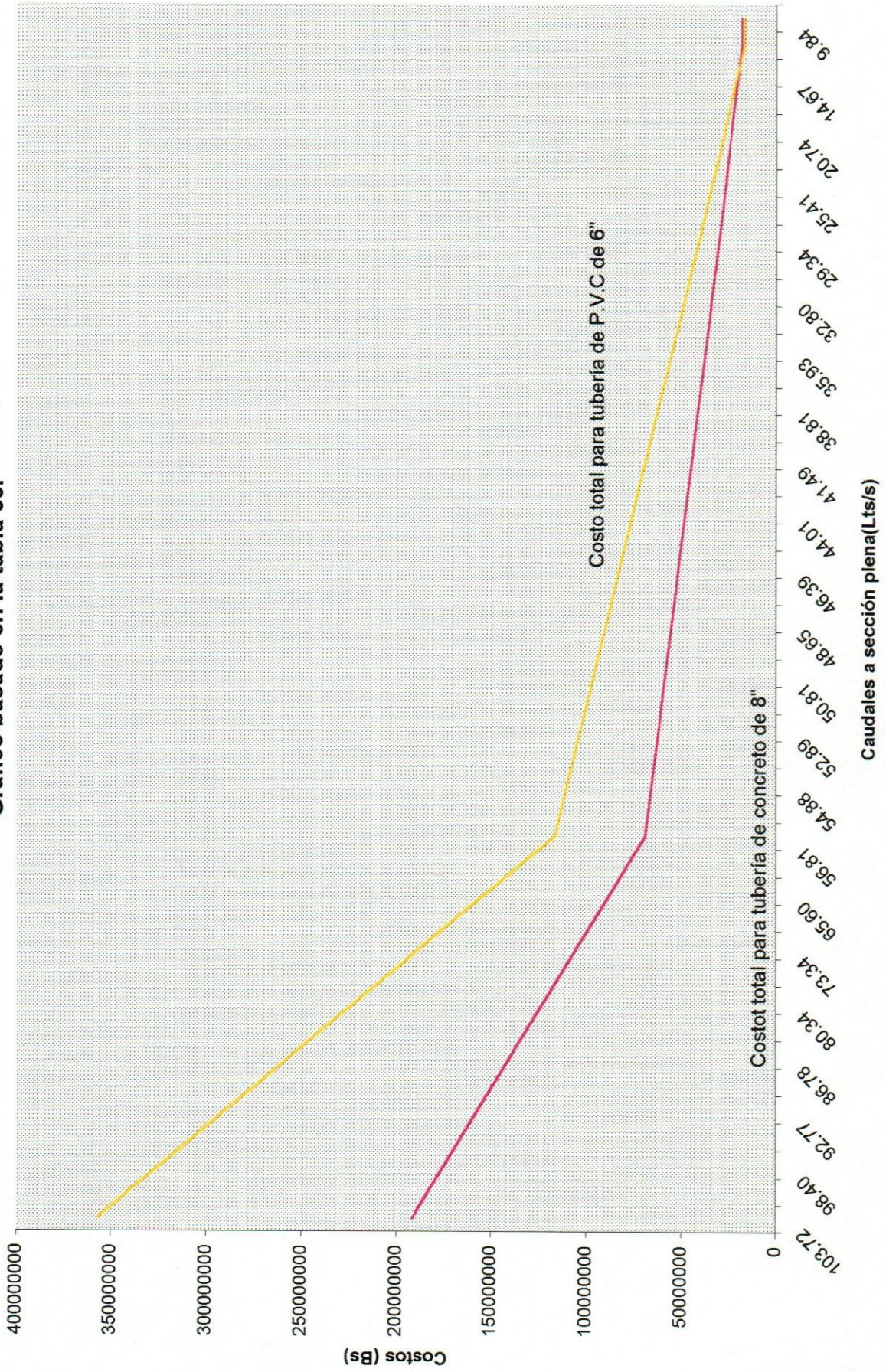


GRAFICO 4. Costos totales de tuberías de concreto de 8" (n=0.015) y de P.V.C de 6" (n=0.009) vs. Caudal a sección plena en terreno plano para tramos de 1000m.
Gráfico basado en la tabla 36.

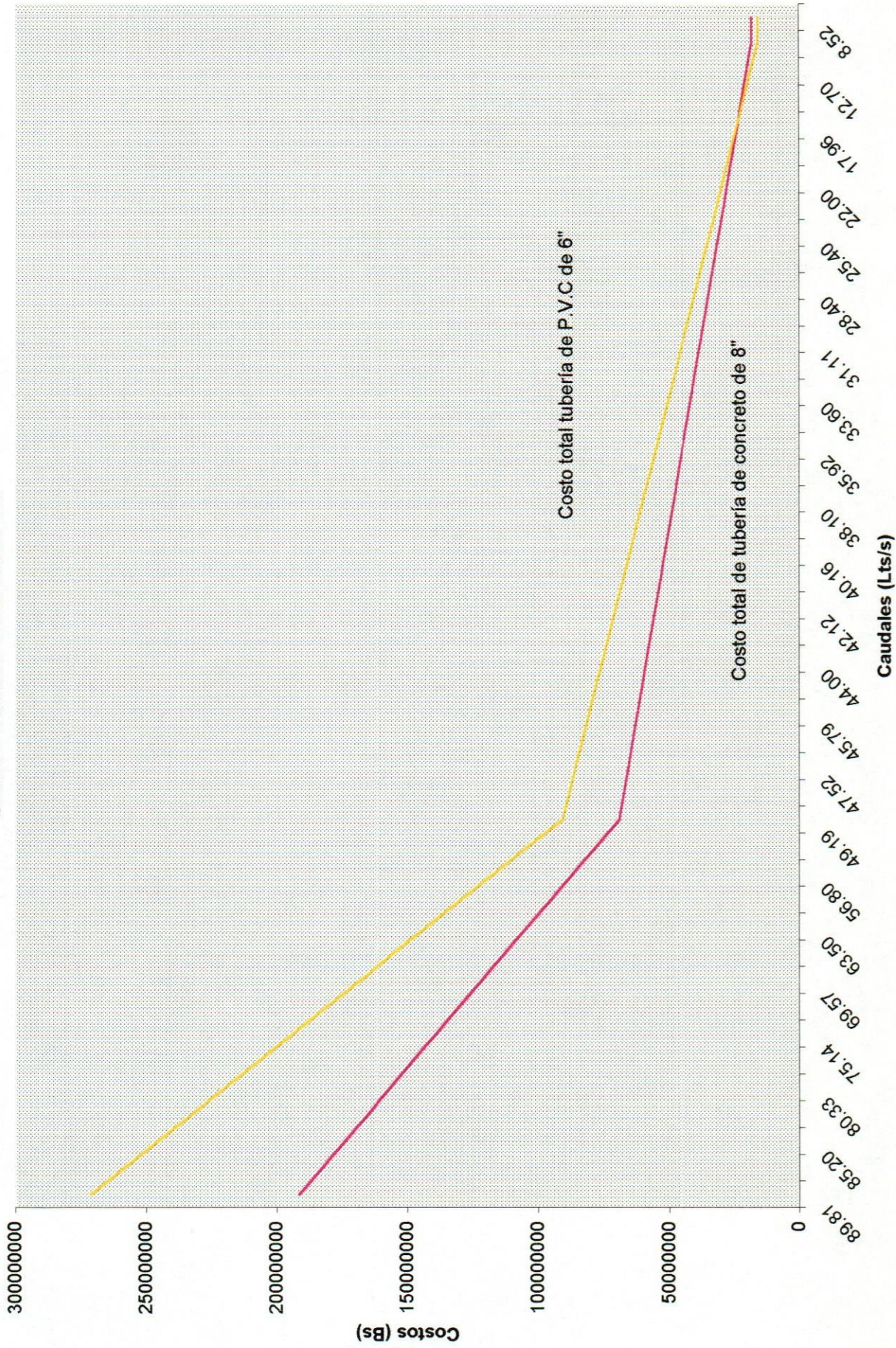


GRAFICO 5. Costos totales para tuberías de concreto de 8" (n=0.013) y P.V.C de 6" (n=0.009) vs. Pendiente de rasante para tramos de 1000 metros para el caso de pendiente de rasante de la tubería de concreto paralela a la pendiente del terreno natural.

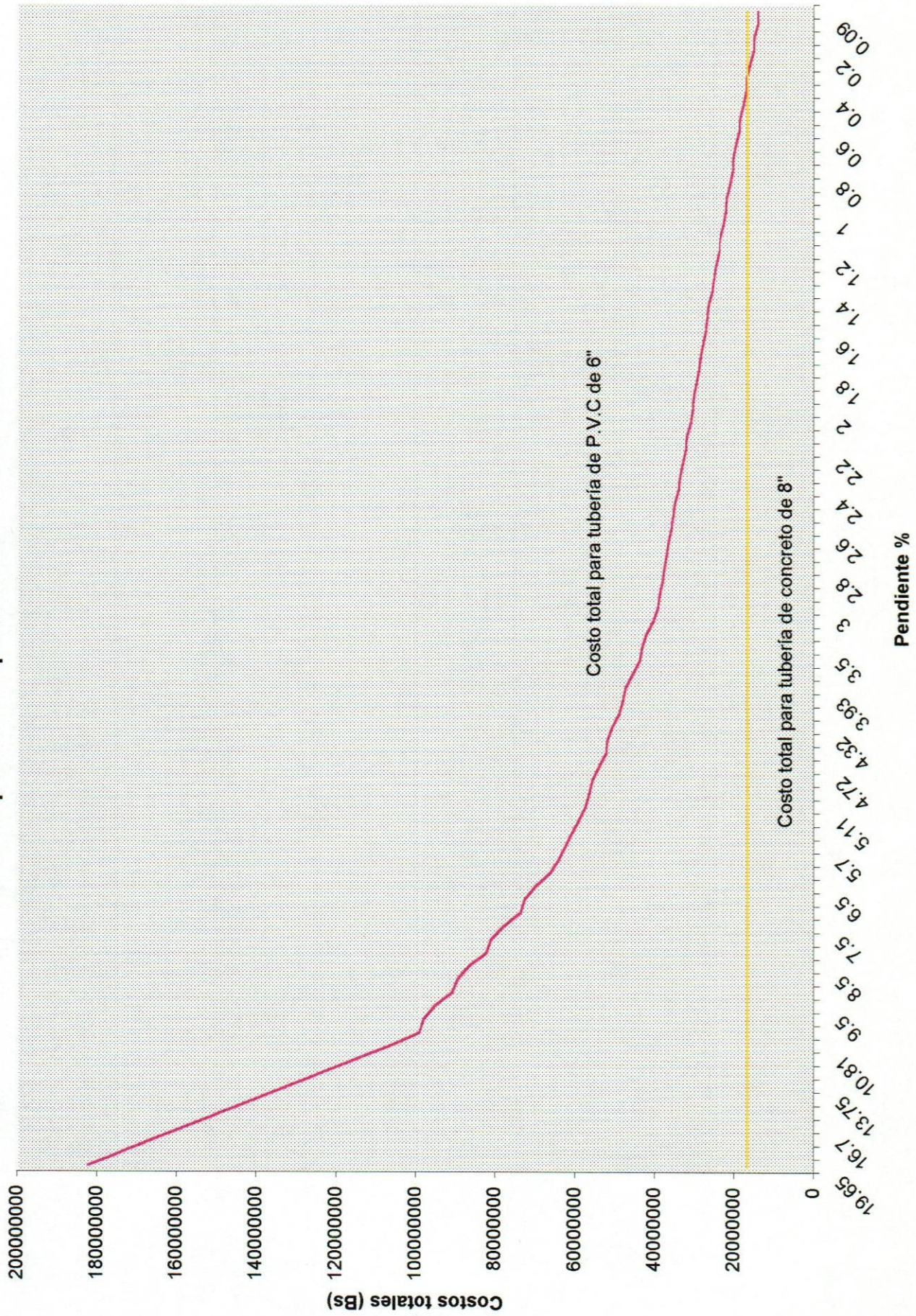


GRAFICO 6. Costos totales para tuberías de P.V.C de 6" y tubería de concreto de 8" (n=0.015) vs. Pendientes de rasante en tramos de 1000 metros para el caso de pendiente de rasante de la tubería de concreto paralela a la pendiente del terreno natural.

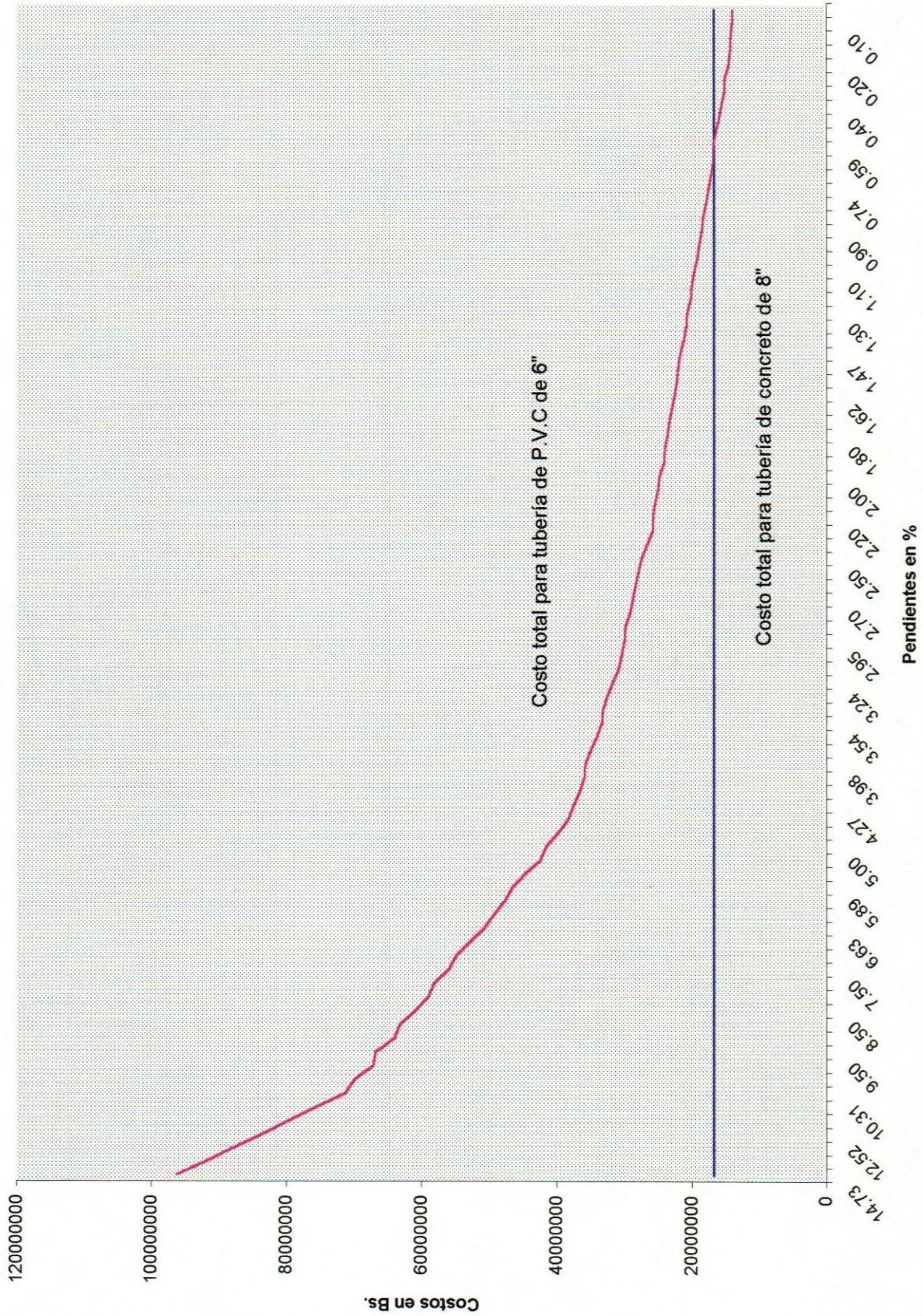


GRAFICO 7 .Influencia en los costos totales de los componentes de costo de suministro e instalación y de costo de excavación en una tubería de concreto de 8" (n =0.015) en tramos de 1000m.

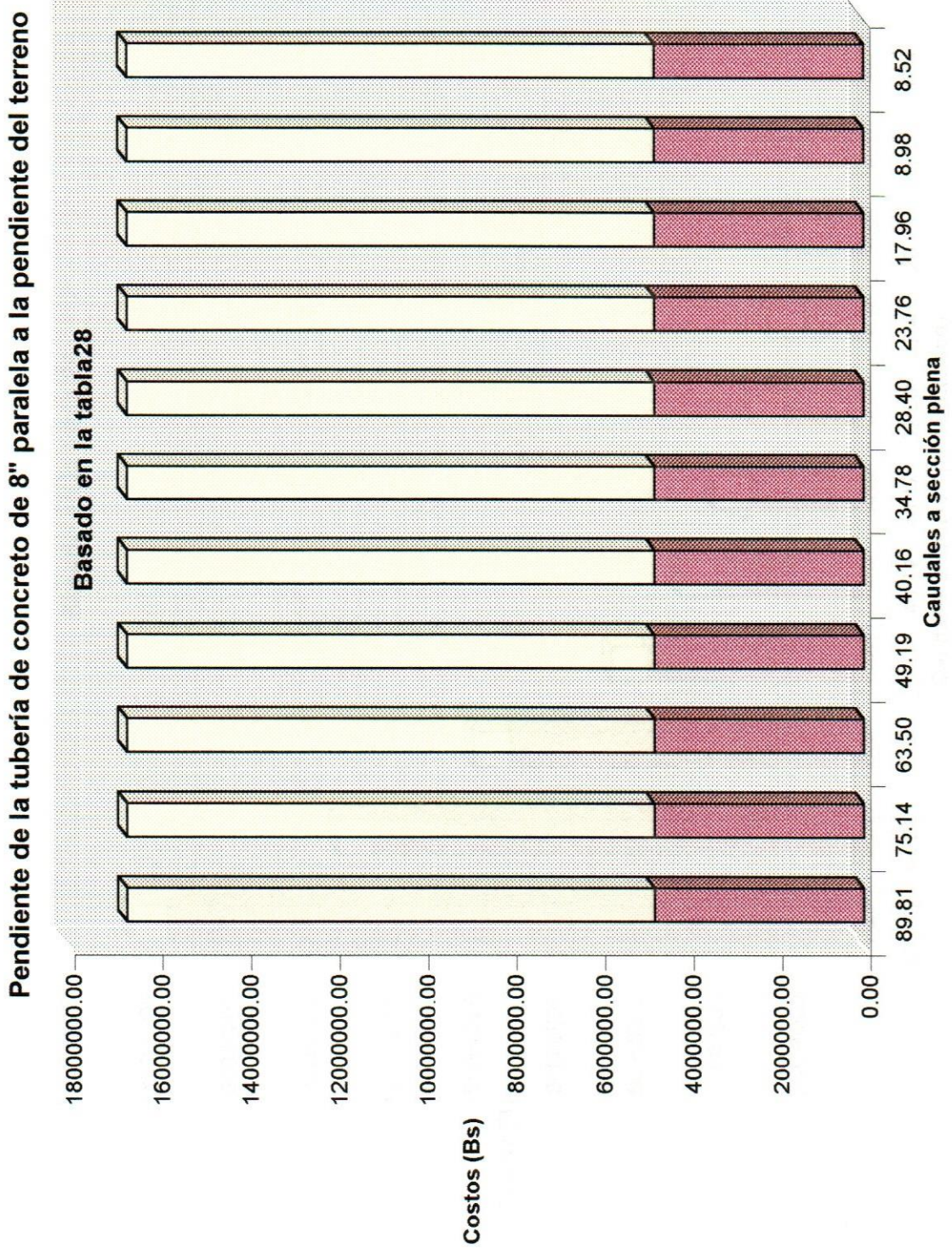


GRAFICO 9 . Influencia en el costo total de los componentes de costo de suministro e instalación y de costo en excavación para tuberías de P.V.C de 6" (n = 0.009), al comparar con tuberías de concreto de 8" (n=0.015) en tramos de 1000m.

(Pendiente de rasante de la tubería de concreto paralela a la pendiente del terreno natural)

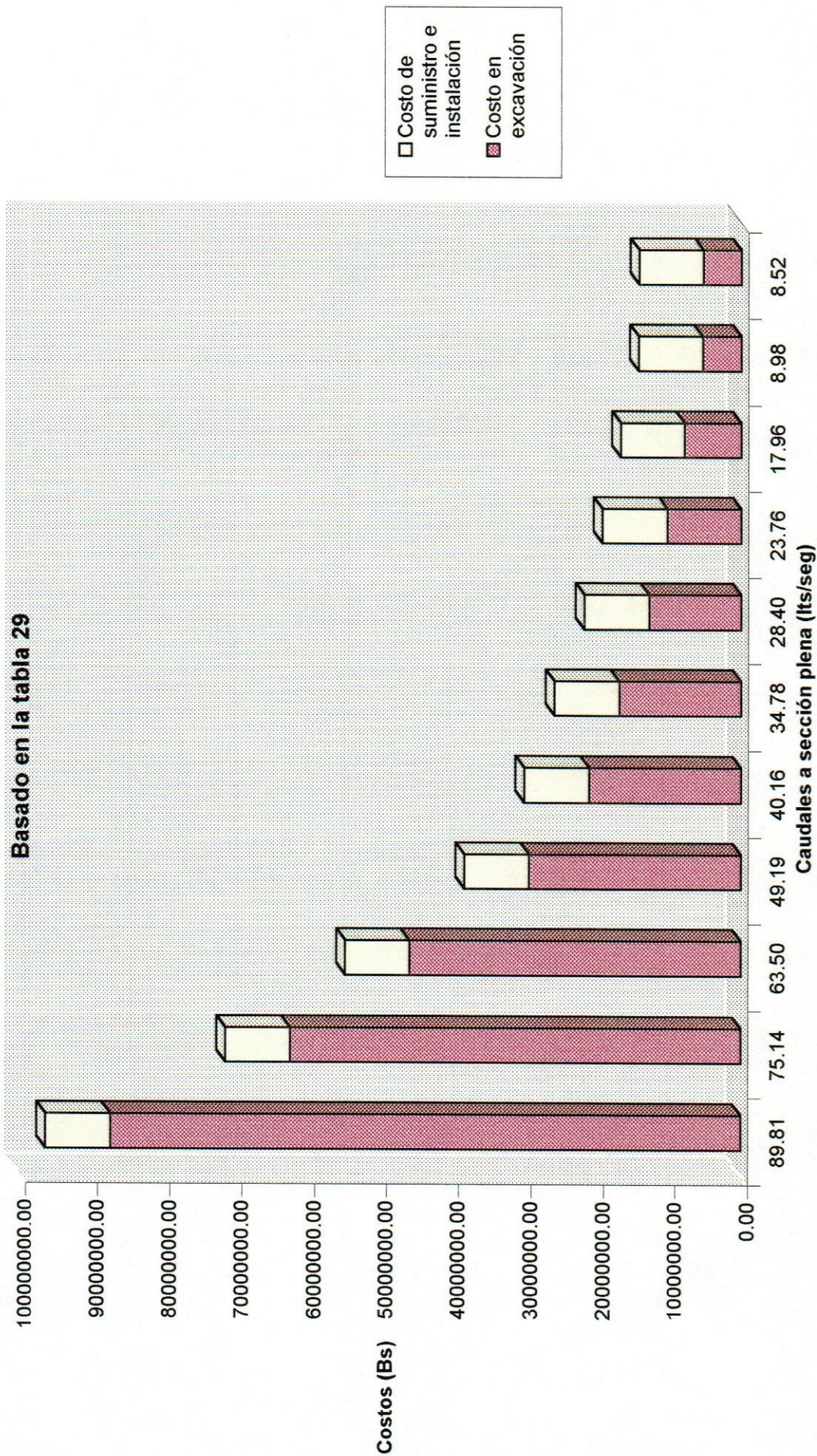


GRAFICO 10 .Influencia en el costo total de los componentes de costo de suministro e instalación y de costo en excavación para tuberías de concreto de 8" (n = 0.015) en tramos de 1000m. (Terreno plano)

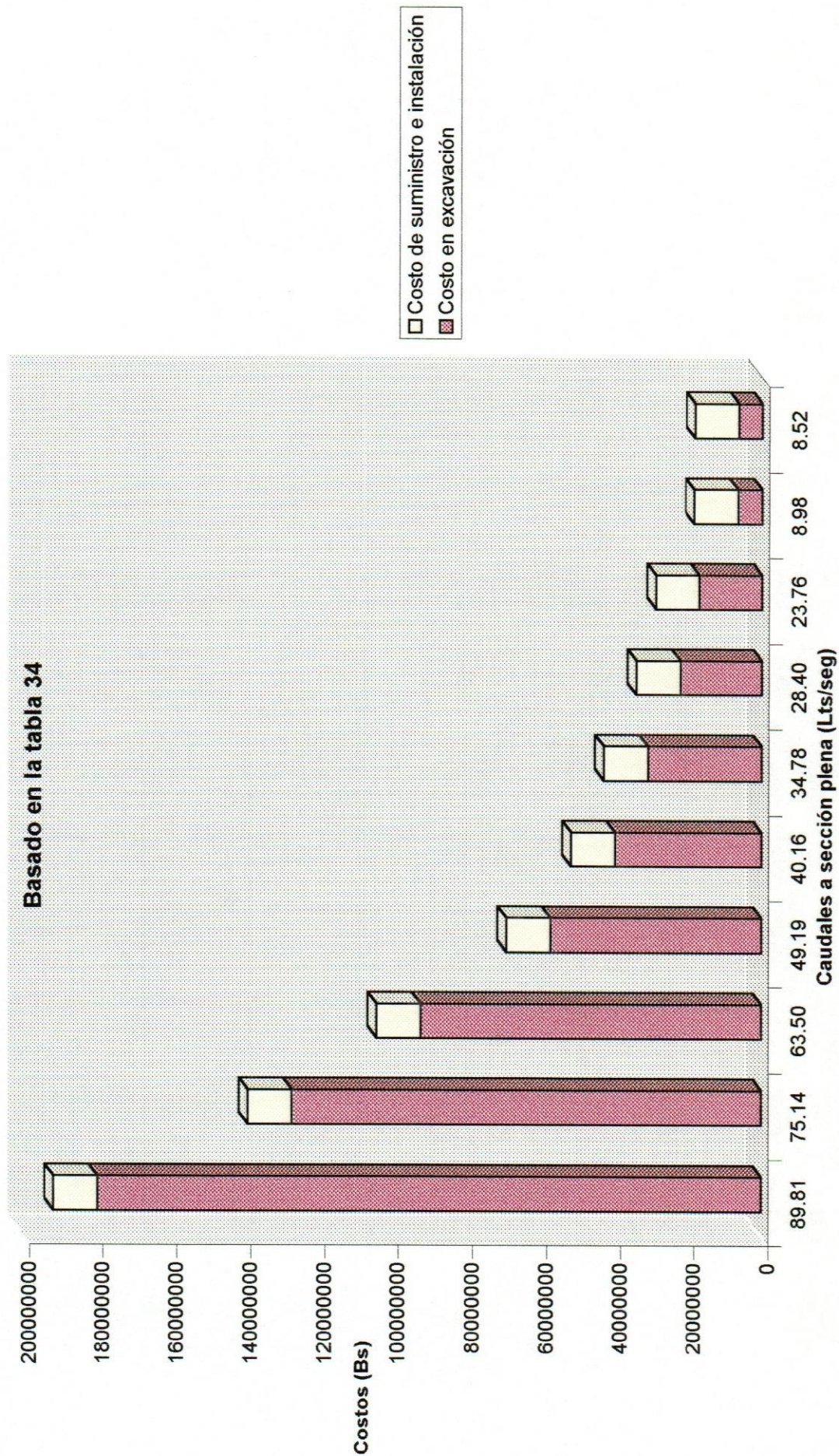


GRAFICO 11. Influencia en el costo total de los componentes de costo de suministro e instalación y de costo en excavación para tuberías de P.V.C de 6" (n = 0.009), al comparar tuberías de concreto de 8" (n=0.013) en tramos de 1000m.

(Terreno plano)

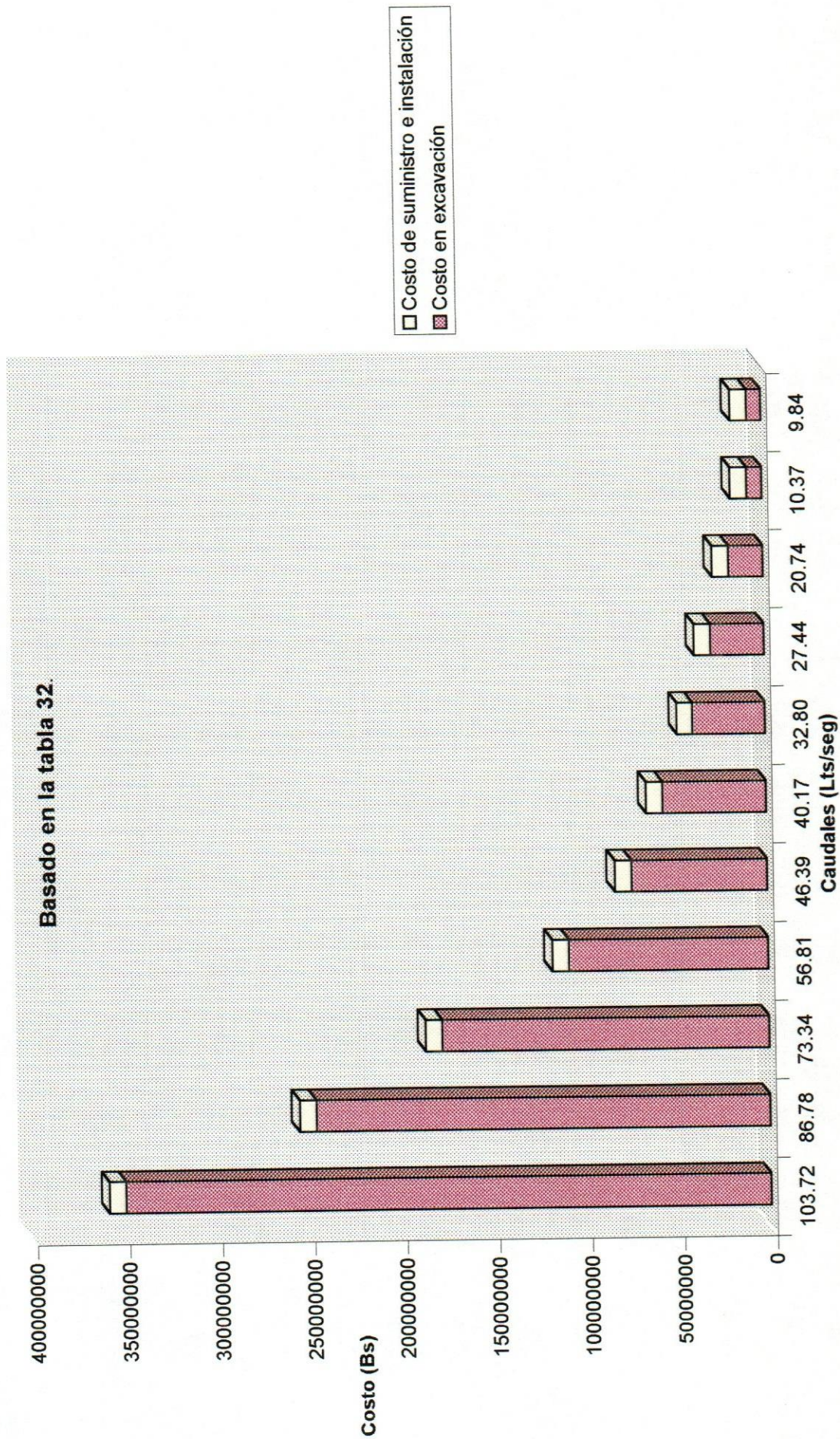
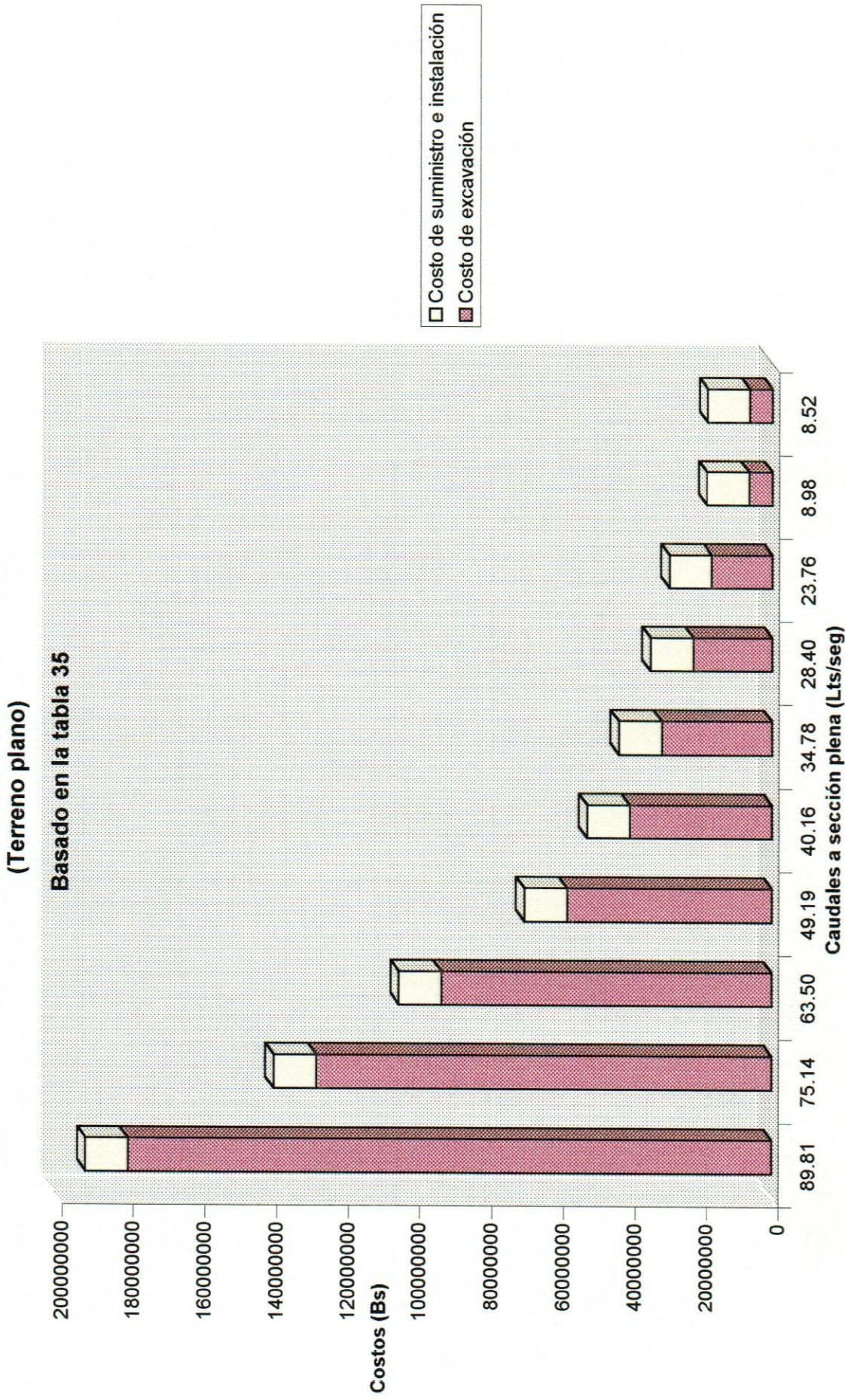


GRAFICO 12. Influencia en el costo total de los componentes de costo de suministro e instalación y de costo en excavación para tuberías de P.V.C de 6" (n = 0.009), al comparar tuberías de concreto de 8" (n=0.015) en tramos de 1000m.





III.6.3. Longitudes de tramos de tubería para igualar los costos de suministro e instalación más costo de excavación al comparar tuberías de P.V.C de 6" y concreto de 8".

El análisis en consideración se muestra en las tablas 37,38,39 y 40. En ellas se calcularon las longitudes de tramos de tuberías en donde los costos de suministro e instalación (en base a los precios unitarios) más los costos de excavación, se igualan al comparar una tubería de P.V.C de 6" con junta pegada con una tubería de concreto de 8" con junta de goma.

Los precios unitarios para dichas tuberías y el costo de excavación son :

- Tubería de 6" de P.V.C con junta pegada: 8961.64 Bs/ML.
- Tubería de 8" de concreto con Junta de Goma: 11925.07 Bs/ML.
- Costo de excavación de zanja: 5000Bs/m³.

En las tablas se pueden apreciar los caudales a sección plena calculados según la Ecuación de Manning , así como las pendientes de rasante para la tubería de concreto(8") y las respectivas pendientes equivalentes en la tubería de P.V.C (6"). A partir de estos valores se resolvieron ecuaciones de manera de determinar la longitud de tramos de tubería en donde los costos totales se igualan para ambas tuberías.

Es importante destacar que para longitudes de tramos superiores a las calculadas en las tablas, los costos totales son mayores para la tubería de P.V.C para las pendientes en estudio (caudal a sección plena), y viceversa, longitudes inferiores indican que es más económico el uso de una tubería de 6" en comparación con una de concreto de 8". Nótese que al comparar los precios unitarios, son menores para las tuberías de P.V.C, pero éstas poseen un costo de excavación mayor por requerir pendientes equivalentes más pronunciadas.

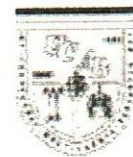
Se analizarán dos casos, el primero considerando la pendiente de rasante de la tubería de concreto de 8" paralela a la pendiente del terreno natural asumiendo coeficientes de rugosidad de $n=0.013$ y $n=0.015$, comparada con la tubería de P.V.C de 6" con sus pendientes equivalentes, tablas 37 y 38 respectivamente. En el segundo caso se considera terreno plano, y se compara la tubería de concreto de 8" con coeficientes de rugosidad de



$n=0.013$ y $n=0.015$, con la tubería de P.V.C de 6" con sus pendientes equivalentes, tablas 39 y 40 respectivamente.

En la tabla 37 se observa como para un caudal a sección plena de 103.72Lts/s, correspondiente a una pendiente de rasante de 10% para la tubería de concreto de 8" y una pendiente equivalente de 19.65% para la tubería de P.V.C de 6", los costos totales se igualan para tramos de tubería de 9.1 metros. Esto quiere decir que, en base a los precios unitarios mostrados en este trabajo especial de grado, longitudes de tramos de tubería mayores, representan un costo mayor para la tubería de P.V.C (6") en comparación con la tubería de concreto de 8", debido a la influencia del costo en excavación. Así mismo, para un caudal a sección plena de 9.84Lts/s, correspondiente a una pendiente de rasante de 0.09% para la tubería de concreto de 8" y una pendiente equivalente de 0.18% para la tubería de P.V.C de 6", los costos totales se igualan para tramos de tubería de 1015.67 metros. Lo que indica que longitudes menores a éstas indican un costo menor para la tubería de P.V.C de 6".

En la tabla 40, se observan resultados similares, sólo que al diseñar con un concreto con coeficiente de rugosidad de $n= 0.015$, las pendientes equivalentes obtenidas para la tubería de P.V.C son menores, y las longitudes de tramos de igualación de costos resultan mayores debido a que la excavación requerida es menor. Para el caso de terreno plano (tablas 39 y 40), se observa como las longitudes de tramos aumentan un poco más, ya que la relación entre la excavación necesaria para la tubería de P.V.C (6") y la de concreto de 8" es más estrecha.



IV. ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE TUBERIAS DE PVC EN SISTEMAS DE ACUEDUCTOS. ESTUDIO COMPARATIVO CON EL MATERIAL HIERRO FUNDIDO DUCTIL.

Tal como señalamos al principio del trabajo especial de grado, el uso de tuberías de PVC en acueductos es cada vez mayor. A continuación analizamos, al igual que hicimos para las tuberías de cloacas, las diferencias entre tuberías de Hierro fundido dúctil y PVC.

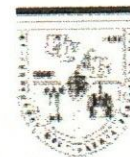
Para realizar el análisis comparativo, tomamos como modelo de estudio una red de distribución para el abastecimiento de agua en los materiales de hierro fundido dúctil con diámetro de 4" (100mm) , y luego analizamos el mismo sistema de acueductos con el diámetro de 3" (75mm) y 4" (100mm) en P.V.C.

Se pretende comparar los resultados obtenidos de las pérdidas de carga en los distintos tramos de la red, ya que la propuesta de diseñar con un diámetro menor, genera velocidades del flujo mayores, lo que implica un aumento en las pérdidas. Luego, el propósito es verificar que las presiones en los nodos y las velocidades en las tuberías se encuentren entre los valores recomendados y aceptados para ambas magnitudes en todos los casos.

El cálculo hidráulico de la red de distribución se lleva a cabo mediante el método numérico de aproximaciones de Hardy-Cross. Las pérdidas de carga son calculadas a partir de la Ecuación de Hazen – Williams [1], y de manera preliminar al estudio del caso práctico se analizará la relación existente entre dichas pérdidas con los diámetros en estudio, pues los coeficientes de fricción de Hazen-Williams son altos para las tuberías lisas como el P.V.C ($C=140$), y presentan valores menores para las tuberías más rugosas como el hierro fundido dúctil ($C=100$).

De igual manera se analiza el comportamiento de las pérdidas de carga a partir de la ecuación de Darcy – Weisbach [2], calculando el factor de fricción a partir de la expresión propuesta por Swamee [3], como una aproximación a la ecuación de Colebrook – White, ya que dicha expresión permite agilizar los cálculos comparativos entre ambos materiales.

El análisis económico se muestra a partir de un análisis comparativo de precios unitarios. El costo por excavación no se incluye ya que se considera que las tuberías de 3" y 4" son colocadas en zanjas prácticamente iguales, y la competencia entre ambos materiales



desde el punto de vista económico, viene dado por los precios unitarios de suministro e instalación principalmente.

IV. 1 COMPARACION DE PERDIDAS DE CARGA ENTRE TUBERIAS DE PVC DE 3" Y TUBERIAS DE HIERRO FUNDIDO DUCTIL DE 4"

IV.1.1 Hazen- Williams

A partir de la fórmula de Hazen- Williams [1], se muestra el cálculo de las relaciones entre las pérdidas de carga para las tuberías de P.V.C con junta automática encontradas en el mercado correspondientes a el diámetro externo de 75mm (3"), con la tubería de Hierro fundido dúctil de 100mm(4").

$$h_f = 10.67 (Q/C)^{1.852} (L/D^{4.87}) \quad [1]$$

Las tuberías de P.V.C para acueductos se consiguen de tres clases. La clase AA corresponde a tuberías utilizables a una presión de servicio de 6 Kg/cm², con espesores de pared calculados en base a dicho valor. La clase AB corresponde a tuberías diseñadas para una presión de servicio de 10 Kg/cm², con espesores de pared mayores que la clase AA y diámetros internos menores. Las tuberías clase AC corresponden a presiones de servicio de 16 Kg/cm², con espesores aun mayores y diámetros internos menores aún.

Para el diámetro externo de 75mm(3") los valores de los diámetros internos y espesores de pared para las distintas clases de tubería son:

CLASE AA: Diámetro interno = 70.6mm, Espesor = 2.2mm.

CLASE AB: Diámetro interno = 67.8mm, Espesor = 3.6mm.

CLASE AC: Diámetro interno = 63.8mm, Espesor = 5.6mm.

Las tuberías de H.F.D de diámetro externo 100mm(4") presentan un diámetro interno de 88mm, y un espesor de 6mm.

A partir de esta información, se calculó las relaciones entre las pérdidas de carga (H_f) entre una tubería de H.F.D de 4" ($D_i = 88\text{mm}$) con las tres clase de tuberías de P.V.C de 3" con sus respectivos diámetros internos. Se consideraron coeficientes de Hazen - Williams para el P.V.C de $C=140$, y para el H.F.D de $C = 100$. En la comparación entre ambos materiales se asumen caudales y longitudes de tubería iguales para los diámetros diferentes en estudio, y se llega a las siguientes relaciones entre las pérdidas de carga:



$H_f \text{ PVC } 3'' \text{ (AA)} = 1.568 H_f \text{ HFD } 4''$	\Rightarrow	Aumento de 56.8%
$H_f \text{ PVC } 3'' \text{ (AB)} = 1.91 H_f \text{ HFD } 4''$	\Rightarrow	Aumento de 91%
$H_f \text{ PVC } 3'' \text{ (AC)} = 2.57 H_f \text{ HFD } 4''$	\Rightarrow	Aumento de 157%.

IV.1.2 . Darcy – Weisbach

A partir de la ecuación de Darcy – Weisbach [2] , se pretende hallar una relación entre las pérdidas de carga de tuberías de P.V.C de 3'' y tuberías de HFD de 4''.

$$hf = f(L/D) V^2 / 2g \quad [2]$$

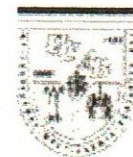
El factor de fricción se calcula como una aproximación a partir de la expresión propuesta por Swamee : $f = 0.25 / [\log \{ (k / 3.7 D) + (5.74 / R^{0.9}) \}]^2$ en donde $R = VD / \nu$ (Número de Reynolds); k = rugosidad equivalente; D = diámetro en mm.

Los cálculos se llevan a cabo para valores de caudal constante y longitudes de tubería de 100m. Las relaciones entre las pérdidas de carga para los distintos tipos de material con diferentes diámetros, se pueden apreciar en los gráficos 13, 14 y 15; para las tres clases de tuberías de P.V.C de 3'' comparadas con una tuberías de H.F.D de 4''. De igual manera en el ANEXO 2 TABLAS , se presentan los cálculos de los factores de fricción según Swamee(Ver tablas 41,42 y 43) . Las pérdidas según Darcy – Weisbach, y las relaciones entre pérdidas para ambos materiales, a partir de las cuales se obtuvieron los gráficos anteriores se pueden apreciar en las tablas 44,45, y 46.

Así mismo se presentan las relaciones entre las pérdidas de carga (gráficos 16,17 y 18) para las tres clase de tuberías de P.V.C de 4'' comparadas con las tuberías de H.F.D de 4''. Se muestran también los cálculos de los factores de fricción (Tablas 47,48,49) y de las pérdidas según Darcy – Weisbach (Tablas 50,51 y 52).

El gráfico 19 presenta las pérdidas de carga en función de los caudales para tuberías de H.F.D de 4'' y tuberías de P.V.C de 3'' y 4'' en sus tres clases.

Al observar los gráficos 7, 8, y 9 se puede concluir que las tuberías de P.V.C de 3'' presentan pérdidas mayores que la tubería de H.F.D de 4''. Pero para caudales inferiores a 9 Lts/seg, las curvas se mantienen bastantes próximas entre sí. Para valores de caudales superiores por el orden de 40 Lts/ seg, la rapidez de cambio de la pérdidas en función al caudal aumenta aceleradamente. Esto indica que tuberías de P.V.C de 3'' no tienen la capacidad de transportar dichos caudales.



De forma similar, si observamos los gráficos 10,11 y 12 se concluye que las tuberías de P.V.C de 4" presentan pérdidas menores que las tuberías de H.F.D de 4". Esto es debido a que poseen factores de fricción menores, y sus diámetros reales son un poco mayores. En este caso podríamos afirmar que las tuberías de P.V.C de 4" pueden transportar caudales mayores que las tuberías de H.F.D de 4".

Es importante destacar que utilizamos la ecuación de Swamee ya que desde el punto de vista práctico, resulta de más sencilla aplicación que la de Colebrook. Así mismo se ha comprobado que dicha ecuación es muy precisa, ya que las diferencias porcentuales entre los valores de f calculados según la ecuación de Colebrook y la de Swamee son pequeñas. Por otro lado, no utilizamos el Diagrama de Moody por razones prácticas también.

Para los cálculos se asumió que la rugosidad equivalente para el hierro fundido dúctil es $k = 0.05\text{mm}$, y para el P.V.C es $k = 0$ (tubería lisa). En el cálculo del Número de Reynolds se considera que la viscosidad cinemática del agua es $\nu = 0.897 \cdot 10^{-6}$ (para $T = 25^\circ\text{C}$).

A continuación se muestran los gráficos descritos anteriormente:

GRAFICO 13. Pérdidas de carga según Darcy-Weisbach vs. Caudal
Tubería de P.V.C clase AA(3") y tubería de H.F.D (4").
Gráfico basado en la tabla 44

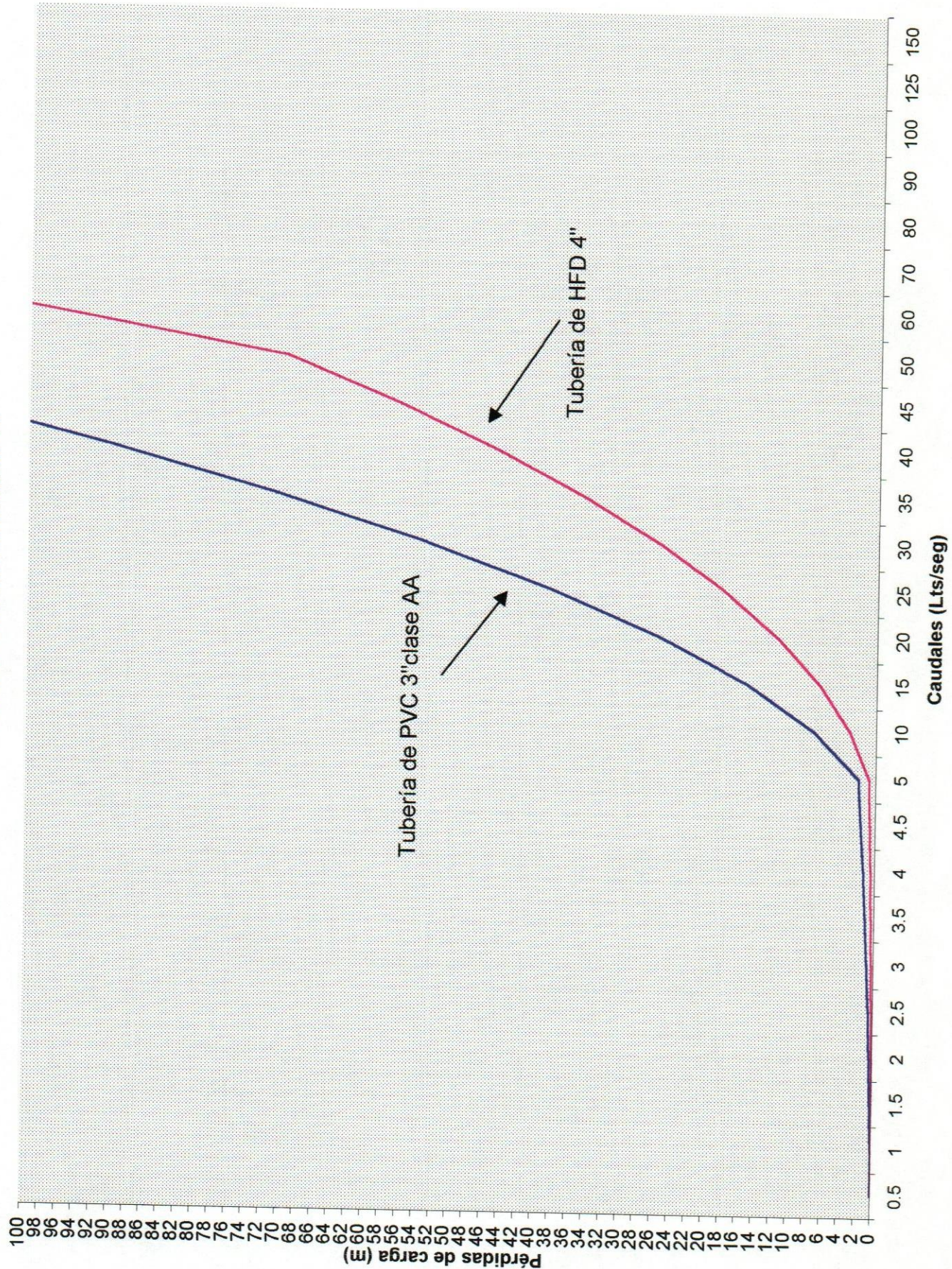
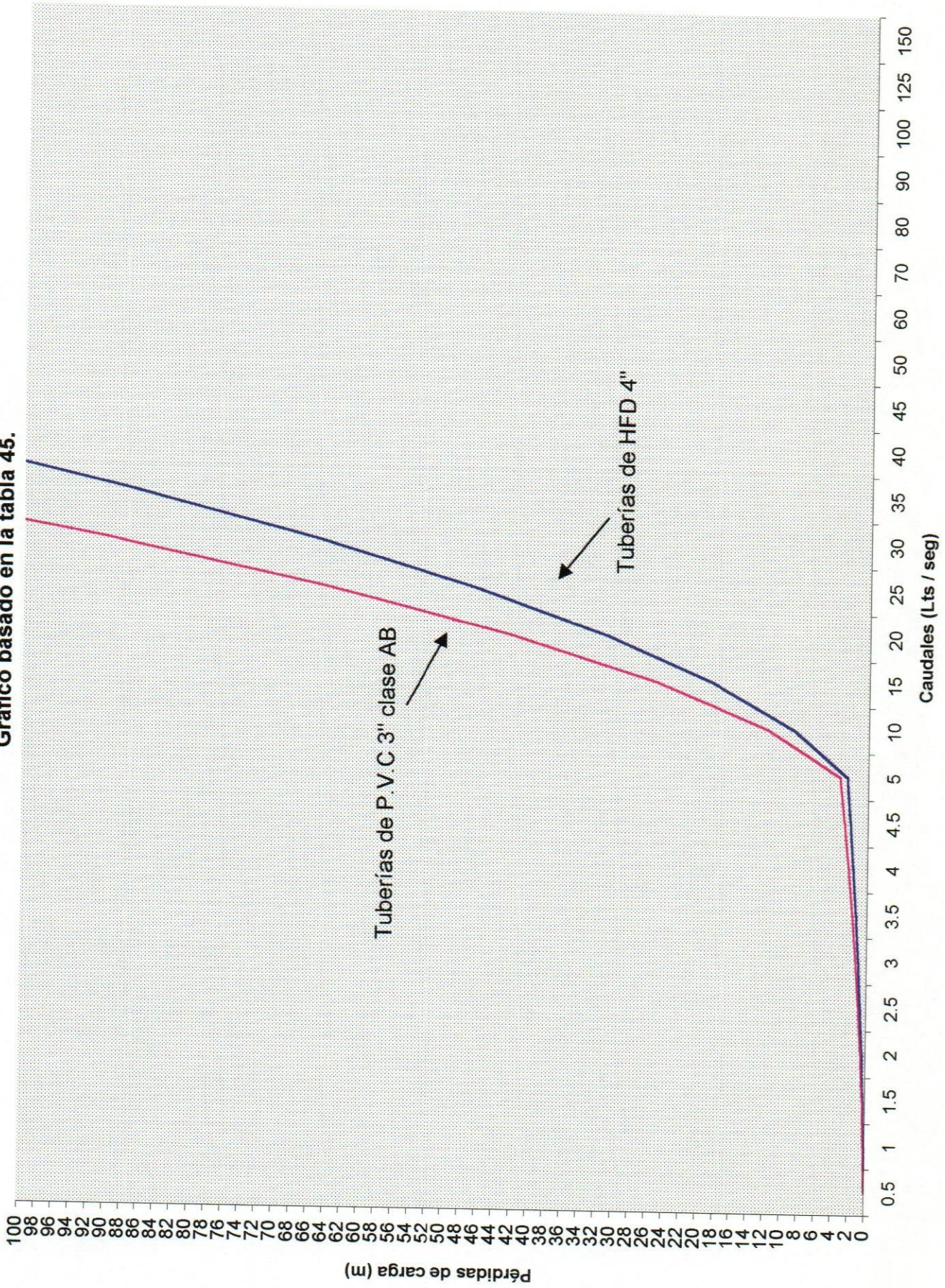


GRAFICO 14. Pérdidas de carga según Darcy - Weisbach vs. Caudal
Tubería de P.V.C clase AB(3") y tubería de H.F.D (4").
Gráfico basado en la tabla 45.



**GRAFICO 15. Relaciones entre las pérdidas de carga según Darcy - Weisbach
 Tuberías de P.V.C clase AC (3") y tuberías de H.F.D (4")
 Gráfico basado en la tabla 46.**

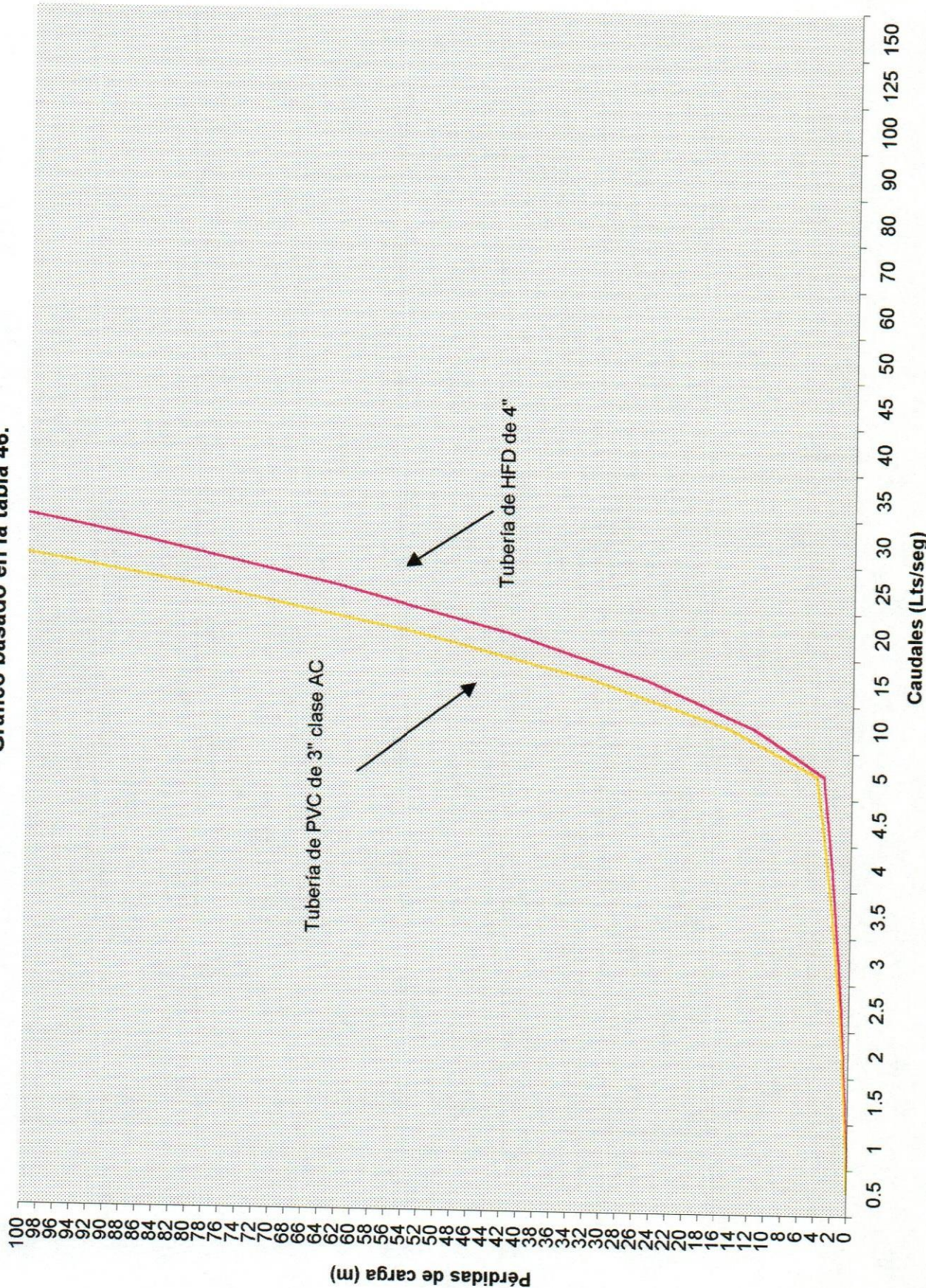


GRAFICO 16. Pérdidas de carga vs. Caudales para tuberías de P.V.C clase AA 4" y tuberías de H.F.D (4") en tramos de 100m.
Gráfico basado en la tabla 50.

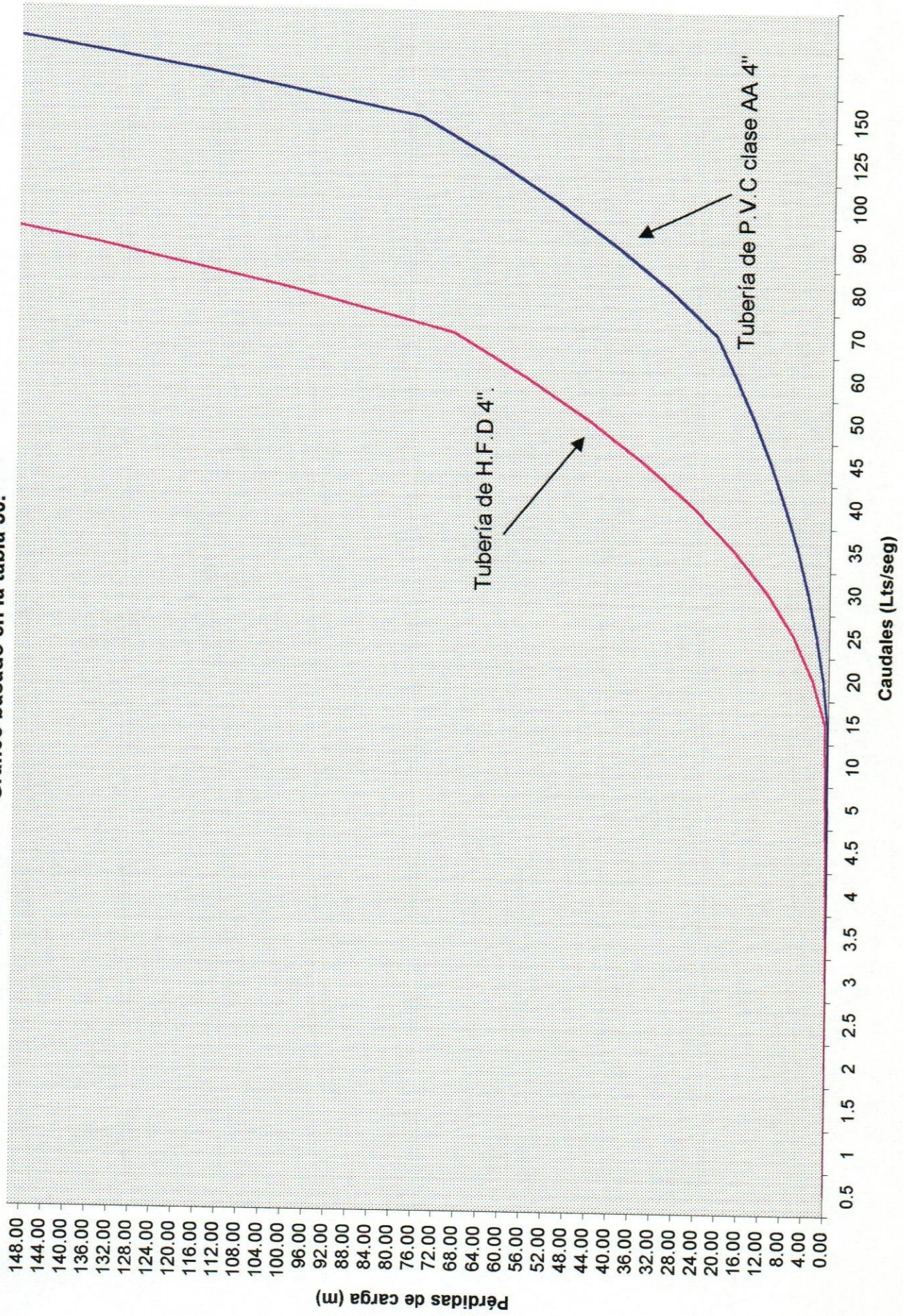


GRAFICO 17. Pérdidas de carga vs. Caudales entre tuberías de P.V.C clase AB (4") y tubería de H.F.D de 4 en tramos de 100m"
Gráfico basado en la tabla 51.

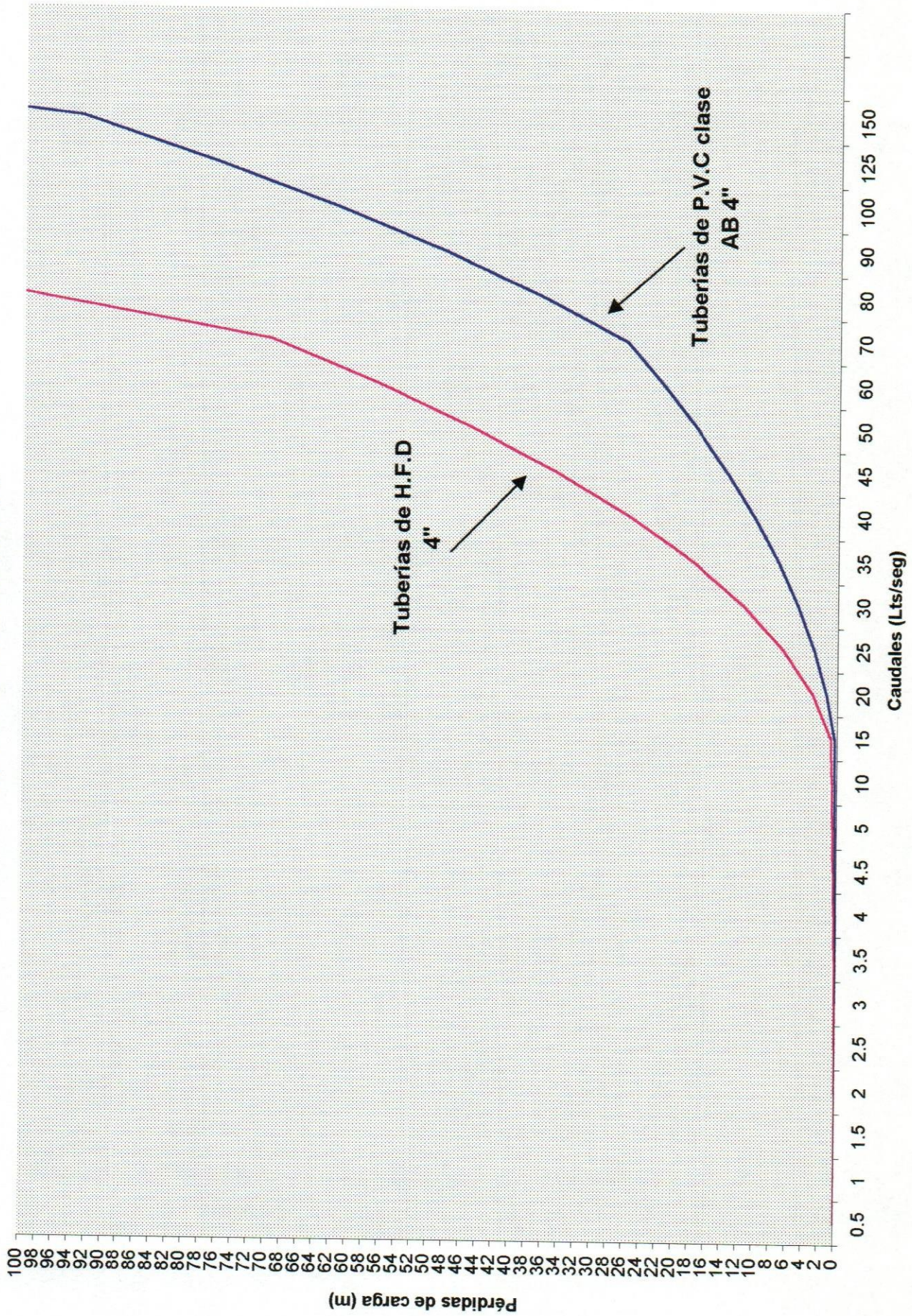
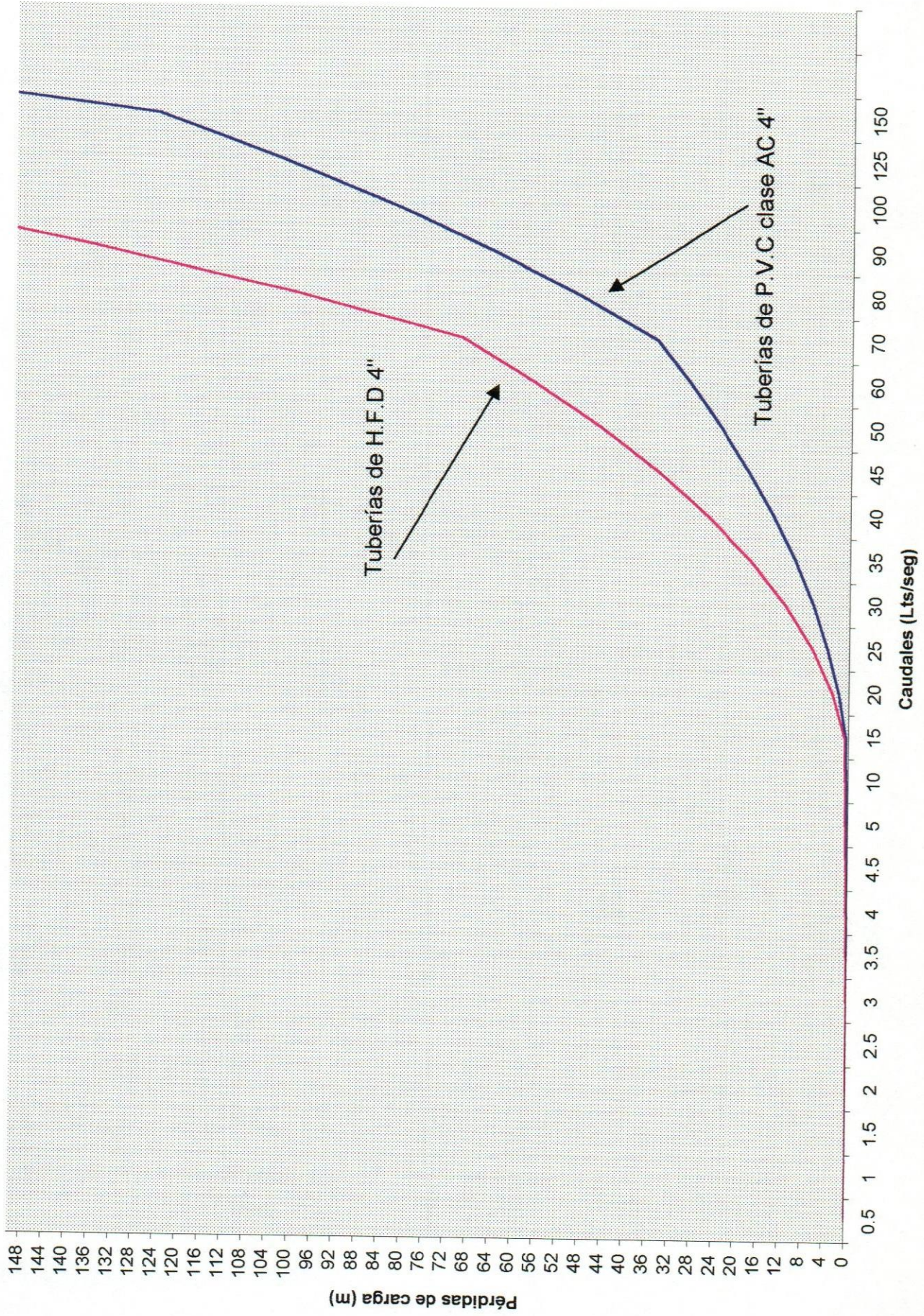


GRAFICO 18. Pérdidas de carga vs caudal para tuberías de P.V.C clase AC (4") y tuberías de H.F.D 4" en tramos de 100m.

Gráfico basado en la tabla 52.





IV.2. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS EN TUBERIAS DE ACUEDUCTOS

Los precios unitarios de suministro e instalación para las tuberías de P.V.C y Hierro fundido dúctil en estudio, se calculan a partir de información recopilada de empresas dedicadas a colocar este tipo de tuberías. (Para el análisis definitivo, se utilizó el programa de cálculo de precios unitarios desarrollado por los Ingenieros Manuel Beloso y Jorge Szauer en su trabajo especial de grado. Ver anexo 4 "Hojas de análisis de precios unitarios acueductos")

Los precios de las tuberías son datos tomados de la distribuidora TUBEHIDRO y de UNITECA, y se pueden apreciar en el siguiente cuadro:

Material	Presentación	Diámetro Externo (mm.)	Diámetro Interno (mm.)	Espesor (mm.)	Presión de Trabajo (kg/cm ²)	Costo Tubería (Bs.)
P.V.C Junta Automatica Clase AA	Tramos 6m.	75.00	70.60	2.20	6.00	Bs8,896.00
	Tramos 6m.	110.00	103.60	3.20	6.00	Bs18,901.00
	Tramos 6m.	160.00	150.60	4.70	6.00	Bs39,962.00
	Tramos 6m.	200.00	188.20	5.90	6.00	Bs62,572.00
	Tramos 6m.	250.00	235.40	7.30	6.00	Bs103,726.00
	Tramos 6m.	315.00	298.60	8.20	6.00	Bs162,396.00
P.V.C. Junta Automatica Clase AB	Tramos 6m.	355.00	336.60	9.20	6.00	Bs224,764.00
	Tramos 6m.	75.00	67.80	3.60	10.00	Bs13,921.00
	Tramos 6m.	110.00	99.40	5.30	10.00	Bs29,949.00
	Tramos 6m.	160.00	144.60	7.70	10.00	Bs62,931.00
	Tramos 6m.	200.00	180.80	9.60	10.00	Bs97,986.00
	Tramos 6m.	250.00	226.20	11.90	10.00	Bs162,954.00
P.V.C. Junta Automatica Clase AC	Tramos 6m.	315.00	285.00	15.00	10.00	Bs257,348.00
	Tramos 6m.	355.00	321.20	16.90	10.00	Bs353,348.00
	Tramos 6m.	75.00	63.80	5.60	16.00	Bs20,738.00
	Tramos 6m.	110.00	93.60	8.20	16.00	Bs44,469.00
	Tramos 6m.	160.00	136.20	11.90	16.00	Bs108,630.00
	Tramos 6m.	200.00	170.20	14.90	16.00	Bs184,727.00
Hierro Fundido	Tramos 6m.	250.00	212.80	18.60	16.00	Bs287,934.00
	Tramos 6m.	80.00	68.00	6.00	20.00	Bs138,320.00
	Tramos 6m.	100.00	88.00	6.00	20.00	Bs158,550.00
	Tramos 6m.	150.00	137.60	6.20	20.00	Bs287,980.00
	Tramos 6m.	200.00	187.40	6.30	20.00	Bs333,900.00
	Tramos 6m.	250.00	237.20	6.40	20.00	Bs395,498.00
	Tramos 6m.	300.00	286.40	6.80	20.00	Bs542,115.00



IV.3.1. Análisis comparativo del modelo de estudio para el caudal medio

Al estudiar el acueducto para el valor del caudal medio de 3.12 Lts/s (ver anexo 5), se puede apreciar como las relaciones entre las pérdidas de carga calculadas en el punto IV.1.1 se cumplen. Es decir, la tubería de PVC de 3" ($D_i = 67.8\text{mm}$) presenta un aumento en las pérdidas de aproximadamente 90% en comparación con la tubería de HFD de 4" ($D_i = 88\text{mm}$) para todos los tramos del acueducto en estudio. Esto se debe a la reducción del área del tubo, y a que en el método de Hardy - Cross se calculan las pérdidas a partir de la ecuación de Hazen - Williams (Ver punto IV.1.1).

Ahora bien, por tratarse de caudales pequeños, los aumentos de las pérdidas de carga (resultado de la disminución del diámetro y el aumento de la velocidad del flujo), generan una caída de las presiones en los nodos por el orden del 1% cuando comparamos los resultados para el acueducto diseñado con tuberías de P.V.C de 3" y tuberías de HFD de 4" (Por ejemplo, el nodo K en la malla 9 presenta una caída de presión del 1,7%). De igual manera las cotas piezométricas se reducen muy poco (Ver anexo 5). Luego, aparentemente desde el punto de vista de presiones la reducción de diámetros no es significativa.

Al analizar las velocidades (si se mantienen las otras condiciones constantes) se puede observar como éstas aumentan para la tubería de PVC de 3", aproximadamente en proporción a la relación entre las áreas de las secciones de las tuberías en estudio. Para el caso de la tubería de PVC de 3", los valores de las velocidades en los distintos tramos de la red, se encuentran bastante cercanos a la velocidad admisible de 0.70 m/seg propuesta por el INOS para tuberías de 3". (Normas INOS punto 7-4).

Es importante destacar que la tubería de P.V.C seleccionada es la clase AB, ya que esta presenta una presión de servicio igual a $P.S = 100\text{m.c.a}$ (10 Kg/cm^2), y hemos diseñado el acueducto para la presión máxima de 70 m.c.a, observándose en todos los nodos presiones superiores a 60 m.c.a (valor equivalente a la presión de servicio de las tuberías de PVC clase AA).

Los resultados obtenidos para el diseño del acueducto con tuberías de PVC de 4" clase AB, muestran valores menores de las pérdidas de carga, observándose cotas piezométricas y presiones mayores en todos los nodos de la red en comparación con los otros dos diseños.



Se asignaron cuadrillas típicas para cada tipo de tubería en la sección de mano de obra, y en la sección de equipos se asignan las herramientas y maquinaria necesaria para su instalación.

Los rendimientos de colocación se muestran a continuación, valores suministrados por varias compañías, y también tomados del manual de Dataconstrucción:

- a) Tubo de P.V.C D = 75mm (3") Junta automática clase AA
- b) Tubo de P.V.C D = 75mm(3") Junta automática clase AB.
- c) Tubo de P.V.C D = 75mm(3") Junta automática clase AC.

Para los tres tipos de tubería se considera un rendimiento de colocación de 125 ML/día.

- d) Tubo de Hierro fundido dúctil D = 100mm(4")

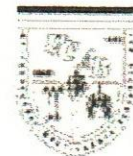
Se considera un rendimiento de 95 ML/día.

- e) Tubo de P.V.C D = 110mm (4") Junta automática clase AA
- f) Tubo de P.V.C D = 110mm(4") Junta automática clase AB.
- g) Tubo de P.V.C D = 110mm(4") Junta automática clase AC.

Para los tres tipos se considera un rendimiento de colocación de 110ML/día.

A partir de estos rendimientos de instalación los precios unitarios de suministro e instalación se estiman en :

- Tubo de P.V.C D = 75mm (3") Junta automática clase AA = **3661.42 Bs/ML.**
- Tubo de P.V.C D = 75mm(3") Junta automática clase AB = **4895.67 Bs/ML.**
- Tubo de P.V.C D = 75mm(3") Junta automática clase AC = **6570.06 Bs/ML.**
- Tubo de Hierro fundido dúctil D = 100mm(4") = **41679.17 Bs/ML.**
- Tubo de P.V.C D = 110mm (4") Junta automática clase AA = **6320.18 Bs/ML**
- Tubo de P.V.C D = 110mm(4") Junta automática clase AB = **9033.80 Bs/ML.**
- Tubo de P.V.C D = 110mm(4") Junta automática clase AC = **12600.22 Bs/ML.**



IV.3 ANALISIS COMPARATIVO DEL ACUEDUCTO EN UN CONJUNTO RESIDENCIAL TOMADO COMO MODELO DE ESTUDIO

El Conjunto Residencial está ubicado en Fila de Mariche, Municipio Sucre. Consta de 32 parcelas bifamiliares equivalentes a 64 viviendas, y de 6 edificaciones aterrazadas de 4 unidades que corresponden a 24 viviendas, para un total de 88 viviendas (Ver Anexo 9 Plano). Este modelo se seleccionó por poseer todos los datos disponibles al momento de analizar este trabajo.

El análisis consiste en estudiar la red de distribución diseñado con tuberías de hierro fundido dúctil de 4", tuberías de P.V.C de 4" y tuberías de P.V.C de 3". Utilizando el Método de Hardy – Cross mediante un programa de computación, se calculó el acueducto para los valores de caudal medio y luego para el del caudal máximo. La presión en el tramo inicial, es considerada igual a la presión máxima permitida por normas de 70 m.c.a.

EL caudal medio calculado a partir de las dotaciones del Conjunto Residencial es igual a $Q_{med} = 3.12$ lps. El caudal máximo es $Q_{max} = 2,5 Q_{med} = 7.8$ lps.

Los diámetros de las tuberías corresponden a los diámetros reales encontrados en el mercado. Los resultados presentados en la Corrida del Método iterativo de Hardy- Cross (Ver anexo 5 CORRIDA DEL CROSS) considera los siguientes aspectos :

- Se muestran los valores de la longitud del tramo (m), el caudal (lps), diámetro (mm) y la velocidad (m/s).
- El coeficiente de Hazen Williams para el P.V.C es igual a $C=140$, y para el hierro fundido $C=100$.
- Los diámetros de los tramos C-C1 y C1 – C2 siempre son 3" (tramos ciegos)
- Las pérdidas se designan como J (expresada en metros).
- Se muestran los valores de la cota piezométrica (C.P), cota de terreno (C.T) y presión para el punto inicial (P.<) y final (P.>) del tramo respectivamente.

A partir de los resultados obtenidos, luego de resolver el acueducto mediante el método de Hardy – Cross, se pretende comparar los valores de las velocidades, las pérdidas, la cota piezométrica y las presiones utilizando tuberías de hierro fundido dúctil de 4", tuberías de P.V.C de 4" y tuberías de P.V.C de 3".



IV.3.1. Análisis comparativo del modelo de estudio para el caudal medio

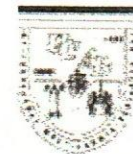
Al estudiar el acueducto para el valor del caudal medio de 3.12 Lts/s (ver anexo 5), se puede apreciar como las relaciones entre las pérdidas de carga calculadas en el punto IV.1.1 se cumplen. Es decir, la tubería de PVC de 3" ($D_i = 67.8\text{mm}$) presenta un aumento en las pérdidas de aproximadamente 90% en comparación con la tubería de HFD de 4" ($D_i = 88\text{mm}$) para todos los tramos del acueducto en estudio. Esto se debe a la reducción del área del tubo, y a que en el método de Hardy - Cross se calculan las pérdidas a partir de la ecuación de Hazen - Williams (Ver punto IV.1.1).

Ahora bien, por tratarse de caudales pequeños, los aumentos de las pérdidas de carga (resultado de la disminución del diámetro y el aumento de la velocidad del flujo), generan una caída de las presiones en los nodos por el orden del 1% cuando comparamos los resultados para el acueducto diseñado con tuberías de P.V.C de 3" y tuberías de HFD de 4" (Por ejemplo, el nodo K en la malla 9 presenta una caída de presión del 1,7%). De igual manera las cotas piezométricas se reducen muy poco (Ver anexo 5). Luego, aparentemente desde el punto de vista de presiones la reducción de diámetros no es significativa.

Al analizar las velocidades (si se mantienen las otras condiciones constantes) se puede observar como éstas aumentan para la tubería de PVC de 3", aproximadamente en proporción a la relación entre las áreas de las secciones de las tuberías en estudio. Para el caso de la tubería de PVC de 3", los valores de las velocidades en los distintos tramos de la red, se encuentran bastante cercanos a la velocidad admisible de 0.70 m/seg propuesta por el INOS para tuberías de 3". (Normas INOS punto 7-4).

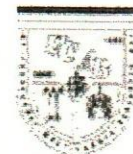
Es importante destacar que la tubería de P.V.C seleccionada es la clase AB, ya que esta presenta una presión de servicio igual a $P.S = 100\text{m.c.a}$ (10 Kg/cm^2), y hemos diseñado el acueducto para la presión máxima de 70 m.c.a, observándose en todos los nodos presiones superiores a 60 m.c.a (valor equivalente a la presión de servicio de las tuberías de PVC clase AA).

Los resultados obtenidos para el diseño del acueducto con tuberías de PVC de 4" clase AB, muestran valores menores de las pérdidas de carga, observándose cotas piezométricas y presiones mayores en todos los nodos de la red en comparación con los otros dos diseños.



Se puede concluir que el aumento de las pérdidas de carga por la disminución del diámetro de diseño, no es significativo dentro de un cierto rango de operación. En nuestro caso, nos referimos a un acueducto con parámetros hidráulicos que oscilen alrededor de los siguientes valores:

- Velocidades próximas a 0.8 m/s
- Presiones en los nodos cercanos a 60 m.c.a.
- Longitudes de tramos próximos a los correspondientes al modelo en estudio.



IV.3.2. Análisis comparativo del modelo de estudio para el caudal máximo

Al estudiar el diseño del acueducto para el valor del caudal máximo de 7.8 Lts/s con tuberías de PVC de 3", observamos como las pérdidas de carga son mayores en comparación al diseño para el caudal medio (Ver Anexo 5 , Páginas Qmax) . Las relaciones entre las pérdidas de carga al comparar el diseño para tuberías de PVC de 3" con el diseño para tuberías de HFD de 4", sigue siendo aproximadamente del 91%, pero las magnitudes del aumento de dichas pérdidas son mayores por tratarse de un caudal mayor.

Las presiones en los nodos con tuberías de PVC de 3" se reducen aproximadamente un 10% en comparación con el caso de diseño para tuberías de HFD de 4", pero sin embargo, los valores de dichas presiones en los distintos nodos del acueducto se mantienen todavía dentro de los valores admisibles (Ver Anexo 5 ,Páginas Qmax).

Ahora bien, los valores de las velocidades observados para este diseño(tuberías de PVC de 3"), sobrepasan el valor de la velocidad admisible de 0.7 m/s, ya que desde el tramo 1 hasta el tramo 8, los valores de las velocidades se encuentran por el orden de los 2 m/seg. En algunas bibliografías consultadas (Ver anexo 7 en el punto "Golpe de Ariete") no recomiendan valores de velocidades mayores a 1,5 m/s para evitar el golpe de ariete.

Nuevamente, al observar los resultados para el diseño del acueducto con tuberías de PVC de 4" clase AB, se observan pérdidas de carga menores, resultado lógico ya que el diámetro interno real de dichas tuberías es mayor . Esto implica que las presiones en los nodos presenten valores superiores, y las velocidades en los distintos tramos sean inferiores en comparación con las halladas para las otras tuberías estudiadas.

Podemos concluir de nuevo, que tanto las presiones como las cotas piezométricas, se encuentran dentro de los valores admisibles. El problema en este caso puede presentarse con las velocidades del flujo y el golpe de ariete (De llegar a producirse).

De todo lo señalado puede decirse que desde un punto de vista de presiones y velocidades, el uso de tuberías de PVC de 3" es posible, siendo la única limitante una velocidad mayor a 1,5 m/s (Según lo antes señalado). De manera que, en casos donde los caudales sean bajos podrá tomarse la decisión de no utilizar 4".



IV.4. RECOMENDACIONES AL UTILIZAR PVC EN ACUEDUCTOS

En vista de que el PVC no sufre corrosión ni incrustaciones, no es necesario protegerlo bajo estas condiciones, pero si debe analizarse de sobrepresiones y golpe de ariete, por lo que se citan a continuación algunas medidas preventivas:

- Limitar la velocidad de diseño (1.5 m/s)
- Instalar valvulas de alivio de presión
- Instalar valvulas de cierre lento
- Usar bombas de bajo momento de inercia
- Usar sistemas con juntas elásticas
- Las de PVC preferiblemente deben estar enterradas o empotradas para garantizar una protección contra incendios, impactos y cristalización por los efectos del sol.

En el anexo 7 (manual técnico para sistemas de acueductos de PVC), se muestran en detalle las recomendaciones citadas, así como una serie de sugerencias para el buen uso de las tuberías de PVC en acueductos.

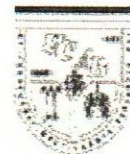


V. CONCLUSIONES

A continuación presentamos las conclusiones derivadas del Trabajo Especial de Grado realizado; para ello hemos considerado conveniente seguir la estructura existente en el texto y presentar los resultados divididos en el mismo orden de los dos temas tratados: cloacas y acueductos.

V.1 CONCLUSIONES CLOACAS

- 1) Aunque el P.V.C sea un material menos rugoso que el concreto, al comparar entre diámetros distintos (tuberías de concreto de 8" y 6" en P.V.C) no se llega a igualar los caudales para valores de una misma pendiente de rasante.
- 2) En las tablas 8 y 9 se puede apreciar como la diferencia de diámetros (5cm) entre una tubería de concreto de 8" con una tubería de P.V.C de 6", sumado esto a la baja rugosidad del P.V.C, permite igualar caudales entre tuberías manteniendo la profundidad final de rasante iguales, para tramos relativamente cortos. Para pendientes inferiores a 1% tramos cercanos a 25m.
- 3) La diferencia en excavación entre una tubería de concreto de 8" colocada a una determinada pendiente y una tubería de P.V.C de 6" colocada a una pendiente equivalente para igualar caudales según Manning, es muy alta para pendientes pronunciadas (superiores al 3%) y va disminuyendo a medida que disminuye la pendiente. Esto implica que los costos sean muy altos para pendientes mayores de 2% debido a la influencia del costo por excavación (Ver gráfico 9 y tabla 29).
- 4) El precio unitario de suministro e instalación para la tubería de P.V.C de 6" es menor que el precio unitario para la tubería de concreto de 8". Esto se debe principalmente a que los rendimientos de colocación para las tuberías de P.V.C son mucho mayores que los rendimientos de colocación de las tuberías de concreto, por ser éstas mucho más pesadas y por ser mucho más cortos los tubos. El precio unitario para tuberías de PVC de 6" con junta automática es igual a 8887.95 Bs / ML, para tuberías de P.V.C con junta pegada es igual a 8961.64Bs/ML y para tuberías de concreto de 8" con junta de goma es igual a 11925.07Bs/ML.



- 5) Al comparar tuberías de P.V.C de 6" con tuberías de concreto de 8" colocadas a una misma pendiente de rasante, el costo de los tramos para las tuberías de P.V.C es mucho menor, debido a que sus precios unitarios son menores. Podemos llegar a esta conclusión porque los costos por excavación en este caso serían menores para la tubería de P.V.C , y además los precios unitarios de suministro e instalación para las tuberías plásticas son menores. Entonces se concluye que aunque el costo de las tuberías plásticas es mayor, los altos rendimientos de colocación, la necesidad de cuadrillas sencillas y la no necesidad de maquinarias abaratan mucho el precio unitario final de suministro e instalación en comparación con las tuberías de concreto. Debe recalcar el hecho de que el caudal en la tubería PVC de 6" será menor.

- 6) Es importante destacar que el costo por transporte de las tuberías no es considerado en los análisis presentados , pero se debe tener presente que dicho costo es mayor para las tuberías de concreto (Debido a su peso). Por otro lado, las tuberías de P.V.C se transportan a un costo menor por ser más livianas y fáciles de manejar, en muchos casos el flete es incluido dentro del precio de venta del material.

- 7) Si observamos los resultados mostrados en las tablas 37 y 38 , en donde se presentan las longitudes de tramos de tubería para igualar costos totales, se puede concluir que en el caso donde la pendiente de rasante de la tubería de concreto es paralela a la pendiente del terreno natural, la tubería de P.V.C de 6" posee costos en excavación mayores que la tubería de concreto de 8". Sin embargo, debido a que sus precios unitarios de suministro e instalación son menores, existen unas longitudes de tramos presentadas en dichas tablas donde los costos son equivalentes, permitiendo definir rangos de conveniencia de utilización para los dos tipos de material de acuerdo a la longitud de tramo de tubería, pendiente de colocación y caudal que se desea transportar. Ahora bien se puede apreciar que la excavación puede limitar el uso de tuberías de PVC, por su alto costo y por limitaciones de tipo técnico o práctico.



- 8) Si se observan los resultados mostrados en las tablas 39 y 40 para el caso de terreno plano, se puede apreciar como las longitudes de los tramos de tubería donde se igualan los costos entre la tubería de P.V.C de 6" y la tubería de concreto de 8" son mayores debido a que la relación entre las excavaciones son más estrechas. Y se concluye que tramos de tuberías hasta las longitudes presentadas para las distintas pendientes, indican que es más económico utilizar las tuberías de PVC de 6" aún colocándolas a la pendiente equivalente de rasante.
- 9) Al observar los gráficos 1, 2, 3 y 4, se concluye que por el hecho de requerir mayores pendientes equivalentes los costos de excavación son mayores para la tubería de 6" de P.V.C . Ahora bien, ya que ésta posee un precio unitario de suministro e instalación menor que la tubería de concreto de 8", los costos totales se igualan eventualmente para una cierta longitud de tramo. Para tramos de 1000metros, en los valores de caudal a sección plena más bajos (correspondientes a pendientes inferiores a 0,3%), la tubería de P.V.C es más económica que la tubería de concreto.



V.2 CONCLUSIONES ACUEDUCTOS

- 1) A partir de los gráficos 13,14 y 15, se puede concluir que las pérdidas de carga para las tuberías de PVC de 3" de acueductos son mayores que para tuberías de HFD de 4", pero son muy similares hasta valores de caudal cercanos a los 8 Lts/seg. Para valores de caudal superiores, las curvas comienzan a crecer aceleradamente y se separan, indicando esto que tuberías de este diámetro no son capaces de transportar caudales de dicha magnitud, ya que las pérdidas son demasiado grandes.
- 2) Las tuberías de PVC de 4" en sus tres clases, presentan pérdidas de carga menores que las tuberías de HFD de 4", esto porque son más lisas y presentan diámetros reales mayores. Por otro lado, las tuberías de PVC de 3" presentan pérdidas superiores que la tubería de HFD de 4", a pesar de ser menos rugosas.
- 3) Al observar el análisis de precios unitarios se llega a la conclusión que las tuberías de PVC son mucho más económicas que las tuberías de hierro fundido dúctil. Basado solamente en el análisis de costos, las tuberías de hierro fundido no pueden competir con las tuberías de PVC, al menos que existan restricciones técnicas, normativas o de alguna otra naturaleza que no permitan el uso del PVC. La diferencia en precios es mucho más notable aún si comparamos el diámetro mínimo con el diámetro mínimo propuesto, y el ahorro que representa en el diseño de un acueducto es abrumador.
- 4) Del análisis del acueducto modelo en estudio se concluye que para redes con propiedades hidráulicas similares, el aumento de las pérdidas de carga resultado de reducir el diámetro a 3" en PVC, no afecta de manera representativa las presiones en los nodos ni los valores de las cotas piezométricas. Esto se debe entre otros, a que en acueductos con tramos de longitudes moderadas y caudales de diseño bajos (Por el orden de los 4Lts/seg), los valores de las pérdidas no varían en magnitudes significativas.
- 5) De acuerdo con el análisis efectuado, podemos concluir que en algunos casos pueden presentarse velocidades muy altas para tuberías de 3" de diámetro. En dichos casos se deberá utilizar 4".



VI. BIBLIOGRAFIA

1. "Tuberías a Presión en los Sistemas de Abastecimiento de Agua"
Méndez, Manuel Vicente. Fundación Polar, UCAB 1995.
2. "Materiales Plásticos : Propiedades y aplicaciones"
Rubin, Irvin I. Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores. 1999.
3. " Manual de Costos de Construcción , Urbanismos". Data Construcción.
Abril – Mayo – Junio 1998.
4. " Civil Engineer"s Reference Book"
Blake L.S. Butterworth – Heinemann. Fourth Edition 1989.
5. "Mecánica Elemental de los Fluidos"
Bolinaga Juan José. Fundación Polar . Universidad Católica Andrés Bello. 1992
6. "Normas e Instructivos para el Proyecto de Alcantarillados"
Intituto Nacional de Obras Sanitarias. 1989.
7. "Water Supply Engineering". Babbit & Donald. McGraw – Hill.
8. " Manual Técnico Sistema Junta de Alcantarillado PAVCO"
9. " Manual Sistema Acueducto PAVCO"
10. " Lista de Precios UNITECA en Acueductos"
11. " Tuberías y conexiones Cloacas UNITECA"

ANEXO 0

Puntos en las Normas que se propone modificar.

1. CLOACAS:

Instituto Nacional de Obras Sanitarias.

“Normas e Instructivos para el Proyecto de Alcantarillados”

La propuesta de este Trabajo Especial de Grado consiste en revisar y actualizar las normas de alcantarillados vigentes en la Edición de 1989. El punto específico propuesto a modificar sería el siguiente:

3.18 DIAMETRO MINIMO DE LOS COLECTORES

En sistemas de alcantarillados para aguas servidas será \varnothing 0.20m.

* La propuesta planteada consiste en permitir el uso del diámetro \varnothing 0.15m en PVC.

2. ACUEDUCTOS

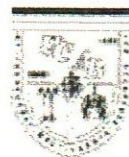
En las “Normas de Proyecto y Especificaciones de Materiales para los Sistemas de Abastecimiento de Agua de Urbanizaciones” de octubre de 1966, no establecen un diámetro mínimo para las tuberías de acueductos urbanos. Ahora bien, en la práctica las empresas dedicadas a el suministro de agua exigen un diámetro mínimo de 4” para las tuberías de acueductos diseñados para urbanismos integrales debidamente permitidos. De pretender utilizar diámetros menores, no se obtiene la aprobación del proyecto, ni la Factibilidad de Servicio.

Es importante señalar que en la Gaceta Oficial del 12 de Abril de 1989 “regulaciones Técnicas de Urbanización y Construcción de Viviendas aplicables a los desarrollos de Urbanismos Progresivos”, se plantea en el Artículo 47 .- “Parámetros de Cálculo” en el punto b.4 lo siguiente:

“El diámetro mínimo de las tuberías secundarias podrá ser de 3”, siempre y cuando sea capaz de satisfacer la demanda del sector”.

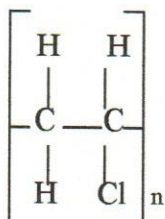
* La propuesta planteada consiste en permitir el uso del diámetro $\varnothing = 3$ ” en PVC para acueductos urbanos.

ANEXO "1"
Propiedades técnicas del PVC.



1. POLICLORURO DE VINILO RIGIDO (RPVC)

El policloruro de vinilo rígido (rigid polyvinyl chloride(RPVC)) se caracteriza por su excelente resistencia mecánica y química. El homopolímero tiene unidades repetidas del monómero cloruro de vinilo(vinyl chloride monomer, VCM):

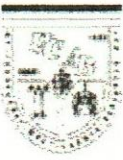


El copolímero tiene unidades repetidas de VCM y de otro monómero, en varias proporciones, como el acetato de vinilo (el más común), etileno, propileno, maleato, etc.

En Europa, el PVC rígido se conoce como PVC sin plastificar. En Estados Unidos, la mayoría de los trabajos se presentan y se publican con el término “vinilo” sin importar a cual material se refieren.

Existen tres técnicas separadas y distintas para obtener vinilo rígido, vinilo flexible y plastisol. Los aditivos que se usan en cada una pueden ser diferentes o se pueden usar para fines distintos. Por ejemplo, en cada una, el sistema de lubricación utiliza diferentes tipos y cantidades de materiales. En el PVC rígido, el sistema de lubricación puede tener dos partes por cada cien partes de resina, y estar compuesto por cera, un polietileno oxidado y un estearato metálico. Para el PVC flexible sería suficiente sólo 0,25 partes por cada cien partes de ácido esteárico. En los plastisoles, la mayoría de las formulaciones no contiene lubricante.

En las tres técnicas se usa resina de PVC. Sin embargo, hay algunas diferencias en el tipo de resina. Los plastisoles requieren una con muy pequeño tamaño de partícula, usualmente un micrómetro; por eso se usan resinas en emulsión. En los flexibles, se requieren partículas de resinas con gran capacidad de absorción del plastificante. En los



rígidos se prefieren partículas de alta densidad aparente, para obtener la máxima producción.

2. ANTECEDENTES

El desarrollo inicial de la tecnología, se analiza en la sección del PVC flexible. En la década de los años treinta, la tecnología del PVC rígido se usó mucho en Alemania, donde se demostraron las notables propiedades del material y donde los técnicos aprendieron a superar las dificultades en el procesamiento de este polímero. Un detalle poco conocido pero importante, fue que los alemanes explotaron la facilidad para procesar el PVC durante la Segunda Guerra Mundial, al producir una tubería que permitió restablecer el servicio de agua potable en la ciudad, unas cuantas horas después de un fuerte ataque aéreo.

Parte de la tecnología alemana del PVC rígido fue llevada a los Estados Unidos por la U.S. Army Quartermaster Corp. Y el U.S. Bureau of Standards en 1946. Luego a finales de los años cincuenta, se introdujo el extrusor de doble husillo en Europa y llegó a Estados Unidos en los años sesenta. Esto promovió el uso más amplio del PVC rígido, especialmente en el mercado de las tuberías.



3. POLIMERIZACION

3.1 Producción del monómero cloruro de vinilo.

Para la producción de este monómero se requieren como materias primas acetileno, etileno, cloro y oxígeno. El origen de esas materias primas se muestra en la siguiente figura:

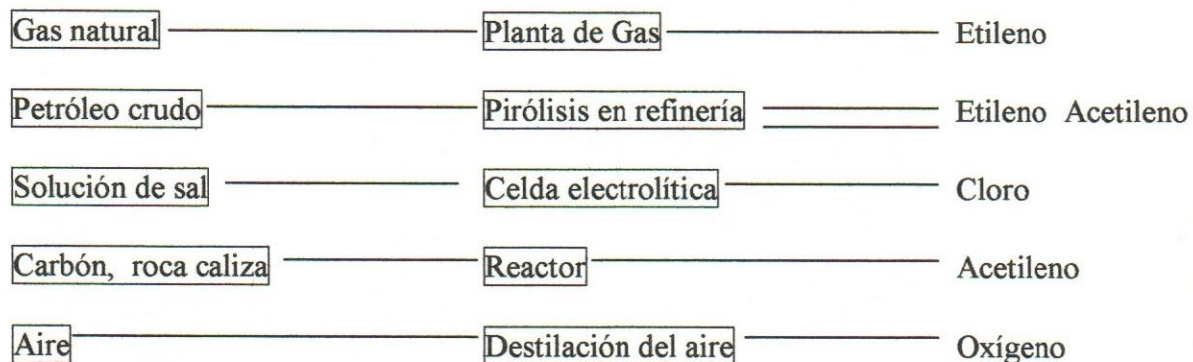


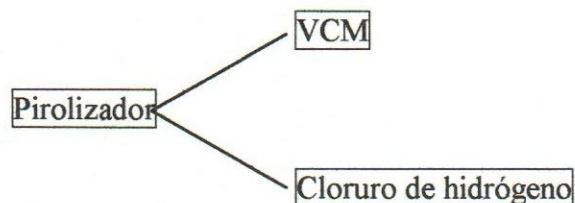
Figura 2. Origen de las materias primas.

El proceso para convertir las materias primas en cloruro de vinilo, se muestra en la siguiente figura:

Proceso acetileno



Proceso etileno





Proceso balanceado

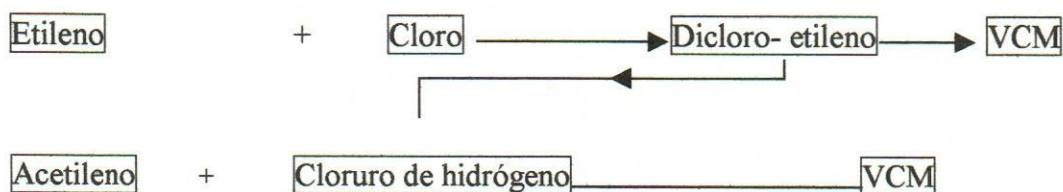


Figura 3. Conversión de materias primas en cloruro de vinilo.

Todo el VCM producido se emplea en la obtención de la resina de PVC. A temperaturas y presiones normales, el VCM es un gas incoloro, denso, con olor dulce agradable. Generalmente se le almacena en estado líquido bajo presión en tanques de acero.

3.2 Producción de la resina de PVC.

La resina de PVC se produce por cuatro métodos: en masa, suspensión, emulsión y solución. Mundialmente, se estima que el 70% se produce con el método de suspensión, 20% en emulsión, 9% en masa y 1% en solución.

3.3 Suspensión

El proceso de polimerización en suspensión a veces se le llama proceso granular, de perlas o de cuentas. El PVC que se produce en esa forma tiene partículas relativamente grandes (malla 40 a 200), bajo nivel de impurezas y se parece en su forma a las naranjas arrugadas.

En 1984 B.F. Goodrich sacó al mercado una variedad de PVC llamada Vantage PR, que era preparado con un nuevo proceso llamado microsuspensión. Tenía partículas



esféricas, uniformes (malla 20 a 50) con alta densidad aparente y mejores propiedades para ser procesado.

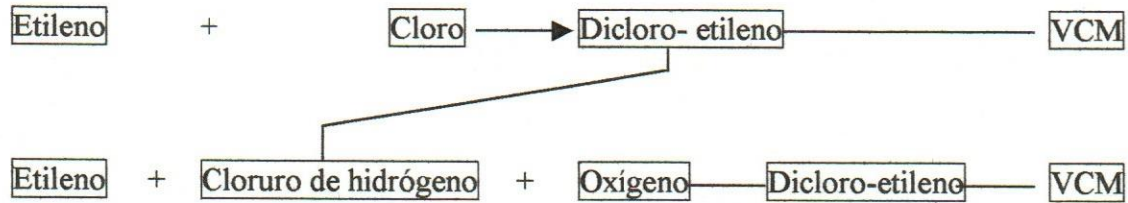


Figura 4. Proceso de oxiclорación.

3.4 Emulsión

El polímero obtenido por el proceso de emulsión se usa para hacer plastisoles y organosoles; así como para la producción de PVC de uso general. Tiene partículas muy pequeñas (1 micrómetro) de forma esférica; el problema es que tiene alta concentración de impurezas.

3.5 En masa.

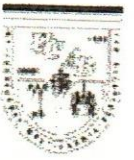
A diferencia de los otros procesos, el de masa produce partículas irregulares que en algunos casos tienen que pulverizarse criogénicamente. El PVC obtenido en masa casi no tiene impurezas.

3.6 En solución

El proceso de polimerización en solución se usa para producir resinas altamente especializadas, las cuales tienen un costo mayor.

3.6 Descripción

El PVC es un polímero esencialmente amorfo (con muy poco grado de cristalinidad) y con unidades estructurales “cabeza con cola”. Contiene 0,4 a 1,1 ramificaciones por cada



100 átomos de carbono en las cadenas. Su temperatura de transición vítrea es $176^{\circ}\text{F}(80^{\circ}\text{C})$ aproximadamente y varía con la temperatura de polimerización. La temperatura de fusión depende del peso molecular, la distribución de pesos moleculares y la temperatura de polimerización.

Las resinas comerciales de PVC se degradan a temperaturas moderadas de proceso, pero el desarrollo de estabilizadores térmicos que inhiben la degradación ha permitido procesar este material.

3.7 Descripción de Propiedades

En general, los compuestos de PVC rígido contienen 90% de resina. Los aditivos se incluyen para resolver problemas de procesamiento o para lograr las propiedades deseadas en los productos finales. Entonces, hay una búsqueda de equilibrio constante entre las condiciones del procesamiento y las propiedades físicas de los productos. Los aditivos principales utilizados en la producción del PVC se muestran en la tabla 1 (ver anexo 2 tablas).

3.7.1 Propiedades térmicas

Las resinas comerciales de PVC tienen una temperatura de transición vítrea (T_g) de aproximadamente $178^{\circ}\text{F}(81^{\circ}\text{C})$. Los mejores resultados se obtienen cuando la resina y los aditivos se mezclan a temperaturas más altas que la T_g .

La transición de primer orden, la temperatura de fusión (T_m), es $347^{\circ}\text{F}(175^{\circ}\text{C})$ en el PVC rígido. La temperatura práctica del proceso del PVC rígido oscila entre 320 y 428°F (160 a 220°C), dependiendo del peso molecular de la resina así como del tipo y cantidad de los aditivos en la formulación.



El coeficiente de expansión térmica lineal del PVC rígido es importante si se usa en exteriores, y su valor medido según la ASTM D696 es 9 a 18 mm/mm/°C.

3.7.2 Propiedades mecánicas.

Las propiedades del PVC rígido varían según los aditivos que se agregan.

3.7.3 Propiedades ópticas.

Los plásticos de PVC rígidos tienen propiedades ópticas notables. Se pueden hacer con ellos productos transparentes y opacos.

3.7.4 Propiedades ambientales.

El PVC rígido se usa mucho cuando se requiere muy buena resistencia a los ácidos y los álcalis. Se le puede formular para que tenga excelente resistencia al ambiente.

ANEXO "2"
Tablas



TABLA 1. Aditivos para plásticos de PVC rígido.

Tipo de aditivo	Función
Estabilizador	Inhibir degradación
Auxiliar en el proceso	Mejorar resistencia de la masa fundida, alargamiento por calor, brillo, fusión.
Modificador de impacto	Mejorar resistencia al impacto
Lubricante	Mejorar propiedades de flujo y de procesamiento
Relleno o carga	Reducir costos
Espumante	Producir estructura celular
Colorante	Impartir color
Absorbedor UV	Proteger contra luz UV
Agentes de antibloqueo y deslizamiento	Reducir la fricción
Refuerzo	Aumentar la resistencia



TABLA. 2 . Velocidades y caudales para tuberías de P.V.C con $n = 0,009$.

n = 0,009	Diám 160mm		Diám 200mm		Diám 250mm		Diám 315mm		Diám 400mm	
	Diam interno 153.6mm (6")		Diam interno 192.0mm (8")		Diam interno 240.2mm (10")		Diam interno 302.6mm (12")		Diam interno 384.2mm (15")	
	V = 12.647(s)1/2		V = 14.675(s)1/2		V = 17.039(s)1/2		V = 19.875(s)1/2		V = 23.304(s)1/2	
	Q = 0.234(s)1/2		Q = 0.425(s)1/2		Q = 0.772(s)1/2		Q = 1.429(s)1/2		Q = 2.702(s)1/2	
Pendiente %	V (m/s)	Q (lts/s)	V (m/s)	Q (lts/s)	V (m/s)	Q (lts/s)	V (m/s)	Q (lts/s)	V (m/s)	Q (lts/s)
10	4	74.00	4.64	134.40	5.39	244.13	6.29	451.89	7.37	854.45
9.5	3.9	72.12	4.52	130.99	5.25	237.95	6.13	440.45	7.18	832.81
9	3.79	70.20	4.40	127.50	5.11	231.60	5.96	428.70	6.99	810.60
8.5	3.69	68.22	4.28	123.91	4.97	225.07	5.79	416.62	6.79	787.76
8	3.58	66.19	4.15	120.21	4.82	218.35	5.62	404.18	6.59	764.24
7.5	3.46	64.08	4.02	116.39	4.67	211.42	5.44	391.35	6.38	739.97
7	3.35	61.91	3.88	112.44	4.51	204.25	5.26	378.08	6.17	714.88
6.5	3.22	59.66	3.74	108.35	4.34	196.82	5.07	364.32	5.94	688.88
6	3.1	57.32	3.59	104.10	4.17	189.10	4.87	350.03	5.71	661.85
5.5	2.97	54.88	3.44	99.67	4.00	181.05	4.66	335.13	5.47	633.68
5	2.83	52.32	3.28	95.03	3.81	172.62	4.44	319.53	5.21	604.19
4.5	2.68	49.64	3.11	90.16	3.61	163.77	4.22	303.14	4.94	573.18
4	2.53	46.80	2.94	85.00	3.41	154.40	3.98	285.80	4.66	540.40
3.5	2.37	43.78	2.75	79.51	3.19	144.43	3.72	267.34	4.36	505.50
3	2.19	40.53	2.54	73.61	2.95	133.71	3.44	247.51	4.04	468.00
2.5	2	37.00	2.32	67.20	2.69	122.06	3.14	225.94	3.68	427.22
2.4	1.96	36.25	2.27	65.84	2.64	119.60	3.08	221.38	3.61	418.59
2.3	1.92	35.49	2.23	64.45	2.58	117.08	3.01	216.72	3.53	409.78
2.2	1.88	34.71	2.18	63.04	2.53	114.51	2.95	211.95	3.46	400.77
2.1	1.83	33.91	2.13	61.59	2.47	111.87	2.88	207.08	3.38	391.56
2	1.79	33.09	2.08	60.10	2.41	109.18	2.81	202.09	3.30	382.12
1.9	1.74	32.25	2.02	58.58	2.35	106.41	2.74	196.97	3.21	372.44
1.8	1.7	31.39	1.97	57.02	2.29	103.57	2.67	191.72	3.13	362.51
1.7	1.65	30.51	1.91	55.41	2.22	100.66	2.59	186.32	3.04	352.30
1.6	1.6	29.60	1.86	53.76	2.16	97.65	2.51	180.76	2.95	341.78
1.5	1.55	28.66	1.80	52.05	2.09	94.55	2.43	175.02	2.85	330.93
1.4	1.5	27.69	1.74	50.29	2.02	91.34	2.35	169.08	2.76	319.70
1.3	1.44	26.68	1.67	48.46	1.94	88.02	2.27	162.93	2.66	308.08
1.2	1.39	25.63	1.61	46.56	1.87	84.57	2.18	156.54	2.55	295.99
1.1	1.33	24.54	1.54	44.57	1.79	80.97	2.08	149.87	2.44	283.39
1	1.26	23.40	1.47	42.50	1.70	77.20	1.99	142.90	2.33	270.20
0.9	1.2	22.20	1.39	40.32	1.62	73.24	1.89	135.57	2.21	256.33
0.8	1.13	20.93	1.31	38.01	1.52	69.05	1.78	127.81	2.08	241.67
0.7	1.06	19.58	1.23	35.56	1.43	64.59	1.66	119.56	1.95	226.07
0.6	0.98	18.13	1.14	32.92	1.32	59.80	1.54	110.69	1.81	209.30
0.5	0.89	16.55	1.04	30.05	1.20	54.59	1.41	101.05	1.65	191.06
0.4	0.8	14.80	0.93	26.88	1.08	48.83	1.26	90.38	1.47	170.89
0.3	0.69	12.82	0.80	23.28	0.93	42.28	1.09	78.27	1.28	147.99
0.2	0.57	10.46	0.66	19.01	0.76	34.52	0.89	63.91	1.04	120.84
0.1					0.54	24.41	0.63	45.19	0.74	85.44
0.09							0.60	42.87	0.70	81.06

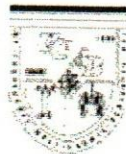


TABLA 3. Velocidades y caudales para tuberías de P.V.C con $n = 0,011$.

$n = 0,011$	Diám 160mm		Diám 200mm		Diám 250mm		Diám 315mm		Diám 400mm	
	Diam interno 153.6mm (6")		Diam interno 192.0mm (8")		Diam interno 240.2mm (10")		Diam interno 302.6mm (12")		Diam interno 384.2mm (15")	
	V = 10.347(s)1/2		V = 12.007(s)1/2		V = 13.941(s)1/2		V = 16.261(s)1/2		V = 19.067(s)1/2	
	Q = 0.192(s)1/2		Q = 0.348(s)1/2		Q = 0.632(s)1/2		Q = 1.169(s)1/2		Q = 2.210(s)1/2	
Pendiente %	V (m/s)	Q (lts/s)	V (m/s)	Q (lts/s)	V (m/s)	Q (lts/s)	V (m/s)	Q (lts/s)	V (m/s)	Q (lts/s)
10	3.27	60.72	3.80	110.05	4.41	199.86	5.14	369.67	6.03	698.86
9.5	3.19	59.18	3.70	107.26	4.30	194.80	5.01	360.31	5.88	681.17
9	3.10	57.60	3.60	104.40	4.18	189.60	4.88	350.70	5.72	663.00
8.5	3.02	55.98	3.50	101.46	4.06	184.26	4.74	340.82	5.56	644.32
8	2.93	54.31	3.40	98.43	3.94	178.76	4.60	330.64	5.39	625.08
7.5	2.83	52.58	3.29	95.30	3.82	173.08	4.45	320.14	5.22	605.23
7	2.74	50.80	3.18	92.07	3.69	167.21	4.30	309.29	5.04	584.71
6.5	2.64	48.95	3.06	88.72	3.55	161.13	4.15	298.04	4.86	563.44
6	2.53	47.03	2.94	85.24	3.41	154.81	3.98	286.35	4.67	541.34
5.5	2.43	45.03	2.82	81.61	3.27	148.22	3.81	274.15	4.47	518.29
5	2.31	42.93	2.68	77.82	3.12	141.32	3.64	261.40	4.26	494.17
4.5	2.19	40.73	2.55	73.82	2.96	134.07	3.45	247.98	4.04	468.81
4	2.07	38.40	2.40	69.60	2.79	126.40	3.25	233.80	3.81	442.00
3.5	1.94	35.92	2.25	65.10	2.61	118.24	3.04	218.70	3.57	413.45
3	1.79	33.26	2.08	60.28	2.41	109.47	2.82	202.48	3.30	382.78
2.5	1.64	30.36	1.90	55.02	2.20	99.93	2.57	184.84	3.01	349.43
2.4	1.60	29.74	1.86	53.91	2.16	97.91	2.52	181.10	2.95	342.37
2.3	1.57	29.12	1.82	52.78	2.11	95.85	2.47	177.29	2.89	335.16
2.2	1.53	28.48	1.78	51.62	2.07	93.74	2.41	173.39	2.83	327.80
2.1	1.50	27.82	1.74	50.43	2.02	91.59	2.36	169.40	2.76	320.26
2	1.46	27.15	1.70	49.21	1.97	89.38	2.30	165.32	2.70	312.54
1.9	1.43	26.47	1.66	47.97	1.92	87.12	2.24	161.14	2.63	304.63
1.8	1.39	25.76	1.61	46.69	1.87	84.79	2.18	156.84	2.56	296.50
1.7	1.35	25.03	1.57	45.37	1.82	82.40	2.12	152.42	2.49	288.15
1.6	1.31	24.29	1.52	44.02	1.76	79.94	2.06	147.87	2.41	279.55
1.5	1.27	23.52	1.47	42.62	1.71	77.40	1.99	143.17	2.34	270.67
1.4	1.22	22.72	1.42	41.18	1.65	74.78	1.92	138.32	2.26	261.49
1.3	1.18	21.89	1.37	39.68	1.59	72.06	1.85	133.29	2.17	251.98
1.2	1.13	21.03	1.32	38.12	1.53	69.23	1.78	128.06	2.09	242.09
1.1	1.09	20.14	1.26	36.50	1.46	66.28	1.71	122.61	2.00	231.79
1	1.03	19.20	1.20	34.80	1.39	63.20	1.63	116.90	1.91	221.00
0.9	0.98	18.21	1.14	33.01	1.32	59.96	1.54	110.90	1.81	209.66
0.8	0.93	17.17	1.07	31.13	1.25	56.53	1.45	104.56	1.71	197.67
0.7	0.87	16.06	1.00	29.12	1.17	52.88	1.36	97.81	1.60	184.90
0.6	0.80	14.87	0.93	26.96	1.08	48.95	1.26	90.55	1.48	171.19
0.5	0.73	13.58	0.85	24.61	0.99	44.69	1.15	82.66	1.35	156.27
0.4	0.65	12.14	0.76	22.01	0.88	39.97	1.03	73.93	1.21	139.77
0.3	0.57	10.52	0.66	19.06	0.76	34.62	0.89	64.03	1.04	121.05
0.2					0.62	28.26	0.73	52.28	0.85	98.83
0.1									0.60	69.89
0.09									0.57	66.30



TABLA.6.Comparación de velocidades y caudales entre tuberías de P.V.C de diámetro 6 pulgadas y $n = 0,009$ y concreto de diámetro 8 pulgadas y $n = 0,015$.

Pendiente %	P.V.C		Concreto	
	$n = 0,009$		$n = 0,015$	
	Diám 160mm		Diám 244mm	
	Diam interno 153.6mm(6")		Diam interno 200mm (8")	
	V = 12.647(s)1/2		V =9.048 (s)1/2	
	Q = 0.234(s)1/2		Q = 0.284(s)1/2	
	V (m/s)	Q (lts/s)	V (m/s)	Q (lts/s)
10	4	74.00	2.86	89.81
9.5	3.9	72.12	2.79	87.53
9	3.79	70.20	2.71	85.20
8.5	3.69	68.22	2.64	82.80
8	3.58	66.19	2.56	80.33
7.5	3.46	64.08	2.48	77.78
7	3.35	61.91	2.39	75.14
6.5	3.22	59.66	2.31	72.41
6	3.1	57.32	2.22	69.57
5.5	2.97	54.88	2.12	66.60
5	2.83	52.32	2.02	63.50
4.5	2.68	49.64	1.92	60.25
4	2.53	46.80	1.81	56.80
3.5	2.37	43.78	1.69	53.13
3	2.19	40.53	1.57	49.19
2.5	2	37.00	1.43	44.90
2.4	1.96	36.25	1.40	44.00
2.3	1.92	35.49	1.37	43.07
2.2	1.88	34.71	1.34	42.12
2.1	1.83	33.91	1.31	41.16
2	1.79	33.09	1.28	40.16
1.9	1.74	32.25	1.25	39.15
1.8	1.7	31.39	1.21	38.10
1.5	1.55	28.66	1.11	34.78
1.4	1.5	27.69	1.07	33.60
1.3	1.44	26.68	1.03	32.38
1.2	1.39	25.63	0.99	31.11
1.1	1.33	24.54	0.95	29.79
1	1.26	23.40	0.90	28.40
0.9	1.2	22.20	0.86	26.94
0.8	1.13	20.93	0.81	25.40
0.7	1.06	19.58	0.76	23.76
0.6	0.98	18.13	0.70	22.00
0.5	0.89	16.55	0.64	20.08
0.4	0.8	14.80	0.57	17.96
0.3	0.69	12.82		
0.2	0.57	10.46		
0.1				
0.09				



TABLA.7.Comparación de velocidades y caudales entre tuberías de P.V.C de diámetro 6 pulgadas y $n = 0,011$ y concreto de diámetro 8 pulgadas y $n = 0,013$.

Pendiente %	P.V.C $n = 0,011$		Concreto $n = 0,013$	
	Diám 160mm		Diám 276mm	
	Diam interno 153.6mm (6")		Diam interno 200mm (8")	
	$V = 10.347(s)1/2$		$V = 9.048(s)1/2$	
	$Q = 0.192(s)1/2$		$Q = 0.284(s)1/2$	
	V (m/s)	Q (lts/s)	V (m/s)	Q (lts/s)
10	3.27	60.72	3.30	103.72
9.5	3.19	59.18	3.22	101.10
9	3.10	57.60	3.13	98.40
8.5	3.02	55.98	3.04	95.63
8	2.93	54.31	2.95	92.77
7.5	2.83	52.58	2.86	89.83
7	2.74	50.80	2.76	86.78
6.5	2.64	48.95	2.66	83.62
6	2.53	47.03	2.56	80.34
5.5	2.43	45.03	2.45	76.92
5	2.31	42.93	2.33	73.34
4.5	2.19	40.73	2.21	69.58
4	2.07	38.40	2.09	65.60
3.5	1.94	35.92	1.95	61.36
3	1.79	33.26	1.81	56.81
2.5	1.64	30.36	1.65	51.86
2.4	1.60	29.74	1.62	50.81
2.3	1.57	29.12	1.58	49.74
2.2	1.53	28.48	1.55	48.65
2.1	1.50	27.82	1.51	47.53
2	1.46	27.15	1.48	46.39
1.5	1.27	23.52	1.28	40.17
1.4	1.22	22.72	1.24	38.81
1.3	1.18	21.89	1.19	37.40
1.2	1.13	21.03	1.14	35.93
1.1	1.09	20.14	1.09	34.40
1	1.03	19.20	1.04	32.80
0.9	0.98	18.21	0.99	31.12
0.8	0.93	17.17	0.93	29.34
0.7	0.87	16.06	0.87	27.44
0.6	0.80	14.87	0.81	25.41
0.5	0.73	13.58	0.74	23.19
0.4	0.65	12.14	0.66	20.74
0.3	0.57	10.52	0.57	17.97
0.2				
0.1				
0.09				



TABLA 8. Pendientes equivalentes para igualar caudales y longitudes de tramos para mantener la cota de rasante final de la tubería.

CONCRETO			PVC			
n = 0,015 Diám 244mm Diam interno 200mm (8") V = 9.048 (s)1/2 Q = 0.284(s)1/2			n = 0.009		n = 0.011	
			Diám 160mm		Diám 160mm	
			Diam interno 153.6mm (6")		Diam interno 153.6mm(6")	
			V = 12.647(s)1/2		V = 10.347(s)1/2	
			Q = 0.234(s)1/2		Q = 0.192(s)1/2	
Pendiente %	V (m/s)	Q (lts/s)	Pendiente Equiv. s en %	Longitud tramo(m)	Pendiente s en %	Longitud tramo(m)
10	2.86	89.81	14.73	1.06	21.88	0.42
9.5	2.79	87.53	13.99	1.11	20.79	0.44
9	2.71	85.20	13.26	1.17	19.69	0.47
8.5	2.64	82.80	12.52	1.24	18.60	0.50
8	2.56	80.33	11.78	1.32	17.50	0.53
7.5	2.48	77.78	11.05	1.41	16.41	0.56
7	2.39	75.14	10.31	1.51	15.32	0.60
6.5	2.31	72.41	9.57	1.63	14.22	0.65
6	2.22	69.57	8.84	1.76	13.13	0.70
5.5	2.12	66.60	8.10	1.92	12.03	0.77
5	2.02	63.50	7.37	2.11	10.94	0.84
4.5	1.92	60.25	6.63	2.35	9.85	0.94
4	1.81	56.80	5.89	2.64	8.75	1.05
3.5	1.69	53.13	5.16	3.02	7.66	1.20
3	1.57	49.19	4.42	3.52	6.56	1.40
2.5	1.43	44.90	3.68	4.23	5.47	1.68
2.4	1.40	44.00	3.54	4.40	5.25	1.75
2.3	1.37	43.07	3.39	4.60	5.03	1.83
2.2	1.34	42.12	3.24	4.80	4.81	1.91
2.1	1.31	41.16	3.09	5.03	4.59	2.00
2	1.28	40.16	2.95	5.29	4.38	2.10
1.6	1.14	35.92	2.36	6.61	3.50	2.63
1.5	1.11	34.78	2.21	7.05	3.28	2.81
1.4	1.07	33.60	2.06	7.55	3.06	3.01
1.3	1.03	32.38	1.91	8.13	2.84	3.24
1.2	0.99	31.11	1.77	8.81	2.63	3.51
1.1	0.95	29.79	1.62	9.61	2.41	3.83
1	0.90	28.40	1.47	10.57	2.19	4.21
0.9	0.86	26.94	1.33	11.75	1.97	4.68
0.8	0.81	25.40	1.18	13.21	1.75	5.26
0.7	0.76	23.76	1.03	15.10	1.53	6.01
0.6	0.70	22.00	0.88	17.62	1.31	7.01
0.5	0.64	20.08	0.74	21.14	1.09	8.42
0.4	0.57	17.96	0.59	26.43	0.88	10.52
0.3	0.50	15.56	0.44	35.24	0.66	14.03
0.2	0.40	12.70	0.29	52.85	0.44	21.04
0.1						
0.09						

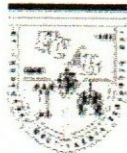


TABLA 9. Pendientes equivalentes para igualar caudales y longitudes de tramos para mantener la cota de rasante final de la tubería.

CONCRETO			PVC			
n = 0,013 Diám 244mm Diam interno 200mm (10") V = 10.44 (s)1/2 Q = 0.328(s)1/2			n = 0.009		n = 0.011	
			Diám 160mm		Diám 160mm	
			Diam interno 153.6mm(8")		Diam interno 153.6mm(8")	
			V = 12.647(s)1/2		V = 10.347(s)1/2	
			Q = 0.234(s)1/2		Q = 0.192(s)1/2	
Pendiente %	V (m/s)	Q (lts/s)	Pendiente Equiv. s en%	Longitud tramo(m)	Pendiente s en %	Longitud tramo(m)
10	3.30	103.72	19.65	0.52	29.18	0.26
9.5	3.22	101.10	18.67	0.55	27.72	0.27
9	3.13	98.40	17.68	0.58	26.27	0.29
8.5	3.04	95.63	16.70	0.61	24.81	0.31
8	2.95	92.77	15.72	0.65	23.35	0.33
7.5	2.86	89.83	14.74	0.69	21.89	0.35
7	2.76	86.78	13.75	0.74	20.43	0.37
6.5	2.66	83.62	12.77	0.80	18.97	0.40
6	2.56	80.34	11.79	0.86	17.51	0.43
5.5	2.45	76.92	10.81	0.94	16.05	0.47
5	2.33	73.34	9.82	1.04	14.59	0.52
4.5	2.21	69.58	8.84	1.15	13.13	0.58
4	2.09	65.60	7.86	1.30	11.67	0.65
3.5	1.95	61.36	6.88	1.48	10.21	0.74
3	1.81	56.81	5.89	1.73	8.76	0.87
2.5	1.65	51.86	4.91	2.07	7.30	1.04
2.4	1.62	50.81	4.72	2.16	7.00	1.09
2.3	1.58	49.74	4.52	2.25	6.71	1.13
2.2	1.55	48.65	4.32	2.36	6.42	1.18
2.1	1.51	47.53	4.13	2.47	6.13	1.24
2	1.48	46.39	3.93	2.59	5.84	1.30
1.6	1.32	41.49	3.14	3.24	4.67	1.63
1.5	1.28	40.17	2.95	3.45	4.38	1.74
1.4	1.24	38.81	2.75	3.70	4.09	1.86
1.3	1.19	37.40	2.55	3.99	3.79	2.00
1.2	1.14	35.93	2.36	4.32	3.50	2.17
1.1	1.09	34.40	2.16	4.71	3.21	2.37
1	1.04	32.80	1.96	5.18	2.92	2.61
0.9	0.99	31.12	1.77	5.76	2.63	2.90
0.8	0.93	29.34	1.57	6.48	2.33	3.26
0.7	0.87	27.44	1.38	7.40	2.04	3.72
0.6	0.81	25.41	1.18	8.64	1.75	4.34
0.5	0.74	23.19	0.98	10.00	1.46	5.00



TABLA 9. Pendientes equivalentes para igualar caudales y longitudes de tramos para mantener la cota de rasante final de la tubería.

CONCRETO			PVC			
n = 0,013 Diám 244mm Diam interno 200mm (10") V = 10.44 (s)1/2 Q = 0.328(s)1/2			n = 0.009		n = 0.011	
			Diám 160mm		Diám 160mm	
			Diam interno 153.6mm(8")		Diam interno 153.6mm(8")	
			V = 12.647(s)1/2		V = 10.347(s)1/2	
			Q = 0.234(s)1/2		Q = 0.192(s)1/2	
Pendiente %	V (m/s)	Q (lts/s)	Pendiente Equiv. s en%	Longitud tramo(m)	Pendiente s en %	Longitud tramo(m)
10	3.30	103.72	19.65	0.52	29.18	0.26
9.5	3.22	101.10	18.67	0.55	27.72	0.27
9	3.13	98.40	17.68	0.58	26.27	0.29
8.5	3.04	95.63	16.70	0.61	24.81	0.31
8	2.95	92.77	15.72	0.65	23.35	0.33
7.5	2.86	89.83	14.74	0.69	21.89	0.35
7	2.76	86.78	13.75	0.74	20.43	0.37
6.5	2.66	83.62	12.77	0.80	18.97	0.40
6	2.56	80.34	11.79	0.86	17.51	0.43
5.5	2.45	76.92	10.81	0.94	16.05	0.47
5	2.33	73.34	9.82	1.04	14.59	0.52
4.5	2.21	69.58	8.84	1.15	13.13	0.58
4	2.09	65.60	7.86	1.30	11.67	0.65
3.5	1.95	61.36	6.88	1.48	10.21	0.74
3	1.81	56.81	5.89	1.73	8.76	0.87
2.5	1.65	51.86	4.91	2.07	7.30	1.04
2.4	1.62	50.81	4.72	2.16	7.00	1.09
2.3	1.58	49.74	4.52	2.25	6.71	1.13
2.2	1.55	48.65	4.32	2.36	6.42	1.18
2.1	1.51	47.53	4.13	2.47	6.13	1.24
2	1.48	46.39	3.93	2.59	5.84	1.30
1.6	1.32	41.49	3.14	3.24	4.67	1.63
1.5	1.28	40.17	2.95	3.45	4.38	1.74
1.4	1.24	38.81	2.75	3.70	4.09	1.86
1.3	1.19	37.40	2.55	3.99	3.79	2.00
1.2	1.14	35.93	2.36	4.32	3.50	2.17
1.1	1.09	34.40	2.16	4.71	3.21	2.37
1	1.04	32.80	1.96	5.18	2.92	2.61
0.9	0.99	31.12	1.77	5.76	2.63	2.90
0.8	0.93	29.34	1.57	6.48	2.33	3.26
0.7	0.87	27.44	1.38	7.40	2.04	3.72
0.6	0.81	25.41	1.18	8.64	1.75	4.34
0.5	0.74	23.19	0.98	10.36	1.46	5.21
0.4	0.66	20.74	0.79	12.96	1.17	6.52
0.3	0.57	17.97	0.59	17.27	0.88	8.69
0.2	0.47	14.67	0.39	25.91	0.58	13.03
0.1	0.33	10.37	0.20	51.82	0.29	26.06
0.09	0.31	9.84	0.18	57.58	0.26	28.96



TABLA 10. Pendientes equivalentes para igualar caudales y longitudes de tramos para mantener la cota de rasante final de la tubería comparando tuberías de concreto de 10" y tuberías de P.V.C de 8".

Concreto n = 0,015 Diám 338mm Diam interno 250mm (10")			PVC			
			n = 0.009		n = 0.011	
			Diám 200mm	Diám 200mm		
			Diam interno 192.0mm(8")	Diam interno 192.0mm(8")		
V = 10.5(s)1/2			V = 14.675(s)1/2	V = 12.007(s)1/2		
Q = 0.516(s)1/2			Q = 0.425(s)1/2	Q = 0.348(s)1/2		
Pendiente %	V (m/s)	Q (lts/s)	Pendiente Equiv. s en%	Longitud tramo(m)	Pendiente s en %	Longitud tramo(m)
10	3.32	163.17	14.74	1.05	21.99	0.42
9.5	3.24	159.04	14.00	1.11	20.89	0.44
9	3.15	154.80	13.27	1.17	19.79	0.46
8.5	3.06	150.44	12.53	1.24	18.69	0.49
8	2.97	145.95	11.79	1.32	17.59	0.52
7.5	2.88	141.31	11.06	1.41	16.49	0.56
7	2.78	136.52	10.32	1.51	15.39	0.60
6.5	2.68	131.55	9.58	1.62	14.29	0.64
6	2.57	126.39	8.84	1.76	13.19	0.70
5.5	2.46	121.01	8.11	1.92	12.09	0.76
5	2.35	115.38	7.37	2.11	10.99	0.83
4.5	2.23	109.46	6.63	2.34	9.89	0.93
4	2.10	103.20	5.90	2.64	8.79	1.04
3.5	1.96	96.53	5.16	3.01	7.70	1.19
3	1.82	89.37	4.42	3.52	6.60	1.39
2.5	1.66	81.59	3.69	4.22	5.50	1.67
2.4	1.63	79.94	3.54	4.39	5.28	1.74
2.3	1.59	78.26	3.39	4.59	5.06	1.81
2.2	1.56	76.54	3.24	4.79	4.84	1.90
2.1	1.52	74.78	3.10	5.02	4.62	1.99
2	1.48	72.97	2.95	5.27	4.40	2.09
1.5	1.29	63.20	2.21	7.03	3.30	2.78
1.4	1.24	61.05	2.06	7.53	3.08	2.98
1.3	1.20	58.83	1.92	8.11	2.86	3.21
1.2	1.15	56.52	1.77	8.79	2.64	3.48
1.1	1.10	54.12	1.62	9.59	2.42	3.79
1	1.05	51.60	1.47	10.55	2.20	4.17
0.9	1.00	48.95	1.33	11.72	1.98	4.64
0.8	0.94	46.15	1.18	13.18	1.76	5.21
0.7	0.88	43.17	1.03	15.07	1.54	5.96
0.6	0.81	39.97	0.88	17.58	1.32	6.95
0.5	0.74	36.49	0.74	21.09	1.10	8.34
0.4	0.66	32.63	0.59	26.37	0.88	10.43
0.3	0.58	28.26	0.44	35.16	0.66	13.91
0.2	0.47	23.08	0.29	52.73	0.44	20.86
0.1	0.33	16.32	0.15	105.47	0.22	41.72
0.09	0.32	15.48	0.13	117.19	0.20	46.35



TABLA 11. Pendientes equivalentes para igualar caudales y longitudes de tramos para mantener la cota de rasante final de la tubería comparando tuberías de concreto de 10" y tuberías de P.V.C de 8".

Concreto			PVC			
n = 0,013 Diám 338mm Diam interno 250mm (10") V = 12.115(s)1/2 Q = 0.595(s)1/2			n = 0.009		n = 0.011	
			Diám 200mm		Diám 200mm	
			Diam interno 192.0mm (8")		Diam interno 192.0mm(8")	
			V = 14.675(s)1/2		V = 12.007(s)1/2	
			Q = 0.425(s)1/2		Q = 0.348(s)1/2	
Pendiente %	V (m/s)	Q (lts/s)	Pendiente Equiv. s en%	Longitud tramo(m)	Pendiente s en %	Longitud tramo(m)
10	3.83	188.16	19.60	0.52	29.23	0.26
9.5	3.73	183.39	18.62	0.55	27.77	0.27
9	3.63	178.50	17.64	0.58	26.31	0.29
8.5	3.53	173.47	16.66	0.61	24.85	0.31
8	3.43	168.29	15.68	0.65	23.39	0.32
7.5	3.32	162.95	14.70	0.69	21.92	0.35
7	3.21	157.42	13.72	0.74	20.46	0.37
6.5	3.09	151.70	12.74	0.80	19.00	0.40
6	2.97	145.74	11.76	0.87	17.54	0.43
5.5	2.84	139.54	10.78	0.95	16.08	0.47
5	2.71	133.05	9.80	1.04	14.62	0.52
4.5	2.57	126.22	8.82	1.16	13.15	0.58
4	2.42	119.00	7.84	1.30	11.69	0.65
3.5	2.27	111.31	6.86	1.49	10.23	0.74
3	2.10	103.06	5.88	1.74	8.77	0.87
2.5	1.92	94.08	4.90	2.08	7.31	1.04
2.4	1.88	92.18	4.70	2.17	7.02	1.08
2.3	1.84	90.24	4.51	2.26	6.72	1.13
2.2	1.80	88.25	4.31	2.37	6.43	1.18
2.1	1.76	86.22	4.12	2.48	6.14	1.24
2	1.71	84.15	3.92	2.60	5.85	1.30
1.5	1.48	72.87	2.94	3.47	4.38	1.73
1.4	1.43	70.40	2.74	3.72	4.09	1.86
1.3	1.38	67.84	2.55	4.01	3.80	2.00
1.2	1.33	65.18	2.35	4.34	3.51	2.17
1.1	1.27	62.40	2.16	4.73	3.22	2.36
1	1.21	59.50	1.96	5.21	2.92	2.60
0.9	1.15	56.45	1.76	5.79	2.63	2.89
0.8	1.08	53.22	1.57	6.51	2.34	3.25
0.7	1.01	49.78	1.37	7.44	2.05	3.71
0.6	0.94	46.09	1.18	8.68	1.75	4.33
0.5	0.86	42.07	0.98	10.42	1.46	5.20
0.4	0.77	37.63	0.78	13.02	1.17	6.50
0.3	0.66	32.59	0.59	17.36	0.88	8.67
0.2	0.54	26.61	0.39	26.04	0.58	13.00
0.1	0.38	18.82	0.20	52.08	0.29	26.00
0.09	0.36	17.85	0.18	57.87	0.26	28.89



TABLA 12. Comparación entre tuberías de concreto (8") con $n = 0,015$ y tuberías de P.V.C (6") con $n = 0,009$. Se muestra para distintas longitudes de tramo y pendientes de colocación en concreto, los valores de pendientes obtenidos para el P.V.C con sus caudales respectivos, manteniendo las cotas finales de rasante de las tuberías al mismo nivel.

Longitud (metros)	Concreto $n = 0,015$		P.V.C $n = 0,009$	
	Pendiente (por mil)	Caudal (lts/s)	D = 153.6mm (6")	
			Pendiente (por mil)	Caudal (lts/s)
1000	3	15.56	3.05	12.94
100		15.56	3.5	13.86
15		15.56	6.33	18.64
10		15.56	8	20.96
1000	4	17.96	4.05	14.91
100		17.96	4.5	15.72
15		17.96	7.33	20.06
10		17.96	9	22.23
1000	5	20.08	5.05	16.65
100		20.08	5.5	17.38
15		20.08	8.33	21.39
10		20.08	10	23.43
1000	6	22.00	6.05	18.23
100		22.00	6.5	18.89
15		22.00	9.33	22.64
10		22.00	11	24.58
1000	7	23.76	7.05	19.68
100		23.76	7.5	20.29
15		23.76	10.33	23.82
10		23.76	12	25.67
1000	8	25.40	8.05	21.03
100		25.40	8.5	21.61
15		25.40	11.33	24.94
10		25.40	13	26.72
1000	9	26.94	9.05	22.29
100		26.94	9.5	22.84
15		26.94	12.33	26.02
10		26.94	14	27.73
1000	10	28.4	10.05	23.49
100		28.4	10.5	24.01
10		28.4	15	28.70
1000	15	34.78	15.05	28.75
100		34.78	15.5	29.18
10		34.78	20	33.14
1000	20	40.16	20.05	33.18
100		40.16	20.5	33.55
10		40.16	25	37.05

NOTA: Observar como los caudales resaltados en gris son mayores para el P.V.C.



TABLA 13. Profundidades inicial y final de la rasante, y valores de excavación en m³ para valores constantes de caudal en tramos de 1000 m. de longitud con concreto con n=0,015.

CONCRETO n = 0,015 Diám 244mm Diam interno 200mm (8")				PVC n = 0.009 Diám 160mm Diam interno 153.6mm (6")			
Pendiente %	Prof. inicial rasante tubería (m)	Prof. final rasante tubería (m)	Excavación (m3)	Pendientes en %	Prof. inicial rasante tubería (m)	Prof. final rasante tubería (m)	Excavación (m3)
10	1.35	101.35	945	14.73	1.3	148.60	17465.26
9.5	1.35	96.35	945	13.99	1.3	141.24	16637.50
9	1.35	91.35	945	13.26	1.3	133.87	15809.74
8.5	1.35	86.35	945	12.52	1.3	126.51	14981.97
8	1.35	81.35	945	11.78	1.3	119.14	14154.21
7.5	1.35	76.35	945	11.05	1.3	111.78	13326.45
7	1.35	71.35	945	10.31	1.3	104.41	12498.68
6.5	1.35	66.35	945	9.57	1.3	97.05	11670.92
6	1.35	61.35	945	8.84	1.3	89.68	10843.16
5.5	1.35	56.35	945	8.10	1.3	82.32	10015.39
5	1.35	51.35	945	7.37	1.3	74.95	9187.63
4.5	1.35	46.35	945	6.63	1.3	67.59	8359.87
4	1.35	41.35	945	5.89	1.3	60.22	7532.11
3.5	1.35	36.35	945	5.16	1.3	52.86	6704.34
3	1.35	31.35	945	4.42	1.3	45.49	5876.58
2.6	1.35	27.35	945	3.83	1.3	39.60	5214.37
2.5	1.35	26.35	945	3.68	1.3	38.13	5048.82
2.4	1.35	25.35	945	3.54	1.3	36.65	4883.26
2.3	1.35	24.35	945	3.39	1.3	35.18	4717.71
2.2	1.35	23.35	945	3.24	1.3	33.71	4552.16
2.1	1.35	22.35	945	3.09	1.3	32.23	4386.61
2	1.35	21.35	945	2.95	1.3	30.76	4221.05
1.7	1.35	18.35	945	2.50	1.3	26.34	3724.39
1.6	1.35	17.35	945	2.36	1.3	24.87	3558.84
1.5	1.35	16.35	945	2.21	1.3	23.40	3393.29
1.4	1.35	15.35	945	2.06	1.3	21.92	3227.74
1.3	1.35	14.35	945	1.91	1.3	20.45	3062.18
1.2	1.35	13.35	945	1.77	1.3	18.98	2896.63
1.1	1.35	12.35	945	1.62	1.3	17.50	2731.08
1	1.35	11.35	945	1.47	1.3	16.03	2565.53
0.9	1.35	10.35	945	1.33	1.3	14.56	2399.97
0.8	1.35	9.35	945	1.18	1.3	13.08	2234.42
0.7	1.35	8.35	945	1.03	1.3	11.61	2068.87
0.6	1.35	7.35	945	0.88	1.3	10.14	1903.32
0.5	1.35	6.35	945	0.74	1.3	8.67	1737.76
0.4	1.35	5.35	945	0.59	1.3	7.19	1572.21
0.3	1.35	4.35	945	0.44	1.3	5.72	1406.66
0.2	1.35	3.35	945	0.29	1.3	4.25	1241.11
0.1	1.35	2.35	945	0.15	1.3	2.77	1075.55
0.09	1.35	2.25	945	0.13	1.3	2.63	1059.00



TABLA 14. Profundidades inicial y final de la rasante, y valores de excavación en m³ para valores constantes de caudal en tramos de 1000 m. de longitud con concreto con $n = 0,013$.

CONCRETO $n = 0,013$ Diám 244mm Diam interno 200mm (8")				PVC $n = 0.009$ Diám 160mm Diam interno 153.6mm (6")			
Pendiente %	Cota inicial rasante tubería (m)	Cota final rasante tubería (m)	Excavación (m3)	Pendientes en %	Cota inicial rasante tubería (m)	Cota final rasante tubería (m)	Excavación (m3)
10	1.35	101.35	945	19.65	1.3	197.78	34677.62
9.5	1.35	96.35	945	18.67	1.3	187.95	32989.24
9	1.35	91.35	945	17.68	1.3	178.13	31300.86
8.5	1.35	86.35	945	16.70	1.3	168.31	29612.48
8	1.35	81.35	945	15.72	1.3	158.48	27924.10
7.5	1.35	76.35	945	14.74	1.3	148.66	26235.72
7	1.35	71.35	945	13.75	1.3	138.84	24547.34
6.5	1.35	66.35	945	12.77	1.3	129.01	22858.96
6	1.35	61.35	945	11.79	1.3	119.19	21170.57
5.5	1.35	56.35	945	10.81	1.3	109.36	19482.19
5	1.35	51.35	945	9.82	1.3	99.54	17793.81
4.5	1.35	46.35	945	8.84	1.3	89.72	16105.43
4	1.35	41.35	945	7.86	1.3	79.89	14417.05
3.5	1.35	36.35	945	6.88	1.3	70.07	12728.67
3	1.35	31.35	945	5.89	1.3	60.24	11040.29
2.6	1.35	27.35	945	5.11	1.3	52.38	9689.58
2.5	1.35	26.35	945	4.91	1.3	50.42	9351.91
2.4	1.35	25.35	945	4.72	1.3	48.45	9014.23
2.3	1.35	24.35	945	4.52	1.3	46.49	8676.55
2.2	1.35	23.35	945	4.32	1.3	44.53	8338.88
2.1	1.35	22.35	945	4.13	1.3	42.56	8001.20
2	1.35	21.35	945	3.93	1.3	40.60	7663.52
1.7	1.35	18.35	945	3.34	1.3	34.70	6650.50
1.6	1.35	17.35	945	3.14	1.3	32.74	6312.82
1.5	1.35	16.35	945	2.95	1.3	30.77	5975.14
1.4	1.35	15.35	945	2.75	1.3	28.81	5637.47
1.3	1.35	14.35	945	2.55	1.3	26.84	5299.79
1.2	1.35	13.35	945	2.36	1.3	24.88	4962.11
1.1	1.35	12.35	945	2.16	1.3	22.91	4624.44
1	1.35	11.35	945	1.96	1.3	20.95	4286.76
0.9	1.35	10.35	945	1.77	1.3	18.98	3949.09
0.8	1.35	9.35	945	1.57	1.3	17.02	3611.41
0.7	1.35	8.35	945	1.38	1.3	15.05	3273.73
0.6	1.35	7.35	945	1.18	1.3	13.09	2936.06
0.5	1.35	6.35	945	0.98	1.3	11.12	2598.38
0.4	1.35	5.35	945	0.79	1.3	9.16	2260.70
0.3	1.35	4.35	945	0.59	1.3	7.19	1923.03
0.2	1.35	3.35	945	0.39	1.3	5.23	1585.35
0.1	1.35	2.35	945	0.20	1.3	3.26	1247.68
0.09	1.35	2.25	945	0.18	1.3	3.07	1213.91



TABLA 15. Diferencia de excavación y costo asociado comparando concreto con $n = 0,013$ y P.V.C con $n = 0,009$.

CONCRETO $n = 0,013$ Diám 244mm Diam interno 200mm (8")		PVC $n = 0,009$ Diám 160mm Diam interno 153.6mm (6")			
Pendiente %	Excavación (m ³)	Excavación (m ³)	Diferencia en excavación (m ³)	Costo por m ³ (Bs)	Costo por diferencia
10	945	34677.62	33732.62	5000.00	168663118.20
9.5	945	32989.24	32044.24	5000.00	160221212.29
9	945	31300.86	30355.86	5000.00	151779306.38
8.5	945	29612.48	28667.48	5000.00	143337400.47
8	945	27924.10	26979.10	5000.00	134895494.56
7.5	945	26235.72	25290.72	5000.00	126453588.65
7	945	24547.34	23602.34	5000.00	118011682.74
6.5	945	22858.96	21913.96	5000.00	109569776.83
6	945	21170.57	20225.57	5000.00	101127870.92
5.5	945	19482.19	18537.19	5000.00	92685965.01
5	945	17793.81	16848.81	5000.00	84244059.10
4.5	945	16105.43	15160.43	5000.00	75802153.19
4	945	14417.05	13472.05	5000.00	67360247.28
3.5	945	12728.67	11783.67	5000.00	58918341.37
3	945	11040.29	10095.29	5000.00	50476435.46
2.6	945	9689.58	8744.58	5000.00	43722910.73
2.5	945	9351.91	8406.91	5000.00	42034529.55
2.4	945	9014.23	8069.23	5000.00	40346148.37
2.3	945	8676.55	7731.55	5000.00	38657767.19
2.2	945	8338.88	7393.88	5000.00	36969386.00
2.1	945	8001.20	7056.20	5000.00	35281004.82
2	945	7663.52	6718.52	5000.00	33592623.64
1.7	945	6650.50	5705.50	5000.00	28527480.09
1.6	945	6312.82	5367.82	5000.00	26839098.91
1.5	945	5975.14	5030.14	5000.00	25150717.73
1.4	945	5637.47	4692.47	5000.00	23462336.55
1.3	945	5299.79	4354.79	5000.00	21773955.37
1.2	945	4962.11	4017.11	5000.00	20085574.18
1.1	945	4624.44	3679.44	5000.00	18397193.00
1	945	4286.76	3341.76	5000.00	16708811.82
0.9	945	3949.09	3004.09	5000.00	15020430.64
0.8	945	3611.41	2666.41	5000.00	13332049.46
0.7	945	3273.73	2328.73	5000.00	11643668.27
0.6	945	2936.06	1991.06	5000.00	9955287.09
0.5	945	2598.38	1653.38	5000.00	8266905.91
0.4	945	2260.70	1315.70	5000.00	6578524.73
0.3	945	1923.03	978.03	5000.00	4890143.55
0.2	945	1585.35	640.35	5000.00	3201762.36
0.1	945	1247.68	302.68	5000.00	1513381.18
0.09	945	1213.91	268.91	5000.00	1344543.06



TABLA 16. Diferencia de excavación y costo asociado comparando concreto con $n = 0,015$ y P.V.C con $n = 0,009$.

CONCRETO $n = 0,015$ Diám 244mm Diam interno 200mm (8")		PVC $n = 0.009$ Diám 160mm Diam interno 153.6mm(6")			
Pendiente %	Excavación (m3)	Excavación (m3)	Diferencia en excavación (m ³)	Costo por m ³ (Bs)	Costo por diferencia
10	945	17465.26	16520.26	5000.00	82601316.75
9.5	945	16637.50	15692.50	5000.00	78462500.91
9	945	15809.74	14864.74	5000.00	74323685.08
8.5	945	14981.97	14036.97	5000.00	70184869.24
8	945	14154.21	13209.21	5000.00	66046053.40
7.5	945	13326.45	12381.45	5000.00	61907237.56
7	945	12498.68	11553.68	5000.00	57768421.73
6.5	945	11670.92	10725.92	5000.00	53629605.89
6	945	10843.16	9898.16	5000.00	49490790.05
5.5	945	10015.39	9070.39	5000.00	45351974.21
5	945	9187.63	8242.63	5000.00	41213158.38
4.5	945	8359.87	7414.87	5000.00	37074342.54
4	945	7532.11	6587.11	5000.00	32935526.70
3.5	945	6704.34	5759.34	5000.00	28796710.86
3	945	5876.58	4931.58	5000.00	24657895.03
2.5	945	5048.82	4103.82	5000.00	20519079.19
2.4	945	4883.26	3938.26	5000.00	19691316.02
2.3	945	4717.71	3772.71	5000.00	18863552.85
2.2	945	4552.16	3607.16	5000.00	18035789.69
2.1	945	4386.61	3441.61	5000.00	17208026.52
2	945	4221.05	3276.05	5000.00	16380263.35
1.7	945	3724.39	2779.39	5000.00	13896973.85
1.6	945	3558.84	2613.84	5000.00	13069210.68
1.5	945	3393.29	2448.29	5000.00	12241447.51
1.4	945	3227.74	2282.74	5000.00	11413684.35
1.3	945	3062.18	2117.18	5000.00	10585921.18
1.2	945	2896.63	1951.63	5000.00	9758158.01
1.1	945	2731.08	1786.08	5000.00	8930394.84
1	945	2565.53	1620.53	5000.00	8102631.68
0.9	945	2399.97	1454.97	5000.00	7274868.51
0.8	945	2234.42	1289.42	5000.00	6447105.34
0.7	945	2068.87	1123.87	5000.00	5619342.17
0.6	945	1903.32	958.32	5000.00	4791579.01
0.5	945	1737.76	792.76	5000.00	3963815.84
0.4	945	1572.21	627.21	5000.00	3136052.67
0.3	945	1406.66	461.66	5000.00	2308289.50
0.2	945	1241.11	296.11	5000.00	1480526.34
0.1	945	1075.55	130.55	5000.00	652763.17
0.09	945	1059.00	114.00	5000.00	569986.85



TABLA 17. Profundidades inicial y final de rasante, y valores de excavación en m³ para caudal constante en tramos de 1000 m. en terreno plano con concreto (n = 0,013).

CONCRETO n = 0,013 Diám 244mm Diam interno 200mm (8")				PVC n = 0.009 Diám 160mm Diam interno 153.6mm (6")			
Pendiente %	Cota inicial rasante tubería (m)	Cota final rasante tubería (m)	Excavación (m3)	Pendiente Equiv. %	Cota inicial rasante tubería (m)	Cota final rasante tubería (m)	Excavación (m3)
10	1.35	101.35	35945	19.65	1.3	197.78	69677.62
9.5	1.35	96.35	34195	18.67	1.3	187.95	66239.24
9	1.35	91.35	32445	17.68	1.3	178.13	62800.86
8.5	1.35	86.35	30695	16.70	1.3	168.31	59362.48
8	1.35	81.35	28945	15.72	1.3	158.48	55924.10
7.5	1.35	76.35	27195	14.74	1.3	148.66	52485.72
7	1.35	71.35	25445	13.75	1.3	138.84	49047.34
6.5	1.35	66.35	23695	12.77	1.3	129.01	45608.96
6	1.35	61.35	21945	11.79	1.3	119.19	42170.57
5.5	1.35	56.35	20195	10.81	1.3	109.36	38732.19
5	1.35	51.35	18445	9.82	1.3	99.54	35293.81
4.5	1.35	46.35	16695	8.84	1.3	89.72	31855.43
4	1.35	41.35	14945	7.86	1.3	79.89	28417.05
3.5	1.35	36.35	13195	6.88	1.3	70.07	24978.67
3	1.35	31.35	11445	5.89	1.3	60.24	21540.29
2.5	1.35	26.35	9695	4.91	1.3	50.42	18101.91
2.4	1.35	25.35	9345	4.72	1.3	48.45	17414.23
2.3	1.35	24.35	8995	4.52	1.3	46.49	16726.55
2.2	1.35	23.35	8645	4.32	1.3	44.53	16038.88
2.1	1.35	22.35	8295	4.13	1.3	42.56	15351.20
2	1.35	21.35	7945	3.93	1.3	40.60	14663.52
1.6	1.35	17.35	6545	3.14	1.3	32.74	11912.82
1.5	1.35	16.35	6195	2.95	1.3	30.77	11225.14
1.4	1.35	15.35	5845	2.75	1.3	28.81	10537.47
1.3	1.35	14.35	5495	2.55	1.3	26.84	9849.79
1.2	1.35	13.35	5145	2.36	1.3	24.88	9162.11
1.1	1.35	12.35	4795	2.16	1.3	22.91	8474.44
1	1.35	11.35	4445	1.96	1.3	20.95	7786.76
0.9	1.35	10.35	4095	1.77	1.3	18.98	7099.09
0.8	1.35	9.35	3745	1.57	1.3	17.02	6411.41
0.7	1.35	8.35	3395	1.38	1.3	15.05	5723.73
0.6	1.35	7.35	3045	1.18	1.3	13.09	5036.06
0.5	1.35	6.35	2695	0.98	1.3	11.12	4348.38
0.4	1.35	5.35	2345	0.79	1.3	9.16	3660.70
0.3	1.35	4.35	1995	0.59	1.3	7.19	2973.03
0.2	1.35	3.35	1645	0.39	1.3	5.23	2285.35
0.1	1.35	2.35	1295	0.20	1.3	3.26	1597.68
0.09	1.35	2.25	1260	0.18	1.3	3.07	1528.91



TABLA 18. Profundidades inicial y final de rasante, y valores de excavación en m³ para caudal constante en tramos de 1000 m. en terreno plano con concreto con $n = 0,015$.

CONCRETO $n = 0,015$ Diám 244mm Diam interno 200mm (8")				PVC $n = 0.009$ Diám 160mm Diam interno 153.6mm (6")			
Pendiente %	Prof. inicial rasante tubería (m)	Prof. final rasante tubería (m)	Excavación (m ³)	Pendiente Equiv. %	P. inicial rasante tubería (m)	P. final rasante tubería (m)	Excavación (m ³)
10	1.35	101.35	35945	14.73	1.3	148.60	52465.26
9.5	1.35	96.35	34195	13.99	1.3	141.24	49887.50
9	1.35	91.35	32445	13.26	1.3	133.87	47309.74
8.5	1.35	86.35	30695	12.52	1.3	126.51	44731.97
8	1.35	81.35	28945	11.78	1.3	119.14	42154.21
7.5	1.35	76.35	27195	11.05	1.3	111.78	39576.45
7	1.35	71.35	25445	10.31	1.3	104.41	36998.68
6.5	1.35	66.35	23695	9.57	1.3	97.05	34420.92
6	1.35	61.35	21945	8.84	1.3	89.68	31843.16
5.5	1.35	56.35	20195	8.10	1.3	82.32	29265.39
5	1.35	51.35	18445	7.37	1.3	74.95	26687.63
4.5	1.35	46.35	16695	6.63	1.3	67.59	24109.87
4	1.35	41.35	14945	5.89	1.3	60.22	21532.11
3.5	1.35	36.35	13195	5.16	1.3	52.86	18954.34
3	1.35	31.35	11445	4.42	1.3	45.49	16376.58
2.5	1.35	26.35	9695	3.68	1.3	38.13	13798.82
2.4	1.35	25.35	9345	3.54	1.3	36.65	13283.26
2.3	1.35	24.35	8995	3.39	1.3	35.18	12767.71
2.2	1.35	23.35	8645	3.24	1.3	33.71	12252.16
2.1	1.35	22.35	8295	3.09	1.3	32.23	11736.61
2	1.35	21.35	7945	2.95	1.3	30.76	11221.05
1.7	1.35	18.35	6895	2.50	1.3	26.34	9674.39
1.6	1.35	17.35	6545	2.36	1.3	24.87	9158.84
1.5	1.35	16.35	6195	2.21	1.3	23.40	8643.29
1.4	1.35	15.35	5845	2.06	1.3	21.92	8127.74
1.3	1.35	14.35	5495	1.91	1.3	20.45	7612.18
1.2	1.35	13.35	5145	1.77	1.3	18.98	7096.63
1.1	1.35	12.35	4795	1.62	1.3	17.50	6581.08
1	1.35	11.35	4445	1.47	1.3	16.03	6065.53
0.9	1.35	10.35	4095	1.33	1.3	14.56	5549.97
0.8	1.35	9.35	3745	1.18	1.3	13.08	5034.42
0.7	1.35	8.35	3395	1.03	1.3	11.61	4518.87
0.6	1.35	7.35	3045	0.88	1.3	10.14	4003.32
0.5	1.35	6.35	2695	0.74	1.3	8.67	3487.76
0.4	1.35	5.35	2345	0.59	1.3	7.19	2972.21
0.3	1.35	4.35	1995	0.44	1.3	5.72	2456.66
0.2	1.35	3.35	1645	0.29	1.3	4.25	1941.11
0.1	1.35	2.35	1295	0.15	1.3	2.77	1425.55
0.09	1.35	2.25	1260	0.13	1.3	2.63	1374.00



TABLA 19. Diferencia de excavación y costo asociado comparando concreto con $n = 0,013$ y P.V.C con $n = 0,009$ en terreno plano.

CONCRETO $n = 0,013$ Diám 244mm Diam interno 200mm (8")		PVC $n = 0.009$ Diám 160mm Diam interno 153.6mm(6")			
Pendiente %	Excavación (m3)	Excavación (m3)	Diferencia en excavación (m ³)	Costo por m ³ (Bs)	Costo por diferencia
10	35945	69677.62	33732.62	5000.00	168663118.20
9.5	34195	66239.24	32044.24	5000.00	160221212.29
9	32445	62800.86	30355.86	5000.00	151779306.38
8.5	30695	59362.48	28667.48	5000.00	143337400.47
8	28945	55924.10	26979.10	5000.00	134895494.56
7.5	27195	52485.72	25290.72	5000.00	126453588.65
7	25445	49047.34	23602.34	5000.00	118011682.74
6.5	23695	45608.96	21913.96	5000.00	109569776.83
6	21945	42170.57	20225.57	5000.00	101127870.92
5.5	20195	38732.19	18537.19	5000.00	92685965.01
5	18445	35293.81	16848.81	5000.00	84244059.10
4.5	16695	31855.43	15160.43	5000.00	75802153.19
4	14945	28417.05	13472.05	5000.00	67360247.28
3.5	13195	24978.67	11783.67	5000.00	58918341.37
3	11445	21540.29	10095.29	5000.00	50476435.46
2.5	9695	18101.91	8406.91	5000.00	42034529.55
2.4	9345	17414.23	8069.23	5000.00	40346148.37
2.3	8995	16726.55	7731.55	5000.00	38657767.19
2.2	8645	16038.88	7393.88	5000.00	36969386.00
2.1	8295	15351.20	7056.20	5000.00	35281004.82
2	7945	14663.52	6718.52	5000.00	33592623.64
1.7	6895	12600.50	5705.50	5000.00	28527480.09
1.6	6545	11912.82	5367.82	5000.00	26839098.91
1.5	6195	11225.14	5030.14	5000.00	25150717.73
1.4	5845	10537.47	4692.47	5000.00	23462336.55
1.3	5495	9849.79	4354.79	5000.00	21773955.37
1.2	5145	9162.11	4017.11	5000.00	20085574.18
1.1	4795	8474.44	3679.44	5000.00	18397193.00
1	4445	7786.76	3341.76	5000.00	16708811.82
0.9	4095	7099.09	3004.09	5000.00	15020430.64
0.8	3745	6411.41	2666.41	5000.00	13332049.46
0.7	3395	5723.73	2328.73	5000.00	11643668.27
0.6	3045	5036.06	1991.06	5000.00	9955287.09
0.5	2695	4348.38	1653.38	5000.00	8266905.91
0.4	2345	3660.70	1315.70	5000.00	6578524.73
0.3	1995	2973.03	978.03	5000.00	4890143.55
0.2	1645	2285.35	640.35	5000.00	3201762.36
0.1	1295	1597.68	302.68	5000.00	1513381.18
0.09	1260	1528.91	268.91	5000.00	1344543.06



TABLA 20. Diferencia de excavación y costo asociado comparando concreto con $n = 0,015$ y P.V.C con $n = 0,009$ en terreno plano.

CONCRETO $n = 0,015$ Diám 244mm Diam interno 200mm (8")		PVC $n = 0.009$ Diám 160mm Diam interno 153.6mm(6")		Diferencia en excavación (m ³)	Costo por m ³ (Bs)	Costo por diferencia
Pendiente %	Excavación (m3)	Excavación (m3)				
10	35945	52465.26	16520.26	5000.00	82601316.75	
9.5	34195	49887.50	15692.50	5000.00	78462500.91	
9	32445	47309.74	14864.74	5000.00	74323685.08	
8.5	30695	44731.97	14036.97	5000.00	70184869.24	
8	28945	42154.21	13209.21	5000.00	66046053.40	
7.5	27195	39576.45	12381.45	5000.00	61907237.56	
7	25445	36998.68	11553.68	5000.00	57768421.73	
6.5	23695	34420.92	10725.92	5000.00	53629605.89	
6	21945	31843.16	9898.16	5000.00	49490790.05	
5.5	20195	29265.39	9070.39	5000.00	45351974.21	
5	18445	26687.63	8242.63	5000.00	41213158.38	
4.5	16695	24109.87	7414.87	5000.00	37074342.54	
4	14945	21532.11	6587.11	5000.00	32935526.70	
3.5	13195	18954.34	5759.34	5000.00	28796710.86	
3	11445	16376.58	4931.58	5000.00	24657895.03	
2.5	9695	13798.82	4103.82	5000.00	20519079.19	
2.4	9345	13283.26	3938.26	5000.00	19691316.02	
2.3	8995	12767.71	3772.71	5000.00	18863552.85	
2.2	8645	12252.16	3607.16	5000.00	18035789.69	
2.1	8295	11736.61	3441.61	5000.00	17208026.52	
2	7945	11221.05	3276.05	5000.00	16380263.35	
1.7	6895	9674.39	2779.39	5000.00	13896973.85	
1.6	6545	9158.84	2613.84	5000.00	13069210.68	
1.5	6195	8643.29	2448.29	5000.00	12241447.51	
1.4	5845	8127.74	2282.74	5000.00	11413684.35	
1.3	5495	7612.18	2117.18	5000.00	10585921.18	
1.2	5145	7096.63	1951.63	5000.00	9758158.01	
1.1	4795	6581.08	1786.08	5000.00	8930394.84	
1	4445	6065.53	1620.53	5000.00	8102631.68	
0.9	4095	5549.97	1454.97	5000.00	7274868.51	
0.8	3745	5034.42	1289.42	5000.00	6447105.34	
0.7	3395	4518.87	1123.87	5000.00	5619342.17	
0.6	3045	4003.32	958.32	5000.00	4791579.01	
0.5	2695	3487.76	792.76	5000.00	3963815.84	
0.4	2345	2972.21	627.21	5000.00	3136052.67	
0.3	1995	2456.66	461.66	5000.00	2308289.50	
0.2	1645	1941.11	296.11	5000.00	1480526.34	
0.1	1295	1425.55	130.55	5000.00	652763.17	
0.09	1260	1374.00	114.00	5000.00	569986.85	



TABLA 21. Costo de excavación más costo de material comparando concreto de 8" (n= 0,013) y P.V.C de 6" con n = 0,009 para tramos de 1000 metros.

CONCRETO n = 0,013 Diám 244mm Diam interno 200mm (8")			PVC n = 0.009 Diám 160mm Diam interno 153.6mm (6")		Costo de excavación		Costo de P.V.C de 6" menos Costo de Concreto de 8"
Pendiente %	Excavación (m3)	Costo tubo concreto 8"	Excavación (m3)	Costo tubo P.V.C 6"	Diferencia en excavación (m ³)	Costo por m ³ (Bs)	Costo por diferencia
10	945	5113000	34677.62	5193330.00	33732.62	5000.00	168743448.20
9.5	945	5113000	32989.24	5193330.00	32044.24	5000.00	160301542.29
9	945	5113000	31300.86	5193330.00	30355.86	5000.00	151859636.38
8.5	945	5113000	29612.48	5193330.00	28667.48	5000.00	143417730.47
8	945	5113000	27924.10	5193330.00	26979.10	5000.00	134975824.56
7.5	945	5113000	26235.72	5193330.00	25290.72	5000.00	126533918.65
7	945	5113000	24547.34	5193330.00	23602.34	5000.00	118092012.74
6.5	945	5113000	22858.96	5193330.00	21913.96	5000.00	109650106.83
6	945	5113000	21170.57	5193330.00	20225.57	5000.00	101208200.92
5.5	945	5113000	19482.19	5193330.00	18537.19	5000.00	92766295.01
5	945	5113000	17793.81	5193330.00	16848.81	5000.00	84324389.10
4.5	945	5113000	16105.43	5193330.00	15160.43	5000.00	75882483.19
4	945	5113000	14417.05	5193330.00	13472.05	5000.00	67440577.28
3.5	945	5113000	12728.67	5193330.00	11783.67	5000.00	58998671.37
3	945	5113000	11040.29	5193330.00	10095.29	5000.00	50556765.46
2.5	945	5113000	9351.91	5193330.00	8406.91	5000.00	42114859.55
2.4	945	5113000	9014.23	5193330.00	8069.23	5000.00	40426478.37
2.3	945	5113000	8676.55	5193330.00	7731.55	5000.00	38738097.19
2.2	945	5113000	8338.88	5193330.00	7393.88	5000.00	37049716.00
2.1	945	5113000	8001.20	5193330.00	7056.20	5000.00	35361334.82
2	945	5113000	7663.52	5193330.00	6718.52	5000.00	33672953.64
1.5	945	5113000	5975.14	5193330.00	5030.14	5000.00	25231047.73
1.4	945	5113000	5637.47	5193330.00	4692.47	5000.00	23542666.55
1.3	945	5113000	5299.79	5193330.00	4354.79	5000.00	21854285.37
1.2	945	5113000	4962.11	5193330.00	4017.11	5000.00	20165904.18
1.1	945	5113000	4624.44	5193330.00	3679.44	5000.00	18477523.00
1	945	5113000	4286.76	5193330.00	3341.76	5000.00	16789141.82
0.9	945	5113000	3949.09	5193330.00	3004.09	5000.00	15100760.64
0.8	945	5113000	3611.41	5193330.00	2666.41	5000.00	13412379.46
0.7	945	5113000	3273.73	5193330.00	2328.73	5000.00	11723998.27
0.6	945	5113000	2936.06	5193330.00	1991.06	5000.00	10035617.09
0.5	945	5113000	2598.38	5193330.00	1653.38	5000.00	8347235.91
0.4	945	5113000	2260.70	5193330.00	1315.70	5000.00	6658854.73
0.3	945	5113000	1923.03	5193330.00	978.03	5000.00	4970473.55
0.2	945	5113000	1585.35	5193330.00	640.35	5000.00	3282092.36
0.1	945	5113000	1247.68	5193330.00	302.68	5000.00	1593711.18
0.09	945	5113000	1213.91	5193330.00	268.91	5000.00	1424873.06



TABLA 22. Costo de excavación más costo de material comparando concreto de 8" (n= 0,015) y P.V.C de 6" con n = 0,009 para tramos de 1000 metros.

CONCRETO n = 0,015 Diám 244mm Diam interno 200mm (8")			PVC n = 0.009 Diám 160mm Diam interno 153.6mm(6")		Costo de excavación		Costo de P.V.C de 6" menos Costo de Concreto de 8"
Pendiente %	Excavación (m ³)	Costo tubo concreto 8"	Excavación (m ³)	Costo tubo P.V.C 6"	Diferencia en excavación (m ³)	Costo por m ³ (Bs)	Costo por diferencia
10	945	5113000	17465.26	5193330.00	16520.26	5000.00	82681646.75
9.5	945	5113000	16637.50	5193330.00	15692.50	5000.00	78542830.91
9	945	5113000	15809.74	5193330.00	14864.74	5000.00	74404015.08
8.5	945	5113000	14981.97	5193330.00	14036.97	5000.00	70265199.24
8	945	5113000	14154.21	5193330.00	13209.21	5000.00	66126383.40
7.5	945	5113000	13326.45	5193330.00	12381.45	5000.00	61987567.56
7	945	5113000	12498.68	5193330.00	11553.68	5000.00	57848751.73
6.5	945	5113000	11670.92	5193330.00	10725.92	5000.00	53709935.89
6	945	5113000	10843.16	5193330.00	9898.16	5000.00	49571120.05
5.5	945	5113000	10015.39	5193330.00	9070.39	5000.00	45432304.21
5	945	5113000	9187.63	5193330.00	8242.63	5000.00	41293488.38
4.5	945	5113000	8359.87	5193330.00	7414.87	5000.00	37154672.54
4	945	5113000	7532.11	5193330.00	6587.11	5000.00	33015856.70
3.5	945	5113000	6704.34	5193330.00	5759.34	5000.00	28877040.86
3	945	5113000	5876.58	5193330.00	4931.58	5000.00	24738225.03
2.5	945	5113000	5048.82	5193330.00	4103.82	5000.00	20599409.19
2.4	945	5113000	4883.26	5193330.00	3938.26	5000.00	19771646.02
2.3	945	5113000	4717.71	5193330.00	3772.71	5000.00	18943882.85
2.2	945	5113000	4552.16	5193330.00	3607.16	5000.00	18116119.69
2.1	945	5113000	4386.61	5193330.00	3441.61	5000.00	17288356.52
2	945	5113000	4221.05	5193330.00	3276.05	5000.00	16460593.35
1.7	945	5113000	3724.39	5193330.00	2779.39	5000.00	13977303.85
1.6	945	5113000	3558.84	5193330.00	2613.84	5000.00	13149540.68
1.5	945	5113000	3393.29	5193330.00	2448.29	5000.00	12321777.51
1.4	945	5113000	3227.74	5193330.00	2282.74	5000.00	11494014.35
1.3	945	5113000	3062.18	5193330.00	2117.18	5000.00	10666251.18
1.2	945	5113000	2896.63	5193330.00	1951.63	5000.00	9838488.01
1.1	945	5113000	2731.08	5193330.00	1786.08	5000.00	9010724.84
1	945	5113000	2565.53	5193330.00	1620.53	5000.00	8182961.68
0.9	945	5113000	2399.97	5193330.00	1454.97	5000.00	7355198.51
0.8	945	5113000	2234.42	5193330.00	1289.42	5000.00	6527435.34
0.7	945	5113000	2068.87	5193330.00	1123.87	5000.00	5699672.17
0.6	945	5113000	1903.32	5193330.00	958.32	5000.00	4871909.01
0.5	945	5113000	1737.76	5193330.00	792.76	5000.00	4044145.84
0.4	945	5113000	1572.21	5193330.00	627.21	5000.00	3216382.67
0.3	945	5113000	1406.66	5193330.00	461.66	5000.00	2388619.50
0.2	945	5113000	1241.11	5193330.00	296.11	5000.00	1560856.34
0.1	945	5113000	1075.55	5193330.00	130.55	5000.00	733093.17
0.09	945	5113000	1059.00	5193330.00	114.00	5000.00	650316.85



TABLA 23. Costo de excavación más costo de material comparando concreto de 8" con n= 0,013 y P.V.C de 6" con n = 0,009 para tramos de 1000 metros en terreno plano.

CONCRETO n = 0,013 Diám 244mm Diam interno 200mm (8")			PVC n = 0.009 Diám 160mm Diam interno 153.6mm(6")		Costo excavación.		Costo de P.V.C de 6" menos Costo de Concreto de 8"
Pendiente %	Excavación (m3)	Costo tubo concreto 8"	Excavación (m3)	Costo tubo P.V.C 6"	Diferencia en excavación (m ³)	Costo por m ³ (Bs)	Costo por diferencia
10	35945	5113000	69677.62	5193330.00	33732.62	5000.00	168743448.20
9.5	34195	5113000	66239.24	5193330.00	32044.24	5000.00	160301542.29
9	32445	5113000	62800.86	5193330.00	30355.86	5000.00	151859636.38
8.5	30695	5113000	59362.48	5193330.00	28667.48	5000.00	143417730.47
8	28945	5113000	55924.10	5193330.00	26979.10	5000.00	134975824.56
7.5	27195	5113000	52485.72	5193330.00	25290.72	5000.00	126533918.65
7	25445	5113000	49047.34	5193330.00	23602.34	5000.00	118092012.74
6.5	23695	5113000	45608.96	5193330.00	21913.96	5000.00	109650106.83
6	21945	5113000	42170.57	5193330.00	20225.57	5000.00	101208200.92
5.5	20195	5113000	38732.19	5193330.00	18537.19	5000.00	92766295.01
5	18445	5113000	35293.81	5193330.00	16848.81	5000.00	84324389.10
4.5	16695	5113000	31855.43	5193330.00	15160.43	5000.00	75882483.19
4	14945	5113000	28417.05	5193330.00	13472.05	5000.00	67440577.28
3.5	13195	5113000	24978.67	5193330.00	11783.67	5000.00	58998671.37
3	11445	5113000	21540.29	5193330.00	10095.29	5000.00	50556765.46
2.5	9695	5113000	18101.91	5193330.00	8406.91	5000.00	42114859.55
2.4	9345	5113000	17414.23	5193330.00	8069.23	5000.00	40426478.37
2.3	8995	5113000	16726.55	5193330.00	7731.55	5000.00	38738097.19
2.2	8645	5113000	16038.88	5193330.00	7393.88	5000.00	37049716.00
2.1	8295	5113000	15351.20	5193330.00	7056.20	5000.00	35361334.82
2	7945	5113000	14663.52	5193330.00	6718.52	5000.00	33672953.64
1.6	6545	5113000	11912.82	5193330.00	5367.82	5000.00	26919428.91
1.5	6195	5113000	11225.14	5193330.00	5030.14	5000.00	25231047.73
1.4	5845	5113000	10537.47	5193330.00	4692.47	5000.00	23542666.55
1.3	5495	5113000	9849.79	5193330.00	4354.79	5000.00	21854285.37
1.2	5145	5113000	9162.11	5193330.00	4017.11	5000.00	20165904.18
1.1	4795	5113000	8474.44	5193330.00	3679.44	5000.00	18477523.00
1	4445	5113000	7786.76	5193330.00	3341.76	5000.00	16789141.82
0.9	4095	5113000	7099.09	5193330.00	3004.09	5000.00	15100760.64
0.8	3745	5113000	6411.41	5193330.00	2666.41	5000.00	13412379.46
0.7	3395	5113000	5723.73	5193330.00	2328.73	5000.00	11723998.27
0.6	3045	5113000	5036.06	5193330.00	1991.06	5000.00	10035617.09
0.5	2695	5113000	4348.38	5193330.00	1653.38	5000.00	8347235.91
0.4	2345	5113000	3660.70	5193330.00	1315.70	5000.00	6658854.73
0.3	1995	5113000	2973.03	5193330.00	978.03	5000.00	4970473.55
0.2	1645	5113000	2285.35	5193330.00	640.35	5000.00	3282092.36
0.1	1295	5113000	1597.68	5193330.00	302.68	5000.00	1593711.18
0.09	1260	5113000	1528.91	5193330.00	268.91	5000.00	1424873.06



TABLA 24. Costo de excavación más costo de material comparando concreto de 8" con n= 0,015 y P.V.C de 6" con n = 0,009 para tramos de 1000 metros en terreno plano.

CONCRETO n = 0,015 Diám 244mm Diam interno 200mm (8")			PVC n = 0.009 Diám 160mm Diam interno 153.6mm(6")		Costo excavación.		Costo de P.V.C de 6" menos Costo de Concreto de 8"
Pendiente %	Excavación (m3)	Costo tubo concreto 8"	Excavación (m3)	Costo tubo P.V.C 6"	Diferencia en excavación (m ³)	Costo por m ³ (Bs)	Costo por diferencia
10	35945	5113000	52465.26	5193330.00	16520.26	5000.00	82681646.75
9.5	34195	5113000	49887.50	5193330.00	15692.50	5000.00	78542830.91
9	32445	5113000	47309.74	5193330.00	14864.74	5000.00	74404015.08
8.5	30695	5113000	44731.97	5193330.00	14036.97	5000.00	70265199.24
8	28945	5113000	42154.21	5193330.00	13209.21	5000.00	66126383.40
7.5	27195	5113000	39576.45	5193330.00	12381.45	5000.00	61987567.56
7	25445	5113000	36998.68	5193330.00	11553.68	5000.00	57848751.73
6.5	23695	5113000	34420.92	5193330.00	10725.92	5000.00	53709935.89
6	21945	5113000	31843.16	5193330.00	9898.16	5000.00	49571120.05
5.5	20195	5113000	29265.39	5193330.00	9070.39	5000.00	45432304.21
5	18445	5113000	26687.63	5193330.00	8242.63	5000.00	41293488.38
4.5	16695	5113000	24109.87	5193330.00	7414.87	5000.00	37154672.54
4	14945	5113000	21532.11	5193330.00	6587.11	5000.00	33015856.70
3.5	13195	5113000	18954.34	5193330.00	5759.34	5000.00	28877040.86
3	11445	5113000	16376.58	5193330.00	4931.58	5000.00	24738225.03
2.5	9695	5113000	13798.82	5193330.00	4103.82	5000.00	20599409.19
2.4	9345	5113000	13283.26	5193330.00	3938.26	5000.00	19771646.02
2.3	8995	5113000	12767.71	5193330.00	3772.71	5000.00	18943882.85
2.2	8645	5113000	12252.16	5193330.00	3607.16	5000.00	18116119.69
2.1	8295	5113000	11736.61	5193330.00	3441.61	5000.00	17288356.52
2	7945	5113000	11221.05	5193330.00	3276.05	5000.00	16460593.35
1.5	6195	5113000	8643.29	5193330.00	2448.29	5000.00	12321777.51
1.4	5845	5113000	8127.74	5193330.00	2282.74	5000.00	11494014.35
1.3	5495	5113000	7612.18	5193330.00	2117.18	5000.00	10666251.18
1.2	5145	5113000	7096.63	5193330.00	1951.63	5000.00	9838488.01
1.1	4795	5113000	6581.08	5193330.00	1786.08	5000.00	9010724.84
1	4445	5113000	6065.53	5193330.00	1620.53	5000.00	8182961.68
0.9	4095	5113000	5549.97	5193330.00	1454.97	5000.00	7355198.51
0.8	3745	5113000	5034.42	5193330.00	1289.42	5000.00	6527435.34
0.7	3395	5113000	4518.87	5193330.00	1123.87	5000.00	5699672.17
0.6	3045	5113000	4003.32	5193330.00	958.32	5000.00	4871909.01
0.5	2695	5113000	3487.76	5193330.00	792.76	5000.00	4044145.84
0.4	2345	5113000	2972.21	5193330.00	627.21	5000.00	3216382.67
0.3	1995	5113000	2456.66	5193330.00	461.66	5000.00	2388619.50
0.2	1645	5113000	1941.11	5193330.00	296.11	5000.00	1560856.34
0.1	1295	5113000	1425.55	5193330.00	130.55	5000.00	733093.17
0.09	1260	5113000	1374.00	5193330.00	114.00	5000.00	650316.85

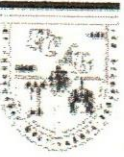


TABLA 25. Costo de suministro e instalación más costo de excavación para una tubería de concreto de 8" con junta de goma ($n=0,013$) en tramos de 1000m.

Pendiente %	Excavación (m3)	Costo en excavación Bs	Precio unitario Sum e Inst. (Bs/ML)	Costo Sum. E Inst. tramo (Bs)	Costo total tramo Bs.
10	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
9.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
9	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
8.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
8	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
7.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
7	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
6.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
6	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
5.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
4.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
4	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
3.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
3	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
2.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
2.4	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
2.3	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
2.2	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
2.1	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
2	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.9	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.8	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.7	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.6	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.4	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.3	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.2	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.1	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.9	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.8	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.7	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.6	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.4	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.3	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.2	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.1	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.09	945	4725000	11925.07	11925070	16650070



TABLA 26. Costo de suministro e instalación más costo de excavación para una tubería de P.V.C de 6" con junta pegada (n=0,009), con pendientes equivalentes a una tubería de concreto de 8" (n=0,013) en tramos de 1000 metros. (Pendiente de rasante de la tubería de concreto paralela a la pendiente del terreno natural).

Pendiente %	Pendiente equivalente s en %	Excavación (m3)	Costo en excavación Bs	Precio unitario Sum e Inst. (Bs/ML)	Costo Sum. E Inst. tramo (Bs)	Costo total tramo Bs.
10	19.65	34677.62	173388118.20	8961.64	8961640.00	182349758.20
9.5	18.67	32989.24	164946212.29	8961.64	8961640.00	173907852.29
9	17.68	31300.86	156504306.38	8961.64	8961640.00	165465946.38
8.5	16.70	29612.48	148062400.47	8961.64	8961640.00	157024040.47
8	15.72	27924.10	139620494.56	8961.64	8961640.00	148582134.56
7.5	14.74	26235.72	131178588.65	8961.64	8961640.00	140140228.65
7	13.75	24547.34	122736682.74	8961.64	8961640.00	131698322.74
6.5	12.77	22858.96	114294776.83	8961.64	8961640.00	123256416.83
6	11.79	21170.57	105852870.92	8961.64	8961640.00	114814510.92
5.5	10.81	19482.19	97410965.01	8961.64	8961640.00	106372605.01
5	9.82	17793.81	88969059.10	8961.64	8961640.00	97930699.10
4.5	8.84	16105.43	80527153.19	8961.64	8961640.00	89488793.19
4	7.86	14417.05	72085247.28	8961.64	8961640.00	81046887.28
3.5	6.88	12728.67	63643341.37	8961.64	8961640.00	72604981.37
3	5.89	11040.29	55201435.46	8961.64	8961640.00	64163075.46
2.5	4.91	9351.91	46759529.55	8961.64	8961640.00	55721169.55
2.4	4.72	9014.23	45071148.37	8961.64	8961640.00	54032788.37
2.3	4.52	8676.55	43382767.19	8961.64	8961640.00	52344407.19
2.2	4.32	8338.88	41694386.00	8961.64	8961640.00	50656026.00
2.1	4.13	8001.20	40006004.82	8961.64	8961640.00	48967644.82
2	3.93	7663.52	38317623.64	8961.64	8961640.00	47279263.64
1.7	3.34	6650.50	33252480.09	8961.64	8961640.00	42214120.09
1.6	3.14	6312.82	31564098.91	8961.64	8961640.00	40525738.91
1.5	2.95	5975.14	29875717.73	8961.64	8961640.00	38837357.73
1.4	2.75	5637.47	28187336.55	8961.64	8961640.00	37148976.55
1.3	2.55	5299.79	26498955.37	8961.64	8961640.00	35460595.37
1.2	2.36	4962.11	24810574.18	8961.64	8961640.00	33772214.18
1.1	2.16	4624.44	23122193.00	8961.64	8961640.00	32083833.00
1	1.96	4286.76	21433811.82	8961.64	8961640.00	30395451.82
0.9	1.77	3949.09	19745430.64	8961.64	8961640.00	28707070.64
0.8	1.57	3611.41	18057049.46	8961.64	8961640.00	27018689.46
0.7	1.38	3273.73	16368668.27	8961.64	8961640.00	25330308.27
0.6	1.18	2936.06	14680287.09	8961.64	8961640.00	23641927.09
0.5	0.98	2598.38	12991905.91	8961.64	8961640.00	21953545.91
0.4	0.79	2260.70	11303524.73	8961.64	8961640.00	20265164.73
0.3	0.59	1923.03	9615143.55	8961.64	8961640.00	18576783.55
0.2	0.39	1585.35	7926762.36	8961.64	8961640.00	16888402.36
0.1	0.20	1247.68	6238381.18	8961.64	8961640.00	15200021.18
0.09	0.18	1213.91	6069543.06	8961.64	8961640.00	15031183.06



TABLA 27. Comparación de costos totales entre tuberías de concreto de 8" (n=0,013) y tuberías de P.V.C de 6" (n=0,009) en tramos de 1000metros con caudal constante para cada pendiente y su respectiva pendiente equivalente. (Pendiente de rasante de la tubería de concreto paralela a la pendiente del terreno natural).

Q (lts/s)	CONCRETO n = 0,013 Diám 244mm Diam interno =200mm (8")		PVC n = 0.009 Diám 160mm Diam interno =153.6mm (6")	
	Pendiente %	Costo total tramo Bs.	Pendiente equivalente s en %	Costo total tramo Bs.
103.72	10	16650070	19.65	182349758
101.10	9.5	16650070	18.67	173907852
98.40	9	16650070	17.68	165465946
95.63	8.5	16650070	16.70	157024040
92.77	8	16650070	15.72	148582135
89.83	7.5	16650070	14.74	140140229
86.78	7	16650070	13.75	131698323
83.62	6.5	16650070	12.77	123256417
80.34	6	16650070	11.79	114814511
76.92	5.5	16650070	10.81	106372605
73.34	5	16650070	9.82	97930699.1
69.58	4.5	16650070	8.84	89488793.2
65.60	4	16650070	7.86	81046887.3
61.36	3.5	16650070	6.88	72604981.4
56.81	3	16650070	5.89	64163075.5
51.86	2.5	16650070	4.91	55721169.5
50.81	2.4	16650070	4.72	54032788.4
49.74	2.3	16650070	4.52	52344407.2
48.65	2.2	16650070	4.32	50656026
47.53	2.1	16650070	4.13	48967644.8
46.39	2	16650070	3.93	47279263.6
40.17	1.5	16650070	2.95	38837357.7
38.81	1.4	16650070	2.75	37148976.5
37.40	1.3	16650070	2.55	35460595.4
35.93	1.2	16650070	2.36	33772214.2
34.40	1.1	16650070	2.16	32083833
32.80	1	16650070	1.96	30395451.8
31.12	0.9	16650070	1.77	28707070.6
29.34	0.8	16650070	1.57	27018689.5
27.44	0.7	16650070	1.38	25330308.3
25.41	0.6	16650070	1.18	23641927.1
23.19	0.5	16650070	0.98	21953545.9
20.74	0.4	16650070	0.79	20265164.7
17.97	0.3	16650070	0.59	18576783.5
14.67	0.2	16650070	0.39	16888402.4
10.37	0.1	16650070	0.20	15200021.2
9.84	0.09	16650070	0.18	15031183.1



TABLA 28. Costo de suministro e instalación más costo de excavación para una tubería de concreto de 8" con junta de goma ($n=0,015$) en tramos de 1000m. (Pendiente de rasante de la tubería de concreto paralela a la pendiente del terreno natural).

Pendiente %	Excavación (m3)	Costo en excavación Bs	Precio unitario Sum e Inst. (Bs/ML)	Costo Sum. E Inst. tramo (Bs)	Costo total tramo Bs.
10	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
9.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
9	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
8.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
8	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
7.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
7	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
6.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
6	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
5.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
4.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
4	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
3.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
3	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
2.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
2.4	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
2.3	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
2.2	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
2.1	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
2	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.9	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.8	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.7	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.6	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.4	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.3	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.2	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1.1	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
1	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.9	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.8	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.7	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.6	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.5	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.4	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.3	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.2	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.1	945	4725000	11925.07	11925070	16650070
0.09	945	4725000	11925.07	11925070	16650070



TABLA 29. Costo de suministro e instalación más costo de excavación para una tubería de P.V.C de 6" con junta pegada (n=0,009), con pendientes equivalentes a una tubería de concreto de 8" (n=0,015) en tramos de 1000 metros. (Pendiente de rasante de la tubería de concreto paralela a la pendiente del terreno natural).

Pendiente %	Pendiente equivalente s en %	Excavación (m3)	Costo en excavación Bs	Precio unitario Sum e Inst. (Bs/ML)	Costo Sum. E Inst. tramo (Bs)	Costo total tramo Bs.
10	14.73	17465.26	87326316.75	8961.64	8961640.00	96287956.75
9.5	13.99	16637.50	83187500.91	8961.64	8961640.00	92149140.91
9	13.26	15809.74	79048685.08	8961.64	8961640.00	88010325.08
8.5	12.52	14981.97	74909869.24	8961.64	8961640.00	83871509.24
8	11.78	14154.21	70771053.40	8961.64	8961640.00	79732693.40
7.5	11.05	13326.45	66632237.56	8961.64	8961640.00	75593877.56
7	10.31	12498.68	62493421.73	8961.64	8961640.00	71455061.73
6.5	9.57	11670.92	58354605.89	8961.64	8961640.00	67316245.89
6	8.84	10843.16	54215790.05	8961.64	8961640.00	63177430.05
5.5	8.10	10015.39	50076974.21	8961.64	8961640.00	59038614.21
5	7.37	9187.63	45938158.38	8961.64	8961640.00	54899798.38
4.5	6.63	8359.87	41799342.54	8961.64	8961640.00	50760982.54
4	5.89	7532.11	37660526.70	8961.64	8961640.00	46622166.70
3.5	5.16	6704.34	33521710.86	8961.64	8961640.00	42483350.86
3	4.42	5876.58	29382895.03	8961.64	8961640.00	38344535.03
2.5	3.68	5048.82	25244079.19	8961.64	8961640.00	34205719.19
2.4	3.54	4883.26	24416316.02	8961.64	8961640.00	33377956.02
2.3	3.39	4717.71	23588552.85	8961.64	8961640.00	32550192.85
2.2	3.24	4552.16	22760789.69	8961.64	8961640.00	31722429.69
2.1	3.09	4386.61	21933026.52	8961.64	8961640.00	30894666.52
2	2.95	4221.05	21105263.35	8961.64	8961640.00	30066903.35
1.7	2.50	3724.39	18621973.85	8961.64	8961640.00	27583613.85
1.6	2.36	3558.84	17794210.68	8961.64	8961640.00	26755850.68
1.5	2.21	3393.29	16966447.51	8961.64	8961640.00	25928087.51
1.4	2.06	3227.74	16138684.35	8961.64	8961640.00	25100324.35
1.3	1.91	3062.18	15310921.18	8961.64	8961640.00	24272561.18
1.2	1.77	2896.63	14483158.01	8961.64	8961640.00	23444798.01
1.1	1.62	2731.08	13655394.84	8961.64	8961640.00	22617034.84
1	1.47	2565.53	12827631.68	8961.64	8961640.00	21789271.68
0.9	1.33	2399.97	11999868.51	8961.64	8961640.00	20961508.51
0.8	1.18	2234.42	11172105.34	8961.64	8961640.00	20133745.34
0.7	1.03	2068.87	10344342.17	8961.64	8961640.00	19305982.17
0.6	0.88	1903.32	9516579.01	8961.64	8961640.00	18478219.01
0.5	0.74	1737.76	8688815.84	8961.64	8961640.00	17650455.84
0.4	0.59	1572.21	7861052.67	8961.64	8961640.00	16822692.67
0.3	0.44	1406.66	7033289.50	8961.64	8961640.00	15994929.50
0.2	0.29	1241.11	6205526.34	8961.64	8961640.00	15167166.34
0.1	0.15	1075.55	5377763.17	8961.64	8961640.00	14339403.17
0.09	0.13	1059.00	5294986.85	8961.64	8961640.00	14256626.85



TABLA 30. Comparación de costos totales entre tuberías de concreto de 8”(n=0,015) y tuberías de P.V.C de 6”(n=0,009) en tramos de 1000metros con caudal constante para cada pendiente y su respectiva pendiente equivalente; (Pendiente de rasante de la tubería de concreto paralela a la pendiente del terreno natural.

Q (lts/s)	CONCRETO n = 0,015 Diám 244mm Diam interno 200mm (8")		PVC n = 0.009 Diám 160mm Diam interno 153.6mm(6")	
	Pendiente %	Costo total tramo Bs.	Pendiente Equivalente %	Costo total tramo Bs.
89.81	10	16650070	14.73	96287956.75
87.53	9.5	16650070	13.99	92149140.91
85.20	9	16650070	13.26	88010325.08
82.80	8.5	16650070	12.52	83871509.24
80.33	8	16650070	11.78	79732693.40
77.78	7.5	16650070	11.05	75593877.56
75.14	7	16650070	10.31	71455061.73
72.41	6.5	16650070	9.57	67316245.89
69.57	6	16650070	8.84	63177430.05
66.60	5.5	16650070	8.10	59038614.21
63.50	5	16650070	7.37	54899798.38
60.25	4.5	16650070	6.63	50760982.54
56.80	4	16650070	5.89	46622166.70
53.13	3.5	16650070	5.16	42483350.86
49.19	3	16650070	4.42	38344535.03
44.90	2.5	16650070	3.68	34205719.19
44.00	2.4	16650070	3.54	33377956.02
43.07	2.3	16650070	3.39	32550192.85
42.12	2.2	16650070	3.24	31722429.69
41.16	2.1	16650070	3.09	30894666.52
40.16	2	16650070	2.95	30066903.35
34.78	1.5	16650070	2.21	25928087.51
33.60	1.4	16650070	2.06	25100324.35
32.38	1.3	16650070	1.91	24272561.18
31.11	1.2	16650070	1.77	23444798.01
29.79	1.1	16650070	1.62	22617034.84
28.40	1	16650070	1.47	21789271.68
26.94	0.9	16650070	1.33	20961508.51
25.40	0.8	16650070	1.18	20133745.34
23.76	0.7	16650070	1.03	19305982.17
22.00	0.6	16650070	0.88	18478219.01
20.08	0.5	16650070	0.74	17650455.84
17.96	0.4	16650070	0.59	16822692.67
15.56	0.3	16650070	0.44	15994929.50
12.70	0.2	16650070	0.29	15167166.34
8.98	0.1	16650070	0.15	14339403.17
8.52	0.09	16650070	0.13	14256626.85



TABLA 31. Costo de suministro e instalación más costo de excavación para una tubería de concreto de 8" con junta de goma (n=0,013) en tramos de 1000metros en terreno plano.

Pendiente %	Excavación (m3)	Costo en excavación Bs	Precio unitario Sum e Inst. (Bs/ML)	Costo Sum. E Inst. tramo (Bs)	Costo total tramo Bs.
10	35945	179725000	11925.07	11925070	191650070
9.5	34195	170975000	11925.07	11925070	182900070
9	32445	162225000	11925.07	11925070	174150070
8.5	30695	153475000	11925.07	11925070	165400070
8	28945	144725000	11925.07	11925070	156650070
7.5	27195	135975000	11925.07	11925070	147900070
7	25445	127225000	11925.07	11925070	139150070
6.5	23695	118475000	11925.07	11925070	130400070
6	21945	109725000	11925.07	11925070	121650070
5.5	20195	100975000	11925.07	11925070	112900070
5	18445	92225000	11925.07	11925070	104150070
4.5	16695	83475000	11925.07	11925070	95400070
4	14945	74725000	11925.07	11925070	86650070
3.5	13195	65975000	11925.07	11925070	77900070
3	11445	57225000	11925.07	11925070	69150070
2.8	10745	53725000	11925.07	11925070	65650070
2.7	10395	51975000	11925.07	11925070	63900070
2.6	10045	50225000	11925.07	11925070	62150070
2.5	9695	48475000	11925.07	11925070	60400070
2.4	9345	46725000	11925.07	11925070	58650070
2.3	8995	44975000	11925.07	11925070	56900070
2.2	8645	43225000	11925.07	11925070	55150070
2.1	8295	41475000	11925.07	11925070	53400070
2	7945	39725000	11925.07	11925070	51650070
1.9	7595	37975000	11925.07	11925070	49900070
1.8	7245	36225000	11925.07	11925070	48150070
1.7	6895	34475000	11925.07	11925070	46400070
1.6	6545	32725000	11925.07	11925070	44650070
1.5	6195	30975000	11925.07	11925070	42900070
1.4	5845	29225000	11925.07	11925070	41150070
1.3	5495	27475000	11925.07	11925070	39400070
1.2	5145	25725000	11925.07	11925070	37650070
1.1	4795	23975000	11925.07	11925070	35900070
1	4445	22225000	11925.07	11925070	34150070
0.9	4095	20475000	11925.07	11925070	32400070
0.8	3745	18725000	11925.07	11925070	30650070
0.7	3395	16975000	11925.07	11925070	28900070
0.6	3045	15225000	11925.07	11925070	27150070
0.5	2695	13475000	11925.07	11925070	25400070
0.4	2345	11725000	11925.07	11925070	23650070
0.3	1995	9975000	11925.07	11925070	21900070
0.2	1645	8225000	11925.07	11925070	20150070
0.1	1295	6475000	11925.07	11925070	18400070
0.09	1260	6300000	11925.07	11925070	18225070



TABLA 32. Costo de suministro e instalación más costo de excavación para una tubería de P.V.C de 6" con junta pegada (n=0,009), con pendientes equivalentes a una tubería de concreto de 8" (n=0,013) para tramos de 1000 metros en terreno plano.

Pendiente %	Pendiente equivalente s en %	Excavación (m3)	Costo en excavación Bs	Precio unitario Sum e Inst. (Bs/ML)	Costo Sum. E Inst. tramo (Bs)	Costo total tramo Bs.
10	19.65	69677.62	348388118.20	8961.64	8961640.00	357349758.20
9.5	18.67	66239.24	331196212.29	8961.64	8961640.00	340157852.29
9	17.68	62800.86	314004306.38	8961.64	8961640.00	322965946.38
8.5	16.70	59362.48	296812400.47	8961.64	8961640.00	305774040.47
8	15.72	55924.10	279620494.56	8961.64	8961640.00	288582134.56
7.5	14.74	52485.72	262428588.65	8961.64	8961640.00	271390228.65
7	13.75	49047.34	245236682.74	8961.64	8961640.00	254198322.74
6.5	12.77	45608.96	228044776.83	8961.64	8961640.00	237006416.83
6	11.79	42170.57	210852870.92	8961.64	8961640.00	219814510.92
5.5	10.81	38732.19	193660965.01	8961.64	8961640.00	202622605.01
5	9.82	35293.81	176469059.10	8961.64	8961640.00	185430699.10
4.5	8.84	31855.43	159277153.19	8961.64	8961640.00	168238793.19
4	7.86	28417.05	142085247.28	8961.64	8961640.00	151046887.28
3.5	6.88	24978.67	124893341.37	8961.64	8961640.00	133854981.37
3	5.89	21540.29	107701435.46	8961.64	8961640.00	116663075.46
2.5	4.91	18101.91	90509529.55	8961.64	8961640.00	99471169.55
2.4	4.72	17414.23	87071148.37	8961.64	8961640.00	96032788.37
2.3	4.52	16726.55	83632767.19	8961.64	8961640.00	92594407.19
2.2	4.32	16038.88	80194386.00	8961.64	8961640.00	89156026.00
2.1	4.13	15351.20	76756004.82	8961.64	8961640.00	85717644.82
2	3.93	14663.52	73317623.64	8961.64	8961640.00	82279263.64
1.9	3.73	13975.85	69879242.46	8961.64	8961640.00	78840882.46
1.8	3.54	13288.17	66440861.28	8961.64	8961640.00	75402501.28
1.7	3.34	12600.50	63002480.09	8961.64	8961640.00	71964120.09
1.6	3.14	11912.82	59564098.91	8961.64	8961640.00	68525738.91
1.5	2.95	11225.14	56125717.73	8961.64	8961640.00	65087357.73
1.4	2.75	10537.47	52687336.55	8961.64	8961640.00	61648976.55
1.3	2.55	9849.79	49248955.37	8961.64	8961640.00	58210595.37
1.2	2.36	9162.11	45810574.18	8961.64	8961640.00	54772214.18
1.1	2.16	8474.44	42372193.00	8961.64	8961640.00	51333833.00
1	1.96	7786.76	38933811.82	8961.64	8961640.00	47895451.82
0.9	1.77	7099.09	35495430.64	8961.64	8961640.00	44457070.64
0.8	1.57	6411.41	32057049.46	8961.64	8961640.00	41018689.46
0.7	1.38	5723.73	28618668.27	8961.64	8961640.00	37580308.27
0.6	1.18	5036.06	25180287.09	8961.64	8961640.00	34141927.09
0.5	0.98	4348.38	21741905.91	8961.64	8961640.00	30703545.91
0.4	0.79	3660.70	18303524.73	8961.64	8961640.00	27265164.73
0.3	0.59	2973.03	14865143.55	8961.64	8961640.00	23826783.55
0.2	0.39	2285.35	11426762.36	8961.64	8961640.00	20388402.36
0.1	0.20	1597.68	7988381.18	8961.64	8961640.00	16950021.18
0.09	0.18	1528.91	7644543.06	8961.64	8961640.00	16606183.06



TABLA 33. Comparación de costos totales entre tuberías de concreto de 8”(n=0,013) y tuberías de P.V.C de 6”(n=0,009) en tramos de 1000metros con caudal constante para cada pendiente y su respectiva pendiente equivalente en terreno plano.

Q (lts/s)	CONCRETO n = 0,013 Diám 244mm Diam interno 200mm(8")		PVC n = 0.009 Diám 160mm Diam interno 153.6mm(6")	
	Pendiente %	Costo total tramo Bs.	Pendiente equivalente s en %	Costo total tramo Bs.
103.72	10	191650070	19.65	357349758
101.10	9.5	182900070	18.67	340157852
98.40	9	174150070	17.68	322965946
95.63	8.5	165400070	16.70	305774040
92.77	8	156650070	15.72	288582135
89.83	7.5	147900070	14.74	271390229
86.78	7	139150070	13.75	254198323
83.62	6.5	130400070	12.77	237006417
80.34	6	121650070	11.79	219814511
76.92	5.5	112900070	10.81	202622605
73.34	5	104150070	9.82	185430699
69.58	4.5	95400070	8.84	168238793
65.60	4	86650070	7.86	151046887
61.36	3.5	77900070	6.88	133854981
56.81	3	69150070	5.89	116663075
51.86	2.5	60400070	4.91	99471169.5
50.81	2.4	58650070	4.72	96032788.4
49.74	2.3	56900070	4.52	92594407.2
48.65	2.2	55150070	4.32	89156026
47.53	2.1	53400070	4.13	85717644.8
46.39	2	51650070	3.93	82279263.6
40.17	1.5	42900070	2.95	65087357.7
38.81	1.4	41150070	2.75	61648976.5
37.40	1.3	39400070	2.55	58210595.4
35.93	1.2	37650070	2.36	54772214.2
34.40	1.1	35900070	2.16	51333833
32.80	1	34150070	1.96	47895451.8
31.12	0.9	32400070	1.77	44457070.6
29.34	0.8	30650070	1.57	41018689.5
27.44	0.7	28900070	1.38	37580308.3
25.41	0.6	27150070	1.18	34141927.1
23.19	0.5	25400070	0.98	30703545.9
20.74	0.4	23650070	0.79	27265164.7
17.97	0.3	21900070	0.59	23826783.5
14.67	0.2	20150070	0.39	20388402.4
10.37	0.1	18400070	0.20	16950021.2
9.84	0.09	18225070	0.18	16606183.1

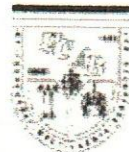


TABLA 34. Costo de suministro e instalación más costo de excavación para una tubería de concreto de 8" con junta de goma ($n=0,015$) en tramos de 1000m en terreno plano.

Pendiente % CONCRETO	Excavación (m3)	Costo en excavación Bs	Precio unitario Sum e Inst. (Bs/ML)	Costo Sum. E Inst. tramo (Bs)	Costo total tramo Bs.
10	35945	179725000	11925.07	11925070	191650070
9.5	34195	170975000	11925.07	11925070	182900070
9	32445	162225000	11925.07	11925070	174150070
8.5	30695	153475000	11925.07	11925070	165400070
8	28945	144725000	11925.07	11925070	156650070
7.5	27195	135975000	11925.07	11925070	147900070
7	25445	127225000	11925.07	11925070	139150070
6.5	23695	118475000	11925.07	11925070	130400070
6	21945	109725000	11925.07	11925070	121650070
5.5	20195	100975000	11925.07	11925070	112900070
5	18445	92225000	11925.07	11925070	104150070
4.5	16695	83475000	11925.07	11925070	95400070
4	14945	74725000	11925.07	11925070	86650070
3.5	13195	65975000	11925.07	11925070	77900070
3	11445	57225000	11925.07	11925070	69150070
2.8	10745	53725000	11925.07	11925070	65650070
2.7	10395	51975000	11925.07	11925070	63900070
2.6	10045	50225000	11925.07	11925070	62150070
2.5	9695	48475000	11925.07	11925070	60400070
2.4	9345	46725000	11925.07	11925070	58650070
2.3	8995	44975000	11925.07	11925070	56900070
2.2	8645	43225000	11925.07	11925070	55150070
2.1	8295	41475000	11925.07	11925070	53400070
2	7945	39725000	11925.07	11925070	51650070
1.9	7595	37975000	11925.07	11925070	49900070
1.8	7245	36225000	11925.07	11925070	48150070
1.7	6895	34475000	11925.07	11925070	46400070
1.6	6545	32725000	11925.07	11925070	44650070
1.5	6195	30975000	11925.07	11925070	42900070
1.4	5845	29225000	11925.07	11925070	41150070
1.3	5495	27475000	11925.07	11925070	39400070
1.2	5145	25725000	11925.07	11925070	37650070
1.1	4795	23975000	11925.07	11925070	35900070
1	4445	22225000	11925.07	11925070	34150070
0.9	4095	20475000	11925.07	11925070	32400070
0.8	3745	18725000	11925.07	11925070	30650070
0.7	3395	16975000	11925.07	11925070	28900070
0.6	3045	15225000	11925.07	11925070	27150070
0.5	2695	13475000	11925.07	11925070	25400070
0.4	2345	11725000	11925.07	11925070	23650070
0.3	1995	9975000	11925.07	11925070	21900070
0.2	1645	8225000	11925.07	11925070	20150070
0.1	1295	6475000	11925.07	11925070	18400070
0.09	1260	6300000	11925.07	11925070	18225070

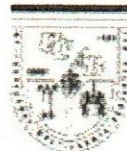


TABLA 35. Costo de suministro e instalación más costo de excavación para una tubería de P.V.C de 6" con junta pegada (n=0,009), con pendientes equivalentes a una tubería de concreto de 8" (n=0,015) para tramos de 1000 metros en terreno plano.

Pendiente %	Pendiente equivalente s en %	Excavación (m3)	Costo en excavación Bs	Precio unitario Sum e Inst. (Bs/ML)	Costo Sum. E Inst. tramo (Bs)	Costo total tramo Bs.
10	14.73	52465.26	262326316.75	8961.64	8961640.00	271287956.75
9.5	13.99	49887.50	249437500.91	8961.64	8961640.00	258399140.91
9	13.26	47309.74	236548685.08	8961.64	8961640.00	245510325.08
8.5	12.52	44731.97	223659869.24	8961.64	8961640.00	232621509.24
8	11.78	42154.21	210771053.40	8961.64	8961640.00	219732693.40
7.5	11.05	39576.45	197882237.56	8961.64	8961640.00	206843877.56
7	10.31	36998.68	184993421.73	8961.64	8961640.00	193955061.73
6.5	9.57	34420.92	172104605.89	8961.64	8961640.00	181066245.89
6	8.84	31843.16	159215790.05	8961.64	8961640.00	168177430.05
5.5	8.10	29265.39	146326974.21	8961.64	8961640.00	155288614.21
5	7.37	26687.63	133438158.38	8961.64	8961640.00	142399798.38
4.5	6.63	24109.87	120549342.54	8961.64	8961640.00	129510982.54
4	5.89	21532.11	107660526.70	8961.64	8961640.00	116622166.70
3.5	5.16	18954.34	94771710.86	8961.64	8961640.00	103733350.86
3	4.42	16376.58	81882895.03	8961.64	8961640.00	90844535.03
2.5	3.68	13798.82	68994079.19	8961.64	8961640.00	77955719.19
2.4	3.54	13283.26	66416316.02	8961.64	8961640.00	75377956.02
2.3	3.39	12767.71	63838552.85	8961.64	8961640.00	72800192.85
2.2	3.24	12252.16	61260789.69	8961.64	8961640.00	70222429.69
2.1	3.09	11736.61	58683026.52	8961.64	8961640.00	67644666.52
2	2.95	11221.05	56105263.35	8961.64	8961640.00	65066903.35
1.9	2.80	10705.50	53527500.18	8961.64	8961640.00	62489140.18
1.8	2.65	10189.95	50949737.02	8961.64	8961640.00	59911377.02
1.7	2.50	9674.39	48371973.85	8961.64	8961640.00	57333613.85
1.6	2.36	9158.84	45794210.68	8961.64	8961640.00	54755850.68
1.5	2.21	8643.29	43216447.51	8961.64	8961640.00	52178087.51
1.4	2.06	8127.74	40638684.35	8961.64	8961640.00	49600324.35
1.3	1.91	7612.18	38060921.18	8961.64	8961640.00	47022561.18
1.2	1.77	7096.63	35483158.01	8961.64	8961640.00	44444798.01
1.1	1.62	6581.08	32905394.84	8961.64	8961640.00	41867034.84
1	1.47	6065.53	30327631.68	8961.64	8961640.00	39289271.68
0.9	1.33	5549.97	27749868.51	8961.64	8961640.00	36711508.51
0.8	1.18	5034.42	25172105.34	8961.64	8961640.00	34133745.34
0.7	1.03	4518.87	22594342.17	8961.64	8961640.00	31555982.17
0.6	0.88	4003.32	20016579.01	8961.64	8961640.00	28978219.01
0.5	0.74	3487.76	17438815.84	8961.64	8961640.00	26400455.84
0.4	0.59	2972.21	14861052.67	8961.64	8961640.00	23822692.67
0.3	0.44	2456.66	12283289.50	8961.64	8961640.00	21244929.50
0.2	0.29	1941.11	9705526.34	8961.64	8961640.00	18667166.34
0.1	0.15	1425.55	7127763.17	8961.64	8961640.00	16089403.17
0.09	0.13	1374.00	6869986.85	8961.64	8961640.00	15831626.85



TABLA 36. Comparación de costos totales entre tuberías de concreto de 8" (n=0,015) y tuberías de P.V.C de 6" (n=0,009) en tramos de 1000metros con caudal constante para cada pendiente y su respectiva pendiente equivalente en terreno plano.

Q (lts/s)	CONCRETO n = 0,015 Diám 244mm Diam interno 200mm (8")		PVC n = 0.009 Diám 160mm Diam interno 153.6mm(6")	
	Pendiente %	Costo total tramo Bs.	Pendiente equivalente s en %	Costo total tramo Bs.
89.81	10	191650070	14.73	271287956.75
87.53	9.5	182900070	13.99	258399140.91
85.20	9	174150070	13.26	245510325.08
82.80	8.5	165400070	12.52	232621509.24
80.33	8	156650070	11.78	219732693.40
77.78	7.5	147900070	11.05	206843877.56
75.14	7	139150070	10.31	193955061.73
72.41	6.5	130400070	9.57	181066245.89
69.57	6	121650070	8.84	168177430.05
66.60	5.5	112900070	8.10	155288614.21
63.50	5	104150070	7.37	142399798.38
60.25	4.5	95400070	6.63	129510982.54
56.80	4	86650070	5.89	116622166.70
53.13	3.5	77900070	5.16	103733350.86
49.19	3	69150070	4.42	90844535.03
44.90	2.5	60400070	3.68	77955719.19
44.00	2.4	58650070	3.54	75377956.02
43.07	2.3	56900070	3.39	72800192.85
42.12	2.2	55150070	3.24	70222429.69
41.16	2.1	53400070	3.09	67644666.52
40.16	2	51650070	2.95	65066903.35
34.78	1.5	42900070	2.21	52178087.51
33.60	1.4	41150070	2.06	49600324.35
32.38	1.3	39400070	1.91	47022561.18
31.11	1.2	37650070	1.77	44444798.01
29.79	1.1	35900070	1.62	41867034.84
28.40	1	34150070	1.47	39289271.68
26.94	0.9	32400070	1.33	36711508.51
25.40	0.8	30650070	1.18	34133745.34
23.76	0.7	28900070	1.03	31555982.17
22.00	0.6	27150070	0.88	28978219.01
20.08	0.5	25400070	0.74	26400455.84
17.96	0.4	23650070	0.59	23822692.67
15.56	0.3	21900070	0.44	21244929.50
12.70	0.2	20150070	0.29	18667166.34
8.98	0.1	18400070	0.15	16089403.17
8.52	0.09	18225070	0.13	15831626.85



TABLA 38. Longitudes para las cuales se igualan los costos totales entre una tubería de P.V.C de 6" con junta pegada ($n=0.009$) y una tubería de concreto de 8" ($n=0.015$).

Caudal a sección plena Q (lts/s)	Concreto ($n=0.015$) Pendiente %	P.V.C($n=0.009$) Pendiente Equivalente s en %	Longitud tramo tubería (metros)
103.72	10	14.73	12.20
101.10	9.5	13.99	12.90
98.40	9	13.26	13.50
95.63	8.5	12.52	14.30
92.77	8	11.78	15.20
89.83	7.5	11.05	16.20
86.78	7	10.31	17.40
83.62	6.5	9.57	18.70
80.34	6	8.84	20.30
76.92	5.5	8.10	22.10
73.34	5	7.37	24.30
69.58	4.5	6.63	27.10
65.60	4	5.89	30.40
61.36	3.5	5.16	34.80
56.81	3	4.42	40.60
51.86	2.5	3.68	48.70
50.81	2.4	3.54	50.70
49.74	2.3	3.39	52.90
48.65	2.2	3.24	55.30
47.53	2.1	3.09	58.00
46.39	2	2.95	60.90
45.21	1.9	2.80	64.10
44.01	1.8	2.65	67.60
42.77	1.7	2.50	71.60
41.49	1.6	2.36	76.10
40.17	1.5	2.21	81.20
38.81	1.4	2.06	87.00
37.40	1.3	1.91	93.70
35.93	1.2	1.77	101.50
34.40	1.1	1.62	110.70
32.80	1	1.47	121.70
31.12	0.9	1.33	135.30
29.34	0.8	1.18	152.20
27.44	0.7	1.03	174.00
25.41	0.6	0.88	202.90
23.19	0.5	0.74	243.50
20.74	0.4	0.59	304.40
17.97	0.3	0.44	406.00
14.67	0.2	0.29	608.20
10.37	0.1	0.15	1216.44
9.84	0.09	0.13	1352.80

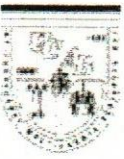


TABLA 39. Longitudes para las cuales se igualan los costos totales entre una tubería de P.V.C de 6" con junta pegada ($n=0.009$) y una tubería de concreto de 8" ($n=0.013$) en terreno plano.

Caudal a sección plena Q (lts/s)	Concreto ($n=0.013$) Pendiente %	P.V.C($n=0.009$) Pendiente Equivalente s en %	Longitud tramo tubería (metros)
103.72	10	19.65	18.60
101.10	9.5	18.67	19.60
98.40	9	17.68	20.70
95.63	8.5	16.70	21.90
92.77	8	15.72	23.20
89.83	7.5	14.74	24.80
86.78	7	13.75	26.60
83.62	6.5	12.77	28.60
80.34	6	11.79	31.00
76.92	5.5	10.81	33.80
73.34	5	9.82	37.20
69.58	4.5	8.84	41.30
65.60	4	7.86	46.50
61.36	3.5	6.88	53.10
56.81	3	5.89	62.00
51.86	2.5	4.91	74.40
50.81	2.4	4.72	77.50
49.74	2.3	4.52	80.80
48.65	2.2	4.32	84.50
47.53	2.1	4.13	88.50
46.39	2	3.93	92.90
45.21	1.9	3.73	97.80
44.01	1.8	3.54	103.30
42.77	1.7	3.34	109.30
41.49	1.6	3.14	116.20
40.17	1.5	2.95	123.90
38.81	1.4	2.75	132.80
37.40	1.3	2.55	143.00
35.93	1.2	2.36	154.90
34.40	1.1	2.16	169.00
32.80	1	1.96	185.90
31.12	0.9	1.77	206.50
29.34	0.8	1.57	232.40
27.44	0.7	1.38	265.60
25.41	0.6	1.18	309.80
23.19	0.5	0.98	371.80
20.74	0.4	0.79	464.70
17.97	0.3	0.59	619.60
14.67	0.2	0.39	929.40
10.37	0.1	0.20	1858.80
9.84	0.09	0.18	2065.40



TABLA 40 . Longitudes para las cuales se igualan los costos totales entre una tubería de P.V.C de 6" con junta pegada ($n=0.009$) y una tubería de concreto de 8" ($n=0.015$) en terreno plano.

Caudal a sección plena Q (lts/s)	Concreto ($n=0.015$) Pendiente %	P.V.C($n=0.009$) Pendiente Equivalente s en %	Longitud tramo tubería (metros)
103.72	10	14.73	37.90
101.10	9.5	13.99	39.90
98.40	9	13.26	42.10
95.63	8.5	12.52	44.60
92.77	8	11.78	47.40
89.83	7.5	11.05	50.60
86.78	7	10.31	54.20
83.62	6.5	9.57	58.30
80.34	6	8.84	63.20
76.92	5.5	8.10	68.90
73.34	5	7.37	75.80
69.58	4.5	6.63	84.30
65.60	4	5.89	94.80
61.36	3.5	5.16	108.30
56.81	3	4.42	126.40
51.86	2.5	3.68	151.70
50.81	2.4	3.54	158.00
49.74	2.3	3.39	164.80
48.65	2.2	3.24	172.30
47.53	2.1	3.09	180.50
46.39	2	2.95	189.60
45.21	1.9	2.80	199.60
44.01	1.8	2.65	210.60
42.77	1.7	2.50	223.00
41.49	1.6	2.36	237.00
40.17	1.5	2.21	252.80
38.81	1.4	2.06	270.80
37.40	1.3	1.91	291.70
35.93	1.2	1.77	316.00
34.40	1.1	1.62	344.70
32.80	1	1.47	379.10
31.12	0.9	1.33	421.30
29.34	0.8	1.18	473.90
27.44	0.7	1.03	541.60
25.41	0.6	0.88	631.90
23.19	0.5	0.74	758.30
20.74	0.4	0.59	947.87
17.97	0.3	0.44	1263.90
14.67	0.2	0.29	1895.80
10.37	0.1	0.15	3791.70
9.84	0.09	0.13	4213.20

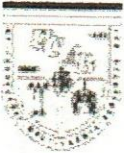


TABLA 41. Cálculo comparativo de los factores de fricción para tuberías de P.V.C clase AA con diámetro interno $D_i=70.6\text{mm}$ (3") y tuberías de H.F.D con $D_i = 88\text{mm}$ (4") según la expresión propuesta por Swamee, para valores iguales de presión.

Caudal (lts/s)	Velocidad tubería de P.V.C clase AA $D_i= 70.6\text{mm}$ (3") (m/s)	Número de Reynolds $R = VD/v$	Factor de fricción de Darcy - Weisbach f para tubería de P.V.C clase AA 3"	Velocidad de la tubería de H.F.D de 4" $D_i = 88\text{mm}$ (4") (m/s)	Número de Reynolds $R = VD/v$	Factor de fricción de Darcy - Weisbach f para tubería de H.F.D de 4"
0.5	0.13	10053	0.0309	0.08	8065	0.034
1	0.26	20105	0.0258	0.16	16130	0.028
1.5	0.38	30158	0.0233	0.25	24195	0.026
2	0.51	40211	0.0218	0.33	32260	0.025
2.5	0.64	50264	0.0207	0.41	40325	0.024
3	0.77	60316	0.0199	0.49	48390	0.023
3.5	0.89	70369	0.0193	0.58	56455	0.022
4	1.02	80422	0.0187	0.66	64520	0.022
4.5	1.15	90474	0.0182	0.74	72585	0.022
5	1.28	100527	0.0178	0.82	80650	0.021
10	2.55	201054	0.0155	1.64	161300	0.020
15	3.83	301581	0.0144	2.47	241950	0.019
20	5.11	402108	0.0136	3.29	322600	0.019
25	6.39	502635	0.0131	4.11	403251	0.018
30	7.66	603162	0.0127	4.93	483901	0.018
35	8.94	703689	0.0123	5.75	564551	0.018
40	10.22	804216	0.0120	6.58	645201	0.018
45	11.50	904744	0.0118	7.40	725851	0.018
50	12.77	1005271	0.0116	8.22	806501	0.018
60	15.33	1206325	0.0112	9.86	967801	0.018
70	17.88	1407379	0.0110	11.51	1129102	0.018
80	20.44	1608433	0.0107	13.15	1290402	0.018
90	22.99	1809487	0.0105	14.80	1451702	0.018
100	25.54	2010541	0.0104	16.44	1613002	0.018
125	31.93	2513177	0.0100	20.55	2016253	0.017
150	38.32	3015812	0.0097	24.66	2419504	0.017

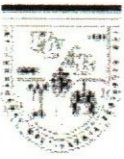


TABLA 42. Cálculo comparativo de los factores de fricción para tuberías de P.V.C clase AB con diámetro interno $D_i=67.8\text{mm}$ (3") y tuberías de H.F.D con $D_i = 88\text{mm}$ (4") según la expresión propuesta por Swamee, para valores iguales de presión.

Caudal (lts/s)	Velocidad tubería de P.V.C clase AB $D_i= 67.8\text{mm}$ (3") (m/s)	Número de Reynolds $R = VD/v$	Factor de fricción de Darcy - Weisbach f para tubería de P.V.C clase AB 3"	Velocidad tubería de H.F.D de 4" $D_i = 88\text{mm}$ (4") (m/s)	Número de Reynolds $R = VD/v$	Factor de fricción de Darcy - Weisbach f para tubería de H.F.D de 4"
0.5	0.14	10468	0.0306	0.08	8065	0.034
1	0.28	20936	0.0255	0.16	16130	0.028
1.5	0.42	31404	0.0231	0.25	24195	0.026
2	0.55	41871	0.0216	0.33	32260	0.025
2.5	0.69	52339	0.0205	0.41	40325	0.024
3	0.83	62807	0.0197	0.49	48390	0.023
3.5	0.97	73275	0.0191	0.58	56455	0.022
4	1.11	83743	0.0185	0.66	64520	0.022
4.5	1.25	94211	0.0181	0.74	72585	0.022
5	1.38	104679	0.0177	0.82	80650	0.021
10	2.77	209357	0.0154	1.64	161300	0.020
15	4.15	314036	0.0143	2.47	241950	0.019
20	5.54	418714	0.0135	3.29	322600	0.019
25	6.92	523393	0.0130	4.11	403251	0.018
30	8.31	628072	0.0126	4.93	483901	0.018
35	9.69	732750	0.0122	5.75	564551	0.018
40	11.08	837429	0.0120	6.58	645201	0.018
45	12.46	942108	0.0117	7.40	725851	0.018
50	13.85	1046786	0.0115	8.22	806501	0.018
60	16.62	1256143	0.0112	9.86	967801	0.018
70	19.39	1465501	0.0109	11.51	1129102	0.018
80	22.16	1674858	0.0107	13.15	1290402	0.018
90	24.93	1884215	0.0105	14.80	1451702	0.018
100	27.70	2093572	0.0103	16.44	1613002	0.018
125	34.62	2616966	0.0099	20.55	2016253	0.017
150	41.55	3140359	0.0097	24.66	2419504	0.017



TABLA 43. Cálculo comparativo de los factores de fricción para tuberías de P.V.C clase AC con diámetro interno $D_i=63.8\text{mm}$ (3") y tuberías de H.F.D con $D_i = 88\text{mm}$ (4") según la expresión propuesta por Swamee, para valores iguales de presión.

Caudal (lts/s)	Velocidad tubería de P.V.C clase AC $D_i= 63.8\text{mm}$ (3") (m/s)	Número de Reynolds $R = VD/v$	Factor de fricción de Darcy - Weisbach f para tubería de P.V.C clase AC 3"	Velocidad tubería de H.F.D de 4" $D_i = 88\text{mm}$ (4") (m/s)	Número de Reynolds $R = VD/v$	Factor de fricción de Darcy - Weisbach f para tubería de H.F.D de 4"
0.5	0.16	11124	0.0301	0.08	8065	0.034
1	0.31	22248	0.0251	0.16	16130	0.028
1.5	0.47	33372	0.0228	0.25	24195	0.026
2	0.63	44497	0.0213	0.33	32260	0.025
2.5	0.78	55621	0.0203	0.41	40325	0.024
3	0.94	66745	0.0195	0.49	48390	0.023
3.5	1.09	77869	0.0188	0.58	56455	0.022
4	1.25	88993	0.0183	0.66	64520	0.022
4.5	1.41	100117	0.0179	0.74	72585	0.022
5	1.56	111242	0.0175	0.82	80650	0.021
10	3.13	222483	0.0152	1.64	161300	0.020
15	4.69	333725	0.0141	2.47	241950	0.019
20	6.26	444966	0.0134	3.29	322600	0.019
25	7.82	556208	0.0128	4.11	403251	0.018
30	9.38	667449	0.0124	4.93	483901	0.018
35	10.95	778691	0.0121	5.75	564551	0.018
40	12.51	889932	0.0118	6.58	645201	0.018
45	14.08	1001174	0.0116	7.40	725851	0.018
50	15.64	1112415	0.0114	8.22	806501	0.018
60	18.77	1334899	0.0111	9.86	967801	0.018
70	21.90	1557382	0.0108	11.51	1129102	0.018
80	25.02	1779865	0.0106	13.15	1290402	0.018
90	28.15	2002348	0.0104	14.80	1451702	0.018
100	31.28	2224831	0.0102	16.44	1613002	0.018
125	39.10	2781039	0.0098	20.55	2016253	0.017
150	46.92	3337246	0.0096	24.66	2419504	0.017

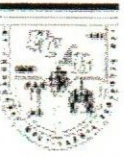


TABLA 44. Cálculo de las pérdidas de carga según la ecuación de Darcy – Weisbach para tuberías de P.V.C clase AA de diámetro interno $D_i = 70.6\text{mm}$ (3") y H.F.D de diámetro $D_i = 88\text{mm}$ (4"). Relaciones entre pérdidas para distintos valores de caudal a presiones iguales.

Caudal (lts/s)	Pérdidas de carga (m) para tubería de P.V.C clase AA $D_i = 70.6$ (3")	Pérdidas de carga (m) para tubería de H.F.D $D_i=88\text{mm}$ (4")	Relación entre las pérdidas de carga
0.5	0.036	0.013	2.755
1	0.121	0.045	2.722
1.5	0.247	0.092	2.690
2	0.411	0.155	2.661
2.5	0.611	0.232	2.633
3	0.844	0.324	2.608
3.5	1.111	0.430	2.584
4	1.410	0.550	2.562
4.5	1.740	0.685	2.542
5	2.101	0.833	2.522
10	7.309	3.078	2.375
15	15.220	6.691	2.275
20	25.656	11.663	2.200
25	38.505	17.990	2.140
30	53.683	25.671	2.091
35	71.126	34.702	2.050
40	90.783	45.085	2.014
45	112.610	56.817	1.982
50	136.569	69.899	1.954
60	190.760	100.109	1.906
70	253.133	135.714	1.865
80	323.512	176.710	1.831
90	401.744	223.098	1.801
100	487.703	274.876	1.774
125	735.688	427.898	1.719
150	1029.834	614.596	1.676

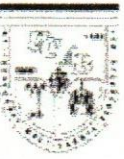


TABLA 45. Cálculo de las pérdidas de carga según la ecuación de Darcy – Weisbach para tuberías de P.V.C clase AB de diámetro interno $D_i = 67.8\text{mm}$ (3") y H.F.D de diámetro $D_i = 88\text{mm}$ (4"). Relaciones entre pérdidas para distintos valores de caudal a presiones iguales

Caudal (lts/s)	Pérdidas de carga (m) para tubería de P.V.C clase AB $D_i = 67.8$ (3")	Pérdidas de carga (m) para tubería de H.F.D $D_i=88\text{mm}$ (4")	Relación entre las pérdidas de carga
0.5	0.044	0.013	3.335
1	0.147	0.045	3.299
1.5	0.300	0.092	3.262
2	0.499	0.155	3.227
2.5	0.741	0.232	3.194
3	1.024	0.324	3.164
3.5	1.348	0.430	3.136
4	1.711	0.550	3.110
4.5	2.112	0.685	3.085
5	2.551	0.833	3.062
10	8.878	3.078	2.884
15	18.493	6.691	2.764
20	31.180	11.663	2.673
25	46.801	17.990	2.601
30	65.256	25.671	2.542
35	86.469	34.702	2.492
40	110.375	45.085	2.448
45	136.921	56.817	2.410
50	166.064	69.899	2.376
60	231.981	100.109	2.317
70	307.859	135.714	2.268
80	393.481	176.710	2.227
90	488.664	223.098	2.190
100	593.251	274.876	2.158
125	895.007	427.898	2.092
150	1252.962	614.596	2.039



TABLA 46. Cálculo de las pérdidas de carga según la ecuación de Darcy – Weisbach para tuberías de P.V.C clase AC de diámetro interno $D_i = 63.8\text{mm}$ (3") y H.F.D de diámetro $D_i = 88\text{mm}$ (4"). Relaciones entre pérdidas para distintos valores de caudal a presiones iguales.

Caudal (lts/s)	Pérdidas de carga (m) para tubería de P.V.C clase AC $D_i = 63.8$ (3")	Pérdidas de carga (m) para tubería de H.F.D $D_i=88\text{mm}$ (4")	Relación entre las pérdidas de carga
0.5	0.059	0.013	4.446
1	0.196	0.045	4.404
1.5	0.401	0.092	4.358
2	0.667	0.155	4.313
2.5	0.990	0.232	4.271
3	1.370	0.324	4.232
3.5	1.803	0.430	4.195
4	2.289	0.550	4.161
4.5	2.827	0.685	4.129
5	3.414	0.833	4.098
10	11.892	3.078	3.864
15	24.782	6.691	3.704
20	41.795	11.663	3.584
25	62.749	17.990	3.488
30	87.509	25.671	3.409
35	115.971	34.702	3.342
40	148.051	45.085	3.284
45	183.678	56.817	3.233
50	222.792	69.899	3.187
60	311.275	100.109	3.109
70	413.141	135.714	3.044
80	528.099	176.710	2.989
90	655.907	223.098	2.940
100	796.354	274.876	2.897
125	1201.617	427.898	2.808
150	1682.423	614.596	2.737



TABLA 47. Cálculo comparativo de los factores de fricción para tuberías de P.V.C clase AA con diámetro interno $D_i=103.6\text{mm}$ (4") y tuberías de H.F.D con $D_i = 88\text{mm}$ (4") según la expresión propuesta por Swamee, para valores iguales de presión.

Caudal (lts/s)	Velocidad tubería de P.V.C clase AA $D_i= 103.6\text{mm}$ (4") (m/s)	Número de Reynolds $R = VD/v$	Factor de fricción de Darcy - Weisbach f para tubería de P.V.C clase AA 4"	Velocidad tubería de H.F.D de 4" $D_i = 88\text{mm}$ (4") (m/s)	Número de Reynolds $R = VD/v$	Factor de fricción de Darcy - Weisbach f para tubería de H.F.D de 4"
0.5	0.06	6851	0.0345	0.08	8065	0.034
1	0.12	13701	0.0285	0.16	16130	0.028
1.5	0.18	20552	0.0256	0.25	24195	0.026
2	0.24	27402	0.0239	0.33	32260	0.025
2.5	0.30	34253	0.0226	0.41	40325	0.024
3	0.36	41104	0.0217	0.49	48390	0.023
3.5	0.42	47954	0.0210	0.58	56455	0.022
4	0.47	54805	0.0203	0.66	64520	0.022
4.5	0.53	61655	0.0198	0.74	72585	0.022
5	0.59	68506	0.0194	0.82	80650	0.021
10	1.19	137012	0.0167	1.64	161300	0.020
15	1.78	205518	0.0154	2.47	241950	0.019
20	2.37	274024	0.0146	3.29	322600	0.019
25	2.97	342529	0.0140	4.11	403251	0.018
30	3.56	411035	0.0136	4.93	483901	0.018
35	4.15	479541	0.0132	5.75	564551	0.018
40	4.75	548047	0.0129	6.58	645201	0.018
45	5.34	616553	0.0126	7.40	725851	0.018
50	5.93	685059	0.0124	8.22	806501	0.018
60	7.12	822071	0.0120	9.86	967801	0.018
70	8.30	959083	0.0117	11.51	1129102	0.018
80	9.49	1096094	0.0114	13.15	1290402	0.018
90	10.68	1233106	0.0112	14.80	1451702	0.018
100	11.86	1370118	0.0110	16.44	1613002	0.018
125	14.83	1712647	0.0106	20.55	2016253	0.017
150	17.79	2055177	0.0103	24.66	2419504	0.017



TABLA 48. Cálculo comparativo de los factores de fricción para tuberías de P.V.C clase AB con diámetro interno $D_i=99.4\text{mm}$ (4") y tuberías de H.F.D con $D_i = 88\text{mm}$ (4") según la expresión propuesta por Swamee, para valores iguales de presión.

Caudal (lts/s)	Velocidad tubería de P.V.C clase AB $D_i=99.4\text{mm}$ (4") (m/s)	Número de Reynolds $R = VD/v$	Factor de fricción de Darcy - Weisbach f para tubería de P.V.C clase AB 4"	Velocidad tubería de H.F.D de 4" $D_i = 88\text{mm}$ (4") (m/s)	Número de Reynolds $R = VD/v$	Factor de fricción de Darcy - Weisbach f para tubería de H.F.D de 4"
0.5	0.06	7140	0.0341	0.08	8065	0.034
1	0.13	14280	0.0281	0.16	16130	0.028
1.5	0.19	21420	0.0254	0.25	24195	0.026
2	0.26	28560	0.0237	0.33	32260	0.025
2.5	0.32	35700	0.0224	0.41	40325	0.024
3	0.39	42840	0.0215	0.49	48390	0.023
3.5	0.45	49980	0.0208	0.58	56455	0.022
4	0.52	57120	0.0202	0.66	64520	0.022
4.5	0.58	64260	0.0196	0.74	72585	0.022
5	0.64	71401	0.0192	0.82	80650	0.021
10	1.29	142801	0.0166	1.64	161300	0.020
15	1.93	214202	0.0153	2.47	241950	0.019
20	2.58	285602	0.0145	3.29	322600	0.019
25	3.22	357003	0.0139	4.11	403251	0.018
30	3.87	428403	0.0135	4.93	483901	0.018
35	4.51	499804	0.0131	5.75	564551	0.018
40	5.15	571204	0.0128	6.58	645201	0.018
45	5.80	642605	0.0125	7.40	725851	0.018
50	6.44	714005	0.0123	8.22	806501	0.018
60	7.73	856806	0.0119	9.86	967801	0.018
70	9.02	999607	0.0116	11.51	1129102	0.018
80	10.31	1142408	0.0114	13.15	1290402	0.018
90	11.60	1285209	0.0111	14.80	1451702	0.018
100	12.89	1428010	0.0109	16.44	1613002	0.018
125	16.11	1785013	0.0106	20.55	2016253	0.017
150	19.33	2142015	0.0102	24.66	2419504	0.017



TABLA 49. Cálculo comparativo de los factores de fricción para tuberías de P.V.C clase AC con diámetro interno $D_i=93.6\text{mm}$ (4") y tuberías de H.F.D con $D_i = 88\text{mm}$ (4") según la expresión propuesta por Swamee, para valores iguales de presión.

Caudal (lts/s)	Velocidad tubería de P.V.C clase AC $D_i= 93.6\text{mm}$ (4") (m/s)	Número de Reynolds $R = VD/v$	Factor de fricción de Darcy - Weisbach f para tubería de P.V.C clase AC 4"	Velocidad tubería de H.F.D de 4" $D_i = 88\text{mm}$ (4") (m/s)	Número de Reynolds $R = VD/v$	Factor de fricción de Darcy - Weisbach f para tubería de H.F.D de 4"
0.5	0.07	7582	0.0335	0.08	8065	0.034
1	0.15	15165	0.0277	0.16	16130	0.028
1.5	0.22	22747	0.0250	0.25	24195	0.026
2	0.29	30330	0.0233	0.33	32260	0.025
2.5	0.36	37912	0.0221	0.41	40325	0.024
3	0.44	45495	0.0212	0.49	48390	0.023
3.5	0.51	53077	0.0205	0.58	56455	0.022
4	0.58	60660	0.0199	0.66	64520	0.022
4.5	0.65	68242	0.0194	0.74	72585	0.022
5	0.73	75825	0.0189	0.82	80650	0.021
10	1.45	151650	0.0164	1.64	161300	0.020
15	2.18	227475	0.0151	2.47	241950	0.019
20	2.91	303300	0.0143	3.29	322600	0.019
25	3.63	379124	0.0138	4.11	403251	0.018
30	4.36	454949	0.0133	4.93	483901	0.018
35	5.09	530774	0.0130	5.75	564551	0.018
40	5.81	606599	0.0126	6.58	645201	0.018
45	6.54	682424	0.0124	7.40	725851	0.018
50	7.27	758249	0.0122	8.22	806501	0.018
60	8.72	909899	0.0118	9.86	967801	0.018
70	10.17	1061549	0.0115	11.51	1129102	0.018
80	11.63	1213198	0.0112	13.15	1290402	0.018
90	13.08	1364848	0.0110	14.80	1451702	0.018
100	14.53	1516498	0.0108	16.44	1613002	0.018
125	18.17	1895622	0.0105	20.55	2016253	0.017
150	21.80	2274747	0.0102	24.66	2419504	0.017



TABLA 50. Cálculo de las pérdidas de carga según la ecuación de Darcy – Weisbach para tuberías de P.V.C clase AA de diámetro interno $D_i = 103.6\text{mm}$ (4") y H.F.D de diámetro $D_i = 88\text{mm}$ (4"). Relaciones entre pérdidas para distintos valores de caudal a presiones iguales

Caudal (lts/s)	Pérdidas de carga (m) para tubería de P.V.C clase AA $D_i = 103.6$ (4")	Pérdidas de carga (m) para tubería de H.F.D $D_i=88\text{mm}$ (4")	Relación entre las pérdidas de carga
0.5	0.006	0.013	0.451
1	0.020	0.045	0.442
1.5	0.040	0.092	0.434
2	0.066	0.155	0.428
2.5	0.098	0.232	0.423
3	0.135	0.324	0.418
3.5	0.178	0.430	0.413
4	0.225	0.550	0.409
4.5	0.278	0.685	0.406
5	0.335	0.833	0.402
10	1.159	3.078	0.377
15	2.407	6.691	0.360
20	4.049	11.663	0.347
25	6.068	17.990	0.337
30	8.450	25.671	0.329
35	11.185	34.702	0.322
40	14.266	45.085	0.316
45	17.683	56.817	0.311
50	21.433	69.899	0.307
60	29.907	100.109	0.299
70	39.653	135.714	0.292
80	50.643	176.710	0.287
90	62.851	223.098	0.282
100	76.258	274.876	0.277
125	114.908	427.898	0.269
150	160.711	614.596	0.261



TABLA 51. Cálculo de las pérdidas de carga según la ecuación de Darcy – Weisbach para tuberías de P.V.C clase AB de diámetro interno $D_i = 99.4\text{mm}$ (4") y H.F.D de diámetro $D_i = 88\text{mm}$ (4"). Relaciones entre pérdidas para distintos valores de caudal a presiones iguales.

Caudal (lts/s)	Pérdidas de carga (m) para tubería de	Pérdidas de carga (m) para tubería de	Relación entre las pérdidas de carga
	P.V.C clase AB $D_i = 99.4\text{mm}$ (4")	H.F.D $D_i=88\text{mm}$ (4")	
0.5	0.007	0.013	0.548
1	0.024	0.045	0.537
1.5	0.049	0.092	0.529
2	0.081	0.155	0.521
2.5	0.119	0.232	0.515
3	0.165	0.324	0.509
3.5	0.217	0.430	0.504
4	0.275	0.550	0.499
4.5	0.339	0.685	0.495
5	0.409	0.833	0.490
10	1.414	3.078	0.459
15	2.936	6.691	0.439
20	4.941	11.663	0.424
25	7.406	17.990	0.412
30	10.315	25.671	0.402
35	13.655	34.702	0.393
40	17.417	45.085	0.386
45	21.591	56.817	0.380
50	26.171	69.899	0.374
60	36.523	100.109	0.365
70	48.430	135.714	0.357
80	61.856	176.710	0.350
90	76.773	223.098	0.344
100	93.156	274.876	0.339
125	140.387	427.898	0.328
150	196.365	614.596	0.320



TABLA 52. Cálculo de las pérdidas de carga según la ecuación de Darcy – Weisbach para tuberías de P.V.C clase AC de diámetro interno $D_i = 93.6\text{mm}$ (4") y H.F.D de diámetro $D_i = 88\text{mm}$ (4"). Relaciones entre pérdidas para distintos valores de caudal a presiones iguales.

Caudal (lts/s)	Pérdidas de carga (m) para tubería de P.V.C clase AC $D_i = 93.6\text{mm}$ (4")	Pérdidas de carga (m) para tubería de H.F.D $D_i=88\text{mm}$ (4")	Relación entre las pérdidas de carga
0.5	0.010	0.013	0.728
1	0.032	0.045	0.714
1.5	0.065	0.092	0.703
2	0.107	0.155	0.694
2.5	0.159	0.232	0.686
3	0.220	0.324	0.678
3.5	0.289	0.430	0.671
4	0.366	0.550	0.665
4.5	0.451	0.685	0.659
5	0.545	0.833	0.654
10	1.887	3.078	0.613
15	3.920	6.691	0.586
20	6.599	11.663	0.566
25	9.893	17.990	0.550
30	13.781	25.671	0.537
35	18.247	34.702	0.526
40	23.277	45.085	0.516
45	28.859	56.817	0.508
50	34.984	69.899	0.500
60	48.829	100.109	0.488
70	64.756	135.714	0.477
80	82.718	176.710	0.468
90	102.676	223.098	0.460
100	124.596	274.876	0.453
125	187.800	427.898	0.439
150	262.720	614.596	0.427

ANEXO "3"
Hojas de análisis de precios unitarios en tuberías de cloacas



HOJA DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Suministro e instalación de Tubería de P.V.C D = 160mm (6") con Junta automática.				
PARTIDA: CODIGO: UNIDAD:	Rendimiento:(mL/día) 100.00			
MATERIALES				
DESCRIPCION	unidad	cantidad	costo	Bs/mL
Tubo de P.V.C. Junta Automática D=160 mm (6")Clase	mL	6.00	31160.00	5193.33
Limpiador- Lubricante marca Tangif	kg	0.01	4500.00	45.00
Total Materiales.....				5238.33
EQUIPOS				
DESCRIPCION	cantidad	precio	deprec	Bs.
Herramientas menores	0.02	300000.00	1.00	6000.00
Camión plataforma cap. 10 ton. Vol. 20 m3-0,42 ton/m3	0.30	50000.00	1.00	15000.00
Total Equipos.....				21000.00
Costo Equipos por Unidad.....				210.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	número	jornal	bono	total
Maestro de obra de 1a.	0.10	12500.00		1250.00
Obrero de 1a.	2.00	7000.00		14000.00
Chofer de 1a.	0.20	9200.00		1840.00
Plomero experimentado	0.30	10000.00		3000.00
Totales.....(1)				0.00 20090.00 (2)
190% Ley del trabajo, etc.....(3)				38171.00
Total Mano de Obra.....(1)+(2)+(3)				58261.00
Total Mano de Obra por Unidad.....				582.61
Costo Directo..... SUBTOTAL A.....				6030.94
Administración... 15,00% Sobre SUBTOTAL A.....				904.64
SUBTOTAL B.....				6935.58
Utilidad..... 10,00% Sobre SUBTOTAL B.....				693.56
SUBTOTAL C.....				7629.14
I.V.M. 16,50% Sobre SUBTOTAL C.....				1258.81
PRECIO UNITARIO..... Bs.				8887.95



HOJA DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Suministro e instalación de Tubería de P.V.C D = 160mm (6") con Junta Pegada.				
PARTIDA: CODIGO: UNIDAD:	Rendimiento:(mL/día) 100.00			
MATERIALES				
DESCRIPCION	unidad	cantidad	costo	Bs/mL
Tubo de P.V.C. Junta Automática D=160 mm (6")Clase CA	mL	6.00	31160.00	5193.33
Limpiador- Lubricante marca Tangif	kg	0.01	4500.00	45.00
Pegamento Tangif	Kg	0.01	8000.00	80.00
Total Materiales.....				5318.33
EQUIPOS				
DESCRIPCION	cantidad	precio	deprec	Bs.
Herramientas menores	0.01	300000.00	1.00	3000.00
Camión plataforma cap. 10 ton. Vol. 20 m3-0,42 ton/m3	0.30	50000.00	1.00	15000.00
Total Equipos.....				18000.00
Costo Equipos por Unidad.....				180.00
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	número	jornal	bono	total
Maestro de obra de 1a.	0.10	12500.00		1250.00
Obrero de 1a.	2.00	7000.00		14000.00
Chofer de 1a.	0.20	9200.00		1840.00
Plomero experimentado	0.30	10000.00		3000.00
Totales.....(1)				0.00 20090.00 (2)
190% Ley del trabajo, etc.....(3)				38171.00
Total Mano de Obra.....(1)+(2)+(3)				58261.00
Total Mano de Obra por Unidad.....				582.61
Costo Directo..... SUBTOTAL A.....				6080.94
Administración...15,00% Sobre SUBTOTAL A.....				912.14
SUBTOTAL B.....				6993.08
Utilidad.....10,00% Sobre SUBTOTAL B.....				699.31
SUBTOTAL C.....				7692.39
I.V.M.16,50% Sobre SUBTOTAL C.....				1269.24
PRECIO UNITARIO..... Bs.				8961.64



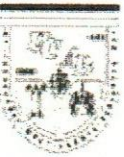
HOJA DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: Suministro e instalación de Tubería de concreto D = 200mm (8") con Junta de goma.					
PARTIDA: CODIGO: UNIDAD:		Rendimiento:(mL/día) 42.00			
MATERIALES					
DESCRIPCION		unidad	cantidad	costo	Bs/mL
Tubo de Concreto. Junta de Goma D=200 mm (8")Clase C2		mL	1.25	6391.25	5113.00
Manteca Vegetal		kg	0.02	1000.00	20.00
Total Materiales.....				5133.00	
EQUIPOS					
DESCRIPCION		cantidad	precio	deprec	Bs.
Herramientas menores		0.02	300000.00	1.00	6000.00
Camión plataforma cap. 10 ton. Vol. 20 m3-0,42 ton/m3		0.30	50000.00	1.00	15000.00
Total Equipos.....				21000.00	
Costo Equipos por Unidad.....				500.00	
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION		número	jornal	bono	total
Maestro de obra de 1a.		0.10	12500.00		1250.00
Obrero de 1a.		2.00	7000.00		14000.00
Chofer de 1a.		0.30	9200.00		2760.00
Albañil		1.00	9600.00		9600.00
Ayudante		1.00	8000.00		8000.00
Totales.....(1)				0.00	35610.00
190% Ley del trabajo, etc.....(3)					67659.00
Total Mano de Obra.....(1)+(2)+(3)					103269.00
Total Mano de Obra por Unidad.....					2458.79
Costo Directo.....		SUBTOTAL A.....		8091.79	
Administración...15,00% Sobre SUBTOTAL A.....				1213.77	
		SUBTOTAL B.....		9305.55	
Utilidad.....10,00% Sobre SUBTOTAL B.....				930.56	
		SUBTOTAL C.....		10236.11	
I.V.M.16,50% Sobre SUBTOTAL C.....				1688.96	
PRECIO UNITARIO..... Bs.				11925.07	

ANEXO "4"
Hojas de análisis de precios unitarios en acueductos



PARTIDA: CODIGO: UNIDAD:		Rendimiento:(mL/día)			125
MATERIALES					
DESCRIPCION	unidad	cantidad	costo	Bs/mL	
Tubo de P.V.C. Junta Automática D=75 mm Clase AA	mL	6	Bs8,896.00	1482.67	
Total Materiales.....				1,482.67	
EQUIPOS					
DESCRIPCION	cantidad	precio	deprec	bolivares	
Herramientas menores	1	706,466.80	0.00322	2,274.82	
Camión plataforma cap. 10 ton. Vol. 20 m3-0,42 ton/m3	0.5	36,266,659.00	0.00200	36,266.66	
Total Equipos.....				38,541.48	
Costo Equipos por Unidad.....				308.33	
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	número	jornal	bono	total	
Chofer de 1ra (8 a 15 ton.), oficio 3-6	0.5	5,021.90		2,510.95	
Cuadrilla tipo 1 tubería P.V.C.	1	27,379.95		27,379.95	
Totales.....(1)				29,890.90	
190% Ley del trabajo, etc.....(3)				56,792.71	
Total Mano de Obra.....(1)+(2)+(3)				86,683.61	
Total Mano de Obra por Unidad.....				693.47	
Costo Directo.....SUBTOTAL A.....				2,484.47	
Administración...15,00% Sobre SUBTOTAL A.....				372.67	
SUBTOTAL B.....				2,857.14	
Utilidad.....10,00% Sobre SUBTOTAL B.....				285.71	
SUBTOTAL C.....				3,142.85	
I.V.M.16,50% Sobre SUBTOTAL C.....				518.57	
PRECIO UNITARIO..... Bs.				3,661.42	



PARTIDA:	Rendimiento:(mL/día)	125
CODIGO:		
UNIDAD:		

MATERIALES				
DESCRIPCION	unidad	cantidad	costo	Bs/mL
Tubo de P.V.C. Junta Automática D=75 mm Clase AB	mL	6	Bs13,921.00	2,320.17

Total Materiales..... 2,320.17

EQUIPOS				
DESCRIPCION	cantidad	precio	deprec	bolivares
Herramientas menores	1	706,466.80	0.00322	2,274.82
Camión plataforma cap. 10 ton. Vol. 20 m3-0,42 ton/m3	0.5	36,266,659.00	0.00200	36,266.66

Total Equipos..... 38,541.48

Costo Equipos por Unidad..... 308.33

MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	número	jornal	bono	total
Chofer de 1ra (8 a 15 ton.), oficio 3-6	0.5	5,021.90		2,510.95
Cuadrilla tipo 1 tubería P.V.C.	1	27,379.95		27,379.95

Totales.....(1) - 29,890.90 (2)

190% Ley del trabajo, etc.....(3) 56,792.71

Total Mano de Obra.....(1)+(2)+(3) 86,683.61

Total Mano de Obra por Unidad..... 693.47

Costo Directo..... SUBTOTAL A..... 3,321.97

Administración...15,00% Sobre SUBTOTAL A..... 498.30

SUBTOTAL B..... 3,820.26

Utilidad.....10,00% Sobre SUBTOTAL B..... 382.03

SUBTOTAL C..... 4,202.29

I.V.M.16,50% Sobre SUBTOTAL C..... 693.38

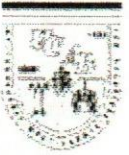
PRECIO UNITARIO..... Bs. 4,895.67



PARTIDA:		Rendimiento:(mL/día)			125
CODIGO:					
UNIDAD:					
MATERIALES					
DESCRIPCION		unidad	cantidad	costo	Bs/mL
Tubo de P.V.C. Junta Automática D=75 mm Clase AC		mL	6	Bs20,738.00	3,456.33
Total Materiales.....					3,456.33
EQUIPOS					
DESCRIPCION		cantidad	precio	deprec	bolivares
Herramientas menores		1	706,466.80	0.00322	2,274.82
Camión plataforma cap. 10 ton. Vol. 20 m3-0,42 ton/m3		0.5	36,266,659.00	0.00200	36,266.66
Total Equipos.....					38,541.48
Costo Equipos por Unidad.....					308.33
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION		número	jornal	bono	total
Chofer de 1ra (8 a 15 ton.), oficio 3-6		0.5	5,021.90		2,510.95
Cuadrilla tipo 1 tubería P.V.C.		1	27,379.95		27,379.95
Totales.....(1)					29,890.90
190% Ley del trabajo, etc.....(3)					56,792.71
Total Mano de Obra.....(1)+(2)+(3)					86,683.61
Total Mano de Obra por Unidad.....					693.47
Costo Directo..... SUBTOTAL A.....					4,458.13
Administración...15,00% Sobre SUBTOTAL A.....					668.72
SUBTOTAL B.....					5,126.85
Utilidad.....10,00% Sobre SUBTOTAL B.....					512.69
SUBTOTAL C.....					5,639.54
I.V.M.16,50% Sobre SUBTOTAL C.....					930.52
PRECIO UNITARIO..... Bs.					6,570.06



PARTIDA: CODIGO: UNIDAD:		Rendimiento:(mL/día)			95
MATERIALES					
DESCRIPCION	unidad	cantidad	costo	Bs/mL	
Tubo de H.F dúctil D=100 mm	mL	6	Bs158,550.00	26,425.00	
Total Materiales.....					26,425.00
EQUIPOS					
DESCRIPCION	cantidad	precio	deprec	bolivares	
Camioneta Pick-up	0.5	11,287,325.40	0.00300	16,930.99	
Camión grua cap= 4 Ton	0.5	48,986,554.50	0.00200	48,986.55	
Herramientas menores	1	706,466.80	0.00322	2,274.82	
Total Equipos.....					68,192.37
Costo Equipos por Unidad.....					717.81
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	número	jornal	bono	total	
Chofer de 3ra (hasta 3 Ton), oficio 3-4	0.5	4,943.90		2,471.95	
Operador grua de 2da, oficio 5-14	0.5	5,093.40		2,546.70	
Cuadrilla tipo 1 tubería hfd	1	32,283.55		32,283.55	
Totales.....(1)					37,302.20
190% Ley del trabajo, etc.....(3)					70,874.18
Total Mano de Obra.....(1)+(2)+(3)					108,176.38
Total Mano de Obra por Unidad.....					1,138.70
Costo Directo..... SUBTOTAL A.....					28,281.51
Administración...15,00% Sobre SUBTOTAL A.....					4,242.23
SUBTOTAL B.....					32,523.74
Utilidad.....10,00% Sobre SUBTOTAL B.....					3,252.37
SUBTOTAL C.....					35,776.11
I.V.M.16,50% Sobre SUBTOTAL C.....					5,903.06
PRECIO UNITARIO..... Bs.					41,679.17



PARTIDA:		Rendimiento:(mL/día)			110
CODIGO:					
UNIDAD:					
MATERIALES					
DESCRIPCION		unidad	cantidad	costo	Bs/mL
Tubo de P.V.C. Junta Automática D=110 mm Clase AA		mL	6	Bs18,901.00	3,150.17
Total Materiales.....					3,150.17
EQUIPOS					
DESCRIPCION		cantidad	precio	deprec	bolivares
Herramientas menores		1	706,466.80	0.00322	2,274.82
Camión plataforma cap. 10 ton. Vol. 20 m3-0,42 ton/m3		0.5	36,266,659.00	0.00200	36,266.66
Total Equipos.....					38,541.48
Costo Equipos por Unidad.....					350.38
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION		número	jornal	bono	total
Chofer de 1ra (8 a 15 ton.), oficio 3-6		0.5	5,021.90		2,510.95
Cuadrilla tipo 1 tubería P.V.C.		1	27,379.95		27,379.95
Totales.....(1)					29,890.90
190% Ley del trabajo, etc.....(3)					56,792.71
Total Mano de Obra.....(1)+(2)+(3)					86,683.61
Total Mano de Obra por Unidad.....					788.03
Costo Directo.....SUBTOTAL A.....					4,288.58
Administración...15,00% Sobre SUBTOTAL A.....					643.29
SUBTOTAL B.....					4,931.86
Utilidad.....10,00% Sobre SUBTOTAL B.....					493.19
SUBTOTAL C.....					5,425.05
I.V.M.16,50% Sobre SUBTOTAL C.....					895.13
PRECIO UNITARIO..... Bs.					6,320.18



PARTIDA:		Rendimiento:(mL/día)			110
CODIGO:					
UNIDAD:					
MATERIALES					
DESCRIPCION		unidad	cantidad	costo	Bs/mL
Tubo de P.V.C. Junta Automática D=110 mm Clase AB		mL	6	Bs29,949.00	4,991.50
Total Materiales.....					4,991.50
EQUIPOS					
DESCRIPCION		cantidad	precio	deprec	bolivares
Herramientas menores		1	706,466.80	0.00322	2,274.82
Camión plataforma cap. 10 ton. Vol. 20 m3-0,42 ton/m3		0.5	36,266,659.00	0.00200	36,266.66
Total Equipos.....					38,541.48
Costo Equipos por Unidad.....					350.38
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION		número	jornal	bono	total
Chofer de 1ra (8 a 15 ton.), oficio 3-6		0.5	5,021.90		2,510.95
Cuadrilla tipo 1 tubería P.V.C.		1	27,379.95		27,379.95
Totales.....(1)					29,890.90
190% Ley del trabajo, etc.....(3)					56,792.71
Total Mano de Obra.....(1)+(2)+(3)					86,683.61
Total Mano de Obra por Unidad.....					788.03
Costo Directo..... SUBTOTAL A.....					6,129.91
Administración...15,00% Sobre SUBTOTAL A.....					919.49
SUBTOTAL B.....					7,049.40
Utilidad.....10,00% Sobre SUBTOTAL B.....					704.94
SUBTOTAL C.....					7,754.34
I.V.M.16,50% Sobre SUBTOTAL C.....					1,279.47
PRECIO UNITARIO..... Bs.					9,033.80



PARTIDA: CODIGO: UNIDAD:		Rendimiento:(mL/día) 110		
MATERIALES				
DESCRIPCION	unidad	cantidad	costo	Bs/mL
Tubo de P.V.C. Junta Automática D=110 mm Clase AC	mL	6	Bs44,469.00	7,411.50
Total Materiales.....				7,411.50
EQUIPOS				
DESCRIPCION	cantidad	precio	deprec	bolivares
Herramientas menores	1	706,466.80	0.00322	2,274.82
Camión plataforma cap. 10 ton. Vol. 20 m3-0,42 ton/m3	0.5	36,266,659.00	0.00200	36,266.66
Total Equipos.....				38,541.48
Costo Equipos por Unidad.....				350.38
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	número	jornal	bono	total
Chofer de 1ra (8 a 15 ton.), oficio 3-6	0.5	5,021.90		2,510.95
Cuadrilla tipo 1 tubería P.V.C.	1	27,379.95		27,379.95
Totales.....(1)				29,890.90 (2)
190% Ley del trabajo, etc.....(3)				56,792.71
Total Mano de Obra.....(1)+(2)+(3)				86,683.61
Total Mano de Obra por Unidad.....				788.03
Costo Directo.....SUBTOTAL A.....				8,549.91
Administración...15,00% Sobre SUBTOTAL A.....				1,282.49
SUBTOTAL B.....				9,832.40
Utilidad.....10,00% Sobre SUBTOTAL B.....				983.24
SUBTOTAL C.....				10,815.64
I.V.M.16,50% Sobre SUBTOTAL C.....				1,784.58
PRECIO UNITARIO..... Bs.				12,600.22

ANEXO "5"
Corrida de Cross del modelo de estudio.

T R A M O 1

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
IN-A	16.00	3.12	99.4	0.40	140	0.00429763	0.04	1211.00	1141.00	70.00	1210.96	1145.00	65.96

T R A M O 2

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
A-B	8.00	3.12	99.4	0.40	140	0.00214882	0.02	1210.96	1145.00	65.96	1210.95	1145.00	65.95

T R A M O 3

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
B-C	14.40	3.12	99.4	0.40	140	0.00386787	0.03	1210.95	1145.00	65.95	1210.92	1145.00	65.92

T R A M O 4

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C-D	10.40	3.11	99.4	0.40	140	0.00279346	0.02	1210.92	1145.00	65.92	1210.89	1145.00	65.89

T R A M O 5

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C-C1	8.00	0.01	67.8	0.00	140	0.01385016	0.00	1210.92	1145.00	65.92	1210.92	1145.00	65.92

T R A M O 6

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C1-C2	23.60	0.01	67.8	0.00	140	0.04085798	0.00	1210.92	1145.00	65.92	1210.92	1143.00	67.92

T R A M O 7

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
D-E	80.60	2.92	99.4	0.38	140	0.02164933	0.16	1210.89	1145.00	65.89	1210.73	1145.00	65.73

T R A M O 8

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
E-F	34.80	2.64	99.4	0.34	140	0.00934735	0.06	1210.73	1145.00	65.73	1210.68	1145.00	65.68

M A L L A 9

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
F-K	89.40	1.19	99.4	0.15	140	0.02401303	0.03	1210.68	1145.00	65.68	1210.65	1145.00	65.65
K-J	23.60	1.06	99.4	0.14	140	0.00633901	0.01	1210.65	1145.00	65.65	1210.64	1145.00	65.64
J-I	23.20	0.52	99.4	0.07	140	0.00623157	0.00	1210.64	1145.00	65.64	1210.64	1145.00	65.64
I-H	22.80	-0.48	99.4	0.06	140	0.00612413	-0.00	1210.64	1145.00	65.64	1210.64	1145.00	65.64
H-G	20.20	-1.03	99.4	0.13	140	0.00542576	-0.01	1210.64	1145.00	65.64	1210.64	1145.00	65.64
G-F	95.68	-1.17	99.4	0.15	140	0.02569985	-0.03	1210.64	1145.00	65.64	1210.68	1145.00	65.68

T R A M O 1

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
IN-A	16.00	3.12	88.0	0.51	100	0.01450440	0.12	1211.00	1141.00	70.00	1210.88	1145.00	65.88

T R A M O 2

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
A-B	8.00	3.12	88.0	0.51	100	0.00725220	0.06	1210.88	1145.00	65.88	1210.82	1145.00	65.82

T R A M O 3

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
B-C	14.40	3.12	88.0	0.51	100	0.01305396	0.11	1210.82	1145.00	65.82	1210.71	1145.00	65.71

T R A M O 4

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C-D	10.40	3.11	88.0	0.51	100	0.00942786	0.08	1210.71	1145.00	65.71	1210.64	1145.00	65.64

T R A M O 5

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C-C1	8.00	0.01	68.0	0.00	100	0.02545551	0.00	1210.71	1145.00	65.71	1210.71	1145.00	65.71

T R A M O 6

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C1-C2	23.60	0.01	68.0	0.00	100	0.07509377	0.00	1210.71	1145.00	65.71	1210.71	1143.00	67.71

T R A M O 7

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
D-E	80.60	2.92	88.0	0.48	100	0.07306590	0.53	1210.64	1145.00	65.64	1210.10	1145.00	65.10

T R A M O 8

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
E-F	34.80	2.64	88.0	0.43	100	0.03154706	0.19	1210.10	1145.00	65.10	1209.91	1145.00	64.91

M A L L A 9

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
F-K	89.40	1.19	88.0	0.20	100	0.08104331	0.11	1209.91	1145.00	64.91	1209.80	1145.00	64.80
K-J	23.60	1.06	88.0	0.17	100	0.02139398	0.02	1209.80	1145.00	64.80	1209.78	1145.00	64.78
J-I	23.20	0.52	88.0	0.09	100	0.02103137	0.01	1209.78	1145.00	64.78	1209.77	1145.00	64.77
I-H	22.80	-0.48	88.0	0.08	100	0.02066876	-0.01	1209.77	1145.00	64.77	1209.78	1145.00	64.78
H-G	20.20	-1.03	88.0	0.17	100	0.01831180	-0.02	1209.78	1145.00	64.78	1209.80	1145.00	64.80
G-F	95.68	-1.17	88.0	0.19	100	0.08673629	-0.12	1209.80	1145.00	64.80	1209.91	1145.00	64.91

T R A M O 1

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
IN-A	16.00	3.12	67.8	0.86	140	0.02770033	0.23	1211.00	1141.00	70.00	1210.77	1145.00	65.77

T R A M O 2

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
A-B	8.00	3.12	67.8	0.86	140	0.01385016	0.11	1210.77	1145.00	65.77	1210.66	1145.00	65.66

T R A M O 3

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
B-C	14.40	3.12	67.8	0.86	140	0.02493030	0.21	1210.66	1145.00	65.66	1210.45	1145.00	65.45

T R A M O 4

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C-D	10.40	3.11	67.8	0.86	140	0.01800521	0.15	1210.45	1145.00	65.45	1210.31	1145.00	65.31

T R A M O 5

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C-C1	8.00	0.01	67.8	0.00	140	0.01385016	0.00	1210.45	1145.00	65.45	1210.45	1145.00	65.45

T R A M O 6

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C1-C2	23.60	0.01	67.8	0.00	140	0.04085798	0.00	1210.45	1145.00	65.45	1210.45	1143.00	67.45

T R A M O 7

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
D-E	80.60	2.92	67.8	0.81	140	0.13954040	1.02	1210.31	1145.00	65.31	1209.29	1145.00	64.29

T R A M O 8

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
E-F	34.80	2.64	67.8	0.73	140	0.06024821	0.36	1209.29	1145.00	64.29	1208.92	1145.00	63.92

M A L L A 9

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
F-K	89.40	1.19	67.8	0.33	140	0.15477558	0.21	1208.92	1145.00	63.92	1208.71	1145.00	63.71
K-J	23.60	1.06	67.8	0.29	140	0.04085798	0.05	1208.71	1145.00	63.71	1208.67	1145.00	63.67
J-I	23.20	0.52	67.8	0.14	140	0.04016548	0.01	1208.67	1145.00	63.67	1208.65	1145.00	63.65
I-H	22.80	-0.48	67.8	0.13	140	0.03947297	-0.01	1208.65	1145.00	63.65	1208.66	1145.00	63.66
H-G	20.20	-1.03	67.8	0.29	140	0.03497166	-0.04	1208.66	1145.00	63.66	1208.70	1145.00	63.70
G-F	95.68	-1.17	67.8	0.33	140	0.16564796	-0.22	1208.70	1145.00	63.70	1208.92	1145.00	63.92

T R A M O 1

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
IN-A	16.00	7.80	88.0	1.28	100	0.01450440	0.65	1211.00	1141.00	70.00	1210.35	1145.00	65.35

T R A M O 2

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
A-B	8.00	7.80	88.0	1.28	100	0.00725220	0.33	1210.35	1145.00	65.35	1210.02	1145.00	65.02

T R A M O 3

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
B-C	14.40	7.80	88.0	1.28	100	0.01305396	0.59	1210.02	1145.00	65.02	1209.44	1145.00	64.44

T R A M O 4

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C-D	10.40	7.78	88.0	1.28	100	0.00942786	0.42	1209.44	1145.00	64.44	1209.02	1145.00	64.02

T R A M O 5

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C-C1	8.00	0.03	68.0	0.01	100	0.02545551	0.00	1209.44	1145.00	64.44	1209.44	1145.00	64.44

T R A M O 6

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C1-C2	23.60	0.01	68.0	0.00	100	0.07509377	0.00	1209.44	1145.00	64.44	1209.44	1143.00	66.44

T R A M O 7

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
D-E	80.60	7.31	88.0	1.20	100	0.07306590	2.91	1209.02	1145.00	64.02	1206.11	1145.00	61.11

T R A M O 8

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
E-F	34.80	6.60	88.0	1.09	100	0.03154706	1.04	1206.11	1145.00	61.11	1205.07	1145.00	60.07

M A L L A 9

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
F-K	89.40	2.97	88.0	0.49	100	0.08104331	0.61	1205.07	1145.00	60.07	1204.46	1145.00	59.46
K-J	23.60	2.64	88.0	0.43	100	0.02139398	0.13	1204.46	1145.00	59.46	1204.33	1145.00	59.33
J-I	23.20	1.30	88.0	0.21	100	0.02103137	0.03	1204.33	1145.00	59.33	1204.30	1145.00	59.30
I-H	22.80	-1.20	88.0	0.20	100	0.02066876	-0.03	1204.30	1145.00	59.30	1204.33	1145.00	59.33
H-G	20.20	-2.57	88.0	0.42	100	0.01831180	-0.11	1204.33	1145.00	59.33	1204.43	1145.00	59.43
G-F	95.68	-2.93	88.0	0.48	100	0.08673629	-0.64	1204.43	1145.00	59.43	1205.07	1145.00	60.07

T R A M O 1

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
IN-A	16.00	7.80	67.8	2.16	140	0.02770033	1.24	1211.00	1141.00	70.00	1209.76	1145.00	64.76

T R A M O 2

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
A-B	8.00	7.80	67.8	2.16	140	0.01385016	0.62	1209.76	1145.00	64.76	1209.13	1145.00	64.13

T R A M O 3

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
B-C	14.40	7.80	67.8	2.16	140	0.02493030	1.12	1209.13	1145.00	64.13	1208.01	1145.00	63.01

T R A M O 4

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C-D	10.40	7.78	67.8	2.15	140	0.01800521	0.80	1208.01	1145.00	63.01	1207.21	1145.00	62.21

T R A M O 5

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C-C1	8.00	0.03	67.8	0.01	140	0.01385016	0.00	1208.01	1145.00	63.01	1208.01	1145.00	63.01

T R A M O 6

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C1-C2	23.60	0.01	67.8	0.00	140	0.04085798	0.00	1208.01	1145.00	63.01	1208.01	1143.00	65.01

T R A M O 7

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
D-E	80.60	7.31	67.8	2.02	140	0.13954040	5.55	1207.21	1145.00	62.21	1201.66	1145.00	56.66

T R A M O 8

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
E-F	34.80	6.60	67.8	1.83	140	0.06024821	1.99	1201.66	1145.00	56.66	1199.67	1145.00	54.67

M A L L A 9

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
F-K	89.40	2.97	67.8	0.82	140	0.15477558	1.16	1199.67	1145.00	54.67	1198.51	1145.00	53.51
K-J	23.60	2.64	67.8	0.73	140	0.04085798	0.25	1198.51	1145.00	53.51	1198.27	1145.00	53.27
J-I	23.20	1.30	67.8	0.36	140	0.04016548	0.07	1198.27	1145.00	53.27	1198.20	1145.00	53.20
I-H	22.80	-1.20	67.8	0.33	140	0.03947297	-0.05	1198.20	1145.00	53.20	1198.25	1145.00	53.25
H-G	20.20	-2.57	67.8	0.71	140	0.03497166	-0.20	1198.25	1145.00	53.25	1198.46	1145.00	53.46
G-F	95.68	-2.93	67.8	0.81	140	0.16564796	-1.22	1198.46	1145.00	53.46	1199.67	1145.00	54.67

T R A M O 1

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
IN-A	16.00	7.80	99.4	1.01	140	0.00429763	0.19	1211.00	1141.00	70.00	1210.81	1145.00	65.81

T R A M O 2

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
A-B	8.00	7.80	99.4	1.01	140	0.00214882	0.10	1210.81	1145.00	65.81	1210.71	1145.00	65.71

T R A M O 3

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
B-C	14.40	7.80	99.4	1.01	140	0.00386787	0.17	1210.71	1145.00	65.71	1210.54	1145.00	65.54

T R A M O 4

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C-D	10.40	7.78	99.4	1.00	140	0.00279346	0.12	1210.54	1145.00	65.54	1210.41	1145.00	65.41

T R A M O 5

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C-C1	8.00	0.03	67.8	0.01	140	0.01385016	0.00	1210.54	1145.00	65.54	1210.54	1145.00	65.54

T R A M O 6

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
C1-C2	23.60	0.01	67.8	0.00	140	0.04085798	0.00	1210.54	1145.00	65.54	1210.54	1143.00	67.54

T R A M O 7

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
D-E	80.60	7.31	99.4	0.94	140	0.02164933	0.86	1210.41	1145.00	65.41	1209.55	1145.00	64.55

T R A M O 8

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
E-F	34.80	6.60	99.4	0.85	140	0.00934735	0.31	1209.55	1145.00	64.55	1209.24	1145.00	64.24

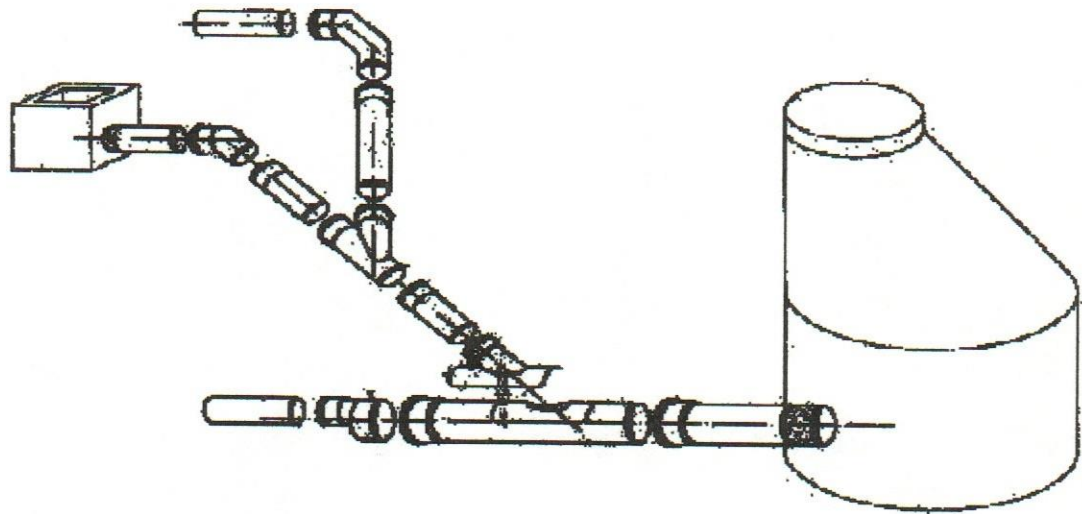
M A L L A 9

TRAMO	L(m)	Q(lps)	D(mm)	V(mps)	C	r tramo	J(m)	C.P.<	C.T.<	P.<(m)	C.P.>	C.T.>	P.>(m)
F-K	89.40	2.97	99.4	0.38	140	0.02401303	0.18	1209.24	1145.00	64.24	1209.06	1145.00	64.06
K-J	23.60	2.64	99.4	0.34	140	0.00633901	0.04	1209.06	1145.00	64.06	1209.02	1145.00	64.02
J-I	23.20	1.30	99.4	0.17	140	0.00623157	0.01	1209.02	1145.00	64.02	1209.01	1145.00	64.01
I-H	22.80	-1.20	99.4	0.15	140	0.00612413	-0.01	1209.01	1145.00	64.01	1209.02	1145.00	64.02
H-G	20.20	-2.57	99.4	0.33	140	0.00542576	-0.03	1209.02	1145.00	64.02	1209.05	1145.00	64.05
G-F	95.68	-2.93	99.4	0.38	140	0.02569985	-0.19	1209.05	1145.00	64.05	1209.24	1145.00	64.24

ANEXO "6"
Manual técnico para sistemas de alcantarillado de PVC



MANUAL TECNICO PARA SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE PVC



El sistema de alcantarillado de tuberías y accesorios de PVC permite la construcción de drenajes para aguas negras y aguas de lluvia, de una manera fácil, segura, rápida, eficiente, y a unos costos comparativos con los materiales tradicionalmente usados.

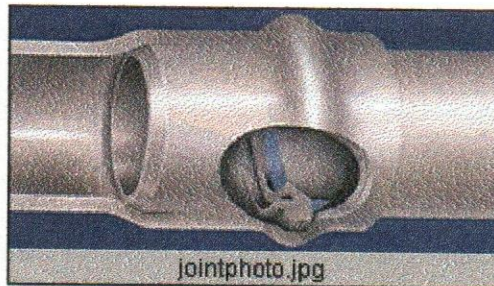
El sistema de alcantarillado de tuberías y accesorios de PVC es sometido a un estricto control de calidad sobre las materias primas utilizadas y el proceso productivo, lo que permite disponer de productos de muy alta confiabilidad y calificación técnica, para participar en obras proyectadas para una vida útil de 50 años, bajo las condiciones de uso e instalación recomendadas por el fabricante.



La mayoría de los sistemas de alcantarillado son compatibles con los programas de urbanismos progresivos, ya que permiten la utilización del diámetro 110 mm (4") como alternativa en los ramales de empotramiento, siempre y cuando éstos cuenten con la aprobación y supervisión de la autoridad sanitaria competente. Las uniones entre los tubos y con sus accesorios se realiza de manera rápida y segura mediante juntas mecánicas o juntas automáticas, que posee un sello de goma que proporciona estanqueidad y flexibilidad a la conexión, impidiendo las fugas e infiltraciones y soportando los asentamientos diferenciales del suelo.

Este tipo de junta presenta una instalación rápida y segura, siendo considerada de máxima seguridad y resistencia. Consiste en un sistema de unión flexible tipo macho – hembra, en el cual la junta o campana terminal forma parte integral del tubo.

El otro sistema de junta utilizado, es la llamada junta de espiga – campana, las cuales se hacen solidarias utilizando un material adhesivo o pegamento especial para tuberías de PVC. Este tipo es el más común, debido a su seguridad, rapidez y fácil instalación. A continuación se muestra una figura de una junta automática típica de tubería de plástico.





VENTAJAS COMPARATIVAS

1. Menores pendientes:

Dado que las paredes interiores de las tuberías de PVC son muy lisas, se pueden obtener mayores capacidades de conducción para pendientes menores. Tal condición permanece inalterada durante la vida útil de la tubería, debido a la casi inexistente formación de incrustaciones causadas por oxidación o degradación de la superficie interna del conducto, situación que es muy común en las tuberías metálicas y de concreto.

Ensayos de laboratorio y mediciones de campo han dado como resultado que los valores del coeficiente de rugosidad de Manning para el PVC varían entre 0,007 y 0,011. Una superficie interior muy lisa y sin porosidades, unas juntas impermeables y menos numerosas por tramo entre bocas de visita, hacen que el sistema de alcantarillado con junta mecánica de PVC contribuya en la uniformidad y permanencia del flujo, resultando en la obtención de valores del coeficiente de rugosidad relativamente bajos.

A los efectos del diseño hidráulico se recomienda la utilización de 0,009 como valor promedio para flujo por gravedad.

2. Facilidad y seguridad de juntas

La unión con anillo de goma denominada junta automática o junta mecánica ha sido especialmente diseñada para alcantarillados de flujo por gravedad. El anillo de goma provee de estanqueidad a la unión entre los tubos y con sus accesorios, al mismo tiempo que permite absorber las pequeñas deflexiones causadas por los asentamientos diferenciales del suelo, no requiere de la construcción de subdrenajes en el lecho de la zanja, ni de la realización de estudios de percolación de los suelos como en los sistemas cloacales tradicionales. Sólo se requiere de subdrenajes en aquellos casos en los que el nivel freático esté por encima de la rasante del tubo.



3. Resistencia a la corrosión

El material del cual están hechas las tuberías y los accesorios del sistema de alcantarillado de PVC, es resistente al transporte de fluidos corrosivos y a la acción de suelos agresivos. Así mismo, no resultan afectados por los gases que puedan formarse ni por los ácidos generados en el ciclo del ácido sulfhídrico.

Por otro lado, la corrosión electrolítica no afecta a los componentes del sistema, por lo que no requieren de protección catódica o revestimientos especiales.

4. Menores pérdidas por rotura

Debido a las excelentes propiedades de las tuberías del sistema de alcantarillado de PVC respecto al reducido peso y a la extrema elasticidad del material, el riesgo de pérdida por rotura en las operaciones de carga, descarga, almacenamiento e instalación es prácticamente nulo, si son manejadas adecuadamente y según las recomendaciones del fabricante.

5. Fácil preparación.

Al momento de ajustar con precisión la longitud de los tramos de tubería entre empotramientos domiciliarios, tanquillas, sumideros, derivaciones o bocas de visita, las tuberías de PVC presentan la ventaja de que puede ser cortada con un simple serrucho, segueta o caladora, y de que se logra achaflanar los extremos cortados con una escofina o lima.

Esta ventaja también puede ser utilizada para rescatar cualquier porción aprovechable de tubería que haya resultado rota en el proceso de manejo descrito en el aparte anterior, reduciéndose al mínimo el posible desperdicio de material.



6. Menor costo de instalación.

El reducido peso de las tuberías y accesorios de PVC hace innecesario el uso de equipo pesado para su transporte, manejo y colocación en almacenes y obras, así como en la colocación e instalación en las zanjas, permitiendo que estas operaciones se lleven a cabo por cuadrillas reducidas y en lugares de difícil acceso.

Comparación de peso entre algunos tipos de tuberías (Kg/m)

Comparación de peso entre algunos tipos de tuberías (Kg/m)				
Diámetro		PVC	Arcilla vitrificada	Concreto
pulg	mm			
6	160	2,5	21,3	52,0
8	200	3,9	32,0	80,0
10	250	6,0	43,0	109,0
12	315	9,6		156,0
16	400	15,6		216,0

7. Eficiencia y confiabilidad del sistema

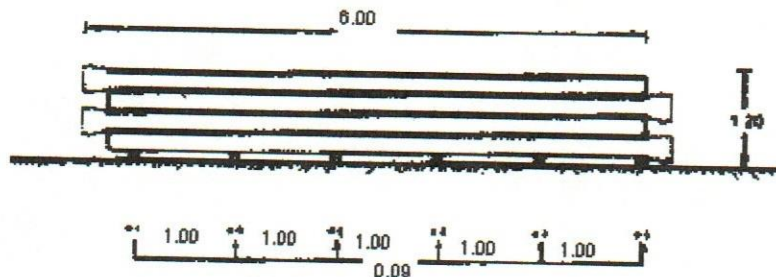
El sistema funciona en total estanqueidad, impidiendo las fugas del flujo y las infiltraciones desde el suelo, lo que permite que se mantengan invariables en el tiempo los parámetros de diseño establecidos en el proyecto original, preservando el funcionamiento de las plantas de tratamiento y lagunas de oxidación para las aguas servidas. Las roturas de tubos y conexiones por efectos de las raíces de los árboles, o por los frecuentes asentamientos del subsuelo por lavado de material de apoyo debido a fugas, quedan eliminadas con el sistema .



8. Menor número de estaciones de bombeo.

Gracias a las menores pendientes que se logran por gravedad, es posible reducir el número de estaciones de bombeo en aquellas zonas muy planas en las que se requiere de un sistema alterno para la evacuación de las aguas servidas.

TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO



Con el fin de evitar que la tubería de alcantarillado se curve debido a su propio peso cuando es almacenada, y para proveer una adecuada protección durante el transporte, es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1 . Los tramos de tuberías de PVC deberán ser almacenados de tal forma que toda la longitud del tramo esté soportada a nivel, en un arreglo alterno de campanas y espigas, y con las campanas de unión totalmente libres. Si no es posible suministrar un apoyo continuo para la fila inferior de tuberías, se sugiere el uso de listones de madera de no menos de 9 cm de ancho colocados perpendicularmente al haz de tubos, de longitud algo mayor que la ruma que se pretende formar, espaciados a un máximo de 1,00m de distancia.



2 . Durante el transporte, los tramos han de ser amarrados al camión, cuidando que los amarres no causen cortaduras o distorsiones de la tubería. No se deberá colocar ninguna carga adicional sobre los tramos de tubería.

3. Para el almacenamiento en obra, los tubos se separarán por diámetro y se arrumarán según se describió en el aparte A.

4. Cuando la tubería vaya a estar expuesta a un sol muy intenso, o vaya a estar almacenada a la intemperie por un prolongado tiempo, se recomienda proveer algún tipo de sombra, cuidando de permitir una ventilación adecuada por debajo y alrededor de la misma, para prevenir la acumulación excesiva de calor.

5. Tanto el interior de las tuberías como sus extremos, los accesorios, los sellos de goma, etc., deberán protegerse contra la entrada de sucio o cualquier materia extraña, así como deberán mantenerse lejos de cualquier fuente de calor.

ESPECIFICACIONES

Algunas especificaciones técnicas del sistema de alcantarillado son:

7.1. Dimensiones de las Tuberías y Accesorios: DIN 8061

7.2 Material de las Tuberías y accesorios: ASTM D1784

7.3 Instalación: UNI- B5, ASTM D2321

7.4. Rigidez y Deflexiones : ASTM D2412

DIN : DEUSTSCHE INSTITUT FUR NORMUNG, Alemania.

ASTM : AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, E.E.U.U

UNI: UNI – BELL PLASTIC PIPE ASSOCIATION, E.E.U.U



INSTALACION

1 . Excavación de la zanja

Como regla general, las zanjas no deben ser excavadas con mucha anticipación al tendido de la tubería. Al evitar largos tramos de zanjas abiertas se obtienen las siguientes ventajas:

- A. Se reduce o elimina la necesidad de achicar o apuntalar.
- B. Se minimiza la probabilidad de inundación de la zanja.
- C. Se reduce la erosión de la porción inferior de las paredes causada por el agua subterránea.
- D. Se reducen los accidentes de tráfico y de los trabajadores.

2. Dirección, Alineamiento y pendiente.

Es una práctica común que los sistemas de alcantarillado sean construidos en dirección aguas arriba, partiendo desde el lugar de la descarga o de la boca de visita más próxima a él.

La excavación de la zanja debe ser ejecutada siguiendo los alineamientos y pendientes establecidos en los planos del proyecto.

3. Ancho de la zanja.

El ancho que tenga la zanja a la altura de la clave o “lomo” de la tubería tiene una influencia crucial en el comportamiento estructural de los conductos flexibles enterrados. La magnitud de las cargas que actúan sobre el conducto no son sólo función del prisma de tierra que gravita sobre él, sino también de los adyacentes, que transmiten su peso mediante fuerzas cortantes verticales ejercidas sobre el prisma central.

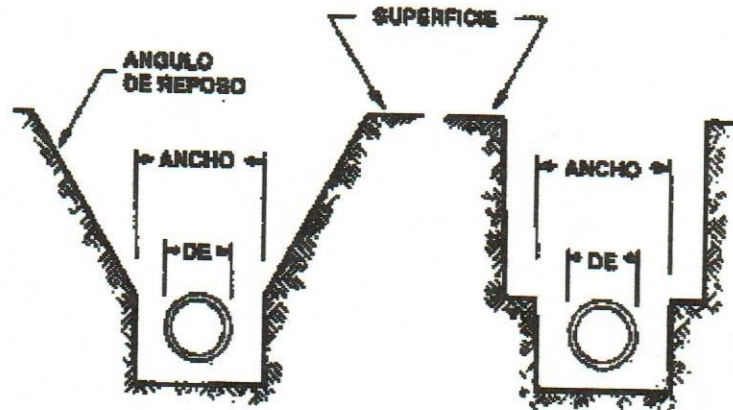
Generalmente se recomienda que para tuberías de PVC :

Ancho de la zanja = diámetro de la tubería + 30 cm



De allí que resulta recomendable mantener el ancho de la zanja lo menor posible, siempre que éste permita una adecuada instalación. Por otro lado, un ancho de zanja excesivamente pequeño limita la buena compactación del relleno alrededor de la tubería.

Naturalmente, el ancho de la zanja por encima de la clave de la tubería dependerá de múltiples factores como son: la profundidad de la zanja, el tipo de suelo excavado, presencia de agua subterránea, disponibilidad de espacio, adyacencia a vías o estructuras adyacentes, etc. Las figuras muestran las alternativas de zanja más comunes.



En la tabla se presentan los anchos de zanja recomendados a la altura de la clave de la tubería, según los diámetros

Anchos de zanja en cm.

Diámetro (mm)	Anchos de zanja en cm		
	Sin entibado		Con entibado
	min	max.	
160	45	60	90
200	60	65	90
250	65	70	105
315	75	80	105
400	75	95	120



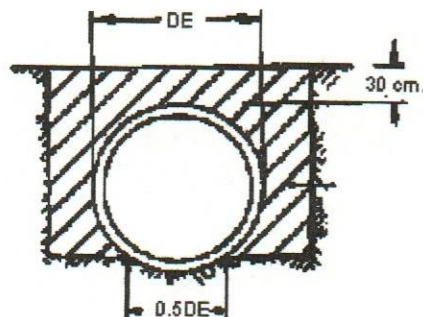
APOYO DE LA TUBERIA

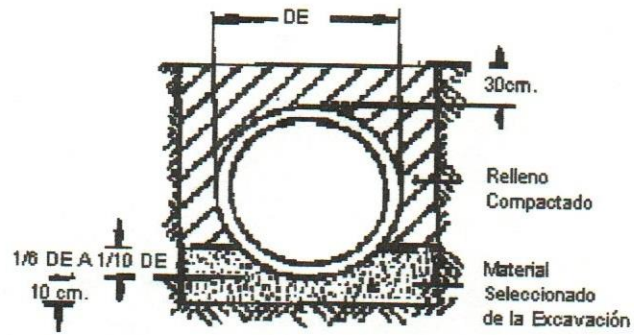
El tipo y la calidad del apoyo que tenga una tubería que ha sido tendida en una zanja, es otro factor que influye notablemente en la capacidad de soporte de los conductos flexibles enterrados. El fondo de la zanja debe conformarse para proveer un apoyo firme, estable y uniforme a lo largo de toda la longitud de la tubería.

Se recomiendan dos tipos de apoyo para el soporte de las tuberías de PVC para alcantarillados por gravedad, los cuales influyen primordialmente en la profundidad a la cual estas podrán ser instaladas: apoyo Clase C, o soporte Ordinario y Apoyo Clase B, o soporte de Primera Clase.

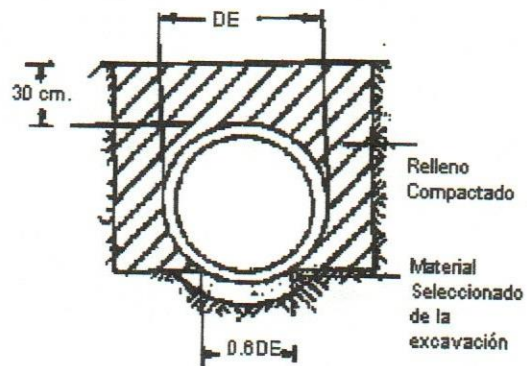
Estos apoyos pueden lograrse mediante el uso de dos métodos alternativos de construcción, según se indica en las siguientes figuras:

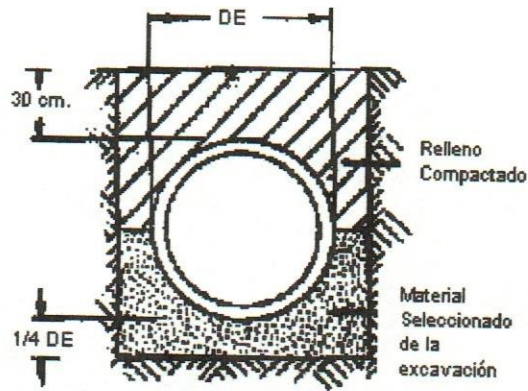
Apoyos Tipo C





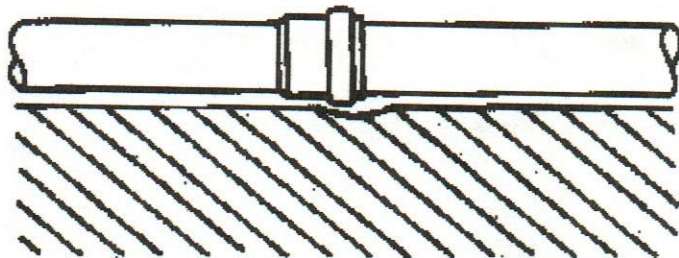
Apoyos Tipo B





Las especificaciones para la compactación del material de relleno en la zanja se exponen en el aparte correspondiente al “Grado de Compactación”, el cual depende de la clasificación de los suelos empleados en el relleno.

Independientemente del tipo de apoyo especificado, se deberán excavar pequeños nichos o hendiduras en el lecho de apoyo en aquellos puntos donde vaya a estar ubicada una junta, para así alojar a los extremos acampanados de las tuberías, permitiendo que los tramos estén uniformemente soportados y alineados. Ver figura siguiente.





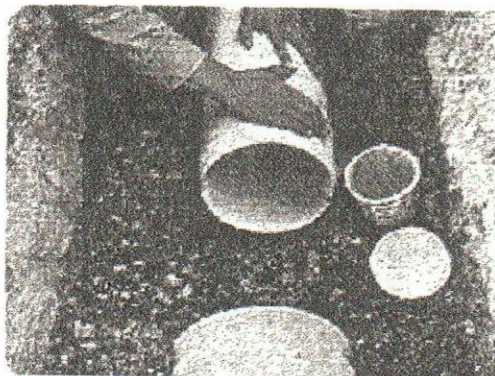
ACOPLAMIENTO DE LAS TUBERIAS Y ACCESORIOS DE PVC

Para acoplar adecuadamente los tramos de tuberías se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

1. Asegúrese que tanto el interior de la campana como el anillo de goma estén bien limpios, sin material extraño que pueda interferir con el acoplamiento del tramo.



2. La espiga del tramo adyacente por acoplar deberá limpiarse con un trapo seco alrededor de toda la circunferencia desde el extremo del tubo hasta unos 3 cm. Más allá de la marca de referencia, la cual muestra la profundidad apropiada de inserción de la espiga en la campana.





3. Lubrique la espiga usando únicamente como lubricante los recomendados (Se recomienda usar como lubricantes la manteca vegetal, la grasa animal o una solución jabonosa. No deberán ser usados grasas o aceites derivados del petróleo puesto que estos causan deterioro de los sellos de goma de las juntas). Cerciórese que toda la circunferencia entre el extremo de la espiga y la marca de referencia sean cubiertos con una capa fina y uniforme de lubricante. El lubricante puede ser aplicado con la mano, un trapo o una estopa.

4. Introduzca la espiga en la campana hasta que haya hecho contacto con el anillo de goma. Mantenga el alineamiento entre los tramos para lograr un acoplamiento fácil y efectivo. Sujete firmemente la campana y empuje por el extremo contrario el tramo a acoplar, hasta que la marca de referencia esté a ras con el extremo final de la campana. No sacuda o golpee la tubería o accesorios.





Un leve movimiento giratorio puede ayudar durante la penetración de la espiga. Si encuentra resistencia al acople, utilice una barra hincada en el fondo de la zanja como palanca contra un listón de madera, colocado en el extremo del tubo.

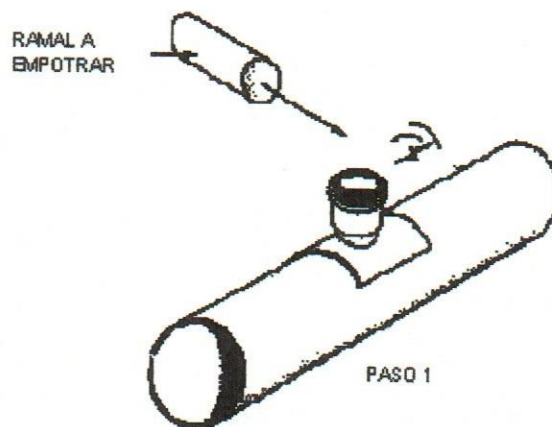
Instalación de las sillas para empotramientos.

Los accesorios especiales denominados “sillas” permiten efectuar confluencias y empotramientos de un ramal, en ángulos de 90 y 45 grados, en cualquier punto de un colector en forma sencilla y segura.

Hacer empotramientos en un colector utilizando las sillas resulta una tarea fácil. Se procede en primer lugar a tender el ramal principal de un modo continuo tal como se describió en el aparte anterior. Seguidamente, justo en la ubicación en donde se encuentren los ramales a empotrar, se colocan las sillas para efectuar la conexión deseada.

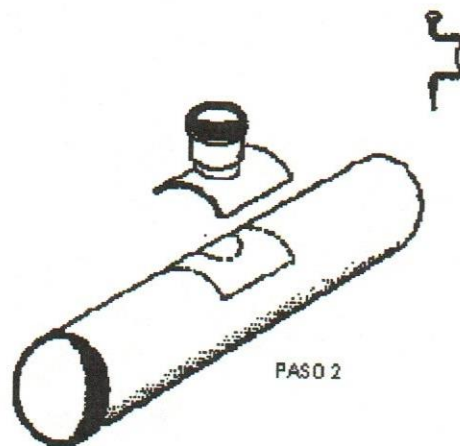
Las sillas se fijan al ramal de mayor diámetro mediante un proceso de soldadura líquida efectuada en el sitio, cuya confiabilidad y estanqueidad está garantizada. El ramal de menor diámetro se conecta mediante el sistema de junta mecánica a la silla ya colocada.

El proceso de conexión de la silla es el siguiente:

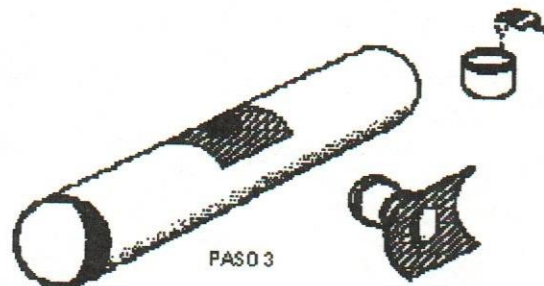


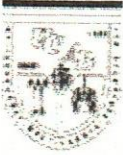


1. Presente la silla en la ubicación seleccionada sobre el ramal de mayor diámetro. Gire la silla en el plano perpendicular al eje del tubo hasta que la campana de la derivación se encuentre en el ángulo requerido para efectuar la conexión. Marque con lápiz sobre el ramal de mayor diámetro tanto el contorno de la silla como el orificio de la derivación.



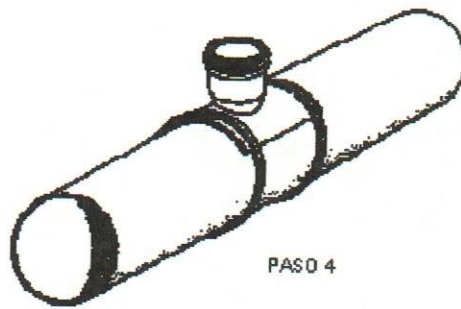
2. Retire la silla y perfore el ramal siguiendo el contorno del orificio previamente marcado. Esto puede efectuarse con una caladora. Elimine con una lima todas las asperezas.





3. Utilizando un trapo impregnado con un limpiador – removedor, limpie las superficies de contacto en el interior de la silla y en el contorno que de ésta se marcó en el ramal. Extienda en ambas superficies una capa de soldadura líquida.

4. Coloque la silla sobre el ramal ajustándola al contorno marcado. Fije la silla al ramal con abrazaderas o alambre fuertemente ajustado a ambos lados de la derivación en los lugares indicados por las ranuras. Deje secar y retire los amarres. El tiempo de secado deberá ser como mínimo de una hora antes de conectar el ramal a la derivación.



PASO 4

Conexión de las tuberías de PVC con las tanquillas y bocas de visita.

Es importante lograr una buena conexión de las tuberías de PVC con las diferentes estructuras de concreto involucradas en el sistema de alcantarillado.



Para ello se recomienda el siguiente procedimiento: en el extremo de la tubería que va a quedar embutida en el concreto y en una longitud algo mayor al ancho de la pared de la estructura, se aplica una capa uniforme de soldadura líquida sobre la cual se espolvorea inmediatamente arena lavada seca en buena cantidad. La soldadura líquida actúa como un solvente que ablanda una pequeña película exterior del material de la tubería sobre el que se adhiere firmemente la arena. Se forma así una superficie monolítica, muy rugosa, con la que se logra una excelente adherencia entre el PVC y el concreto o mortero.

La superficie terminal de la tubería así tratada es apta para las conexiones con las estructuras de concreto prefabricadas y las vaciadas en sitio.

RELLENO Y COMPACTACION

Una vez hecha la instalación de la tubería, el relleno debe efectuarse cuanto antes. Esto protege la tubería contra la caída de rocas y previene accidentes; elimina la posibilidad de desplazamientos o de flotación en caso de inundación y previene la erosión del apoyo de la tubería.

En primer lugar ha de efectuarse un relleno lateral con material seleccionado a ambos lados del tubo, efectuado cuidadosamente con apisonadores de mano, en capas no mayores de 10cm, hasta una altura de la mitad del diámetro sobre el lecho de la zanja, cuyos dos propósitos básicos son:

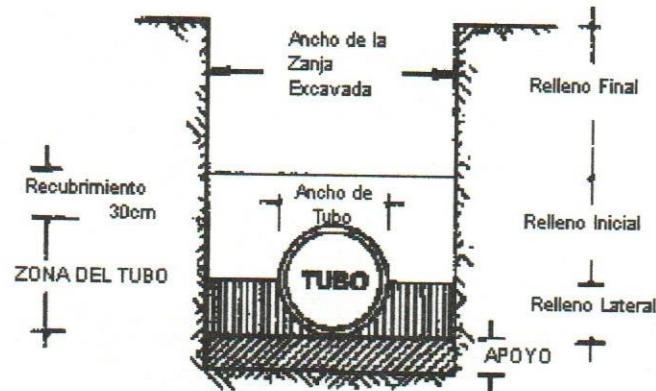
1. Preservar la integridad del apoyo previamente construido y garantizar así las pendientes que en su construcción se dispusieron.
2. Proporcionar al suelo el debido soporte lateral para lograr que la tubería y el material de relleno trabajen en conjunto para soportar las cargas previstas.

Seguidamente se ha de proporcionar un relleno inicial con material seleccionado por encima del relleno lateral, hasta una altura mínima de 30cm sobre la clave del



tubo, colocado en capas no mayores de 10 cm, compactadas con apisonadores de mano.

Por último se procederá a realizar un relleno final hasta completar la altura de la zanja. La colocación y compactación de este relleno podrá efectuarse a máquina. El material utilizado podrá ser menos seleccionado, pero no deberá contener piedras grandes.



PROFUNDIDAD MINIMA.

La clave de una tubería de PVC deberá estar enterrada a una profundidad mínima de 115cm. Para profundidades menores se deberán tomar precauciones especiales. Las tuberías flexibles pueden flectarse y rebotar bajo cargas dinámicas si están colocadas superficialmente, lo que puede causar roturas del pavimento o de la superficie de acabado sobre la zanja.



ESPECIFICACIONES SOBRE COMPACTACION Y CONTROL DE DEFLEXIONES

1. Comportamiento de las tuberías enterradas

Cuando se instala bajo tierra, un tubo queda sometido a un régimen de cargas que afecta su comportamiento mecánico de acuerdo a las propiedades físicas del mismo, las dimensiones de la zanja, el tipo de suelo y el método de instalación de la tubería.

El comportamiento de la tubería bajo dichas cargas será diferente dependiendo de si es rígida o flexible. En el caso de las tuberías rígidas, las cargas aplicadas son absorbidas completamente por el tubo, mientras que en las tuberías flexibles, sólo parte de la carga es soportada por la estructura del conducto. En dicho caso, el tubo se deforma aumentando su diámetro horizontal, comprimiendo el terreno adyacente, generándose una resistencia pasiva del suelo que contribuye a soportar las cargas.

Se consideran tuberías flexibles aquellas que permiten deformaciones transversales de más del 3% sin que haya fractura; por lo tanto, las tuberías de PVC son catalogadas dentro de este grupo.

Ya que el comportamiento de las tuberías flexibles bajo cargas externas es diferente al de las tuberías rígidas, las normas de instalación son también diferentes.

2. Clasificación de los suelos

El tipo de suelo que cubra a la tubería, de acuerdo con sus propiedades y calidad, absorberá cierta cantidad de la carga transmitida al tubo. Por lo tanto, la clase de suelo que se utilice para el apoyo, soporte lateral y relleno, es fundamental en el comportamiento de la tubería.

La siguiente tabla provee las características granulométricas de los diferentes tipos de suelos y su clasificación según su comportamiento en este tipo de aplicación.



Descripción de los distintos tipos de suelos.

Tipo de suelo (Símbolo)	Nombres típicos
GW	Gravas bien gradadas y mezcla de grava y arena con poco o nada de finos
GP	Gravas mal gradadas y mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.
GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.
GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.
SW	Arenas bien gradadas, arenas con gravas con poco o nada de finos.
SP	Arenas mal gradadas, arenas con gravas con poco o nada de finos.
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.
ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, limos arcillosos o arenosos ligeramente plásticos.
CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas limosas, arcillas pobres.
OL	Limos inorgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, limos micáceos y diatomáceos, limos elásticos.
CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad, arcillas francas.
OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad.
PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos.

Tabla de clasificación

Clase I	Material granular de 1/4" a 1 1/2 " de diámetro (triturado)
Clase II	Suelos tipo GW,GP,SW y SP.
Clase III	Suelos tipo GM, GC, SM y SC.
Clase IV	Suelos tipo ML, CL, MH y CH.
Clase V	Suelos tipo OL, OH y PT.

Los materiales Clase V no se deben utilizar para el apoyo, soporte lateral y relleno inicial de la zanja.



3. Grado de compactación

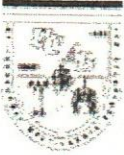
La capacidad de la tubería para resistir las cargas externas, depende del método empleado durante su instalación, el cual a su vez depende del tipo de material utilizado.

Material Clase I: Cuando este tipo de material es utilizado para construir el apoyo de la tubería, poca o ninguna compactación es necesaria. En este caso el material se debe continuar hasta la mitad del tubo. El material restante puede ser clase II o clase III. En cualquier terreno donde el tubo esté por debajo del nivel freático, o donde la zanja pueda estar sujeta a la inundación, se deberá colocar material clase I hasta la clase del tubo pero con muy poca o ninguna compactación.

Material Clase II: El material clase II puede ser usado como apoyo de la tubería compactándolo al 85% de su máxima densidad. Este material también se puede utilizar como soporte lateral de la tubería hasta la mitad del tubo, hasta la clave o hasta 30 cm. Por encima del tubo, compactado en capas de 10 cm al 85% de máxima densidad.

Material Clase III: Este tipo de material puede ser usado como apoyo, soporte lateral y relleno inicial de la tubería de la misma manera que el material Clase II, excepto que la compactación debe ser de 90% de la densidad máxima.

Material clase IV: Deberá tenerse cuidado en el diseño y selección del grado y método de compactación para suelos clase IV debido a la dificultad en el control apropiado del contenido de humedad en el subsuelo. Algunos suelos de esta clase que poseen media o alta plasticidad, con límite líquido mayor al 50% (CH, MH, CH - MH), presentan reducción en su resistencia cuando se humedecen y por lo tanto sólo se pueden usar para apoyo, soporte lateral y relleno inicial de la tubería, en zonas áridas donde el material de relleno no se saturará cuando hay precipitación pluvial o por ascenso del nivel freático.



Los suelos Clase IV que poseen baja o media plasticidad con límite líquido menor al 50% (CL,ML,CL – ML), también requieren de una cuidadosa consideración en el diseño e instalación para controlar su contenido de humedad, pero su caso no está restringido a zonas áridas.

En la tabla siguiente se presentan los distintos grados de compactación adquiridos por los suelos, de acuerdo al método de compactación utilizado.

Grado de compactación según el material y el método de compactación.

Tipo de Material	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV.
% Peso seco		9 a 12	9 a 18	6 a 30
Método de compactación	% de Densidad Máxima Proctor Standard			
Equipo mecánico	95 - 100	95 - 100	95 - 100	90 - 100
Utilizando vibrador	80 - 95	80 - 95	80 - 95	75 - 90
Saturación	80 - 95	80 - 95		
Colocación a mano	60 - 80			
Compactación a mano		60 - 80	60 - 80	60 - 75
Volteo	60 - 80	60 - 80	60 - 80	60 - 75

DEFLEXIONES

La considerable profundidad a la cual se entierran las tuberías de alcantarillado constituyen el principal factor que influye en la magnitud de las deflexiones de la tubería y por lo tanto, en las especificaciones de su instalación. Adicionalmente, el comportamiento del tubo depende del tipo de material de relleno y de su grado de compactación, así como de la rigidez de la tubería.

Tales deflexiones deben ser controladas y fijadas en un máximo, de acuerdo con las condiciones de la zanja y materiales de relleno.

Las normas de la Asociación Americana de Tuberías Plásticas UNIBEL, recomiendan valores de deflexión no mayores al 7,5% del diámetro del tubo, con lo cual se



ha probado que las tuberías trabajan en forma apropiada. La experiencia ha demostrado que cuando el sistema de instalación va de acuerdo con las normas, las deflexiones no sobrepasan los límites establecidos.

DEFORMACION DE LAS TUBERIAS POR CARGAS EXTERNAS

Las tuberías de PVC, sometidas a cargas externas de compresión, pueden soportar considerables deformaciones por aplastamiento, sin afectar su capacidad de resistencia. Esta propiedad clasifica como flexibles a las tuberías de PVC. Por definición, son tuberías flexibles aquellas que permiten una deformación superior al 3%; mientras que las tuberías rígidas son aquellas que no permiten más de 1% sin presentar fractura.

Las tuberías de PVC superan con amplitud el límite mínimo de deformación de las tuberías flexibles (3%), hasta el extremo de lograr aplastamientos del 100% (contacto de paredes internas) sin que se produzca fractura. Claro está que parte de esta deformación es elástica (reversible) y parte es plástica (irreversible).

Las diferencias básicas entre tuberías rígidas y flexibles se pueden resumir así:

En un tubo rígido las cargas externas se concentran directamente arriba y debajo de éste, produciendo un esfuerzo de aplastamiento que debe soportar la estructura de la tubería. En las tuberías flexibles, como las de PVC, no ocurre esto, sino que la carga es uniformemente distribuida alrededor de su circunferencia.

Parte de la carga transmitida por el relleno a la tubería flexible es transferida transversalmente al material que la recubre, dependiendo del módulo de elasticidad del material de la tubería, del tipo de apoyo, clase de material y la calidad de compactación del relleno de la zanja. Así, conforme va deformándose el tubo flexible, la carga es transmitida al terreno en reacciones horizontales radiales.

Las cargas externas que actúan sobre un tubo encerrado se pueden clasificar en:



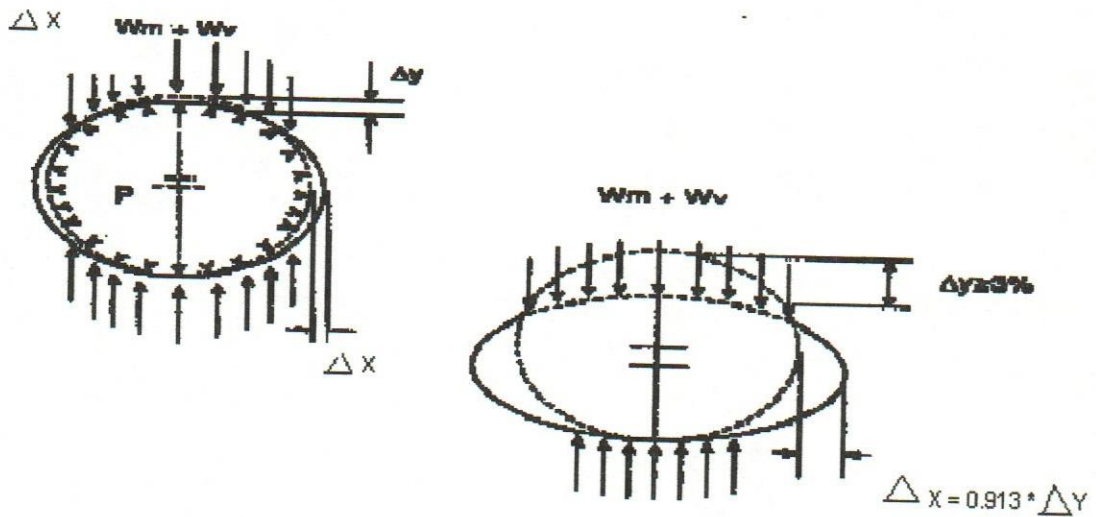
CARGAS MUERTAS: provenientes del peso del material de relleno sobre la tubería y sus alrededores. La magnitud de estas cargas es proporcional a la densidad del relleno, el ancho de la zanja y a la profundidad a la cual se instala la tubería.

CARGAS VIVAS: provenientes del tráfico y que son transmitidas a través del material de relleno sobre el tubo.

La carga total W sobre la tubería está integrada por aquellas derivadas del relleno W_M y las ocasionadas por las cargas vivas W_V , es decir :

$$W = W_M + W_V$$

El cálculo de las deflexiones en tuberías flexibles, fue desarrollado en la teoría de los ingenieros MARSTON y SPANGLER. Esta teoría es ampliamente utilizada hoy día y es recomendada por instituciones normativas como ASTM (American Society for Testing and Materials) y AWWA (American Water Works Association).





La ecuación de SPANGLER es la siguiente:

$$\Delta Y = \frac{(Df) \times (K) \times (W_M + W_V)}{[2E / 3(RDE - 1)^3] + 0,061 \times E_s}$$

Donde:

ΔY = Deflexión del diámetro en cm.

Df = Factor de deformación a largo plazo.

Spangler recomienda un valor de 1,5. Esto quiere decir que la deformación final a largo plazo producida por las cargas externas puede llegar a ser un 50% mayor que la deformación inicial.

K = Constante del lecho de apoyo

El valor de ésta, es función del ángulo de contacto entre el tubo y el lecho de apoyo. Para cálculos generales, ASTM establece los siguientes valores:

Valores de K

Angulo de contacto	0	30	45	60	90	120	180
K	0,110	0,108	0,105	0,102	0,096	0,090	0,083

E = Módulo de elasticidad del material de la tubería.

$E_{PVC} = 2,81 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$.

RDE = Relación diámetro / espesor (adimensional)

DE = Diámetro externo en cm.

E = Espesor de la tubería en cm.

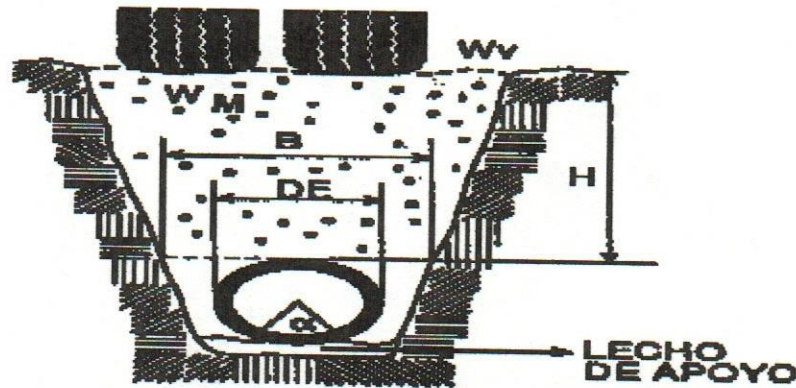
E_s = Módulo de reacción del suelo en kg/cm^2 .

Este factor depende básicamente de las características del material de relleno y del grado de compactación de la zanja. En la siguiente tabla se indican los valores normales;

Valores del módulo de reacción del suelo según el grado de compactación.



Grado de compactación	Buena	Mediana	Mala	Ninguna
Es (kg / cm ²)	50	35	20	15



W_M = Carga muerta kg/cm. Para la determinación de las cargas muertas en tuberías flexibles, ASTM (D2412) recomienda el uso de la teoría y ecuación de MARSTON.

$$W_M = C_g \times w \times DE \times B$$

C_g = Coeficiente de carga MARSTON.

Se obtiene en función de las dimensiones de la zanja (H/B) y de la densidad del material de relleno (w) (Se obtiene a partir de gráficos).

w = Densidad del material de relleno en kg/ cm²

B = Ancho de la zanja en la parte superior del tubo en cm.

H = Altura del relleno medido desde el lomo de la tubería en cm.

W_v = carga viva en kg/cm. AWWA recomienda el uso de la siguiente expresión.

$$W_v = \frac{C_s \times P_c \times F}{L}$$

Donde : C_s = Coeficiente de carga.



Se determina gráficamente en función del diámetro de la tubería y de la profundidad de la zanja H

Pc = Carga concentrada. AWWA recomienda un valor de 4550 Kg para tubería de PVC.

F = Factor de impacto. Depende del tipo de tráfico a que estará sometida la tubería

$$F = 1,15 \text{ para } H \leq 1,0\text{m.}$$

$$F = 1,00 \text{ para } H > 1,0 \text{ m.}$$

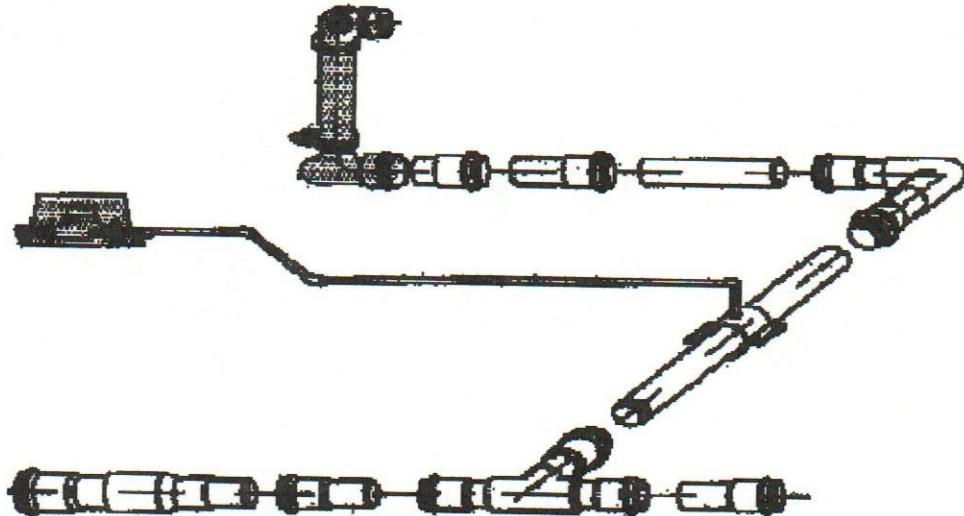
L = Longitud efectiva de la tubería

Longitud sobre la cual se desarrolla la carga. Su valor es de 90 cm para cualquier tubería, según AWWA.

Es de notar que mediante la aplicación de la ecuación de Spangler, se obtendrán valores máximos de deformaciones transversales de la tubería debido a cargas externas.

ANEXO "7"
Manual técnico para sistemas de acueducto de PVC

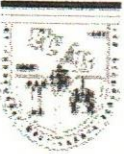
MANUAL TECNICO PARA SISTEMAS DE ACUEDUCTOS DE P.V.C.



El sistema de acueducto de tuberías y accesorios de PVC permite la construcción de aducciones y redes de distribución de agua, de una manera fácil, segura, rápida, eficiente y a unos costos comparativos con los materiales tradicionalmente usados.

El sistema de acueducto con juntas automáticas de PVC, es sometido a un estricto control de calidad sobre las materias primas utilizadas y el proceso productivo, lo que permite disponer de productos de muy alta confiabilidad y calificación técnica, para participar en obras proyectadas para una vida útil de 50 años, bajo las condiciones de uso e instalación recomendadas por el fabricante.

Las uniones entre los tubos y con sus accesorios se realiza de manera rápida y segura mediante la junta automática, que posee un sello de goma que le proporciona estanqueidad y flexibilidad a la conexión, impidiendo las fugas y soportando los asentamientos diferenciales del suelo.



Juntas.

La junta automática es un sistema de unión flexible tipo macho – hembra, en el cual la junta o campana terminal forma parte integral del tubo.

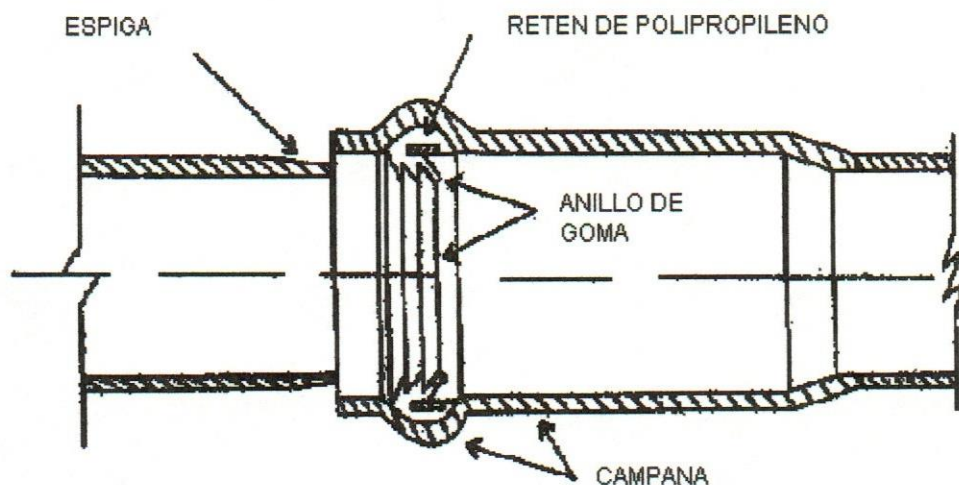
El sello hidráulico se logra mediante un anillo de goma alojado en el extremo hembra o campana del tubo. El diseño de la campana y del anillo, junto al retén de seguridad de polipropileno que lo fija en posición, permite resistir satisfactoriamente las condiciones extremas en cuanto a presión o arrastre de anillo durante la inserción de la espiga en la campana, lo que elimina clásicos problemas de otros tipos de juntas mecánicas convencionales entre los que podemos citar:

- Arrastre del anillo de goma durante el proceso de acople
- Dislocación y expulsión del anillo de estanqueidad por condiciones extremas de presión
- Penetración de arena u otras materias extrañas entre las superficies del sellado, como consecuencia de las pulsaciones de presión en la línea, la cual al fluctuar de positiva a negativa, ejercen compresión sobre las caras frontal y posterior del anillo, desplazándolo así alternadamente en sentido axial.

Como consecuencia de lo señalado, es posible que cualquier elemento extraño ubicado cerca de la boca de la campana o cara frontal del anillo penetre entre las superficies de sellado y represente una causa potencial de futuras fugas.

Este sistema de junta está diseñado para la misma presión de trabajo que la tubería sobre la cual se forma, y además es capaz de soportar vacío parcial o alternativamente presión externa cuando se instala en terrenos inundados.

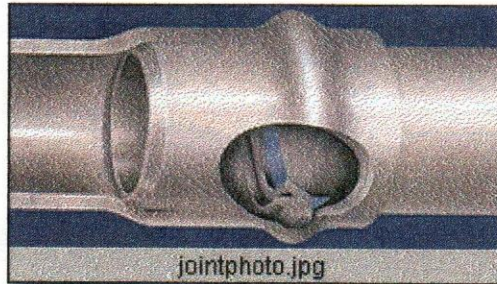
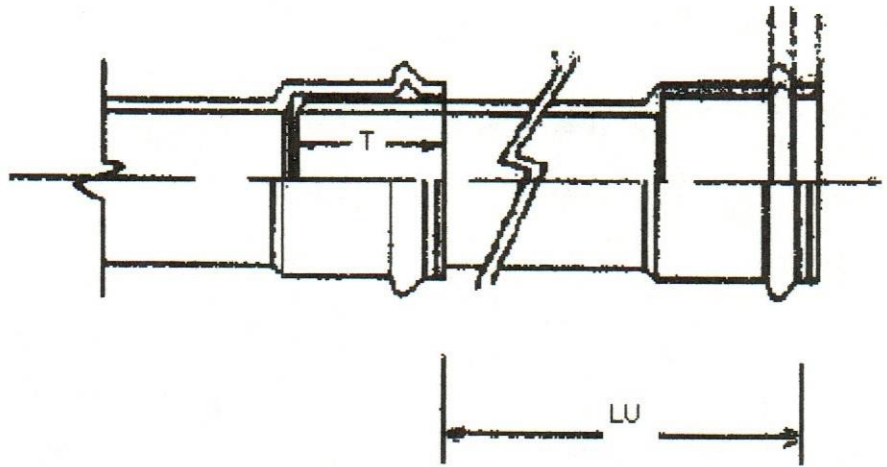
Una vez acopladas, las tuberías de PVC tienen las siguientes longitudes útiles entre



campanas consecutivas:

Longitudes útiles.

D.E (mm)	75	110	180	200	250	315	400
T (mm)	100	114	134	177	190	215	251
LU (mm)	5,9	5,9	5,86	5,82	5,81	5,78	5,75



Especificaciones.

Algunas de las especificaciones técnicas del sistema de acueducto con tuberías de PVC son:

18.3.1. Dimensiones de las tuberías y accesorios: COVENIN 518, COVENIN 848, DIN 8062, DIN 8063.

18.3.2. Material de las tuberías y accesorios: ASTM, D 1784.

18.3.3. Instalación : UNI – B5, ASTM D 2774



18.3.4. Rigidez y deflexiones: ASTM D2412.

La rigidez se calculará al 5% de deflexión del diámetro.

Después de un 40% de deflexión no deberá haber ninguna evidencia de grietas o roturas.

INSTALACION

1 Excavación de la zanja.

Como regla general, las zanjas no deben ser excavadas con mucha anticipación al tendido de la tubería. Al evitar largos tramos de zanjas abiertas se obtienen las siguientes ventajas:

- A. Se reduce o elimina la necesidad de achicar o apuntalar.
- B. Se minimiza la probabilidad de inundación de la zanja.
- C. Se reduce la erosión de la porción inferior de las paredes causada por el agua subterránea.
- E. Se reducen los accidentes de tráfico y de los trabajadores.

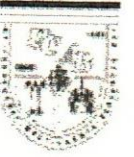
2. Dirección, Alineamiento y pendiente.

Es una práctica común que los sistemas de alcantarillado sean construidos en dirección aguas arriba, partiendo desde el lugar de la descarga o de la boca de visita más próxima a él.

La excavación de la zanja debe ser ejecutada siguiendo los alineamientos y pendientes establecidos en los planos del proyecto.

3. Ancho de la zanja.

El ancho que tenga la zanja a la altura de la clave o "lomo" de la tubería tiene una influencia crucial en el comportamiento estructural de los conductos flexibles enterrados.



La magnitud de las cargas que actúan sobre el conducto no son sólo función del prisma de tierra que gravita sobre él, sino también de los adyacentes, que transmiten su peso mediante fuerzas cortantes verticales ejercidas sobre el prisma central.

Generalmente se recomienda que para tuberías de PVC :

Ancho de la zanja = diámetro de la tubería + 30 cm

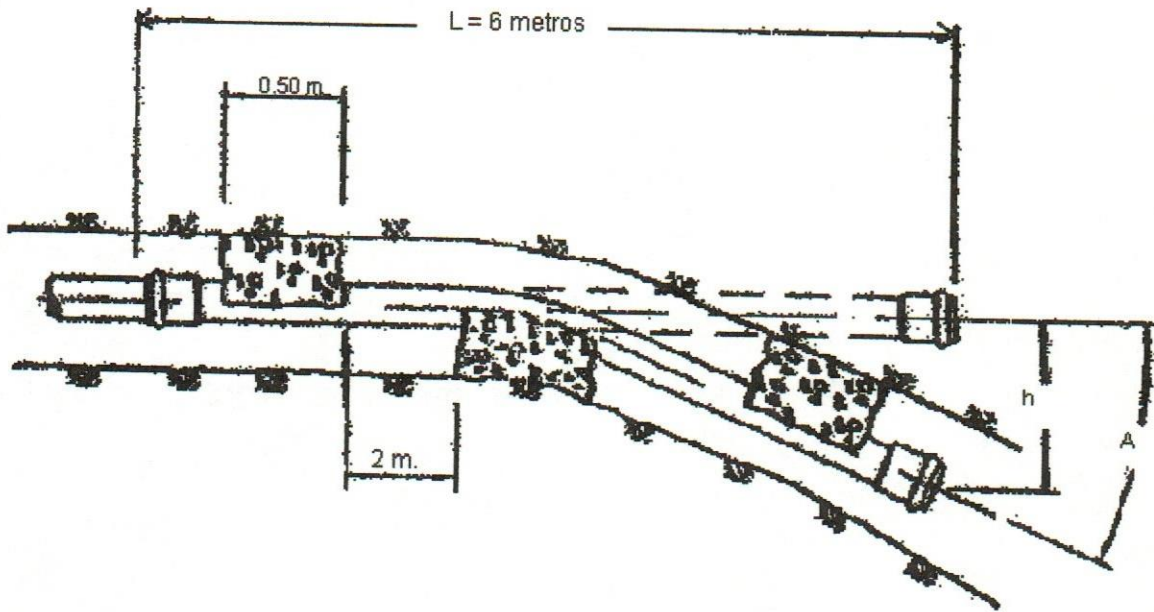
De allí que resulta recomendable mantener el ancho de la zanja lo menor posible, siempre que éste permita una adecuada instalación. Por otro lado, un ancho de zanja excesivamente pequeño limita la buena compactación del relleno alrededor de la tubería.

Naturalmente, el ancho de la zanja por encima de la clave de la tubería dependerá de múltiples factores como son: la profundidad de la zanja, el tipo de suelo excavado, presencia de agua subterránea, disponibilidad de espacio, adyacencia a vías o estructuras adyacentes, etc.

Anchos de zanja.

Diámetro (mm)	Anchos de zanja en cm		
	Sin entibado		Con entibado
	min	max.	
75	40	60	85
110	45	60	90
160	45	60	90
200	60	65	90
250	65	70	105
315	75	80	105
400	75	95	120

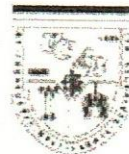
FLEXION LONGITUDINAL



Por lo general el alineamiento de los tramos de un acueducto o de las redes de distribución es recto entre los distintos nodos que los configuran. Sin embargo puede presentarse el caso de que en determinado tramo sea necesario dar cierta curvatura a la tubería para evitar alguna obstrucción o para resolver algún contratiempo no previsto en los planos.

En la mayoría de los casos la deflexión requerida entre los alineamientos de tramos consecutivos es tan pequeña que no amerita el uso de codos o curvas especiales.

Estos cambios de dirección pueden ser logrados por la flexión de la junta elástica y por flexión del cuerpo de la tubería. Sin embargo, para no poner en peligro la funcionalidad y estanqueidad de la junta, se recomienda no flexionar sobre ella, sino sobre el cuerpo de la



tubería, siempre y cuando se respeten los límites máximos establecidos en la tabla siguiente, los cuales corresponden a un radio mínimo de curvatura de 1500 veces el diámetro externo de la tubería:

Radios de curvatura

Diámetro nominal (mm)	Radio de curvatura (m)	Longitud de 6 metros.	
		Angulo (grados)	Distancia h (cm)
75	112.5	3.1	16
110	165,0	2.1	10.8
160	240,0	1.4	7.4
200	300,0	1.1	6
250	375,0	0.9	4.8
315	472,5	0.7	3.8
400	600,0	0.6	3

Para asegurarse que efectivamente la flexión será ejercida en el cuerpo de la tubería y no en la junta, se recomienda la utilización de bloques de anclaje como los mostrados en la figura.

La capacidad de flexión longitudinal de la tubería permite que sean absorbidas total o parcialmente los esfuerzos externos que le sean impuestos, reduciendo con ello el riesgo de falla o daño del conducto.

Adicionalmente a los casos ya mencionados, también puede ocurrir flexión eventual de la tubería en respuesta a cambios de las condiciones del sistema de tubería – suelo, como son:

- Diferencia de alineamiento entre la tubería y la válvula o estructura a la cual se unirá rígidamente.
- Procedimiento inadecuado de instalación. Ej. Compactación inadecuada y lecho de apoyo inestable.
- Movimientos del terreno, asociados a condiciones de flujo subterráneo y mareas.



- Erosión del lecho de apoyo como resultado del movimiento de aguas subterráneas y fugas de la tubería.

TOMAS DOMICILIARIAS

El sistema de tubería y accesorios para acueductos con junta automática de PVC, permite la realización de tomas domiciliarias a través de dos métodos diferentes, según sea el caso de instalación.

Para el caso de redes de distribución nuevas, en cuya instalación se prevee de antemano la ubicación de las tomas domiciliarias, es usual la utilización de manchones de incorporación tipo junta Universal (hasta 110mm), en los cuales es posible enroscar directamente las piezas de incorporación de bronce comunmente usadas.

Para diámetros mayores o iguales a 200mm, es posible efectuar la conexión roscada de las piezas de incorporación de bronce directamente en la pared de la tubería. Estas alternativas son especialmente apropiadas para zonas costeras o con suelos muy corrosivos.

Para el caso de redes de distribución ya tendidas, en las cuales se dificulta la instalación de manchones de incorporación, así como para las nuevas redes, existe la alternativa de efectuar la toma domiciliaria mediante el uso de abrazaderas, las cuales permiten realizar la derivación en una ubicación cualquiera de la línea, sin tener que cortar la tubería sobre las que serán colocadas.

Para la instalación de la toma domiciliaria mediante el uso del manchón de incorporación siga los siguientes pasos:

1.- Sostenga firmemente el manchón de incorporación, verifique que la penetración de la mecha se efectúe perpendicularmente al manchón y perfórelo justo en su centro.

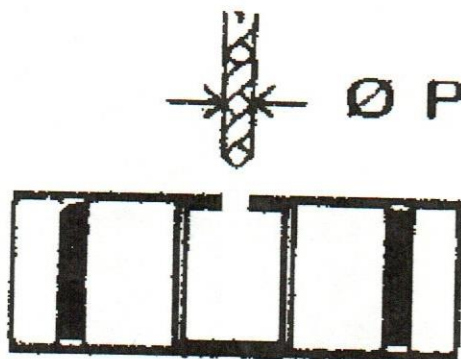
- El diámetro de la mecha viene fijado por el diámetro de la pieza de incorporación (Corporation Stop).



Diámetros de mechas

Ø piezas de incorporación (pulgadas)	3/4	1
Ø P perforación (milímetros)	28	34

- Perfore el manchón a baja velocidad y presión. Es recomendable practicar un avellanado o perforación guía de bajo diámetro, previo a la perforación definitiva.
- Limpie las virutas y restos de la perforación.



2.- Después de emboquillar la pieza de incorporación con rosca MUELLER, comience a roscar el accesorio manualmente hasta donde le sea posible. Posteriormente, dé $\frac{1}{4}$ de vuelta adicional con una llave ajustable. Esta incorporación es totalmente segura y libre de fugas bajo cualquier condición de trabajo.

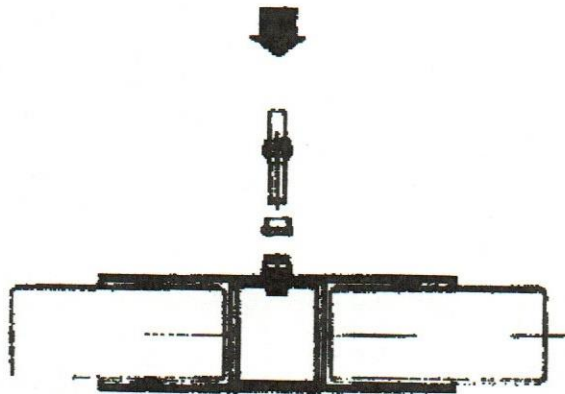


- Después de instalado el manchón, dé la orientación o ángulo de salida requerida. Se recomienda una inclinación de 45° entre la dirección de salida de la toma y la vertical.

3.- TOMA CON PVC. Inserte la pieza extremidad con la tuerca de acople de la pieza de incorporación o toma sencilla y apriete a mano; luego dé $\frac{1}{4}$ de vuelta adicional con llave ajustable. El resto de la toma y la incorporación a la caja medidor se detalla en la figura de la página siguiente.

4.- TOMA CON COBRE O POLIETILENO:

Inserte la tuerca de ajuste en el extremo del tubo y con herramientas apropiadas proceda al abocardado. El tubo de polietileno puede ser calentado en la punta para facilitar el abocardado, luego enfríe rápidamente. Las dimensiones y forma del abocardado del tubo de polietileno son determinantes para lograr una junta segura.



El procedimiento es idéntico para efectuar la conexión directamente en la pared de la tubería.



En la segunda alternativa para tomas domiciliarias, las abrazaderas siga las recomendaciones que se citan a continuación:

1.- Limpie la superficie de la tubería en la que será instalada la abrazadera. Verifique la correcta localización del anillo de goma dentro de la mitad superior de la abrazadera. No use lubricantes.

2.- Posicione ambas mitades de la abrazadera sobre el tubo y hágalas coincidir, coloque los tornillos y las tuercas, apretándolos con la mano. Dé a la forma la inclinación deseada. Preferiblemente use la salida en posición vertical; en caso contrario no supere una inclinación de 45° respecto a dicha posición. Una vez en posición apriete firmemente los tornillos hasta que la abrazadera quede inmóvil.

3.- A través de la boca o toma de la abrazadera, perforo el tubo por medio de un taladro manual específico para estas aplicaciones. Esta perforación también puede ser practicada con un punzón incandescente. En este caso, deberá proteger la rosca hembra de abrazadera con un niple de acero galvanizado.

Una vez efectuada la perforación no podrá retirar o mover la abrazadera. De igual forma, nunca practique la perforación antes de instalar la abrazadera.

4.- Realice la conexión de toma según el material elegido.



ANCLAJES

En las tuberías que conforman los sistemas de distribución de agua y las aducciones, es frecuente encontrar cambios de dirección tanto verticales como horizontales (curvas, tees, codos, cruces etc.) y cambios del área libre de conducción (reducciones, válvulas, hidrantes, tapones, etc). Estos cambios ocasionan modificaciones en las características del flujo del fluido que se moviliza por ellas. Tales modificaciones generan a su vez fuerzas no equilibradas de empuje que tienden a desplazar a la tubería y a sus accesorios, y que de no ser contrarestadas, podrían ocasionar la separación de las juntas.

Entre las principales fuerzas que actúan sobre los cambios de forma están:

- 1.- La debida a la presión hidrostática del agua.
- 2.- La causada por la velocidad del agua que se origina por el cambio en la cantidad de movimiento.
- 3.- La debida a la sobrepresión por el golpe de ariete.

A fin de evitar posibles desplazamientos de los componentes de un sistema de acueductos, se recomienda la colocación de bloques de anclaje diseñados para transferir las fuerzas generadas al suelo circundante.

La forma y tamaño de los bloques de anclaje depende del diámetro de la tubería, presión máxima interna, tipo y tamaño del accesorio y de la resistencia del suelo. Usualmente los anclajes son bloques de concreto ($R_{cc} = 100 \text{ Kg/cm}^2$) y son diseñados para presiones de prueba de 1,5 veces la presión de servicio de la tubería.

Con la Fuerza debida a la presión hidrostática (F) y con la resistencia del suelo a la compresión (RSC), se calcula el área de anclaje (A_A) según:

$$F = RSC * A_A$$

El valor de la resistencia del suelo a la compresión se determina através de estudios geotécnicos; sin embargo para efectos de cálculo se pueden tomar los siguientes valores:

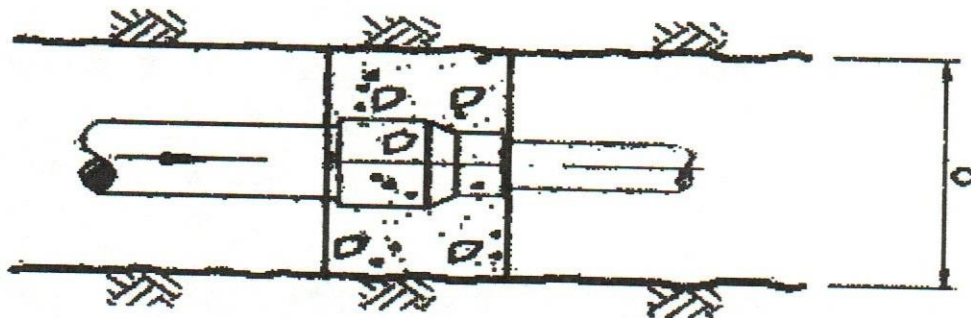
Resistencia del suelo

Tipo de suelo	RSC (Kg/cm ²)
Turba - Fango	0,00
Arcilla suelta	0,25
Arena	0,50
Arena y grava	0,75
Arena y grava con arcilla	1,00
Arena y grava cementadas con arcilla	1,95



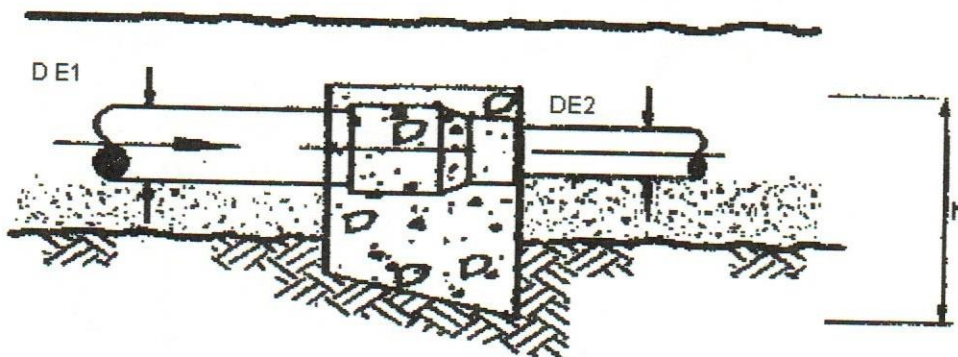
A continuación se presentan los casos más comunes en los que se requiere de anclajes, así como la expresión mediante la cual se obtiene la fuerza (F) que se ejerce sobre ellos y el área sobre la que actúa:

REDUCCION



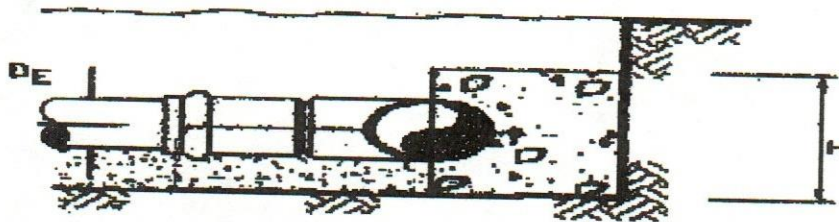
$$F = (A_1 - A_2) \times P$$

$$(A_1 - A_2) = \frac{\pi}{4} (DE_1^2 - DE_2^2)$$

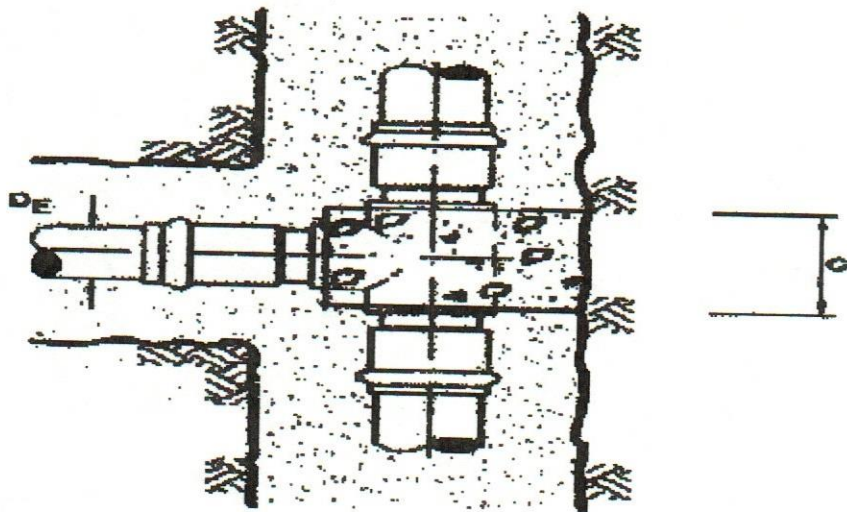




TEE

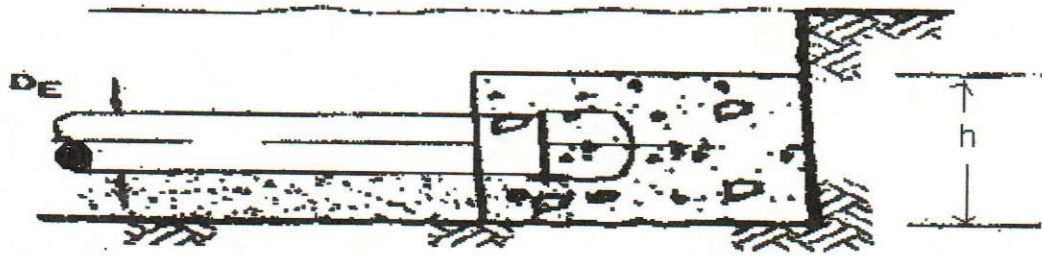


$$F = A \times P$$
$$A = \frac{\pi \times D_E^2}{4}$$

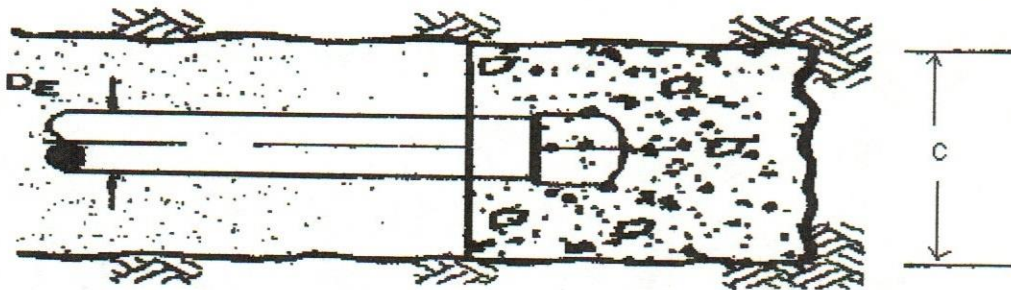




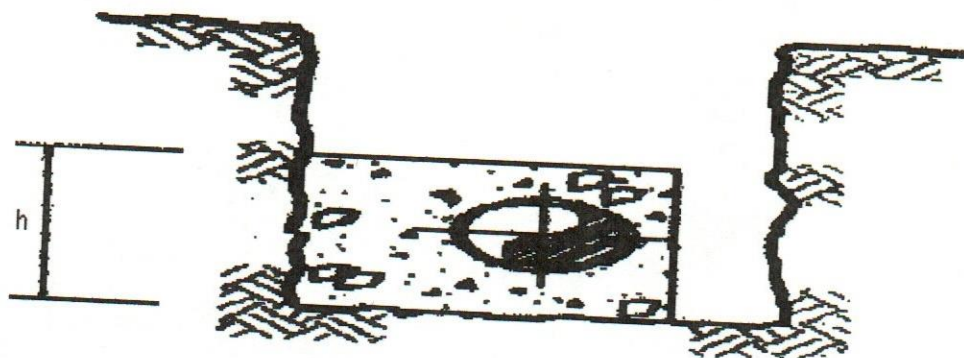
TAPON



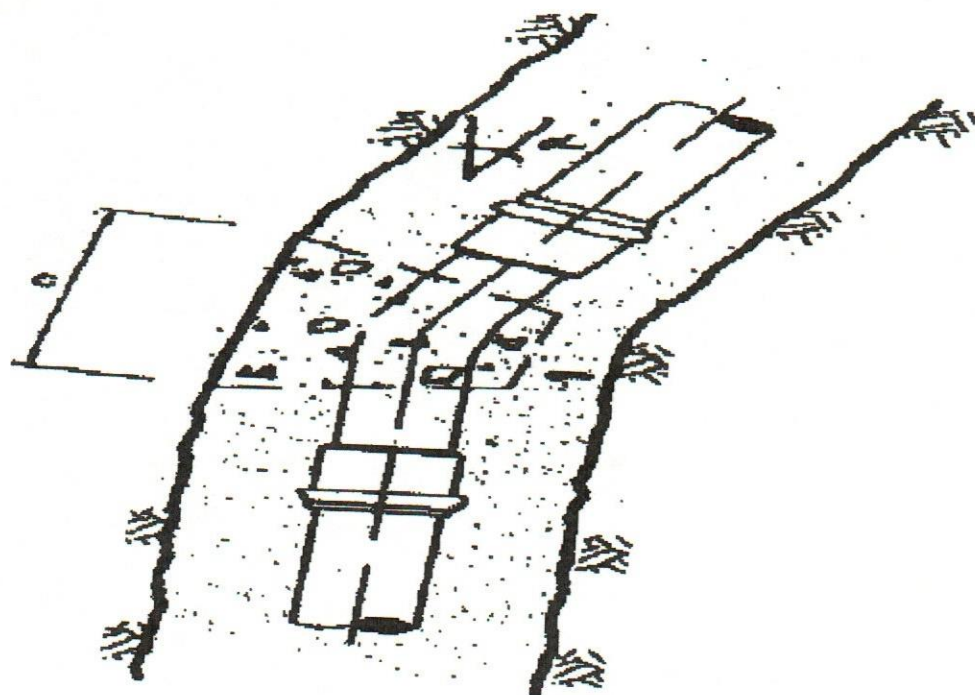
$$F = A \times P$$
$$A = \frac{\pi \times DE^2}{4}$$



CURVA



$$F = R \times P$$
$$R = 2A \operatorname{Sen} \alpha/2$$



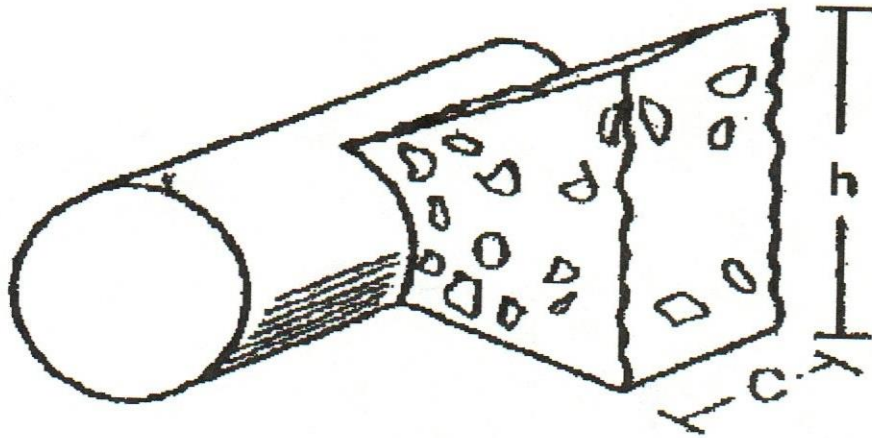


Una vez que se ha determinado la fuerza (F) que el fluido ejerce sobre las tuberías y accesorios, obtenida por medio de las expresiones correspondientes, se procede al cálculo del área del anclaje (A_A) Que es necesaria para soportarla.

Esta se calcula mediante la expresión:

$$A_A = F / RSC$$

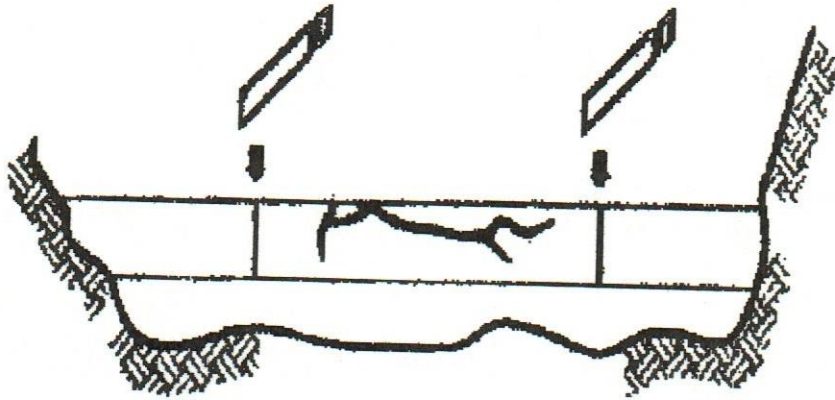
$$A_A = h * c$$



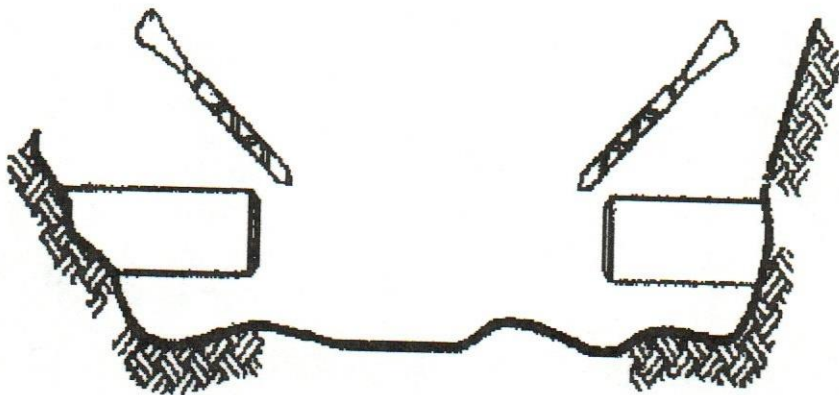


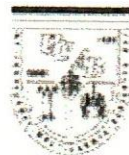
METODOLOGIA PARA EFECTUAR REPARACIONES

1.- Ubique y elimine el tramo dañado.



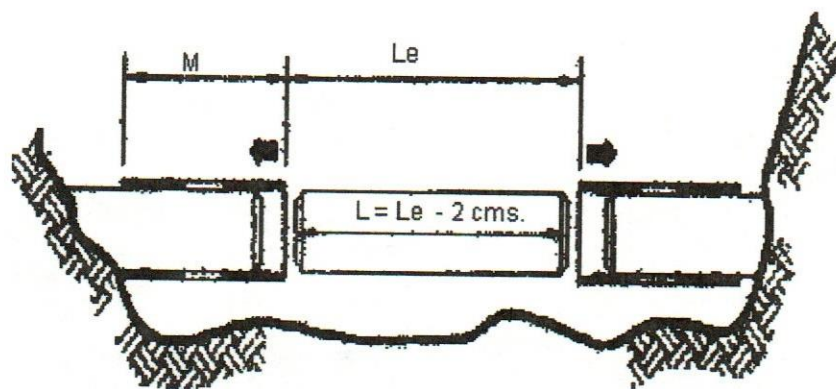
2.- Bisele y limpie los extremos a unir.





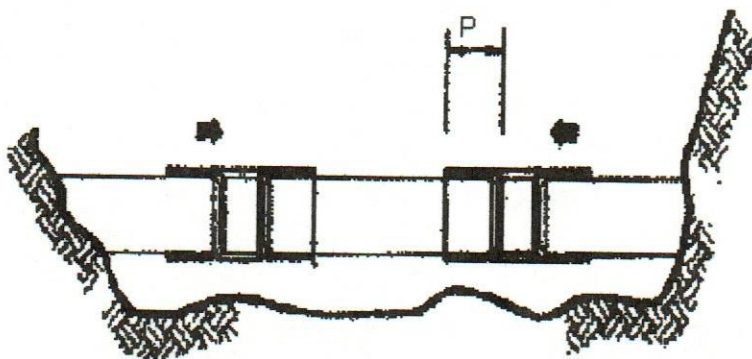
3.- Corte y bisele un niple de tubería, con una longitud inferior en dos (2) centímetros a la longitud que separa las espigas de los tubos a unir.

Lubrique las espigas y anillos, para luego insertar los manchones de reparación hasta hacer tope con el anillo opuesto al lado de la inserción.



4.- Marque sobre cada espiga del niple la profundidad de penetración del manchón:

($P = M/2 - 1,5\text{cm}$). Lubrique las espigas del niple y haga retroceder los manchones hasta alcanzar la marca de penetración P .





GOLPE DE ARIETE.

Una columna de líquido en movimiento tiene determinada cantidad de inercia, que es proporcional a su masa y la velocidad con que se desplaza. Ante la modificación subita de la velocidad de desplazamiento del fluido, la inercia que éste posee se convierte en presión, es decir que la energía cinética del fluido se transforma en energía potencial, tan súbitamente como repentina sea dicha modificación.

El fenómeno mediante el cual se producen tales modificaciones de presión se conoce con el nombre de Golpe de Ariete.

Naturalmente, cuanto mayor sea la longitud de la tubería que experimenta el fenómeno (mayor masa líquida) y cuanto mayor sea la velocidad del líquido que se desplaza por ella, será mayor la variación de la presión.

Si la velocidad aumenta, como puede darse el caso, a consecuencia de la apertura repentina de una válvula terminal, se produce una disminución de la presión interior (descompresión), la cual, dependiendo de su magnitud, puede ocasionar el aplastamiento de la tubería por fuerzas externas o por generación de vacío.

Si la velocidad disminuye, como por efecto de el cierre repentino de una válvula, se produce un incremento de presión interior (sobrepresión) que puede ocasionar la falla por rotura de la tubería.

El efecto del Golpe de Ariete se propaga a lo largo de la tubería en forma de ondas de presión que viajan a gran velocidad, causando una serie de choques violentos contra las paredes del tubo. La velocidad de propagación de tales ondas, denominada celeridad, y la resistencia de los conductos a las variaciones de presión que aquellas generan, son función del módulo de compresibilidad del fluido en movimiento y del módulo de elasticidad del material del cual están hechas las tuberías.

Cuanto más elástica sea una tubería, mayor será la disipación de la energía debida a su flexibilidad y más lento será el efecto de propagación de las ondas de presión.

Adicionalmente, aparte de la compresibilidad del fluido y de la elasticidad de la tubería, tienen influencia en la intensidad del Golpe de Ariete: el diámetro, espesor y longitud del tramo, la velocidad del flujo, la rapidez con que varía la velocidad del flujo y la densidad del fluido.



Principales causas del Golpe de Ariete

- Acumulación y movimiento de burbujas de aire atrapado en la línea.
- Expulsión repentina de aire de una tubería.
- Separación y reencuentro de columnas de líquido.
- Apertura o cierres bruscos, totales o parciales, de válvulas.
- Operación rítmica de válvulas de control o regulación automáticas.
- Arranque o parada de bombas.
- Paradas de emergencia, interrupción súbita en el sistema de propulsión (Ej: falla en el suministro de energía eléctrica).
- Cambios de velocidad en los equipos de propulsión (Ej: bombas de velocidad variable).
- Pulsaciones durante la operación de bombas reciprocantes.
- Cambios de elevación de una cisterna de almacenamiento.
- Acción de ondas en tanques elevados.

Aunque se requiere de un análisis extenso para la determinación del fenómeno de ondas de presión, mediante la metodología expuesta a continuación es posible obtener, en forma práctica, una estimación del efecto de sobre presión originado por cambios en la velocidad del fluido.

El incremento máximo de presión en una tubería, por efecto de una reducción instantánea en la velocidad del fluido(originado por el cierre repentino de una válvula o paro del equipo de bombeo), puede ser estimada mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta P = \frac{a * \Delta V}{g} \quad \text{donde,}$$

- ΔP = sobrepresión máxima en metros de columna de agua
- ΔV = cambio de velocidad del agua (m/s)
- g = aceleración de la gravedad (m/s^2)
- a = velocidad de la onda o celeridad (m/s)

$$a = \frac{100}{\sqrt{(d/g) [(1/k) + (c/E)(RDE-2)]}} \quad \text{donde,}$$



- d = densidad del flujo, para agua, 1000 Kg/m^3 , a $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- c = factor que depende de la fijación terminal de la tubería y del material del cual ésta está constituida.
- k = módulo de compresibilidad del agua = $2.06 \cdot 10^4 \text{ Kg/cm}^2$.
- E = módulo de elasticidad de la tubería.
- RDE = relación diámetro exterior/espesor mínimo.

Medidas Preventivas para Evitar El Golpe de Ariete.

- Limitar la velocidad de diseño

La velocidad de diseño del fluido para el sistema a plena operación, no debe superar: los $1,5\text{m/s}$ para sistemas de riego y de distribución de agua potable, $0,6\text{m/s}$ para líneas de aducción, y de $1,2$ a $1,8 \text{ m/s}$ para bombeo de aguas negras.

Durante el llenado de la tubería, la velocidad no debe ser mayor de $0,3\text{m/s}$ hasta que todo el aire salga y la presión llegue a su valor nominal.

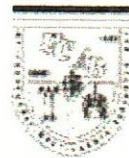
- INSTALAR VALVULAS DE ALIVIO DE PRESION
- INSTALAR VALVULAS DE CIERRE LENTO.
- USAR BOMBAS DE BAJO MOMENTO DE INERCIA
- USAR SISTEMAS CON JUNTAS ELASTICAS.
- INSTALAR VENTOSAS DE DOBLE EFECTO, en los puntos altos, bajos y a lo largo de tramos rectos muy largos, para purgar el aire, y permitir su entrada cuando se interrumpe el servicio.

Diámetro de la ventosa en función del diámetro de la tubería.

D . Ext . (mm)	Diámetro Ventosa Manual	Diámetro Ventosa Automática
110 a 250	1" a 3"	1/2"
315	4"	3/4"
400	6"	1"

Adicionalmente a las medidas preventivas para limitar el Golpe de Ariete, en las aducciones se deben tomar las siguientes previsiones:

- 1.- Dotar al sistema con tuberías de limpieza. Estas deben ser ubicadas en los puntos bajos de la aducción, para permitir la eliminación periódica de los sedimentos allí



acumulados. Deben estar dotadas de llaves de paso y sus diámetros, en función del diámetro de la línea, deben ser:

Diámetro de las tuberías de limpieza en función de las tuberías de la red.

Diámetro de la Tubería (mm)	50 a 110	160	200	250
Diámetro de la Tubería de Limpieza (mm)	50	110	110 a 160	160

2.- Para tramos largos horizontales, es conveniente crear pendientes artificiales que favorezcan la acumulación de aire en puntos que faciliten la expulsión. Para tal efecto, es recomendable alternar una pendiente ascendente mínima de 3/1000 con una descendencia mínima de 6/1000.

Tiempo crítico de cierre para válvulas.

Durante el cierre de una válvula, se genera una onda de choque que se desplaza aguas arriba, desde la válvula hasta la fuente de presión (o toma), donde rebotará la onda hasta chocar nuevamente contra la válvula en cierre. El tiempo que tarda la onda de presión en realizar este recorrido se define como “tiempo crítico” (T_c).

Si el tiempo de cierre de la válvula es inferior o igual al tiempo crítico ($t < T_c$) la sobrepresión generada por la onda de choque será máxima e igual a la de cierre instantáneo determinada por la ecuación ya definida. Si el tiempo de cierre de la válvula es superior al tiempo crítico ($t > T_c$), las ondas regresarán como ondas de baja presión y tenderán a disminuir el aumento de presión en la relación : Tiempo crítico / tiempo cerrado.

$$\text{TIEMPO CRITICO} = T_c$$

$$T_c = 2L / a$$

L = Longitud de línea (m); a = celeridad de la onda de presión (m/s)

$$T_c = t_{\text{ida}} + t_{\text{retorno}} \text{ (s).}$$

Mediante el uso del ábaco de Allievi, es posible estimar el aumento de presión que se origina cuando el tiempo de cierre es superior al tiempo crítico ($t > T_c$). Entrando en la gráfica, con la constante de la tubería (K) y la relación de tiempo $N = t/T_c$, determinamos el aumento de presión ΔP . De igual forma, si fijamos previamente el aumento de presión



permisible por golpe de Ariete ΔP , podremos determinar el tiempo mínimo de cierre $t = N * T_c$.

Constante K de la tubería

$$K = \frac{a * V_o}{20 * g * P_o}$$

Donde:

V_o = Velocidad del fluido bajo operación normal del sistema (m/s).

P_o = Presión dinámica del sistema, bajo operación normal (Kg/cm^2);

Aceleración de gravedad = $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Relación de tiempo = N

$$N = (t / T_c) = (a * t) / (2 * L)$$

Tiempo de cierre (s) = t

T_c = Tiempo crítico de cierre (s).

Aumento de presión

$$\Delta P = P_o (I - 1)$$

Se debe tener presente que la tubería estará expuesta en cualquier sitio a la presión de operación del sistema (estática o dinámica) más el exceso de presión provocado por el golpe de ariete, $P = P_o + \Delta P$

Como criterio para el diseño de sistemas de tuberías, el aumento de presión por el Golpe de Ariete debe limitarse entre un 20 a 25% de la presión de servicio de la tubería. De esta manera, la presión estática o presión de operación del sistema debe corresponder a un 80 a 75% de la presión de servicio. Es decir, para una tubería clase A.B de P.S. = 10 Kg/cm^2 , es recomendable limitar los efectos por posible Golpe de Ariete entre 2 a 2,5 Kg/cm^2 , y así operar el sistema con una presión estática entre 7,5 y 8 Kg/cm^2 .



PRUEBA DE ESTANQUEIDAD

Es necesario realizar una prueba de estanqueidad de las instalaciones antes de proceder a su cobertura o empotramiento definitivo. En el caso de tendidos largos, como el caso de líneas de aducción o distribución enterradas, se debe efectuar la prueba en tramos no mayores de 400m de longitud. La prueba debe efectuarse después de haber asegurado correctamente las instalaciones, colocando sus respectivos soportes y anclajes. Los anclajes de concreto de las tuberías enterradas, deben estar totalmente curados antes de efectuar la prueba.

Después de asegurada la tubería, proceda a llenarla lentamente con agua, permita la salida de aire a través de las válvulas de venteo o de purga, situadas en los puntos altos del sistema. Una vez llena y purgada la tubería, proceda a incrementar lentamente la presión por medio de una bomba de émbolo manual, equipada con llave de registro, check y manómetro.

La presión debe incrementarse a razón de 1 Kg/cm^2 por minuto hasta alcanzar la presión de prueba de 1,5 veces la Presión de Servicio. Luego, cierre la llave de registro; si en el transcurso de 1 hora no ha disminuido la presión, no hay fugas en el sistema.

PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LAS TUBERIAS DE PVC.

Dado que las paredes interiores de las tuberías de PVC son muy lisas, se pueden obtener menores pérdidas de carga por fricción.

Tal condición permanece inalterada durante la vida útil de la tubería, debido a la casi inexistente formación de incrustaciones causadas por oxidación o degradación de la superficie interna del conducto, situación que es muy común en las tuberías metálicas y de concreto.

Ensayos de laboratorio y mediciones de campo han dado como resultado que los valores del coeficiente de fricción de Hazen Williams para el PVC varía entre 140 y 150, tanto para tuberías nuevas como usadas.

A los efectos del diseño hidráulico, es recomendable la utilización de 140 como valor conservador para flujos a presión en sistemas con tuberías de PVC.



Velocidad de Flujo

Es recomendable mantener las velocidades dentro de los márgenes indicados y según el servicio del tramo considerado. La velocidad mínima recomendada garantiza el arrastre de partículas (auto limpieza), mientras que al no superar la velocidad máxima se reducen los efectos de erosión y ruidos causados por el paso del agua.

Para reducir los efectos de sobrepresión, causados por los Golpes de Ariete, es recomendable adoptar una velocidad máxima de diseño de 1,5m/s. En sistemas donde se adoptan velocidades superiores a 1,5m/s, se recomienda prestar atención a las medidas atenuantes del Golpe de Ariete (ver Golpe de Ariete).

Fórmula de Hazen – Williams.

Se analizarán las pérdidas por fricción, utilizando una ecuación empírica como es la ecuación de Hazen-Williams que es una de las más utilizadas para este objetivo, por la gran cantidad de información de tipo experimental que se ha reunido desde que fuera publicada en 1902.

Fórmula para la pérdida de carga de Hazen-Williams:

$$hf = 10.67 (Q/C)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} \quad \text{donde,}$$

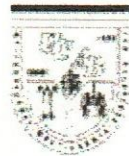
- hf = pérdida de carga en metros.
- Q = caudal del tramo en m³/s.
- L = longitud del tramo en metros.
- D = diámetro del conducto en metros.
- C = coeficiente de fricción de Hazen-Williams.



Pérdidas de carga en metros por cada cien metros de tubería de P.V.C clase AA para distintos valores de caudal a partir de Hazen-Williams.

Tuberías de P.V.C (C=140)

Clase AA PS = 6Kg/cm ² Caudal (lts/s)	DIAMETROS EXTERIORES (mm)						
	75	110	160	200	250	315	400
	DIAMETROS INTERIORES (mm)						
	70.6	103.6	150.6	188.2	235.4	296.6	376.6
0.5	0.035	0.005					
1	0.127	0.020	0.003				
1.5	0.269	0.042	0.007	0.002			
2	0.459	0.071	0.011	0.004			
2.5	0.693	0.107	0.017	0.006			
3	0.972	0.150	0.024	0.008			
3.5	1.293	0.200	0.032	0.011			
4	1.655	0.256	0.041	0.014			
4.5	2.059	0.318	0.051	0.017			
5	2.502	0.387	0.063	0.021	0.007	0.002	
10	9.034	1.396	0.226	0.076	0.026	0.008	0.003
15	19.142	2.957	0.478	0.162	0.054	0.018	0.006
20	32.611	5.038	0.815	0.275	0.093	0.030	0.009
25	49.299	7.616	1.232	0.416	0.140	0.045	0.014
30	69.101	10.675	1.726	0.583	0.196	0.064	0.020
35	91.933	14.202	2.297	0.776	0.261	0.085	0.026
40	117.726	18.186	2.941	0.993	0.334	0.108	0.034
45	146.422	22.619	3.658	1.236	0.416	0.135	0.042
50	177.971	27.493	4.447	1.502	0.505	0.164	0.051
60		38.536	6.233	2.105	0.708	0.230	0.072
70		51.269	8.292	2.801	0.942	0.306	0.096
80		65.653	10.618	3.586	1.206	0.391	0.122
90		81.656	13.206	4.461	1.500	0.487	0.152
100		99.251	16.052	5.422	1.823	0.592	0.185
150		210.307	34.013	11.488	3.863	1.254	0.392
175			45.252	15.284	5.140	1.668	0.521
200			57.948	19.572	6.582	2.136	0.668
250			87.602	29.588	9.950	3.229	1.009
300			122.788	41.473	13.947	4.526	1.415
350			163.358	55.176	18.555	6.021	1.882
375			185.624	62.697	21.084	6.842	2.138
400			209.191	70.657	23.760	7.710	2.410
450				87.879	29.552	9.590	2.997
475				97.135	32.664	10.600	3.313
500				106.814	35.920	11.656	3.643
600				149.718	50.347	16.338	5.107
700				199.186	66.982	21.736	6.794
800					85.775	27.835	8.700
900					106.683	34.619	10.821
1000					129.670	42.079	13.152



Pérdidas de carga en metros por cada cien metros de tubería de P.V.C clase AB para distintos valores de caudal a partir de Hazen-Williams.

Tuberías de P.V.C (C=140)

Clase AB PS = 10Kg/cm ²	DIAMETROS EXTERIORES (mm)						
	75	110	160	200	250	315	400
Caudal (lts/s)	DIAMETROS INTERIORES (mm)						
	67.8	99.4	144.6	180.8	226.2	285	361.8
0.5	0.043	0.007					
1	0.155	0.024	0.004				
1.5	0.328	0.051	0.008				
2	0.558	0.087	0.014				
2.5	0.844	0.131	0.021	0.007			
3	1.183	0.184	0.030	0.010			
3.5	1.574	0.244	0.039	0.013			
4	2.016	0.313	0.050	0.017			
4.5	2.507	0.389	0.063	0.021	0.007		
5	3.047	0.473	0.076	0.026	0.009	0.003	
10	11.001	1.707	0.275	0.093	0.031	0.010	0.003
15	23.311	3.617	0.583	0.196	0.066	0.021	0.007
20	39.715	6.163	0.993	0.335	0.112	0.036	0.011
25	60.039	9.316	1.501	0.506	0.170	0.055	0.017
30	84.154	13.058	2.104	0.709	0.238	0.077	0.024
35	111.959	17.373	2.800	0.943	0.317	0.103	0.032
40	143.371	22.247	3.585	1.208	0.406	0.132	0.041
45	178.318	27.670	4.459	1.502	0.505	0.164	0.051
50	216.740	33.632	5.420	1.826	0.613	0.199	0.062
60		47.141	7.597	2.559	0.860	0.279	0.087
70		62.717	10.107	3.405	1.144	0.371	0.116
80		80.313	12.943	4.360	1.464	0.475	0.149
90		99.890	16.098	5.423	1.821	0.591	0.185
100		121.413	19.567	6.591	2.214	0.719	0.225
125		183.544	29.580	9.965	3.347	1.086	0.340
150			41.461	13.967	4.691	1.523	0.476
175			55.160	18.582	6.241	2.026	0.634
200			70.636	23.795	7.992	2.594	0.812
250			106.783	35.972	12.082	3.921	1.227
300			149.673	50.421	16.935	5.496	1.720
350			199.127	67.080	22.530	7.312	2.288
375				76.223	25.601	8.309	2.600
400				85.900	28.852	9.364	2.930
450				106.839	35.884	11.646	3.644
500				129.859	43.616	14.156	4.429
600				182.018	61.135	19.842	6.208
700					81.335	26.397	8.259
800					104.155	33.804	10.576
900					129.543	42.043	13.154
1000					157.455	51.102	15.988



Pérdidas de carga en metros por cada cien metros de tubería de P.V.C clase AC para distintos valores de caudal a partir de Hazen-Williams.

Tuberías de P.V.C (C=140)

Clase AC PS = 16Kg/cm ²	DIAMETROS EXTERIORES (mm)		
	75	110	160
Caudal (lts/s)	DIAMETROS INTERIORES (mm)		
	63.8	93.6	136.2
0.5	0.058	0.009	
1	0.208	0.032	0.005
1.5	0.441	0.068	0.011
2	0.751	0.116	0.019
2.5	1.135	0.176	0.028
3	1.591	0.246	0.040
3.5	2.117	0.327	0.053
4	2.711	0.419	0.067
4.5	3.371	0.521	0.084
5	4.098	0.634	0.102
10	14.793	2.288	0.368
15	31.346	4.848	0.780
20	53.403	8.259	1.329
25	80.732	12.486	2.009
30	113.158	17.501	2.817
35	150.547	23.283	3.747
40	192.785	29.815	4.799
45		37.083	5.968
50		45.073	7.254
60		63.177	10.168
70		84.051	13.527
80		107.633	17.323
90		133.869	21.545
100		162.713	26.187
125			39.589
150			55.490
175			73.824
200			94.537
225			117.580
250			142.915
275			170.505
300			200.319



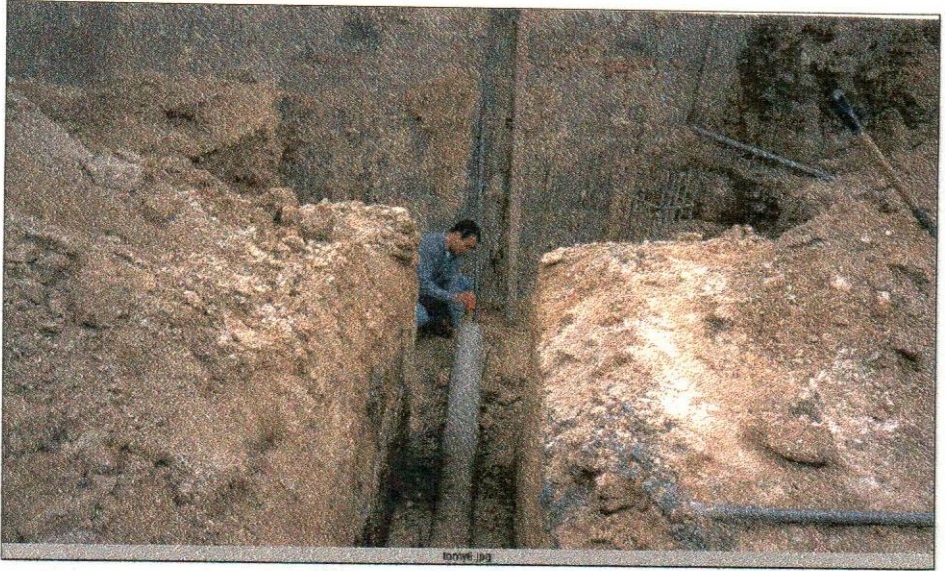
Pérdidas de carga para tuberías de hierro fundido dúctil en tramos de 100metros.

Tuberías de H.F.D con C = 100.

Caudal (lts/s)	DIAMETROS EXTERIORES (mm)					
	80	100	150	200	250	300
	DIAMETROS INTERIORES (mm)					
	68	88	137.6	187.4	237.2	286.4
0.5	0.079	0.022				
1	0.284	0.081	0.009			
1.5	0.603	0.172	0.019	0.004		
2	1.026	0.292	0.033	0.007		
2.5	1.552	0.442	0.050	0.011		
3	2.175	0.620	0.070	0.016		
3.5	2.894	0.824	0.093	0.021		
4	3.706	1.056	0.120	0.027		
4.5	4.609	1.313	0.149	0.033		
5	5.602	1.596	0.181	0.040	0.013	0.005
10	20.223	5.761	0.653	0.145	0.046	0.018
15	42.852	12.208	1.384	0.308	0.098	0.039
20	73.005	20.799	2.358	0.524	0.166	0.066
25	110.365	31.443	3.565	0.792	0.251	0.100
30	154.694	44.072	4.997	1.110	0.352	0.141
35	205.807	58.634	6.648	1.477	0.469	0.187
40	263.549	75.084	8.513	1.891	0.600	0.240
45	327.790	93.386	10.589	2.352	0.747	0.298
50	398.418	113.508	12.870	2.859	0.908	0.362
60		159.100	18.040	4.008	1.272	0.508
80		271.054	30.734	6.828	2.167	0.865
90		337.125	38.225	8.492	2.695	1.076
100		409.764	46.461	10.322	3.276	1.308
125		619.457	70.238	15.605	4.953	1.978
150		868.270	98.450	21.872	6.942	2.772
200			167.726	37.264	11.827	4.723
225			208.610	46.347	14.710	5.874
250			253.558	56.333	17.879	7.140
300			355.403	78.960	25.060	10.008
325			412.193	91.577	29.065	11.607
350			472.832	105.049	33.340	13.314
400			605.491	134.521	42.694	17.050
425				150.506	47.767	19.076
450				167.312	53.101	21.206
475				184.932	58.694	23.439
500				203.362	64.543	25.775
600				285.044	90.467	36.128
700				379.226	120.359	48.065
800					154.127	61.550
900					191.696	76.553
1000					233.000	93.048

ANEXO "8"
Fotos de trabajos en obra con tuberías de PVC.

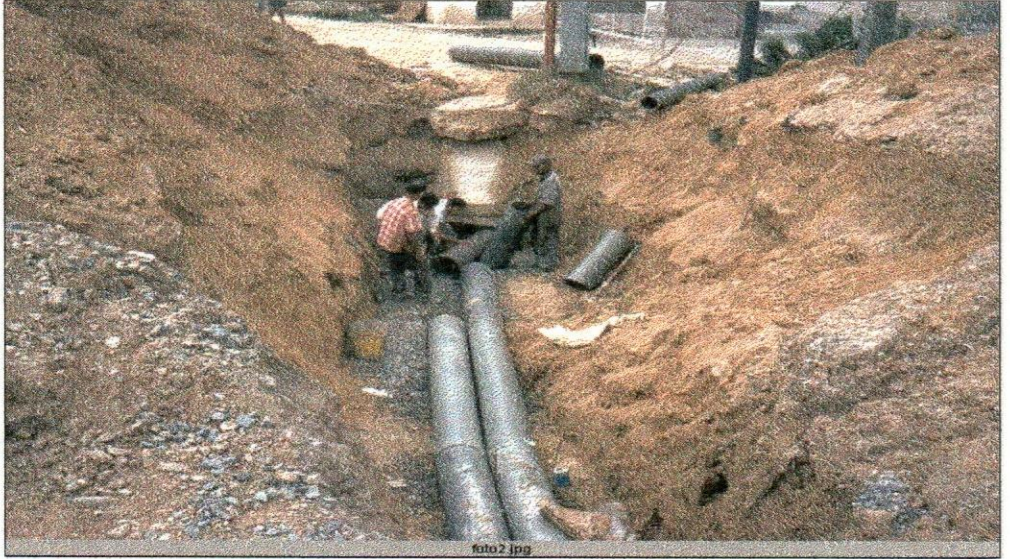
Inspección en obra de tubería de PVC



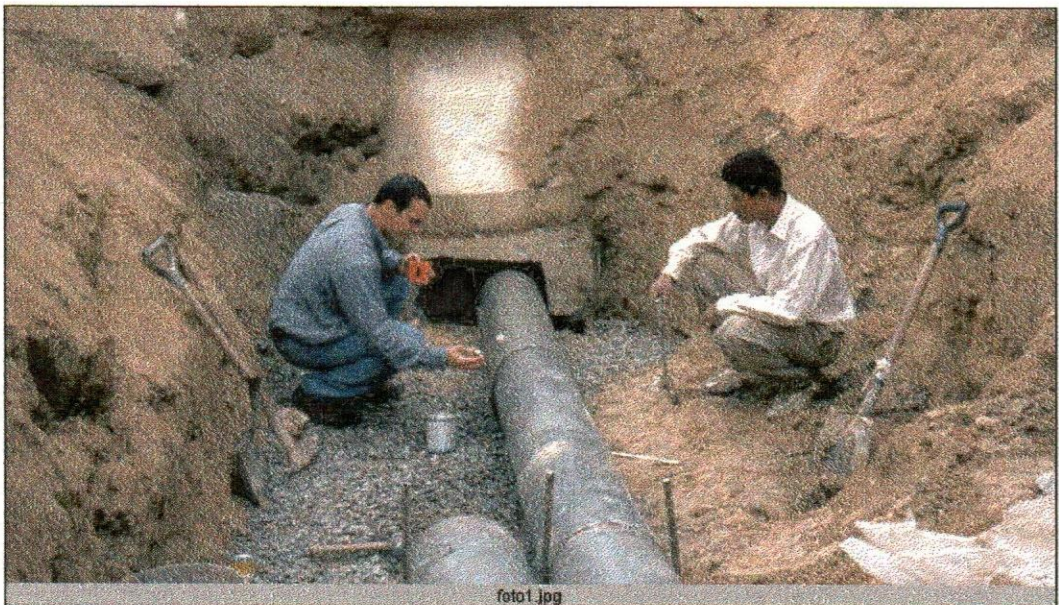
Empotramiento a la boca de visita. Obsérvese la solución adoptada de colocar las tuberías paralelas, aumentando la capacidad de descarga.



Empotramiento en la boca de visita. Detalle de tuberías morochas.



Colocación de pegamento especial para tuberías de P.V.C.



ANEXO "9"
Plano del modelo de estudio