

**PRACTICA EMPRESARIAL CELEBRADA ENTRE LA EMPRESA PRIVADA
COLOMBIANA DE EXTRUSION S.A. (EXTRUCOL S.A.) Y LA ESCUELA DE
INGENIERIA CIVIL (UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER), LA
CUAL CONSISTE EN EL DESARROLLO DE ESTUDIOS DE INTERES PARA
EL AREA TECNICA.**

JOSÉ ANDRÉS FERNÁNDEZ VARGAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-MECANICA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2004

**PRACTICA EMPRESARIAL CELEBRADA ENTRE LA EMPRESA PRIVADA
COLOMBIANA DE EXTRUSION S.A. (EXTRUCOL S.A.) Y LA ESCUELA DE
INGENIERIA CIVIL (UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER), LA
CUAL CONSISTE EN EL DESARROLLO DE ESTUDIOS DE INTERES PARA
EL AREA TECNICA.**

**Informe de Práctica para optar al título de
Ingeniero Civil**

JOSE ANDRES FERNANDEZ VARGAS

**Director:
ING. MARIO GARCIA SOLANO**

**Tutor:
ING. LUIS FERNANDO MESA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-MECANICA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2004

DEDICATORIA:

A Dios, por permitirme alcanzar mis objetivos y rodearme de gente y cosas buenas.

A mi madre, por su constante apoyo incondicional y por enseñarme los valores fundamentales para ser una persona íntegra.

A mis tíos, por el cariño y apoyo que siempre me han brindado.

A mi tío José (q.e.p.d), por confiar y creer en mí.

A mi Novia, por su colaboración, cariño y paciencia.

A mis amigos, por su compañía y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Ingeniero Mario García Solano, Director del proyecto, por su orientación y apoyo a lo largo de esta practica empresarial.

Ingeniero Luís Fernando Mesa, Director técnico EXTRUCOL S.A. y tutor responsable de la practica, quien con sus valiosos concejos, transmitió lo necesario para poder realizar el trabajo con éxito.

Ingeniero Jorge E. Castellanos, Jefe de aseguramiento de calidad EXTRUCOL S.A., por su interés, colaboración y asesorías en los temas tratados.

Edgar Cuadros, Nelson Sánchez y Adriana Jiménez, Laboratoristas EXTRUCOL S.A., por la asesoría brindada en procedimientos de laboratorio.

Todos los amigos y compañeros de trabajo de Colombiana de Extrusión (EXTRUCOL S.A.), por su aporte a mi crecer como persona e integrarme a su ambiente de trabajo.

Ingeniero Enrique Forero, Gerente Hidroriente, por su colaboración y sugerencias al modulo de índice de agua no contabilizada.

La Escuela de Ingeniería Civil, especialmente a los Profesores, por herramientas y conocimientos que llevaron a realizar a cabalidad este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
2. COLOMBIANA DE EXTRUSION EXTRUCOL S.A.	
2.1 GENERALIDADES	3
2.2 MISION	5
2.3 VISION	5
MODULO A	
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE TUBERIAS PARA ALCANTARILLADO	6
A.1 OBJETIVOS	7
A.1.1 Objetivo General	
A.1.2 Objetivos Específicos	7
A.2 INTRODUCCION	8
A.3 PRELIMINARES	9
A.3.1 Planteamientos Generales	9
A.3.2 Criterios para definir si una tubería es Flexible o Rígida	10
A.4 MATERIALES DE TUBERIAS	12
A.4.1 Cloruro de Polivinilo (PVC)	12
A.4.2 Polietileno (HDPE)	13
A.4.3 Poliéster reforzado con Fibra de vidrio (GRP)	14
A.4.4 Hierro Dúctil	14
A.4.5 Concreto	15
A.4.6 Gres	16
A.4.7 Asbesto-Cemento	17
A.5 EVOLUCION DE LAS TUBERIAS PLASTICAS	18
A.6 CARACTERISTICAS IMPORTANTES EN TUBERIAS	21
A.6.1 Dimensiones	21

A.6.1.1 Variedad de diámetros	21
A.6.1.2 Dimensión del diámetro interno con relación al nominal	21
A.6.1.3 Longitud del tubo	21
A.6.2 Peso por unidad de Longitud	22
A.6.3 Rigidez	22
A.6.4 Propiedades Hidráulicas	22
A.6.5 Ancho de Zanja	23
A.6.6 Instalación en Zanja	24
A.6.6.1 Cimentación	24
A.6.6.2 Soporte de la Tubería	24
A.6.6.3 Relleno y Apisonamiento	24
A.6.6.4 Relleno Inicial y Compactación	24
A.6.6.5 Completando el Relleno	25
A.6.6.6 Relleno Final	25
A.6.7 Uniones	25
A.6.8 Comportamiento Estructural de las Tuberías Enterradas	26
A.6.8.1 Primer Limite: La Deflexión	26
A.6.8.2 Segundo Limite: Abollamiento o Pandeo (Buckling)	27
A.6.8.3 Tercer Limite: Rotura de Pared (Wall Crushing)	27
A.7 PRESENTACION DE TUBERIAS ESTUDIADAS	28
A.8 PRESENTACION DE DATOS	32
A.8.1 Tablas	33
A.9 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES	45
A.9.1 Observaciones	45
A.9.2 Conclusiones	59
BIBLIOGRAFIA	69

MODULO B

ESTUDIO COMPARATIVO DE RIGIDEZ, APLICANDO LOS METODOS DE ENSAYO ESTIPULADOS POR LAS NORMAS NTC 3254 Y NTC 4215	72
---	-----------

B.1 OBJETIVOS	73
B.1.1 Objetivo General	73
B.1.2 Objetivos Específicos	73
B.2 INTRODUCCION	74
B.3 PLANTEAMIENTOS GENERALES	75
B.3.1 Rigidez del Tubo	75
B.3.2 Propiedades de Carga Exterior en Tubos	75
B.3.3 Importancia de la Rigidez en la Tubería	76
B.3.4 Diferencia entre los Materiales Rígidos, Elásticos y Viscoelásticos	76
B.3.5 Deflexión en Tubos Flexibles (Formula de IOWA)	77
B.4 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NORMA NTC 3254	79
B.4.1 Correspondencia	79
B.4.2 Objeto de la Norma	79
B.4.3 Definiciones y Términos	79
B.4.4 Equipos	80
B.4.5 Especímenes de Ensayo	80
B.4.6 Resumen del Método de Ensayo	80
B.4.7 Cálculos	81
B.4.7.1 Rigidez del Tubo (PS)	81
B.4.7.2 Factor de Rigidez (SF)	81
B.4.8 PS y SF contra Deflexión	81
B.4.9 Unidades para PS y SF	81
B.4.10 Parámetros usados en el Ensayo	82
B.4.11 Tuberías Ensayadas	82
B.4.12 Confiabilidad de Datos	83
B.4.13 Formación del Corbatín	83
B.4.14 Criterio Usado para la Finalización del Ensayo	83
B.4.15 Formato para Recolección de datos	84
B.4.16 Resumen de Datos	87
B.4.16.1 Cuadros	87
B.4.16.2 Gráficos	88

B.5 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NORMA NTC 4215	92
B.5.1 Correspondencia	92
B.5.2 Objeto de la Norma	92
B.5.4 Principio	92
B.5.5 Equipos	93
B.5.6 Especímenes de Ensayo	93
B.5.7 Resumen del Método de Ensayo	94
B.5.8 Cálculos	94
B.5.8.1 Diámetro Interno	94
B.5.8.2 Rigidez de Anillo	94
B.5.9 Parámetros usados en el Ensayo	95
B.5.10 Tuberías Ensayadas	95
B.5.11 Confiabilidad de Datos	95
B.5.12 Formación del Corbatín	96
B.5.13 Criterio para finalizar el Ensayo	96
B.5.14 Formato para recolección de Datos	96
B.5.15 Resumen de Datos	99
B.6 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES	104
BIBLIOGRAFIA	108
ANEXOS	110

MODULO C

INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA I.A.N.C.

CAUSAS, EXPERIENCIAS EN ALGUNAS EMPRESAS COLOMBIANAS	138
---	-----

E INFLUENCIA EN LA TARIFA.

C.1 OBJETIVOS	139
C.1.1 Objetivo General	
C.1.2 Objetivos Específicos	139
C.2 INTRODUCCION	140
C.3 ASPECTOS PRELIMINARES	142

C.3.1 I.A.N.C. en algunos Países de Latinoamérica	142
C.3.2 I.A.N.C. en Colombia	143
C.3.3 Diagnostico Comercial de Empresas en Colombia	144
C.3.4 Historia del I.A.N.C. en algunas Ciudades del País	145
C.4 INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA (I.A.N.C)	146
C.4.1 Porcentajes a Nivel General	148
C.5 CAUSAS	149
C.5.1 Causas Físicas o Técnicas	149
C.5.2 Causas No Físicas o Comerciales	161
C.6 EXPERIENCIAS DE LOS PROGRAMAS DE REDUCCION Y CONTROL DE I.A.N.C. EN ALGUNAS EMPRESAS DEL PAIS	165
C.6.1 Aguas y Aguas – Pereira	165
C.6.2 Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá	168
C.6.3 Seraqua E.S.P. – Tunja	171
C.6.4 Aguas de Manizales	173
C.6.5 Empresa de servicios Públicos de Armenia – EPA	174
C.7 INFLUENCIA DEL I.A.N.C. EN EL MODELO TARIFARIO	176
C.7.1 Descripción del Modelo Tarifario Actual	176
C.7.1.1 Cálculo de Costos	178
C.7.1.2 Cálculo de Tarifas	180
C.7.1.3 Comentario	186
C.7.1.4 Costos y beneficios de reducir Pérdidas	186
C.7.1.5 Influencia del Tratamiento de Perdidas en la Tarifa	187
C.7.1.6 Hasta que valor puede llegar el Factor de Perdidas [P]	188
C.7.1.7 Efecto del Factor de Perdidas [P]	188
C.8 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES	190
BIBLIOGRAFIA	194

LISTADO DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Dimensiones	34
Cuadro 2. Peso por unidad de longitud	35
Cuadro 3. Rigidez	36
Cuadro 4. Propiedades Hidráulicas	38
Cuadro 5. Ancho de Zanja	39
Cuadro 6. Instalación en Zanja	40
Cuadro 7. Convenciones de Suelos	42
Cuadro 8. Uniones	43
Cuadro 9. Propiedades Estructurales	44
Cuadro 10. Parámetros Ensayo NTC 3254	82
Cuadro 11. Formato NTC 3254	85
Cuadro 12. Tubotec RibLoc Resumen NTC 3254	87
Cuadro 13. Novafort Pavco Resumen NTC 3254	87
Cuadro 14. PVC Gerfor Corrugado Resumen NTC 3254	88
Cuadro 15: N-12 ADS Resumen NTC 3254	88
Cuadro 16. Resumen NTC 3254	91
Cuadro 17. Parámetros Ensayo NTC 4215	95
Cuadro 18. Formato NTC 4215	97
Cuadro 19. Tubotec RibLoc Resumen NTC 4215	99
Cuadro 20. Novafort Pavco Resumen NTC 4215	100
Cuadro 21. PVC Gerfor Corrugado Resumen NTC 4215	100
Cuadro 22. Resumen NTC 4215	103
Cuadro 23. I.A.N.C. en Latinoamérica	142
Cuadro 24. Historia del I.A.N.C. en ciudades Colombianas	145
Cuadro 25. Tasa de daño por Tubería	154
Cuadro 26. Evolución del Proceso- Pereira	167

Cuadro 27. Inspección de redes- Bogotá	170
Cuadro 28. Resultados del Factor de Investigación- Tunja	172
Cuadro 29. Sectores y Estratos	182

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logotipo Extrucol S.A.	3
Figura 2. Estructura del Cloruro de Polivinilo (PVC)	13
Figura 3. Estructura del Polietileno de Alta densidad (HDPE)	13
Figura 4. Descripción por capas del GRP	14
Figura 5. Perfiles de Tuberías estructuradas	19
Figura 6. Deflexión de Anillo en Tubos Flexibles	27
Figura 7. Pandeo local de las Paredes	27
Figura 8. Aplastamiento de la Pared	27
Figura 9. Logotipo Gerfor	28
Figura 10. Logotipo Ralco	28
Figura 11. Logotipo Pavco	29
Figura 12. Logotipo Tubotec	29
Figura 13. Logotipo ADS	30
Figura 14. Logotipo Titan	30
Figura 15. Logotipo American Ductile Iron Pipe	30
Figura 16. Logotipo Pamcol	31
Figura 17. Logotipo Flowtite	31
Figura 18. Logotipo Moore	31
Figura 19. Logotipo Eternit	31
Figura 20. Zonas importantes en la Instalación en Zanja	41
Figura 21. Acortamiento en el Diámetro	75
Figura 22. Angulo de Cimentación	77
Figura 23. Base para la formula de IOWA	77
Figura 24. Simbología de variables	92
Figura 25. Clasificación de las Perdidas	147

Figura 26. Desagregación del caudal mínimo	170
Figura 27. Modelo Tarifario Actual	177

LISTADO DE FOTOGRAFIAS

	Pág.
Foto 1. Distribución del Grafito en el Hierro Dúctil	15
Foto 2. Sistema de Alcantarillado con Tubería de Concreto	16
Foto 3. Tubos de Gres	16
Foto 4. Unión de Asbesto-Cemento	17
Foto 5. Formación de Corbatín	83
Foto 6. Formación del Pandeo en las Paredes	96

LISTADO DE GRAFICOS

	Pág.
Grafico 1: %Deformación Vs. Carga (NTC 3254)	89
Grafico 2: %Deformación Vs. Rigidez PS (NTC 3254)	90
Grafico 3: %Deformación Vs. Carga (NTC 4215)	101
Grafico 4: %Deformación Vs. Rigidez de Anillo S (NTC 4215)	102
Grafico 5: I.A.N.C. en Latinoamérica	142
Grafico 6: I.A.N.C. en Colombia	143
Grafico 7: Diagnostico Comercial I.A.N.C. en Colombia	144
Grafico 8: Historia I.A.N.C. en ciudades Colombianas	145
Grafico 9: Presión Vs. Fugas	159
Grafico 10: Participación de las Pérdidas – Pereira	167
Grafico 11: Porcentajes Técnicos y Comerciales – Pereira	168
Grafico 12: Daños Conducción – Bogotá	170
Grafico 13: Influencia del Factor de Investigación – Tunja	173

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
B.I Datos Ensayo NTC 3254	110
B.II Datos Ensayo NTC 4215	125

RESUMEN

TITULO: PRACTICA EMPRESARIAL CELEBRADA ENTRE LA EMPRESA PRIVADA COLOMBIANA DE EXTRUSION S.A. (EXTRUCOL S.A.) Y LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL (UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER), LA CUAL CONSISTE EN EL DESARROLLO DE ESTUDIOS DE INTERES PARA EL AREA TECNICA.* *

AUTOR: JOSE ANDRES FERNANDEZ VARGAS** **

PALABRAS CLAVES: TUBERIA, ALCANTARILLADO, RIGIDEZ, CARGA, DEFLEXION, INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA.

CONTENIDO:

El objetivo de este escrito es presentar un documento que recopile la información de los tres temas propuestos por la Empresa EXTRUCOL S.A. al autor.

El primero consiste en la detección de ventajas y desventajas de quince diferentes tuberías usadas en la construcción de Alcantarillados en el país, la metodología empleada fue la elaboración de tablas donde se ordeno por temas las diferentes características de interés, extractadas de los diferentes catálogos comerciales y paginas Web.

En segundo lugar se encuentra la realización de un estudio de rigideces en cuatro tipos de tuberías flexibles, empleando los métodos de ensayo propuestos por las normas NTC 3254 (Determinación de las características de carga exterior de tubos plásticos por medio de placas paralelas) y NTC 4215 (Tubos termoplásticos. Determinación de la rigidez de anillo), para la recolección de datos se llevaron a cabo los dos ensayos en el laboratorio de la empresa EXTRUCOL S.A.

Por ultimo se realizo un estudio de factores que intervienen en el aumento del índice de agua no contabilizada en acueductos, haciendo énfasis en aquellos donde influye directamente la tubería, también se muestran algunos procesos que han sufrido empresas prestadoras del servicio de agua potable en la reducción del agua no contabilizada (Acciones y logros) y por ultimo se expone la estructura tarifaria actual y la influencia de las perdidas anteriormente nombradas en la misma. Para esto se estudiaron diferentes fuentes bibliográficas y paginas Web, cabe resaltar que este modulo fue revisado por el Ing. Enrique Forero, persona que maneja el tema.

* Informe de Práctica Empresarial.

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de ingeniería Civil. Ing. Mario García Solano.

SUMMARY

TITLE: MANAGERIAL PRACTICES CELEBRATED AMONG THE COMPANY PRIVATE COLOMBIAN OF EXTRUSION CORP. (EXTRUCOL CORP.) AND THE SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING (INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER), WHICH CONSISTS ON THE DEVELOPMENT OF STUDIES OF INTEREST FOR THE TECHNICAL AREA*.

AUTHOR: JOSÉ ANDRÉS FERNÁNDEZ VARGAS** * *

KEY WORDS: PIPE, SEWER SYSTEM, RIGIDITY, LOADS, DEFLECTION, INDEX OF WATER NOT COUNTED.

CONTENT:

The objective of this writing is to present a document that gathers the information of the three topics proposed by the Company EXTRUCOL CORP. to the author.

The first one consists on the detection of advantages and disadvantages of fifteen different pipes used in the construction of Sewer systems in the country, the used methodology was the elaboration of charts where you orders for topics the different characteristics of interest, summarized of the different commercial catalogs and you paginate Web.

In second place it is the realization of a study of rigidities in four types of flexible pipes, using the rehearsal methods proposed by the norms NTC 3254 (Determination of external loading characteristics of plastics pipe by parallel plate loading) and NTC 4215 (Thermoplastics Pipes. Determination of ring Stiffness), for the gathering of data they were carried out the two rehearsals in the laboratory of the company EXTRUCOL CORP.

For finish one carries out to study of factors that intervene in the increase of the index of water not counted in aqueducts, making emphasis in those where it influences the pipe directly, some processes plows also shown that have suffered companies sellers of the service of drinking water in the reduction of the not counted water (you Work and achievements) and for finish the structure it exposed it would tariff current and the previously noted influence of the lost ones in the same one. For this different bibliographical sources were studied and you paginate Web, it is necessary to stand out that this I modulate it was revised by the Engineer Enrique Forero, person that manages the topic.

* Inform of Managerial Practice.

** Physical-mechanical Sciences Faculty, Civil engineering School. Eng. Mario García Solano.

INTRODUCCIÓN

Esta práctica nace de la necesidad de la empresa Colombiana de Extrusión S.A. de llevar a cabo una serie de estudios para ubicar un marco de referencia en cuanto a tubería de alcantarillado se refiere y al mismo tiempo ver que posibilidad existe de participar en ese mercado.

Por otro lado también se espera constatar la eficiencia y ventajas de trabajar con los productos de polietileno ofrecidos por esta empresa para acueducto y alcantarillado, verificando el comportamiento de estos en proyectos ya desarrollados.

El primer estudio que se pretende realizar tiene que ver con la comparación de diferentes propiedades Físico - Mecánicas y de instalación (Dimensión del diámetro interno, Rigidez, Características hidráulicas, Comportamiento ante cargas, Instalación, Sistemas de unión) en tuberías para alcantarillado de diferentes materiales y empresas, ofrecidas en nuestro país. Con esto se busca reconocer las fortalezas y debilidades de los diferentes tipos de tubería estudiados, con el fin de producir un informe para el área técnica, el cual también servirá como soporte al área de mercadeo, en la planeación de estrategias para entrar en este mercado.

(Este estudio se realizará en base a la información recopilada en los diferentes catálogos y normas, para buscar una objetividad en los resultados).

En segunda instancia se encuentra la aplicación de los métodos de ensayo NTC 3254 equivalente al ASTM 2412 y NTC 4215 equivalente al ISO 9969-94, en el laboratorio de la empresa EXTRUCOL S.A., a diferentes muestras de tubería usada en el país para la evacuación de residuos líquidos por gravedad, en esta

prueba se evaluará la rigidez a tuberías flexibles con el propósito de comparar los resultados del producto ofrecido por EXTRUCOL S.A. y las otras muestras estudiadas, es decir el nivel de competitividad en cuanto a esta propiedad.

(El desarrollo de la información sobre la cual se soportará lo anterior será netamente experimental, con la precaución de entrenar al estudiante con ejercicios de repetibilidad para obtener información confiable)

Por ultimo se encuentra el estudio de los factores que intervienen por pérdidas en redes de acueductos específicamente lo relacionado con el Índice de agua no contabilizada, centrandó el interés en las ventajas que trae el uso de tubería de polietileno, experiencias de algunas empresas prestadoras del servicio de agua potable en el país y la influencia de estas pérdidas en la tarifa. Lo anterior se realizará con el fin de conocer las ventajas del producto ofrecido por EXTRUCOL S.A. respecto a este índice, pretendiendo buscar un estímulo en dichas empresas para que tengan en cuenta que instalar su producto es una buena opción, ya que en últimas el dinero ahorrado con la reducción de estas pérdidas podrá usarse en la ampliación de redes.

1. COLOMBIANA DE EXTRUSION – EXTRUCOL S.A.

Figura 1: Logotipo Extrucol S.A.



1.1 GENERALIDADES

La creación de Colombiana de Extrusión S.A. obedeció a la necesidad de desarrollar en Colombia una industria con el propósito de fabricar las tuberías y accesorios para la conducción de gas natural, obedeciendo al interés del gobierno nacional de promover el uso intensivo de este combustible para servicio domiciliario e industrial.

Extrucol fue constituida legalmente en diciembre de 1987 y comenzó su operación en el mes de mayo de 1988, dándose inicio entonces al gran reto que para todos y cada uno de sus funcionarios significaba el ser los pioneros de una empresa con un futuro que debería ser exitoso desde el punto de vista tanto técnico como económico, con la pretensión de satisfacer las expectativas de sus accionistas, trabajadores y de la comunidad en general, como cliente potencial de los productos fabricados por la empresa.

Consciente la administración de Extrucol de la responsabilidad que conlleva el suministrar un producto cuyo destino final es la conducción de un combustible con las características del gas natural, desde su inicio orientó sus esfuerzos a despertar en cada uno de los trabajadores de la industria, un compromiso de trabajo honesto y de buena calidad, que mereciera la confianza y satisfacción de

las empresas distribuidoras de gas como clientes intermedios y del ciudadano colombiano como usuario final.

Con un trabajo de investigación orientado a recopilar en principio las normas y lineamientos existentes a nivel nacional e internacional sobre tubería y accesorios de polietileno para conducción de gas natural, complementado con la participación activa del equipo técnico de la empresa en los comités del ICONTEC y la participación permanente y objetiva de nuestros clientes, Extrucol comienza a preparar la estructura, los procesos y recursos que conforman el sistema de calidad propio de la organización.

Hoy día con un sistema de calidad implementado y con el continuo desarrollo tecnológico de procesos de fabricación, Extrucol se considera preparado para aceptar los retos de una apertura económica y mereció la confianza del Instituto Colombiano de Normas Técnicas quien otorgó la certificación del sistema de calidad de la empresa, de conformidad con la norma NTC-ISO 9002/94 el 18 de mayo de 1994.

Así como también cuenta con la acreditación del laboratorio de ensayos para plásticos por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio, otorgada en el año 1997 y sellos de calidad ICONTEC para las tuberías de Gas con la NTC 1746 y de Agua con las NTC 4585 y 3694.

Hoy Extrucol cuenta con 52 empleados, un área construida de 4800 m² y con 3 Extrusoras para la fabricación de tubería y una Inyectora para la fabricación de accesorios más los equipos auxiliares necesarios para la producción eficaz de los productos que son:

PRODUCTOS EN SERIE PULGADAS, (IPS y CTS) Y METRICA:

Tubería de polietileno para gas y agua desde ½ Pulgadas hasta 12 Pulgadas y sus correspondientes en sistema Internacional 16 mm hasta 315 mm.

Las tuberías para comunicaciones (Protección de fibra óptica) se producen hasta 40 mm.

ACCESORIOS

Accesorios inyectados desde ½ Pulgada hasta 4 Pulgadas, y termoensamblados hasta 6 Pulgadas y correspondientes en sistema internacional 16 mm hasta 160 mm para Gas y Agua.

Desde luego lo anterior y la satisfacción que brinda el haber logrado un alto grado de confianza de las empresas clientes, comprometen a Extrucol en continuar con un estilo de trabajo en el que la calidad de procesos, productos y servicio es lo primero.

1.2 MISIÓN

“LA FABRICACION Y COMERCIALIZACION DE PRODUCTOS PLASTICOS Y COMPLEMENTARIOS OFRECIENDO SOLUCIONES ALTERNATIVAS PARA EL SECTOR INDUSTRIAL Y DE INFRAESTRUCTURA”

1.3 VISION

“PARA EL AÑO 2004 EXTRUCOL S.A. SERA RECONOCIDA EN COLOMBIA COMO EL MEJOR PROVEEDOR EN EL MERCADO DE PRODUCTOS PLASTICOS Y COMPLEMENTARIOS EN EL SECTOR DE INFRAESTRUCTURA E INDUSTRIAL, Y MODELO DE INNOVACION EN EL OFRECIMIENTO DE PRODUCTOS NUEVOS Y ALTERNATIVOS”

MODULO A

**COMPARACION DE LAS PROPIEDADES
FISICO- MECANICAS Y DE
INSTALACION, DE ALGUNAS TUBERIAS
EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCION
DE ALCANTARILLADOS EN EL PAIS.**

A.1 OBJETIVOS

A.1.1 Objetivo general. Buscar debilidades y fortalezas en cuanto a propiedades físico-mecánicas y de instalación, de los diferentes tipos de tuberías usadas en el país, en la construcción de alcantarillados, con el fin de crear un informe para el área técnica, el cual servirá como soporte en la planeación de estrategias para entrar en este mercado; teniendo en cuenta los siguientes ítems:

Dimensiones.

Rigidez.

Características hidráulicas.

Comportamiento ante cargas.

Instalación.

Sistemas de unión.

A.1.2 Objetivos específicos.

- Conseguir y estudiar catálogos de empresas fabricantes de este tipo de tubería y la normalización existente (NTC Y ASTM).
- Indagar opiniones a los usuarios de las diferentes clases de tubería acerca de su experiencia con el producto usado.
- Organizar la información mediante tablas realizadas en Microsoft Excel.
- Realizar los respectivos análisis.
- Crear informe con el resultado de los estudios.

A.2 INTRODUCCION

Cada día es más fácil encontrarnos con sitios donde existe una tubería, quizás para el suministro de agua potable, drenaje sanitario, agrícola, para cableado telefónico, para gas, oleoductos, túneles subterráneos, líneas de calefacción, etc.

En el sentido más amplio, una tubería es un conducto, por lo general de sección circular, que sirve para transportar una cantidad de masa: agua, gas, electrones, fotones, trenes, autos, etc.

Con las ciencias de la ingeniería actuales es posible diseñar conducciones en tuberías casi con el mismo grado de precisión con que se diseñan otras estructuras tales como puentes o edificios. El grado de predicción acerca del comportamiento hidráulico o mecánico de una tubería, es hoy día muy alto gracias a métodos de diseño disponibles y a la experiencia acumulada por profesionales que han dedicado mucho esfuerzo a esta materia. El trabajo de laboratorio ha sido y es continuo.

Este modulo pretende mostrar una serie de cuadros comparativos con sus respectivos análisis acerca de las ventajas y desventajas que presentan algunas tuberías usadas actualmente para la construcción de alcantarillados en el país, considerando diferentes aspectos como lo son: diámetros internos, peso por unidad de longitud, rigidez, parámetros hidráulicos, anchos de zanja, aspectos relevantes en la instalación, uniones usadas, características estructurales y normativa adoptada.

A.3 PRELIMINARES

A.3.1 Planteamientos generales. Para la elección de una tubería se pueden diferenciar los conductos que existen actualmente en el mercado para su utilización en saneamiento de agua para poblaciones, en dos grupos:

CONDUCCIONES FLEXIBLES

PVC (Cloruro de Polivinilo)

HDPE (Polietileno de Alta densidad)

GRP (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio)

Hierro Dúctil

CONDUCCIONES RIGIDAS

Asbesto-Cemento

Concreto

Gres

Para la escogencia de tubería de un sistema de saneamiento de aguas residuales de una población, existen una serie de planteamientos que se pueden englobar en tres grandes grupos:

Sociales

Técnicos

Económicos

En primer lugar y con características de atención preferente, aparecen las necesidades de los usuarios o demandas a resolver a nivel social, que se pueden resumir en cinco apartados:

1. Mayor rapidez de ejecución.
2. Mínimas molestias para el ciudadano, locales públicos, empresas, etc.
3. Solución de los problemas en el tiempo; Durabilidad.
4. Seguridad en la instalación y en su vida útil.
5. Garantía Sanitaria.

A continuación se plantean las características demandadas a la tubería desde un punto de vista técnico, supeditadas con las demandas sociales, que son las siguientes:

Resistencia mecánica (Durabilidad y seguridad).

Capacidad hidráulica (Seguridad y costos óptimos).

Estanqueidad en el sistema.

Rendimientos de montaje (Rapidez de ejecución, mínimas molestias al ciudadano, seguridad y costo óptimo).

Durabilidad, fruto de su resistencia mecánica, capacidad hidráulica, resistencia a la abrasión, control de calidad, junta elástica y resistencia ante agentes químicos, entre otras.

Funcionalidad.

A.3.2 Criterio para definir si una tubería es flexible o rígida. Los tubos rígidos se definen como aquellos que no aceptan deflexión sin que se presente una falla estructural. Tubos flexibles son definidos como aquellos que se deflectan por lo menos un 3% del diámetro interno, sin que se presente falla estructural. Tubos de concreto, gres y asbesto-cemento son ejemplo de tubos rígidos. Tubos de hierro dúctil, acero, aluminio y plásticos como el PVC, polietileno son considerados flexibles.

Dentro de los tubos flexibles los de metal y PVC se consideran elásticos, mientras que los de polietileno se consideran visco elásticos o visco plásticos.

Los diferentes tipos de tubería pueden tener diferentes límites de desempeño de acuerdo al tipo, material y diseño de la pared. La resistencia a los esfuerzos en la pared debido a cargas externas es crítico para la tubería rígida, mientras que para la tubería flexible, la rigidez es importante para resistir la deflexión y el posible pandeo.

A.4 MATERIALES DE TUBERIAS

La industria de la construcción está introduciendo continuamente nuevos materiales tendentes al abaratamiento y seguridad de las redes de distribución de aguas servidas.

No obstante cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes frente a los otros, correspondiendo al proyectista la decisión del material a utilizar, decisión que, en la práctica, depende fundamentalmente de los productos disponibles en la región y la tecnología que las empresas instaladoras puedan, con garantías, poner al servicio del buen resultado final.

Dentro de los materiales más comunes, usados para la construcción de redes de alcantarillado, se encuentran:

Cloruro de Polivinilo (PVC).

Polietileno (HDPE).

Hierro Dúctil.

GRP (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio).

Concreto

Gres

Asbesto-Cemento

A continuación se nombran en forma individual, algunas características de dichos materiales.

A.4.1 Cloruro de polivinilo (pvc). Polímetro compuesto por dos bloques básicos: cloro derivado de la sal y etileno derivado del petróleo crudo.

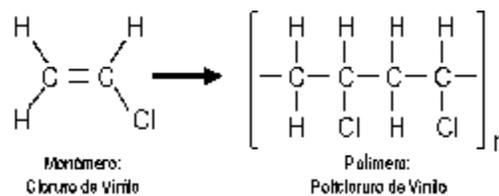
El producto resultante de esta unión es el dicloroetano, el cual se sintetiza a altas temperaturas, obteniendo el gas monómero cloruro de vinilo (VCM).

A través de una reacción química conocida como polimerización, el VCM se convierte en un polvo químicamente estable, llamado PVC.

Al mezclar la resina de PVC con otros productos químicos como lubricantes, entre otros, se obtiene un compuesto con una serie de propiedades físicas, mecánicas y químicas que le permiten ser utilizado para la fabricación de tuberías y accesorios.

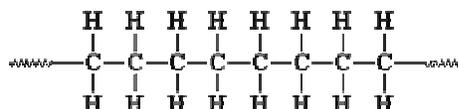
La fabricación de tuberías en PVC se logra mediante el proceso de extrusión y los accesorios se fabrican mediante el proceso de inyección, o moldeados a través de tubos.

Figura 2: Estructura del Cloruro de polivinilo (PVC)



A.4.2 Polietileno (HDPE). El polietileno es un polímero del etileno (C₂H₄). Se trata de una molécula orgánica que reacciona con otras iguales a ella, formando largas cadenas de moléculas de etileno unidas unas a otras. Es incoloro y flexible atacable por el oxígeno en presencia de la luz, por lo que suele comercializarse con adición de negro de carbono. En fontanería y saneamiento se utiliza la variedad denominada de "alta densidad" obtenido por el procedimiento Ziegler (Premio Nóbel).

Figura 3: Estructura del Polietileno de Alta Densidad.



A.4.3 GRP (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio). Las tuberías se fabrican con el proceso de mandril de avance continuo. Este proceso permite la incorporación de refuerzos continuos de fibra de vidrio en el sentido circunferencial del tubo. En tuberías usadas en aplicaciones enterradas o de alta presión, la tensión se concentra en la circunferencia del tubo, por lo que al incorporar refuerzos continuos en dicha dirección se obtiene un producto de muy buen rendimiento. Se usan dos tipos de refuerzo de fibra de vidrio (hilos continuos y discontinuos) para lograr una mayor resistencia tangencial y axial. También se utiliza arena, situándola en el núcleo, cerca del eje neutro, para robustecer el laminado y aumentar la rigidez del tubo. Finalmente, el sistema de doble alimentación de resinas permite al equipo aplicar resinas especiales en el revestimiento interior del tubo para aplicaciones altamente corrosivas, al mismo tiempo en la parte exterior y estructural del laminado.

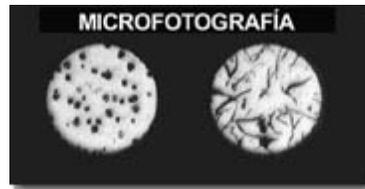
Figura 4: Descripción por capas del GRP.



A.4.4 Hierro dúctil. El hierro dúctil se produce al darle tratamiento al hierro fundido con base de azufre bajo y agregándole magnesio bajo condiciones estrechamente controladas. El cambio sorprendente en el metal está caracterizado por el grafito libre que se deposita en forma de esferas o nódulos en lugar de que se deposite en forma de escamas como sucede con el hierro gris. Con el grafito libre en forma nodular, la continuidad de la matriz de metal está a un máximo, lo cual explica la formación de un material dúctil

que supera, por márgenes muy amplios, al hierro gris, en cuanto a su ductilidad y resistencia a la tensión y al impacto.

Fotografía 1: Distribución del Grafito En el hierro Dúctil, a la izquierda: Microfotografía mostrando la forma del grafito en el hierro dúctil, a la derecha: Microfotografía mostrando la forma del grafito en el hierro gris.



A.4.5 Concreto. La experiencia en su utilización es muy amplia ya que el uso del Concreto (Material compuesto de cemento, agregados pétreos, agua, aditivos y si es reforzado varillas de acero) como material de construcción es muy antiguo.

No hay que pensar que el Concreto ha tenido siempre la misma constitución dado que los conglomerantes utilizados y los métodos de ejecución han sido perfeccionados a lo largo del tiempo. Esto conlleva la mejora de sus indiscutibles ventajas y la solución a sus limitaciones, como el empleo de barras de acero para paliar su reducida resistencia a tracción, apareciendo el Concreto armado. Los resultados obtenidos hasta hoy son ampliamente satisfactorios gracias sobre todo a su simplicidad y solidez.

Otra virtud, que se valora cada vez más, es su reducido impacto medioambiental. La evolución de este material en los últimos años ha sido espectacular, consiguiéndose un producto de alta calidad que se adapta perfectamente a las necesidades requeridas.

Fotografía 2: Sistema de Alcantarillado con tubería en Concreto



A.4.6 Gres. Pasta cerámica figulítica seleccionada y mejorada con adición de cuarzos y feldspatos para su cocción hasta la vitrificación. Se recubren interior y exteriormente de un vidriado, obtenido de barro ferruginoso y manganésico, de color oscuro y brillante.

A pesar de ser impermeable, inatacable e inalterable ha entrado en desuso por su fragilidad y el gran número de juntas necesarias, dada la corta longitud de los tubos.

No obstante se impone su empleo en la evacuación de aguas residuales corrosivas (tintorerías, laboratorios, etc.) así como en colectores-sustituyendo a los hormigones y amianto cementos - en terrenos ácidos o selenitosos.

Fotografía 3: Tubos de Gres



A.4.7 Asbesto-cemento. Cemento Portland con adición de Asbesto durante el proceso de su elaboración.

Asbesto: nombre común de varios minerales, que se presentan en formas de agregados fibrosos, flexibles y suaves. Existen dos clases de Asbesto: Crisólito, de color blanco y Crocidólito, de color azul, de menor resistencia al fuego y a la tracción que el anterior.

Fotografía 4: Unión tipo manguito de Asbesto-Cemento



A.5 EVOLUCION TUBERIAS PLASTICAS

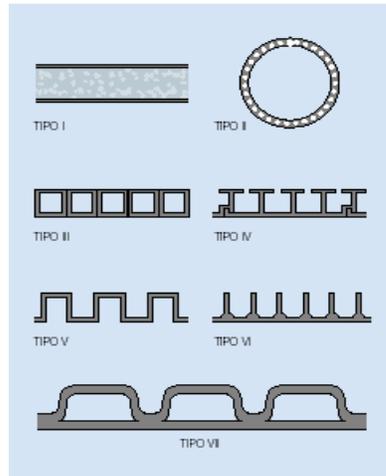
Conforme ha ido evolucionando la tecnología de diseño y fabricación de tubería de distintos materiales, las de materiales plásticos convencionales fueron sustituyendo a las anteriormente existentes, hasta llegar a su nivel máximo de aplicación económica.

A partir de ahí, han ido apareciendo las nuevas tecnologías de tuberías plásticas estructuradas, que consiguen diseños optimizados en cuanto a aprovechamiento de los materiales en relación las prestaciones requeridas. Estas tuberías no solo han permitido sobrepasar eficientemente los diámetros máximos alcanzados por las tuberías plásticas convencionales, sino que han procedido a sustituir también a las de diámetros interiores.

La evolución de la tecnología de fabricación de productos plásticos ha permitido a las empresas más importantes de tuberías, mediante la aplicación de la investigación y el desarrollo de dichas nuevas tecnologías, diseñar nuevos perfiles que solucionan las limitaciones que venían presentando las tuberías de pared sólida, para su aplicación en saneamiento de agua de poblaciones.

La última década del siglo XX se ha caracterizado por la incorporación progresiva al mercado de las Tuberías Plásticas Estructuradas, y a medida que pasan los años se va incrementando la gama de diámetros y aumentando la rigidez circunferencial, cualidad esencial para tuberías de alcantarillado ya que tienen que soportar cargas de tierra y vehiculares altas.

Figura 5: Perfiles de Tuberías Estructuradas



En el mercado ido apareciendo soluciones técnicas estructuradas que se muestran gráficamente en la figura adjunta, y de las que se hace a continuación un breve resumen.

TIPO I: sándwich, Espumada o Tricapa, es ventajoso cuando se necesita un aislamiento acústico o térmico.

TIPO II: alveolada con huecos longitudinales, no mejora las características en el sentido radial, y tiene un corte transversal complicado debido a su estructura alveolar.

TIPO III: helicoidal en celda, tiene problemas de estanqueidad en las juntas y no se adapta fácilmente en la utilización de drenaje.

TIPO IV: helicoidal machihembrada, tiene problemas importantes de rigidez, su junta de estanqueidad es difícil de realizar.

TIPO V: corrugada de simple pared, presenta problemas de rigidez y tiene una rugosidad interna muy alta, con problemas de pérdida de carga importantes y depósitos.

TIPO VI: con costillas radiales, tampoco consigue optimizar sensiblemente la resistencia mecánica y presenta problemas de manejo.

TIPO VII: interior liso y exterior corrugado, su composición de masas y centros de gravedad permite tener un momento de inercia adecuado que logra la más elevada rigidez circunferencial de las tuberías estructuradas que existen en el mercado.

A.6 CARACTERISTICAS IMPORTANTES EN TUBERIAS

A continuación se presentan algunos aspectos de vital importancia, en la selección de la tubería, en forma individual.

A.6.1 Dimensiones. En este aspecto existen tres características importantes a observar como son la variedad de diámetros ofrecida, la dimensión del diámetro interno con relación al nominal y por ultimo la longitud del tubo.

A.6.1.1 Variedad de diámetros. La comodidad para el constructor de encontrar lo necesario en una misma firma, hace que este se incline hacia esa opción, y además que esto significara ahorro para el proyecto debido a los precios de rebaja por compras grandes.

A.6.1.2 Dimensión del diámetro interno con relación al nominal. Por ser el diámetro interno la dimensión real con la que se elaboran los respectivos cálculos para el diseño, es importante que el diámetro interno sea mayor o por lo menos igual al diámetro nominal ofrecido en catálogos. En otras palabras, que en el proceso de fabricación sea controlado por diámetro interno y no por el externo.

A.6.1.3 Longitud del tubo. Esta dimensión influye directamente en dos aspectos, la primera en el tiempo de ejecución del proyecto, debido a que entre menor sea la longitud del tubo se deben realizar mayor numero de uniones y por ende se demorara mas la construcción de la red y viceversa; y la segunda en el comportamiento hidráulico, ya que como se dijo en la parte anterior entre mas corto sea el tubo, mayor numero de uniones, lo cual genera mayor discontinuidad en las paredes internas de la tubería y por ende aumentaría el factor de fricción o coeficiente de manning a nivel global del proyecto.

A.6.2 Peso por unidad de longitud. te repercute básicamente en los costos del proyecto, ampliando el ítem de instalación en el presupuesto, ya que para la instalación de la tubería pesada se hace necesario el uso de maquinaria para su ubicación en zanja, mientras que la tubería liviana se puede manejar fácilmente en obra, por cuadrillas pequeñas y hace innecesario el uso de equipo pesado en su manejo, colocación e instalación.

Aparte de añadir costos al presupuesto por maquinaria las tuberías pesadas, también extiende el diagrama de Gantt, lo cual se traduce en más costos por el tiempo de ejecución de la obra.

A.6.3 Rigidez. En este aspecto se debe tener en cuenta la diferencia gigante que existe entre una tubería rígida y una flexible (Ver A.1.2).

En tuberías flexibles el valor de rigidez resulta del valor de la fuerza aplicada por unidad de longitud, para producir un cierto porcentaje de deformación (Por lo general al 5% del diámetro interno).

Para tuberías rígidas se creo el ensayo de carga de rotura con el fin de conocer la mayor fuerza que soporta el tubo antes de la falla.

La rigidez es una característica que se debe tener en cuenta, debido a las altas cargas de tierra (Cargas muertas) y vehiculares (Cargas vivas) que debe soportar la tubería, ya que por lo general estas instalaciones van a profundidades mayores a un metro y se encuentran debajo de las vías.

A.6.4 Propiedades hidráulicas. Es uno de los aspectos más importantes, debido a que precisamente el objetivo de la tubería en un proyecto de alcantarillado, es conducir las aguas servidas, y es de vital importancia conocer el comportamiento del flujo dentro

de dichas conducciones, para evitar condiciones adversas en el funcionamiento. Existen muchos factores dentro de este ítem como coeficientes de rugosidad diferentes (Empleados en los cálculos para el diseño, por ejemplo: n de manning, C de Hazen-Williams, entre otros), valores máximos y mínimos de velocidades permisibles para el flujo, con el fin de evitar efectos muy abrasivos en las paredes internas del tubo o de causar sedimentación de material transportado, respectivamente.

Como es bien sabido, el coeficiente “ n ” de manning depende del material del tubo, aunque influyen otros factores como: discontinuidad producidas por las juntas, acumulación de deitritos y sedimentos en el fondo de las alcantarillas, recubrimiento de grasas y otras sustancias en las paredes de la tubería, penetración de raíces, disturbios en el flujo principal, causado por los caudales laterales provenientes de las conexiones domiciliarias, recubrimiento de suciedades y fango que afecta después de cierto tiempo, la superficie mojada de prácticamente la totalidad de alcantarillas, entre otros.

Para soportar lo anterior, la Sociedad de Ingenieros Civiles de Estados Unidos en el manual No. 60 dice: <<Generalmente el n de manning para un alcantarillado dado, después de cierto tiempo de servicio se aproxima a una constante que no es función del material del tubo, pero que representa la acumulación de deitritos y crecimiento de suciedades en las paredes del tubo. Este coeficiente será del orden de 0.013>>

A.6.5 Ancho de zanja. Este depende del tamaño de los tubos, profundidad de zanja, taludes de las paredes laterales, naturaleza del terreno y necesidad o no de entibación. Cabe resaltar que la zanja debe ser lo suficientemente ancha para colocar y compactar el relleno alrededor del tubo.

Se debe tener en cuenta que la carga de tierras que recibe la tubería es función del ancho de la zanja, por ello el ancho no debe ser superior en el momento de construcción al estipulado por el diseñador del proyecto, debido a que la carga puede llegar a ser excesiva y originar daños a la misma.

El proyectista considera un determinado valor de ancho en base al cual calcula la carga del relleno de tierras, luego determina la resistencia nominal de los tubos que debe soportar esta y otras condiciones.

A.6.6 Instalación en zanja. De la correcta instalación de la tubería, depende el desempeño satisfactorio y óptimo funcionamiento del proyecto. A continuación se nombrarán algunos aspectos a tener en cuenta.

A.6.6.1 Cimentación. La cimentación para tubería rígida o flexible, debe hacerse en caso de encontrar un suelo poco competente, para esta se debe usar material granular.

A.6.6.2 Soporte de la tubería. El tipo y material de cama que soporta la tubería es muy importante para una buena instalación, la cual se puede lograr fácil y rápidamente, dando como resultado un alcantarillado sin problemas.

A.6.6.3 Relleno y apisonamiento. El relleno debe efectuarse lo más rápidamente posible después de la instalación de la tubería. Esto protege a la tubería contra rocas que caigan en la zanja, elimina posibilidad de desplazamientos o de flote en caso de inundación, también elimina la erosión en el soporte de la tubería y paredes de zanja.

A.6.6.4 Relleno inicial y compactación. Es necesario compactar el relleno inicial por debajo y alrededor de la tubería. Esto se puede hacer con un pisón

de mano o un pisón vibrador dependiendo del tipo de suelo a compactar. Con el pisón de mano se puede obtener resultados satisfactorios en suelos húmedos, gredosos y arenas. En suelos más cohesivos son necesarios los pisones mecánicos.

El atraque y el relleno inicial es de las secciones mas importantes en la instalación de tubos flexibles, ya que es allí donde se desarrolla el efecto de arco de esfuerzos generado por la reacción de la transmisión de carga radial de las paredes del tubo hacia el relleno. Por tal motivo se presenta la gran importancia de la compactación dependiendo del suelo usado, pues de esta depende el correcto funcionamiento del sistema suelo-tubo.

A.6.6.5 Completando el relleno. El material que completa la operación de relleno no necesita ser tan seleccionado como el relleno inicial. Se puede colocar a maquina, pero sin embargo debe tenerse cuidado que no hayan piedras grandes. La zanja debe inspeccionarse antes de echar el relleno final para asegurarse que no haya material que pueda intervenir en la correcta instalación.

A.6.6.6 Relleno final. El material que por lo general se usa es el mismo que se evacuo de la zanja y requiere de buena compactación.

NOTA: el grado de compactación depende directamente del tipo de suelo usado, llegando a valores de hasta el 95% del ensayo proctor estándar.

A.6.7 Uniones. El sistema de unión es de vital importancia, ya que es este quien le da continuidad al sistema y también da las condiciones de estanqueidad, es decir que de ella dependen las infiltraciones y exfiltraciones, la exfiltración genera problemas debido a la naturaleza del agua transportada por los ductos sanitarios, pues esta genera contaminación en acuíferos

cercanos, y por otro lado la infiltración genera problemas de funcionamiento hidráulico ya que entraría en juego un caudal que muchas veces sobrepasa al estimado por el diseñador.

A.6.8 Comportamiento estructural de las tuberías enterradas. Es bueno conocer como es el comportamiento de los tubos después de enterrados, pues es bajo tierra donde realmente se prueba la eficiencia respecto a la rigidez del tubo.

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

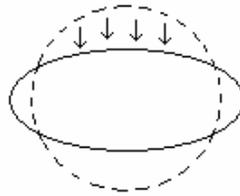
El comportamiento de la tubería bajo dichas cargas será diferente dependiendo de si es rígida o flexible. En el caso de las tuberías rígidas, las cargas aplicadas son absorbidas directamente por el tubo mientras que en las tuberías flexibles parte de la carga es absorbida por el tubo al tiempo que este se deforma transmitiendo así la carga restante al terreno que se encuentra a su alrededor.

Como en todo diseño por parte estructural existen para las tuberías unos *límites de comportamiento*, los cuales se establecen para evitar la inversión de la curvatura, limitar el esfuerzo flexionante y la deformación, y evitar el aplanamiento del tubo. A continuación se nombraran de manera breve dichos límites para las tuberías flexibles.

A.6.8.1 Primer Limite: La Deflexión. Una deflexión excesiva puede reducir la capacidad de flujo del tubo y provocar fugas en las juntas. Esta depende de tres factores básicamente; Cargas sobre la tubería (Debidas al relleno y

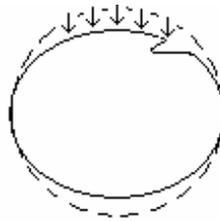
cargas superpuestas), Rigidez del suelo alrededor del tubo y Rigidez de la tubería.

Figura 6: Deflexión del anillo en un tubo flexible



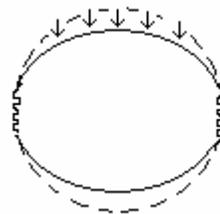
A.6.8.2 Segundo Limite: Abollamiento O Pandeo (Buckling). En los tubos deformables, cuando están sometidos a una determinada carga crítica, puede producirse un aplastamiento o abolladura de su generatriz superior.

Figura 7: Pandeo local de las paredes



A.6.8.3 Tercer limite: Rotura de la pared (Wall Crushing). Bajo este concepto se describe la condición en la cual el esfuerzo en el material de la pared del tubo pasa su límite de proporcionalidad hasta llegar a la fluencia, provocando la falla.

Figura 8: Aplastamiento de la pared



A.7 PRESENTACION DE LAS TUBERIAS ESTUDIADAS

Figura 9: Logotipo Gerfor



GERFOR

Tubería estructural de pared interna lisa y de pared externa corrugada formada por anillos, fabricada en cloruro de polivinilo (PVC).

Figura 10: Logotipo Ralco



W-TYTON

Tubería de pared sólida, fabricada en cloruro de polivinilo (PVC).

DURAFORT

Tubería estructural de pared interna lisa y de pared externa corrugada formada por anillos, fabricada en cloruro de polivinilo (PVC).

Figura 11: Logotipo Pavco



NOVAFORT

Tubería estructural de pared interna lisa y de pared externa corrugada formada por anillos, fabricada en cloruro de polivinilo (PVC).

NOVALOC

Tubería de pared estructurada, construida a partir de un perfil plástico de PVC fabricado por extrusión y que luego es acoplado helicoidalmente mediante un sistema de enganche mecánico para darle su forma circular, fabricada en cloruro de polivinilo (PVC).

W-RETEN

Tubería de pared sólida, fabricada en cloruro de polivinilo (PVC).

Figura 12: Logotipo Tubotec S.A.



RIB LOC

Basado en la extrusión de un perfil machihembrado longitudinal; las bandas de perfil son introducidas en equipos donde se conforma el tubo mediante un desarrollo helicoidal, cuyos traslapes son mecánicamente asegurados por medio del machimbres, fabricada en cloruro de polivinilo (PVC).

Figura 13: Logotipo ADS



ADS N-12

Tubería estructural de pared interna lisa y de pared externa corrugada formada por anillos, fabricada en polietileno de alta densidad (HDPE).

Figura 14: Logotipo Titan



TITAN

Tubería de pared sólida, fabricada en concreto simple.

AMERICAN PIPE AND CONSTRUCTION INTERNATIONAL

AMERICAN PIPE AND CONSTRUCTION INTERNATIONAL

Tubería de pared sólida, fabricada en concreto reforzado con acero.

Figura 15: Logotipo American Ductile Iron Pipe



FASTITE

Tubería de pared sólida, fabricada en hierro dúctil.

Figura 16: Logotipo Pamcol



PAMCOL

Tubería de pared sólida, fabricada en hierro dúctil con recubrimiento interno de mortero.

Figura 17: Logotipo Flowtite



FLOWTITE

Tubería de pared sólida, fabricada con fibra de vidrio, poliéster, arena.

Figura 18: Logotipo Moore



MOORE

Tubería de pared sólida, fabricada en gres.

Figura 9: Logotipo Eternit



ETERNIT

Tubería de pared sólida, fabricada en asbesto-cemento.

A.8 PRESENTACION DE DATOS

Para mostrar de manera clara y ordenada los datos recopilados, se realizaron una serie de tablas por tema.

Las tablas mostradas a continuación son el resultado de consultas a los catálogos, paginas Web y publicidad de las firmas nombradas con anterioridad en el ítem A.5.1.

A.8.1 CUADROS

DIMENSIONES (Diámetro y Longitud)

PESO POR UNIDAD DE LONGITUD

RIGIDEZ

PROPIEDADES HIDRAULICAS

ANCHO DE ZANJA

INSTALACION EN ZANJA

CONVENCIONES SUELOS

UNIONES

PROPIEDADES ESTRUCTURALES

Cuadro 1. Dimensiones (Diámetro Y Longitud)

DIAMETRO NOMINAL		DIAMETRO REAL INTERNO (mm)														
		GERFOR		RALCO		PVC			PE	CONCRETO		HIERRO DUCTIL		GRP	GRES	ASB.- CEM.
(mm)	(pulgadas)	CORR.	W- TYTON	DURAFORT	NOVAFORT	NOVALOC	W- RETEN	RIBLOC	ADS	TITAN	AMC. PIPE	AMC. PIPE	PAMCOL	FLOWTITE	MOORE	ETERNIT
LONGITUD COMERCIAL (m)		6,00	6,00	6,00	6,00	6,50	6,00	6,00	5,70	1,25 a 2,50	6,00	2,5	6,00 a 8,27	6,00 a 12,00	1,00 a 1,80	4,00
90	3							75,0								
110	4	99,0	103,9	99,3	99,0		103,9	100,0	104,0			100,0		100,0		118,0
160	6	145,0	155,5	145,4	145,0		155,5	150,0	152,0	150,0		150,0	164,0	150,0		178,0
200	8	182,0	208,2	182,0	182,0		208,2	200,0	200,0	200,0		200,0	216,0	200,0		231,0
250	10	227,0	260,2	226,6	227,0		260,2	250,0	251,0	250,0		250,0	268,0	250,0		288,0
300	12		309,8	284,1	284,0		309,8	300,0	308,0	300,0		300,0	320,0	300,0		345,0
350	14							350,0		350,0		350,0	372,0	350,0		393,0
375	15								380,0							390,0
400	16			362,0	362,0			400,0		400,0		400,0	422,7	400,0	441,0	416,0
450	18			407,0	407,0			450,0	459,0	450,0		450,0	473,3	450,0	498,0	468,0
500	20			452,0	452,0			500,0		500,0		500,0	525,0	500,0		520,0
525	21														604,0	547,0
550	22							550,0								
600	24					596,1		600,0	612,0	600,0	610,0	600,0	627,3	600,0	665,0	625,0
650	26							650,0								
675	27					671,0				700,0	686,0				748,0	
700	28							700,0				700,0	729,6	700,0		728,0
750	30					747,0		750,0	762,0	800,0	762,0				828,0	
800	32							800,0				800,0	832,9	800,0		
825	33					823,1					838,0					
850	34							850,0								
900	36					899,0		900,0	914,0	900,0	914,0	900,0	935,2	900,0	995,0	
950	38							950,0								
975	39					975,0										
1000	40							1000,0		1000,0	1000,0	1000,0	1037,5	1000,0		
1050	42					1050,9		1050,0	1050,0							
1100	44							1100,0			1100,0		1139,8	1100,0		
1200	48							1200,0	1209,0		1200,0	1200,0	1243,1	1200,0		
1250	50							1250,0								
1300	52							1300,0			1300,0			1300,0		
1350	54							1350,0								
1400	56							1400,0			1400,0	1400,0	1448,7	1400,0		
1450	58							1450,0								
1500	60							1500,0	1512,0		1500,0	1500,0	1551,0	1500,0		
1550	62							1550,0								
1600	64							1600,0			1600,0	1600,0	1653,3	1600,0		
1650	66							1650,0								
1700	68							1700,0			1700,0			1700,0		
1750	70							1750,0								
1800	72							1800,0			1800,0		1858,9	1800,0		
1850	74							1850,0								
1900	76							1900,0						1900,0		
1950	78							1950,0								
2000	80							2000,0			2000,0		2064,5	2000,0		
2150	86										2150,0					
2200	88													2200,0		
2300	92										2290,0					
2400	96													2400,0		
2450	98										2440					
2600	104													2600,0		
2800	112													2800,0		
3000	120													3000,0		

Cuadro 2. Peso por unidad de longitud

DIAMETRO NOMINAL		PESO TUBERIA (Kg/m)																
		PVC																
		GERFOR			RALCO			PAVCO			TUBOTEC		PE	CONCRETO		HIERRO DUCTIL		GRP
(mm)	(pulgadas)	CORR.	W- TYTON	DURAFORT	NOVAFORT	NOVALOC	W- RETEN	RIBLOC	ADS	TITAN	AMC. PIPE	REFORZADO	FASTITE	PAMCOL	FLOWTITE	MOORE	ETERNIT	
110	4	0.95	1.50	0.96	0.96		1.50		0.68				15.90		2.50	12.00		
160	6	1.70	2.85	1.84	1.84		2.85	1.29	1.29	35.20			23.90	27.08	4.90	26.00	10.88	
200	8	2.45	5.12	2.66	2.66		5.12	1.68	2.33	62.40			32.00	35.85	7.20	45.33	15.94	
250	10	3.65	7.99	3.87	3.87		7.99	2.10	3.49	78.40			42.30	44.68	10.80	62.67	20.87	
300	12		11.33	5.69	5.69		11.33	4.13	4.83	97.60			53.30	53.58	8.0 A 13.0	78.67	29.60	
350	14							4.82		115.20			66.10	66.28	11.0 A 18.0	92.00	41.14	
375	15								7.00								48.29	
400	16			8.82	8.82			5.51		149.60			80.50	78.07	15.0 A 23.0	116.00	54.56	
450	18				11.82			6.20	9.73	200.80			95.70	92.32	19.0 A 29.0	160.00	68.21	
500	20				14.27			6.89		260.00			109.30	106.32	23.0 A 36.0		83.41	
525	21															213.33	95.75	
550	22							7.80										
600	24					15.63		8.51	16.66	392.00	504.00		144.50	137.80	31.0 A 48.0	273.33	120.74	
650	26							9.22										
675	27					21.05				536.00	600.00					323.33		
700	28							9.93					185.90	179.00	42.0 A 66.0		159.41	
750	30					23.31		16.61	24.31	672.50	696.00					373.33		
800	32							17.71					227.00	218.90	55.0 A 85.0			
825	33					30.40					792.00							
850	34							18.82										
900	36					50.78		19.93	31.97	846.50	936.00		275.60	261.40	69 A 107	466.67		
950	38							21.03										
975	39					54.79												
1000	40							34.17		1056.00	920.00		324.90	308.40	85.0 A 132.0			
1050	42					58.85			39.96									
1100	44							37.59			1040.00			353.70	103.0			
1200	48							41.01	47.25		1160.00		444.30	406.00	122.0 A 190.0			
1300	52							44.42			1360.00				143.0			
1400	56							47.84			1600.00		577.50	557.90	166.0 A 258.0			
1500	60							51.26	73.26		1840.00		662.00	628.30	189.0			
1600	64										2080.00		733.10	698.60	215.0 A 336.0			
1700	68										2360.00				245.0			
1800	72										2640.00			848.10	272.0 A 424.0			
1900	76														304.0			
2000	80										3280.00			1015.40	335.0 A 460.0			
2150	86										3640.00							
2200	88														406.0			
2300	92										4320.00							
2400	96														481.0 A 493.0			
2450	98										4800.00							
2600	104														569.0			

Cuadro 3. Rigidez.

DIAMETRO NOMINAL		FLEXIBLE											RIGIDA				
		RIGIDEZ (psi)											CARGA DE ROTURA (kNm)				
		PVC											CONCRETO				
(mm)	(pulgadas)	GERFOR		RALCO		PAVCO		TUBOTEC		PE	HIERRO DUCTIL		GRP	TITAN	AMC_PIPE	GRES	ASB.-CEM.
		CORR.	W-TYTON	DURAFORT	NOVAFORT	NOVALOC	W-RETEN	RIBLOC	ADS	AMC_PIPE	FASTITE	PAMCOL	FLOWTITE	SIMPLE	REFORZADO	MOORE	ETERNIT
NORMA			ASTM 2412		NTC 4215	ASTM 2412	ASTM 2412	ASTM 2412	N-12			**ISO 10639.2	NTC 401				
90	3							90.7									
110	4		46.0	57.0	57.0		46.0	39.2	50.0			C					
160	6		28.0	57.0	57.0		28.0	11.9	50.0			C	22.0				17.7
200	8		28.0	57.0	57.0		28.0	11.5	50.0			C	22.0				17.7
250	10		28.0	57.0	57.0		28.0	5.9	50.0			C	23.5				14.7
300	12		28.0	57.0	57.0		28.0	23.7	50.0			A, B, C	26.5				17.7
350	14							15.1				A, B, C	28.0				20.6
375	15								42.0								22.1
400	16			57.0	57.0			10.1				A, B, C	30.0				23.5
450	18				57.0			7.2	40.0			A, B, C	32.0				26.5
500	20				57.0			5.3				A, B, C	33.0				29.4
525	21																30.9
550	22							4.0									
600	24						10.0	13.8	34.0			A, B, C	38.0				35.3
650	26							11.0									
675	27						13.0						41.0				
700	28							8.8				A, B, C					41.2
750	30						9.0	7.2	28.0				43.0				
800	32							5.9				A, B, C					
825	33						9.0										
850	34							5.0									
900	36						6.0	4.3	22.0			A, B, C	48.0				
950	38							3.5									
975	39						6.0										
1000	40							3.1				A, B, C	49.0				
1050	42						5.0	7.6	20.0								
1100	44							6.7				A, B, C					
1200	48							5.2	18.0			A, B, C					
1250	50							4.6									
1300	52							4.1				A, B, C					
1350	54							3.6									
1400	56							3.3				A, B, C					
1450	58							2.9									
1500	60							2.7	14.0			A, B, C					
1550	62							5.9									
1600	64							5.4				A, B, C					
1650	66							4.9									
1700	68							4.6				A, B, C					
1750	70							4.1									
1800	72							3.8				A, B, C					
1850	74							3.5									
1900	76							3.2				A, B, C					
1950	78							2.9									
2000	80							2.8				A, B, C					
2200	88											A, B, C					
2400	96											A, B, C					
2600	104											A, B, C					
2800	112											A, B, C					
3000	120											A, B, C					

NOTAS: * Las tuberías FLOWTITE se fabrican en 3 clases de rigidez:

	STISS (ISO/CEN)	CONVERSION PS (AWWA)
	<i>N/m²</i>	<i>psi</i>
A	2500	19,5
B	5000	38,9
C	10000	77,9

** Para tener uniformidad en los datos se convirtieron los valores de STISS (ISO/CEN) a valores de rigidez PS (AWWA).

Cuadro 4. Propiedades Hidráulicas

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "Manning" (n), COEFICIENTE DE FRICCIÓN "Hazen-Williams" (C)															
COEFICIENTE	PVC							PE	CONCRETO		HIERRO DUCTIL		GRP	GRES	ASB.-CEM.
	GERFOR	RALCO		PAVCO			TUBOTEC	ADS	TITAN	AMC. PIPE	AMC. PIPE	PAMCOL	FLOWTITE	MOORE	ETERNIT
	CORR.	W-TYTON	DURAFORT	NOVAFORT	NOVALOC	W-RETEN	RIBLOC	N-12	SIMPLE	REFORZADO	FASTITE				
n	0,009	0,009	0,009	0,009	0,010	0,009	0,009	0,010 - 0,013	0,009-0,010	0,012-0,015	0,013-0,021	0,013-0,021	0,009	0,013	0,010
C	150	150	150	150	150	150	140	150	145	145	140	140	150	150	140 a 155
VELOCIDAD MAXIMA (m/s)	9,00				5,00		10,00	5,00**	5,00	5,00	5,00	5,00	3,00	6,00	5,00
VELOCIDAD MINIMA (m/s)	S	0,45			0,40		0,45	0,91**			0,30	0,30	0,45	0,45	0,30
	T. LL.	0,60												0,60	
	P						0,75							0,75	

* S: SANITARIO

* T. LL.: TUBO LLENO

* P: PLUVIAL

** ADS propone estos valores máximos y mínimos de velocidad de flujo debido a que en EEUU lugar donde se fabrican los tubos, la normativa así lo exige. Cabe resaltar que no es ningún impedimento por parte de ADS aumentar o disminuir estas velocidades a velocidades permitidas por otras normas de otros países.

Cuadro 5. Ancho de Zanja

DIAMETRO NOMINAL		ANCHO DE ZANJA (mm)															
		PVC						PE	CONCRETO		HIERRO DUCTIL		GRP	GRES	ASB.-CEM.		
(mm)	(pulgadas)	GERFOR	W-TYTON	RALCO	NOVAFORT	NOVALOC	W-RETEN	TUBOTEC	ADS	TITAN	AMC. PIPE	AMC. PIPE	FASTITE	PAMCOL	FLOWTITE	MOORE	ETERNIT
90	3							375.0	N-12	SIMPLE							
110	4	450 A 700			450 A 700		450 A 700	400.0	530.0						400.0		
160	6	450 A 750			450 A 750		450 A 750	450.0	580.0						400.0		500.0
200	8	500 A 800			500 A 800		500 A 800	500.0	630.0						400.0		550.0
250	10	550 A 850			550 A 850		550 A 850	550.0	710.0						450.0		600.0
300	12				600 A 900		600 A 900	600.0	790.0						530.0		650.0
350	14							750.0							610.0		750.0
375	15								860.0								800.0
400	16				700 A 1000			800.0							700.0		800.0
450	18				750 A 1050			850.0	990.0						790.0		850.0
500	20				800 A 1100			1100.0							880.0		1000.0
525	21																1000.0
550	22							1150.0									
600	24					920 A 1050		1200.0	1220.0		1200.0				1050.0		1100.0
650	26							1250.0									
675	27					1050 A 1150					1286.0						
700	28							1300.0							1230.0		1200.0
750	30					1100 A 1200		1350.0	1680.0		1372.0						
800	32							1400.0							1400.0		
825	33					1150 A 1250					1458.0						
850	34							1450.0									
900	36					1250 A 1350		1500.0	1980.0		1754.0				1580.0		
950	38							1650.0									
975	39					1350 A 1450											
1000	40							1700.0			1820.0				1750.0		
1050	42					1400 A 1500		1750.0	2110.0								
1100	44							1800.0			1930.0				1930.0		
1200	48							1900.0	2260.0		2040.0				2100.0		
1250	50							1950.0									
1300	52							2000.0			2160.0				2280.0		
1350	54							2050.0									
1400	56							2100.0			2280.0				2450.0		
1450	58							2150.0									
1500	60							2200.0	2690.0		2400.0				2630.0		
1550	62							2430.0									
1600	64							2500.0			2520.0				2800.0		
1650	66							2580.0									
1700	68							2660.0			2640.0				2980.0		
1750	70							2740.0									
1800	72							2810.0			2760.0				3150.0		
1850	74							2890.0									
1900	76							2980.0							3330.0		
1950	78							3050.0									
2000	80							3130.0			3000.0				3500.0		
2150	86										3170.0						
2200	88														3850.0		
2300	92										3322.0						
2400	96														4200.0		
2450	98										3500						
2600	104														4550.0		
2800	112														4900.0		
3000	120														5250.0		

Cuadro 6: Instalación en zanja

		FLEXIBLE												RIGIDA						GRES	ASB.-CEM.														
		PVC						PE	GRP						CONCRETO																				
		GERFOR			TUBOTEC			ADS*	FLOWTITE						TITAN		AMC. PIPE																		
		CORRUGADO			RIBLOC			N-12							SIMPLE		REFORZADO		MOORE			ETERNIT													
NORMA		NTC 1504						ASTM D 2321						NTC 5012																					
CLASIFICACION		I-A	I-B	II	III	IV-A	I	II	III	IV	A	B	C	D	E	F	PIEDRA TRITURADA																		
TIPO SUELO		X	X	X	X		GRANULAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NO LA NOMBRAN																		
PROFUNDIDAD MINIMA		NECESARIA EN OBRA						20 cm						15 cm						NECESARIA EN OBRA						NECESARIA EN OBRA									
COMPACTACION		METODO		V		I	MINIMO						V		V, I		I	V																	
E. CAPA		15 cm						APISONAMIENTO						20 cm		12,5 a 23 cm		7,5 a 15 cm																	
% PROCTOR		-	85% S			90% S							>= 85% S																						
TIPO SUELO		X	X				GRAVILLA Y TRITURADO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	GRAVILLA, ARENA						ARENA ARCILLOSA (RECEBO)												
PROFUNDIDAD MINIMA		>= 10 cm						>= 10 cm						>= 10 cm						>= 10 cm						5 cm									
COMPACTACION		METODO		V		I	HASTA LOGRAR						V		V, I		I	V																	
E. CAPA		15 cm						BUENA						20 cm		12,5 a 23 cm		7,5 a 15 cm																	
% PROCTOR		-	85% S			90% S	RESISTENCIA						>= 85% S																						
TIPO SUELO		X	X				SW, SP, GW, GP	X	X	X	X	X	X	X	X	X	MATERIAL SELECCIONADO																		
PROFUNDIDAD MINIMA		>= 1/2 * De						>= 1/2 * De						>= 1/2 * De						>= 0,6 * De						De									
COMPACTACION		METODO		V		I	V						V		V, I		I	V, I																	
E. CAPA		15 cm						10 cm						20 cm		12,5 a 23 cm		7,5 a 15 cm						10 a 15 cm											
% PROCTOR		-	85% S			90% S	95% M						85% (90%*) S						90% S						95% S										
TIPO SUELO		X	X				SW, SP, GW, GP, COHEV.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	MATERIAL SELECCIONADO																		
PROFUNDIDAD MIN. (CLAVE)		15 cm						15 a 30 cm						15 a 30 cm						15 a 30 cm						DESDE LA CLAVE 30 cm									
COMPACTACION		METODO		V		I	V, I						V		V, I		I	V, I																	
E. CAPA		15 cm						15 a 25 cm						20 cm		12,5 a 23 cm		7,5 a 15 cm						10 a 15 cm											
% PROCTOR		-	85% S			90% S	90% M						85% (90%*) S						90% S						95% S										
TIPO SUELO		X	X	X	X		EL DE LA ZANJA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	EL DE LA ZANJA						NO ESPECIFICADO												
PROFUNDIDAD MIN. (CLAVE)		MINIMA		0,9 m		0,9 m 0,6 m*						1,0 m																							
MAXIMA		9,0 m						2,0 a 8,0 m						30 m*						3,0 a 23,0 m (*)															
COMPACTACION		METODO		SEGÚN		V, I						V		V, I		I	V, A						V, I, A												
E. CAPA		RECOMENDACIONES DE OBRA						25 a 30 cm						RECOMENDACIONES DE OBRA						20 cm		12,5 a 23 cm		7,5 a 15 cm						>= 85% S					
% PROCTOR		90% M																																	
ENCAMADO	RELLENO LATERAL	CIMENTACION (DEPENDE)	TIPO SUELO	X	X	X	X										PIEDRA TRITURADA																		
			PROFUNDIDAD MINIMA	NECESARIA EN OBRA						20 cm						15 cm						NECESARIA EN OBRA						NECESARIA EN OBRA							
			COMPACTACION	METODO		V		I	MINIMO						V		V, I		I	V															
		E. CAPA	15 cm						APISONAMIENTO						20 cm		12,5 a 23 cm		7,5 a 15 cm																
		% PROCTOR	-	85% S			90% S							>= 85% S																					
		TIPO SUELO	X	X				GRAVILLA Y TRITURADO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	GRAVILLA, ARENA						ARENA ARCILLOSA (RECEBO)											
	PROFUNDIDAD MINIMA	>= 10 cm						>= 10 cm						>= 10 cm						>= 10 cm						5 cm									
	COMPACTACION	METODO		V		I	HASTA LOGRAR						V		V, I		I	V																	
	E. CAPA	15 cm						BUENA						20 cm		12,5 a 23 cm		7,5 a 15 cm																	
	% PROCTOR	-	85% S			90% S	RESISTENCIA						>= 85% S																						
	TIPO SUELO	X	X				SW, SP, GW, GP	X	X	X	X	X	X	X	X	X	MATERIAL SELECCIONADO																		
	PROFUNDIDAD MINIMA	>= 1/2 * De						>= 1/2 * De						>= 1/2 * De						>= 0,6 * De						De									
COMPACTACION	METODO		V		I	V						V		V, I		I	V, I																		
E. CAPA	15 cm						10 cm						20 cm		12,5 a 23 cm		7,5 a 15 cm						10 a 15 cm												
% PROCTOR	-	85% S			90% S	95% M						85% (90%*) S						90% S						95% S											
TIPO SUELO	X	X				SW, SP, GW, GP, COHEV.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	MATERIAL SELECCIONADO																			
PROFUNDIDAD MIN. (CLAVE)	15 cm						15 a 30 cm						15 a 30 cm						15 a 30 cm						DESDE LA CLAVE 30 cm										
COMPACTACION	METODO		V		I	V, I						V		V, I		I	V, I																		
E. CAPA	15 cm						15 a 25 cm						20 cm		12,5 a 23 cm		7,5 a 15 cm						10 a 15 cm												
% PROCTOR	-	85% S			90% S	90% M						85% (90%*) S						90% S						95% S											
TIPO SUELO	X	X	X	X		EL DE LA ZANJA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	EL DE LA ZANJA						NO ESPECIFICADO													
PROFUNDIDAD MIN. (CLAVE)	MINIMA		0,9 m		0,9 m 0,6 m*						1,0 m																								
MAXIMA	9,0 m						2,0 a 8,0 m						30 m*						3,0 a 23,0 m (*)																
COMPACTACION	METODO		SEGÚN		V, I						V		V, I		I	V, A						V, I, A													
E. CAPA	RECOMENDACIONES DE OBRA						25 a 30 cm						RECOMENDACIONES DE OBRA						20 cm		12,5 a 23 cm		7,5 a 15 cm						>= 85% S						
% PROCTOR	90% M																																		

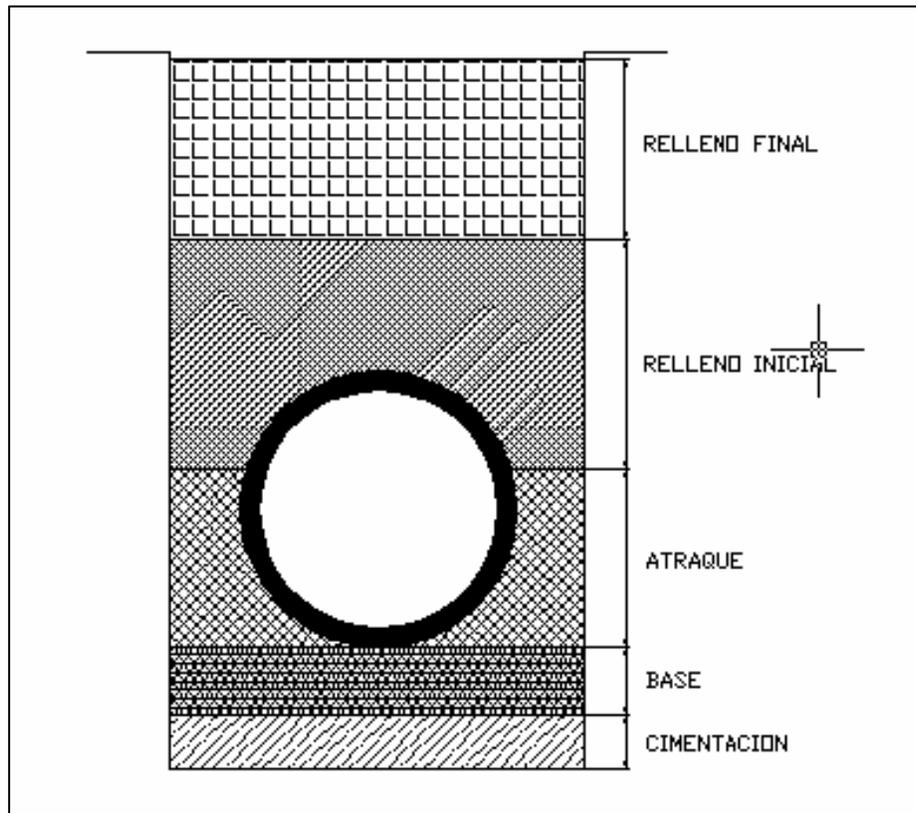
V :	VIBRATORIO
I :	IMPACTO
A :	AMASADO

NOTA: EN TODA INSTALACION SE DEBE REALIZAR LA SOBREECAVACION PARA LAS CAMPANAS EXCEPTO CON TUBOS ADS.

INICIAR RELLENO DE LA ZANJA MANUALMENTE APISONANDO CADA 30 cm HASTA COMPLETAR 90 cm. SOBRE LA TUBERIA, DE ESA MANERA PUEDE TERMINARSE EL RELLENO MECANICAMENTE.

GRAFICO GUIA PARA LA TABLA ANTERIOR

Figura 20: Zonas importantes en instalación en zanja



Cuadro 7: Convenciones Suelos

GENERAL		CONVERSIONES	
TIPO DE SUELO (SIMBOLO)	NOMBRES TIPICOS	I	Material granular de 1/4" a 1 1/2" de diámetro (triturado)
GW	Gravas bien gradadas y mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	I - A	Piedra angular triturada o rocas, grava molida coral quebrado, escoria aplastada, cenizas o caparazones, con contenido de finos menor del 5%.
GP	Gravas mal gradadas y mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	I - B	Piedra angular triturada y mezclas de piedra-arena con gradaciones escogidas para minimizar la migración de suelos adyacentes, con contenido de finos menor del 5%.
GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.	II	GW, GP, SW, SP, GW-GP, SP-SM.
GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.	III	GM, GC, SM, SC.
SW	Arenas bien gradadas, arenas con gravas con poco o nada de finos.	IV	ML, CL, MH, CH.
SP	Arenas mal gradadas, arenas con gravas con poco o nada de finos.	IV-A	ML, CL.
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	IV-B	MH, CH.
SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	A	Roca triturada y grava, < 12% finos.
ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, limos arcillosos o arenosos ligeramente plásticos.	B	Grava con arena, arena, <12% finos.
CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	C	Gava limosa y arena, 12-35% finos, LL<40%.
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	D	Arena limosa, arcillosa, 35-50% finos, LL<40%.
MH	Limos inorgánicos, limos micáceos y diatomáceos, limos elásticos.	E	Limo arenoso, arcilloso, 50-70% finos, LL<40%.
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.	F	Suelo de grano fino de baja plasticidad, LL<40%.
OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad.		
PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos.		

Cuadro 8. Uniones

TIPOS DE UNIONES	MATERIAL	EMPRESA	REFERENCIA	UNION	
	PVC	GERFOR		CORRUG.	MECANICA: CAMPANA, ESPIGO, . SELLO ELASTOMERICO Y LUBRICANTE
		RALCO		W-TYTON	MECANICA: CAMPANA, ESPIGO, ANILLO DE CAUCHO, LUBRICANTE.
				DURAFORT	MECANICA: CAMPANA, ESPIGO, HIDROSELLOS, LUBRICANTE.
		PAVCO		NOVAFORT	MECANICA: CAMPANA, ESPIGO, HIDROSELLO DE CAUCHO, LUBRICANTE.
				NOVALOC	MECANICA: PERFIL DE PVC EXTRUIDO, EL CUAL UNE DOS EXTREMOS DE LA TUBERIA, HIDROSELLOS (INSTALADADOS DE FABRICA) "T. MANGUITO"
				W-RETEN	MECANICA: CAMPANA, ESPIGO, AROSELLO, LUBRICANTE.
			TUBOTEC	RIB LOC	CEMENTADA DE FUSION QUIMICA: CAMPANA, ESPIGO-LENGÜETA, LIMPIADOR, SOLDADURA DE SECADO LENTO RIBLOC.
	POLIETILENO	ADS	N-12	HERMETICAS A: 1.SUELO(Coples articulados, Cinta de nylon) 2.FANGO(C-E, Empaque elastomerico,<2psi>) 3.AGUA(C-E, C-C, Empaque elastomerico, <10.8psi>).	
	CONCRETO	TITAN		SIMPLE	MECANICA: CAMPANA ABAJO, ANILLOS DE CAUCHO (*RODANTE <150-1200mm> no lubricar Y *ARPON <1300-2450mm> lubricar).
AM.PIPE			REFORZADO	MECANICA: C - E, EMPAQUE DE CAUCHO, LUBRICANTE (jabón vegetal), MORTERO FUNDIDO EN EL SITIO.	
HIERRO DUCTIL	AM.PIPE		FASTITE	MECANICA: CAMPANA, ESPIGO, ANILLO DE GOMA DEL TIPO DE COMPRESION.	
			PAMCOL	MECANICA: CAMPANA, ANILLOS DE CAUCHO SINTETICO EPDM (Etileno-Propileno). BRIDAS	
GRP			FLOWTITE	MECANICA: UNIONES FLOWTITE DE GRP CON DOBLE EMPAQUE DE CAUCHO ELASTOMERICO REKA."TIPO MANGUITO"	
GRES VITRIFICADO			MOORE	CAMPANA, ESPIGO, ANILLOS DE: 1.YUTE ALQUITRANADO Y MORTERO. 2.POLIPROPILENO EMBEBIDO EN MORTERO. 3. DOS ANILLOS DE POLIURETANO. , Y LUBRICANTE.	
ASBESTO CEMENTO			ETERNIT	MECANICA: UNION DE GRES, ANILLOS DE CAUCHO, LUBRICANTE, "TIPO MANGUITO".	

Cuadro 9. Propiedades Estructurales

DESCRIPCION		FLEXIBLE											RIGIDA				
		PVC								PE	HIERRO DUCTIL		GRP	CONCRETO		GRES	ASB.- CEM.
		GERFOR	RALCO		PAVCO			TUBOTEC	ADS	AMC. PIPE			TITAN	AMC. PIPE			
		CORR.	W- TYTON	DURAFORT	NOVAFORT	NOVALOC*	W-RETEN	RIBLOC*	N-12	FASTITE			PAMCOL	FLOWTITE			SIMPLE
DESCRIPCION	SUPERFICIE INTERNA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	
	SUPERFICIE EXTERNA	CORRUGADA	LISA	CORRUGADA	CORRUGADA	LISA	LISA	CORRUGADA	CORRUGADA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	LISA	
CLASIFICACION	FLEXIBLE																
	ELASTICO	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X					
	VISCOELASTICO								X								
	RIGIDA												X	X	X	X	
CARGAS	TUBO + SUELO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
ABSORBIDAS	TUBO												X	X	X	X	
LIMITES DE DESEMPEÑO	DEFEXION	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	PANDEO DE LAS PAREDES (BUCKLING)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	ROTURA DE PARED (WALL CRUSHING)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	CORTE EN LAS PAREDES												X	X	X	X	
DEFLEXION	CUERPO	X	X	X	X	X	X	X	X								
ANGULAR	UNION									X	X	X	X	X	X	X	
VIDA UTIL EN AÑOS		> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	75	40	40	50	100	50	50	ILIMITADA

A.9 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

A.9.1 Observaciones.

RESPECTO A LAS DIMENSIONES

◆ GERFOR

- Poca variedad de diámetros (min: 4" y max: 10").
- Diámetros internos están por debajo del nominal.
- Longitud: normal.

◆ W-TYTON

- Poca variedad de diámetros (min: 4" y max: 12").
- Algunos diámetros internos están por debajo del nominal, aunque los diámetros más grandes están por encima.
- Longitud: normal.

◆ DURAFORT

- Regular variedad en diámetros (min: 4" y max: 20").
- Diámetros internos están por debajo del nominal.
- Longitud: normal.

◆ NOVAFORT

- Regular variedad en diámetros (min: 4" y max: 20").
- Diámetros internos están por debajo del nominal.
- Longitud: normal.

◆ NOVALOC

- Regular variedad en diámetros (min: 24" y max: 42").
- La mayoría de diámetros internos están por debajo del nominal, los otros coinciden exactamente y uno solo está por encima del nominal.
- Longitud: normal.

◆ **W-RETEN**

- Poca variedad de diámetros (min: 4" y max: 12").
- Algunos diámetros internos están por debajo del nominal, aunque los diámetros más grandes están por encima.
- Longitud: normal.

◆ **RIB LOC**

- Excelente variedad de diámetros (min: 3" y max: 80").
- Los diámetros internos coinciden exactamente con los nominales.
- Longitud: normal.

◆ **ADS**

- Buena variedad de diámetros, aunque presenta debilidad en diámetros intermedios, (min: 4" y max: 60").
- Los diámetros internos están por encima o coinciden exactamente con los nominales, con la única excepción de los dos más pequeños los cuales están por debajo.
- Longitud: normal.

◆ **TITAN**

- Buena variedad de diámetros. (min: 6" y max: 40").
- Los diámetros internos son exactamente iguales a los nominales.
- Longitud: deficiente.

◆ **AMERICAN PIPE AND CONSTRUCTION INTERNATIONAL**

- Buena variedad en diámetros grandes, pero insuficiente en cuanto a pequeños, (min: 26" y max: 98").
- Los diámetros internos coinciden con los nominales, y en el caso de los externos los excede.
- Longitud: deficiente.

◆ **AMERICAN PIPE (ACIPCO) 'FASTITE'**

- Buena variedad de diámetros. (min: 4" y max: 64").
- Los diámetros internos coinciden con los nominales, aunque los dos más pequeños están por debajo.
- Longitud: normal.

◆ **PAMCOL**

- Buena variedad de diámetros. (min: 6" y max: 80").
- Todos los diámetros internos están por encima de los nominales.
- Longitud: normal.

◆ **FLOWTITE**

- Excelente variedad de diámetros (min: 4" y max: 120").
- Los diámetros internos coinciden exactamente con los nominales.
- Longitud: excelente.

◆ **MOORE**

- Regular variedad de diámetros (min: 4" y max: 36").
- Todos los diámetros internos están por encima de los nominales,
- Longitud: deficiente.

◆ **ETERNIT**

- Regular variedad de diámetros (min: 6" y max: 28").
- La mayoría de los diámetros internos están por encima de los nominales a excepción del más pequeño.
- Longitud: regular.

RESPECTO AL PESO POR UNIDAD DE LONGITUD

A continuación se presenta la lista de tuberías estudiadas en forma ascendente según su peso por unidad de longitud

- Tubotec
- ADS
- Gerfor
- Durafort, Novafort, Novaloc (Pared Corrugada)
- W-Tyton, W-Reten (Pared Sólida)
- Flowtite
- Eternit
- Pamcol
- American Pipe (Acipco) 'Fastite'
- Moore
- Titan
- American Pipe and Construcción International.

Existe una diferencia considerable entre las tuberías plásticas de pared corrugada y pared sólida de casi un 100%, siendo más livianas las corrugadas.

RESPECTO A LA RIGIDEZ

La información expuesta en los catálogos de Gerfor, American Pipe Fastite, Pamcol, American Pipe and construcción International y Moore respecto a rigidez es nula.

◆ TUBOTEC

Presenta una disminución de rigidez por conjunto de diámetros, lo cual hace pensar que se usa un mismo perfil para la fabricación de ciertos grupos de diámetros.

Se puede apreciar que esta empresa se limita a la extrusión de cinco perfiles con los cuales se realiza la gran variedad de diámetros ofrecidos, esto genera

desventajas, debido a que existen muchos diámetros con baja rigidez respecto a la máxima rigidez del grupo elaborado con el mismo perfil.

◆ **FLOWTITE**

Presenta al diseñador la posibilidad de escoger este parámetro entre tres que ya están estandarizadas, según las necesidades del proyecto.

Cuenta con uno de los valores más altos de rigidez ofrecidos en el mercado, en cualquiera de sus diámetros disponibles.

◆ **ADS**

Dentro de las tuberías plásticas presenta la mayor rigidez en cuanto a diámetros grandes se refiere (desde 650 mm), esto se logra gracias a su estructura de pared corrugada.

◆ **NOVALOC**

Presenta baja rigidez en todos los diámetros ofrecidos, con relación a las otras tuberías estudiadas.

◆ **NOVAFORT Y DURAFORT**

Poseen muy buen desempeño en el valor de rigidez, debido a su estructura de pared externa corrugada.

EN GENERAL

La tubería de pared estructurada, tiene la facultad de aumentar la rigidez anular sin aumento en el peso por unidad de longitud. Esto hace que la tubería perfilada sea más liviana que la de pared sólida.

Las tuberías de pared acoplada helicoidalmente con perfil extruido, tienen muy bajos valores de rigidez.

En la prueba de los tres apoyos o de apoyo plano, la tubería rígida soporta mucho más carga que la flexible antes de la falla. Esto tiende a confundir, pues se pone en un mismo plano la capacidad de carga entre placas planas con la resistencia suelo-tubo flexible. A los tubos flexibles se les somete a la “prueba de rigidez anular”. La rigidez del tubo flexible es tan solo una contribución a la rigidez del sistema suelo-tubo.

En la tubería flexible la rigidez es inversamente proporcional al diámetro, es decir que a mayores diámetros la rigidez es menor.

En la tubería rígida la carga de rotura es directamente proporcional al diámetro, es decir que a mayores diámetros la carga de rotura es mayor.

RESPECTO A LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS

La formula recomendada en los catálogos para diseño hidráulico por todas las empresas estudiadas es la de MANNING, lo cual hace que el valor de la constante “n” tome importancia en la selección del tubo, ya que para valores bajos de este coeficiente la velocidad aumentaría, lo cual es ventajoso debido a que se puede diseñar con pendientes más suaves y esto se refleja en un menor movimiento de tierras en el momento de la excavación.

Con base en lo estudiado en el manual numero 60 de la sociedad de ingenieros civiles de estados unidos, se comenta que los catálogos de Gerfor, Ralco, Pavco, Tubotec, Flowtite, Titan, Eternit no están actualizados, pues no están aconsejando bien a los diseñadores, pues solo enfocan el valor obtenido en el laboratorio a un solo tubo bajo condiciones ideales y no tienen en cuenta la globalidad del proyecto y todos los factores que intervienen.

Dentro de las tuberías plásticas la única que presenta valores conservadores de “n” es ADS.

Tuberías rígidas como las fabricadas por American Pipe and Construcción International, American Pipe (Acipco), Pamcol y Moore proponen valores mucho más altos para el coeficiente de manning, esto debe ser por que le fue preponderante para ellos la naturaleza del material, es decir rugosidad de las paredes.

En cuanto a la formula de Hazen-Williams, esta es usada para calcular las pérdidas de carga por fricción, de aquí la importancia de que el coeficiente “C” sea alto, ya que eso significa que la tubería es menos rugosa y por tanto se presentaran menos pérdidas de este tipo. Respecto a este parámetro todas las tuberías estudiadas están básicamente en el mismo nivel de competencia, presentando valores similares.

En general las velocidades dependen directamente del tipo de material, pero casi todas presentan valores similares, debido a que se deben ajustar al cumplimiento de normas de diversos países.

Productores de tubería como Ralco, Pavco, American Pipe (Acipco), Pamcol, Eternit no prestan importancia a exponer en sus catálogos los diferentes valores de velocidades máximas y mínimas recomendadas para su producto, lo cual hace que estén en desventaja pues este es uno de los datos que normalmente

le interesan mas a los diseñadores, según información referenciada por un empleado de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá.

De las observaciones realizadas a la tabla correspondiente se deduce que la tubería flexible es mucho más resistente a la acción abrasiva que le genera las aguas servidas, que las rígidas, ya que permite mayores velocidades en el flujo transportado.

RESPECTO A LOS ANCHOS DE ZANJA

La información expuesta en los catálogos de Ralco, Titan, American Pipe Fastite, Pamcol y Moore respecto a anchos de zanja es nula.

◆ **GERFOR, NOVAFORT, NOVALOC Y W-RETEN**

Son las únicas que le presentan al cliente un intervalo donde muestran el ancho mínimo y máximo.

Sus dimensiones coinciden, presentando, como valor mínimo de instalación 450 mm, también tienen los valores más bajos de todas las estudiadas.

◆ **TUBOTEC**

Presenta solo los valores mínimos al cliente, no dejan claro el límite máximo.

Los valores sugeridos para diámetros desde 600 mm en adelante están por encima de los máximos presentados por el grupo anterior.

◆ **ADS**

Presenta solo los valores mínimos al cliente, no deja claro el límite máximo.

Los anchos de zanja mínimos sugeridos, son los mayores de todas las tuberías estudiadas, la explicación es que esos son los valores cuando se usan suelos clase III y IV, si se usara material granular o arena se puede disminuir el ancho.

◆ **AMERICAN PIPE AND CONSTRUCTION INTERNATIONAL**

Presenta solo los valores mínimos al cliente, no dejan claro el límite máximo.

Los valores presentados son muy aleatorios, pues en algunos diámetros están por debajo y en otros por encima del grupo estudiado.

◆ **FLOWTITE**

Presenta solo los valores mínimos al cliente, no dejan claro el límite máximo.

Los valores presentados son muy aleatorios, pues en algunos diámetros están por debajo y en otros por encima del grupo estudiado.

El ancho mínimo sugerido es 400 mm para tubos menores o iguales a 200 mm de diámetro nominal.

◆ **ETERNIT**

Presenta solo los valores mínimos al cliente, no dejan claro el límite máximo.

El valor de anchos mínimos se encuentra dentro del rango propuesto por los demás fabricantes estudiados.

EN GENERAL

La importancia de sugerir el ancho de zanja máximo radica en que de acuerdo a este la tubería podría encontrarse en condiciones de zanja o terraplén, siendo el primer caso la forma optima de instalación.

No es recomendado construir anchos de zanja superiores al de transición, ya que la cimentación trabajaría en condición de terraplén, y se aumentaría en forma considerable la carga transmitida, requiriendo usar tubería de mayor resistencia al aplastamiento, o cimentaciones especiales que encarecen las obras de alcantarillados.

RESPECTO A LA INSTALACION EN ZANJA

La información expuesta en los catálogos de Ralco, American Pipe Fastite y Pamcol respecto a instalación es nula.

De una buena práctica constructiva depende el éxito del proyecto como tal.

La construcción de la base para tuberías también es necesario hacerla con material granular, debido a que esta en caso donde no exista cimentación, es la que va a soportar la tubería y mayor importancia presenta aun en la instalación de tubería rígida, pues es ahí y en las paredes del tubo donde se van a concentrar las cargas.

Todos los tipos de tubería recomiendan una altura mínima de 10 cm. para la cama, excepto Eternit la cual propone 5 cm.

Es de gran importancia que el acostillado llegue por lo menos a la mitad de la tubería, ya que como se dijo antes en esta zona se generan unos esfuerzos

altos, también se debe garantizar que en el espacio debajo del tubo quede correctamente relleno y debidamente compactado manualmente.

El relleno inicial influye directamente en la estabilidad de la tubería debido a que en esta zona se encuentra la otra mitad del arco de esfuerzos nombrado con anterioridad, respecto a su altura el común es 15 cm. por encima de la clave.

Para el relleno final se recomienda que el suelo puede ser el mismo de la excavación, debido a que básicamente este no tiene que brindar resistencia a las paredes de la tubería, pero eso si debe estar muy bien compactado ya que puede generar daños en la estructura que se encuentre en la superficie

Respecto a las profundidades mínimas y máximas recomendadas, es claro que ADS presenta la menor de todas de las que se cuenta información con 0.6 m, y la máxima American Pipe (Acipco) "Fastite" con 40 m, lo cual le proporciona una ventaja grande.

EN GENERAL

En cuanto a instalación se trata es muy difícil hacer comparativos, pues esto depende más del tipo del suelo nativo de la zanja, de los resultados de ensayos de laboratorio y del criterio del ingeniero interventor para llevar a cabo su obra, aunque se debe dar el respeto debido a las normas de instalación y por supuesto se debe partir del principio de transmisión de carga según sea flexible o rígida, ya que en últimas este aspecto es quien prima en la escogencia del tipo de instalación.

RESPECTO A LAS UNIONES

Dando un vistazo general todas las tuberías analizadas con excepción de Tubotec usan un sello de goma el cual le proporciona un estado de hermeticidad al sistema en la junta.

Tubotec presenta un tipo de unión la cual depende del correcto corte de un perfil extruido y al mismo tiempo de un aditivo llamado soldadura de secado lento, el cual se encarga del pegue y garantizar la condición de hermeticidad en la junta. Lo anterior presenta una desventaja fuerte ya que interviene en alta proporción el factor “error humano”.

Las empresas Gerfor, Ralco, Pavco (Novafort y W-Reten), ADS, Titan, American Pipe (Acipco), Pamcol y Moore presentan la unión típica campana-espigo, con sello de caucho y lubricante.

ADS presenta al cliente una gama de tres posibilidades de unión, de acuerdo a la necesidad en el proyecto; dos son campana-espigo y la otra es un cople articulado el hace que el sistema sea hermético al suelo. Los dos de campana-espigo se diferencian en las propiedades del sello elastomérico debido a que uno garantiza hermeticidad ante el agua y el otro ante los fangos.

Las firmas Pavco (Novaloc), Flowtite y Eternit proponen para sus uniones el sistema tipo manguito, el cual consiste en un cople independiente al tubo el cual se instala con dos anillos de caucho (uno en cada extremo del tubo a instalar). La desventaja de este tipo de junta respecto a la campana-espigo, es que se crea mayor discontinuidad por el hecho que genera dos ranuras por unión, lo cual hace que se genere una mayor rugosidad en la zona de la unión y además se aumenta la probabilidad de infiltración o exfiltración debido al aumento de una discontinuidad mas en la unión.

Las uniones presentadas por AMERICAN PIPE AND CONSTRUCTION INTERNATIONAL y MOORE por contener mortero hacen que estas adopten características rígidas, lo cual las pone en desventaja ya que con la ocurrencia de un sismo o por asentamientos diferenciales, el sistema puede fallar en un alto porcentaje de probabilidad por las juntas.

Cabe resaltar que todas las tuberías estudiadas presentan la posibilidad de uniones con otros materiales.

RESPECTO A LAS CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES

Una gran ventaja de las tuberías flexibles de superficie corrugada es la facultad de aumentar la rigidez anular sin gran aumento del peso por unidad de longitud. Esta condición hace que las tuberías corrugadas sean más livianas que las de pared sólida. El principio de funcionamiento de estas es basado en el diseño de una pared que posea un valor determinado en el momento de inercia de sus elementos, tal como se hace al diseñar una viga T, para ganar resistencia con poco aumento de peso.

En tuberías de pared sólida ya sean flexibles o rígidas, su resistencia depende de su relación diámetro espesor.

Los límites de desempeño se presentan como información, ya que estos deben ser conocidos por los diseñadores para realizar sus respectivos cálculos y análisis.

La deflexión de la tubería flexible, primordialmente es controlada por el método de instalación, calidad del relleno, y propiedades del suelo in situ.

Una gran desventaja de las tuberías rígidas es que para lograr un cambio de dirección angular pequeño, se debe hacer desde la unión, generando alta posibilidad de fugas por el corrimiento del empaque elastomérico, mientras en las flexibles el cambio de dirección se puede realizar fácilmente en el cuerpo del tubo sin que intervenga la unión por ningún lado.

EN GENERAL

Un sistema de tubería flexible al ser sometida a cargas, sufre una deformación que provoca el desarrollo de presiones laterales que contribuyen a soportar esas cargas; al mismo tiempo la deformación del tubo lo libera de soportar la mayor porción de la carga vertical, la cual es soportada por el suelo de los lados, a través del llamado efecto de arco.

En un sistema con tubería rígida un alto porcentaje de la carga es resistido por la fortaleza misma de la tubería, puesto que el suelo a los lados del tubo tiende a consolidarse como producto de la carga, la única ayuda proporcionada por el suelo es debida a la fricción presentada entre las paredes de la zanja y el suelo de relleno, la cual es un pequeño porcentaje según los catálogos.

A.9.2 Conclusiones. Después de ordenar todos los datos y realizar las respectivas observaciones, se muestran las ventajas y desventajas por cada tubería a continuación.

◆ **GERFOR**

VENTAJAS

- Longitud de tramos normal (6.0 m).
- Bajo peso por unidad de longitud (Liviana).
- Bajo coeficiente de Manning (0.009).
- Acepta altas velocidades máximas de flujo (9.0 m/s).
- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- Propone un intervalo en anchos de zanja, presentando límite mínimo y máximo.
- Sistema de unión campana-espigo con sello elastomérico y lubricante.
- Superficie externa corrugada e interior lisa.
- La deflexión se puede presentar en el cuerpo de la tubería.

DESVENTAJAS

- Baja gama de diámetros.
- Diámetros internos por debajo del nominal.
- El material usado para el relleno debe ser seleccionado.
- Alta compactación en la instalación.
- Profundidad máxima de instalación baja (9.0 m).
- No presenta valores de rigidez.

◆ **W-TYTON**

VENTAJAS

- Longitud de tramos normal (6.0 m).
- La mayoría de diámetros internos están por encima de los nominales.
- Bajo peso por unidad de longitud (Liviana).

- Bajo coeficiente de Manning (0.009).
- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- Sistema de unión campana-espigo con anillo de caucho y lubricante.
- La deflexión se puede presentar en el cuerpo de la tubería.

DESVENTAJAS

- Baja gama de diámetros.
- Bajos valores de rigidez, respecto a las tuberías de pared corrugada.
- No presenta valores de ancho de zanja recomendado.
- No presenta información respecto a instalación.
- No presenta información respecto a velocidad máxima de flujo.

◆ DURAFORT

VENTAJAS

- Longitud de tramos normal (6.0 m).
- Bajo peso por unidad de longitud (Liviana).
- Altos valores de rigidez.
- Bajo coeficiente de Manning (0.009).
- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- Sistema de unión campana-espigo con hidrosello y lubricante.
- La deflexión se puede presentar en el cuerpo de la tubería.
- Superficie externa corrugada e interior lisa.

DESVENTAJAS

- Baja gama de diámetros.
- Los diámetros internos están por debajo de los nominales.
- No presenta valores de ancho de zanja recomendado.
- No presenta información respecto a instalación.
- No presenta información respecto a velocidad máxima de flujo.

◆ NOVAFORT

VENTAJAS

- Longitud de tramos normal (6.0 m).
- Bajo peso por unidad de longitud (Liviana).
- Altos valores de rigidez.
- Propone un intervalo en anchos de zanja, presentando límite mínimo y máximo.
- Bajo coeficiente de Manning (0.009).
- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- Sistema de unión campana-espigo con hidrosello de caucho y lubricante.
- La deflexión se puede presentar en el cuerpo de la tubería.
- Superficie externa corrugada e interior lisa.

DESVENTAJAS

- Baja gama de diámetros.
- Los diámetros internos están por debajo de los nominales.
- El material usado para el relleno debe ser seleccionado.
- Alta compactación en la instalación.
- No presenta información respecto a velocidad máxima de flujo.
- No presenta información acerca de profundidad máxima de instalación.

◆ NOVALOC

VENTAJAS

- Longitud de tramos normal (6.5 m).
- Bajo peso por unidad de longitud (Liviana).
- Propone un intervalo en anchos de zanja, presentando límite mínimo y máximo.
- Bajo coeficiente de Manning (0.009).
- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- La deflexión se puede presentar en el cuerpo de la tubería.

- Superficie externa corrugada e interior lisa.

DESVENTAJAS

- Baja gama de diámetros.
- La mayoría de diámetros internos están por debajo de los nominales.
- Bajos valores de rigidez.
- El material usado para el relleno debe ser seleccionado.
- Alta compactación en la instalación.
- Se construye a partir de un perfil extruido y posteriormente ensamblado helicoidalmente.
- Unión por medio de perfil, tipo manguito.
- No presenta información respecto a velocidad máxima de flujo.
- No presenta información acerca de profundidad máxima de instalación.

◆ W-RETEN

VENTAJAS

- Longitud de tramos normal (6.0 m).
- La mayoría de diámetros internos están por encima de los nominales.
- Bajo peso por unidad de longitud (Liviana).
- Propone un intervalo en anchos de zanja, presentando límite mínimo y máximo.
- Bajo coeficiente de Manning (0.009).
- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- Sistema de unión campana-espigo con arosello y lubricante.
- La deflexión se puede presentar en el cuerpo de la tubería.

DESVENTAJAS

- Baja gama de diámetros.
- Bajos valores de rigidez, respecto a las tuberías de pared corrugada.
- El material usado para el relleno debe ser seleccionado.
- Alta compactación en la instalación.

- No presenta información respecto a velocidad máxima de flujo.
- No presenta información acerca de profundidad máxima de instalación.

◆ **RIB LOC**

VENTAJAS

- Longitud de tramos normal (6.0 m).
- Excelente gama de diámetros.
- Los diámetros internos coinciden exactamente con los nominales.
- Bajo peso por unidad de longitud (Liviana).
- Bajo coeficiente de Manning (0.009).
- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- Acepta alta velocidad máxima de flujo (10.0 m/s).
- La deflexión se puede presentar en el cuerpo de la tubería.

DESVENTAJAS

- Presenta solo el límite mínimo para anchos de zanja.
- Bajos valores de rigidez debido a que el perfil se cambia por grupo de diámetros.
- Unión por medio de perfil, tipo manguito (Proceso manual).
- El material usado para el relleno debe ser seleccionado.
- Alta compactación en la instalación.
- Profundidad máxima de instalación baja (8.0 m).

◆ **ADS**

VENTAJAS

- Longitud de tramos normal (6.0 m).
- Buena gama de diámetros.
- La mayoría de diámetros internos están por encima de los nominales.
- Bajo peso por unidad de longitud (Liviana).
- Altos valores de rigidez.

- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- La deflexión se puede presentar en el cuerpo de la tubería.
- Profundidad de relleno alta (30.0 m).
- Superficie externa corrugada e interior lisa.
- Presenta una gama de posibilidades para la unión, dependiendo de la necesidad.
- Profundidad de relleno alta (20.0 m).

DESVENTAJAS

- Valores de n de Manning medios (0.010 a 0.013).
- Presenta solo el límite mínimo para anchos de zanja, además estos valores son más altos que los propuestos por las otras tuberías estudiadas.
- Acepta valores bajos de velocidad máxima de flujo (4.57 m/s).
- El material usado para el relleno debe ser seleccionado.
- Alta compactación en la instalación.

◆ AMERICAN PIPE (ACIPCO) 'FASTITE'

VENTAJAS

- Longitud de tramos normal (6.0 m).
- Buena gama de diámetros.
- La mayoría de diámetros internos coinciden con los nominales.
- Altos valores de rigidez.
- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- Profundidad de relleno alta (40.0 m).
- Sistema de unión campana-espigo con anillo de goma y lubricante.

DESVENTAJAS

- Considerable peso por unidad de longitud.
- Valores de n de Manning altos (0.013 a 0.021).
- Acepta valores bajos de velocidad máxima de flujo (5.0 m/s).
- La deflexión se puede presentar en la unión.

- No presenta información respecto a la rigidez.
- No presenta valores de ancho de zanja recomendado.
- No presenta información respecto a instalación.

◆ **PAMCOL**

VENTAJAS

- Longitud de tramos buena (8.27 m).
- Buena gama de diámetros.
- Todos los diámetros internos están por encima de los nominales.
- Altos valores de rigidez.
- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- Sistema de unión campana-espigo con caucho sintético (Etileno-Propileno).

DESVENTAJAS

- Considerable peso por unidad de longitud.
- Valores de n de Manning altos (0.013 a 0.021).
- Acepta valores bajos de velocidad máxima de flujo (5.0 m/s).
- La deflexión se puede presentar en la unión.
- No presenta información respecto a la rigidez.
- No presenta valores de ancho de zanja recomendado.
- No presenta información respecto a instalación.

◆ **FLOWTITE**

VENTAJAS

- Longitud de tramos excelente (12.0 m).
- Buena gama de diámetros.
- La mayoría de diámetros internos coinciden con los nominales.
- Bajo peso por unidad de longitud, en comparación con las tuberías no plásticas.
- Presenta una gama de tres valores de rigidez por cada diámetro ofrecido.

- Altos valores de rigidez.
- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- Profundidad de relleno alta (23.0 m).

DESVENTAJAS

- Acepta valores muy bajos de velocidad máxima de flujo (3.0 m/s).
- La deflexión se puede presentar en la unión.
- Presenta solo el límite mínimo para anchos de zanja.
- El material usado para el relleno debe ser seleccionado.
- Alta compactación en la instalación.
- Sistema de unión tipo manguito con doble empaque de caucho.

◆ TITAN

VENTAJAS

- Buena gama de diámetros.
- La mayoría de diámetros internos coinciden con los nominales.
- Presenta altos valores de carga de rotura.
- Valores de n de Manning bajos (0.009 a 0.010).
- Profundidad de relleno alta (23.0 m).
- Sistema de unión campana-espigo con anillo de caucho.

DESVENTAJAS

- Longitud de tramos muy mala (2.5 m).
- Muy alto peso por unidad de longitud.
- Acepta valores bajos de velocidad máxima de flujo (5.0 m/s).
- La deflexión se puede presentar en la unión.
- El material usado para el relleno debe ser seleccionado.
- No presenta información respecto al coeficiente C de fricción Hazen-Williams.
- No presenta valores de ancho de zanja recomendado.
- No presenta información acerca de profundidad máxima de instalación.

◆ AMERICAN PIPE AND CONSTRUCTION INTERNATIONAL

VENTAJAS

- Buena gama de diámetros.
- Los diámetros internos coinciden o están por encima de los nominales.
- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- Profundidad de relleno alta (23.0 m).
- Sistema de unión campana-espigo con empaques de caucho y mortero fundido in situ.

DESVENTAJAS

- Longitud de tramos muy mala (2.5 m).
- Muy alto peso por unidad de longitud.
- Valores de n de Manning medios (0.012 a 0.015).
- Acepta valores bajos de velocidad máxima de flujo (5.0 m/s).
- Presenta solo el límite mínimo para anchos de zanja.
- La deflexión se puede presentar en la unión.
- El material usado para el relleno debe ser seleccionado.
- No presenta información respecto a la carga de rotura.
- No presenta información acerca de profundidad máxima de instalación.

◆ MOORE

VENTAJAS

- Buena gama de diámetros.
- Los diámetros internos están por encima de los nominales.
- Sistema de unión campana-espigo con gama de tres anillos de acuerdo a la necesidad.

DESVENTAJAS

- Longitud de tramos mala (4.0 m).
- Alto peso por unidad de longitud.

- Valor de n de Manning medio (0.013).
- Acepta valores medios de velocidad máxima de flujo (6.0 m/s).
- La deflexión se puede presentar en la unión.
- Información escasa respecto a instalación.
- No presenta información respecto a la carga de rotura.
- No presenta información acerca de profundidad máxima de instalación.
- No presenta información respecto al coeficiente C de fricción Hazen-Williams.
- No presenta valores de ancho de zanja recomendado.

◆ ETERNIT

VENTAJAS

- Buena gama de diámetros.
- La mayoría de diámetros internos están por encima de los nominales.
- Valore de n de Manning bajo (0.010).
- Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams normal.
- Sistema de unión campana-espigo con anillos de caucho.

DESVENTAJAS

- Longitud de tramos muy mala (1.8 m).
- Alto peso por unidad de longitud.
- Presenta bajos valores de carga de rotura, con relación a titan.
- Valore de n de Manning medio (0.013).
- Acepta valores bajos de velocidad máxima de flujo (5.0 m/s).
- Presenta solo el limite mínimo para anchos de zanja.
- La deflexión se puede presentar en la unión.
- El material usado para el relleno debe ser seleccionado.
- No presenta información acerca de profundidad máxima de instalación.

BIBLIOGRAFIA

GERFOR, Manual técnico de tubería corrugada para alcantarillado. Bogotá, 2003.

FLOWTITE, Guía del producto. Medellín, 2000.

FLOWTITE, Recomendaciones de instalación y manipulación para tuberías enterradas. Medellín, 1999.

TUBOTEC, Tuberías perfiladas de PVC. Bogotá, 2001.

TUBOTEC, Diseño estructural. Bogotá, 1997.

TUBOTEC, Condiciones de instalación y diseño. Bogotá, 2003.

TITAN, Tubería para alcantarillado. Bogotá, 2003.

TITAN, Estudio del diseño para instalación de tuberías rígidas de concreto en condición zanja y condición terraplén. Bogotá, 2001.

RALCO, Tubería y accesorios para obras publicas. Bogotá, 2000.

AMERICAN CAST IRON PIPE COMPANY, Catalogo productos. Birmingham, Alabama, 1994.

PAVCO, Manual técnico NOVAFORT Y NOVALOC. Bogotá, 2003.

PAVCO, Manual técnico tubosistemas para alcantarillado NOVALOC. Bogotá, 2002.

PAVCO, Manual técnico sistema de tubería y accesorios alcantarillado W-RETEN Bogotá, 2001.

PAVCO, Manual técnico sistema de tubería y accesorios para alcantarillado NOVAFORT. Bogotá, 2001.

ADS, Manual de ingeniería del producto. Santa Catalina. 1997.

AMERICAN PIPE AND CONSTRUCTION INTERNATIONAL, Manual técnico tubos de concreto reforzado. 2003.

TITAN, Tubería de concreto la elección eficiente. Bogotá, 1995.

FLOWTITE, Hidraulic properties. 2000.

GARCIA BELTRAN, Fernando. Nuevos conductos ante las exigencias medioambientales del futuro. Caracas, Uralita, 2003.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. Gravity sanitary sewer design and construction. USA, Pág. 93 – 101.

Díaz, Martha. marthadiaz@flowtitecol.com “Información Flowtite”. 15, noviembre, 2003. Personal e-mail.

Ruiz, Ricardo. rruiz@apcolombia.com “Información Técnica Tubos American Pipe Concreto”. 22, noviembre, 2003. Personal e-mail.

<http://www.flowtite.com> (30, octubre, 2003).

<http://www.acipco.com> (3, noviembre, 2003).

<http://www.titancemento.com> (3, noviembre, 2003).

http://www.atha.es/atha_archivos/manual/c443.htm (4, noviembre, 2003).

<http://www.tadsa.com.mx/cap-2b.htm> (7, noviembre, 2003).

http://www.editorial.cda.ulpgc.es/servicios/1_saneamiento/12.htm (7, noviembre, 2003).

<http://www.geocities.com/chriskeramo/gamamanejo.html> (9, noviembre, 2003).

<http://www.eternit.com.co/TUBALC.htm> (9, noviembre, 2003).

<http://www.tubosmoore.com> (10, noviembre, 2003).

http://www.uralita.com/seltub/_a.html (5, diciembre, 2003).

MODULO B

**ESTUDIO COMPARATIVO DE RIGIDEZ EN ALGUNAS
TUBERÍAS FLEXIBLES PARA ALCANTARILLADO
USADAS EN EL PAÍS, ADOPTANDO LOS MÉTODOS DE
ENSAYO DE LABORATORIO NTC 3254 TITULADO:
“DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE
CARGA EXTERIR DE TUBOS PLASTICOS POR MEDIO DE
PLACAS PARALELAS” EQUIVALENTE A LA ASTM D 2412
Y NTC 4215 TITULADO: “TUBOS TERMOPLASTOS.
DETERMINACION DE LA RIGIDEZ DE ANILLO”
EQUIVALENTE A LA ISO 9969-94.**

B.1 OBJETIVOS

B.1.1 Objetivo general. Realizar un estudio comparativo de rigidez en algunas tuberías Flexibles para alcantarillado usadas en el país, adoptando los métodos de ensayo de laboratorio NTC 3254 Titulado: “DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE CARGA EXTERIR DE TUBOS PLASTICOS POR MEDIO DE PLACAS PARALELAS”, equivalente a la ASTM 2412 y NTC 4215 Titulado: “TUBOS TERMOPLASTICOS. DETERMINACION DE LA RIGIDEZ DE ANILLO” equivalente a la ISO 9969-94, con el cual se espera ampliar en un parámetro las comparaciones, para crear dichas estrategias.

B.1.2 Objetivos específicos

- Estudiar e interpretar los ensayos NTC 3254 (ASTM 2412) y NTC 4215 (ISO9969-94).
- Realizar ensayos de prueba, hasta obtener el nivel de repetibilidad aceptado.
- Aplicar el método de ensayo a las diferentes tuberías.
- Crear informe donde se registraran los resultados obtenidos con sus respectivos análisis.

B.2 INTRODUCCION

Actualmente en el mercado mundial existen diversos tipos de tuberías perfiladas hechas de material polimérico (Flexibles). Todas ellas tienen una cualidad común: el diseño de la pared es estructurado, es decir, tiene la facultad de aumentar la rigidez anular sin gran aumento en el peso por unidad de longitud. Esta condición hace que las tuberías perfiladas sean más livianas que las de pared sólida.

El principio de funcionamiento se basa en diseñar una pared que posea un valor elevado en el momento de inercia de sus elementos, tal y como se hace al diseñar una viga, para ganar resistencia con poco aumento de peso.

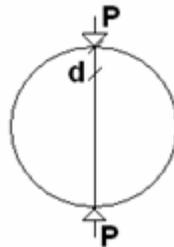
Gracias al avance tecnológico de las tuberías, fue necesario crear métodos estandarizados para cuantificar el nivel de resistencia ante cargas de la tubería (Rigidez), por tanto desde 1965 se crearon métodos para calcular dicho dato.

Este informe pretende mostrar el comportamiento de cuatro tipos de tuberías flexibles (Novafort de Pavco, Gerfor Corrugado, Tubotec RibLoc y N-12 de ADS), respecto a la respuesta ante cargas por medio de ensayos de laboratorio y comparar los resultados obtenidos en las pruebas con los sugeridos en los catálogos.

B.3 PLANTEAMIENTOS GENERALES

B.3.1 Rigidez del tubo. La rigidez del tubo se define como la relación entre la fuerza aplicada y el acortamiento producido en el diámetro, según la figura siguiente.

Figura 21: Acortamiento en el diámetro



B.3.2 Propiedades de carga exterior en tubos. Las propiedades de carga exterior de los tubos plásticos que se obtienen por los diferentes métodos de ensayo se usan para lo siguiente:

1. Para determinar las características carga-deformación, las cuales se usan para diseño de ingeniería, por ejemplo para calcular las deflexiones aproximadas bajo cargas de tierra en la ecuación de Spangler.
2. La rigidez también está muy relacionada con las características de instalación y manejo de una tubería durante las etapas iniciales de consolidación del suelo, alrededor de la tubería. Puede existir una rigidez mínima del tubo por debajo de la cual se dificulta la instalación del mismo. Se deben considerar las condiciones del lugar y las prácticas de instalación para seleccionar este valor mínimo durante un proyecto particular.
3. Para comparar las características de varios plásticos en forma de tubo.

4. Para estudiar las interrelaciones de las dimensiones y las propiedades de deflexión de la tubería.
5. Para medir la resistencia a la deflexión y la resistencia a la carga en varios eventos importantes que pueden ocurrir durante la vida útil del ducto.

B.3.3 Importancia de la rigidez en tuberías. Los diversos tipos de tuberías pueden tener diferentes límites de desempeño de acuerdo al tipo, material y diseño de pared. La resistencia a los esfuerzos en la pared debidos a cargas externas es crítico para la tubería rígida, mientras que para tubería flexible, la rigidez es importante para resistir la deflexión y el posible pandeo. En caso de todas las tuberías enterradas, ya sean flexibles o rígidas, el desempeño estructural depende de la interacción entre el suelo y la tubería, de aquí radica la importancia de al rigidez en los tubos.

B.3.4 Diferencias entre los materiales rígidos, elásticos y bisco elásticos. Para ilustrar la diferencia de una manera sencilla, se puede utilizar la siguiente analogía, una barra de caramelo, un dulce y una barra de chocolate. La barra de caramelo (estructura rígida) se rompe si uno trata de doblarla, independientemente de la velocidad de aplicación de la carga. La barra de chocolate (Estructura elástica) se reflecta cuando se aplica carga, pero regresa a su posición original a menos que la carga exceda el punto de cadencia o fluencia. Mas allá de este punto el material sufre una deformación permanente. A cierto nivel de deformación el material elástico falla. Por otra parte el dulce de licor (Estructura visco elástica) se comporta diferente dependiendo la velocidad con que se aplica la carga, si la carga se aplica muy rápido, la resistencia del material es bastante alta, y si se aplica a una velocidad mucho menor, este va a estirar lentamente, si el estiramiento queda fijo en cierto punto, el dulce de licor va a liberarse de los esfuerzos.

B.3.5 Deflexión en tubos flexibles (formula de IOWA). Probablemente la formula mas comúnmente usada en el diseño de tubería es la formula de IOWA o también llamada de SPANGLER para calcular deflexiones.

La base mas importante de esta formula, fue haber tomado en cuenta el efecto del suelo alrededor del tubo y su relación con la deflexión. Esto se logro suponiendo que la carga de Marston era aplicable y que esta es uniformemente distribuida en el plano que se encuentra en la corona del tubo. También Spangler considero una presión uniforme de respuesta proveniente del fondo de la zanja y dependiente del Angulo de cimentación " θ ". A los lados supuso que la presión horizontal en cada lado seria proporcional a la deflexión del tubo dentro del suelo. La constante de proporcionalidad la llamo "Modulo de Resistencia Pasiva del Suelo" (En el grafico se conoce como E2)

Figura 22: Angulo de cimentación.

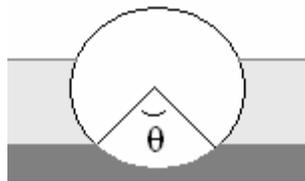
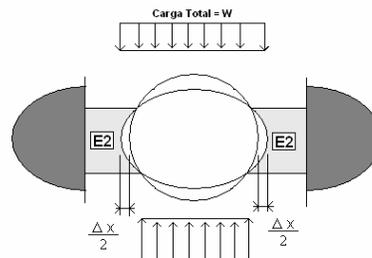


Figura 23: Base de la derivación de la fórmula de Spangler (fórmula de IOWA) para el cálculo de deflexiones en tuberías flexibles enterradas.



La forma más común de la fórmula es:

$$\Delta x = (C \cdot k \cdot W \cdot r^3) / (E \cdot I + 0.061 \cdot E_2 \cdot r^3)$$

Donde:

Δx : Deflexión horizontal del tubo en pulgadas.

D_L : Factor de retardo en la deflexión. (usualmente 1.5)

k : Constante de cimentación.

W : Carga por unidad de longitud del tubo en lbs/pulg.

r : Radio del tubo en pulgadas.

E : Módulo de elasticidad del material del tubo en lbs/pulg².

I : Momento de inercia de la pared del tubo pulg⁴/pulg.

E_2 : Módulo de reacción del suelo en lbs/pulg².

NOTA: Estas son las unidades en las que se planteó la ecuación original; como la ecuación es homogénea, se pueden usar otras unidades guardando su consistencia.

B.4 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NTC 3254 "DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE CARGA EXTERIOR DE TUBOS PLASTICOS POR MEDIO DE PLACAS PARALELAS".

B.4.1 Correspondencia. Esta norma es equivalente a la ASTM D 2412

B.4.2 Objeto de la norma. Esta norma cubre la determinación de las características carga-deflexión de tubos hechos con resina termoplástica, termoestable y tubos de mezcla de plásticos reforzados.

Las características determinadas por esta norma son la rigidez, el factor de rigidez y la carga a deflexiones específicas.

B.4.3 definiciones de términos específicos a la norma

Δy : Cambio medio del diámetro interior en dirección de la aplicación de la carga expresado en mm.

Diámetro interior inicial (d): El promedio de los diámetros interiores determinados para los diferentes especímenes y expresado en mm.

Carga (F): Carga aplicada al tubo por unidad de longitud para producir un determinado porcentaje de deflexión, expresado en N/m.

Radio promedio (r): El radio promedio determinado como la diferencia entre el espesor promedio de la pared y el diámetro exterior promedio cuyo valor es dividido entre 2, expresado en mm.

Deflexión del tubo (P): Relación entre la reducción del diámetro interior del tubo al diámetro interior inicial, expresado como porcentaje del diámetro interior inicial.

B.4.4 Equipos.

Equipo de ensayo: Para realizar el ensayo se usó una máquina de compresión Tinus Olsen, calibrada adecuadamente, con movimiento constante del cabezal transversal, la norma especifica que la velocidad entre placas debe ser de 12.5 mm/min.

Platos de carga: La carga se aplicó a través de dos platos paralelos de acero, planos y limpios y de espesor suficiente para que no ocurriera doblamiento o deformación durante el ensayo.

Indicador de deflexión: Se usó un instrumento con precisión de 0.25 mm., el cual estaba adherido a la máquina.

B.4.5 Especímenes de ensayo. La norma sugiere que el espécimen sea de un tramo de tubo de 150 mm.+/- 3mm, pero a petición del tutor del proyecto se realizaron de 300mm +/- 10mm, lo anterior con el fin de ceñirse a las especificaciones usadas en los ensayos de la tubería de polietileno.

B.4.6 Resumen del método de ensayo. Un tramo de tubo se carga entre dos placas paralelas planas y rígidas a una velocidad de aproximación controlada entre una y otra. Se obtienen los datos de carga-deflexión (del diámetro del tubo) para los valores de 5% y 10% del diámetro interno. Si ocurre agrietamiento, figuración, delaminación o rotura, se registra la correspondiente carga y la deflexión. Este procedimiento se lleva a cabo tres veces por ensayo, el segundo y el tercero, 35° y 70° respectivamente, respecto a la posición del primero.

B.4.7 Cálculos.

B.4.7.1 Rigidez del tubo (PS): Es el valor que se obtiene al dividir la fuerza por unidad de longitud del espécimen entre la deflexión resultante en las mismas unidades del porcentaje de deflexión.

$$\mathbf{PS = F / \Delta y}$$

B.4.7.2 Factor de rigidez (SF): El producto de la rigidez del tubo por la cantidad $0.149*r^3$.

$$\mathbf{SF = (F / \Delta y) * 0.149*r^3 = PS * 0.149*r^3}$$

B.4.8 PS y SF contra deflexión. el factor e^i es una función del módulo de flexión del material (e) y del espesor de pared del tubo (t), ya que $I = t^3/12$. como tal, es un valor fijo para cualquier arreglo de parámetros dimensionales y materiales. sin embargo, las cantidades de rigidez del tubo (ps) y el factor de rigidez (sf) son valores calculados a partir de la resistencia de una deflexión particular. estos valores dependen significativamente del grado de deflexión.

B.4.9 Unidades para PS Y SF. En el sistema internacional, con la fuerza expresada en N/m y la deflexión en mm, PS se expresa en KPa. Aunque las unidades de PS son dimensionalmente las mismas, para aquellas de presión, son cantidades diferentes.

El factor de rigidez se calcula a partir de PS y del radio promedio de tubo en mm. Estas unidades son $KPa*mm^3$, las cuales se pueden expresar dimensionalmente como $\mu N*m$.

B.4.10 Parámetros usados en el ensayo. Para realizar este ensayo se cambiaron algunos pasos con el fin de ceñirse a las normas usadas para los ensayos de polietileno. Ya que era de vital importancia para la empresa Extrucol S.A. conocer el comportamiento específico del producto que van a ofrecer. Por este motivo y por comparar con el mismo patrón las diferentes tuberías, tomaron los siguientes parámetros.

Cuadro 10: Parámetros ensayo NTC 3254

PARAMETRO	NTC 3254
	(ASTM D2412)
VELOCIDAD (mm/min)	12,5
LONGITUD ESPECIMEN (mm)	300 +/- 10
ANGULOS	0°, 45°, 90°
DEFLEXION (Grados)	5% Y 10%
TEMPERATURA (C)	21 +/- 3
HUMEDAD (%)	50 +/- 5

B.4.11 Tuberías ensayadas. Este ensayo se le aplico a cuatro tipos diferentes de tuberías, tres de PVC y una de polietileno (El ensayo se realizo solo a un espécimen debido a la falta de material en el momento), todas ellas de pared estructurada, las cuales se nombran a continuación.

- PCV GERFOR CORRUGADA.
- NOVAFORT DE PAVCO.
- RIBLOC DE TUBOTEC.
- N-12 DE ADS.

Para conocer características de estas tuberías, se recomienda al lector ver el modulo A.

B.4.12 Confiabilidad de datos. Para que los datos obtenidos por el autor fueran confiables, fue necesario realizar unos ensayos tipo donde se analizaría el nivel de repetibilidad, el cual consiste en realizar el ensayo el mismo día por el mismo laboratorista y bajo las mismas condiciones, y obtener una desviación estándar por debajo de la propuesta por la norma.

En esta prueba el autor, obtuvo un nivel aceptable en este parámetro. Por tanto se deduce que los datos obtenidos son confiables.

B.4.13 Formación del corbatín. Se uso ese nombre para designar el pandeo de las paredes, y el criterio para la toma de este dato, fue el momento donde se podio ver la luz a través de la intersección entre el tubo y la placa paralela.

Para el análisis de este fenómeno, se tomaron como referencia los datos de la NTC 4215, debido a la baja velocidad de ensayo y facilidad de toma de datos. En la tubería ADS se usaron los únicos datos recopilados en la NTC 3254, por falta de muestras, y dificultad en su consecución.

Fotografía 5: Formación del corbatín o Pandeo en las paredes.



B.4.14 Criterio usado para la finalización del ensayo. El criterio usado para finalizar el ensayo fue el pandeo en la pared o corbatín y la incapacidad del tubo para seguir soportando incrementos de carga.

B.4.15 formato para recolección de datos . En el formato se deben colocar aspectos básicos como fecha, características de la tubería a ensayar, dimensiones, ambiente de acondicionamiento, datos de Rigidez por lo menos al 5% y al 10% de deflexión del diámetro interno, daños y motivo de finalización del ensayo.

El formato usado para la recolección de datos se muestra a continuación (Este fue diseñado por el autor), después de este se muestran los datos recopilados, cabe aclarar que se realizaron dos ensayos por cada muestra, es decir se fallaron seis especímenes por marca de tubería.

Cuadro 11: Formato NTC 3254

ENSAYO DE RIGIDEZ NTC 3254

FECHA: DÍA: MES: AÑO:

IDENTIFICACION DEL MATERIAL

TIPO: _____
 ORIGEN: _____
 COD. _____
 FABRICANTE: _____
 HISTORIA: _____
 NORMA DE FABRICACION: _____

DIMENSIONES

LONGITUD (mm)			
MEDIDA	NUMERO DE ESPECIMEN		
	1	2	3
1			
2			
3			
4			
PROMEDIO			
APROX. (1mm)			

DIAMETRO INTERNO			
(8 MEDIDAS)			
MEDIDA No.	No. ESPECIMEN		
	1	2	3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
PROMEDIO (M m)			
APROX. (0,2mm)			

SE PULIO EL DIAMETRO EXTERNO DEL TUBO: SI

NO

DATOS AMBIENTE

TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO: _____ °C
 TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO: _____ HORAS
 AMBIENTE DE ACONDICIONAMIENTO: _____
 HUMEDAD: _____ %

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA N/m * 1000	PS (Kpa)	FS (Pa*m3)	OBSERVACIONES
	%	VALOR (mm)				
1 DI (mm):	3					
	5					
	7					
	10					
	20					
	30					
	40					
2 DI (mm):	3					
	5					
	7					
	10					
	20					
	30					
	40					
3 DI (mm):	3					
	5					
	7					
	10					
	20					
	30					
	40					

RIGIDEZ

NUMERO ESPECIMEN	RIGIDEZ (Kpa)	
	5%	10%
1		
2		
3		
PROMEDIO		

DAÑOS:

1. AGRIETAMIENTO LINEAL O FISURA.
2. AGRIETAMIENTO DE LA PARED.
3. DELAMINACION DE LA PARED.
4. ROTURA.

NUMERO DE ESPECIMEN		
1	2	3

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.
2.
3.

B.4.16 Resumen de datos. Como se tenían dos ensayos por cada tubo, es decir seis parejas de datos, se realizó el promedio de estos valores y se obtuvieron las tablas mostradas a continuación, que prácticamente resumen el comportamiento de cada tubo,

B.4.16.1 Cuadro.

Cuadro 12. Tubotec Ribloc.

TUBOTEC				
DEFORMACION	CARGA	PS	FS	
%	(N)	(Kpa)	(Pa*m3)	
0,00	0,00			
3,00	276,67	153,90	23,03	
5,00	450,00	150,25	22,48	
7,00	605,00	144,29	21,59	
10,00	816,67	136,34	20,40	
20,00	1275,00	106,43	15,93	
30,00	1463,33	81,32	12,17	
40,00	1516,67	63,20	9,46	
76,35	1685,00	36,80	5,51	FALLA

Cuadro 13. Novafort pavco.

NOVAFORT				
DEFORMACION	CARGA	PS	FS	
%	(N)	(Kpa)	(Pa*m3)	
0,00	0,00			
3,00	816,67	494,01	55,77	
5,00	1343,33	486,66	54,94	
7,00	1813,33	468,87	52,94	
10,00	2423,33	438,16	49,47	
20,00	3520,67	318,12	35,92	
30,00	3988,33	240,45	27,15	
38,16	4036,67	191,54	21,62	FALLA
40,00	4030,00	181,92	20,56	
46,97	3980,00	162,41	18,36	CORBATIN

Cuadro 14. Pvc gerfor corrugado.

GERFOR				
DEFORMACION %	CARGA (N)	PS (Kpa)	FS (Pa*m3)	
0,00	0,00			
3,00	1118,33	690,50	76,43	
5,00	1863,33	692,84	76,69	
7,00	2516,67	667,73	73,91	
10,00	3326,67	618,47	68,45	
20,00	4771,67	443,16	49,05	
30,00	5046,67	312,56	34,60	
31,38	5051,67	299,61	33,16	FALLA

Cuadro 15: N-12 ADS

ADS				
DEFORMACION %	CARGA (N)	PS (Kpa)	FS (Pa*m3)	
0,00	0,00			
3,00	920,00	511,11	77,07	
5,00	1390,00	463,33	69,87	
7,00	1750,00	416,67	62,83	
10,00	2170,00	361,67	54,54	
20,00	2950,00	244,31	36,84	
30,00	3360,00	185,89	28,03	
40,00	3680,00	152,86	23,05	
56,27	4010,00	118,29	17,84	CORBATIN
60,76	4030,00	110,11	16,60	FALLA

B.4.16.2 Gráficos. A continuación se muestran los resultados tabulados, en forma grafica, la primera grafica representa la carga contra el porcentaje de deflexión y la segunda la rigidez contra el porcentaje de deflexión.

Gráfico No. 1:

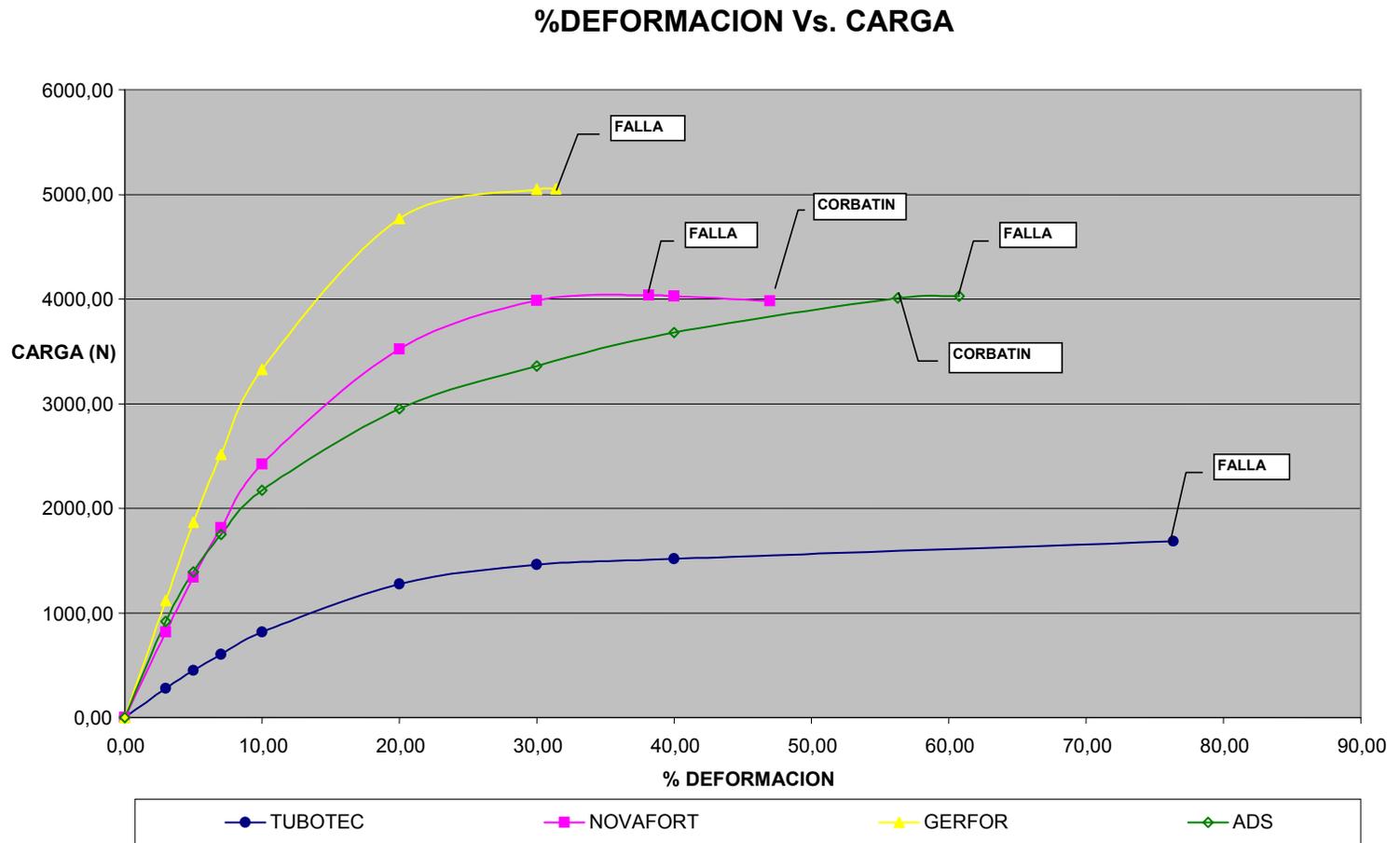
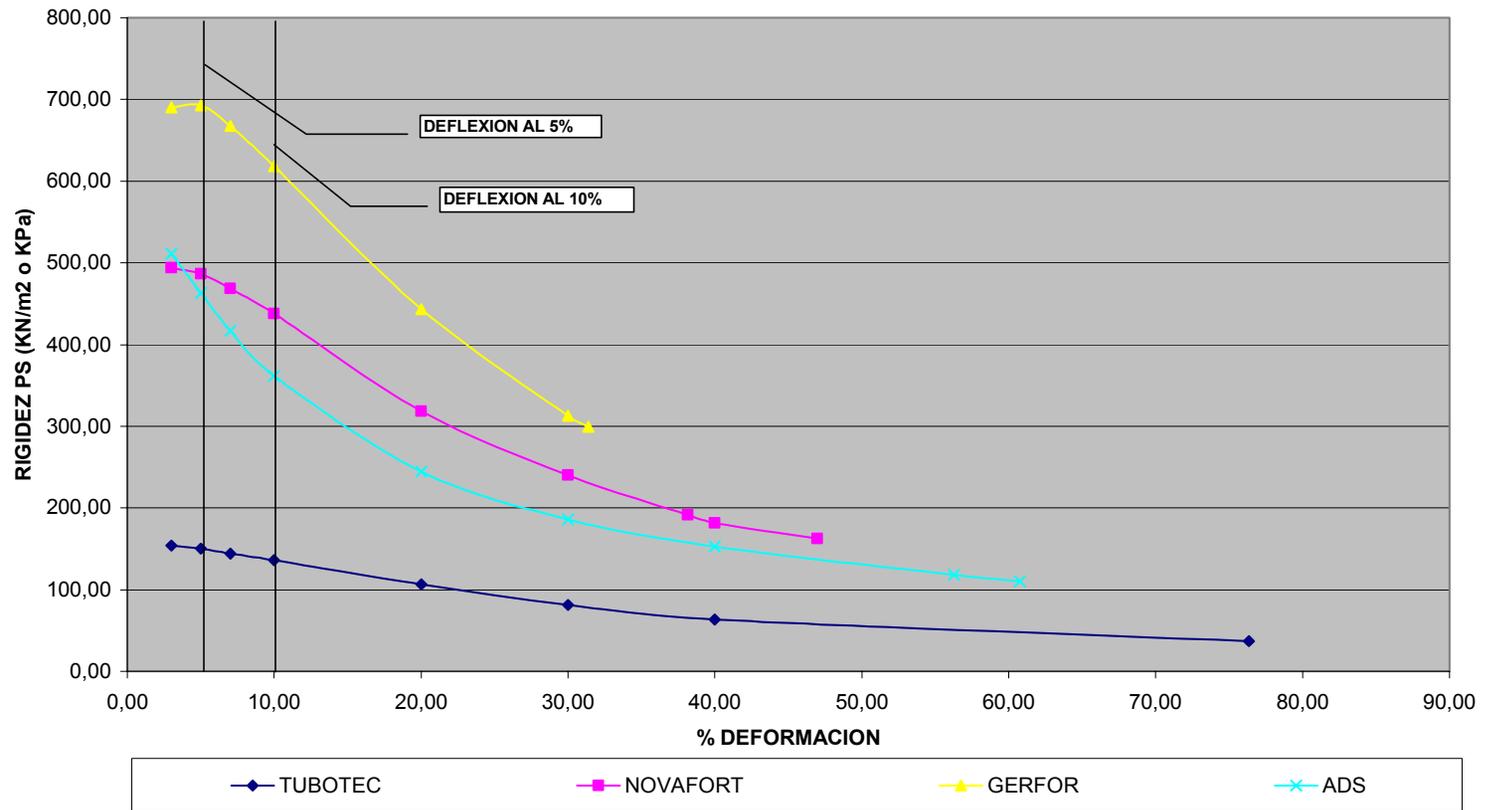


Grafico No. 2:

%DEFORMACION Vs. RIGIDEZ PS (NTC 3254)



Cuadro 16: RESUMEN NTC 3254

	NTC 3254 (ASTM 2412)						CORRUGADO			CUMPLIMIENTO	
	PS				FS					NORMA (PRODUCTO)	
	5%		10%		5%	10%	<u>CORRUGACIONES</u>	H	L	REQUISITO	CUMPLE?
	(Kpa)	(psi)	(Kpa)	(psi)	Pa / m ³	METRO	(mm)	(mm)	5%	SI / NO	
TUBOTEC RIBLOC	150,25	21,79	136,34	19,77	22,48	20,40	-	6,94	3,63	PS>= 320 Kpa	NO
PAVCO NOVAFORT	486,66	70,57	438,16	63,53	54,94	49,47	50,00	8,99	13,80	*	*
GERFOR	692,84	100,46	618,47	89,68	76,69	68,45	56,67	9,48	13,50	*	*
ADS	463,33	67,18	361,67	52,44	69,87	54,54	40,00	16,57	13,94	PS>= 340 Kpa	SI

* Estos datos no se tuvieron en cuenta para el análisis, debido que la NTC 3254 no es la norma que se tiene en cuenta para evaluar la rigidez, en las tuberías respectivas.

NOTA: LOS DATOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO SE PUEDEN VER EN EL ANEXO B.I.

B.5 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA NTC 4215 "DETERMINACION DE LA RIGIDEZ DEL ANILLO. TUBOS TERMOPLASTICOS".

B.5.1 Correspondencia. Esta norma es equivalente a la ISO 9969-94

B.5.2 Objeto de la norma. Esta norma especifica un método para determinar la rigidez del anillo de los tubos termoplásticos que tengan una sección transversal circular.

B.5.3 Simbología de variables a tener en cuenta.

d_n : Diámetro nominal del tubo (mm).

d_i : Diámetro interno de la pieza de ensayo (m).

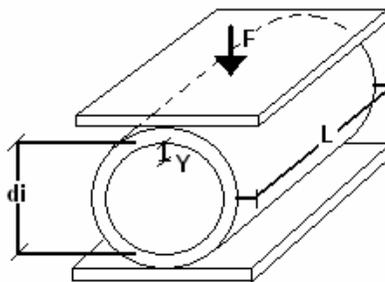
F : Fuerza de carga (KN).

L : Longitud de la pieza de ensayo (m).

S : Rigidez de anillo (KN/m²).

Y : Deflexión vertical (m).

Figura 24: Simbología de variables



B.5.4 Principio. La rigidez de anillo se determina midiendo la fuerza y la deflexión mientras se aplasta el tubo a una velocidad constante.

Se comprime verticalmente un tramo de tubo apoyado horizontalmente entre dos placas planas paralelas, que se mueven a una velocidad constante dependiendo

del diámetro del tubo (en este ensayo la velocidad aplicada fue de 5 mm/min, por ensayarse un tubo de 8 pulgadas de diámetro).

La rigidez de anillo se calcula como una función de la fuerza necesaria para producir una deflexión del 3% del diámetro interno del tubo.

B.5.5 Equipos.

Equipo de ensayo: para realizar el ensayo se usó una máquina de compresión Tinus Olsen, calibrada adecuadamente, con movimiento constante del cabezal transversal.

Platos de carga: la carga se aplicó a través de dos platos paralelos de acero, planos y limpios y de espesor suficiente para que no ocurriera doblamiento o deformación durante el ensayo.

Indicador de deflexión: se usó un instrumento con precisión de 0.25 mm., el cual estaba adherido a la máquina.

B.5.6 Especímenes de ensayo. La norma sugiere que el espécimen sea de un tramo de tubo de 300 mm.+/- 10mm.

La medición de longitud mas pequeña, no debe ser menor de 0.9 veces la mas grande.

Para tubería corrugada cada espécimen debe tener un numero completo de corrugaciones, y los cortes se deben realizar en los valles.

En tubería acoplada helicoidalmente cada espécimen debe tener un numero completo de enrollamientos.

B.5.7 Resumen del método de ensayo. Un tramo de tubo se carga entre dos placas paralelas planas y rígidas a una velocidad de aproximación controlada entre una y otra. Se obtienen los datos de carga-deflexión (del diámetro del tubo). La deflexión importante en este ensayo es al 3% del diámetro interno del tubo como se había nombrado anteriormente.

B.5.8 Cálculos.

B.5.8.1 Diámetro interno de las piezas (d_i). Se determinan los diámetros internos promedio de las respectivas mediciones de cada espécimen y por ultimo se calcula el promedio aritmético entre los tres valores.

$$d_i = (d_a + d_b + d_c) / 3$$

B.5.8.2 Rigidez de anillo (S). La rigidez de anillo de cada una de los tres especimenes de ensayo a, b y c, se calcula utilizando las siguientes ecuaciones.

$$S_a = (0.0186 + (0.025 * y_a / d_i)) * (F_a / (L_a * y_a))$$

$$S_b = (0.0186 + (0.025 * y_b / d_i)) * (F_b / (L_b * y_b))$$

$$S_c = (0.0186 + (0.025 * y_c / d_i)) * (F_c / (L_c * y_c))$$

Y por ultimo se calcula la rigidez de anillo en KN/m^2 como el promedio de estos tres valores, utilizando la siguiente ecuación.

$$S = (S_a + S_b + S_c) / 3$$

B.5.9 Parámetros usados en el ensayo. Los parámetros usados para la realización del ensayo se siguieron al pie de la letra como lo especifica la norma.

Cuadro 17: Parámetros ensayo NTC 4215

PARÁMETRO	NTC 4215
	(ISO 9969)
VELOCIDAD (mm/min)	5.0
LONGITUD ESPECIMEN (mm)	300 +/- 10
ANGULOS	0°, 120°, 240°
DEFLEXION (Grados)	3%
TEMPERATURA (C)	21 +/- 3
HUMEDAD (%)	50 +/- 5

B.5.10 Tuberías ensayadas. Este ensayo se le aplico a tres tipos diferentes de tuberías, todas ellas de pared estructurada y hechas de PVC (Este ensayo no pudo aplicarse a la tubería de polietileno de ADS debido a la falta de material en el momento) las cuales se nombran a continuación.

- PCV GERFOR CORRUGADA.
- NOVAFORT DE PAVCO.
- RIBLOC DE TUBOTEC.

Para conocer características de estas tuberías, se recomienda al lector ver el modulo I.

B.5.11 Confiabilidad de datos. Aunque este ensayo no propone un nivel de repetibilidad determinado, se asume que la calidad de datos es buena, debido a que básicamente el procedimiento es el mismo que el usado en el capítulo anterior (NTC 3254), en el cual se logro un nivel aceptable para la repetibilidad.

B.5.12 Formación del corbatín. Se uso ese nombre para designar el pandeo de las paredes, y el criterio para la toma de este dato, fue el momento donde se podio ver la luz a través de la intersección entre el tubo y la placa paralela.

Para el análisis de este fenómeno, se tomaron como referencia los datos de la NTC 4215, debido a la baja velocidad de ensayo y facilidad de toma de datos. En la tubería ADS se usaron los únicos datos recopilados en la NTC 3254, por falta de muestras, y dificultad en su consecución.

Fotografía 6: Formación del corbatín o Pandeo en las paredes.



B.5.13 Criterio usado para la finalización del ensayo. El criterio usado para finalizar el ensayo fue el pandeo en la pared o corbatín y la incapacidad del tubo para seguir soportando incrementos de carga.

B.5.14 Formato para recolección de datos de datos. En el formato se deben colocar aspectos básicos como fecha, características de la tubería a ensayar, dimensiones, ambiente de acondicionamiento, datos de Rigidez por lo menos al 3% de deflexión del diámetro interno y motivo de finalización del ensayo.

El formato usado para la recolección de datos se muestra a continuación (Este fue diseñado por el autor), después de este se muestran los datos recopilados, cabe aclarar que se realizaron dos ensayos por cada muestra, es decir se fallaron seis especímenes por marca de tubería.

DATOS DEL ENSAYO

ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (KN)	S (KN/m ²)	OBSERVACIONES
	%	VALOR (mm)			
A DI (mm):	1				
	2				
	3				
	5				
	7				
	10				
	20				
	30				
	40				
B DI (mm):	1				
	2				
	3				
	5				
	7				
	10				
	20				
	30				
	40				
C DI (mm):	1				
	2				
	3				
	5				
	7				
	10				
	20				
	30				
	40				

RIGIDEZ DE ANILLO (S) = (KN/m²)

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.
2.
3.

5.15 Resumen de datos. Como se tenían dos ensayos por cada tubo, es decir seis parejas de datos, se realizó el promedio de estos valores y se obtuvieron las tablas mostradas a continuación, que prácticamente resumen el comportamiento de cada tubo.

B.5.15.1 Cuadros.

Cuadro 19: Tubotec Ribloc

TUBOTEC			
DEFORMACION	CARGA	S	OBSERVACIONES
%	(KN)	(KN/m2)	
0,00	0,00		
1,00	88,33	2,78	
2,00	186,67	2,98	
3,00	278,33	3,00	
5,00	445,00	2,95	
7,00	598,33	2,90	
10,00	806,67	2,83	
20,00	1250,00	2,46	
30,00	1428,33	2,07	
40,00	1471,67	1,75	
48,00	1495,00	1,59	CORBATIN
74,98	1633,33	1,36	FALLA

Cuadro 20. Novafort Pavco

PAVCO NOVAFORT			
DEFORMACION	CARGA	S	OBSERVACIONES
%	(N)	(KN/m2)	
0,00	0,00		
1,00	280,00	9,70	
2,00	538,33	9,32	
3,00	813,33	9,47	
5,00	1333,33	9,62	
7,00	1808,33	9,54	
10,00	2423,33	9,27	
20,00	3566,67	7,63	
30,00	3926,67	6,19	
38,77	3965,00	5,26	CORBATIN
40,00	3973,33	5,15	
40,55	3991,67	5,14	FALLA

Cuadro 21. PVC Gerfor Corrugado

PVC GERFOR CORRUGADO			
DEFORMACION	CARGA	S	OBSERVACIONES
%	(KN)	(KN/m2)	
0,00	0,00		
1,00	380,00	13,37	
2,00	733,33	13,07	
3,00	1128,33	13,46	
5,00	1846,67	13,61	
7,00	2480,00	13,41	
10,00	3283,33	12,86	
20,00	4643,33	10,17	
30,00	4948,33	7,99	
32,71	4945,00	7,52	FALLA
40,00	4791,67	6,36	
43,69	4721,33	5,93	CORBATIN

B.5.15.2 Gráficos. A continuación se muestran los resultados tabulados, en forma grafica, la primera grafica representa la carga contra el porcentaje de deflexión y la segunda la rigidez contra el porcentaje de deflexión.

Grafico No. 3.

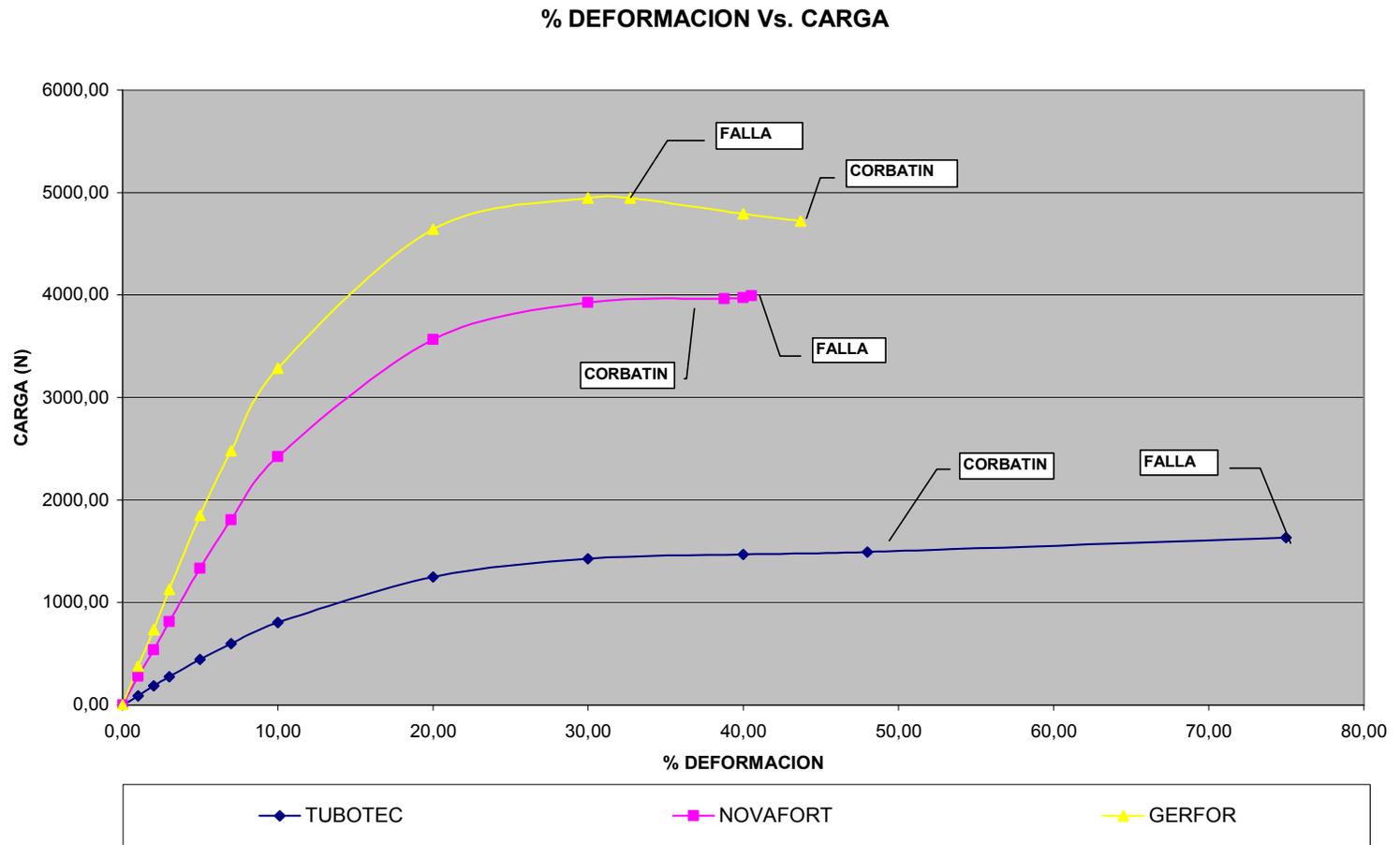
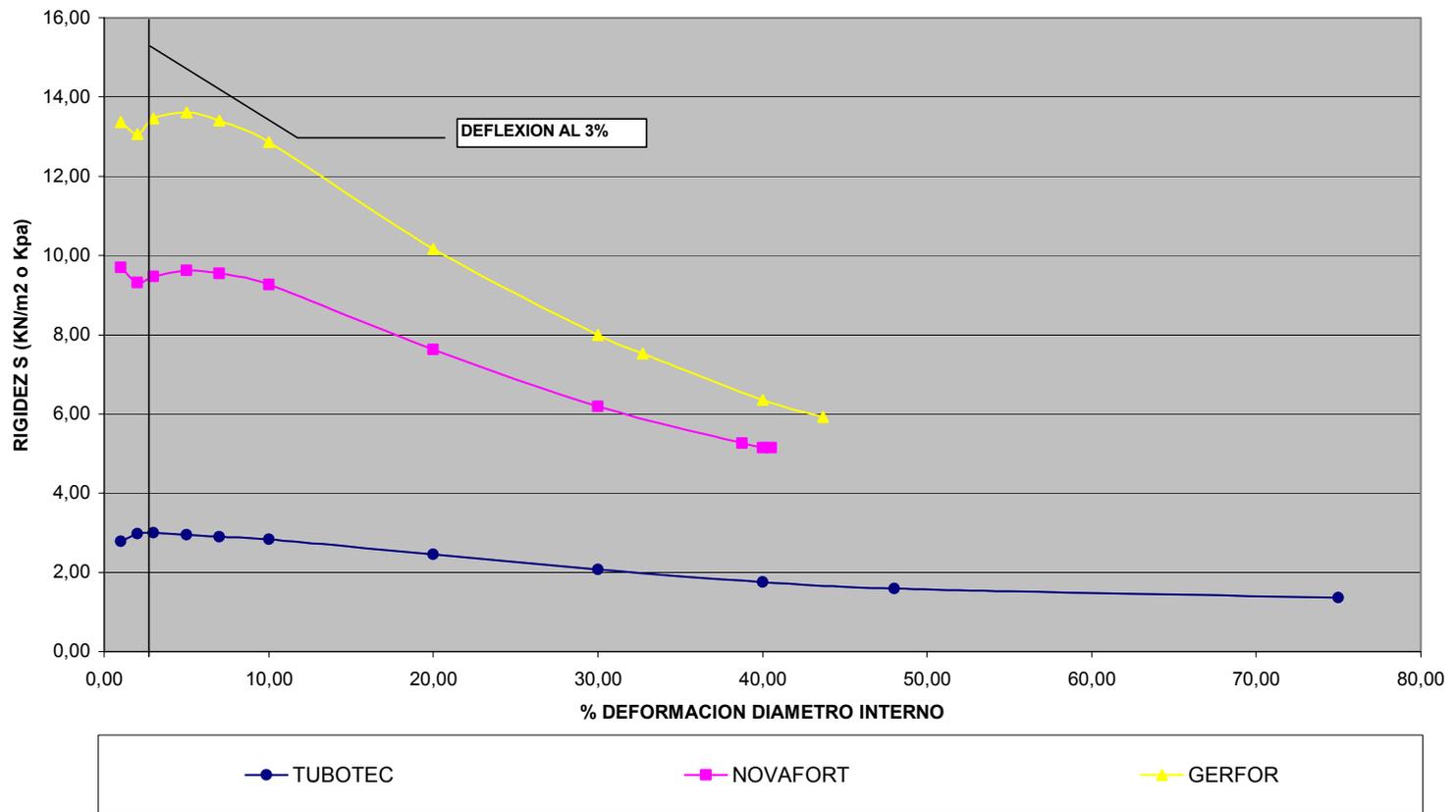


Grafico No. 4:

%DEFORMACION Vs RIGIDEZ S (NTC 4215)



Cuadro 22: Resumen.

	NTC 4215 (ISO 9969-94)			CORRUGADO			CLASIFICACION RIGIDEZ (KN/m ²) SEGÚN NTC 3722-1
	S			CORRUGACIONES METRO	H	L	
	S al 3% del Diámetro Interno (KN/m ²)					(mm)	(mm)
	Ensayo No.1	Ensayo No.2	PROMEDIO				
TUBOTEC RIBLOC	2,94	3,06	3,00	-	6,94	3,63	*
PAVCO NOVAFORT	9,36	9,57	9,47	50,00	8,99	13,80	8
GERFOR	13,48	13,44	13,46	56,67	9,48	13,50	8

- Estos datos no se tuvieron en cuenta para el análisis, debido que la NTC 4215 No es la norma que se tiene en cuenta para evaluar la rigidez de anillo en las respectivas tuberías. La clasificación de rigidez se realizo según la norma NTC 3722-1, la cual adoptan Novafort y Gerfor para sus productos.

NOTA: LOS DATOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO SE PUEDEN VER EN EL ANEXO B.II

B.6 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

- ❖ En cuanto a rigidez los resultados de los dos ensayos arrojaron los siguientes resultados de mayor a menor:
 1. PVC Gerfor Corrugado.
 2. Novafort Pavco.
 3. Advanced Drainage Systems (ADS).
 4. Tubotec RibLoc.

- ❖ La rigidez relativa de la tubería corrugada de polietileno ADS, es competitiva con la tubería corrugada NOVAFORT de Pavco. (Ver NTC 3254, deflexión al 5%).

- ❖ La rigidez relativa de la tubería de polietileno ADS, es menor en un 33% comparada con la de GERFOR CORRUGADA. (Ver NTC 3254, deflexión al 5%).

- ❖ La rigidez relativa de la tubería corrugada de polietileno ADS, es considerablemente más rígida que la tubería TUBOTEC RIBLOC. (Ver NTC 3254, deflexión al 5%).

- ❖ Para deformaciones menores al 5%, la tubería ADS presenta mayor rigidez que NOVAFORT. (Ver NTC 3254).

- ❖ La rigidez relativa de la tubería de polietileno ADS, es mayor en un 208% comparada con la de TUBOTEC RIBLOC. (Ver NTC 3254, deflexión al 5%).

- ❖ En cuanto a deformaciones los ensayos arrojaron los siguientes resultados, de mayor a menor:

1. Tubotec RibLoc.
 2. Advanced Drainage System (ADS).
 3. Novafort Pavco.
 4. Gerfor.
- ❖ En los tubos TUBOTEC RIBLOC, NOVAFORT Y ADS se presento primero la formación del corbatín o pandeo en las paredes y luego la falla estructural.
 - ❖ En la tubería GERFOR CORRUGADA se presento primero la falla estructural y luego el corbatín o pandeo en las paredes.
 - ❖ La tubería TUBOTEC RIBLOC presenta un comportamiento dúctil, es decir resiste mayor deformación pero soporta menor carga.
 - ❖ La tubería GERFOR presenta un comportamiento rígido, es decir se deforma menos pero soporta mayor carga.
 - ❖ Las tuberías ADS y NOVAFORT Presentan un comportamiento intermedio con relación a las dos nombradas anteriormente, debido que resiste buena cantidad de carga, y también presentan deflexiones considerables. Cabe aclarar que la tubería ADS soporto mayores porcentajes de deformación que NOVAFORT.
 - ❖ El tubo corrugado de polietileno ADS pudo soportar deflexiones mayores sin que se produzca el pandeo en sus paredes, en comparación de las otras tres tuberías estudiadas.
 - ❖ Sin importar el material y la configuración del tubo, la carga registrada a una deflexión de 10% estuvo regularmente comprendida entre el 55% y 65% de la carga requerida para lograr una deflexión del 5%. Basándose en esta información se deduce que un valor de carga de placa paralela para una

deflexión, ya sea del 5% o 10% es todo lo que se requiere para especificar la rigidez del tubo. Generalmente una deflexión del 10% se considera como el valor máximo para cuestiones de diseño.

- ❖ La tubería de TUBOTEC RIBLOC, no cumple con la norma adoptada para sus productos (NTC 4764), ya que la prueba NTC 3254 arrojó un valor de rigidez menor a 320 KPa o 46 psi.
- ❖ Las tuberías de pared corrugada (Configuración de anillos) presentaron mejor comportamiento ante cargas, pues resistieron mayor cantidad de carga que la acoplada helicoidalmente.
- ❖ En la norma NTC 3254 a medida que aumentaba el porcentaje de deformación, disminuía el valor de rigidez y por ende el factor de rigidez.
- ❖ En la norma NTC 4215 no existe relación entre el porcentaje de deformación y el valor de rigidez de anillo (S), ya que esta varía en forma aleatoria para deflexiones menores al 5%.
- ❖ En la norma NTC 4215 las tuberías NOVAFORT y GERFOR obtuvieron el mayor valor de rigidez de anillo (S) al 5% de deflexión.
- ❖ Curiosamente en los dos ensayos la tubería GERFOR obtuvo el mayor valor de rigidez al 5% de deformación.
- ❖ Los datos de carga para los dos ensayos en cada tubería fueron similares, lo cual lleva a concluir que la diferencia de velocidades aplicadas (sugeridas por las normas) no influyó.
- ❖ Respecto a los dos métodos de ensayo, no se encontró la forma de correlacionar los valores arrojados para rigidez, debido a que para su cálculo

se usaron formulas empíricas difíciles de conectar para este fin y también por que los valores son respectivos para una deformación determinada, en una norma para el 5% y 10% y en la otra para el 3%.

- ❖ El valor de rigidez tiene una relación directa de proporcionalidad, con el número de corrugaciones por metro, es decir entre mas corrugaciones se espera que tenga una rigidez mayor.

EN RESUMEN...

- ❖ La tubería GERFOR CORRUGADA presenta excelente comportamiento ante cargas, debido que las resiste de manera satisfactoria, pero presenta un intervalo limitado en la deformación permitida, antes de la falla estructural.
- ❖ La tubería TUBOTEC RIBLOC no es recomendada por el autor debido que no cumplió la norma establecida para el producto, respecto a la resistencia de cargas, también presenta un comportamiento demasiado flexible, esto puede ser perjudicial ya que se podría generar falla en el sistema por estado limite de servicio y también genera problemas en el momento de la instalación (Específicamente en la compactación).
- ❖ Las tuberías ADS y NOVAFORT presentan una combinación de las dos características esenciales, primero presentan buen comportamiento ante cargas y segundo aceptan niveles buenos de deformación, en especial ADS quien llego a deformaciones hasta del 55% del diámetro interno sin sufrir falla alguna.
- ❖ Se recomienda tener en cuenta el uso de tubería ADS para la contracción de proyectos en zonas de alta amenaza sísmica, por su gran bondad de aceptar grandes valores de deformación y soportar altas cargas como se vio en estas pruebas.

BIBLIOGRAFIA

ADS, Manual de ingeniería del producto. Santa Catalina. 1997.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Determination of External Loading Characteristics of Plastics Pipe by Parallel-plate Loading. Philadelphia, 1996a. 6 p. II. (ASTM D2412-96a).

GERFOR, Manual técnico de tubería corrugada para alcantarillado. Bogotá, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. Thermoplastic Pipes, Determination of Ring Stiffness. Geneva: ISO, 1994. 5p. (ISO 9969-94).

NORMATIVA TECNICA COLOMBIANA NTC 3254 “Determinación de las características de carga exterior de tubos plásticos por medio de placas paralelas”, EQV. ASTM 2412 96a. Bogotá, 2002.

NORMATIVA TECNICA COLOMBIANA NTC 3358 “Determinación de las dimensiones de tubos y accesorios termoplásticos.

NORMATIVA TECNICA COLOMBIANA NTC 4215 “Tubos termoplásticos. Determinación de la rigidez de anillo”, EQV. ISO 9969-94. Bogotá, 1997.

PAVCO, Manual técnico NOVAFORT Y NOVALOC. Bogotá, 2003.

PAVCO, Manual técnico sistema de tubería y accesorios para alcantarillado NOVAFORT. Bogotá, 2001.

TUBOTEC, Condiciones de instalación y diseño. Bogotá, 2003.

TUBOTEC, Diseño estructural. Bogotá, 1997.

TUBOTEC, Tuberías perfiladas de PVC. Bogotá, 2001.

ANEXOS AL MODULO B

**DATOS RECOPIRADOS EN EL LABORATORIO APLICANDO LOS
ENSAYOS NTC 3254 Y NTC 4215.**

ANEXO B.I

RESULTADOS NTC 3254

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (N)	PS (Kpa)	FS (Pa*m ³)	OBSERVACIONES	
	%	VALOR (mm)					
1	DI (mm): 200,0	3,00	6,00	270,00	150,99	22,51	*LOS PERFILES SE DOBLAN
		5,00	10,00	450,00	150,99	22,51	SIN SEGUIR UN PATRON
		7,00	14,00	610,00	146,19	21,79	(APLASTAMIENTO ASIMETRICO)
		10,00	20,00	820,00	137,57	20,51	
		20,00	40,00	1290,00	108,22	16,13	
		30,00	60,00	1480,00	82,77	12,34	
		40,00	80,00	1540,00	64,60	9,63	
		44,99	90,00	1550,00	57,79	8,61	LADEO
		79,99	160,00	1680,00	35,23	5,25	FALLA
2	DI (mm): 200,2	3,00	6,01	280,00	155,92	23,30	*LOS PERFILES SE DOBLAN
		5,00	10,00	450,00	150,50	22,49	SIN SEGUIR UN PATRON
		7,00	14,00	610,00	145,72	21,78	(APLASTAMIENTO ASIMETRICO)
		10,00	20,00	820,00	137,12	20,49	
		20,00	40,00	1290,00	107,86	16,12	
		30,00	60,00	1460,00	81,38	12,16	
		40,00	80,00	1500,00	62,71	9,37	
		45,45	91,00	1520,00	55,86	8,35	LADEO
		49,95	100,00	1530,00	51,17	7,65	
		75,92	152,00	1710,00	37,63	5,62	FALLA
3	DI (mm): 200,4	3,00	6,01	270,00	149,68	22,45	*LOS PERFILES SE DOBLAN
		5,00	10,00	450,00	150,00	22,49	SIN SEGUIR UN PATRON
		7,00	14,00	610,00	145,24	21,78	(APLASTAMIENTO ASIMETRICO)
		10,00	20,00	830,00	138,33	20,74	
		20,00	40,00	1280,00	106,67	16,00	
		30,00	60,00	1460,00	81,11	12,16	
		40,00	80,25	1500,00	62,31	9,34	
		44,90	90,00	1510,00	55,93	8,39	LADEO
		72,34	145,00	1590,00	36,55	5,48	FALLA

RIGIDEZ

NUMERO ESPECIMEN	RIGIDEZ	
	5%	10%
1	150,99	137,57
2	150,50	137,12
3	150,00	138,33
PROMEDIO (Kpa)	150,50	137,67
PROMEDIO (psi)	21,82	19,96

NUMERO DE ESPECIMEN		
1	2	3
NO	NO	NO

DAÑOS:

1. AGRIETAMIENTO LINEAL O FISURA.
2. AGRIETAMIENTO DE LA PARED.
3. DELAMINACION DE LA PARED.
4. ROTURA.

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	FALLA
2.	FALLA
3.	FALLA

TUBOTEC RIBLOC ENSAYO No.2

ENSAYO DE RIGIDEZ NTC
3254

FECHA: DÍA: MES: AÑO:

IDENTIFICACION DEL MATERIAL

TIPO: PERFIL EXTRUIDO ACOPLADO HELICOIDALMENTE
(PVC) ENSAYO No.2
ORIGEN: TUBOTEC RIBLOC
COD. FABRICANTE: _____
HISTORIA: _____
NORMA DE FABRICACION: NTC 4764 1-2

DIMENSIONES

LONGITUD (mm)			
MEDIDA	NUMERO DE ESPECIMEN		
	1	2	3
1	298,10	301,00	299,50
2	299,00	301,00	298,50
3	300,30	298,40	300,70
4	298,40	303,20	302,20
PROMEDIO	298,95	300,90	300,23
APROX. (1mm)	299	301	300

DIAMETRO INTERNO			
MEDIDA No.	No. ESPECIMEN		
	1	2	3
1	199,52	200,90	200,14
2	199,63	201,07	199,84
3	199,62	201,04	199,67
4	199,23	200,87	200,43
5	199,70	200,60	200,24
6	200,04	200,81	201,24
7	200,44	200,27	201,68
8	200,21	200,36	201,40
PROMEDIO (Mm)	199,84	200,67	200,68
APROX. (0,2mm)	199,8	200,6	200,6

SE PULIO EL DIAMETRO EXTERNO DEL TUBO:

DATOS AMBIENTE

TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO: 22 °C
 TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO: 36 HORAS
 AMBIENTE DE ACONDICIONAMIENTO: AIRE
 HUMEDAD: 46 %

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (N)	PS (Kpa)	FS (Pa*m ³)	OBSERVACIONES
	%	VALOR (mm)				
1 DI (mm): 199,8	3,00	5,99	280,00	156,23	23,21	
	5,00	10,00	450,00	150,50	22,36	
	7,00	14,00	600,00	143,33	21,29	
	10,00	20,00	810,00	135,45	20,12	
	20,00	40,00	1260,00	105,35	15,65	
	30,00	60,00	1450,00	80,82	12,01	
	40,00	80,00	1510,00	63,13	9,38	
	76,58	153,00	1650,00	36,07	5,36	FALLA
2 DI (mm): 200,6	3,00	6,00	280,00	155,04	23,31	*FALLARON LOS PERFILES INICIALES
	5,00	10,00	450,00	149,50	22,48	
	7,00	14,00	600,00	142,38	21,41	*PRESENTACION DE GRIETAS
	10,00	20,00	810,00	134,55	20,23	*LADEO MUY PRONUNCIADO
	20,00	40,00	1260,00	104,65	15,73	
	30,00	60,25	1460,00	80,51	12,10	
	40,00	80,25	1520,00	62,93	9,46	
	49,35	99,00	1560,00	52,35	7,87	
52,34	105,00	1580,00	49,99	7,52	LADEO	
76,52	153,50	1680,00	36,36	5,47	FALLA	
3 DI (mm): 200,6	3,00	6,00	280,00	155,56	23,39	
	5,00	10,00	450,00	150,00	22,55	
	7,00	14,00	600,00	142,86	21,48	
	10,00	20,00	810,00	135,00	20,30	
	20,00	40,00	1270,00	105,83	15,91	
	30,00	60,25	1470,00	81,33	12,23	
	40,00	80,25	1530,00	63,55	9,55	
	54,84	110,00	1650,00	50,00	7,52	LADEO
76,77	154,00	1800,00	38,96	5,86	FALLA	

RIGIDEZ

NUMERO ESPECIMEN	RIGIDEZ	
	5%	10%
1	150,50	135,45
2	149,50	134,55
3	150,00	135,00
PROMEDIO (Kpa)	150,00	135,00
PROMEDIO (psi)	21,75	19,58

DAÑOS:

1. AGRIETAMIENTO LINEAL O FISURA.
2. AGRIETAMIENTO DE LA PARED.
3. DELAMINACION DE LA PARED.
4. ROTURA.

NUMERO DE ESPECIMEN		
1	2	3
NO	NO	NO
NO	SI	NO
NO	NO	NO
NO	NO	NO

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	FALLA
2.	COLAPSO DEL TUBO
3.	FALLA

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (N)	PS (Kpa)	FS (Pa*m ³)	OBSERVACIONES
	%	VALOR (mm)				
1 DI (mm): 182,4	3,00	5,45	830,00	500,97	56,62	* DEFORMACION SIMETRICA
	5,00	9,10	1370,00	495,23	55,97	
	7,00	12,75	1850,00	477,30	53,95	
	10,00	18,25	2470,00	445,21	50,32	
	20,00	36,50	3640,00	328,05	37,08	
	30,00	54,70	3920,00	235,74	26,64	
	37,01	67,50	3940,00	192,01	21,70	FALLA
	40,00	72,95	3900,00	175,86	19,88	
	50,99	93,00	3820,00	135,12	15,27	CORBATIN
2 DI (mm): 182,4	3,00	5,45	810,00	490,51	55,44	
	5,00	9,10	1330,00	482,36	54,52	
	7,00	12,75	1800,00	465,93	52,66	
	10,00	18,25	2410,00	435,82	49,26	
	20,00	36,50	3610,00	326,42	36,89	
	30,00	54,70	4030,00	243,15	27,48	
	40,00	72,95	4090,00	185,04	20,91	
	41,12	75,00	4090,00	179,98	20,34	FALLA
	57,02	104,00	4030,00	127,89	14,45	CORBATIN
3 DI (mm): 182,4	3,00	5,45	790,00	476,82	53,89	
	5,00	9,10	1300,00	469,92	53,11	
	7,00	12,75	1770,00	456,66	51,61	
	10,00	18,25	2360,00	425,38	48,08	
	20,00	36,50	3550,00	319,94	36,16	
	30,00	54,70	4050,00	243,55	27,53	
	32,89	60,00	4090,00	224,23	25,34	CORBATIN
	37,28	68,00	4120,00	199,30	22,53	FALLA
	40,00	72,95	4100,00	184,88	20,90	

RIGIDEZ

NUMERO ESPECIMEN	RIGIDEZ	
	5%	10%
1	495,23	445,21
2	482,36	435,82
3	469,92	425,38
PROMEDIO (Kpa)	482,50	435,47
PROMEDIO (psi)	69,96	63,14

NUMERO DE ESPECIMEN		
1	2	3
NO	NO	NO

DAÑOS:

1. AGRIETAMIENTO LINEAL O FISURA.
2. AGRIETAMIENTO DE LA PARED.
3. DELAMINACION DE LA PARED.
4. ROTURA.

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	FALLA
2.	FALLA
3.	FALLA

NOVAFORT PAVCO ENSAYO No.2

ENSAYO DE RIGIDEZ NTC
3254

FECHA: DÍA: MES: AÑO:

IDENTIFICACION DEL MATERIAL

TIPO: PVC CORRUGADO (NOVAFORT) ENSAYO No.2
 ORIGEN: PAVCO
 COD. FABRICANTE: _____
 HISTORIA: _____
 NORMA DE FABRICACION: NTC 3722-1

DIMENSIONES

MEDIDA	LONGITUD (mm)		
	NUMERO DE ESPECIMEN		
	1	2	3
1	304,20	302,50	302,50
2	303,50	301,60	303,00
3	303,00	302,00	304,00
4	305,20	302,30	303,40
PROMEDIO	303,98	302,10	303,23
APROX. (1mm)	304	302	303

MEDIDA No.	DIAMETRO INTERNO		
	No. ESPECIMEN		
	1	2	3
1	182,35	182,48	181,90
2	182,45	182,25	182,44
3	182,37	182,13	182,41
4	182,59	182,28	182,40
5	182,49	182,11	182,33
6	182,08	182,43	182,36
7	182,19	182,38	182,17
8	182,19	182,38	182,08
PROMEDIO (M m)	182,34	182,30	182,17
APROX. (0,2mm)	182,4	182,2	182,2

SE PULIO EL DIAMETRO EXTERNO DEL TUBO:

DATOS AMBIENTE

TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO: 22 °C
 TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO: 36 HORAS
 AMBIENTE DE ACONDICIONAMIENTO: AIRE
 HUMEDAD: 46 %

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (N)	PS (Kpa)	FS (Pa*m ³)	OBSERVACIONES
	%	VALOR (mm)				
1 DI (mm): 182,4	3,00	5,45	830,00	500,97	56,62	* DEFORMACION SIMETRICA
	5,00	9,10	1370,00	495,23	55,97	
	7,00	12,75	1850,00	477,30	53,95	
	10,00	18,25	2470,00	445,21	50,32	
	20,00	36,50	3630,00	327,14	36,98	
	30,00	54,70	3890,00	233,93	26,44	
	37,28	68,00	3900,00	188,66	21,32	
	40,00	72,95	*			FALLA NO SE TOMO DATO
	48,25	88,00	*			CORBATIN
2 DI (mm): 182,2	3,00	5,45	830,00	504,28	56,81	
	5,00	9,10	1360,00	494,87	55,75	
	7,00	12,75	1830,00	475,26	53,54	
	10,00	18,20	2450,00	445,75	50,21	
	20,00	36,45	3640,00	330,67	37,25	
	30,00	54,65	3980,00	241,15	27,17	
	36,22	66,00	4020,00	201,69	22,72	
	40,00	72,90	*			FALLA NO SE TOMO DATO
	54,88	100,00	*			CORBATIN
3 DI (mm): 182,2	3,00	5,45	810,00	490,51	55,26	* FORMACION DE ONDAS EN LA PARTE SUPERIOR DEL
	5,00	9,10	1330,00	482,36	54,34	CORRUGADO.
	7,00	12,75	1780,00	460,75	51,90	
	10,00	18,20	2380,00	431,58	48,62	
	20,00	36,45	3054,00	276,52	31,15	
	30,00	54,65	4060,00	245,18	27,62	
	38,97	71,00	*			CORBATIN
	40,00	72,90	*			NO SE TOMO DATO
	40,07	73,00	4150,00	187,62	21,14	FALLA

RIGIDEZ

NUMERO ESPECIMEN	RIGIDEZ	
	5%	10%
1	495,23	445,21
2	494,87	445,75
3	482,36	431,58
PROMEDIO (Kpa)	490,82	440,84
PROMEDIO (psi)	71,17	63,92

DAÑOS:

1. AGRIETAMIENTO LINEAL O FISURA.
2. AGRIETAMIENTO DE LA PARED.
3. DELAMINACION DE LA PARED.
4. ROTURA.

NUMERO DE ESPECIMEN		
1	2	3
NO	NO	NO

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	FALLA
2.	FALLA
3.	FALLA

PVC GERFOR CORRUGADO ENSAYO No.1

ENSAYO DE RIGIDEZ NTC
3254

FECHA: DÍA: MES: AÑO:

IDENTIFICACION DEL MATERIAL

TIPO: PVC CORRUGADO ENSAYO No.1
 ORIGEN: GERFOR
 COD. FABRICANTE: _____
 HISTORIA: _____
 NORMA DE FABRICACION: NTC 3722-1

DIMENSIONES

MEDIDA	LONGITUD (mm)		
	NUMERO DE ESPECIMEN		
	1	2	3
1	296,60	297,00	298,20
2	296,58	296,60	297,00
3	297,00	298,60	297,80
4	297,24	297,50	297,50
PROMEDIO	296,86	297,43	297,63
APROX. (1mm)	297	297	298

MEDIDA No.	DIAMETRO INTERNO		
	No. ESPECIMEN		
	1	2	3
1	180,77	181,42	180,45
2	180,90	180,40	181,16
3	181,16	180,78	181,32
4	181,33	181,11	181,49
5	181,56	181,47	181,68
6	181,60	181,26	181,40
7	181,40	181,41	180,80
8	180,94	181,06	180,59
PROMDIEDIO (M m)	181,19	180,94	181,07
APROX. (0,2mm)	181,2	181,0	181,0

SE PULIO EL DIAMETRO EXTERNO DEL TUBO:

DATOS AMBIENTE

TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO: 22 °C
 TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO: 36 HORAS
 AMBIENTE DE ACONDICIONAMIENTO: AIRE
 HUMEDAD: 46 %

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (N)	PS (Kpa)	FS (Pa*m ³)	OBSERVACIONES	
	%	VALOR (mm)					
1	DI (mm): 181,2	3,00	5,45	1120,00	691,93	76,67	* DEFORMACION SIMETRICA
		5,00	9,05	1840,00	684,56	75,85	
		7,00	12,70	2500,00	662,80	73,44	
		10,00	18,10	3320,00	617,59	68,43	
		20,00	36,25	4780,00	443,98	49,20	
		30,00	54,35	5050,00	312,85	34,67	FALLA
		40,00	72,50	*			NO SE TOMO DATO
		63,47	115,00	4620,00	135,27	14,99	SEPARACION DEL CORRUGADO
2	DI (mm): 181,0	3,00	5,45	1150,00	710,47	78,47	* DEFORMACION SIMETRICA
		5,00	9,05	1900,00	706,88	78,07	
		7,00	12,65	2570,00	684,05	75,55	
		10,00	18,10	3380,00	628,76	69,44	
		20,00	36,20	4820,00	448,31	49,51	
		30,00	54,30	5060,00	313,76	34,65	
		30,39	55,00	5060,00	309,76	34,21	FALLA
		40,00	72,90	*			NO SE TOMO DATO
3	DI (mm): 181,0	3,00	5,45	1140,00	701,93	77,52	
		5,00	9,05	1900,00	704,51	77,81	
		7,00	12,65	2540,00	673,79	74,41	
		10,00	18,10	3380,00	626,65	69,21	
		20,00	36,20	4820,00	446,81	49,35	
		30,00	54,30	5160,00	318,88	35,22	
		33,15	60,00	5170,00	289,15	31,93	FALLA
		40,00	72,40	*			NO SE TOMO DATO

RIGIDEZ

NUMERO ESPECIMEN	RIGIDEZ	
	5%	10%
1	684,56	617,59
2	706,88	628,76
3	704,51	626,65
PROMEDIO (Kpa)	698,65	624,33
PROMEDIO (psi)	101,30	90,53

DAÑOS:

1. AGRIETAMIENTO LINEAL O FISURA.
2. AGRIETAMIENTO DE LA PARED.
3. DELAMINACION DE LA PARED.
4. ROTURA.

NUMERO DE ESPECIMEN		
1	2	3
NO	NO	NO
NO	NO	NO
SI	NO	NO
NO	NO	NO

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	FALLA
2.	FALLA
3.	FALLA

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (N)	PS (Kpa)	FS (Pa*m ³)	OBSERVACIONES	
	%	VALOR (mm)					
1	DI (mm): 181,2	3,00	5,45	1080,00	669,48	74,18	* EL MATERIAL SE FATIGA EN
		5,00	9,05	1810,00	675,68	74,87	LOS EXTREMOS QUE SOPORTAN LA COMPRESION.
		7,00	12,70	2470,00	657,05	72,81	
		10,00	18,10	3210,00	599,15	66,39	
		20,00	36,25	4700,00	438,02	48,54	
		30,00	54,35	4940,00	307,07	34,03	
		32,01	58,00	4940,00	287,74	31,88	FALLA
		40,00	72,00	*			SEPARACION DEL CORRUGADO
2	DI (mm): 181,2	3,00	5,45	1120,00	689,61	76,41	* DEFORMACION SIMETRICA
		5,00	9,05	1870,00	693,39	76,83	* EL MATERIAL SE FATIGA EN
		7,00	12,70	2500,00	660,57	73,20	LOS EXTREMOS QUE SOPORTAN LA COMPRESION.
		10,00	18,10	3330,00	617,38	68,41	
		20,00	36,25	4750,00	439,71	48,72	
		29,64	53,70	5010,00	313,07	34,69	FALLA
		30,00	54,35	5000,00	308,71	34,21	
		40,00	72,90	*			NO SE TOMO DATO
3	DI (mm): 181,2	3,00	5,45	1100,00	679,58	75,30	* FORMACION DE ONDAS EN
		5,00	9,05	1860,00	692,00	76,68	LA PARTE SUPERIOR DEL CORRUGADO.
		7,00	12,70	2520,00	668,10	74,03	
		10,00	18,10	3340,00	621,31	68,85	* EL MATERIAL SE FATIGA EN
		20,00	36,25	4760,00	442,12	48,99	LOS EXTREMOS QUE SOPORTAN LA COMPRESION.
		30,00	54,35	5070,00	314,09	34,80	
		33,11	60,00	5080,00	285,07	31,59	FALLA
		40,00	72,40	*			NO SE TOMO DATO

RIGIDEZ

NUMERO ESPECIMEN	RIGIDEZ	
	5%	10%
1	675,68	599,15
2	693,39	617,38
3	692,00	621,31
PROMEDIO (Kpa)	687,02	612,61
PROMEDIO (psi)	99,62	88,83

DAÑOS:

1. AGRIETAMIENTO LINEAL O FISURA.
2. AGRIETAMIENTO DE LA PARED.
3. DELAMINACION DE LA PARED.
4. ROTURA.

NUMERO DE ESPECIMEN		
1	2	3
NO	NO	NO
NO	NO	NO
SI	NO	NO
NO	NO	NO

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	FALLA
2.	FALLA
3.	FALLA

N-12 ADS UNICO ENSAYO

ENSAYO DE RIGIDEZ NTC
3254

FECHA: DÍA: MES: AÑO:

IDENTIFICACION DEL MATERIAL

TIPO: POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) CORRUGADO ENSAYO No.1
ORIGEN: ADVANCED DRAINAGE SYSTEMS (ADS)
COD. FABRICANTE: _____
HISTORIA: _____
NORMA DE FABRICACION: ASTM F-405 Y F-667

DIMENSIONES

LONGITUD (mm)	
MEDIDA	NUMERO DE ESPECIMEN
	1
1	301,00
2	300,28
3	300,24
4	299,54
PROMEDIO	300,27
APROX. (1mm)	300

DIAMETRO INTERNO	
MEDIDA No.	No. ESPECIMEN
	1
1	201,68
2	200,89
3	200,09
4	199,95
5	200,22
6	201,04
7	201,10
8	201,59
PROMEDIO (Mm)	200,82
APROX. (0,2mm)	200,8

SE PULIO EL DIAMETRO EXTERNO DEL TUBO:

DATOS AMBIENTE

TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO: 22 °C
TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO: 36 HORAS
AMBIENTE DE ACONDICIONAMIENTO: AIRE
HUMEDAD: 46 %

DATOS DEL ENSAYO

NUMERO ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (N)	PS (Kpa)	FS (Pa*m ³)	OBSERVACIONES
	%	VALOR (mm)				
1 DI (mm): 200,8	3,00	6,00	920,00	511,11	77,07	* SE PRESENTA MUCHA
	5,00	10,00	1390,00	463,33	69,87	DEFORMACION EN LOS
	7,00	14,00	1750,00	416,67	62,83	EXTREMOS DEL TUBO.
	10,00	20,00	2170,00	361,67	54,54	
	20,00	40,25	2950,00	244,31	36,84	
	30,00	60,25	3360,00	185,89	28,03	
	40,00	80,25	3680,00	152,86	23,05	
	56,27	113,00	4010,00	118,29	17,84	CORBATIN
	60,76	122,00	4030,00	110,11	16,60	FALLA

RIGIDEZ

NUMERO ESPECIMEN	RIGIDEZ	
	5%	10%
1	463,33	361,67
PROMEDIO (Kpa)	463,33	361,67
PROMEDIO (psi)	67,18	52,44

NUMERO DE ESPECIMEN		
1	2	3
NO	NO	NO

DAÑOS:

1. AGRIETAMIENTO LINEAL O FISURA.
2. AGRIETAMIENTO DE LA PARED.
3. DELAMINACION DE LA PARED.
4. ROTURA.

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	FALLA
----	--------------

ANEXO B.II

RESULTADOS NTC 4215

TUBOTEC RIBLOC ENSAYO No.1

ENSAYO DE RIGIDEZ DE ANILLO NTC 4215

FECHA: DÍA: MES: AÑO:

IDENTIFICACION DEL MATERIAL

TIPO: PERFIL EXTRUIDO ACOPLADO HELICOIDALMENTE (PVC) **Ensayo No. 1**
 ORIGEN: TUBOTEC RIBLOC
 COD. FABRICANTE: _____
 HISTORIA: _____
 NORMA DE FABRICACION: NTC 4764 1-2
NO ESTA REFERENCIADA A
 NORMA DE REFERENCIA: ESTA NORMA
 RIGIDEZ NOMINAL O CLASE DE PRESION: 10
 BARES
 FECHA DE PRODUCCION: _____
 EDAD DEL TUBO A LA FECHA DE ENSAYO: _____

DIMENSIONES

LONGITUD (mm)			
MEDIDA	ESPECIMEN		
	A	B	C
1	301,80	299,00	301,20
2	300,40	299,10	303,40
3	292,50	300,60	302,50
PROMEDIO	298,23	299,57	302,37
APROX. (1mm)	298	300	302

DIAMETRO INTERNO			
MEDIDA No.	ESPECIMEN		
	A	B	C
1	200,23	199,28	199,44
2	201,42	200,54	201,32
3	200,83	201,4	201,89
4	200,21	200,22	199,85
PROMEDIO	200,67	200,36	200,63
APROX. (0,5mm)	200,5		

SE PULIO EL DIAMETRO EXTERNO DEL TUBO:

DATOS AMBIENTE

TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO: 23 °C
 TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO: 84 HORAS
 AMBIENTE DE ACONDICIONAMIENTO: AIRE
 HUMEDAD: 42 %

DATOS DEL ENSAYO

ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (KN)	S (KN/m ²)	OBSERVACIONES	
	%	VALOR (mm)				
A	Dl (mm): 200,5	1,00	2,00	0,09	2,846	* NO FALLO
		2,00	4,00	0,19	3,044	* DEFORMACION ASIMETRICA
		3,00	6,00	0,28	3,030	
		5,00	10,00	0,45	2,997	
		7,00	14,00	0,60	2,926	
		10,00	20,05	0,80	2,825	
		20,00	40,10	1,24	2,449	
		30,00	60,15	1,41	2,053	
		40,00	80,20	1,46	1,747	
		47,88	96,00	1,50	1,603	* FORMACION DEL CORBATIN
88,78	178,00	2,00	1,538			
B	Dl (mm): 200,5	1,00	2,00	0,08	2,513	* DEFORMACION ASIMETRICA
		2,00	4,00	0,18	2,865	
		3,00	6,00	0,27	2,902	
		5,00	10,00	0,44	2,911	
		7,00	14,00	0,60	2,907	
		10,00	20,05	0,81	2,841	
		20,00	40,10	1,26	2,472	
		30,00	60,15	1,44	2,083	
		40,00	80,20	1,47	1,747	
		48,38	97,00	1,48	1,561	* FORMACION DEL CORBATIN
65,34	131,00	1,57	1,396	* SE SOLTO UN PEDAZO DEL PERFIL		
73,32	147,00	1,60	1,340	* FALLA		
C	Dl (mm): 200,5	1,00	2,00	0,08	2,497	
		2,00	4,00	0,18	2,846	
		3,00	6,00	0,27	2,883	
		5,00	10,00	0,44	2,892	
		7,00	14,00	0,60	2,887	
		10,00	20,05	0,81	2,823	
		20,00	40,10	1,27	2,475	
30,00	60,15	1,45	2,083			
37,91	76,00	1,50	1,835	* SE SOLTO UN PEDAZO DEL PERFIL		
40,00	80,20	1,50	1,771			
46,63	93,50	1,52	1,629	* FORMACION DEL CORBATIN		
71,32	143,00	1,71	1,443	* FALLA		

RIGIDEZ DE ANILLO (S) = 2,94 (KN/m²)

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	APLASTAMIENTO TOTAL DEL TUBO
2.	FALLA
3.	FALLA

TUBOTEC RIBLOC ENSAYO No.2

ENSAYO DE RIGIDEZ DE ANILLO NTC 4215

FECHA: DÍA: MES: AÑO:

IDENTIFICACION DEL MATERIAL

TIPO: PERFIL EXTRUIDO ACOPLADO HELICOIDALMENTE (PVC) **Ensayo No. 2**
 ORIGEN: TUBOTEC RIBLOC
 COD. FABRICANTE: _____
 HISTORIA: _____
 NORMA DE FABRICACION: NTC 4764 1-2
 NORMA DE REFERENCIA: **NO ESTA REFERENCIADA A ESTA NORMA**
 RIGIDEZ NOMINAL O CLASE DE PRESION: 10 BARES
 FECHA DE PRODUCCION: _____
 EDAD DEL TUBO A LA FECHA DE ENSAYO: _____

DIMENSIONES

LONGITUD (mm)			
MEDIDA	ESPECIMEN		
	A	B	C
1	300,60	300,40	297,80
2	298,00	299,00	300,00
3	298,10	298,40	299,70
PROMEDIO	298,90	299,27	299,17
APROX. (1mm)	299	299	299

DIAMETRO INTERNO			
MEDIDA No.	ESPECIMEN		
	A	B	C
1	201,15	200,68	200,39
2	200,45	201,12	201,46
3	200,58	200,28	201,18
4	200,72	200,16	200,02
PROMEDIO	200,73	200,56	200,76
APROX. (0,5mm)	200,5		

SE PULIO EL DIAMETRO EXTERNO DEL TUBO:

DATOS AMBIENTE

TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO: 23 °C
 TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO: 84 HORAS
 AMBIENTE DE ACONDICIONAMIENTO: AIRE
 HUMEDAD: 42 %

DATOS DEL ENSAYO

ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (KN)	S (KN/m ²)	OBSERVACIONES
	%	VALOR (mm)			
A	1,00	2,00	0,09	2,837	* DEFORMACION ASIMETRICA
	2,00	4,00	0,19	3,034	
	3,00	6,00	0,28	3,020	
	5,00	10,00	0,44	2,921	
	7,00	14,00	0,59	2,868	
	10,00	20,05	0,80	2,816	
	20,00	40,10	1,23	2,421	
	30,00	60,15	1,40	2,032	
	40,00	80,20	1,44	1,717	
	49,38	99,00	1,46	1,526	* FORMACION DEL CORBATIN
78,30	157,00	1,59	1,293	* FALLA	
B	1,00	2,00	0,09	2,837	* DEFORMACION ASIMETRICA
	2,00	4,00	0,19	3,034	
	3,00	6,00	0,28	3,020	
	5,00	10,00	0,45	2,987	
	7,00	14,00	0,60	2,916	
	10,00	20,05	0,81	2,851	
	20,00	40,10	1,25	2,460	
	30,00	60,15	1,43	2,075	
	40,00	80,20	1,47	1,753	
	47,38	95,00	1,49	1,597	* FORMACION DEL CORBATIN
74,81	150,00	1,62	1,347	* FALLA	
C	1,00	2,00	0,10	3,152	* ALGUNOS PERFILES INTENTARON ROMPERSE
	2,00	4,00	0,19	3,034	
	3,00	6,00	0,29	3,128	
	5,00	10,00	0,45	2,987	
	7,00	14,00	0,60	2,916	
	10,00	20,05	0,81	2,851	
	20,00	40,10	1,25	2,460	
	30,00	60,15	1,44	2,090	
	40,00	80,20	1,49	1,777	
	48,38	97,00	1,52	1,609	* FORMACION DEL CORBATIN
73,82	148,00	1,69	1,415	* FALLA	

RIGIDEZ DE ANILLO (S) = 3,06 (KN/m²)

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	FALLA
2.	FALLA
3.	FALLA

DATOS DEL ENSAYO

ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (KN)	S (KN/m ²)	OBSERVACIONES	
	%	VALOR (mm)				
A	Dl (mm): 182,5	1,00	1,80	0,26	9,044	* DEFORMACION ASIMETRICA
		2,00	3,65	0,51	8,866	
		3,00	5,50	0,79	9,235	
		5,00	9,10	1,31	9,492	
		7,00	12,75	1,78	9,437	
		10,00	18,25	2,39	9,180	
		20,00	36,50	3,55	7,626	
		30,00	54,75	3,95	6,256	
		37,81	69,00	4,00	5,403	* FORMACION DEL CORBATIN
		38,36	70,00	4,00	5,352	* FALLA
	40,00	73,00	3,99	5,193		
		1,00	1,80	0,29	10,021	* NO SE TOMO EL DATO DE FALLA
		2,00	3,65	0,54	9,326	
		3,00	5,50	0,83	9,639	
		5,00	9,10	1,35	9,717	
		7,00	12,75	1,83	9,638	
B		10,00	18,25	2,45	9,349	
		20,00	36,50	3,58	7,639	
		30,00	54,75	3,83	6,026	
Dl (mm):		40,00	73,00	3,81	4,926	
182,5	43,29	79,00	3,77	4,634	* FORMACION DEL CORBATIN	
		1,00	1,80	0,27	9,361	* ALGUNOS PERFILES INTENTARON ROMPERSE
		2,00	3,65	0,52	9,010	
		3,00	5,50	0,79	9,205	
		5,00	9,10	1,31	9,460	
		7,00	12,75	1,78	9,406	
C		10,00	18,25	2,40	9,188	
		20,00	36,50	3,57	7,643	
		30,00	54,75	4,02	6,346	
Dl (mm):		37,81	69,00	4,12	5,546	* FORMACION DEL CORBATIN
182,5	40,00	73,00	4,12	5,345		
	44,38	81,00	4,13	5,014	* FALLA	

RIGIDEZ DE ANILLO (S) = 9,36 (KN/m²)

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	FALLA
2.	FALLA
3.	FALLA

NOVAFORT PAVCO ENSAYO No.2

ENSAYO DE RIGIDEZ DE ANILLO NTC 4215

FECHA: DÍA: MES: AÑO:

IDENTIFICACION DEL MATERIAL

TIPO: PVC CORRUGADO (NOVAFORT) Ensayo No. 2
 ORIGEN: PAVCO
 COD. FABRICANTE: _____
 HISTORIA: _____
 NORMA DE FABRICACION: NTC 3722-1
 NORMA DE REFERENCIA: NTC 3722-1
 RIGIDEZ NOMINAL O CLASE DE PRESION: 8 kN/m²
 FECHA DE PRODUCCION: _____
 EDAD DEL TUBO A LA FECHA DE ENSAYO: _____

DIMENSIONES

LONGITUD (mm)			
MEDIDA	ESPECIMEN		
	A	B	C
1	302,40	303,30	303,50
2	303,00	301,10	303,60
3	303,10	301,70	302,00
PROMEDIO	302,83	302,03	303,03
APROX. (1mm)	303	302	303

DIAMETRO INTERNO			
MEDIDA No.	ESPECIMEN		
	A	B	C
1	182,28	182,48	182,5
2	181,92	182,54	182,54
3	181,96	182,31	182,29
4	182,53	182,44	182,49
PROMEDIO	182,17	182,44	182,46
APROX. (0,5mm)	182,5		

SE PULIO EL DIAMETRO EXTERNO DEL TUBO:

DATOS AMBIENTE

TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO: 23 °C
 TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO: 84 HORAS
 AMBIENTE DE ACONDICIONAMIENTO: AIRE
 HUMEDAD: 42 %

DATOS DEL ENSAYO

ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (KN)	S (KN/m ²)	OBSERVACIONES	
	%	VALOR (mm)				
A	DI (mm): 182,5	1,00	1,80	0,29	10,021	
		2,00	3,65	0,54	9,326	
		3,00	5,50	0,82	9,523	
		5,00	9,10	1,35	9,717	
		7,00	12,75	1,84	9,691	
		10,00	18,25	2,46	9,387	
		20,00	36,50	3,62	7,725	
		30,00	54,75	3,99	6,277	
		36,71	67,00	4,05	5,542	* FORMACION DEL CORBATIN
		40,00	73,00	4,05	5,237	
	40,55	74,00	4,05	5,191	* FALLA	
		1,00	1,80	0,29	10,054	
		2,00	3,65	0,58	10,050	
		3,00	5,50	0,84	9,787	
		5,00	9,10	1,35	9,749	
		7,00	12,75	1,83	9,670	
B		10,00	18,25	2,45	9,379	
		20,00	36,50	3,56	7,622	
		30,00	54,75	3,81	6,014	
DI (mm):		37,81	69,00	3,82	5,142	* FALLA
182,5		40,00	73,00	3,80	4,930	* FORMACION DEL CORBATIN
		48,77	89,00	3,71	4,250	
		1,00	1,80	0,28	9,676	* NO FALLO
		2,00	3,65	0,54	9,326	
		3,00	5,50	0,81	9,407	
		5,00	9,10	1,33	9,573	
		7,00	12,75	1,79	9,427	
C		10,00	18,25	2,39	9,120	
		20,00	36,50	3,52	7,511	
		30,00	54,75	3,96	6,230	
DI (mm):		36,99	67,50	4,05	5,514	* FORMACION DEL CORBATIN
182,5		40,00	73,00	4,07	5,263	

RIGIDEZ DE ANILLO (S) = 9,57 (KN/m²)

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	FALLA
2.	FALLA
3.	COLAPSO DEL TUBO

DATOS DEL ENSAYO

ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (KN)	S (KN/m ²)	OBSERVACIONES	
	%	VALOR (mm)				
A	Dl (mm): 181,0	1,00	1,80	0,38	13,353	
		2,00	3,60	0,73	12,995	
		3,00	5,45	1,14	13,584	
		5,00	9,05	1,86	13,690	
		7,00	12,65	2,50	13,494	
		10,00	18,10	3,31	12,948	
		20,00	36,20	4,67	10,217	
		30,00	54,30	4,96	8,000	
		33,15	60,00	4,97	7,474	* FALLA
		40,00	72,40	4,78	6,336	
	44,20	80,00	4,78	5,942	* FORMACION DEL CORBATIN	
					* SE SOLTO LA PARED DEL CORRUGADO	
		1,00	1,80	0,39	13,704	
		2,00	3,60	0,75	13,351	
		3,00	5,45	1,14	13,584	
		5,00	9,05	1,86	13,690	
		7,00	12,62	2,51	13,577	
B		10,00	18,10	3,31	12,948	
		20,00	36,20	4,66	10,195	
		30,00	54,30	4,95	7,984	
Dl (mm):		32,43	58,70	4,91	7,497	* FALLA
	181,0	40,00	72,40	4,75	6,297	
		45,86	83,00	4,61	5,603	* FORMACION DEL CORBATIN
						* SE SOLTO LA PARED DEL CORRUGADO
		1,00	1,80	0,38	13,398	
		2,00	3,60	0,72	12,860	* SE FORMARON ONDULACIONES EN LA PARTE SUPERIOR DEL CORRUGADO
		3,00	5,45	1,11	13,271	
		5,00	9,05	1,82	13,441	
		7,00	12,65	2,44	13,214	
C		10,00	18,10	3,22	12,639	
		20,00	36,20	4,57	10,031	
		30,00	54,30	4,91	7,946	
Dl (mm):		32,87	59,50	4,91	7,451	* FALLA
	181,0	40,00	72,40	4,76	6,331	

RIGIDEZ DE ANILLO (S) = 13,48 (KN/m²)

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	FALLA
2.	FALLA
3.	FALLA

PVC GERFOR CORRUGADO ENSAYO No.2

ENSAYO DE RIGIDEZ DE ANILLO NTC 4215

FECHA: DÍA: MES: AÑO:

IDENTIFICACION DEL MATERIAL

TIPO: PVC CORRUGADO Ensayo No. 2
 ORIGEN: GERFOR
 COD. FABRICANTE: _____
 HISTORIA: _____
 NORMA DE FABRICACION: NTC 3722-1
 NORMA DE REFERENCIA: NTC 3722-1
 RIGIDEZ NOMINAL O CLASE DE PRESION: _____
 FECHA DE PRODUCCION: _____
 EDAD DEL TUBO A LA FECHA DE ENSAYO: _____

DIMENSIONES

MEDIDA	LONGITUD (mm)		
	ESPECIMEN		
	A	B	C
1	296,80	297,80	297,50
2	297,50	297,50	298,20
3	297,80	297,60	297,40
PROMEDIO	297,37	297,63	297,70
APROX. (1mm)	297	298	298

MEDIDA No.	DIAMETRO INTERNO		
	ESPECIMEN		
	A	B	C
1	181,68	181,69	181,75
2	181,08	181,02	181,36
3	180,91	180,40	180,88
4	180,25	181,10	181,05
PROMEDIO	180,98	181,05	181,26
APROX. (0,5mm)	181,0		

SE PULIO EL DIAMETRO EXTERNO DEL TUBO:

DATOS AMBIENTE

TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO: 23 °C
 TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO: 84 HORAS
 AMBIENTE DE ACONDICIONAMIENTO: AIRE
 HUMEDAD: 42 %

DATOS DEL ENSAYO

ESPECIMEN	DIAMETRO INTERIOR		CARGA (KN)	S (KN/m ²)	OBSERVACIONES	
	%	VALOR (mm)				
A	DI (mm): 181,0	1,00	1,80	0,39	13,750	*SE GENERA FATIGA EN EL MATERIAL POR LOS EXTREMOS DEL TUBO
		2,00	3,60	0,74	13,217	
		3,00	5,45	1,14	13,630	
		5,00	9,05	1,87	13,810	
		7,00	12,65	2,50	13,539	
		10,00	18,10	3,30	12,953	
		20,00	36,20	4,65	10,207	
		30,00	54,30	4,95	8,011	
		34,25	62,00	4,95	7,302	* FALLA
		40,00	72,40	4,86	6,464	
43,65	79,00	4,77	6,000	* FORMACION DEL CORBATIN		
B	DI (mm): 181,0	1,00	1,80	0,39	13,704	*SE GENERA FATIGA EN EL MATERIAL POR LOS EXTREMOS DEL TUBO
		2,00	3,60	0,76	13,529	
		3,00	5,45	1,17	13,942	
		5,00	9,05	1,88	13,837	
		7,00	12,62	2,51	13,577	
		10,00	18,10	3,35	13,105	
		20,00	36,20	4,71	10,304	
		30,00	54,30	4,97	8,016	
		30,39	55,00	4,97	7,944	* FALLA
		40,00	72,40	4,79	6,350	
45,58	82,50	4,63	5,649	* FORMACION DEL CORBATIN		
C	DI (mm): 181,0	1,00	1,80	0,35	12,299	* SE SOLTO LA PARED DEL CORRUGADO
		2,00	3,60	0,70	12,461	*SE GENERA FATIGA EN EL MATERIAL POR LOS EXTREMOS DEL TUBO
		3,00	5,45	1,07	12,750	
		5,00	9,05	1,79	13,175	
		7,00	12,65	2,42	13,062	
		10,00	18,10	3,21	12,557	
		20,00	36,20	4,60	10,063	
		30,00	54,30	4,95	7,984	
		33,15	60,00	4,96	7,459	* FALLA
		40,00	72,40	4,81	6,376	
41,44	75,00	4,77	6,181	* FORMACION DEL CORBATIN		

RIGIDEZ DE ANILLO (S) = 13,44 (KN/m²)

MOTIVO DE FINALIZACION DEL ENSAYO

1.	FALLA
2.	FALLA
3.	FALLA

MODULO C

INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA

**CAUSAS, EXPERIENCIAS EN ALGUNAS
EMPRESAS COLOMBIANAS E INFLUENCIA
EN LA TARIFA**

C.1 OBJETIVOS

C.1.1 Objetivo general. Investigar que factores influyen en el índice de agua no contabilizada, en acueductos, centrando el interés en las ventajas proporcionadas por las tuberías de polietileno, pretendiendo buscar un estímulo en las empresas distribuidoras de agua potable, para que instalen este tipo de tubería en sus proyectos.

C.1.2 Objetivos específicos.

- Recopilar y estudiar información acerca del tema.
- Indagar a los clientes de tubería de polietileno, sobre sus experiencias respecto al tema con tubería de polietileno.
- Analizar información obtenida.
- Desarrollar el respectivo Documento.

C.2 INTRODUCCION

En los últimos tiempos, nuestro país ha sufrido grandes transformaciones con sus respectivas exigencias y desarrollos, por las cuales el sector de agua potable ha tenido que adaptarse permanentemente con el objeto de alcanzar una mayor efectividad y un mayor desempeño.

Para llevar un seguimiento de dichas transformaciones, se crearon diferentes indicadores de desempeño, con base a los diferentes sistemas de información como: la superintendencia de servicios públicos, diferentes ministerios y demás entes interesados en el tema.

Algunos de estos indicadores son:

- Ø Cobertura de servicio y distribución por estrato.
- Ø Calidad del agua.
- Ø Continuidad del servicio.
- Ø Cobertura en medición.
- Ø Índice de agua no contabilizada.

Para el presente estudio, se centrara el interés en el Índice de Agua no Contabilizada (I.A.N.C.).

Las diferentes empresas encargadas de la prestación del servicio publico de acueducto en nuestro país, en los últimos años se han interesado en lo que hoy se conoce como agua no contabilizada (Agua Producida menos Agua Facturada), debido a que el agua facturada es mucho menor a la producida en plantas potabilizadoras, por diferentes factores. Lo anterior aparte de representar un desperdicio del preciado líquido, también interviene en la capacidad de sostenibilidad de dichas empresas debido a las perdidas financieras generadas.

Para el desarrollo del tema se tendrán en cuenta diferentes aspectos como: las posibles causas de los factores influyentes en su cálculo, el avance que ha tenido este a lo largo del tiempo en algunas empresas prestadoras de servicios públicos, las cuales han aplicado diferentes soluciones en busca de reducir este índice y por ultimo la influencia de estas perdidas en las formulas tarifarias.

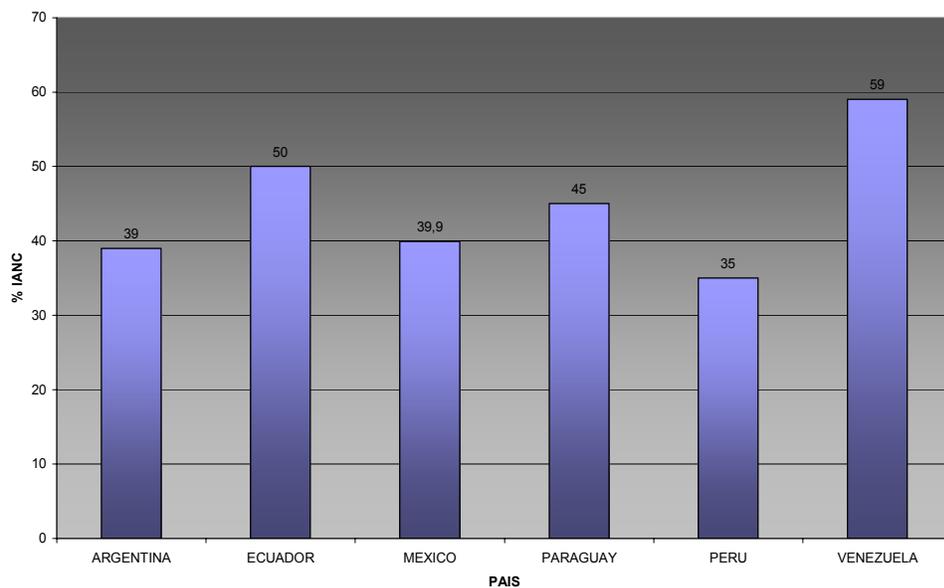
C.3 ASPECTOS PRELIMINARES

C.3.1 Índice de agua no contabilizada en algunos países latinoamericanos.

Tabla 23: I.A.N.C. en Latinoamérica

AÑO DATO	PAIS	% IANC
2003	ARGENTINA	39
1999	ECUADOR	50
1999	MÉXICO	39,9
2003	PARAGUAY	45
2000	PERU	35
1998	VENEZUELA	59

Grafico 5: I.A.N.C. en Latinoamérica.



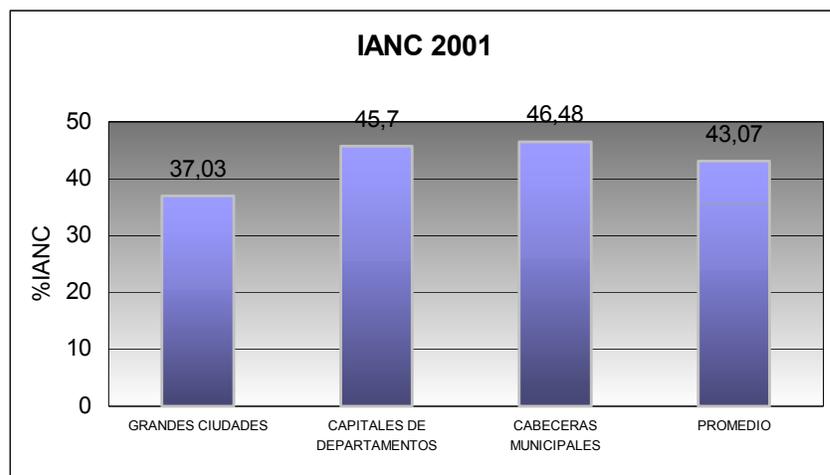
C.3.2 Índice de agua no contabilizada en Colombia. El índice de agua no contabilizada aun presenta niveles altos, aunque las grandes empresas han hecho esfuerzos importantes para bajar las perdidas, pero en municipios pequeños y medianos la tendencia es a su aumento, en gran medida debido al deterioro progresivo de la infraestructura y a los esfuerzos a que se somete el sistema ante la falla de continuidad del servicio.

INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA

(Fuente, estadísticas, CRA, 2001)

Grandes ciudades	37.03%
Capitales de departamentos	45.70%
Cabeceras municipales	46.48%
Promedio	43.07%

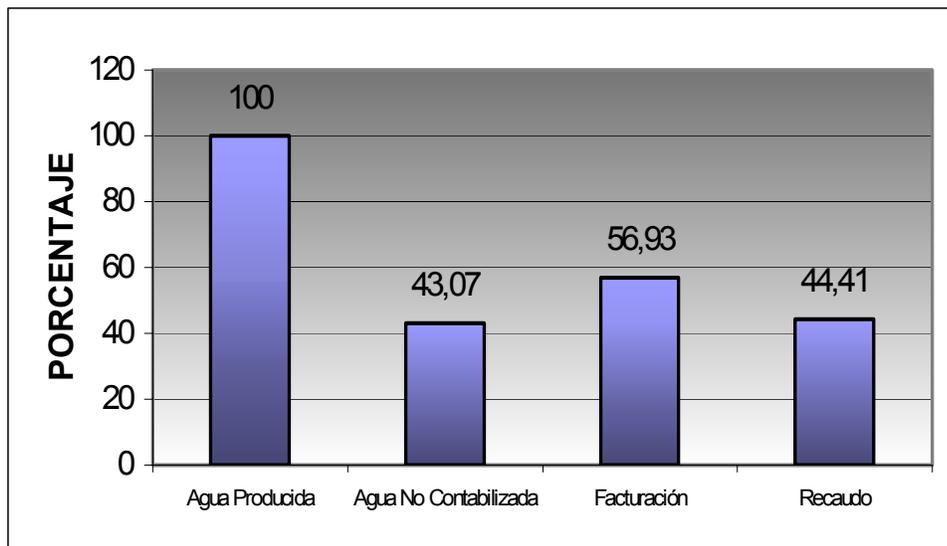
Grafico 6: I.A.N.C. en Colombia



C.3.3 Diagnostico comercial de las empresas prestadoras del servicio de agua potable en Colombia (general). Los índices de agua no contabilizada, muestran que en nuestro país, de 100 metros cúbicos producidos, se pierden 43.07 y se facturan 56.93, de los cuales se recauda el 78%; es decir que de los 100 producidos solo se recupera el dinero correspondiente a 44.41 metros cúbicos.

Es todavía más grave esta situación cuando se observan municipios pequeños y medianos en los cuales el índice de agua no contabilizada oscila entre el 40% y el 50% y el recaudo entre 60% y 70%, es decir que de 100 metros cúbicos producidos solo se recuperan entre 30 y 40 metros cúbicos.

Grafico 7: Diagnostico comercial I.A.N.C. en Colombia

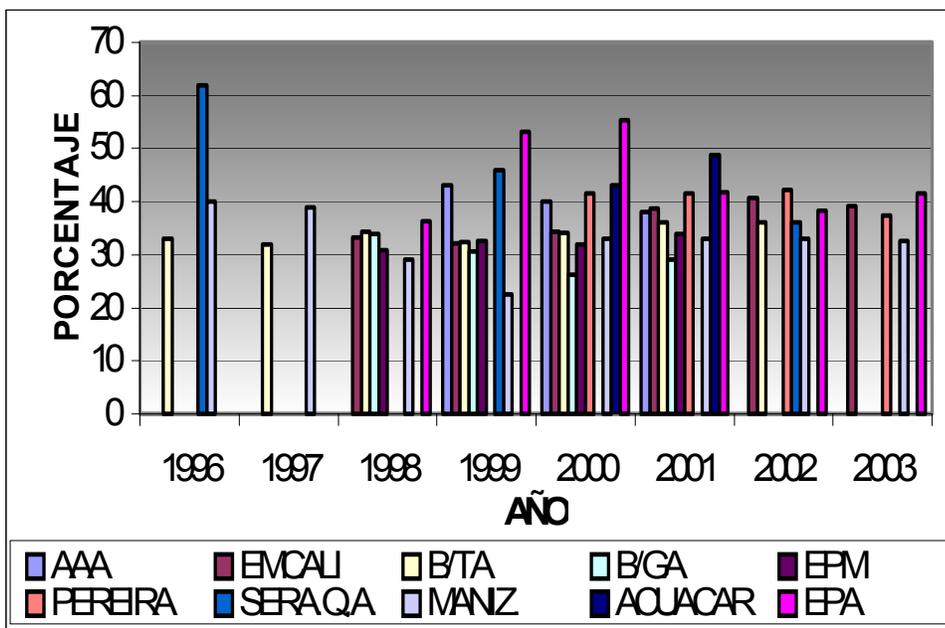


C.3.4 Historia del IANC en algunas ciudades del país. A continuación se presentan los valores de IANC obtenidos a lo largo del tiempo en diferentes ciudades del país.

Cuadro 24: Historia I.A.N.C en ciudades Colombianas

	AÑO							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
AAA - BARRANQUILLA	-	-	-	43,00	40,00	38,00	-	-
EMCALI	-	-	33,16	32,13	34,26	38,63	40,72	39,19
ACUEDUCTO DE B/TA	33,10	32,00	34,40	32,40	34,10	36,00	36,20	-
ACUEDUCTO DE B/GA	-	-	34,00	30,70	26,20	29,00	-	-
EPM - MEDELLIN	-	-	30,93	32,68	31,91	33,95	-	-
AGUAS Y AGUAS - PEREIRA	-	-	-	-	41,64	41,56	42,16	37,45
SERAQUA - TUNJA	62,00	-	-	46,00	-	-	36,00	-
AGUAS DE MANIZALES	40,00	39,00	29,00	22,50	33,00	33,00	33,00	32,50
ACUACAR - CARTAGENA	-	-	-	-	43,00	48,88	-	-
EPA - ARMENIA	-	-	36,35	53,25	55,25	41,82	38,37	41,67

Grafico 8: Historia I.A.N.C. en ciudades Colombianas



C.4 INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA

Cuando se refiere al Índice de agua no contabilizada básicamente se habla del porcentaje de agua que se produce pero que por ciertas causas se pierde, es decir la diferencia entre el volumen de agua suministrada por las plantas y el volumen de agua registrada y facturada.

Las causas nombradas anteriormente se dividen en dos:

Causas físicas o técnicas: Las cuales tiene que ver con las fugas en general, ya sea reboses en tanques de almacenamiento, fugas en las redes de distribución, agua que se toma de hidrantes, consumo de agua en operaciones de desinfección de redes y/o tanques, por mal funcionamiento de elementos que conforman la red.

Una fuga se puede definir como escape incontrolado de agua debido a fallas en tuberías y accesorios, estas se dividen a su vez en dos:

Detectables: Este tipo de fugas son muy fáciles de definir pues como su nombre lo dice son visibles (Reactivas).

No Detectables: A diferencia de las anteriores, estas por la ubicación de la falla no es posible reconocerlas debido a que ocurren por lo general debajo de la superficie después de instalada (Proactivas). Para el reconocimiento de estas fugas se hace necesario el uso de la tecnología como lo son los equipos geófonos, inyección de gas, entre muchos otros.

Causas no físicas o comerciales: Estas se refieren al agua que es consumida pero que no es registrada y por tanto no es facturada, dentro de estas se encuentra el agua obviada por errores de medición (ya sea en macro o micromedición) y las conexiones fraudulentas.

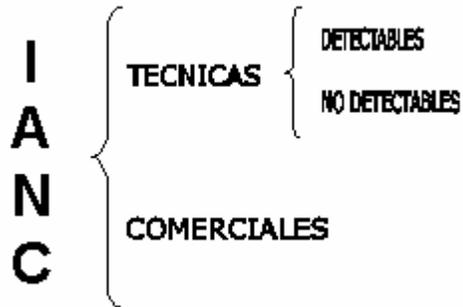


Figura 25: Clasificación Perdidas

- ***Dentro de las pérdidas físicas o técnicas se encuentran:***
 - DETERIORO DEL MATERIAL DE LAS TUBERIAS POR EL TIPO DE SUELO QUE LAS RODEA.
 - FALTA DE MANTENIMIENTO A LA RED.
 - ASENTAMIENTOS DEL TERRENO HACEN QUE LAS TUBERIAS SE ROMPAN.
 - MOVIMIENTOS SISMICOS.
 - CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LAS REDES.
 - SISTEMA DE UNIONES.
 - MALA OPERACIÓN DEL SISTEMA, CAUSANDO PRESIONES EN UN RANGO SUPERIOR O INFERIOR AL DE DISEÑO.
 - REBOSES EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO CUANDO ESTOS SON OPERADOS MANUALMENTE O CUANDO SU SISTEMA DE CONTROL SE ENCUENTRA EN MAL ESTADO.
 - MUCHO TIEMPO EN RESPUESTA A DAÑOS GENERADOS EN LA RED.
 - FALTA DE INFORMACION CATASTRAL DE LA RED.

- ***Dentro de las perdidas no físicas o comerciales se encuentran:***
 - CONEXIONES FRAUDULENTAS.
 - CONSUMOS POR OPERACIÓN DE LAVADO DE PLANTAS DE POTABILIZACION, TUBERIAS Y/O TANQUES DE ALMACENAMIENTO.
 - ERROR Y DEFICIENCIA EN APARATOS DE MEDICION (Macromedición y Micromedición).
 - CARENCIA DE UN STOCK MINIMO EN EL ALMACEN DE LAS EMPRESAS PRESTADORAS DEL SERVICIO.
 - FALTA DE INFORMACION CATASTRAL DE USUARIOS.
 - CORRUPCION DENTRO DE LA EMPRESA PRESTADORA DEL SERVICIO.

C.4.1 Porcentajes a nivel general. A grosso modo se presentan los porcentajes de perdidas de acuerdo a su categoría. La primera es por error de medición, estas aportan un 40% de las perdidas de una empresa de acueducto. La segunda son las fugas las cuales contribuyen con un 35% a la perdida. EL 25% restante esta representado en la tercera causa que son las conexiones clandestinas, fraudes o robos.

La primer y tercer causa, es agua que se consume, pero no se factura. Se puede decir que es agua que no se pierde pero que de todas formas representa perdidas de orden financiero a una empresa.

A continuación se analizaran individualmente en forma detallada unas de las posibles causas influyentes en el índice de agua no contabilizada.

C.5 CAUSAS

C.5.1 Causas físicas o técnicas.

DETERIORO DEL MATERIAL DE LAS TUBERIAS POR EL TIPO DE SUELO QUE LAS RODEA (ácidos orgánicos, llenos con basuras, arcillas, suelos limosos, etc.).

✓ **Influye la tubería: SI**

En su origen, todos los suelos son el producto de la alteración química o de la desintegración mecánica de un macizo rocoso, el cual ha sido expuesto a los procesos de intemperismo. Posteriormente los componentes del suelo pueden ser modificados por los medios de transporte como el agua, el viento, el hielo y también por la inclusión y descomposición de materia orgánica.

En consecuencia al proceso descrito anteriormente de manera breve, los suelos presentan diferentes composiciones de sustancias químicas que pueden ser incompatibles con materiales usados en la fabricación de tuberías, creando reacciones que resultan poco benéficas para el correcto funcionamiento del sistema ya sea acueducto, alcantarillado, drenajes, etc.

A continuación se presentan las bondades de las tuberías de polietileno respecto a resistencia a los agentes químicos.

El polietileno es una poliolefina de alto peso molecular con una estructura apolar similar a la de los hidrocarburos parafínicos, lo que les proporciona una excelente resistencia a los agentes químicos.

Por tanto se puede decir que son resistentes químicamente a suelos agresivos, incluso a suelos con alto contenido de yeso.

Una vez enterradas las tuberías de polietileno, sus características permanecen invariables.

FALTA DE MANTENIMIENTO A LA RED.

✓ **Influye la tubería: SI**

El objetivo principal en la función de mantenimiento es asegurar que todos los recursos físicos de la empresa cumplan y sigan cumpliendo la función para la cual fueron diseñados.

Para el correcto funcionamiento de un sistema cualquiera que sea, es necesario implantar una unidad de mantenimiento con el fin de establecer un procedimiento para el mantenimiento predictivo, proactivo y preventivo.

Este mantenimiento se refiere a la conservación y reposición de los diferentes elementos que constituyen la red de acueducto como tuberías, válvulas, bombas, tanques, plantas, etc.

En este ítem nos interesan los problemas que ocurren con las tuberías a lo largo de su vida útil.

Después de un determinado periodo de servicio las tuberías tienden a desgastarse en la pared interna, por **efectos abrasivos** los cuales se producen por la fricción entre fluido y tubo, lo cual conlleva a la posterior falla de la tubería por estado límite de servicio.

Otros problemas que suelen presentarse son: **incrustaciones**, las cuales suelen presentarse por rugosidades altas en las paredes internas de la tubería, y la sensibilidad alta a la reactividad química del material para la fabricación del ducto y la **corrosión**, esta es definida como el deterioro de un material metálico

a consecuencia de un ataque químico por su entorno. La corrosión que habitualmente afecta a tuberías es la corrosión húmeda, un proceso electroquímico que necesita tres condiciones para desarrollarse espontáneamente: ánodo, cátodo y electrolito (solución acuosa eléctricamente conductora). *Si alguno falta, la corrosión se detiene.*

Lo anterior no sólo implica pérdida de capacidad de caudal en tuberías, sino también excesos de consumo de energía para producir calentamiento o enfriamiento, y más importante aún, el incremento de posibilidades de fallas catastróficas en maquinarias sobrecalentadas.

Un factor muy importante en este ítem es la **vida útil** de los elementos que constituyen las redes.

Cabe aclarar que no solo estos cuatro factores nombrados con anterioridad son los que se deben tener en cuenta para el mantenimiento, existen otros los cuales se irán tocando en el transcurso de este informe como por ejemplo la capacidad de resistir esfuerzos por causa de sobre o supresiones en el sistema, debido a que pertenecen también a otras áreas.

A continuación se presentan las bondades de las tuberías de polietileno respecto a lo anteriormente dicho.

Las tuberías de polietileno demuestran una gran resistencia a la erosión por rozamiento con materiales abrasivos. La escasa rugosidad del material reduce el coeficiente de rozamiento, y con ello la abrasión de las superficies.

El polietileno es un material no conductor eléctrico, lo que permite prescindir de protecciones catódicas en las instalaciones. No se producen reacciones electrolíticas que provoquen corrosión por efectos de potenciales eléctricos diferentes.

Las conducciones de polietileno no requieren por tanto en ningún caso protecciones contra corrientes galvánicas.

Además, puesto que la superficie especular impide la formación de incrustaciones por precipitación de carbonatos u otros productos y al no presentar fenómenos de corrosión, las tuberías de polietileno mantienen constante su sección.

Respecto de la capacidad para resistir variaciones de presión, el Polietileno sometido a una tensión muy alta pero durante escasos segundos, como es el efecto de golpe de ariete, ofrece un modulo de elasticidad muy alto en esos primeros momentos. Esto significa un excelente comportamiento del polietileno a situaciones puntuales.

Por otro lado, gracias a los valores de celeridad (velocidad de propagación de la onda) bajos de las tuberías de polietileno, las sobrepresiones que pueden producirse son muy inferiores a las que se presentan empleando materiales tradicionales y por lo tanto, el costo de las medidas necesarias para atenuar el golpe es menor.

Las características anteriormente descritas y otras más se ensayan en el laboratorio simulando condiciones adversas de funcionamiento durante largos periodos de tiempo, comprobándose que en un plazo de 50 años, las características se mantienen imperturbables o dentro de los márgenes de seguridad de diseño.

ASENTAMIENTOS DEL TERRENO HACEN QUE LAS TUBERIAS SE ROMPAN.

✓ **Influye la tubería: SI**

Cuando se habla de asentamientos del terreno, se refiere a un conjunto movimientos presentados por diversas causas como aplicación de cargas en la

superficie del terreno, presencia de arcillas expansivas las cuales se hinchan en presencia de agua, consolidación de suelos, entre otras.

Estos movimientos anteriormente nombrados hacen que se generen lo que se llama asentamientos diferenciales, los cuales son fatales para muchas obras civiles, debido a la aparición de fuerzas extras no consideradas en el diseño.

A continuación se presentan las bondades de las tuberías de polietileno respecto a su flexibilidad.

Las tuberías de polietileno están especialmente indicadas para conducciones enterradas en suelos movedizos o con alta capacidad sísmica, puesto que los asentamientos diferenciales pueden ser absorbidos por la tubería sin riesgo de fisuras, ya que por su bajo modulo de elasticidad, tiene el grado de flexibilidad que permite realizar en frío curvas importantes.

MOVIMIENTOS SISMICOS

✓ **Influye la tubería: SI**

Los sismos o temblores son Movimientos imperceptibles o ligeramente perceptibles a sacudimiento violento de la Tierra, producido por el paso de las ondas generadas por el desplazamiento repentino de las rocas por debajo de la superficie de la Tierra (choque de placas tectónicas).

Estos movimientos suelen deteriorar cuanta obra se encuentre en su área de afectación llámese viviendas, tanques, redes de distribución, entre otras.

Pero, ¿Cómo es el comportamiento de las tuberías de polietileno frente a los terremotos? Hasta el año 1998 no se contaba con una respuesta a esta pregunta basada en estudios o datos. Se creía que por las características del

material que este comportamiento debía ser excelente, dadas su flexibilidad, sistemas de unión, métodos de instalación y propiedades físico-mecánicas.

En el año de 1998, se conoció un artículo publicado en las memorias del PLASTICS PIPE X. SISTEMAS DE TUBERIA PLASTICA PARA EL MILENIO. SEPT/98, llamado "The evolution and present state of polyethylene (PE) water pipes in Japan" por Hisachika Honda, en donde se reporta las fallas de tuberías y fugas presentadas durante el terremoto de Kobe en el Japón en 1995. Estos fueron los primeros datos que corroboraron el buen desempeño de estas tuberías frente a movimientos telúricos.

A continuación se presenta la tabla donde se encuentran los índices de daño (numero de daños por kilómetro de tubería instalada).

Cuadro 25: Tasa de daño por tubería

TASA DE DAÑO POR TIPO DE TUBERIA	
TIPO DE TUBERIA	TASA DE DAÑO
DCIP	0,488
CIP	1,508
PVC	1,430
ACERO	0,437
A/C	1,782
PE	0,000

DCIP: Hierro Dúctil.

CIP: Hierro Fundido.

PVC: Policloruro de Vinilo.

A/C: Asbesto-Cemento.

PE: Polietileno.

A continuación se presentan las bondades de las tuberías de polietileno respecto al tema tratado.

Como ya se había dicho en el anterior parámetro las tuberías de polietileno están especialmente indicadas para conducciones enterradas en suelos movedizos o con alta capacidad sísmica, puesto que los ACENTAMIENTOS diferenciales pueden ser absorbidos por la tubería sin riesgo de fisuras, ya que por su bajo modulo de elasticidad, tiene el grado de flexibilidad que permite realizar en frío curvas importantes.

Respecto a esto la empresa EXTRUCOL S.A. también posee un estudio respecto del comportamiento de sus tuberías frente a los terremotos; este se realizo después del terremoto del 25 de Enero en la Zona Cafetera a tubería para gas, arrojando los mismos resultados de Kobe, tasa de daños igual a cero. De igual forma se revisaron dimensiones de la tubería, calidad en uniones entre otras características, presentando todos los valores dentro de los rangos exigidos por las normas adoptadas.

CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LAS REDES.

✓ **Influye la tubería: SI**

Quizá este es uno de los ítems de mayor importancia, pues la red esta compuesta de muchos elementos, los cuales deben funcionar en conjunto para lograr un eficiente servicio.

La garantía de calidad es una de las principales preocupaciones de todos los fabricantes de cualquier producto. El Sello de Calidad y el Certificado de Conformidad deben convertirse en el signo inequívoco de un producto reconocido como fiable y seguro.

La ventaja de usar materiales avalados con sellos de calidad, es en ultimas una garantía que el producto adquirido a pasado por pruebas estandarizadas, las cuales miden la eficiencia y desempeño.

A continuación se presentan las bondades de las tuberías y accesorios de polietileno ofrecidos por EXTRUCOL S.A. respecto al tema de calidad ofrecida en sus productos.

El control de calidad de EXTRUCOL S.A. se extiende a todas las áreas de la empresa, atendiéndolo como un sistema de calidad orientado a un mejoramiento continuo de todos y cada uno de sus colaboradores, de sus productos y servicios, de manera que se puedan satisfacer todas las necesidades al cliente.

SISTEMA DE UNIONES.

Influye la tubería: SI

Las uniones son las que se encargan de garantizar las condiciones de hermeticidad y continuidad al sistema de distribución, estas son propensas a fallas debido a las malas prácticas constructivas y a la falta de homogeneidad en el material en la zona de junta.

EXTRUCOL S.A. usa para las pegas de sus tubos de Polietileno, métodos confiables de fácil y rápida ejecución garantizando la estanqueidad de la misma. Estos métodos son Termofusión, Electrofusión o uniones Mecánicas, esto último le permite unirse a cualquier otra tubería, PVC, hierro, asbesto-cemento, etc.

Termofusión: Proceso donde se combina la acción de la temperatura y la fuerza, dando como resultado dos superficies entrelazadas, después de un procedimiento de unión. Existen tres métodos para realizar la unión por Termofusión:

- Tope.
- Socket.
- Fusión con silleta.

Electrofusión: Proceso que se lleva a cabo con un accesorio especial para esta, el cual cuenta con unas resistencias internas las cuales al hacer circular energía eléctrica, estas se calientan fundiendo tanto el material del accesorio como el de la tubería a unir.

Los anteriores métodos nombrados son superiores a los mecánicos, debido a que las pegas o uniones se pueden realizar fuera de la zanja generando una facilidad en la construcción, mientras que en el mecánico se debe realizar dentro de la zanja; garantiza un 100% de confiabilidad en cuanto a la continuidad de material (homogeneidad) en la zona de junta, mientras que en el mecánico la continuidad depende de el maestro ensamblador en obra; etc.

MALA OPERACIÓN DEL SISTEMA, CAUSANDO PRESIONES EN UN RANGO SUPERIOR O INFERIOR AL DE DISEÑO.

✓ **Influye la tubería: NO**

Uno de los mayores problemas en las redes de acueductos es el manejo de altas presiones ya sea por la topografía del lugar, forma del sistema de distribución y la manipulación inoportuna de elementos como bombas y/o válvulas produciendo el golpe de ariete entre otros.

Debido a que se pueden alcanzar presiones mayores a las de diseño lo cual puede producir la falla de la tubería en su cuerpo o en la unión.

Cabe destacar que estos aumentos de presión pueden repercutir en los medidores conectados a las acometidas individuales, ya que en el momento de su escogencia se tenían otras condiciones previstas en su funcionamiento. Por

ende este se deteriorara más rápido que lo estipulado para su vida útil, presentando así errores en la micromedición.

A continuación se presentan algunos factores importantes en la variabilidad de presiones.

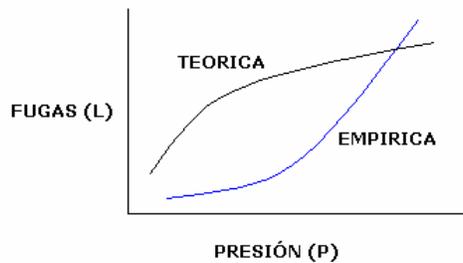
Topografía: Entre mas montañosa sea esta se pueden lograr altas presiones por gravedad.

Golpe de Ariete: Fuerza vibradora generada en una conducción cuando un fluido no compresible es parado abruptamente. Cuando se tiene una desaceleración brusca en un fluido no compresible, debido a un cierre rápido la energía cinética que traía el fluido choca contra una barrera que puede ser una válvula, una compuerta y se convierte en energía elástica que viaja en la dirección contraria al flujo hasta que encuentre otra barrera. Pero ahí no para, sino que se devuelve en menor cantidad hasta que luego de unos ciclos se disipa.

Redes de Distribución: Conjunto de tuberías por medio de las cuales se distribuye agua potable a las viviendas y demás establecimientos públicos y privados en la cantidad y calidad requerida a cierta presión de servicio. Si la red es abierta se generaran mayores presiones y por lo contrario si es cerrada la continuidad generada por los circuitos, aliviaran la aleatoriedad de esta.

En general la variación de las fugas debido a las presiones se comporta más o menos de la siguiente forma:

Grafico 9: Presión Vs. Fugas



NOTA: Este ítem por lo general se ataca mediante la instalación de válvulas reductoras de presión, debido a que es más económico que reemplazar la tubería existente.

REBOSES EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO CUANDO ESTOS SON OPERADOS MANUALMENTE O CUANDO SU SISTEMA DE CONTROL SE ENCUENTRA EN MAL ESTADO.

× **Influye la tubería: NO**

El consumo de agua en una comunidad no es constante, sino que fluctúa a través del tiempo, presentando variaciones horarias, siendo mayor el consumo durante las horas del día que en las de la noche. Si se tiene en cuenta que la alimentación de los tanques de almacenamiento o de compensación con agua potabilizada desde las plantas de tratamiento es totalmente constante e igual al caudal máximo diario, se requiere la construcción de uno o varios tanques reguladores que amortigüen las demandas horarias, almacenando agua en el tiempo donde la demanda en la red es menor que el suministro del tanque, de tal manera que en los periodos en los cuales la demanda en la red es mayor que el suministro, el agua acumulada complementa el suministro.

Los reboses son generados debido a que por lo general el control de regulación de los tanques, es responsabilidad del operario, el cual en un descuido puede

dejar la válvula de alimentación abierta generando aumento incontrolado de nivel y el posterior derrame o rebose del preciado líquido.

TIEMPO DE RESPUESTA A DAÑOS GENERADOS EN LA RED.

× **Influye la tubería: NO**

Normalmente estas pérdidas son muy representativas, debido a que desde el momento que se genera el daño al instante de la reparación por parte de la empresa prestadora de servicios pueden pasar muchas horas inclusive días, y mientras pasa el tiempo mas y mas agua se pierde, por lo general esta va a parar en las alcantarillas o va a recargar acuíferos. Cabe anotar que existen unos factores indirectos como los laborales y sindicales de las empresas prestadoras del servicio, los cuales de acuerdo a la situación interna, impiden atender rápidamente los daños reportados por la comunidad.

Estas por lo general se ven en construcciones a nivel excavaciones, ya que es en esta etapa donde por lo general se rompen las diversas instalaciones enterradas.

FALTA DE INFORMACION CATASTRAL DE LA RED.

× **Influye la tubería: NO**

Cuando se habla de catastro, básicamente se refiere a un inventario de todas las características como marca y referencia, año de instalación, material, diámetros, profundidad de instalación entre otras, de los elementos de la red de distribución. En resumen recopila información especializada acerca de los elementos de infraestructura del territorio, incluyendo elementos de gestión.

Una herramienta eficiente con la que se cuenta son los S.I.G. (Sistemas de Información Geográfica), los cuales permiten manejar una serie de datos

espaciales (información geográfica) y realizar análisis complejos con éstos siguiendo los criterios impuestos por el equipo científico (personal), accediendo el usuario a la realización de consultas ágiles y una posterior toma de decisiones más confiable.

Cabe resaltar que la información registrada en el S.I.G. puede ser una de las principales fuentes para la modelación o simulación de muchos sistemas que conforman la red como presiones, sectorización, ubicación de válvulas, etc.

C.5.2 Causas no físicas o comerciales.

CONEXIONES FRAUDULENTAS.

× Influye la tubería: NO

Una conexión fraudulenta es simplemente una derivación no autorizada por la empresa prestadora del servicio, por tanto se consume agua pero no se cuantifica ni se cobra.

Estar conectado de forma fraudulenta es delito penal desde el año 2002.

Cabe resaltar un aspecto de suma importancia en este ítem, aparte del agua que se pierde por dicha acometida, también existe otro tipo de fuga generada por la unión entre el tubo matriz y el tubo pirata, debido a que por lo general estas uniones no se hacen con las buenas practicas constructivas que se debiera y tampoco se usan los implementos necesarios.

CONSUMOS POR OPERACIÓN DE LAVADO DE PLANTAS DE POTABILIZACIÓN, TUBERÍAS Y/O TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

x Influye la tubería: NO

Como es normal a ciertos elementos después de un periodo de uso, se les debe aplicar unos procedimientos que garanticen su higiene o limpieza, que en un sistema de acueducto será sinónimo de higiene.

En plantas de tratamiento después de un cierto periodo de tiempo es necesario lavar los filtros por acumulación de los flóculos pequeños que se remueven en la sedimentación. Esto se realiza por inversión del flujo, haciendo pasar grandísimas cantidades de agua de las cuales un alto porcentaje van a sumar a la hora de hacer las cuentas del agua no contabilizada. De igual forma ocurre con el aseo de canales, tanques, tubería, entre otros.

NOTA: Para reducir estas pérdidas, se puede utilizar un sistema de embalse aguas abajo, para sedimentar las aguas usadas para el lavado y devolver el líquido a la captación.

ERROR Y DEFICIENCIA EN APARATOS DE MEDICIÓN (Macromedición y Micromedición).

x Influye la tubería: NO

Macromedición: Cuantificación de caudales captados, conducidos y distribuidos. Estos se deben colocar a nivel de plantas de tratamiento de aguas potables y a la salida de tanques de almacenamiento con el fin de obtener la dotación real de los sistemas y distintos sectores de abastecimiento de agua.

Micromedición: Cuantificación periódica del consumo de agua de cada usuario con fines de facturación, asegurar que los consumos sean racionales y para mantener un equilibrio adecuado entre la producción y la demanda de agua.

Existen todavía muchos lugares donde se cobra tarifa fija sin elementos de medida alguna (sobre todo en barrios de invasiones), creando la posibilidad del despilfarro de agua y la incertidumbre en la cubicación real de lo consumido. Así mismo hace falta la implementación de una cultura de macromedición eficiente, ya que esta no está en el nivel que debería.

CARENCIA DE UN STOCK MINIMO EN EL ALMACEN DE LAS EMPRESAS PRESTADORAS DEL SERVICIO.

× **Influye la tubería: NO**

La carencia de existencias en almacén de las empresas prestadoras de servicios, de elementos de reposición requeridos para el mantenimiento de la red, repercute directamente en la agilidad con la que se presta el servicio de reparación, por fallas de los mismos elementos.

FALTA DE INFORMACION CATASTRAL DE USUARIOS.

× **Influye la tubería: NO**

La información requerida en este tipo de catastro es básicamente la dirección del predio y coordenadas del mismo, códigos de documentos o contratos adquiridos con la empresa de servicios públicos, referencia del medidor e información de las instalaciones hidráulicas internas de interés.

Esta información se podría añadir a la de la red, para crear con esto una base de datos optima para implementar un sistema de información geográfica que trabaje en forma global con toda la información requerida.

CORRUPCION DENTRO DE LA EMPRESA PRESTADORA DEL SERVICIO.

Muchas veces los trabajadores de dichas empresas, realizan lo que muy comúnmente se llaman “CHANCHULLOS”, modificando los valores medidos y por ende los saldos. Por ejemplo, si un usuario que debe tres meses de servicio aparece sin deuda, inmediatamente el agua ya facturada pasa a ser agua no contabilizada. ¡Estos no son errores, es CORRUPCION y es muy frecuente!

(Este ítem es quizá una de las únicas excepciones, pues aquí el agua si es facturada, pero de todas formas pasa a ser agua no contabilizada).

C.6 EXPERIENCIAS DE LOS PROGRAMAS DE REDUCCION Y CONTROL DE INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA, EN ALGUNAS EMPRESAS DEL PAIS.

A continuación se presentaran las metodologías empleadas por las empresas:

- AGUAS Y AGUAS - PEREIRA.
- EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTA.
- SERAQUA E.S.P. - TUNJA.
- AGUAS DE MANIZALES.
- EPA – EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE ARMENIA.

Donde se describirán las actividades llevadas a cabo para combatir las perdidas tanto Comerciales como Técnicas y a su vez los logros obtenidos.

C.6.1 Aguas y aguas - Pereira. Se realizaron las siguientes actividades:

Técnicas:

- Medición de volúmenes de hidrantes.
- Detección de fugas (Equipos especializados).
- Rehabilitación de fugas detectadas (Intensificación del programa de reparación de fugas).
- Regulación de presiones (Regulación de presiones de trabajo por pisos de presiones).
- Creación del catastro de redes, simulación del sistema de acueducto y formulación de la sectorización hidráulica.

Comerciales:

- Instalación y cambio gradual de medidores al 22% de suscriptores.
- Identificación de usuarios clandestinos.
- Legalización de usuarios clandestinos.
- Verificación del catastro de usuarios.
- Revisión, actualización y divulgación de las normas técnicas a ser incluidas en el contrato de condiciones uniformes.
- Optimización en procesos de lectura de medidores.
- Determinación de volúmenes entregados al 20% de sistemas de distribución, en sectores por macromedición.
- Conformación de clubes defensores del agua y realización de campañas educativas.
- La coordinación del programa de Agua No Contabilizada, como meta empresarial.
- Optimización de la medición de agua en bloque.
- Instalación de medidores ultrasónicos a grandes consumidores.
- Instalación de pilas publicas.

Con las anteriores actividades se logro:

- Incremento de \$1472 millones en facturación (9.0%).
- Ahorros de \$20.1 millones en costos de producción y distribución.
- Legalización del consumo de asentamientos por la legalización de las pilas abastecedoras.
- Disminución de la vulnerabilidad del sistema, por control de usos de agua potable exentos de cobro.
- Aceptación de la comunidad al programa de optimización de medición (31000 medidores instalados).
- Disponibilidad de atención a nuevos mercados por mantener capacidad instalada disponible del sistema de producción de agua potable.
- Por gestión técnica se liberaron los siguientes volúmenes de producción de agua distribuidos:

2001 117081 m³ (0.46%).
 2002 12595 m³ (0.05%).
 2003 1040567 m³ (4.14%).

Para un volumen total de 1170243 m³, que indica la necesidad de conservar y mantener la gestión técnica con el programa de detección y reparación de fugas.

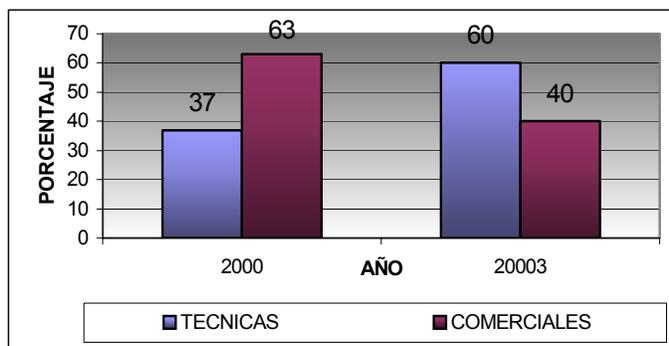
EVOLUCION EN EL PROCESO

Cuadro 26: Evolución del proceso Pereira

AÑO	% IANC	% MICROMEDICION	LEGALIZACION	% CONTINUIDAD
2000	41,64	95,59	1052	100
2001	41,56	95,32	1346	97,08
2002	42,16	96,53	911	99,81
2003	37,45	98,3	978	99,8

COMPOSICION Y PARTICIPACION PORCENTUAL DE LAS PERDIDAS EN EL IANC.

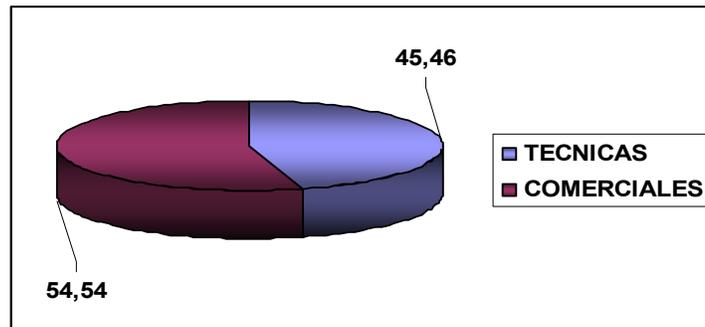
Gráfico 10: Participación de las pérdidas Pereira 2000-2003



Con las actividades llevadas a cabo por la empresa Aguas y Aguas de Pereira, se lograron rescatar en total 2'574.215 m³ de agua potable. Los porcentajes de

influencia de ataque a causas técnicas o comerciales se muestran en el siguiente grafico.

Grafico 11: Porcentaje Técnicas y Comerciales Pereira



Conclusión Preeliminar.

En la evolución del Índice de Agua No Contabilizada el impacto resulto mayor por efectos de la gestión comercial, reflejada en el aumento de la facturación que por efectos de la reducción de perdidas y producción por la gestión técnica.

C.6.2 Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá. Esta empresa propuso las siguientes actividades:

Sectorización por áreas hidráulicamente independientes donde se realizo:

Técnicas:

- Normalización del plano de presiones.
- Búsqueda de fugas y reparación puntual de redes.
- Renovación, extensión y optimización de redes.

Comerciales:

- Censo de usuarios.
- Detección de usuarios fraudulentos.
- Medición de conjuntos habitacionales.

- Renovación de micromedidores (Clase C).
- Detección e incorporación de clandestinos dispersos.
- Detección e incorporación de clandestinos masivos.

Por acarrear gastos altos las actividades nombradas con anterioridad, la empresa de acueducto y alcantarillado de bogota priorizo algunos proyectos basando el criterio costo/beneficio para el inicio de su plan de ataque a pérdidas.

A continuación se muestra la lista de actividades prioritarias:

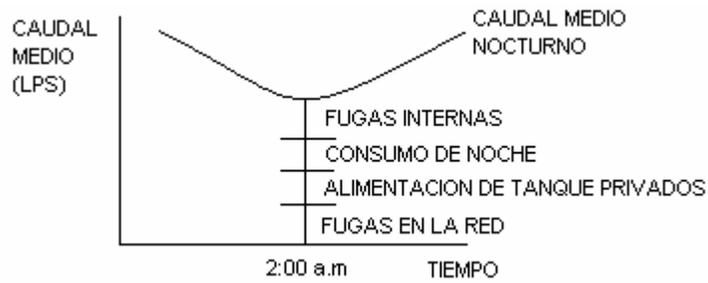
- Estaciones de control de presión.
- Búsqueda de fugas y reparación de red.
- Renovación de red.
- Renovación de micromedidores.
- reparación de acometidas fraudulentas.
- Incorporación de acentamientos.
- Clandestinos masivos.

Con las anteriores actividades se logro:

Por medio del análisis de la desagregación del caudal mínimo nocturno se logro detectar un buen número de fugas.

Para una mejor comprensión de la desagregación del caudal mínimo nocturno, se presenta el grafico a continuación.

Figura 26: Desagregación del caudal mínimo nocturno

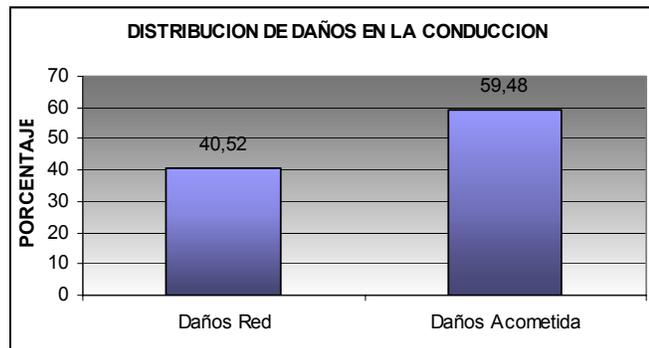


Las fugas detectadas en la conducción presentaron el siguiente porcentaje:

% Daños Red: 40.52

% Daños Acometida: 59.48

Gráfico 12: Daños en la conducción Bogotá



Al realizar la respectiva inspección en las redes se detecto lo siguiente:

Cuadro 27: Inspección de redes

KM	FUGAS DETECTADAS			% FUGAS		No. FUGAS/KM			CAUDAL DE FUGAS	
	CONEXIÓN	RED	TOTAL	CONEXIÓN	RED	CONEXIÓN	RED	TOTAL	LPS	LPS/KM
336,61	190	47	237	80	20	0,56	0,14	0,7	203,4	0,6

Estos datos sustentaron la necesidad de cambios de muchos elementos de la red, empezando por la tubería usada.

Conclusión Preeliminar.

Existen valores de perdidas en cada sistema que por las características técnicas son “irreductibles”, es decir que no es posible eliminarlas de forma rentable en un sistema de suministro de agua potable.

C.6.3 Seraqua E.S.P. - Tunja. Esta empresa propuso en su plan maestro el cual estaba conformado de tres fases, las cuales en resumen constaban de las siguientes actividades:

Técnicas:

- Control de reboses en tanques de almacenamiento.
- Reparación de estructuras de almacenamiento y tratamiento.
- Renovación de redes de Acueducto.
- Macromedición.
- Recirculación del caudal de lavado de estructuras en plantas de tratamiento de aguas potables.
- Regulación de presiones.
- Optimización en tiempos de reparación de fugas visibles.
- Control activo de fugas no visibles.

Comerciales:

- Catastro de usuarios.
- Planos de consumos.
- Plano de rutas acordes con sectorización operativa.
- Plano de usos.
- Detección y suspensión de acometidas fraudulentas.

Con las anteriores actividades se logro:

- Inventario detallado de las redes.
- Creación de sectores hidráulicamente independientes.
- Optimización hidráulica.
- Regulación de presiones.
- Disminución de roturas en redes de distribución.
- Disminución en pérdidas operativas.
- Incremento en tiempo de servicio – 24 horas.
- Operatividad del sistema.
- Optimización en mantenimiento correctivo.
- Programación del mantenimiento preventivo.

Una de las características usadas para el examen de perdidas fue el factor de investigación (FI):

$$FI = ((Q_{\text{min. nocturno}} - Q_{\text{min. nocturno conocido}}) / Q_{\text{medio diario}})$$

FI > 0.6 Prioritario iniciar programa de búsqueda de fugas.

0.3 < FI < 0.6 Programa de búsqueda de fugas.

FI < 0.3 No es necesario buscar fugas.

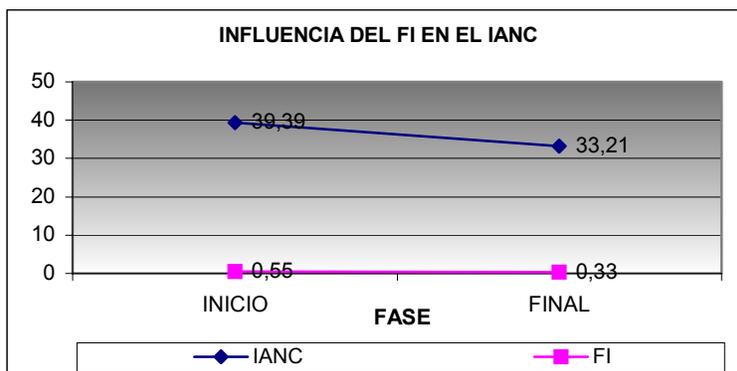
A continuación se presenta la variación del índice de agua no contabilizada al inicio y al final del proceso dependiendo del factor de investigación.

RESULTADO DEL PROCESO DE FACTOR DE INVESTIGACIÓN

Cuadro 28: Resultados del factor de investigación Tunja

LONGITUD	INICIO		FINAL	
Km.	%IANC	FI	%IANC	FI
13693,33	39,39	0,55	33,21	0,33

Grafico 13: Influencia del factor de investigación Tunja



Conclusión Preeliminar.

Mediante la reducción de presiones se obtuvo una diferencia apreciable en el IANC.

C.6.4 Aguas de Manizales. Esta empresa propuso las siguientes actividades:

Técnicas:

- Reposición de redes de acueducto.
- Programa de regulación de presiones.
- Control de tiempos de atención de daños.
- Detección de fugas no visibles.
- Instalación de válvulas automáticas de control de nivel.
- Modelación hidráulica de redes.
- Instrumentación en el proceso de tratamiento.
- Creación de unidad de mantenimiento.
- Plan de reposición de medidores.
- Cuantificación de submedición de medidores.
- Creación del laboratorio de medidores.
- Implementación de sistemas de información geográfica.

- Implementación de sistemas de telemetría.
- Programas de sectorización.
- Plano optimo de presiones.

Comerciales:

- Creación de un sistema comercial.
- Creación de la central de información.
- Creación de oficina de control de fraudes.
- Métodos y rutas nuevas para lectura de medidores.
- Seguimiento y control a nuevas construcciones.
- Establecimiento de stock mínimo en almacén.
- Creación de comité de compras.
- Capacitación a personal en temas técnicos y mejoramiento continuo.
- Implementación del programa guardianes del agua.

Gracias a la alineación de todos los procesos, a la ágil y oportuna información y compromiso del personal de la empresa se ha logrado obtener una desagregación del IANC, a continuación se puede observar como ha sido el comportamiento del indicador aproximadamente desde 1996. En el año 1999 se presenta una disminución considerable del índice, información que no es real ya que en esa época se implemento el sistema de Macromedición en plantas teniendo problemas de calibración. A partir del año 2000 el índice se estabiliza y se tienen en promedio para este y los dos años siguientes un IANC de 33%. Para el año 2003 se llevo un promedio del IANC de 32.5%.

C.6.5 EPA - Empresa De Servicios Publicos De Armenia. Después del terremoto ocurrido en 1999, los elementos básicos del acueducto como las tuberías (que eran de asbesto-cemento), tanques de almacenamiento, entre otros, sufrieron rotura y agrietamientos, consecuencias fatales para disparar el valor del índice de agua no contabilizada.

Después del sismo se planeo un programa de reducción de perdidas en donde se implementaron las siguientes actividades.

Técnicas:

- Reposición de redes de acueducto por Hierro Dúctil y Polietileno.
- Programa de regulación de presiones.
- Instalación de válvulas automáticas de control de nivel.
- Modelación hidráulica de redes.
- Instrumentación en el proceso de tratamiento.
- Implementación de sistemas de información geográfica.
- Implementación de sistemas de telemetría.

Comerciales:

- Control de fraudes.
- Ampliación de cobertura de macro y micromedición.

Por la necesidad de controlar urgentemente las perdidas, por el daño generado por el sismo de 1999 en los componentes del acueducto la EPA, tuvo que atacar prioritariamente las fugas técnicas.

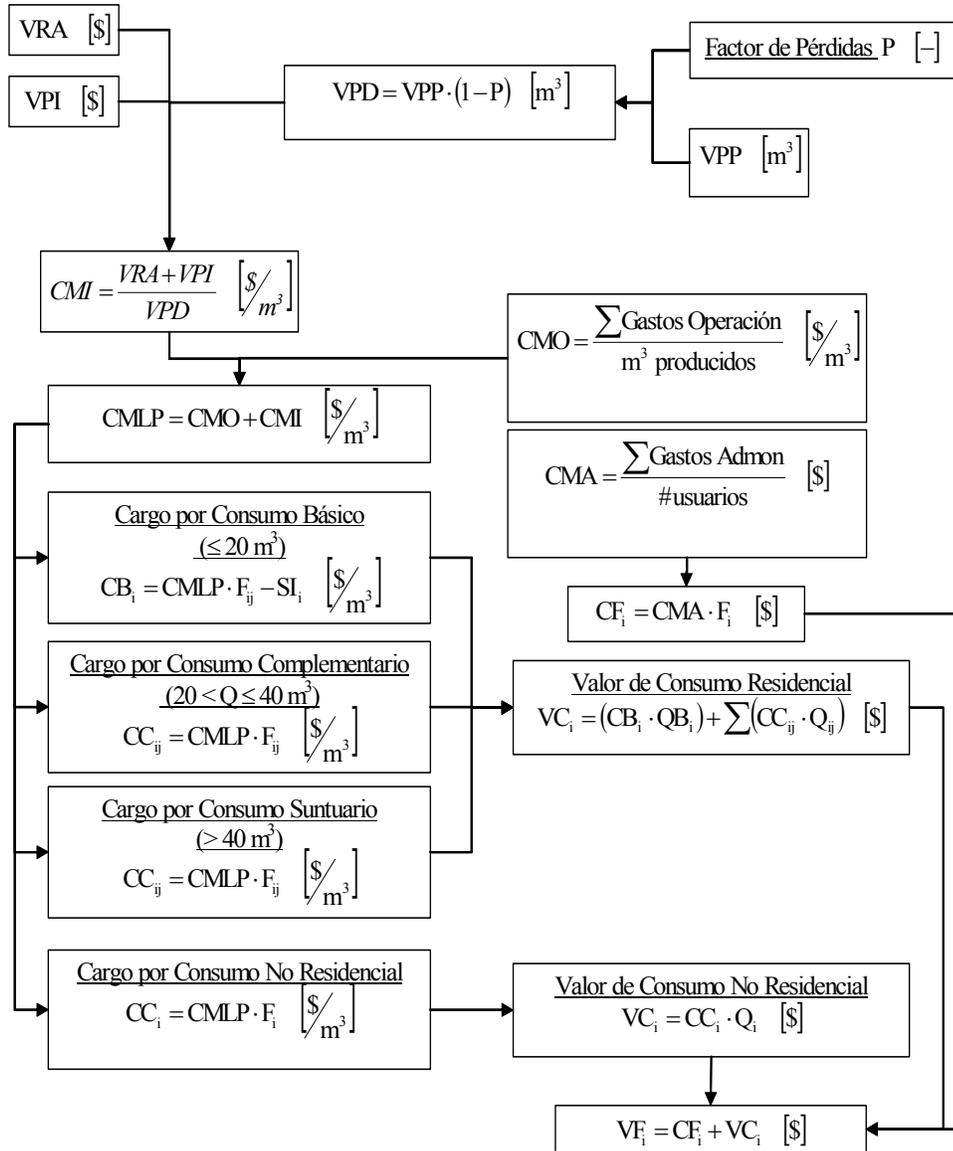
Actualmente la EPA lleva a cabo el desarrollo de la Fase III del programa de optimización de agua no contabilizada

C.7 INFLUENCIA DEL INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA EN EL MODELO TARIFARIO.

C.7.1 Descripción del modelo tarifario actual. En la actualidad el modelo mediante el cual las empresas del sector del agua potable y saneamiento básico establecen las tarifas está definido a través de la Ley 142 de 1994 y la Resolución CRA 151 de 2001. Esta última, determina una metodología de costo medio de largo plazo que involucra estimaciones de producción y demanda futura así como los costos de inversión, renovación, administración y operación del sistema empresarial.

A continuación se describirán los diferentes elementos que componen el modelo tarifario de la manera como son definidos por la Resolución 151 de 2001, Y a su vez su relación matemática.

Figura 27: Modelo tarifario actual



C.7.1.1 Cálculo de costos. Como base del modelo tarifario se debe determinar cuales son los costos en los que se incurren en la prestación del servicio de acueducto. A continuación se define cada uno de los componentes involucrados en el cálculo de los costos.

VRA [\$]

El VRA es el **valor a nuevo del sistema actual** de acueducto, a precios de hoy. En este valor se deben considerar los diferentes activos involucrados en los distintos procesos de la empresa.

VPI [\$]

El VPI es el **valor presente del plan de inversiones** de mínimo costo (VPI), debidamente justificado con estudios de factibilidad. Debe incluir los proyectos requeridos para aumentar la capacidad de producción del sistema, con el fin de atender la demanda incremental y maximizar la utilización de la capacidad actual.

VPP [m³]

El VPP es la **proyección de producción de agua** en un horizonte de largo plazo.

P [-]

P es el **Índice de Agua No Contabilizada (IANC)** aceptable, definido por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA. (Actualmente el nivel aceptado es el 30%).

VPD [m³]

El VPD es el **valor presente de la demanda**, expresada en m³, calculada con base en la proyección de la producción del agua (VPP), y corregida por el factor de pérdidas (P) definido por la CRA.

$$VPD = VPP \cdot (1 - P) \quad [m^3]$$

CMI [\$/m³]

El **Costo Medio de Inversión de Largo Plazo** (CMI) es el precio por metro cúbico (\$/m³) que aplicado a la proyección de demanda en un horizonte de largo plazo permite reponer el sistema actual, realizar un plan óptimo de inversiones para atender esa demanda y remunerar el capital invertido. El CMI es calculado con base en el VRA, VPI, VPD y opcionalmente del factor de recuperación de inversiones por conexiones (C).

$$CMI = \frac{VRA + VPI}{VPD} \quad \left[\frac{\$}{m^3} \right]$$

El horizonte mínimo que se puede utilizar para determinar el CMI es de 15 años.

CMO [\$/m³]

El **Costo Medio Operacional** (CMO) es el precio por metro cúbico (\$/m³) calculado a partir de los gastos de operación en un año base asociados con el volumen de demanda de ese año de acuerdo con la siguiente ecuación. Los gastos de operación incluidos en el CMO corresponden al personal de operación y mantenimiento, energía, reactivos, talleres, equipos, herramientas menores, almacén de repuestos, valor del agua cruda, tasas ambientales, contratos de operación con terceros.

$$CMO = \frac{\sum \text{Gastos Operación}}{m^3 \text{ producidos}} \left[\frac{\$}{m^3} \right]$$

En los gastos de operación se debe excluir aquellos gastos que se recuperan directamente del usuario o se cobran de manera alterna a la tarifa, así como los activos incluidos en los componentes de inversión.

CMLP [\$/m³]

El **Costo medio de largo plazo (CMLP)** es la suma del costo medio de inversión de largo plazo y el costo medio operacional.

$$CMLP = CMO + CMI \left[\frac{\$}{m^3} \right]$$

CMA [\\$]

El **Costo medio de administración (CMA)** relaciona los gastos de administración con la cantidad de usuarios. Los gastos de administración incluidos en el CMA son: Personal administrativo, provisión pensional del personal, porción corriente de los pasivos pensionales, costos imputables a los procesos de medición, facturación y reclamos, seguros, impuestos, contribuciones a la CRA o a la SSPD. En ningún caso se pueden incluir entre estos gastos otros que hayan sido incluidos en otros componentes de la tarifa.

$$CMA = \frac{\sum \text{Gastos Administración}}{\#usuarios} \left[\$ \right]$$

C.7.1.2 Cálculo de tarifas.

C.7.1.2.1 Rangos de consumo. La comisión reguladora del sector del agua potable y saneamiento básico (CRA) definió en la Resolución 151 de 2001 tres

rangos de consumo que permiten calcular las tarifas de una manera equitativa permitiendo que los subsidios sean recibidos solo por consumos normales y se castiguen los consumos elevados generalmente producto del desperdicio o de las fugas.

Los rangos de consumo son:

Consumo Básico (QB): $QB \leq 20$ [m³/mes]

Consumo Complementario (QC): $20 < QC \leq 40$ [m³/mes]

Consumo Suntuario (QS): $QS > 40$ [m³/mes]

C.7.1.2.2 Sectores y estratos. Adicionalmente a los rangos de consumo se utilizan como componentes del modelo tarifario el estrato socioeconómico del usuario o el sector económico al que pertenece este, definiendo factores de subsidios o de sobreprecio según sea el caso.

Los parámetros definidos resultan de cruzar los rangos de consumo (j) con los estratos o sectores (i), como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 29: Sectores y estratos

Factores de subsidio y sobreprecio			Rango de consumo (j) - Fij			
			Consumos			
			Cargo Fijo	C. Básico	C. Complementario	C. Suntuario
Estrato o Sector (i)	Residencial	Estrato 1	< -50%	< -50%	0%	0%
		Estrato 2	< -40%	< -40%	0%	0%
		Estrato 3	< -15%	< -15%	0%	0%
		Estrato 4	0%	0%	0%	0%
		Estrato 5	20%	20%	20%	20%
		Estrato 6	20%	20%	20%	20%
	No Residenciales	Industrial y Comercial	20%	20%		
		Oficial y Especial	0%	0%		

NOTAS: Los datos negativos significan subsidios y los otros son sobreprecios.

En los sectores no residenciales no se hace la clasificación de consumo por rangos.

F_{ij} [-]

F_{ij} , es el factor de subsidio o de sobreprecio aplicado al estrato o al sector i, en el rango de consumo j.

F_i [-]

F_i , es el factor de subsidio o de sobreprecio aplicado al estrato o al sector i. A diferencia del factor F_{ij} , en este no tiene relevancia el rango de consumo.

SI_i [\$]

SI_i es el subsidio por aportes de inversión social para los estratos subsidiables.

C.7.1.2.3 Fórmulas tarifarias. Las fórmulas tarifarias incluyen: cargo fijo, cargos por unidad de consumo básico, complementario y suntuario y opcionalmente cargo por aportes de conexión. Los cargos por unidad de consumo en cualquier rango de este están asociados al Costo Medio de Largo Plazo (CMLP).

CF_i [\$] – Cargo Fijo

El cargo fijo (CF) debe ser calculado a partir del costo de administración o de clientela (CMA) para cada estrato o sector.

$$CF_i = CMA \cdot F_i \quad [\$]$$

CB_i – Cargo Consumo Básico

El cargo por consumo básico (CB_i) se aplica únicamente a los usuarios residenciales para la fracción del consumo total que corresponde al rango de consumo básico ($Q \leq 20 \text{ m}^3/\text{mes}$). El cálculo del CB_i debe realizarse de acuerdo a la ecuación mostrada, para cada estrato aplicando los factores de subsidio y sobreprecio y, descontar en los estratos subsidiables los componentes de inversión.

$$CB_i = CMLP \cdot F_{ij} - SI_i \quad \left[\frac{\$}{\text{m}^3} \right]$$

CC_i – Cargo Consumo Complementario

En la Resolución 151 de 2001 se define el Cargo por Consumo (CC) como la suma de los cargos por consumo complementario y suntuario en el caso de las unidades residenciales. En el presente informe se discriminan cada uno de estos consumos como Cargo por Consumo Complementario (CC) y Cargo por Consumo Suntuario (CS).

El cargo por consumo complementario (CC_i) se aplica únicamente a los usuarios residenciales para la fracción del consumo total que corresponde al rango de consumo complementario ($20 < Q \leq 40 \text{ m}^3/\text{mes}$). El cálculo del CC_i debe realizarse de acuerdo con la siguiente ecuación, para cada estrato aplicando los factores de subsidio y sobreprecio.

$$CC_i = \text{CMLP} \cdot F_{ij} \left[\frac{\$}{\text{m}^3} \right]$$

CS_i – Cargo Consumo Suntuario

El cargo por consumo suntuario (CS_i) se aplica únicamente a los usuarios residenciales para la fracción del consumo total que corresponde al rango de consumo suntuario ($Q > 40 \text{ m}^3/\text{mes}$). El cálculo del CS_i debe realizarse de acuerdo a la siguiente ecuación, para cada estrato aplicando los factores de subsidio y sobreprecio.

$$CS_i = \text{CMLP} \cdot F_{ij} \left[\frac{\$}{\text{m}^3} \right]$$

CC_i – Cargo Consumo Usuarios No Residenciales

El cargo por consumo no residencial (CC_i) se aplica a la totalidad del consumo de los usuarios no residenciales. El cálculo del CC_i debe realizarse de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$CC_j = CMLP \cdot F_i \left[\frac{\$}{m^3} \right]$$

C.7.1.2.4 Cargos por conexión. Las tarifas de los usuarios nuevos serán cargadas con un aporte de conexión que puede estar compuesto por dos componentes. El primero producto de los costos directos involucrados en la conexión tales como medidor, acometida, mano de obra y un segundo componente por cargos por expansión del sistema (CES), resultado de la recuperación de inversiones de infraestructura con base en planes de expansión.

En el caso de involucrar el componente de recuperación de inversiones en los cargos por conexión se debe descontar esta cantidad en el cálculo del costo medio de inversión de largo plazo (CMI), como se mencionó antes.

C.7.1.2.5 Valor de la factura. El valor de la factura que los usuarios deben pagar involucra el costo fijo (CF_i) que depende del estrato o sector económico del usuario y del valor del consumo que depende del consumo mismo, del rango de este y del estrato del usuario.

VC_i[\$]

El valor de consumo VC_i, depende de la actividad del usuario, es decir si este es residencial o no residencial. En el primer caso el valor de consumo esta dado por la ecuación presentada a continuación, en la cual el consumo total es

afectado de manera parcial en cada rango de consumo por los respectivos cargos por unidad de consumo definidos antes.

$$VC_i = (CB_i \cdot QB_i) + \sum_{j \in \left\{ \begin{array}{l} \text{Consumo Complementario} \\ \text{Consumo Suntuario} \end{array} \right\}} (CC_{ij} \cdot Q_{ij}) \quad [\$]$$

En el caso de usuarios no residenciales el cálculo del valor de consumo está dado por otra ecuación, en la cual la totalidad del consumo es afectada por un único cargo por unidad de consumo.

$$VC_i = CC_i \cdot Q_i \quad [\$]$$

Finalmente, el valor de la factura a pagar esta dado por la siguiente ecuación:

$$VF_i = CF_i + VC_i \quad [\$]$$

C.7.1.3 Comentario. Las pérdidas de agua dentro de un sistema de producción y distribución de agua potable es uno de los aspectos que más atención atraen por parte de los espectadores sociales, quienes afirman que es injusto para los consumidores tener que pagar a través de tarifas, el agua que pierden las empresas encargadas de prestar este servicio. Sin embargo un modelo tarifario en el cual no se cubran las pérdidas, al menos de forma parcial, podría llevar a que algunas empresas del sector no sean viables bajo las condiciones actuales.

C.7.1.4 Costos y beneficios de reducir perdidas. Reducir las perdidas tiene beneficios para las empresas prestadoras del servicio, pero también esta reducción acarrea unos gastos. Por tal motivo no son relevantes solo uno de estos factores sino que, como en toda actuación son importantes tanto los beneficios como los costos. Solo en la medida que los primeros sean mayores

que los segundos, será deseable un programa de reducción de pérdidas. Si el beneficio neto del programa no es positivo, llevarlo a cabo sería un error.

C.7.1.5 Influencia del tratamiento de pérdidas en la tarifa. La influencia del tratamiento de pérdidas en la estructura tarifaria, se puede ver reflejada en dos factores, uno de ellos se aprecia directamente y el otro es un beneficio agregado por así decirlo.

Como se puede apreciar en el modelo tarifario presentado con anterioridad, el factor de pérdidas [P] presenta una relación directamente proporcional con el costo medio de inversión (CMI) y este a su vez se relaciona de igual forma con el valor de la factura, por tal motivo si se reducen los porcentajes de agua no contabilizada, los costos medios de inversión decrecerán y lo mismo ocurrirá con el valor de la factura, y si por el contrario las pérdidas aumentan, crecerán los valores anteriormente nombrados.

El beneficio agregado es la influencia indirecta en los costos de operación, ya que la reducción de pérdidas mediante su detección y reparación, evitara a la empresa tener que producir un volumen de agua igual al que se desperdiciaba. Por tanto si bien la empresa no recibirá un beneficio igual al volumen de agua que se desperdiciaba por su precio de venta, efectivamente si reducirá sus costos de operación en un monto igual a ese volumen de agua por su costo de producción.

Con relación a lo anterior, serian dos los ítems que se reducirían al lograr disminuir las pérdidas; por un lado el costo medio de inversión (CMI) y por otro los costos de operación (CMO). Estos se usan en forma aditiva para el cálculo del costo medio a largo plazo, valor clave para el definitivo cargo por consumo dependiendo del rango.

C.7.1.6 Hasta que valor puede llegar el factor de pérdidas [P]. El “Índice Mínimo Factible de Agua no Contabilizada”, P_{\min} , es definido como el nivel mínimo de pérdidas que una empresa productora y distribuidora de agua potable puede alcanzar, sin incurrir en costos excesivos, que la hagan insostenible a largo plazo.

Para determinar el P_{\min} de una empresa productora y distribuidora de agua potable debe tenerse en cuenta el nivel de complejidad del sistema asociado o una clasificación por grupos que tenga en cuenta el tamaño del sistema donde se tiene en cuenta el nivel de complejidad y la población servida.

Una metodología para determinar el P_{\min} de un grupo tarifario requiere un análisis exhaustivo de los posibles programas de control de ANC, el costo asociado y el beneficio esperado para cada uno de ellos. La Universidad de los Andes realizó un estudio para la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) donde se determinaron unos factores de pérdida mínimos, basados en la información presentada en la página Web de la Unidad del Banco Mundial, para la realización de dicho estudio se tomó en cuenta el número de usuarios cubiertos por empresa y otras características que fueran similares a las empresas prestadoras del servicio de agua potable en nuestro país.

Como resultado del estudio se obtuvo que el P_{\min} para un grupo de empresas con las características de las Colombianas, debe considerarse igual al 30%, que es el establecido por la Resolución 151 como el factor máximo para el cálculo de los costos de prestación del servicio.

C.7.1.7 Efecto del factor de pérdidas [P]. Para que un sistema se comporte de manera satisfactoria, la utilidad de un agente que reporta información verdadera debe ser mayor a la utilidad que tendría si reportara información no real. Como se nombró anteriormente, en la fórmula del cálculo del costo medio

de inversión (CMI) se nota que a medida que P crece las tarifas aumentan.

La resolución que establece la metodología para el cálculo de las tarifas fija un máximo valor admitido para P de 30%, de manera que una empresa con un índice menor a 30% no va a reportar su verdadero valor porque esto implicaría el cobro de menores tarifas. Por otro lado, las empresas con un valor mayor al 30% no tendrían incentivos para llegar a este nivel.

C.8 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

RESPECTO A CAUSAS

❖ De los 16 ítems planteados, la tubería interviene directamente en 6, lo que significa aproximadamente un **37.5%** a nivel global (Técnicas + Comerciales), esto quiere decir que la escogencia de esta puede presentar una implicación considerable en la reducción del agua no contabilizada.

❖ Se puede decir que la tubería influye solo en el campo de las pérdidas físicas o técnicas, pero como se expuso en el inicio del documento estas tienen una afectación porcentual de 35% (Dentro de este porcentaje la tubería influye en un **21%/35%** o **60%/100%**), valor alto que se puede reducir muy seguramente con las ventajas presentadas por la tubería de polietileno fabricada por EXTRUCOL S.A. las cuales se analizarán de acuerdo al desarrollo del tema.

NOTA: Cabe aclarar que los porcentajes nombrados anteriormente, se realizaron a manera general usando valores ponderados iguales para cada ítem nombrado, lo cual no es cierto, debido a que existen unas causas que generan mayor porcentaje de pérdidas que otras.

❖ Según lo expuesto en el documento, se pueden notar las grandes bondades proporcionadas por la tubería y accesorios de polietileno fabricada por EXTRUCOL S.A., las cuales son un excelente producto a tener en cuenta para la construcción de proyectos nuevos o para la reposición de tubería en proyectos existentes.

❖ Para la implementación de una estrategia de reducción de pérdidas es necesario, realizar un estudio preliminar, cuyo objetivo sea detectar los focos de mayor peso en el porcentaje de agua no contabilizada, y luego se debe planear las acciones a seguir, realizando un listado de prioridades, pues como se vio, existen muchos causales, ya sean técnicas o comerciales.

❖ Es necesario crear programas de reducción de agua no contabilizada donde se genere una interpelación de las diferentes dependencias de las empresas de servicios públicos, también se debe tener en cuenta a la comunidad, ya que con la colaboración de esta se pueden crear soluciones a algunos factores determinantes.

RESPECTO A EXPERIENCIAS EN CIUDADES DEL PAIS

❖ Es imposible estandarizar un plan de reducción de perdidas, que sirva para aplicar a todas las empresas, debido a que cada una tiene necesidades en particular.

❖ En cuanto a resultados medibles (IANC) de los planes llevados a cabo por las diferentes empresas, se puede apreciar que existe una variación grande en los logros de una con otra, ya que altos porcentajes de ahorro en ciudades pequeñas y de baja población, pueden ser similares a los metros cúbicos rescatados en otras mas grandes y con una población mayor, lo anterior lleva a pensar que la variable población y cobertura son importantes en el momento de definir los limites de ahorro esperados con la implementación del plan de reducción de perdidas.

❖ La causa mas común es la de las sobrepresiones en la red de distribución, esto se genera debido a la topografía montañosa de los lugares donde se encuentran instalados los sistemas de acueducto.

❖ En la mayoría de empresas la evolución del Índice de Agua No Contabilizada resulto mayor por efectos de la gestión comercial, pues como se nombro al inicio del presente documento estas ocupan el 65% de la totalidad de las perdidas. Estos efectos se vieron reflejados en el aumento de la facturación gracias a la reducción de pérdidas y producción por la gestión técnica.

❖ La capacidad de gestión administrativa de una empresa, la calidad y oportunidad de la información y el óptimo manejo de los recursos, está directamente relacionado con el IANC, es decir que resultados bajos de agua no contabilizada = Excelente Gestión.

❖ Una de las primeras acciones que se debe implementar es tener una buena base de información que permita realizar análisis, priorizar proyectos e inversiones y tomar decisiones.

❖ Existen valores de pérdidas en cada sistema que por sus características son “irreductibles”, es decir que no es posible eliminarlas de forma rentable en un sistema de suministro de agua potable.

RESPECTO A TARIFA

❖ En el momento de comparar los beneficios contra los costos, para un plan de reducción de agua no contabilizada, se debe tener en cuenta el favorable impacto ambiental que este generará, ya que por lo general solo se tiene en cuenta la parte económico-financiera en los estudios de factibilidad.

❖ Como se puede apreciar en el diagrama tarifario, las pérdidas influyen directamente sobre el valor de la factura, de tal forma que si el factor P aumenta, la factura vendrá más cara y viceversa.

❖ Cuando se atacan las fugas mediante la detección y reparación, se está contribuyendo a la reducción de los costos de operación y por ende a la disminución del valor de la factura.

❖ El actual modelo tarifario, no presenta una buena definición respecto a la influencia de las pérdidas, debido a que se propone un tope máximo para el factor P, con esta estructura obtener un valor de IANC más bajo no proporciona incentivo alguno para las empresas pues se reduciría la cartera a recaudar, y por

otro lado no crea un estímulo a las empresas prestadoras del servicio de agua potable que poseen un valor mayor de pérdidas, para poder llegar a obtener el tope propuesto.

EN GENERAL

Si se hace un control estricto de los medidores de entrada y salida de las plantas de tratamiento, si se abastece la red con manómetros que registren la presión para controlar cualquier variación más o menos importante en el sistema, si funcionan correctamente los medidores residenciales, comerciales y industriales, si se hace investigación permanente de detección y localización de fugas, así como la oportuna reparación de las mismas, si se controla el uso indebido del agua por parte de personas inescrupulosas, si se mantiene la presión en niveles aceptables y recomendables para el funcionamiento correcto de los accesorios, con toda seguridad se estará rebajando sustancialmente al Agua No Contabilizada y por consiguiente se rebajarán los costos de tratamiento de agua, de los bombeos, de las facturas habrá agua en mayor cantidad para suministrarse a la población y se evitarán racionamientos y la empresa prestadora del servicio de agua potable sería más estable en su parte financiera.

BIBLIOGRAFIA

CASTELLANOS Jorge Eleazar, EL COMPORTAMIENTO DE LAS TUBERIAS DE POLIETILENO (PE) FRENTE A LOS TERREMOTOS, Bucaramanga.

ENTREVISTA TELEFONICA con Juan Carlos Marín, Coordinador Plan Reducción IANC, Empresas Publicas de Armenia, Febrero 04 de 2004.

LEY 142 DE 1994 SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS, Bogotá, Junio de 2002.

RESOLUCION CRA 151 DE 2001.

SEMINARIO DE TECNOLOGIA Y REGULACION DEL INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA (Relación entre los aspectos técnicos, económicos y su aplicación), Memorias, Bogotá, CRA-Acodal-Andesco, Noviembre 2003.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, Estudio para la Revisión de la Metodología de Inclusión de los Activos Involucrados en el Valor de Rehabilitación de Activos (VRA) y el Valor Presente de Inversión (VPI) de Acueducto y Alcantarillado. Bogotá, Marzo 2003.

www.agua10.tripod.com Agua y Residuos Sólidos, FERNANDEZ Diego, "RACIONALIDAD ECONOMICA DE LAS PERDIDAS DE AGUA".

www.cra.gov.co Comisión de Regulación de Agua y Saneamiento Básico, "INDICADORES TECNICOS 1998-1999-2000-2001"

www.superservicios.gov.co Superintendencia de Servicios Públicos y Domiciliarios, "ESTADISTICAS", Bogotá, Enero 2004.

XV SEMINARIO NACIONAL DE HIDRAULICA E HIDROLOGIA, Memorias,
Medellín, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, Agosto 2002.