

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN
DISEÑO Y EVALUACIÓN DE TUBERÍAS DE PESO LIGERO FABRICADAS CON
CEMENTO PORTLAND**

PRESENTADO POR:

ARÉVALO MORALES MARLON ADONAI

FLORES LÓPEZ CARLOS OMAR

LATÍN GRACIELA MARÍA.

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

DOCENTE DIRECTOR

ING. JOSÉ ROLANDO CENTE MATAMOROS

SEPTIEMBRE DE 2011

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTROAMÉRICA

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

**ING. RUFINO ANTONIO QUEZADA
RECTOR**

**ARQ. MIGUEL ÁNGEL PÉREZ RAMOS
VICERRECTOR ACADEMICO**

**MSC. ÓSCAR NOÉ NAVARRETE
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO**

**LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ
SECRETARIO GENERAL**

**AUTORIDADES DE LA FACULTAD
MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**

**LIC. JORGE MAURICIO RIVERA
DECANO**

**MÁSTER ELADIO EFRAÍN ZACARÍAS
VICEDECANO**

**LIC. VÍCTOR HUGO MERINO QUEZADA
SECRETARIO**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

**ING. RAÚL ERNESTO MARTÍNEZ BERMÚDEZ
JEFE DE DEPARTAMENTO**

**ING. JOSÉ ROLANDO CENTE MATAMOROS
DOCENTE DIRECTOR**

AGRADECIMIENTOS.

A Dios:

Por haber estado en su voluntad, permitirme llevar a cabo la carrera universitaria, regalándome día a día las herramientas necesarias para desarrollar ese privilegio.

A mi familia:

A mi padre: Por compartir conmigo sus conocimientos y recursos, a favor de la culminación de mi carrera universitaria.

A mi madre: Por regalarme todo su apoyo incondicional y estar siempre a mi lado sin importar cuán difíciles fueran los momentos.

A mi hermana: Por jamás haber dudado en extender su mano para ayudarme, cuantas veces se lo he solicitado, desde los primeros recuerdos de vida que tengo.

A toda mi familia, con quienes desafortunadamente no puedo compartir un mismo techo, por cada concejo, reflexión, ánimo y palabras de motivación, en las múltiples ocasiones que a lo largo del difícil pero gratificante, camino universitario se presentan.

A la Universidad de El Salvador:

Por haberme regalado la oportunidad de ser uno de sus alumnos y en consecuencia, una formación profesional integral, con visión clara y objetiva de los ideales humanos en la sociedad.

Al Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto:

Por su incalculable apoyo durante la realización del presente trabajo de grado, mediante sus vastos recursos en materia de obras civiles y la buena voluntad de colaborar en nuestra formación académica.

A los estimados asesores:

Ing. Rolando Cente e Ing. Jaime Avalos, por toda la orientación profesional, que de ellos pude recibir a lo largo de la realización del presente trabajo de grado.

A todos mis amigos:

Por sus apreciables ánimos y actitudes de amistad, que por más grandes que fueran las presiones del estudio, la estancia con ellos, siempre amenizo los momentos y largas noches de desvelo.

MARLON ADONAI ARÉVALO MORALES.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Gracias por darme sabiduría, entendimiento, apoyo, compañía y por todas las bendiciones que has derramado a lo largo de mi vida y por permitirme finalizar mi carrera con éxito. Verte a ti será la realización máxima de todos mis sueños que jamás he tenido.

A mis padres

Por creer y apoyarme en todo momento a lo largo de mi vida. Por estar conmigo, por sus oraciones, por el legado espiritual y por todas las cosas, que nunca podré pagar.

A mi familia

Por apoyar desde el anonimato con sus oraciones, recursos y hacer posible que llegara con éxito al final de mi carrera.

Al instituto salvadoreño del cemento y del concreto (ISCYC)

Por permitirnos utilizar las instalaciones del laboratorio y aportar insumos para llevar a cabo el proceso de realización del proyecto. En especial al Ing. Jaime Omar Avalos por asesorarnos en relación a la temática desarrollada.

A mis compañeros de tesis

Por todo el trabajo realizado, viajes, animo y fuerza para conseguir nuestro objetivo.

CARLOS OMAR FLORES LÓPEZ

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO

Por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida, por darme la sabiduría y la fortaleza para lograr esta meta.

A MI MADRE

Detrás de este logro estás tú, tu apoyo, confianza, comprensión y cariño, sin condiciones ni medida. Gracias por guiarme sobre el camino de la educación. Por alentarme a ser lo que quiero y ser como soy. Soy afortunada por contar siempre con tu amor. Te amo mucho MA.

A MIS HERMANOS

Manuel y Adriana, por su cariño y que siempre me dieron ánimos para seguir adelante. Espero que ustedes también sigan adelante con sus proyectos de vida.

A MIS TÍOS

Porque a pesar de la distancia siempre me mostraron su interés y apoyo incondicional, porque siempre creyeron en mí y es gracias a ellos que hoy puedo cumplir mi sueño.

A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

A todos y cada uno de los maestros que participaron en mi desarrollo profesional durante mi carrera, sin su ayuda y conocimientos no estaría en donde me encuentro ahora. Especialmente a nuestro asesor el Ingeniero José Rolando Cente, por ser parte de nuestro grupo de trabajo por sus consejos, paciencia y opiniones sirvieron para culminar satisfactoriamente este proyecto de investigación.

AI INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO (ISCYC)

Por abrirnos las puertas y brindarnos sus instalaciones, tiempo y recursos, especialmente al ingeniero Jaime Omar Avalos por darnos su apoyo y confianza para desarrollar este trabajo de tesis.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS

Por todos los momentos compartidos, por su constante dedicación y por el trabajo en equipo gracias al que logramos salir adelante para la culminación de la tesis.

GRACIAS A TODOS MIS AMIGOS

Que estuvieron conmigo y compartimos tantas aventuras, experiencias, desveladas y triunfos. Gracias a cada uno por hacer que mi estancia en la u fuera súper divertida.

GRACIELA MARÍA LATÍN.

CONTENIDO CAPITULAR.

INTRODUCCIÓN	I
CAPITULO I GENERALIDADES	1
1.1 RESUMEN EJECUTIVO.....	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.4 JUSTIFICACIÓN	8
CAPITULO II DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS TRADICIONALES DE	
TUBERÍAS	10
2.1 TUBERÍAS DE CONCRETO	11
2.1.1 TUBO DE CONCRETO CON JUNTA HERMÉTICA.....	11
2.1.2 TUBO DE CONCRETO REFORZADO CON JUNTA HERMÉTICA.....	12
2.1.3 TUBO DE CONCRETO SIMPLE CON JUNTA DE MORTERO.....	12
2.2 REQUISITOS DIMENSIONALES Y DE CALIDAD.....	12
2.3 DOSIFICACIÓN	16
2.3.1 DOSIS DE CEMENTO	16
2.3.2 CANTIDAD DE AGUA.....	17
2.4 FABRICACIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO	17

2.4.1 VACIADO EN SECO.....	18
2.4.2 EMPAQUETADO	19
2.4.3 PREMEZCLADO	19
CAPITULO III NORMATIVA RELACIONADA CON LA FABRICACIÓN DE	
TUBERÍAS.....	21
3.1 NORMATIVA SEGÚN ANDA PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.....	22
3.1.1 DIÁMETRO MÍNIMO DE TUBERÍAS	22
3.1.2 MATERIAL Y SECCIONES DE TUBERÍA.....	23
3.1.3 CAUDAL DE DISEÑO; CAPACIDAD DE LAS TUBERÍAS	23
3.1.4 CÁLCULOS HIDRÁULICOS; LÍMITES DE VELOCIDAD (A TUBO LLENO).....	24
3.2 NORMAS APLICABLES PARA LA FABRICACIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO..	25
3.3 NORMAS APLICABLES PARA LA FABRICACIÓN DE TUBERÍAS PLÁSTICAS	30
3.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO (SEGÚN NCH 184)	31
CAPITULO IV DESCRIPCIÓN DE MATERIALES A UTILIZAR	32
4.1 CEMENTO C1157 HE	33
4.2.1 STOCKINETTE	36
4.2.2 FIBRA DE VIDRIO.....	37
4.2.3 FRANELA	39
4.3 MOLDE DE PVC	40
4.4 DESENMOLDANTE (ACEITE QUEMADO)	41

4.5 PLÁSTICO VEGETAL	42
4.6 RELACIÓN AGUA/CEMENTO	43
4.6.1 A/C IDEAL	46
CAPITULO V PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBERÍAS	48
5.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO	49
5.2 FABRICACIÓN DE TUBERÍA DE PESO LIGERO	57
5.2.1 PREPARACIÓN DE LA PASTA.....	58
5.2.2 PREPARACIÓN DEL MOLDE	59
5.2.3 PREPARACIÓN DEL TEXTIL	60
5.2.4 MOLDEADO DE CAPAS.....	64
5.2.5 ENVOLTURA DEL TUBO.....	66
5.2.6 DESENMOLDADO	66
5.2.7 CURADO Y ETIQUETADO	67
CAPITULO VI PRUEBAS APLICABLES A TUBERÍAS.....	69
6.1 PRUEBA DE RESISTENCIA A LA CARGA EXTERNA	71
6.2 PRUEBA DE ABSORCIÓN	73
6.3 PRUEBA DE PERMEABILIDAD	75
6.4 PRUEBA HIDROSTÁTICA	76
CAPITULO VII ANÁLISIS ECONÓMICO.....	77
7.1 PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN DE TUBERÍAS	78

7.1.1 TUBERÍAS DE FIBRA DE VIDRIO	80
7.1.2 TUBERÍAS DE FRANELA	82
7.1.3 TUBERÍAS DE ESTOQUINETE.....	84
7.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRECIOS	86
CAPITULO VIII PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	89
8.1 ENSAYO MESA DE FLUJO SEGÚN LA DESIGNACIÓN ASTM C-305	90
8.1.1 PROCEDIMIENTO.....	90
8.1.2 ENSAYO	90
8.1.3 RESULTADOS OBTENIDOS	91
Tipo de cemento: Designación ASTM C 1157 Tipo HE	91
Tipo de cemento: Designación ASTM C 91 Tipo M.....	92
8.2 ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO.....	93
8.2.1 PROCEDIMIENTO.....	93
8.2.2 RESULTADOS.....	94
8.2.2.1 ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO (7 DÍAS).....	95
8.2.2.2 ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO (28 DÍAS)....	97
8.3 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO Y MATERIAL TEXTIL	100
8.3.1 PROCEDIMIENTO.....	100

8.3.2.1 ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON FIBRA DE VIDRIO USANDO LA PROPORCIÓN B A LOS 7 DÍAS.....	101
8.3.2.2 ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON ESTOQUINETE USANDO LA PROPORCIÓN B A LOS 7 DÍAS.....	101
8.3.2.3 ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON FRANELA USANDO LA PROPORCIÓN B A LOS 7 DÍAS.....	102
8.3.3.1 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON FIBRA DE VIDRIO USANDO LA PROPORCIÓN C A LOS 7 DÍAS .	102
8.3.3.2 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON ESTOQUINETE USANDO LA PROPORCIÓN C A LOS 7 DÍAS	102
8.3.3.3 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON FRANELA USANDO LA PROPORCIÓN C A LOS 7 DÍAS	103
8.3.4.1 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON FIBRA DE VIDRIO USANDO LA PROPORCIÓN B A LOS 28 DÍAS	103
8.3.4.2 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON ESTOQUINETE USANDO LA PROPORCIÓN B A LOS 28 DÍAS	104
8.3.4.3 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON FRANELA USANDO LA PROPORCIÓN B A LOS 28 DÍAS	104
8.3.5.1 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO Y MATERIAL TEXTIL USANDO LA PROPORCIÓN C A LOS 28 DÍAS ...	106
8.4 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE TUBOS DE CONCRETO TRADICIONAL A LOS 28 DÍAS.....	107

8.5 RESULTADOS DE ENSAYO VELOCIDAD DE PULSO A TRAVÉS DEL CONCRETO SEGÚN LA DESIGNACIÓN ASTM C-597.....	107
8.5.1 PROCEDIMIENTO.....	107
8.5.2 RESULTADOS DE ENSAYO DE PULSO ULTRASÓNICO A CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON MATERIAL TEXTIL PROPORCIÓN ASTM C 1157 TIPO HE	109
8.5.3 RESULTADO DE ENSAYO VELOCIDAD DE PULSO A TRAVÉS DEL CONCRETO SEGÚN LA DESIGNACIÓN ASTM C-597.....	110
Proporción ASTM C 1157 Tipo HE	110
8.6 RESULTADOS DE ENSAYO VELOCIDAD DE PULSO A TRAVÉS DE TUBO DE CONCRETO SEGÚN LA DESIGNACIÓN ASTM C-597	111
8.7 PESO DE LAS TUBERÍAS PROPUESTAS	112
8.7.1 COMPARACIÓN DE PESO DE LAS TUBERÍAS PROPUESTAS FABRICADAS CONTRA TUBERÍAS DE CONCRETO TRADICIONALES.....	113
8.8 RESULTADOS DE PRUEBA DE ABSORCIÓN	116
8.9 RESULTADOS DE PRUEBA DE PERMEABILIDAD.....	122
8.10 RESULTADOS DE PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA	127
8.11 RESULTADOS DE PRUEBA DE RESISTENCIA A LA CARGA EXTERNA	135
8.11.1. CALCULO DE ESPESORES DE TUBERÍAS PROPUESTAS SEGÚN DATOS OBTENIDOS	147
8.11.1.1. CALCULO DE ESPESOR MÍNIMO, PARA TUBERÍA DE FIBRA DE VIDRIO DE ø 4 IN.	149

8.11.1.2. CALCULO DE ESPESOR MÍNIMO, PARA TUBERÍA DE PASTA DE CEMENTO Y FRANELA DE \varnothing 4 IN.....	151
8.11.1.3 CALCULO DE ESPESOR MÍNIMO, PARA TUBERÍA DE PASTA DE CEMENTO Y ESTOQUINETE DE \varnothing 4 IN Y DE \varnothing 6 IN.	154
8.11.1.4. TUBERÍAS DE PASTA DE CEMENTO Y FIBRA DE VIDRIO DE \varnothing 6 IN	157
8.11.1.5. TUBERÍAS DE PASTA DE CEMENTO Y FRANELA DE \varnothing 6 IN.....	158
8.12 CÁLCULO DE PROFUNDIDAD DE INSTALACIÓN DE TUBOS DE PESO LIGERO....	160
8.12.1 REQUISITOS PARA EL ANCHO DE ZANJA.....	160
8.12.2 CÁLCULO DE CARGAS MUERTAS EN TUBERÍA DE PESO LIGERO	161
8.12.2.1 OBTENCIÓN DE CARGA MUERTA PARA TUBERÍA ENTERRADA	164
8.12.3 OBTENCIÓN DE CARGA VIVA PARA TUBERÍA ENTERRADA	166
8.12.4 CARGA TOTAL PARA TUBERÍA ENTERRADA	170
8.12.5 ANÁLISIS DEL RANGO DE PROFUNDIDADES DE ENTERRAMIENTO.....	171
CAPITULO IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	177
9.1 CONCLUSIONES	178
9.2 RECOMENDACIONES	181
BIBLIOGRAFIA	183
ANEXOS NORMAS UTILIZADAS Y RESUMEN DE LABORATORIO	184
1.0 ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR PARA ALCANTARILLADO DE HORMIGÓN, SISTEMA DE DESAGÜE, TUBERÍAS Y ALCANTARILLAS (DESIGNACIÓN ASTM C14-03).	185
1.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN.	185

1.2 DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	186
1.3 BASES DE ACEPTACIÓN.....	186
1.4 REQUISITOS FÍSICOS.....	187
2.0 LOS MÉTODOS ESTÁNDAR DE ENSAYO PARA TUBERÍAS DE CONCRETO, LAS SECCIONES DE BOCA, O MOSAICO [MÉTRICA].ASTM C 497.....	192
2.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	192
2.2 LOS MÉTODOS DE ENSAYO APARECEN EN EL SIGUIENTE ORDEN:	192
2.3 CARGA EXTERNA PRUEBA DE APLASTAMIENTO POR LA FUERZA EL MÉTODO DE PRUEBA DE TRES PERIMETRAL TENIENDO.....	193
2.4 APARATOS	194
2.5 MÉTODO DE PRUEBA DE ABSORCIÓN.....	202
2.6 MÉTODO DE PRUEBA HIDROSTÁTICA.....	207
2.7 PERMEABILIDAD EL MÉTODO DE PRUEBA	209

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

CAPITULO I	GENERALIDADES	1
CAPITULO II	DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS TRADICIONALES DE TUBERÍAS	10
	Tabla 2.1 Tubos corrientes de sección circular	14
	Tabla 2.2 Tubos de alta resistencia de sección circular	15
	Tabla 2.3 Tubos de alta resistencia con base plana. Con unión de muesca y ranura	15
	Tabla 2.4 Longitudes útiles de tubos.....	16
	Tabla 2.5 Dosificación de cemento	17
CAPITULO III	NORMATIVA RELACIONADA CON LA FABRICACIÓN DE TUBERÍAS.....	21
	Tabla 3.1 Diámetros mínimos de tuberías.....	22
	Tabla 3.2 Capacidad de las tuberías.....	24
	Tabla 3.3 Velocidad máxima con el caudal de diseño	25
	Tabla 3.4 Normativa Tuberías de Concreto	26
	Tabla 3.5 Normativa ASTM para tuberías de concreto.....	29
	Tabla 3.6 Normativa para tuberías plásticas	30
CAPITULO IV	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES A UTILIZAR	32
	Figura 4.1 Cemento C1157 HE para uso en pavimentos	35

Figura 4.2 Rollo de stockinette	36
Figura 4.3 Fibra de vidrio.....	37
Figura 4.4 Franela	39
Figura 4.5 Molde de PVC	40
Figura 4.6 Aceite quemado	41
Figura 4.7 Plástico vegetal	42
Figura 4.8 Gráfica de Resistencia	44
CAPITULO V PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBERÍAS	48
Tabla 5.1 Propiedades de la tubería tradicional de 4 pulgadas.	50
Tabla 5.2 Propiedades del concreto para fabricación de tuberías propuestas.	51
Tabla 5.3 Resultados de espesor para tuberías de 4 pulgadas de diámetro.	53
Tabla 5.4 Propiedades del concreto para fabricación de tuberías propuestas.	54
Tabla 5.5 Resultados de espesor de tuberías de 6 pulgadas de diámetro.	56
Figura 5.1 Preparación de la pasta de cemento.	59
Figura 5.2 Preparación del molde.	60
Figura 5.3 Textil estoquinete.....	60
Figura 5.4 Fibra de vidrio.....	62
Figura 5.5 Franela.	62
Figura 5.6 Material textil humedecido	63
Figura 5.7 Uniformización de la pasta de cemento en el textil.	64

Figura 5.8 Envoltura de la tubería.....	65
Figura 5.9 Tubería propuesta en estado fresco.....	65
Figura 5.10 Desmoldado de la tubería propuesta.	66
Figura 5.11 Dispositivo de curado	67
Figura 5.12 Tubería propuesta en proceso de curado.....	68
CAPITULO VI PRUEBAS APLICABLES A TUBERÍAS.....	69
Figura 6.1 Colocación de tubos.....	72
Figura 6.2 Colocación de tubo con balona.....	72
Tabla 6.1 Diámetros y resistencias buscadas en la tubería propuesta	73
Figura 6.3 Sistema para realizar prueba de presión hidrostática	76
CAPITULO VII ANÁLISIS ECONÓMICO.....	77
Tabla 7.1 Características de tubería de 4 pulgadas	78
Tabla 7.2 Características de tubería de 6 pulgadas	79
Tabla 7.3 Presupuesto de fabricación de tubo de cemento con fibra de vidrio de 4 pulgadas	80
Tabla 7.5 Presupuesto de fabricación de tubo de cemento con franela de 4 pulgadas.....	82
Tabla 7.6 Presupuesto de fabricación de tubo de cemento con franela de 6 pulgadas.....	83
Tabla 7.7 Presupuesto de fabricación de tubo de cemento con estoquinete de 4 pulgadas...84	
Tabla 7.8 Presupuesto de fabricación de tubo de cemento con estoquinete de 6 pulgadas..85	

Tabla 7.9 Comparación de precios entre tubos de concreto contra tuberías propuestas (diámetro 4")	87
--	----

CAPITULO VIII PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....89

Tabla 8.1 Resultados de ensayo 1157-A	91
Tabla 8.2 Resultados de ensayo 1157-B	91
Tabla 8.3 Resultados de ensayo 1157-C	92
Tabla 8.4 Resultados de ensayo C 91 - A	92
Tabla 8.5 Resultados de ensayo C 91 - B.....	93
Tabla 8.6 Resultados de compresión de cubos 1157-A (7 días)	95
Tabla 8.7 Resultados de compresión de cubos 1157 –B (7 días)	95
Tabla 8.8 Resultados de compresión de cubos 1157 –C (7 días)	96
Tabla 8.9 Resultados de compresión de cubos C 91 –A (7 días)	96
Tabla 8.10 Resultados de compresión de cubos C 91- B (7 días)	97
Tabla 8.11 Resultados de compresión de cubos 1157 –A (28 días).....	97
Tabla 8.12 Resultados de compresión de cubos 1157 –B (28 días)	98
Tabla 8.13 Resultados de compresión de cubos 1157 –C (28 días)	98
Tabla 8.14 Resultados de compresión de cubos C91-A (28 días).....	99
Tabla 8.15 Resultados de compresión de cubos C91-B (28 días)	99
Tabla 8.16 Resultados de compresión de cubos con fibra de vidrio (proporción B / 7 días)	101

Tabla 8.17 Resultados de compresión de cubos con estoquinete (proporción B / 7 días)...	101
Tabla 8.18 Resultados de compresión de cubos con franela (proporción B / 7 días).....	102
Tabla 8.19 Resultados de compresión de cubos con fibra de vidrio (proporción C / 7 días)	102
Tabla 8.20 Resultados de compresión de cubos con estoquinete (proporción C / 7 días)...	103
Tabla 8.21 Resultados de compresión de cubos con franela (proporción C / 7 días).....	103
Tabla 8.22 Resultados de compresión de cubos con fibra de vidrio (proporción B / 28 días)	104
Tabla 8.23 Resultados de compresión de cubos con estoquinete (proporción B / 28 días).	104
Tabla 8.24 Resultados de compresión de cubos con franela (proporción B / 28 días).....	105
Tabla 8.25 Ensayo de cubos de pasta de cemento y material textil (proporción C / 28 días)	106
Tabla 8.26 Resultados de ensayo a compresión de tubo de concreto tradicional.....	107
Tabla 8.27 Resultados de ensayo de pulso ultrasónico a cubos de pasta de cemento con material textil proporción C ASTM 1157 HE.....	109
Tabla 8.28 Resultados de ensayo de pulso ultrasónico a cubos de pasta de cemento con material textil proporción C ASTM 1157 HE.....	110
Tabla 8.29 Resultados de ensayo velocidad de pulso a través de tubo de concreto tradicional	111
Tabla 8.30 Peso de tuberías propuestas.....	112

Tabla 8.31 Comparación de peso de tuberías de cemento con franela vs tubo de concreto tradicional.....	114
Tabla 8.32 Comparación de peso de tuberías de cemento con fibra de vidrio vs tubo de concreto tradicional.....	115
Tabla 8.33 Comparación de peso de tuberías de cemento con estoquinete vs tubo de concreto tradicional.....	115
Figura 8.1 Muestras de tubos para prueba de absorción	117
Tabla 8.34 Peso seco de muestras	118
Figura 8.2 Muestras de tubos propuestos en recipiente con agua	119
Tabla 8.35 Peso húmedo de muestras	120
Tabla 8.36 Porcentaje de absorción de muestras.....	121
Figura 8.3 Sellado de tubo	122
Figura 8.4 Boquilla embebida de PVC.....	123
Figura 8.5 Sección interior de tubo propuesto	123
Figura 8.6 Llenado de agua al tubo.....	124
Figura 8.7 Inspección de tubos.....	125
Figura 8.8 Parches de humedad en tubo.....	125
Tabla 8.37 Resultados de prueba de permeabilidad.....	126
Figura 8.9 Molde para orificio en sección de tubo.....	128
Figura 8.11 Colocación del tubo para sellado.....	129
Figura 8.12 Orificio de extremo del tubo.....	129

Figura 8.13 Adaptador macho, sellado y pegado con “Sika primer MB”	130
Figura 8.14 Unión rápida.	130
Figura 8.15 Sistema para aplicación de presión hidrostática en tubos propuestos.....	131
Figura 8.16 Válvula de llenado y vaciado.....	132
Figura 8.17	133
Fuga por proceso de fabricación	133
Figura 8.18	133
Fuga por propiedades físicas del textil.....	133
Tabla 8.38 Resultados de prueba de presión hidrostática	134
Figura 8.19 Colocación de tubo	135
Figura 8.20 Ensayo de compresión de tubo	136
Figura 8.21 Software usado en compresión de tubos.....	137
Figura 8.22 Grieta en tubo ensayado.....	137
Figura 8.23 Aplastamiento del tubo ensayado	138
Tabla 8.39 Resultados obtenidos a partir de prueba de compresión de tubos propuestos...	141
Tabla 8.40 Cargas lineales desarrolladas por las tuberías propuestas	144
Figura 24 Posición de fibra de material textil	145
Figura 25 Posición de la fibra en tubería.....	146
Tabla 8.41 Propiedades de la tubería tradicional	147
Tabla 8.42 Características geométricas de tuberías con fibra de vidrio de 4 pulgadas	149

Tabla 8.43 Datos obtenidos en prueba de compresión (tubo con fibra de vidrio de 4 pulgadas)	149
Tabla 8.44 Características geométricas de tuberías con franela de 4 pulgadas	151
Tabla 8.45 Datos obtenidos en prueba de compresión (tubo con franela de 4 pulgadas) ...	152
Tabla 8.46 Características geométricas de tuberías con estoquinete de 4 pulgadas	154
Tabla 8.47 Datos obtenidos en prueba de compresión (tubo con estoquinete de 4 pulgadas)	154
Figura 26 Tubería de 4 in de diámetro	156
Figura 27 Tubería de 6 in de diámetro.	156
Tabla 8.48 Características geométricas de tuberías con fibra de vidrio de 6 pulgadas	157
Tabla 8.49 Datos obtenidos en prueba de compresión (tubo con fibra de vidrio de 6 pulgadas)	157
Tabla 8.50 Características geométricas de tuberías con franela de 6 pulgadas	158
Tabla 8.51 Datos obtenidos en prueba de compresión (tubo con franela de 6 pulgadas) ...	159
Tabla 8.52 Ancho de zanja para instalación de tubos de concreto tradicional	160
Figura 28. Instalación de tubo	161
Tabla 8.53 Coeficientes de acuerdo a tipo de suelo para enterramiento de tubos	163
Tabla 8.54 Cargas máximas de acuerdo al tipo de eje	166
Tabla 8.55 Valores de B y L de acuerdo al tipo de eje	167
Tabla 8.56 Parámetros para cálculo de carga viva	171
Tabla 8.57 Cálculo de carga viva tipo de suelo critico	172

Figura 30 Variación de carga lineal vs profundidad enterrada (suelo critico).....	176
Figura 30 Variación de carga lineal vs profundidad enterrada (suelo liviano)	176
CAPITULO IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	177
ANEXOS NORMAS UTILIZADAS Y RESUMEN DE LABORATORIO	184
TABLA 1 Requisitos físicos y dimensiones de tubos de hormigón no reforzados.....	189
TABLA 2 Requisitos de resistencia de tubos de hormigón no reforzados	189
Figura 1 Colocación de la tubería de concreto tradicional, en maquina de compresión.	196
Figura 2. Sección trasversal de la tubería colocada en maquina de compresión.....	196
Figura 3. Deformación esperada en tubería a compresión.	198
Figura 4. Detalle de la franja.....	201
Figura 5. Hoja de medición de grietas.....	201

**“DISEÑO Y EVALUACIÓN
DE TUBERÍAS DE PESO
LIGERO FABRICADAS
CON CEMENTO
PORTLAND”**

INTRODUCCION

En esta tesis se establecen todos los aspectos necesarios para desarrollar el diseño y evaluación de un nuevo tipo de tuberías, como son las de peso ligero, fabricadas a base de materiales textiles y cemento portland, con el objetivo de superar las desventajas de los sistemas de tuberías comúnmente utilizados, principalmente en el peso ya que al utilizar estos materiales se está enfocando en disminuir el peso de las tuberías haciéndolas más livianas.

Se describen inicialmente todos los aspectos más importantes sobre las tuberías tradicionales de concreto a manera de antecedentes y para tener un punto de partida, se establecen también las normas bajo las cuales se hizo el diseño y los parámetros que deben cumplir las tuberías de peso ligero para hacer válida su funcionalidad y aplicabilidad como tuberías para alcantarillado.

El diseño de las tuberías de peso ligero consiste en establecer por medio de cálculos, en base a ciertas propiedades físicas y mecánicas de las tuberías de propuestas, un espesor mínimo adecuado para que alcancen la resistencia requerida de acuerdo a las normas vigentes, una vez conocido este dato se procede a establecer el procedimiento de fabricación más conveniente para las tuberías de peso ligero acorde a las características de presentación del tipo de material textil a utilizar para su elaboración

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 RESUMEN EJECUTIVO

El diseño de tuberías de peso ligero fabricadas con cemento Portland tiene como prioridad conocer los parámetros de funcionalidad y aplicabilidad de acuerdo a las normas vigentes y aspectos técnicos.

En el capítulo 1 se abordan las generalidades del proyecto, en este apartado se describen los objetivos, se plantea la problemática existente y se justifica la necesidad de implementar tubos de peso ligero.

En el capítulo 2 se realiza la descripción de los sistemas tradicionales de tuberías con énfasis en las tuberías de concreto con la finalidad de conocer los requisitos dimensionales, de calidad, dosificación y el proceso constructivo de las mismas.

Es de suma importancia conocer la normativa relacionada con la fabricación de tuberías, por lo cual en el capítulo 3 se detallan aspectos hidráulicos contenidos en la normativa ANDA los cuales deberán de cumplir los tubos para transportar aguas negras en conexiones domiciliarias y de esa forma aplicar los criterios de aceptación para los tubos ligeros.

En el capítulo 4 se abordan los materiales que se utilizan para fabricar tuberías de peso ligero y se hace una descripción de cada uno y se plantea la relación agua/cemento ideal con la cual estas se deben de fabricar.

El proceso de fabricación de tuberías se describe de manera detallada en el capítulo 5 y se ha dividido en fases para conocer los detalles que se deben tener en cuenta para asegurar la calidad del tubo.

Para conocer la funcionalidad del tubo se describe en el capítulo 6 las pruebas que se aplican a las tuberías de concreto basadas en la norma ASTM C 497, que servirán de base para llevar a cabo los procedimientos que estas mencionan y aplicarlas a los tubos de peso ligero y así obtener resultados comparables con los aceptados por esta normativa.

Es importante asimismo realizar el presupuesto de fabricación de tuberías ya que por medio de este se realiza el análisis costo/calidad de los tubos, estos aspectos son abordados en el capítulo 7.

Todos los resultados obtenidos a partir de las pruebas son presentados, analizados e interpretados en el capítulo 8 para determinar la funcionalidad técnica y económica de los tubos propuestos.

En el capítulo 9 se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto a partir del conocimiento de los resultados obtenidos a partir de las pruebas, análisis económicos y aspectos técnicos involucrados en la fabricación de tuberías de peso ligero.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar tuberías de peso ligero fabricadas con cemento Portland que cumplan con los parámetros de funcionalidad y aplicabilidad en los alcantarillados de acuerdo a las normas vigentes.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar la funcionalidad de la tubería propuesta, mediante las pruebas y análisis comparativo de sus propiedades físicas e hidráulicas.
- Determinar la viabilidad económica de la tubería propuesta a partir de presupuestos comparativos en relación a las tuberías de uso tradicional.
- Identificar las proporciones de materiales más óptimas y adecuadas para la fabricación de la tubería, los cuales induzcan las características más favorables para su funcionamiento.

- Definir el procedimiento más conveniente de fabricación de tubos y que permita elaborarlos con características uniformes y según lo diseñado.
- Conocer de acuerdo a presiones, velocidades, caudales y demás características hidráulicas, los diferentes tipos de sistemas de tubería en los que podría implementarse la tubería de esta naturaleza.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro del marco de una investigación, se debe avanzar hacia un propósito de mejorar la realidad actual o simplemente diversificar las opciones posibles, en cuanto a la manera de solventar una necesidad. Las bondades y limitaciones que los tubos tradicionales poseen, conducen a una adecuada utilización en condiciones específicas y la tubería propuesta al igual que las tradicionales no es la excepción.

En el ámbito de la construcción se tiene que el uso de tuberías de concreto, puede presentar dificultad en su manejo e instalación, si no se cuenta con la maquinaria adecuada debido al peso que estas poseen.

En el caso de las tuberías de PVC, Polietileno y Material Corrugado, estas proveen muy poca fuerza estructural que se requiere en el sistema de descarga de aguas lluvias y residuales.

En la instalación de tubos flexibles no se puede simplemente vaciar el material de encamado ya que se deben seguir diseños de colocado y compactado de capas de entre 6" y 8" para lograr la colocación y densidad necesarias. Asimismo el factor de su escaso peso contribuye a que se puedan desalinear más fácilmente debido a malos procesos constructivos o descargas repentinas de agua. Es común para un tubo flexible, que su instalación requiera sustancialmente más tiempo de colocación y compactación de los materiales de encamado que para la instalación de un tubo rígido como el concreto.

Con respecto a las tuberías metálicas se tiene la desventaja que estas no pueden resistir efectivamente el ataque químico de la mayoría de los ácidos, álcalis, sales y medios

orgánicos tales como los alcoholes e hidrocarburos alifáticos, dentro de ciertos límites de temperatura y de presión.

Por tanto, la mayor parte de los conductos metálicos de agua que han estado en servicio durante años sufren de alguna reducción en su capacidad de conducción, debido a las incrustaciones o revestimientos de limo que tienen a depositarse sobre la superficie interna. El índice de deterioro depende de la composición química del agua y del material de la tubería.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Es muy útil el diseño de un tipo de tubería, en la cual se acoplen todas las características de funcionalidad de los sistemas de tuberías de concreto, PVC y metálicas sin que prevalezcan cada una de las desventajas que caracterizan a los antes mencionados con el propósito de optimizar la evacuación de aguas residuales.

En ese sentido, valdría la pena investigar y experimentar si las tuberías de peso ligero fabricadas con cemento portland, representan una solución acorde a las exigencias actuales que se plantean en las construcciones, ya que los materiales con los que estará constituida (pasta de cemento, material textil; principalmente) en comparación con el concreto, PVC y tuberías metálicas constituyen una alternativa en la implementación en viviendas sostenibles.

Con la tubería propuesta se busca principalmente aprovechar las características más importantes de las tuberías tradicionales, como durabilidad, costo, instalación, reparación, resistencia, permeabilidad, entre otras, pero especialmente en cuanto al peso, ya que se pretende que las tuberías a diseñar sean más livianas que las de concreto tradicional.

Asimismo, el tiempo estimado de instalación de tuberías de peso ligero, sería potencialmente menor que el de la tubería de concreto tradicional, su misma ligereza permitirá la elaboración y manipulación de elementos más largos, en comparación con la de concreto tradicional. Existirán variables como los espacios de encamado, niveles de compactación del suelo, cantidad y calidad del recurso humano necesario para su instalación, entre otras, que darán sentido a la investigación y un nuevo enfoque a las condiciones bajo las que este tubo deberá trabajar.

También, el nuevo tipo de tubería será libre de los efectos negativos de la corrosión, superando en gran medida las propiedades que ofrecen las tuberías metálicas.

Desde el punto de vista ambiental, el proceso de fabricación de las tuberías de peso ligero, no atenta contra la sostenibilidad del medio ambiente ya que los componentes clave de esta no son contaminantes.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LOS

SISTEMAS

TRADICIONALES DE

TUBERÍAS

2.1 TUBERÍAS DE CONCRETO

Los tubos de hormigón simple para alcantarillado son elementos destinados a transportar aguas servidas provenientes de uso domiciliario o industrial y para evacuar aguas lluvias.

La conducción del líquido se hace en régimen de canal es decir sin presión. Existen también tubos de hormigón armado pretensados y/o centrifugados destinados a conducir aguas a presión. Su fabricación es más sofisticada lo que requiere de equipos y técnicas especiales y un mayor grado de industrialización, que escapa al objeto de este texto.

Otra variedad son los tubos de drenaje, fabricados en dimensiones similares con perforación en el manto, o bien, fabricados con "hormigón sin finos" mezcla de gravilla con una baja proporción de mortero rico en cemento lo que deja una elevada cantidad de huecos o porosidades, por donde puede penetrar el agua de infiltración del terreno o de napas subterráneas.

2.1.1 TUBO DE CONCRETO CON JUNTA HERMÉTICA

El tubo de concreto con junta hermética está diseñado para evitar la ex filtración e infiltración de agua, lo que permite conducir este vital líquido sin riesgo de contaminar los mantos acuíferos.

La conexión del tubo se hace mediante una liga de hule, de manera que funciona con un empaque que sella herméticamente.

2.1.2 TUBO DE CONCRETO REFORZADO CON JUNTA HERMÉTICA

El tubo de concreto con junta hermética está diseñado para evitar la ex filtración e infiltración de agua, lo que permite conducir este vital líquido sin riesgo de contaminar los mantos acuíferos. La conexión del tubo se hace mediante una liga de hule, de manera que funciona con un empaque que sella herméticamente.

2.1.3 TUBO DE CONCRETO SIMPLE CON JUNTA DE MORTERO

El tubo de concreto simple con junta normal ha sido la opción más económica y popular en nuestro país, su unión es con mortero y es una buena opción para drenajes pluviales. El tubo de concreto reforzado con junta normal es recomendado para drenajes pluviales, pasos de agua y alcantarillados para carreteras.

2.2 REQUISITOS DIMENSIONALES Y DE CALIDAD

Los tubos se clasifican según su grado de resistencia a compresión, forma de unión, sección y dimensiones.

La norma NCh 184 "Tubos de hormigón simple para alcantarillado - Requisitos generales", hace la clasificación siguiente:

Según su grado de resistencia a la compresión diametral:

- tubos corrientes
- tubos de alta resistencia

Según su forma de unión:

- tubos con unión de cazoleta y espiga
- tubos con unión de medio espesor

Según su sección:

- tubos de sección circular
- tubos con base plana

En las siguientes tablas se muestran los requisitos dimensionales y de calidad de los diferentes tipos de tubos que se tienen:

Diametro interior D mm	Espesor mínimo de pared e mm	Dimensiones de la union		Resistencia mínima a la compresion diametral kg/m	Impermeabilidad Absorción máxima cm ³ /m	
		Profundidad mínima P mm	Apertura a mm			t mm
Con unión de cazoleta y espiga						
100	19	50	10	3	1,700	100
150	19	50	10	3	1,400	110
175	22	50	10	3	1,400	115
200	22	50	10	3	1,400	120
250	26	50	15	3	1,600	140
300	33	50	15	3	1,900	160
350	36	50	15	3	2,000	180
400	40	50	15	3	2,100	210
450	45	50	15	3	2,200	240
Con unión de muesca y ranura						
500	50	26	-	6	2,400	270
600	58	26	-	7	2,800	300
700	67	40	-	7	3,100	330
800	77	40	-	8	3,300	360
900	86	42	-	8	3,500	400
1,000	95	42	-	9	3,700	440
1,200	105	50	-	10	3,900	520

Tabla 2.1 Tubos corrientes de sección circular

Diámetro interior D mm	Espesor mínimo de pared e mm	Dimensiones de la unión			Resistencia mínima a la compresión Diametral Kg/m	Impermeabilidad ad Absorción Máxima cm ³ /m
		Profundidad mínima p(*) mm	p' mm	Apertura mm		
400	55	99(86)	77.5	9.8 ≈1.4(12)	4,300	210
500	69	99(86)	77.5	9.8 ≈1.4(12)	5,200	270

Para tubos con unión de cazoleta. Las dimensiones entre paréntesis corresponden a tubos con junta de mortero.

Tabla 2.2 Tubos de alta resistencia de sección circular

Diámetro interior D mm	Espesor min		Ancho de la base b mm	Dimensiones de la Unión			Resistencia mínima a la compresión diametral kg/m	Impermeabilidad ad absorción máxima cm ³ /m
	Pared e mm	Base e' mm		Profundidad mínima p mm	P' mm	Apertura t mm		
600	91	136	360	107	120	10.5 ± 1.6	7,000	300
700	91	162	420	107	120	10.5 ± 1.6	8,000	330
800	98	185	480	107	120	10.5 ± 1.6	8,400	360
900	109	206	540	113	126	10.5 ± 1.8	9,200	400
1000	120	227	600	113	126	10.5 ± 1.8	10,000	440
1200	140	267	720	121	134	10.5 ± 1.9	11,300	520

Tabla 2.3 Tubos de alta resistencia con base plana. Con unión de muesca y ranura

Diámetro mm	Longitud útil metros						
100	1.00						
150 – 250	1.00	1.20	1.25				
300 – 500	1.00	1.20	1.25	(1.50)	(1.75)	(2.00)	
600 – 1,200	1.00	(1.20)	(1.25)	1.50	(1.75)	2.00	(2.50)

Tabla 2.4 Longitudes útiles de tubos

2.3 DOSIFICACIÓN

En esta sección se especifican las cantidades de cada uno de los elementos (cemento y agua) necesarios para producir las tuberías de concreto.

Las dosificaciones de los elementos antes mencionados se presentan a continuación.

2.3.1 DOSIS DE CEMENTO

La dosis de cemento y la cantidad de agua dependen del método de mezclado y compactación empleado para cumplir los requisitos de resistencia e impermeabilidad.

Se indican las dosificaciones recomendadas para los distintos métodos de compactación:

Forma de compactación	Dosis de cemento kg/m ³
Apisonado manual	360 a 400
Apisonado mecánico	320 a 360
Vibrocompresión	280 a 320

Tabla 2.5 Dosificación de cemento

2.3.2 CANTIDAD DE AGUA

Con el objeto de que el tubo pueda ser desmoldado inmediatamente después de la compactación, sin deformarse, la mezcla deberá tener una consistencia seca o de "Tierra húmeda". La cantidad de agua deberá determinarse en cada caso para obtener dicha consistencia y cumplir además con los requisitos de resistencia e impermeabilidad antes señalados.

2.4 FABRICACIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO

Hoy en día, existen tres procesos comúnmente utilizados para producir tuberías de concreto:

- Vaciado en seco (drycast)
- Empaquetado (packerhead)
- Concreto premezclado (wetcast)

Los dos primeros, vaciado en seco y empaquetado (tradicional) son clasificados como sistemas de desmolde inmediato. La palabra desmolde se refiere al retiro del molde del tubo. "El desmolde inmediato" se caracteriza por el uso de concreto de cero revenimiento, que es suficientemente compactado durante el ciclo de producción del tubo, para permitir la retirada del corazón interior o la camisa exterior inmediatamente después de que el tubo ha sido producido. Lo anterior permite tener el molde disponible para reutilizarse numerosas veces al día, incrementando la productividad.

2.4.1 VACIADO EN SECO

El proceso de vaciado en seco se ajusta a los principios básicos de fabricación de tubería de concreto, consolidando concreto relativamente seco en un molde que consiste en un corazón interior y una camisa exterior. Se utiliza un sistema de vibración para distribuir y compactar densamente la mezcla. Compresión a lo largo del tubo se utiliza con frecuencia para complementar la vibración. La vibración puede ser externa, con fuerza eléctrica o hidráulica (sobre la camisa), o interna, con fuerza hidráulica o neumática (dentro del corazón).

Las máquinas de tubería de concreto en seco pueden ser modelos de una, dos o tres estaciones y generalmente pueden producir un rango de tubos de 300 mm a 4000 mm (12" a 156") de diámetro con longitudes de 2.5 m, 3.5 m y 5 m (8', 12' y 16'). Estas máquinas son únicas porque pueden producir una gran variedad de formas y tipos de productos de concreto tales como tubo redondo, elíptico, de arco, pre-tendido, alcantarilla rectangular y de línea PVC.

2.4.2 EMPAQUETADO

El otro método de desmolde inmediato es el proceso de empaquetado. Los modelos de empaquetadoras pueden hacer tubería redonda de 150 mm a 2100 mm (6" - 84") de diámetro y longitudes de 0.3 m a 3.5 m (1'-12'). Este tipo de tubo es utilizado tanto para aguas pluviales y negras como para irrigación y drenaje.

En este proceso de producción, en seco, concreto de cero revenimiento es alimentado dentro de una camisa exterior para hacer el exterior del tubo. El interior del tubo adquiere forma por un mecanismo que sube con un movimiento giratorio rápido llamado cabezal de cilindro, que compacta el concreto radialmente hacia afuera, contra el interior de la camisa. En las máquinas de tuberías convencionales todos los cilindros rotan en la misma dirección. En las máquinas de tuberías bidireccionales, el cilindro y la pala rotan en direcciones opuestas, asegurando que la tensión de torsión es eliminada de la tubería en fresco. El cabezal del cilindro se monta sobre el extremo de un eje giratorio largo y da vueltas dentro del molde para rotar y empaquetar el tubo a la densidad adecuada mientras la camisa permanece sin moverse.

2.4.3 PREMEZCLADO

El proceso de concreto premezclado utiliza una mezcla de concreto relativamente húmeda. El tubo es fabricado verticalmente en el espacio vacío entre un corazón interno y

una camisa exterior. Este proceso es comúnmente utilizado para producir tubos de gran diámetro en los que los segmentos de tubo son fabricados, curados y desmoldados en un sólo lugar.

Dependiendo del diámetro y lo largo del tubo, varios vibradores externos son sujetados a las formas para consolidar el concreto. Los moldes se quedan verticales y no se requiere de una máquina para producirlos. Usualmente varios moldes son colocados al mismo tiempo para establecer una línea de vaciado.

El vaciado premezclado es un proceso muy versátil. Como no hay restricciones del marco de ninguna máquina, la tubería puede producirse en distintos largos. Tubos de muchos largos y diámetros pueden combinarse en la línea de vaciado. Longitudes de 7 m (24') son comunes, especialmente para uso en líneas de terreno abierto y de conexión entre ciudades.

CAPITULO III

NORMATIVA

RELACIONADA CON

LA FABRICACIÓN DE

TUBERÍAS

3.1 NORMATIVA SEGÚN ANDA PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

En el diseño y evaluación de tuberías de peso ligero se deberán cumplir con parámetros de funcionalidad y aplicabilidad en los alcantarillados de acuerdo a las normas vigentes en nuestro país.

Por lo tanto, se utilizarán las Normas de ANDA en donde se establecen los requerimientos técnicos para los proyectos de alcantarillado, de la cual se extraen de la sección II los siguientes apartados:

3.1.1 DIÁMETRO MÍNIMO DE TUBERÍAS

Se establecen los siguientes parámetros:

Tabla 3.1 Diámetros mínimos de tuberías

Tipo	Diámetro mínimo de tuberías
Colectores de pasajes peatonales (viviendas de interés social)	PVC ϕ 6" si longitud \leq 100 m
Acometidas domiciliarias	ϕ 4"
Colectores terciarios	ϕ 8" (cemento o PVC)

Referencia: Normas Técnicas de ANDA

3.1.2 MATERIAL Y SECCIONES DE TUBERÍA

La normativa ANDA establece que se usarán tuberías de PVC, cemento - arena, concreto simple, concreto reforzado o hierro fundido dúctil, de sección circular para interceptores o emisarios.

Se podrá usar canales con secciones de diferente forma (trapezoidal, rectangular, herradura, ovoide, etc.) cuando razones técnicas o económicas lo justifiquen.

De acuerdo al apartado 7 (normativa ANDA) se puede establecer el diámetro mínimo con el que se trabajará en la investigación que será de 6 pulgadas, y del apartado 10 se puede establecer que el tipo de tubería a analizar de acuerdo a los materiales es factible para alcantarillados según los requerimientos de ANDA.

3.1.3 CAUDAL DE DISEÑO; CAPACIDAD DE LAS TUBERÍAS

El caudal de diseño será igual al 80% del consumo máximo horario correspondiente al final del período de diseño más una infiltración potencial a lo largo de la tubería de 0.20 L/s/ha para tubería de cemento y 0.10 l/s/ha para tubería PVC

La capacidad de las tuberías será igual al caudal de diseño multiplicado por un factor, el cual dependerá de la magnitud de variaciones de caudal así:

Tabla 3.2 Capacidad de las tuberías

Φ Colector	Factor	Φ Colector	Factor
$8'' \leq \varphi \leq 12''$	2.00	36''	1.40
15''	1.80	42''	1.35
18''	1.60	48''	1.30
24''	1.50	Interceptores	
30''	1.45	o emisarios	1.20

Referencia: Normas Técnicas de ANDA

3.1.4 CÁLCULOS HIDRÁULICOS; LÍMITES DE VELOCIDAD (A TUBO LLENO)

Para los cálculos hidráulicos se usará la fórmula de Chezy-Manning: $V = (R^{2/3}S^{1/2})/n$ considerando el diámetro interno efectivo de la tubería. El coeficiente de rugosidad n será de 0.015 para colectores de cemento-arena o concreto y de 0.011 para PVC donde R= radio hidráulico.

En relación a los límites de velocidad se tiene que para colectores primarios y secundarios: V mínima real = 0.50 m/seg. A caudal de diseño durante el primer año de funcionamiento. En colectores de urbanizaciones prevalecerá el criterio mínimo diámetro pendiente.

Tabla 3.3 Velocidad máxima con el caudal de diseño

Tuberías	Vmax
PVC	5.0 m/s
Hierro	4.0 m/s
Tubería de concreto	3.0 m/s

Referencia: Normas Técnicas de ANDA

Estos límites de velocidad son para diseños a tubo lleno, sin embargo, podrá diseñarse a caudal “real” para permitir mayores pendientes en el caso de PVC o similar.

3.2 NORMAS APLICABLES PARA LA FABRICACIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO

- **Concreto Siempre con junta hermética(Norma NMX-C-401)**

Esta norma se aplica a tubos, fabricados de concreto sin refuerzo. Se establecen las especificaciones que deben cumplir los tubos de concreto simple que cuentan con junta hermética y que se destinan a los sistemas de alcantarillado sanitario que trabajan sin presión. Se aplica tubos de concreto simple con diámetros nominales de 100 mm a 600 mm.

Establece las especificaciones que deben cumplir los tubos de concreto reforzado, para usarse en la conducción de aguas negras, pluviales, desechos industriales y para la

construcción de alcantarillados. Se aplica, únicamente a las especificaciones de los tubos de concreto reforzado y no incluye los requisitos de Instalación, ni la relación entre la carga de cobertura, y la clasificación por resistencia del tubo.

- **Conexiones domiciliarias** con junta hermética (*Norma NMX-C-415*)

Esta norma es aplicable a las válvulas de instalaciones hidráulicas, utilizadas en lavabos, fregaderos, lavaderos, para empotrar, nariz, paso y retención, de diferentes materiales y accionamiento, de fabricación nacional y de importación que se comercializan en el país.

Tabla 3.4 Normativa Tuberías de Concreto

Tipo de Tubo	Norma de Fabricación
Concreto Siempre con junta hermética	<i>Norma NMX-C-401</i>
Tubo de concreto reforzado con junta hermética	<i>Norma NMX-C-402</i>
Tubo de concreto simple con junta de mortero (junta normal)	<i>Norma NMX-C-9</i>
Tubo de concreto reforzado con junta de mortero (junta normal)	<i>Norma NMX-C-20</i>
Conexiones domiciliarias con junta hermética	<i>Norma NMX-C-415</i>

Según la normativa ASTM para tubos de concreto se tienen las siguientes especificaciones:

- Especificación estándar para tubería de hormigón para el riego o de drenaje
(ASTM C-118)

Esta especificación trata sobre los tubos de hormigón no reforzados que son utilizados en el transporte de agua ya sea para riego o drenaje sometida a presión.

Asimismo se abordan las pruebas a las que deben ser sometidas las muestras entre las cuales se tienen: carga externa, prueba de absorción y prueba hidrostática

- Especificación Estándar para alcantarilla de Hormigón Armado, sistema de desagüe y de tuberías de alcantarillado **(ASTM C-076)**

Esta especificación trata acerca de tuberías de concreto reforzado destinadas a ser utilizadas para el transporte de aguas residuales, desechos industriales, aguas pluviales y para la construcción de alcantarillas.

La normativa establece los diferentes métodos a utilizar para fabricar el refuerzo de dichos tubos entre los cuales se tienen: refuerzo circunferencial, refuerzo longitudinal y refuerzo conjunto.

En la tabla 10 se detalla la normativa ASTM aplicable en relación al diámetro del tubo y si estas poseen refuerzo.

Según la normativa AASHTO se tienen las siguientes especificaciones:

- Método estándar de prueba para tubería de concreto, secciones de boca.
(Designación AASHTO: T280-061 Designación ASTM: C497-04E)

Se establecen los diferentes ensayos a realizar a tubos de concreto las cuales consisten en:

- Prueba de resistencia (método de los tres apoyos)
- Prueba de absorción
- Prueba hidrostática
- Prueba de permeabilidad
- Prueba de resistencia mediante el método del cilindro
- Pruebas de junta lubricante
- Pruebas de conjunto de cortes
- Alcalinidad en mezclas de concreto

Tabla 3.5 Normativa ASTM para tuberías de concreto

Diámetro de Tubería de Concreto	Norma
Simple (mm)	
150, 200, 250, 300, 380, 450 (longitud interna 1,200 mm), 450 mm (longitud interna 2,000), 600, 610.	<i>ASTM – C – 118</i>
Reforzado	
380, 450, 610, 760, 910, 1070 (longitud interna 1350 mm), 1070 (longitud interna 2500), 1220, 1520, 1830, 2140, 2440	<i>ASTM – C - 076</i>

Referencia: Catálogo de Tuberías de Concreto, Grupo Mondragón

3.3 NORMAS APLICABLES PARA LA FABRICACIÓN DE TUBERÍAS PLÁSTICAS

Tabla 3.6 Normativa para tuberías plásticas

Organismo	Designación	Descripción
ASTM	D 1248	Materiales para la extrusión y moldeo en polietileno
	D 1784	Compuestos de cloruro de polivinilo rígido (PVC) y compuestos de cloruro de polivinilo clorado (CPVC)
	D 1785	Tubería plástica PVC, cédulas 40, 80 y 120
	D 2241	Tubería plástica PVC para presión (SDR)
	D 2466	Accesorios para tubería PVC cédula 40
	D 2665	Tubería y accesorios PVC para drenaje, desecho y ventilación (DWV)
	D 2672	Tubería de PVC con juntas cementadas
	D 2737	Tubería plástica de polietileno (PE)
	D 2846	Tubos y accesorios CPVC para agua caliente
	D 3034	Tubos y accesorios para alcantarillado
	D 3139	Juntas con empaque para sistemas de presión
	D 3212	Juntas con empaque par alcantarillado
	D 3350	Tubería y accesorios de polietileno
	F 477	Especificación estándar para sellos elastoméricos para unión de

tuberías plásticas

F 949 Especificación estándar para tubería corrugada y accesorios de PVC con interior liso

F 2307 Especificación estándar para tubería y accesorios de PVC por gravedad de perfil cerrado serie 10 basados en diámetro interno controlado

Referencia: Manual Técnico Tubosistemas AMANCO

3.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO (SEGÚN NCH 184)

La inspección de tubos se debe efectuar por lote. Se entiende por lote al conjunto de tubos del mismo diámetro nominal, grado de resistencia, sección y tipo de unión que se presentan para fines de aceptación y rechazo formando un conjunto unitario.

Los planes de muestreo deben establecerse de acuerdo con NCh 14, considerando los siguientes niveles de calidad aceptable (AQL):

- Para compresión diametral: AQL 2,5.
- Para control de impermeabilidad: AQL 4.
- Para control de forma y dimensiones: AQL 4.

CAPITULO IV

DESCRIPCIÓN DE

MATERIALES A

UTILIZAR

4.1 CEMENTO C1157 HE

Fue inventado en 1824 en Inglaterra por el constructor Joseph Aspdin. El nombre se debe a la semejanza en aspecto con las rocas que se encuentran en la isla de Portland, en el condado de Dorset. A diferencia de cómo muchos creen, su origen no está relacionado con Portland, Oregón, EEUU.

Los cementos Portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos de calcio hidráulicos, esto es, fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua. En el curso de esta reacción, denominada hidratación, el cemento se combina con el agua para formar una pasta, y cuando le son agregados arena y grava triturada, se forma lo que se conoce como el material más versátil utilizado para la construcción: el CONCRETO.

El clinker, la materia prima para producir el cemento, se alimenta a los molinos de cemento junto con mineral de yeso, el cual actúa como regulador del fraguado. La molienda conjunta de éstos materiales produce el cemento. Las variables a controlar y los porcentajes y tipos de materiales añadidos, dependerán del tipo de cemento que se requiera producir.

El tipo de materias primas y sus proporciones se diseñan en base al tipo de cemento deseado.

La calidad del cemento Portland deberá estar de acuerdo con la norma ASTM C 150.

Los *cementos Portland especiales* son los que se obtienen del mismo modo que el cemento portland normal, pero tienen características diferentes a causa de variaciones en el porcentaje de los componentes que lo conforman.

La Norma ASTM C 1157 establece los requisitos de durabilidad para los cementos hidráulicos cuando se utilicen en aplicaciones especiales o para uso general. Por ejemplo, donde se requieran altas resistencias tempranas, moderada a alta resistencia a los sulfatos, moderado o bajo calor de hidratación y opcionalmente baja reactividad con los agregados reactivos a los álcalis



Figura 4.1 Cemento C1157 HE para uso en pavimentos

Holcim CESSA PAV Tipo HE es un cemento hidráulico por desempeño, el cual posee la misma composición química del cemento Tipo I, pero con la adición de puzolana y filler en proporciones específicas en la molienda final

Este cemento alcanza resistencias mayores a los 4200 psi a los 28 días, por lo que es recomendado para la fabricación de prefabricados de concreto.

Características

Debido a sus características de alta resistencia inicial, este cemento es principalmente adecuado para la construcción de pavimentos de concreto, estabilización de suelos y bases granulares, también es recomendado para la fabricación de productos de concreto, tales como: pilas, bloques, ladrillos, tubos, adoquines, celosías, etc.

Por ser un cemento de alta resistencia inicial, puede ser utilizado en la construcción de obras de concreto en donde se requiera retiro de moldes a tempranas edades, tal es el caso

de viviendas de concreto reforzado donde la reutilización del molde es vital en el proceso constructivo.

4.2 MATERIALES TEXTILES

4.2.1 STOCKINETTE



Figura 4.2 Rollo de stockinette

Tela continua de algodón en malla, tejido, tipo jersey (punto de trama $\frac{1}{2}$), elaborado con hilo de algodón crudo título 8/1 descrudado (el hilo no contiene parafinas ni almidones). Condición hidrófila (absorbente al agua).

El hilo utilizado es de fibra nueva de algodón, Hecho con hilo de algodón de la alta calidad del 100% (no se utilizan desperdicio textil). Muy cómodo, suave y peso ligero.

Tejidos tubulares con inserción de trama elástica, optimizando el efecto compresivo, siendo de gran utilización en tratamientos post-operatorios sobre articulaciones tales como la rodilla, el codo y el tobillo. También altamente utilizados en procesos de recuperación musculares, así como tratamientos ortopédicos. Tejidos tubulares de tejido acanalado (rib) producidos en máquinas circulares de trama, con mezcla de hilos de poliéster / poliamida y elástico título 90 recubierto.

El stockinette se utiliza como revestimiento de piel de uso general de protección, de punto de algodón 100% sin blanquear.

El stockinette resulta una forma barata y conveniente de la cubierta y la protección de la piel, también es adecuado para su uso en materiales de fundición: su construcción punto permite la circulación del aire sobre la piel, ayudando a evitar la maceración de la zona protegida.

4.2.2 FIBRA DE VIDRIO



Figura 4.3 Fibra de vidrio

El significado estricto de la frase fibra de vidrio hace referencia a una especie de entelado realizado a partir de diminutos hilos de vidrio entrelazados entre sí generando una malla o trama. El origen del término proviene del idioma inglés "fiberglass" y ha sido adoptado en forma casi textual en el idioma español.

Luego se deja enfriar o solidificar logrando que el producto final permanezca con flexibilidad suficiente como para poder entretejerlo y formar una malla o tela.

Sus principales propiedades son: buen aislamiento térmico, inerte ante ácidos, soporta altas temperaturas. Gran maleabilidad, Altamente resistente a la tracción. Estas propiedades y el bajo precio de sus materias primas, le han dado popularidad en muchas aplicaciones industriales. Las características del material permiten que la Fibra de Vidrio sea moldeable con mínimos recursos, la habilidad artesana suele ser suficiente para la autoconstrucción de piezas de bricolaje tales como kayak, cascos de veleros, terminaciones de tablas de surf o esculturas, etc. Debe tenerse en cuenta que los compuestos químicos con los que se trabaja en su moldeo dañan la salud, pudiendo producir cáncer. La fibra de vidrio también es empleada para la producción de fibra óptica(material utilizado para transportar haces luminosos, rayos laser, luz natural, etc.) material ampliamente utilizado para el transporte de datos en las empresas de telecomunicaciones e internet. También se utiliza habitualmente como aislante térmico en la construcción, en modo de mantas o paneles de unos pocos centímetros. La fibra de vidrio es conocida con el símbolo GF (glassfiber) o GFK. Su densidad es 1,6 en tanto que la resistencia en relación a la tracción es 400 a 500 N/mm²

Otro de los usos importantes de la fibra de vidrio es la Fabricación de la rejilla de fibra de vidrio, barandales, escaleras marinas, perfiles estructurales, tapas para registros.

Se recomienda utilizar fibra de vidrio para la fabricación de artículos que estén expuestos a agentes químicos y degradación por corrosión.

4.2.3 FRANELA



Figura 4.4 Franela

Tejido fino de lana o algodón, muy suave, ligeramente cardado por una de sus caras.

Franela es un suave tejido de la tela, de diversas finuras. Se hizo originalmente de cardar lana o estambre hilado, pero ahora se hacen a menudo, ya sea de lana, de algodón o fibra sintética. Puede ser cepillado para crear suavidad o permanecer sin cepillar. El proceso de cepillado es un proceso mecánico, donde un cepillo de metal fino se frota la tela para crear finas fibras de los hilos de hilvanar. Por lo general, ha de ser aterciopelada de una o dos caras. Franela doble aterciopelada se refiere a una tela que se ha cepillado en ambos lados. Si la franela no es aterciopelada, gana su suavidad a través del hilo de hilvanar en su forma de tejido. Franela se utilizan normalmente para hacer prendas de vestir, ropa de cama y ropa de dormir.

Propiedades y utilidades: ser un buen aislante térmico al mantener la humedad, posee un gran poder absorbente, se limpia fácilmente (mantiene la suciedad y el polvo en la superficie), es una fibra elástica, Es resistente (puede recuperarse como un flexible al ser comprimida).

4.3 MOLDE DE PVC



Figura 4.5 Molde de PVC

Existen en el mercado una amplia gama de equipos para fabricar tubos de concreto tradicionales, que van desde la operación manual hasta equipos altamente mecanizados los que elaboran por vibro-compresión varios tubos a la vez.

Tradicionalmente el concreto se vacía en un molde dispuesto verticalmente y formado por un núcleo central y un molde exterior, ambos de metal. El espacio anular entre ambos elementos determina el espesor del tubo, su longitud y forma de las uniones.

Pero para la elaboración de las tuberías de peso ligero no es necesario el molde externo, por eso es posible utilizar una tubería de P.V.C. para fabricar las tuberías propuestas, haciendo uso también de otros elementos como aceite quemado y plástico vegetal para facilitar la remoción de la tubería elaborada, de este tipo de molde.

Entre algunas de las ventajas que proporciona el utilizar este tipo de molde podemos mencionar que se pueden encontrar en los tamaños necesarios para la elaboración de los diámetros propuestos (4" y 6"), además uno solo se puede utilizar varias veces, una vez elaborado y desmoldado un tubo se puede iniciar la elaboración de otro con el mismo molde.

Las dimensiones de los moldes a utilizar son 1.5 m. de alto y en diámetros de 4"y 6".

4.4 DESENMOLDANTE (ACEITE QUEMADO)



Figura 4.6 Aceite quemado

Un aceite lubricante es un líquido usado para disminuir la fricción entre dos superficies, éstos son usados en el interior de los motores donde las condiciones de operación hacen que después de cierto periodo de uso se degraden en compuestos cuyas características no permiten su utilización como lubricantes.

Este aceite puede ser reutilizado como aceite para moldes: por ejemplo en la industria de la construcción las formaletas o moldes donde se vacía concretos, morteros deben ser untados con aceite que luego hace fácil el desmolde.

4.5 PLÁSTICO VEGETAL



Figura 4.7 Plástico vegetal

Es una película delgada de plástico utilizado principalmente para cubrir los alimentos para mantenerlos frescos durante un largo periodo de tiempo. Comúnmente es de aproximadamente 0,5 milésimas de pulgada o 12,5 micras de grueso.

Por lo general se venden en rollos en cajas con un bordecortante, se pega a muchas superficies lisas y así pueden permanecer ajustadas sobre la abertura de un envase sin adhesivo u otros dispositivos.

El uso de este plástico en la fabricación de los tubos de peso ligero es para impedir que el cemento entre en contacto directo con la superficie del tubo de P.V.C. y así evitar que se adhieran, haciendo posible la extracción del tubo de peso ligero del molde; así como también para proteger el tubo recién terminado de fabricar.

4.6 RELACIÓN AGUA/CEMENTO

Una mezcla dada puede tener una resistencia relativamente buena o mala, dependiendo de la cantidad de agua que se agregue. Una mayor relación A/C dará una menor resistencia, esto quiere decir que a mayor cantidad de agua, menos resistencia.

La relación agua-cemento, también conocida como razón agua/cemento, a/c, es uno de los parámetros más importantes de la tecnología del concreto, pues influye grandemente en la resistencia final del mismo.

Expresa la íntima relación que existe entre el peso del agua utilizada en la mezcla y el peso del cemento. Como es matemáticamente una razón, debe usarse un signo de división (barra: /) y nunca un guión.

Dado que el peso del agua utilizada siempre es menor que el peso del cemento, el número resultante es menor que la unidad.

Una relación agua/cemento baja conduce a un hormigón de mayor resistencia que una relación agua/cemento alta. Pero entre más alta esta relación, el concreto se vuelve más trabajable.

La relación A/C de la mezcla influirá mucho sobre la resistencia del hormigón endurecido con un envejecimiento dado.

En la figura se dan las relaciones entre la resistencia a la compresión y flexión versus la relación A/C. En cada caso, se muestra una banda de valores, en lugar de una sola curva, para cubrir variaciones en los materiales y procedimientos de prueba.

La posición exacta de la curva de resistencia contra la relación A/C dependerá de las propiedades y proporciones de cada uno de los ingredientes, los métodos de mezclado, vaciado y curado.

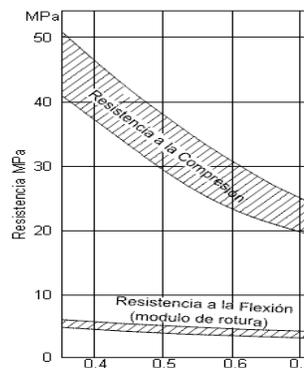


Figura 4.8 Gráfica de Resistencia

Una resistencia a la compresión elevada es generalmente un indicio de buena calidad del hormigón.

Es una consecuencia de un valor bajo de A/C (agua/cemento) que produce generalmente una pasta de cemento endurecido de mejor calidad (porosidad y permeabilidad bajas).

El cemento Portland es un ligante hidráulico. Se solidifica al reaccionar con el agua (hidratación) y produce compuestos (hidratos) que son estables en el agua.

La estructura interna del hormigón es un medio muy alcalino con un pH cercano a 13.

- Mucha agua y poco cemento (A/C elevado):

Los granos de cemento estarán lejos los unos de los otros y después de haberse completamente hidratado, habrá un exceso de agua. Como consecuencia de esto, la porosidad capilar será grande, la permeabilidad será muy grande y las propiedades mecánicas del hormigón serán malas.

- Poca agua y mucho cemento (A/C bajo):

Los granos de cemento estarán cerca los unos de los otros y después de haberse completamente hidratado, no habrá un exceso de agua. Como consecuencia de esto, la porosidad capilar será pequeña, la permeabilidad será muy pequeña y las propiedades mecánicas del hormigón serán buenas.

4.6.1 A/C IDEAL

A partir de medidas experimentales, es posible calcular la relación entre A/C y el volumen de la porosidad (agua) de una mezcla.

El agua combinada químicamente representa el 23% del peso del cemento no hidratado.

El volumen de los productos sólidos de hidratación es igual al volumen de cemento no hidratado más 0.746 veces el volumen de agua combinada químicamente.

La porosidad (agua en los poros) del conjunto equivale al 28% de los hidratos totales.

El volumen de los hidratos totales es la suma de los productos sólidos de hidratación y la porosidad. (Tomado de Pigeon 1981).

$$A/C = 0.42$$

Cemento no hidratado 100 gr (volumen 31.75 mL)

Agua 42 gr (volumen 42 mL)

Agua combinada químicamente = 23% (100 gr) = 23 gr (volumen 23 mL)

Volumen productos sólidos de hidratación = 31.75 mL + 0.746 (23 mL) = 48.9 mL

Volumen de hidratos totales = 48.9 mL / 0.72 = 67.9 mL

Porosidad = 67.9 mL (0.28) = 19 mL

Vacíos en la mezcla = 31.75 mL + 42 mL – 67.9 mL = 5.85 mL (contracción LeChatelier)

Para la relación A/C = 0.42 hay agua suficiente para hidratar completamente todo el cemento. Sin embargo, como el volumen de hidratos formados es menor que el volumen

inicial de agua y cemento, habrá una creación de espacios vacíos sin agua. Este fenómeno se conoce como la contracción LeChatelier.

- A/C más grande que 0.42:

Hay más agua de la necesaria para hidratar completamente todo el cemento. Una vez todo el cemento fue hidratado habrá agua sobrante que permanecerá en los poros, esta agua la denominamos agua libre.

- A/C ideal 0.36:

Todo el cemento no podrá hidratarse por falta de agua. Sin embargo, si el agua faltante la suministramos desde el exterior (por fuera del agua de la mezcla) la fracción de cemento no hidratada podrá hidratarse correctamente llenando así los vacíos creados por la contracción LeChatelier.

Si la relación A/C es menor de 0.36, toda el agua reaccionará y todo el espacio será ocupado por los hidratos. Subsistirán algunos granos de cemento no hidratado pero esto no disminuye la resistencia.

Todos los ejemplos presentados anteriormente son teóricos y no representan necesariamente la realidad. En la práctica, la hidratación no es nunca completa porque los granos grandes de cemento no se hidratan completamente.

Por esta razón, incluso en las pastas de cemento fabricadas con un A/C más bajo que 0.25 subsiste un poco de agua en los poros.

CAPITULO V

PROCESO DE

FABRICACIÓN DE

TUBERÍAS

5.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Se busca mediante el diseño de la tubería, abordar específicamente lo relacionado al cálculo de espesor mínimo, con el cual el tubo sea capaz de soportar la carga de aplastamiento que los tubos de concreto tradicionales pueden soportar. El análisis empleado para este diseño, se encuentra en el libro de Stephen Timoshenko, pagina 224, donde se parte de las condiciones de pandeo en un anillo elíptico, hasta asociar dicho fenómeno con la abolladura de un tubo en su sección longitudinal (semejante a un cascaron cilíndrico).

Siendo el material utilizado en la tubería, esencialmente concreto, debe emplearse esta ecuación para conocer la presión crítica:

$$P_{cr} = \frac{h}{R} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{E} * \frac{R^2}{h^2}}$$

Sea:

$$P_{cr} = \textit{Presion critica.}$$

$$h = \textit{espesor de la tuberia.}$$

$$R = \textit{radio medio de la tuberia.}$$

$$\sigma_{f1} = \textit{Esfuerzo de ruptura del material.}$$

$$E = \textit{Modulo de elasticidad.}$$

El procedimiento empleado, parte de asociar la ecuación correspondiente a la presión crítica a una tubería de concreto tradicional, encontrando así dicho parámetro, de la siguiente manera:

Tubería de 4 pulgadas de diámetro, proporciones del concreto constantes para cualquier diámetro.

Propiedades de la tubería tradicional.	
Propiedad	Valor.
Espesor	1.6 cm
Radio medio	5.88 cm
Modulo de Fluencia.	135 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad.	96,672 Kg/cm ²

Tabla 5.1 Propiedades de la tubería tradicional de 4 pulgadas.

$$P_{cr} = \frac{h}{R} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{E} * \frac{R^2}{h^2}} =$$

$$P_{cr} = \frac{1.6}{5.88} * \frac{135}{1 + 4 * \frac{135}{96,972} * \frac{5.88^2}{1.6^2}} = 34.16 \text{ kg/cm}^2$$

Valor de presión critica con el cual las tuberías propuestas deberán cumplir: **34.16 kg/cm²**

Las propiedades del concreto con el cual se han fabricado las tuberías, así como la presión crítica que se espera sea capaz de soportar son las siguientes:

Propiedades del concreto para fabricación de tuberías propuestas.						
<i>Propiedad.</i>	<i>Franela.</i>		<i>Fibra de vidrio.</i>		<i>Estoquinete.</i>	
<i>Presión crítica.</i>	34.16 kg/cm ²		34.16 kg/cm ²		34.16 kg/cm ²	
<i>Modulo de Ruptura</i>	<i>Fuerzas de compresión en áreas de 15 cm x 15 cm.</i>					
	55,480	56,380	52,570	69,490	50,345	51,678
	kg	Kg	kg	kg	kg	kg
	249 Kg/cm ²		271 Kg/cm ²		227 Kg/cm ²	
<i>Módulo de elasticidad.</i>	3.12*10 ⁶ psi		3.17*10 ⁶ psi		3.00*10 ⁶ psi	
	219,357 Kg/cm ²		222,873 Kg/cm ²		210,920 Kg/cm ²	

Tabla 5.2 Propiedades del concreto para fabricación de tuberías propuestas.

Calculo del espesor:

$$P_{cr} = \frac{h}{R} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{E} * \frac{R^2}{h^2}}$$

Siendo: $R = R_{medio} = r_{interno} + h/2$

Utilizando la misma fórmula, ahora con las propiedades de la tubería propuesta, se iguala la presión crítica a dichas condiciones y se resuelve para el espesor “h” mediante una serie de iteraciones aproximadas (resulta bastante útil para la resolución de la variable una calculadora programable o una tabla de Excel).

$$P_{cr} = \frac{h}{r_{interno} + h/2} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{E} * \frac{(r_{interno} + h/2)^2}{h^2}}$$

Tubería a base de cemento y franela de 4 pulgadas de diámetro:

$$34.59 = \frac{h}{5.08 + h/2} * \frac{249}{1 + 4 * \frac{249}{219,357} * \frac{(5.08 + h/2)^2}{h^2}}$$

Entonces:

$$34.59 \text{ Kg/cm}^2 \approx 34.16 \text{ Kg/cm}^2 \text{ y Espesor "h"} = 0.9$$

Tubería a base de cemento y fibra de vidrio de 4 pulgadas de diámetro:

$$34.66 = \frac{h}{5.08 + h/2} * \frac{271}{1 + 4 * \frac{271}{222,873} * \frac{(5.08 + h/2)^2}{h^2}}$$

Entonces:

$$34.75 \text{ Kg/cm}^2 \approx 34.16 \text{ Kg/cm}^2 \text{ y Espesor "h"} = 0.85 \approx 0.9 \text{ cm.}$$

Tubería a base de cemento y estoquinete de 4 pulgadas de diámetro:

$$34.24 = \frac{h}{5.08 + h/2} * \frac{227}{1 + 4 * \frac{227}{210,920} * \frac{(5.08 + h/2)^2}{h^2}}$$

Entonces:

$$34.24 \text{ Kg/cm}^2 \approx 34.16 \text{ Kg/cm}^2 \text{ y Espesor "h"} = 0.96 \approx 1 \text{ cm.}$$

Tabulación de resultados de espesor para tuberías de Φ 4".

<i>Tipo de tela</i>	<i>Franela.</i>	<i>Fibra de vidrio.</i>	<i>Estoquinete.</i>
<i>Espesor</i>	<i>0.9 cm</i>	<i>0.9 cm</i>	<i>1 cm</i>
<i>Radio medio</i> <i>($r_{\text{interno}} + h/2$)</i>	<i>5.53 cm</i>	<i>5.53 cm</i>	<i>5.58 cm</i>

Tabla 5.3 Resultados de espesor para tuberías de 4 pulgadas de diámetro.

Tubería tradicional de Φ 6”

Propiedades de la tubería tradicional.

Propiedad	Valor.
Espesor	1.6 cm
Radio medio	7.62 cm
Modulo de Ruptura.	135 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad.	96,672 Kg/cm ²

Tabla 5.4 Propiedades del concreto para fabricación de tuberías propuestas.

$$P_{cr} = \frac{h}{R} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{E} * \frac{R^2}{h^2}} =$$

$$P_{cr} = \frac{1.6}{7.62} * \frac{135}{1 + 4 * \frac{135}{96,972} * \frac{7.62^2}{1.6^2}} = 22.22 \text{ kg/cm}^2$$

Valor de presión critica con el cual las tuberías propuestas deberán cumplir: **22.22 kg/cm²**

Formula general de la presión crítica, para el radio medio como función del espesor “h”:

$$P_{cr} = \frac{h}{r_{interno} + h/2} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{E} * \frac{(r_{interno} + h/2)^2}{h^2}}$$

Siendo: $R = R_{medio} = r_{interno} + h/2$ y $r_{interno} = 7.62 \text{ cm} = 3 \text{ in.}$

Tubería a base de cemento y franela de 6 pulgadas de diámetro:

$$23.61 = \frac{h}{7.62 + h/2} * \frac{248}{1 + 4 * \frac{248}{219,357} * \frac{(7.62 + h/2)^2}{h^2}}$$

Entonces:

$23.61 \text{ Kg/cm}^2 \approx 22.22 \text{ Kg/cm}^2$ y **Espesor “h” = 1 cm.**

Tubería a base de cemento y fibra de vidrio de 6 pulgadas de diámetro:

$$22.45 = \frac{h}{7.62 + h/2} * \frac{271}{1 + 4 * \frac{271}{222,873} * \frac{(7.62 + h/2)^2}{h^2}}$$

Entonces:

$22.45 \text{ Kg/cm}^2 \approx 22.22 \text{ Kg/cm}^2$ y **Espesor “h” = 0.92 ≈ 1 cm.**

Tubería a base de cemento y Estoquinete de 6 pulgadas de diámetro:

$$22.36 = \frac{h}{7.62 + h/2} * \frac{227}{1 + 4 * \frac{227}{210,920} * \frac{(7.62 + h/2)^2}{h^2}}$$

Entonces:

$$22.36 \text{ Kg/cm}^2 \approx 22.22 \text{ Kg/cm}^2 \text{ y Espesor "h"} = 1.02 \approx 1.1 \text{ cm.}$$

Tabulación de resultados de espesor para tuberías de Φ 6".

<i>Tipo de tela</i>	<i>Franela.</i>	<i>Fibra de vidrio.</i>	<i>Estoquinete.</i>
<i>Espesor</i>	<i>1 cm</i>	<i>1 cm</i>	<i>1.1 cm</i>
<i>Radio medio ($r_{\text{interno}} + h/2$)</i>	<i>5.58 cm</i>	<i>5.58 cm</i>	<i>5.63 cm</i>

Tabla 5.5 Resultados de espesor de tuberías de 6 pulgadas de diámetro.

5.2 FABRICACIÓN DE TUBERÍA DE PESO LIGERO

Los materiales utilizados en el proceso de fabricación de este tipo de tubería son los siguientes:

- + Estoquienete.
- + Fibra de vidrio
- + Franela
- + Cemento del tipo 1157 HE (CESSA PAV).
- + Tubo de pvc (molde).
- + Aceite del petróleo (utilizado en motores de vehículos, quemado o sin quemar).
- + Plástico vegetal.

Equipo mecánico y de protección personal utilizado en la fabricación:

- + Balanza granataria.
- + Cucharon.
- + Cubetas.
- + Probeta.
- + Mezclador mecánico.
- + Plástico negro calibre 600.
- + Guantes de hule.
- + Cinta métrica.
- + Tijeras

- ✚ Mascarillas (para manipular la fibra de vidrio)
- ✚ Brocha (para aplicar el aceite)

En general el proceso de fabricación bien podría clasificarse en:

- ✚ Preparación de la pasta.
- ✚ Preparación del molde.
- ✚ Preparación del textil.
- ✚ Moldeado de la capas.
- ✚ Envoltura del tubo.
- ✚ Desenmoldado.
- ✚ Curado y etiquetado.

5.2.1 PREPARACIÓN DE LA PASTA

Lo primero que se realiza es el pesado del cemento, comprobando primeramente que la balanza esté debidamente calibrada o de lo contrario se procede a calibrar.

Posteriormente se colocan los contrapesos de la balanza, ya sea mediante discos y/o deslizando los indicadores de peso hasta las posiciones correspondientes.

El cemento se pesa dentro de una bolsa plástica, siendo dicha bolsa la primera en ser pesada para que esto no altere la cantidad de cemento a utilizar y posteriormente con la ayuda del cucharón se agrega cemento dentro de la bolsa de manera progresiva, hasta que la balanza se nivela, indicando así que la cantidad de cemento incluido es la deseada.

Luego se prepara el volumen de agua deseado, utilizando una probeta de 1000 ml y se mezcla el agua y el cemento en una cubeta, durante aproximadamente 5 minutos, asegurándose que al final no existan abultamientos de cemento sin mezclar.



Figura 5.1 Preparación de la pasta de cemento.

5.2.2 PREPARACIÓN DEL MOLDE

Verificando que el tubo de P.V.C. este limpio, libre de polvo y de sustancias extrañas, se le aplica, con una brocha, aceite quemado y se forra con una capa de plástico vegetal para evitar para evitar el contacto directo de la pasta con el aceite.



Figura 5.2 Preparación del molde.

5.2.3 PREPARACIÓN DEL TEXTIL

El procedimiento de fabricación de las tuberías con cemento y franela y las tuberías con cemento y fibra de vidrio es similar, no así el procedimiento utilizado para elaborar las tuberías con cemento y estoquinete debido a la diferencia en las presentaciones de los materiales.

5.2.3.1 PREPARACIÓN DEL TEXTIL ESTOQUINETE



Figura 5.3 Textil estoquinete.

Este producto posee dimensiones de 25 yardas (22.86 metros) y 4 in de alto a doble capa, pueden encontrarse más características de este material en la sección de descripción de los materiales, en este documento.

Preparación del textil. En esta etapa de la fabricación básicamente se debe cortar el estoquinete secciones de 1.3 metros y 2.4 metros para las tuberías de 4 y 6 pulgadas de diámetro respectivamente.

Se debe aclarar que con la tubería de 6 pulgadas de diámetro se realizó un corte longitudinal a lo largo de todos los segmentos de estoquinete, quedando así, piezas rectangulares del textil, con las cuales se realizó el moldeado de las capas. Dicho imprevisto no se había considerado desde un inicio en la investigación, pues el proveedor del textil se comprometió a entregar estoquinete de 4 y 6 pulgadas de altura, sin embargo al momento de realizar el negocio únicamente facilitó el estoquinete de 4 pulgadas asegurando que le era imposible cumplir con lo acordado en un inicio, respecto al estoquinete de 6 pulgadas.

Finalmente el textil se sumerge en agua, asegurándose que este quede perfecta y uniformemente húmedo.

5.2.3.2 PREPARACIÓN DEL TEXTIL FRANELA Y FIBRA DE VIDRIO



Figura 5.4 Fibra de vidrio.



Figura 5.5 Franela.

Preparación del textil .La fibra de vidrio y la franela las venden en el mercado por yardas, utilizando el ancho predeterminado se procede a cortar el largo según lo requerido para alcanzar un número de vueltas determinado para alcanzar el espesor conforme al diseño, de

acuerdo al tamaño de diámetro de la tubería que se quiere fabricar, ya que según el diámetro así será el espesor esto se explica con mayor detalle en la sección de la metodología de diseño. Una vez cortadas las piezas de material con el largo necesitado, Se colocan en una cubeta con agua las piezas de franela o fibra para humedecerlas para lograr una mejor adherencia entre el material y la pasta de cemento se extiende el fragmento de tela húmeda sobre una capa de plástico negro puesto sobre el piso para evitar que este se ensucie, con una llana metálica se extiende una capa de pasta de cemento sobre el material a utilizar, ya sea fibra de vidrio o franela, de tal forma que este quede cubierto completamente y uniforme.



Figura 5.6 Material textil humedecido



Figura 5.7 Uniformización de la pasta de cemento en el textil.

5.2.4 MOLDEADO DE CAPAS

5.2.4.1 MOLDEADO DE LAS CAPAS DE ESTOQUINETE

En este proceso, a diferencia de los procesos de moldeado con otros textiles, el tubo debe estar en posición vertical al momento del moldeado, pues de lo contrario el textil sufre grandes deformaciones debido al peso de la pasta que contiene.

Después de la colocación de cada capa, esta se impregna de pasta manualmente, lo cual se facilita bastante debido a que esta se encuentra previamente remojada.

Las capas de textil van siendo colocadas a partir de uno de los extremos del tubo y son deslizadas hacia abajo, ampliando su diámetro medida que esta va avanzando hacia abajo, evitando así que la pasta de la capa anterior sea arrastrada hacia abajo, por la capa siguiente.

5.2.4.2 MOLDEADO DE LAS CAPAS DE FRANELA Y FIBRA DE VIDRIO

.Se ubica el molde en un extremo de la pieza de fibra de vidrio o franela extendida y se empieza a enrollar el material cubierto con pasta de cemento sobre el tubo de PVC procurando que vaya quedando una superficie uniforme y sin bolsas de aire entre las capas.



Figura 5.8 Envoltura de la tubería.



Figura 5.9 Tubería propuesta en estado fresco.

5.2.5 ENVOLTURA DEL TUBO

Una vez terminado el moldeado se procede a forrar externamente el tubo, con plástico vegetal, evitando así que este pierda humedad rápidamente debido a la gravedad y en consecuencia se agriete.

5.2.6 DESENMOLDADO

El proceso de desmoldado es simple pero requiere algún grado de esfuerzo físico, pues una persona debe tomar el tubo de concreto abrazado de manera horizontal, mientras que otra debe jalar el molde interno, con dos tenazas de presión, intentado que la fuerza se realice de forma longitudinal a los tubos, facilitando así que el de concreto se deslice alrededor del de PVC y estos puedan ser separados.



Figura 5.10 Desmoldado de la tubería propuesta.

5.2.7 CURADO Y ETIQUETADO

Se deben etiquetar los tubos, especificando principalmente la fecha de fabricación y el tipo de textil utilizado, mediante un plumón permanente, capaz de pintar sobre casi cualquier superficie. Finalmente los tubos se colocaran en el dispositivo especial de curado y ahí pasaran entre 8 y 10 días.

Por razones de espacio en el laboratorio el curado se lleva a en un dispositivo fabricado a base de electro malla y plástico negro resistente y un marco metálico. Con electro-malla se elaboró una especie de cubo con 9 compartimientos en los que se colocó el plástico bien asegurado ya que soportará el peso del agua y de las tuberías.



Figura 5.11 Dispositivo de curado



Figura 5.12 Tubería propuesta en proceso de curado.

CAPITULO VI

PRUEBAS

APLICABLES A

TUBERÍAS

Pruebas Aplicables a tuberías.

Para llevar a cabo las pruebas a realizar a la tubería de concreto propuesta, se ha partido de un conjunto de normativas nacionales e internacionales, las cuales están enfocadas y diseñadas para evaluar y certificar los tubos de concreto tradicionales, sin embargo se utilizarán la mayoría de estos parámetros para evaluar el desempeño de la tubería propuesta.

Las especificaciones utilizadas como referencia son “las normas técnicas de ANDA, AASTHO y ASTM” las cuales se citan en los diferentes apartados de este documento. Las pruebas a realizar a la tubería propuesta, se encuentran especificadas en la normativa *AASTHO sección M 86M/M titulada* “Nonreinforced Concrete Sewer, Storm Drain and Culvert Pipe”, (“Alcantarillas, drenaje pluvial y tubos de alcantarilla no reforzados”) y su equivalente en ASTM C 14M.

La sección 10 de la AASTHO M 86M/M establece los requerimientos físicos exigidos a un tubo tradicional de concreto, utilizado en la conducción de agua residual y pluvial, son estas pruebas las que se han de realizar a la tubería propuesta:

- Resistencia a la carga externa de trituración comúnmente llamada “Aplastamiento”
- Prueba de absorción
- Prueba de permeabilidad
- Prueba de presión hidrostática

Considerando que se estudia y evalúa una tubería cuya composición y materiales utilizados en su fabricación, difieren de las que se encuentran en el mercado y tampoco existe información que profundice en sus propiedades, se ha determinado también efectuar un estudio para determinar el siguiente aspecto de relevancia.

6.1 PRUEBA DE RESISTENCIA A LA CARGA EXTERNA

La prueba de resistencia a la carga externa se hará como lo determina la norma AASHTO T-280 (Concrete pipe, manhole, sections, or tile, Tubería de concreto, balonas y azulejos) y su equivalente ASTM C 497, se probarán por lo menos dos tubos por cada diámetro diferente.

Los tubos de 1 metro serán colocados en la máquina de compresión de la siguiente manera:

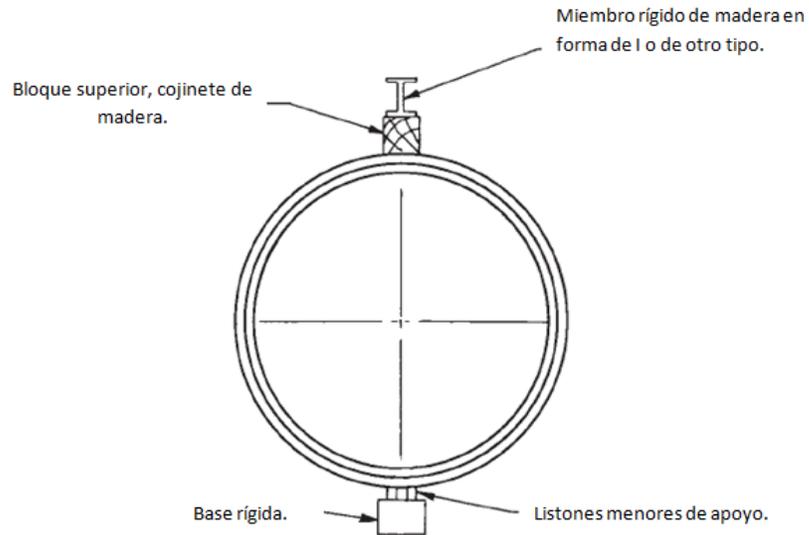


Figura 6.1 Colocación de tubos

Asegurándose de que la balona quede por fuera de la zona de compresión, de la siguiente manera:

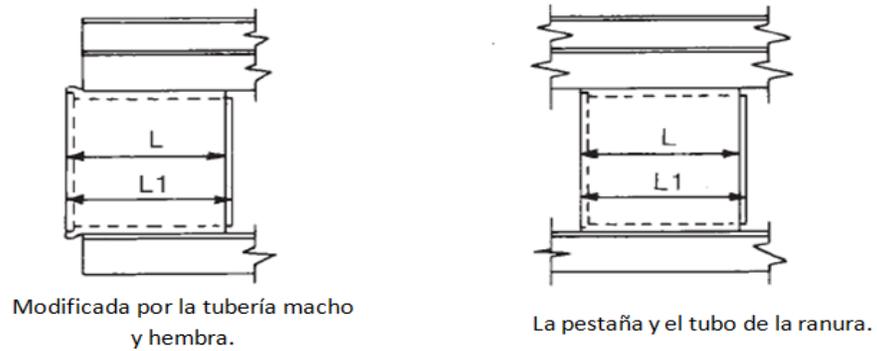


Figura 6.2 Colocación de tubo con balona

Finalmente la máxima carga de compresión que la tubería deberá resistir es la siguiente:

Diámetro	Carga por unidad lineal		
	Kn/ml	Klb/ft	Kg/ml
4 pulgadas.	22.0	1,500	2,245
6 pulgadas.	22.0	1,500	2,245

Tabla 6.1 Diámetros y resistencias buscadas en la tubería propuesta

La tabla completa, está documentada en los anexos de este documento, en la norma M86M/M.

6.2 PRUEBA DE ABSORCIÓN

La prueba de absorción se realizara a la tubería propuesta, siguiendo los parámetros establecidos en la normativa AASTHO M 86M/M y T280 con sus equivalentes en ASTM C 14 y C497.

Los especímenes a evaluar, serán fragmentos de la tuberías utilizadas también en la prueba de resistencia a la carga externa, en otras palabras serán fragmentos triturados de tubería, los cuales deberán tener superficies de entre 12 a 20 in² y serán tantos como los que se hayan utilizado en la prueba de resistencia a la carga externa.

El proceso de realización de la prueba inicia con el secado de las muestras, el cual se realizara en horno eléctrico a una temperatura de 105 a 115°C durante un mínimo de 24

horas. Cuando las muestras estén a 6 horas de ser extraídas del horno de secado, deberán pesarse para constatar que en sus últimas 6 horas, su variación de peso, no es mayor a 0.1%.

Se habrá de pesar cada espécimen, en el estado completamente seco, después de ser sacado del horno y apuntar el resultado.

Después se deberán sumergir las muestras en un recipiente con agua a temperatura de entre 10 y 24 °C. Mientras otro recipiente con agua es calentado, hasta que la misma hierva durante no menos de una hora y no más de dos horas, momento en el cual la muestra debe sumergirse en dicho recipiente y luego se dejara seguir hirviendo durante 5 horas más. Pasado este tiempo, las muestras se extraerán del agua caliente y se dejaran enfriar en agua a temperatura ambiente durante un periodo de entre 14 a 24 horas.

Finalmente se extraen las muestras del recipiente con agua, se deja escurriendo durante 60 segundos, se les quita con papel o tela el exceso de humedad de la superficie y se pesan de nuevo. El excedente de peso, en estado húmedo, no deberá ser mayor al 9% del peso inicial, en estado completamente seco.

6.3 PRUEBA DE PERMEABILIDAD

Se deberá sellar el tubo en uno de sus extremos, mediante la aplicación de pasta, evitando así que exista paso de fluido a través del mismo, cuando este fuere llenado con agua.

Antes de iniciar la prueba, se deberá revisar que el tubo no presente muestras de humedad en las paredes y posteriormente se colocara de forma vertical, sobre una superficie suave y se procederá a llenarlo con agua. Luego de los primeros 15 minutos se realizara la primera revisión, buscando oscurecimientos debidos a humedad, si el tubo no muestra signos de humedad en la superficie externa, la prueba a finalizado.

Si el elemento muestra signos de humedad en la superficie externa, después de los primeros 15 minutos de prueba, se extenderá el tiempo de prueba hasta 24 horas y posteriormente se calculara cuanta es el área mojada.

El área con presencia de humedad debe ser menor al 80% del área total, para que se considere que la permeabilidad del tubo está dentro del rango aceptable.

6.4 PRUEBA HIDROSTÁTICA

En la prueba hidrostática, se procederá sellar con pasta los extremos del tubo, dejando embebido en uno de ellos, un codo de PVC de 1 ¼ de pulgada, donde posteriormente se colocará un tubo de pvc y se proyectara a una altura de 7 metros mientras se llena de agua el sistema, dicha altura generara dentro del tubo una presión de 10 psi.

En esta posición se dejara el sistema durante 24 horas y de no encontrarse fugas de agua en el sistema, mientras este es observado fijamente durante 10 minutos después de cumplidas las 24 horas, se considerará aceptable.

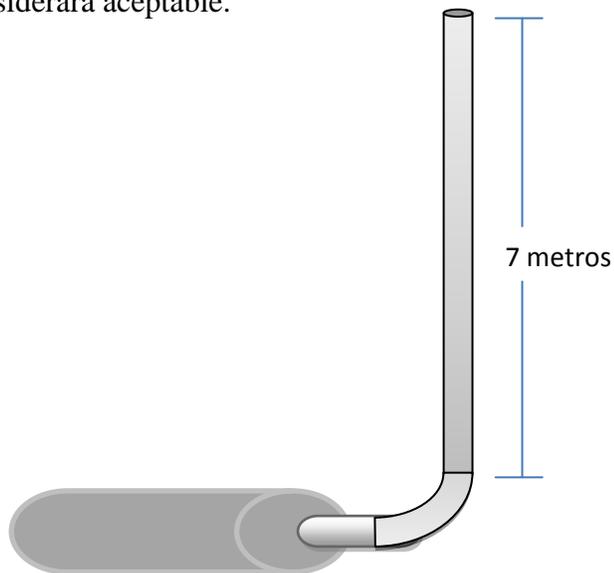


Figura 6.3 Sistema para realizar prueba de presión hidrostática

De esta manera se armará el sistema para llevar a cabo la prueba hidrostática, siendo el codo y los tubos de menores diámetros, elementos de PVC.

CAPITULO 7

ANÁLISIS

ECONÓMICO

7.1 PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN DE TUBERÍAS

Uno de los aspectos más importantes al momento de realizar una investigación o llevar a cabo un proyecto y que en alguna manera provee de sentido a los mismos, es la viabilidad económica que su éxito representa, salvo en ocasiones cuando el beneficio perseguido mediante la investigación o proyecto es de carácter social o de otra índole, que son menos comunes.

Se pretende realizar un desglose de los costos en los que se ha de incurrir, para la fabricación de cada tipo de tubería, haciendo la correspondiente diferenciación de sus respectivos diámetros y material textil utilizado.

Características de la tubería (Φ 4").	
Diámetro nominal interno.	4 in (10.15 cm)
Diámetro real interno.	4 $\frac{1}{4}$ in (10.8 cm)
Espesor del tubo	1/3 in (0.9 cm)
Diámetro real externo	5 in (12.6 cm)
Diámetro medio	4 $\frac{3}{5}$ in (11.7 cm)
Longitud	1 <u>yard</u> (0.9 metros)

Tabla 7.1 Características de tubería de 4 pulgadas

Características de la tubería (Φ 6").	
Diámetro nominal interno.	6 in (15.24 cm)
Diámetro real interno.	6 ¼ in (15.87 cm)
Espesor del tubo	1/2 in (1.3 cm)
Diámetro real externo	7 1/4 in (18.47 cm)
Diámetro medio	6 ¾ in (17.17 cm)
Longitud	1 <u>yard</u> (0.9 metros)

Tabla 7.2 Características de tubería de 6 pulgadas

Aclaración general:

- ✚ El cemento utilizado en la fabricación de todas las tuberías propuestas ha sido el C1157-HE comercialmente conocido como CESSA PAV, cuya presentación de venta son bolsas de 42.4 Kg y su viñeta es color naranja, al precio de \$7.35 US, el mismo posee la virtud de alcanzar altas resistencias a edades tempranas, por lo cual es recomendado para elementos que requieren un rápido desenmoldado.

7.1.1 TUBERÍAS DE FIBRA DE VIDRIO

Presupuesto de insumos para fabricación de un tubo (fibra de vidrio y 4 in de diámetro)

Presupuesto de materiales				
<i>Rubro</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Total</i>
Fibra de vidrio	1	yarda	2.00	\$ 2.00
Cemento	0.1428 (6.07kg)	bolsa	7.35	\$ 1.05
EPP		SG		\$ 0.25
Presupuesto de mano de obra.				
Albañil calificado	0.05	Día/hombre	17.00	\$ 0.85
Auxiliar	0.05	Día/hombre	7.00	\$ 0.35
Auxiliar	0.05	Día/hombre	7.00	\$ 0.35
Total				\$ 4.85

Tabla 7.3 Presupuesto de fabricación de tubo de cemento con fibra de vidrio de 4 pulgadas

Consideraciones:

- ✚ La fibra de vidrio se compra en pliegos de una 1.30 metros de ancho y una yarda de largo por el valor de \$2.00 US, mientras que lo que se utiliza netamente es 1.10 cm de ancho, desperdiciándose los otros 20 cm.

✚ El equipo de protección personal que se recomienda usar para la manipulación de la fibra de vidrio es el siguiente:

- ✓ Guantes de hule
- ✓ Gafas protectoras
- ✓ Mascarilla
- ✓ Gabacha

Presupuesto de insumos para fabricación de un tubo (fibra de vidrio de 6 in de diámetro)

Presupuesto de materiales				
Rubro	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total
Fibra de vidrio	1	yarda	1.99	\$ 1.99
Cemento	0.25 (10.62 kg)	bolsa	7.35	\$ 1.84
EPP		SG		\$ 0.25
Presupuesto de mano de obra.				
Albañil calificado	0.05	Día/hombre	17.00	\$ 0.85
Auxiliar	0.05	Día/hombre	7.00	\$ 0.35
Auxiliar	0.05	Día/hombre	7.00	\$ 0.35
Total				\$ 5.63

Tabla 7.4 Presupuesto de fabricación de tubería de fibra de vidrio de 6 pulgadas.

Presupuesto de insumos para fabricación de un tubo (franela de 4 in de diámetro)				
Presupuesto de materiales				
Rubro	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total
Fibra de vidrio	1	metro	1.00	\$ 1.00
Cemento	0.1428 (6.07 kg)	bolsa	7.35	\$ 1.05
EPP		SG		\$ 0.05
Presupuesto de mano de obra.				
Albañil calificado	0.05	Día/hombre	17.00	\$ 0.85
Auxiliar	0.05	Día/hombre	7.00	\$ 0.35
Auxiliar	0.05	Día/hombre	7.00	\$ 0.35
Total				\$ 3.65

Tabla 7.5 Presupuesto de fabricación de tubo de cemento con franela de 4 pulgadas

7.1.2 TUBERÍAS DE FRANELA

Presupuesto de insumos para fabricación de un tubo (franela de 6 in de diámetro)				
Presupuesto de materiales				
Rubro	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total
Fibra de vidrio	1.5	metro	1.00	\$ 1.00
Cemento	0.25 (10.62 kg)	bolsa	7.35	\$ 1.84
EPP		SG		\$ 0.05
Presupuesto de mano de obra.				
Albañil calificado	0.05	Día/hombre	17.00	\$ 0.85
Auxiliar	0.05	Día/hombre	7.00	\$ 0.35
Auxiliar	0.05	Día/hombre	7.00	\$ 0.35
Total				\$ 4.44

Tabla 7.6 Presupuesto de fabricación de tubo de cemento con franela de 6 pulgadas

Consideraciones:

- ✚ La franela utilizada en la fabricación de la tubería se podrá adquirir de manera industrial, por rollos de 50 metros y un valor por rollo de \$50.00 US.
- ✚ El equipo de protección personal utilizado en la misma podrá ser únicamente guantes de hule y gabacha manga larga

7.1.3 TUBERÍAS DE ESTOQUINETE

Presupuesto de insumos para fabricación de un tubo (estoquinete de 4 in de diámetro)

Presupuesto de materiales				
Rubro	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total
Estoquinete	8.4	yardas	0.56	\$ 4.70
Cemento	0.111 (4.72 lb)	bolsa	7.35	\$ 0.82
EPP		SG		\$ 0.05
Presupuesto de mano de obra.				
Albañil calificado	0.05	Día/hombre	17.00	\$ 0.85
Auxiliar	0.05	Día/hombre	7.00	\$ 0.35
Auxiliar	0.05	Día/hombre	7.00	\$ 0.35
Total				\$ 7.12

Tabla 7.7 Presupuesto de fabricación de tubo de cemento con estoquinete de 4 pulgadas

Presupuesto de insumos para fabricación de un tubo (estoquinete de 6 in de diámetro)

Presupuesto de materiales				
Rubro	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total
Estoquinete	15.75	yardas	0.56	\$ 8.82
Cemento	0.25 (10.62 kg)	bolsa	7.35	\$ 1.84
EPP		SG		\$ 0.05
Presupuesto de mano de obra.				
Albañil calificado	0.05	Día/hombre	17.00	\$ 0.85
Auxiliar	0.05	Día/hombre	7.00	\$ 0.35
Auxiliar	0.05	Día/hombre	7.00	\$ 0.35
Total				\$ 12.26

Tabla 7.8 Presupuesto de fabricación de tubo de cemento con estoquinete de 6 pulgadas

Consideraciones:

- ✚ El textil estoquinete se adquiere en rollos de 4 pulgadas de altura a doble capa y 25 yardas de largo, por un valor de \$14.00 US.
- ✚ El equipo de protección personal utilizado en la misma podrá ser únicamente guantes de hule y gabacha manga larga.

7.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRECIOS

No solamente es importante conocer el costo de fabricación unitaria, que la tubería de concreto representa, sino también la variación de precio que esta podría suponer en relación con la tubería de concreto tradicional.

De entrada se menciona que en nuestro país actualmente no existe una empresa que fabrique tuberías de concreto, bajo norma, de 4 pulgadas de diámetro, únicamente se fabrican en sitios no certificados y que no garantizan el cumplimiento de una norma específica. La producción de tuberías normadas inicia con el diámetro de 6 pulgadas en adelante.

A continuación se detallan los precios en el mercado de las tuberías tradicionales, los precios unitarios de la tubería propuesta y la diferencia entre cada una de estas.

Comparación de precios entre tuberías de concreto de 4 pulgadas de diámetro.

Tubería tradicional (TR)	Tubería de cemento y franela (TF).	Tubería de cemento y fibra de vidrio (TV).	Tubería de cemento y estoquinete (TE).
\$ 3.75	\$ 3.65	\$ 4.85	\$ 7.12
Diferencia en costo.			
Tubería tradicional	(TR)-(TF)	(TR)-(TV)	(TR)-(TE)
menos tubería propuesta. <i>No normada</i>	\$ 0.10	(\$1.10)	(\$3.75)

**Tabla 7.9 Comparación de precios entre tubos de concreto contra tuberías propuestas
(diámetro 4")**

Comparación de precios entre tuberías de concreto de 6 pulgadas de diámetro.

Tubería tradicional (TR)	Tubería de cemento y franela (TF).	Tubería de cemento y fibra de vidrio (TV).	Tubería de cemento y estoquinete (TE).
Tubería tradicional	\$ 4.44	\$ 5.63	\$ 12.26
menos tubería propuesta. <i>No normada</i>	Comparación de costos (tubería tradicional no normada y propuesta).		
	(TR)-(TF)	(TR)-(TV)	(TR)-(TE)
\$ 4.00	\$ 0.90	(\$0.30)	(\$2.57)
Tubería tradicional menos tubería propuesta. <i>Normada</i>	Comparación de costos (tubería tradicional normada y propuesta).		
	(TR)-(TF)	(TR)-(TV)	(TR)-(TE)
\$ 4.55	\$0.11	(\$1.08)	(\$7.71)

Tabla 7.10 Comparación de precios entre tubos de concreto contra tuberías propuestas (diámetro 6")

CAPITULO VIII

PRESENTACIÓN DE

RESULTADOS

8.1 ENSAYO MESA DE FLUJO SEGÚN LA DESIGNACIÓN ASTM C-305

8.1.1 PROCEDIMIENTO

Se limpia y se seca la plataforma de la mesa de flujo, se coloca el molde en el centro, se vierte en el molde una capa pasta de cemento que se requiere ensayar, de unos 25 mm (1") de espesor, y se apisona con 20 golpes del compactador, uniformemente distribuidos; con una segunda capa de pasta de cemento, se llena totalmente el molde y se apisona como la primera capa. La presión del compactador, será la suficiente que asegure el llenado uniforme del molde. Se retira el exceso de pasta de la capa superior y se alisa la superficie por medio de un palustre.

8.1.2 ENSAYO

Lleno el molde, se limpia y se seca la plataforma de la mesa, teniendo cuidado de secar el agua que está alrededor de la base del molde.

Después de un minuto de terminada la operación de mezclado, se retira el molde, levantándolo e inmediatamente se mide el diámetro de la base de la muestra, por lo menos en cuatro puntos equidistantes y se calcula el diámetro promedio.

8.1.3 RESULTADOS OBTENIDOS

Tipo de cemento: Designación ASTM C 1157 Tipo HE

- Ensayo 1157 –A

Material	Cantidad
Cemento	1.3 Kg
Agua	500 ml
ABERTURA = 10.1 cm (3.98 in)	

Tabla 8.1 Resultados de ensayo 1157-A

- Ensayo 1157 –B

Material	Cantidad
Cemento	1.21 Kg
Agua	550 ml
ABERTURA = 11.7 cm (4.61 in)	

Tabla 8.2 Resultados de ensayo 1157-B

- Ensayo 1157 –C

Material	Cantidad
Cemento	1.3 Kg
Agua	580 ml
ABERTURA = 12.7 cm (5.00 in)	

Tabla 8.3 Resultados de ensayo 1157-C

Tipo de cemento: Designación ASTM C 91 Tipo M

- Ensayo C 91 –A

Material	Cantidad
Cemento	1.8 Kg
Agua	692.3 ml
ABERTURA = 11.2 cm (4.41 in)	

Tabla 8.4 Resultados de ensayo C 91 - A

- Ensayo C 91 –B

Material	Cantidad
Cemento	1.8 Kg
Agua	761.54 ml
ABERTURA = 13.4 cm (5.27 in)	

Tabla 8.5 Resultados de ensayo C 91 - B

8.2 ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO

8.2.1 PROCEDIMIENTO

Se sometieron a compresión cubos de pasta de cemento de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Se limpió el molde metálico y se aplicó una capa de aceite en las superficies de contacto.
- Se colocó en cada compartimiento del molde una capa de pasta de cemento de 2.5 cm de espesor, aproximadamente, y se compactó con un pisón de plástico dieciséis veces. Esta compactación se efectúa en dos ciclos de ocho golpes adyacentes repartidos en la superficie de la pasta, aplicando cada ciclo en dirección perpendicular con respecto a la anterior. Luego se colocó otra capa de pasta hasta llenar el molde, compactándola en la forma descrita anteriormente. Una vez

completados los treinta y dos golpes a un compartimiento se continúa con el siguiente.

- Finalmente se enrasó la superficie con respecto al borde superior del molde. Después de veinticuatro horas se retiraron los cubos del molde y se sumergieron en agua limpia.

8.2.2 RESULTADOS

Para calcular la resistencia a la compresión de los cubos de pasta de cemento se realizó a través de la fórmula siguiente:

$$\delta u = \frac{P_u}{A}$$

En donde:

δu = Resistencia a la compresión (Kgf/ cm²)

P_u = Carga máxima registrada (kgf)

A = Área de la sección transversal (cm²)

8.2.2.1 ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO (7 DÍAS)

Ensayo de cubos de pasta de cemento 1157-A				
Masa (gramos)	Pu (kgf)	Área (cm²)	δu (kgf/ cm²)	$\delta u prom$ (kgf/ cm2)
260.5	15,100		604.00	623.73
261.7	16,430	25	657.20	
262.6	15,250		610.00	

Tabla 8.6 Resultados de compresión de cubos 1157-A (7 días)

Ensayo de cubos de pasta de cemento 1157-B				
Masa (gramos)	Pu (kgf)	Área	δu (kgf/ cm²)	$\delta u prom$ (kgf/ cm²)
252.6	13,100	25	524.00	491.73
252.4	12,650		506.00	
253.1	11,130		445.20	

Tabla 8.7 Resultados de compresión de cubos 1157 –B (7 días)

Ensayo de cubos de pasta de cemento 1157-C

Masa (gramos)	Pu (kgf)	Área	δu (kgf/ cm²)	$\delta u prom$ (kgf/ cm²)
251.6	7180	25	287.20	298.4
246.2	7370		294.80	
247.2	7830		313.20	

Tabla 8.8 Resultados de compresión de cubos 1157 –C (7 días)

Ensayo de cubos de pasta de cemento C91-A

Masa (gramos)	Pu (kgf)	Área	δu (kgf/ cm²)	$\delta u prom$ (kgf/ cm²)
254.2	10,500	25	420.00	428.00
256.6	11,160		446.40	
254.5	10,440		417.60	

Tabla 8.9 Resultados de compresión de cubos C 91 –A (7 días)

Ensayo de cubos de pasta de cemento C91-B

Masa (gramos)	Pu (kgf)	Área	δu (kgf/ cm ²)	$\delta u prom$ (kgf/ cm ²)
252.9	7,520	25	300.80	290.13
253.0	7,300		292.00	
250.8	6,940		277.60	

Tabla 8.10 Resultados de compresión de cubos C 91- B (7 días)

8.2.2.2 ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO (28 DÍAS)

Ensayo de cubos de pasta de cemento 1157-A

Masa (gramos)	Pu (kgf)	Área	δu (kgf/ cm ²)	$\delta u prom$ (kgf/ cm ²)
260.9	19,410	25	776.40	782.67
259.9	19,940		797.60	
259.7	19,350		774.00	

Tabla 8.11 Resultados de compresión de cubos 1157 –A (28 días)

Ensayo de cubos de pasta de cemento 1157-B

Masa (gramos)	Pu (kgf)	Área	δu (kgf/ cm ²)	$\delta u \text{ prom}$ (kgf/ cm ²)
253.4	16,320	25	652.80	620.67
254.1	15,330		613.20	
253.4	14,900		596.00	

Tabla 8.12 Resultados de compresión de cubos 1157 –B (28 días)

Ensayo de cubos de pasta de cemento 1157-C

Masa (gramos)	Pu (kgf)	Área	δu (kgf/ cm ²)	$\delta u \text{ prom}$ (kgf/ cm ²)
248.0	12,820	25	512.80	463.60
249.9	9,960		398.40	
256.7	11,990		479.60	

Tabla 8.13 Resultados de compresión de cubos 1157 –C (28 días)

Ensayo de cubos de pasta de cemento C91-A

Masa (gramos)	Pu(kgf)	Área	δu (kgf/ cm²)	δu prom (kgf/ cm²)
256.8	12,910	25	516.40	506.26
254.9	12,150		486.00	
256.3	12,910		516.40	

Tabla 8.14 Resultados de compresión de cubos C91-A (28 días)

Ensayo de cubos de pasta de cemento C91-B

Masa (gramos)	Pu(kgf)	Área	δu (kgf/ cm²)	δu prom (kgf/ cm²)
252.9	9,060	25	362.40	380.00
251.8	9,470		378.80	
252.1	9,970		398.80	

Tabla 8.15 Resultados de compresión de cubos C91-B (28 días)

8.3 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO Y MATERIAL TEXTIL

8.3.1 PROCEDIMIENTO

Se sometieron a compresión cubos de pasta de cemento con material textil con la finalidad de conocer el comportamiento de estos en cuanto a la resistencia a compresión.

Los moldes utilizados están bajo la designación BS – 1881 – 108 y DIN – S1 229 son cubos metálicos de 15 X 15 cm.

Se limpiaron los moldes y se les aplicó una capa de aceite en las superficies de contacto. Se recortó el material textil ya sea la franela, el estoquinate y la fibra de vidrio en cuadrados de 14 x 14 cm de modo que se acomodaran a la forma y tamaño del molde. Se elaboró la pasta de cemento en las distintas proporciones en estudio y se fue llenando el molde con capas de pasta de cemento y material textil, acomodando con pequeños golpes en la base de los moldes después de aplicar la pasta para evitar la formación de vacíos.

8.3.2.1 ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON FIBRA DE VIDRIO USANDO LA PROPORCIÓN B A LOS 7 DÍAS

Ensayo de cubos de pasta de cemento y material textil				
Masa (gramos)	Pu(kgf)	Área	δu (kgf/ cm ²)	δu prom (kgf/ cm ²)
6644	50750	225	225.56	205.20
6487	41590		184.84	

Tabla 8.16 Resultados de compresión de cubos con fibra de vidrio (proporción B / 7 días)

8.3.2.2 ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON ESTOQUINETE USANDO LA PROPORCIÓN B A LOS 7 DÍAS

Ensayo de cubos de pasta de cemento y material textil				
Masa (gramos)	Pu(kgf)	Área	δu (kgf/ cm ²)	δu prom (kgf/ cm ²)
6439	43,620.75	225	193.87	195.17
6423	44,208		196.48	

Tabla 8.17 Resultados de compresión de cubos con estoquinete (proporción B / 7 días)

8.3.2.3 ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON FRANELA USANDO LA PROPORCIÓN B A LOS 7 DÍAS

Ensayo de cubos de pasta de cemento y material textil				
Masa (gramos)	Pu(kgf)	Área	δu (kgf/ cm ²)	δu prom (kgf/ cm ²)
6460	47,460	225	210.93	217.64
6431	50,480		224.35	

Tabla 8.18 Resultados de compresión de cubos con franela (proporción B / 7 días)

8.3.3.1 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON FIBRA DE VIDRIO USANDO LA PROPORCIÓN C A LOS 7 DÍAS

Ensayo de cubos de pasta de cemento y material textil				
Masa (gramos)	Pu(kgf)	Área	δu (kgf/ cm ²)	δu prom (kgf/ cm ²)
6419	46,928	225	208.57	206.17
6343	45,846		203.76	

Tabla 8.19 Resultados de compresión de cubos con fibra de vidrio (proporción C / 7 días)

8.3.3.2 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON ESTOQUINETE USANDO LA PROPORCIÓN C A LOS 7 DÍAS

Ensayo de cubos de pasta de cemento y material textil				
Masa (gramos)	Pu(kgf)	Área	δu (kgf/ cm²)	δu prom (kgf/ cm²)
6240	23,692	225	105.30	109.27
6165	25,479		113.24	

Tabla 8.20 Resultados de compresión de cubos con estoquinete (proporción C / 7 días)

8.3.3.3 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON FRANELA USANDO LA PROPORCIÓN C A LOS 7 DÍAS

Ensayo de cubos de pasta de cemento y material textil				
Masa (gramos)	Pu(kgf)	Área	δu (kgf/ cm²)	δu prom (kgf/ cm²)
6154	29,671	225	131.87	126.87
6163	27,422		121.88	

Tabla 8.21 Resultados de compresión de cubos con franela (proporción C / 7 días)

8.3.4.1 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON FIBRA DE VIDRIO USANDO LA PROPORCIÓN B A LOS 28 DÍAS

Ensayo de cubos de pasta de cemento y material textil				
Masa (gramos)	Pu(kgf)	Área	δu (kgf/ cm ²)	$\delta u prom$ (kgf/ cm ²)
6642	52,570	225	233.64	271.24
6490	69,490		308.84	

Tabla 8.22 Resultados de compresión de cubos con fibra de vidrio (proporción B / 28 días)

8.3.4.2 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON ESTOQUINETE USANDO LA PROPORCIÓN B A LOS 28 DÍAS

Ensayo de cubos de pasta de cemento y material textil				
Masa (gramos)	Pu(kgf)	Área	δu (kgf/ cm ²)	$\delta u prom$ (kgf/ cm ²)
6235	50,345	225	223.75	226.71
6245	51,678		229.68	

Tabla 8.23 Resultados de compresión de cubos con estoquinete (proporción B / 28 días)

8.3.4.3 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON FRANELA USANDO LA PROPORCIÓN B A LOS 28 DÍAS

Ensayo de cubos de pasta de cemento y material textil				
Masa (gramos)	Pu(kgf)	Área	δu (kgf/ cm²)	δu prom (kgf/ cm²)
6455	55,480	225	246.58	248.58
6438	56,380		250.58	

Tabla 8.24 Resultados de compresión de cubos con franela (proporción B / 28 días)

8.3.5.1 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE CUBOS DE PASTA DE CEMENTO Y MATERIAL TEXTIL USANDO LA PROPORCIÓN C A LOS 28 DÍAS

Ensayo de cubos de pasta de cemento y material textil					
Material textil	Masa (gramos)	Pu(kgf)	Área	δu (kgf/cm ²)	δu prom (kgf/cm ²)
Fibra de vidrio	6485	55,050	225	244.67	246.65
	6500	55,944		248.64	
Estoquinete	6243	40,200	225	178.67	180.51
	6173	41,028		182.35	
Franela	6151	45,776	225	203.45	206.17
	6168	47,000		208.89	

Tabla 8.25 Ensayo de cubos de pasta de cemento y material textil (proporción C / 28 días)

8.4 RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE TUBOS DE CONCRETO TRADICIONAL A LOS 28 DÍAS

Muestra	Pu (kgf)	Área (cm ²)	δu (kgf/ cm ²)	δu (kgf/ cm ²) promedio
1.0	10,937	81.77	133.75	135.31
2.0	11,192		136.87	

Tabla 8.26 Resultados de ensayo a compresión de tubo de concreto tradicional

8.5 RESULTADOS DE ENSAYO VELOCIDAD DE PULSO A TRAVÉS DEL CONCRETO SEGÚN LA DESIGNACIÓN ASTM C-597

8.5.1 PROCEDIMIENTO

Comprobación funcional del equipo y Ajuste de tiempo en cero

Se verifico que el equipo se acciona correctamente y se realizó un ajuste de tiempo en cero (calibración).El ajuste del cero se hace aplicando grasa y presionando entre si las caras de los transductores. Estos instrumentos usan un microprocesador para registrar este tiempo de retraso, lo cual es automáticamente sustraído de subsiguientes medidas de tiempo de tránsito o desplazamiento.

Determinación del tiempo de desplazamiento:

En el aparato se introduce el peso volumétrico del espécimen y la distancia entre los transductores.

Se aplicó grasa (como agente viscoso) para que exista un mejor acoplamiento entre los transductores y la superficie experimental.

Para mejores resultados, se localizan los transductores uno frente al otro.

Se presionan las caras de los transductores firmemente en contra de las superficies del cemento hasta que un tiempo estable de tránsito sea mostrado, y se obtiene el tiempo de desplazamiento, la velocidad y el módulo de elasticidad dinámico del espécimen.

El ensayo se realizó en dos direcciones enviando los pulsos en dirección paralela al material (fibra de vidrio, franela, estoquinete) y también en dirección perpendicular a estos.

NOTA — La calidad del acoplamiento es críticamente importante a la exactitud y el rango máximo del método. El acoplamiento inadecuado resultará en medidas de tiempo inexactas, y significativamente acortarán el alcance eficaz del instrumento. Las medidas deberían estar hechas en la misma posición para minimizar lecturas erróneas.

8.5.2 RESULTADOS DE ENSAYO DE PULSO ULTRASÓNICO A CUBOS DE PASTA DE CEMENTO CON MATERIAL TEXTIL PROPORCIÓN ASTM C 1157 TIPO HE

Espécimen	Masa (lb)	Volumen (ft ³)	Peso Volumétrico (lb/ft ³)	Tiempo (micro seg)	Velocidad (ft/seg)	Módulo de elasticidad dinámico (E) psi	E prom psi
V1	14.65	0.125	117.20	44.0	11,364	3.26*10 ⁶	3.17*10 ⁶
V2	14.30		114.40	44.6	11,211	3.09*10 ⁶	
F1	14.24	0.125	113.92	43.0	11,267	3.10*10 ⁶	3.12*10 ⁶
F2	14.18		113.44	44.1	11,338	3.14*10 ⁶	
E1	14.19	0.125	113.52	45.0	11,111	3.01*10 ⁶	3.00*10 ⁶
E2	14.16		113.28	45.1	11,086	3.00*10 ⁶	
VL1	14.65	0.125	117.20	45.1	11,086	3.10*10 ⁶	2.97*10 ⁶
VL2	14.30		114.40	46.5	10,753	2.84*10 ⁶	
FL1	14.24	0.125	113.92	56.5	8,357	1.68*10 ⁶	1.74*10 ⁶
FL2	14.18		113.44	58.4	8,562	1.79*10 ⁶	
EL1	14.19	0.125	113.52	47.5	10,526	2.70*10 ⁶	2.73*10 ⁶
EL2	14.16		113.28	47.1	10,616	2.75*10 ⁶	

Tabla 8.27 Resultados de ensayo de pulso ultrasónico a cubos de pasta de cemento con material textil proporción C ASTM 1157 HE

Simbología

V = Fibra de vidrio (paralelo a la fibra), F = Franela (paralelo a la fibra),

E = Estoquinete (paralelo a la fibra), VL = Fibra de vidrio lateral (perpendicular a la fibra), FL = Franela lateral (perpendicular a la fibra), EL = Estoquinete lateral

(perpendicular a la fibra)

8.5.3 RESULTADO DE ENSAYO VELOCIDAD DE PULSO A TRAVÉS DEL CONCRETO SEGÚN LA DESIGNACIÓN ASTM C-597

Proporción ASTM C 1157 Tipo HE

Espécimen	Masa (lb)	Volumen (ft ³)	Peso Volumétrico (lb/ft ³)	Tiempo (micro seg)	Velocidad (ft/seg)	Módulo de elasticidad dinámico (E) psi	E prom psi
V1	13.92	0.125	111.36	63.0	7598.26	1.396*10 ⁶	1.412*10 ⁶
V2	13.98		111.84	65.0	7692.31	1.427*10 ⁶	
F1	13.57	0.125	108.56	44.3	11286.68	2.982*10 ⁶	2.906*10 ⁶
F2	13.59		108.72	45.5	10989.01	2.831*10 ⁶	
E1	13.75	0.125	110.00	60.1	8319.47	1.641*10 ⁶	1.834*10 ⁶
E2	13.59		108.72	62.1	8051.53	2.027*10 ⁶	
EL1	13.75	0.125	110.00	49.6	10,080.64	2.410*10 ⁶	2.477*10 ⁶
EL2	13.59		108.72	48.0	10,416.67	2.544*10 ⁶	

Tabla 8.28 Resultados de ensayo de pulso ultrasónico a cubos de pasta de cemento con material textil proporción C ASTM 1157 HE

Simbología

V = Fibra de vidrio (paralelo a la fibra)

F = Franela (paralelo a la fibra)

E = Estoquinete (paralelo a la fibra)

EL = Estoquinete lateral (perpendicular a la fibra)

**8.6 RESULTADOS DE ENSAYO VELOCIDAD DE PULSO A TRAVÉS DE TUBO
DE CONCRETO SEGÚN LA DESIGNACIÓN ASTM C-597**

Muestra	Tiempo (micro seg)	Velocidad (ft/seg)	Módulo de elasticidad dinámico (E) psi	Módulo de elasticidad dinámico (E) psi promedio
1.0	122.90	7255	$1.39 \cdot 10^6$	$1.375 \cdot 10^6$
2.0	124.30	7174	$1.36 \cdot 10^6$	

**Tabla 8.29 Resultados de ensayo velocidad de pulso a través de tubo de concreto
tradicional**

8.7 PESO DE LAS TUBERÍAS PROPUESTAS

DIAMETRO (pulg.)	MATERIAL	TUBO	PESO (kg)	LONGITUD(m)
4"	FRANELA	F1	5.4	0.68
		F2	6.5	0.79
	FIBRA DE VIDRIO	FV1	6.3	0.61
		FV2	5.9	0.63
	ESTOQUINETE	E1	3.6	0.79
		E2	2.6	0.63
6"	FRANELA	F1	10.2	0.87
		F2	10.2	0.81
	FIBRA DE VIDRIO	FV1	9.9	0.81
		FV2	11.3	0.87
	ESTOQUINETE	E1	10.2	0.79
		E2	10	0.84

Tabla 8.30 Peso de tuberías propuestas

8.7.1 COMPARACIÓN DE PESO DE LAS TUBERÍAS PROPUESTAS FABRICADAS CONTRA TUBERÍAS DE CONCRETO TRADICIONALES

Como la longitud de cada tubería fabricada era distinta, para poder hacer una comparación adecuada se calculó el peso de la tubería tradicional para la misma longitud de la tubería a comparar, en base a una relación del peso específico del material tradicional así:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{peso del tubo}}{\text{volumen del tubo}}$$

$$\text{Peso específico} = 1951.43 \text{ Kg./m}^3$$

Se calculó el peso específico del material y luego se calculó el área del tubo tradicional en base a la fórmula:

$$A = \frac{\pi d_{\text{externo}}^2}{4} - \frac{\pi d_{\text{interno}}^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi}{4} (d_{\text{externo}}^2 - d_{\text{interno}}^2)$$

Conociendo el área se calculó el volumen multiplicándolo por la misma longitud de cada tubo con el que se hará la comparación

$$V = A * l$$

Entonces conociendo el volumen y el peso específico se puede obtener el peso:

$$\text{peso} = \text{peso específico} * \text{volumen}$$

Se presenta una comparación tanto en peso como en porcentaje calculado así:

$$\text{Diferencia de peso} = \text{peso tubo tradicional} - \text{peso tubo propuesto}$$

En porcentaje:

$$\% \text{Diferencia de peso} = \frac{(\text{peso tubo tradicional} - \text{peso tubo propuesto})}{\text{peso tubo tradicional}} \times 100\%$$

DIAMETRO (pulg.)	PESO (Kg.)		DIFERENCIA	DIFERENCIA
	TRADICIONAL	FRANELA	DE PESO EN Kg.	DE PESO EN %
4"	7.84	5.4	2.44	31.12
	9.11	6.5	2.61	28.65
6"	14.48	10.2	4.28	29.56
	13.37	10.2	3.17	23.71

Tabla 8.31 Comparación de peso de tuberías de cemento con franela vs tubo de concreto tradicional

DIAMETRO (pulg.)	PESO (Kg.)		DIFERENCIA DE PESO EN Kg.	DIFERENCI A DE PESO EN %
	TRADICIONAL	FIBRA DE VIDRIO		
4"	7.036	6.3	0.736	10.46
	7.26	5.9	1.36	18.73
6"	13.38	9.9	3.48	26.01
	14.45	11.3	3.15	21.80

Tabla 8.32 Comparación de peso de tuberías de cemento con fibra de vidrio vs tubo de concreto tradicional

DIAMETRO (pulg.)	PESO (Kg.)		DIFERENCIA DE PESO EN Kg.	DIFERENCI A DE PESO EN %
	TRADICIONA L	ESTOQUINET E		
4"	9.19	3.6	5.59	60.83
	7.26	2.6	4.66	64.19
6"	13.05	10.2	2.85	21.84
	13.87	10	3.87	27.90

Tabla 8.33 Comparación de peso de tuberías de cemento con estoquinete vs tubo de concreto tradicional

8.8 RESULTADOS DE PRUEBA DE ABSORCIÓN

La prueba de absorción se llevó a cabo de acuerdo al método de ensayo A establecido en la norma ASTM C- 497

Material y equipo utilizado:

- Secciones de tuberías (de 12 a 20 pulg² de superficie)
- Esmeril o cortadora
- Bandejas
- Horno
- Olla
- Cocina eléctrica
- Balanza digital
- Guantes
- Gafas protectoras
- Mascarillas

El procedimiento fue el siguiente:

De un tubo de cada diámetro y de cada tipo de material con el esmeril y utilizando el equipo de protección necesario (guantes, gafas protectoras y mascarilla) se cortaron dos secciones con una superficie de 16 pulg² cada una.

Cada una de las secciones se rotuló con su respectiva identificación del diámetro y el tipo de material con el que estaba fabricado el tubo al que pertenecía, y como se cortaron dos fragmentos de cada tubo también se les asignó un número ya sea uno o dos (1 ó 2)

Los fragmentos de los tubos se colocaron en bandejas y se dejaron durante 24 horas en el horno para asegurar que estuvieran completamente secas, una vez transcurrido el tiempo se sacaron del horno y se procedió a pesarlas en la balanza digital.



Figura 8.1 Muestras de tubos para prueba de absorción

DIAMETRO	MATERIAL	MUESTRA	PESO SECO (gr.)
Φ4"	ESTOQUINETE	E1	74.5
		E2	80.5
	FIBRA DE VIDRIO	FV1	171.5
		FV2	129.3
	FRANELA	F1	176.7
		F2	149.9
Φ6"	ESTOQUINETE	E1	169.9
		E2	237.6
	FIBRA DE VIDRIO	FV1	137.8
		FV2	144.3
	FRANELA	F1	111.3
		F2	117.1

Tabla 8.34 Peso seco de muestras

En una olla grande se colocó agua suficiente para que al poner las muestras estas quedaran completamente sumergidas, se ubicó la olla en la cocina eléctrica y como indica la norma que el agua se debe calentar en un lapso de tiempo no menor a una hora ni mayor a dos horas para que empiece a hervir, se estuvo muy pendiente y después de una hora y media de haber puesto las muestras el agua empezó a hervir y a partir de este momento se empezaron a contar cinco horas en que las muestras iban a estar sometidas a esta condición, luego de transcurridas las 5 horas se apaga el fuego y se dejaron enfriar las muestras en el agua a

temperatura ambiente por la pérdida natural de calor por un periodo de tiempo de 14 horas y luego se pesaron nuevamente obteniendo así el peso húmedo



Figura 8.2 Muestras de tubos propuestos en recipiente con agua

DIAMETRO	MATERIAL	MUESTRA	PESO HÚMEDO(gr.)
Φ4"	ESTOQUINETE	E1	100.6
		E2	105.2
	FIBRA DE VIDRIO	FV1	219.7
		FV2	167.5
	FRANELA	F1	227.4
		F2	194.8
Φ6"	ESTOQUINETE	E1	224.4
		E2	307.3
	FIBRA DE VIDRIO	FV1	177.1
		FV2	183.1
	FRANELA	F1	155.0
		F2	162.9

Tabla 8.35 Peso húmedo de muestras

Con estos datos se procede a calcular la absorción de las muestras: Setomará el aumento de la masa de la muestra hervida sobre su peso en seco como la absorción de la muestra, y se expresa como un porcentaje de la masa seca.

La absorción de las muestras en peso se calcula así:

$$\text{absorción} = \text{peso húmedo} - \text{peso seco}$$

En porcentaje:

$$\% \text{ absorción} = \frac{(\text{peso húmedo} - \text{peso seco})}{\text{peso seco}} \times 100\%$$

DIAMETRO	MUESTRA	ABSORCIÓN (gr.)	% ABSORCIÓN
Φ4"	E1	26.1	35.03
	E2	24.7	30.68
	FV1	48.2	28.10
	FV2	38.2	29.54
	F1	50.7	28.69
	F2	44.9	29.95
Φ6"	E1	54.5	32.08
	E2	69.7	29.34
	FV1	39.3	28.52
	FV2	38.8	26.89
	F1	43.7	39.26
	F2	45.8	39.11

Tabla 8.36 Porcentaje de absorción de muestras

De acuerdo a la norma la absorción no debe ser superior a 9% para el método de prueba A que es el que se llevó a cabo.

8.9 RESULTADOS DE PRUEBA DE PERMEABILIDAD

Este ensayo del tipo cualitativo tiene por objeto determinar la permeabilidad de las paredes de una sección de tubería. Según la norma se utilizan como mínimo 2 tubos y se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Se realiza un sello de pasta de cemento al extremo inferior del tubo que impida el paso de agua.



Figura 8.3 Sellado de tubo

- En el extremo superior del tubo se realiza un sello de pasta de cemento dejando un orificio en el cual se coloca un accesorio de PVC denominado terminal de rosca macho por donde pueda ingresar agua.



Figura 8.4 Boquilla embebida de PVC

- Se inspecciona que los tubos a utilizar estén completamente secos y que no presenten signos de humedad.



Figura 8.5 Sección interior de tubo propuesto

- Se coloca de manera vertical la sección inferior del tubo (sellada completamente) sobre una superficie suave.
- Se deposita agua en el tubo por la parte superior y se llena completamente durante el período de ensayo.



Figura 8.6 Llenado de agua al tubo

- Después de 15 minutos de que el ensayo haya comenzado se inspecciona inicialmente. Si el tubo presenta indicios o parches de humedad en la superficie exterior, se continúa el ensayo por un período no mayor a las 24 horas.



Figura 8.7 Inspección de tubos

- Cuando finaliza el tiempo de ensayo, se obtienen las áreas de los parches, delimitando con plumón el borde de estos. Luego con plástico se calcan los parches y se calcula el área correspondiente.



Figura 8.8 Parches de humedad en tubo

- El criterio de aceptación para los tubos es que estos no deben presentar parches de humedad en la inspección inicial; en caso de continuar con el ensayo, las manchas de humedad deberán desaparecer en las 24 horas siguientes como tiempo máximo o que no excedan el 20% de la superficie del tubo.

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Designación de la muestra	Diámetro (pulg)	Área(tubo) cm2	80% área(tubo) cm2	Área(parche de humedad) cm2	% de área húmeda.	Aceptación (✓)
F1	4	1539.38	1231.50	138.71	9,01%	✓
F2	4	1759.29	1407.43	260.71	14,82	✓
FV1	4	1649.34	1319.46	304.89	18,49%	✓
FV2	4	1429.42	1143.54	23.78	1,66%	✓
E1	4	2826.93	2261.54	2735.07	96,75%	
E2	4	2865.13	2292.10	1356.05	47,33%	
F1	6	2290.22	1832.18	248.39	10,85%	✓
F2	6	2459.87	1967.89	17.23	0,70%	✓
FV1	6	2092.30	1673.84	2015.34	96,32%	
FV2	6	2459.87	1967.89	365.53	14.86%	✓
E1	6	5150.20	4120.16	3040.81	59,04%	
E2	6	4328.36	3462.69	3439.26	79,46%	

Tabla 8.37 Resultados de prueba de permeabilidad

8.10 RESULTADOS DE PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Esta prueba ha sido realizada con el objetivo de conocer si la tubería propuesta es funcional en lo que respecta a las filtraciones de agua, así como soportando las presiones que podrían generarse debido a la gravedad, en un sistema de aguas residuales del tipo domésticas.

Como ya se ha explicado anteriormente, esta prueba consiste en someter el tubo a una presión hidrostática de 10 psi, durante un mínimo de 10 minutos, según AASTHO M 86M/M y de no presentar filtraciones, este se considerará aprobado en dicha prueba.

Con la finalidad de obtener datos reales y confiables, hubo necesidad de realizar algunos procesos previamente, los cuales se detallan a continuación:

Sellado de los extremos de tubos:

El sellado de los extremos, para evitar la salida de agua por ahí, se realizó con pasta de cemento en la misma proporción que la utilizada en la fabricación de la tubería propuesta y el proceso se llevó a cabo, colocando pasta en un plato desechable, que sirvió como molde y dejando un agujero en el centro, delimitado por una pieza de tubo de pvc, llena en su interior x arena, como se muestra en las fotografías:



Figura 8.9 Molde para orificio en sección de tubo



Figura 8.10 Procedimiento de sellado de tubo



Figura 8.11 Colocación del tubo para sellado

Una vez desmoldado y terminado el sello del tubo, se observa de la siguiente manera:



Figura 8.12 Orificio de extremo del tubo

El segundo extremo de los tubos, se sellaran de igual modo, pero sin dejar el agujero central y de haber fugas en alguno de los extremos de los tubos, se aplicara un pegamento especial llamado “Sika primer MB” el cual, a la vez que reforzara la adherencia de la plancha de sellado a las paredes del tubo, sellara las pequeñas grietas y orificios (si es que los hubiere) en los extremos del tubo.

Finalmente se colocara un adaptador de rosca, macho, en el agujero delimitado por el fragmento de tubo de PVC, en uno de los extremos sellados del tubo, el cual será pegado al fragmento de PVC mediante el mismo sellador de grietas y orificios.



Figura 8.13 Adaptador macho, sellado y pegado con “Sika primer MB”

Colocando en lugar del fragmento de tubo de PVC, una camisa del mismo material, para posteriormente colocar en su interior un fragmento un poco más largo de tubo de PVC para posteriormente poder unir temporalmente y desmontar el sistema de presión hidrostática, al tubo de concreto, mediante una “Union rápida” constituye una solución más fácil y elegante de llevar a cabo esta prueba.



Figura 8.14 Unión rápida.

La elaboración del sistema de tuberías de pvc para prueba de presión hidrostática ha sido sencilla pero funcional y el mismo garantiza una presión constante al interior del tubo de concreto, la cual es de 10 psi, según AASHTO M86/M.

A continuación se muestra una fotografía del sistema elaborado y empleado en la prueba:



Figura 8.15 Sistema para aplicación de presión hidrostática en tubos propuestos

A continuación una muestra grafica de la presión a la cual se sometieron los tubos de concreto:



Figura 8.16 Válvula de llenado y vaciado

Considerando que la presión hidrostática obedece a una altura de agua y que el sistema de tuberías empleado es bastante flexible, fue necesario sostenerlo en su extremo superior a la parte superior de un andamio, dicho trabajo está considerado como “trabajo en altura” y para ello es totalmente indispensable el uso de equipo de protección personal, detalladamente los siguientes elementos:

- ✚ Casco.
- ✚ Arnés.
- ✚ Conos de señalización (pues la prueba se realizó en el parqueo del ISCYC).
- ✚ Cinta amarilla delimitante de la zona de trabajo.
- ✚ Guantes.

Es política del Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto, que al realizar algún tipo de trabajo riesgoso, se tramite por escrito una autorización a la unidad operativa para realizar dicho trabajo.

Todos los tubos de concreto, uno a uno fueron conectados al sistema y sometidos a 10 psi de presión hidrostática durante 10 minutos, encontrando en algunos, fugas aparentemente debidas al artesanal proceso de fabricación empleado y otras fugas evidentemente debidas a las características físicas del material textil empleado en su fabricación.

<u>Tipos de fuga en tuberías</u>	
Figura 8.17 Fuga por proceso de fabricación	Figura 8.18 Fuga por propiedades físicas del textil
	

Los resultados obtenidos de la prueba de presión hidrostática a los 12 tubos ensayados, fueron los siguientes:

Resultados de pruebas de presión hidrostática		
Tubos ensayados	Resultado	Observación
Fibra de vidrio (1) Φ 4"	Aprobado	No se registraron fugas
Fibra de vidrio (2) Φ 4"	Aprobado	No se registraron fugas
Fibra de vidrio (1) Φ 6"	Aprobado	Leve fuga por proceso de fabricación
Fibra de vidrio (2) Φ 6"	Aprobado	No se registraron fugas
Franela (1) Φ 4"	Aprobado	No se registraron fugas
Franela (2) Φ 4"	Aprobado	Moderada fuga por proceso de fabricación
Franela (1) Φ 6"	Aprobado	Moderada fuga por proceso de fabricación
Franela (2) Φ 6"	Aprobado	No se registraron fugas
Estoquinete (1) Φ 4"	Reprobado	Abundante fuga debido a propiedades del textil
Estoquinete (2) Φ 4"	Reprobado	Abundante fuga debido a propiedades del textil
Estoquinete (1) Φ 6"	Reprobado	Abundante fuga debido a propiedades del textil
Estoquinete (2) Φ 6"	Reprobado	Abundante fuga debido a propiedades del textil

Tabla 8.38 Resultados de prueba de presión hidrostática

8.11 RESULTADOS DE PRUEBA DE RESISTENCIA A LA CARGA EXTERNA

El método utilizado para determinar la resistencia de los tubos se denomina: método de los tres apoyos. Esta prueba es aplicada en un dispositivo diseñado donde las fuerzas de ruptura son inducidas en el plano vertical paralelo a la sección transversal del tubo y se extienden a lo largo del cuerpo de esta.



Figura 8.19 Colocación de tubo

Se realiza utilizando tres apoyos, donde el tubo es soportado por dos apoyos de madera paralelos en sentido longitudinal y un tercero en la parte superior donde es aplicada la carga.



Figura 8.20 Ensayo de compresión de tubo

Dicho método se aplica en los siguientes tres pasos:

- Se determina el rango de la carga que se va aplicar según diseño.

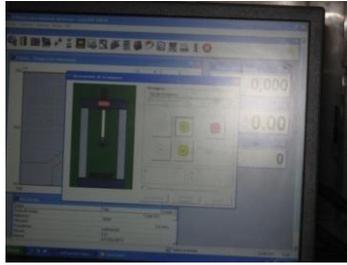


Figura 8.21 Software usado en compresión de tubos

- Se aplica la carga hasta que se forme la primer grieta de aproximadamente 0.01 in de espesor por un pie de longitud y se toma la lectura correspondiente a la Resistencia a la Grieta.



Figura 8.22 Grieta en tubo ensayado

- Se sigue aplicando la carga hasta que el tubo cede y se toma la lectura correspondiente a la Resistencia a la ruptura.



Figura 8.23 Aplastamiento del tubo ensayado

Debido al proceso de fabricación artesanal y experimental que se utilizó en la fabricación de la tubería propuesta, no fue posible elaborar todos los tubos con la misma longitud, de manera que será necesario realizar cálculos matemáticos para conocer la verdadera carga por metro lineal, que cada tubería ha resistido, de la siguiente manera:

$$\text{Carga por metro lineal } (w_{ml}) = \frac{\text{Carga aplicada } (P_i)}{\text{Longitud del tubo } (L_i)}$$

Para tuberías de estoquinete y pasta de cemento, de 4 pulgadas de diámetro:

$$W_{ml1} = \frac{P_1}{L_1} = \frac{1.99 \text{ KN}}{0.79 \text{ ml}} = 2.52 \text{ KN/ml} \quad W_{ml2} = \frac{P_2}{L_2} = \frac{1.083 \text{ KN}}{0.63 \text{ ml}} = 1.72 \text{ KN/ml}$$

$$W_{prom} = \frac{W_{ml1} + W_{ml2}}{2} = \frac{2.52 + 1.72}{2} = 2.12 \text{ KN/ml}$$

Para tuberías de franela y pasta de cemento, de 4 pulgadas de diámetro:

$$W_{ml1} = \frac{P_1}{L_1} = \frac{3.75 \text{ KN}}{0.63 \text{ ml}} = 5.95 \text{ KN/ml} \quad W_{ml2} = \frac{P_2}{L_2} = \frac{5.08 \text{ KN}}{0.79 \text{ ml}} = 6.43 \text{ KN/ml}$$

$$W_{prom} = \frac{W_{ml1} + W_{ml2}}{2} = \frac{5.95 + 6.43}{2} = 6.19 \text{ KN/ml}$$

Para tuberías de fibra de vidrio y pasta de cemento, de 4 pulgadas de diámetro:

$$W_{ml1} = \frac{P_1}{L_1} = \frac{14.39 \text{ KN}}{0.61 \text{ ml}} = 23.59 \text{ KN/ml} \quad W_{ml2} = \frac{P_2}{L_2} = \frac{13.12 \text{ KN}}{0.63 \text{ ml}} = 20.83 \text{ KN/ml}$$

$$W_{prom} = \frac{W_{ml1} + W_{ml2}}{2} = \frac{23.59 + 20.83}{2} = 22.21 \text{ KN/ml}$$

Para tuberías de estoquinete y pasta de cemento, de 6 pulgadas de diámetro:

$$W_{ml1} = \frac{P_1}{L_1} = \frac{2.80KN}{0.79 ml} = 3.54 KN/ml \quad W_{ml2} = \frac{P_2}{L_2} = \frac{2.30 KN}{0.73 ml} = 3.15 KN/ml$$

$$W_{prom} = \frac{W_{ml1} + W_{ml2}}{2} = \frac{3.54 + 3.15}{2} = 3.35 KN/ml$$

Para tuberías de franela y pasta de cemento, de 6 pulgadas de diámetro:

$$W_{ml1} = \frac{P_1}{L_1} = \frac{4.89KN}{0.87 ml} = 5.62 KN/ml \quad W_{ml2} = \frac{P_2}{L_2} = \frac{4.64 KN}{0.81 ml} = 5.73 KN/ml$$

$$W_{prom} = \frac{W_{ml1} + W_{ml2}}{2} = \frac{5.62 + 5.73}{2} = 5.67 KN/ml$$

Para tuberías de fibra de vidrio y pasta de cemento, de 6 pulgadas de diámetro:

$$W_{ml1} = \frac{P_1}{L_1} = \frac{9.42KN}{0.81 ml} = 11.63 KN/ml \quad W_{ml2} = \frac{P_2}{L_2} = \frac{9.49 KN}{0.87 ml} = 10.91 KN/ml$$

$$W_{prom} = \frac{W_{ml1} + W_{ml2}}{2} = \frac{11.63 + 10.91}{2} = 11.27 KN/ml$$

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Designación de muestra	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Fuerza máxima en (Kn)	Carga lineal soportada (Kn).	Carga lineal promedio
E1	4	0.79	1.9900	2,52	2.12 KN/ml
E2	4	0.63	1.0830	1,72	no aceptable
F1	4	0.63	3.7540	5,96	6.19KN/ml
F2	4	0.79	5.0820	6,43	no aceptable
FV1	4	0.61	14.3840	23,58	22.21 KN/ml
FV2	4	0.63	13.1240	20,83	aceptable
E1	6	0.79	2.7990	3,54	3.35 KN/ml
E2	6	0.73	2.3020	3,15	no aceptable
F1	6	0.87	4.8900	5,62	5.67 KN/ml
F2	6	0.81	4.6440	5,73	no aceptable
FV1	6	0.81	9.4200	11,63	11.27 KN/ml
FV2	6	0.87	9.4930	10,91	no aceptable

**Tabla 8.39 Resultados obtenidos a partir de prueba de compresión de tubos
propuestos**

Se conoce ahora de manera experimental, que la mayoría de tuberías diseñadas, no han cumplido con la resistencia mínima al aplastamiento que la norma AASTHO M86/M exige para tubería de concreto, no reforzada. Entonces se procede a hacer un chequeo de la formula con el fin de conocer la razón del incumplimiento en la mayoría de los tubos:

$$P_{cr} = \frac{h}{R} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{E} * \frac{R^2}{h^2}}$$

P_{cr} = Presion critica.

h = espesor de la tuberia.

R = radio medio de la tuberia.

σ_{f1} = Modulo de fluencia, del material.

E = Modulo de elasticidad.

Examinando la formula general para el diseño del espesor de la tubería, resulta lógico imaginar dos posibles razones por las cuales la mayoría de ellas no ha cumplido con la mínima resistencia al aplastamiento requerida por la norma y son las siguientes:

- a) Que la hipótesis planteada al inicio del diseño, que dictaba que si se conoce la presión crítica que puede soportar una tubería que cumple con la resistencia al aplastamiento exigida por la norma, es factible entonces diseñar otra que cumpla con la misma presión crítica y en consecuencia tendrá una resistencia al aplastamiento, similar a la primera.

- b) Que el módulo de ruptura del material mixto (textil-pasta de cemento) obtenido mediante el ensayo a compresión en los cubos, no es un dato confiable.

Sin embargo, al examinar otro de los datos obtenidos en el laboratorio, en la prueba de resistencia al aplastamiento, podemos darnos cuenta que la teoría “a” mencionada anteriormente, no solo es falsa sino también se demuestra la veracidad del supuesto inicial de que:

“Al obtener la presión crítica de una tubería, que cumple con la resistencia mínima al aplastamiento, requerida por la norma, será posible diseñar otra tubería que resista la misma presión crítica que la primera y en consecuencia, esta también cumpliría con la resistencia al aplastamiento que la norma exige”.

Pues la presión crítica que la **tubería tradicional** (bajo norma) resiste es de **34.16 Kg/cm²** y resiste una carga lineal de **22KN/ml**

Cargas lineales desarrolladas por las tuberías propuestas				
Tubería ensayada	Presión crítica desarrollada.	Promedio de presiones críticas	Parámetro de cumplimiento	Aceptación.
FV-01	23.58 KN/ml	22.21 KN/ml	22 KN/ml	0.21 KN/ml
FV-02	20.83 KN/ml			Arriba del min.
FR-01	5.96 KN/ml	6.19 KN/ml	22 KN/ml	-15.81KN/ml
FR-02	6.43 KN/ml			Abajo del min.
ES-01	2.52 KN/ml	2.12 KN/ml	22 KN/ml	-19.88 KN/ml
ES-02	1.72 KN/ml			Abajo del min.

Tubería ensayada	Cargas lineales desarrollada.	Promedio de cargas lineales	Parámetro de cumplimiento	Aceptación.
FV-01	40.6 Kg/cm ²	38.82 Kg/cm ²	34.16 Kg/cm ²	4.66 Kg/cm ²
FV-02	37.04 Kg/cm ²			Arriba del min.
FR-01	10.6 Kg/cm ²	12.47 Kg/cm ²	34.16 Kg/cm ²	-21.69 Kg/cm ²
FR-02	14.34 Kg/cm ²			Abajo del min.
ES-01	5.62 Kg/cm ²	4.34 Kg/cm ²	34.16 Kg/cm ²	29.82 Kg/cm ²
ES-02	3.06 Kg/cm ²			Abajo del min.

Tabla 8.40 Cargas lineales desarrolladas por las tuberías propuestas

De esa manera se puede observar como los datos de presión crítica y de resistencia al aplastamiento están relacionados, asegurando así que el método empleado para el diseño de la tubería propuesta ha sido indirecto, pero fiable.

Ahora se puede deducir que la razón por la cual las tuberías propuestas, a base de textil franela y estoquinete, no han cumplido es que el módulo de ruptura del material, obtenido mediante el ensayo a compresión de los cubos, no es confiable, debido a que la posición de

la fibra a lo largo del tubo, varia en su orientación, a diferencia de los cubos, en la cual se mantuvo constante y vertical, como se muestra en la siguiente representación:

Posición de la fibra en los cubos de material mixto:

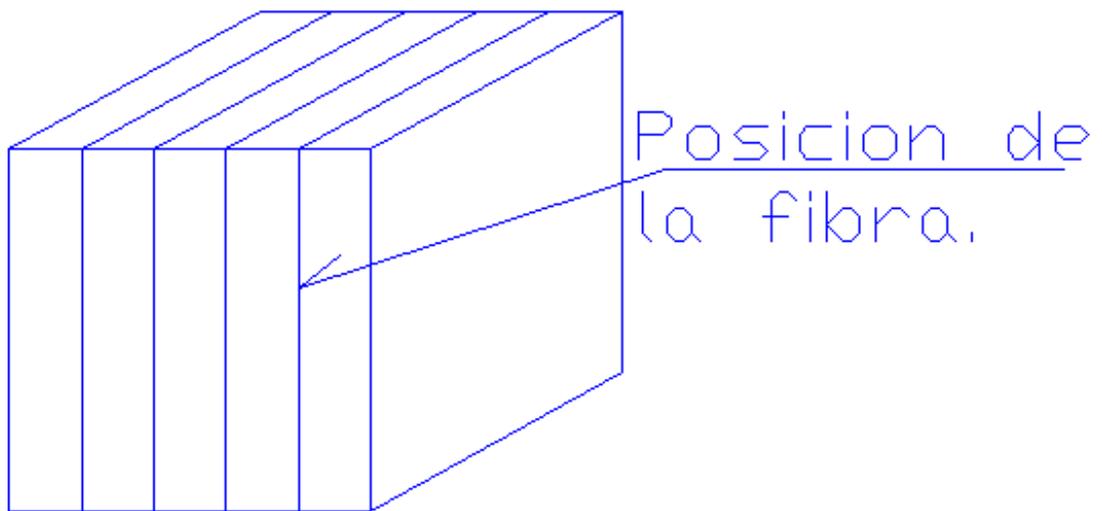


Figura 24 Posición de fibra de material textil

Como se observa en la figura, para el caso de los cubos de material compuesto, la fibra únicamente se encuentra en posición vertical.

Posición de la fibra en la tubería:

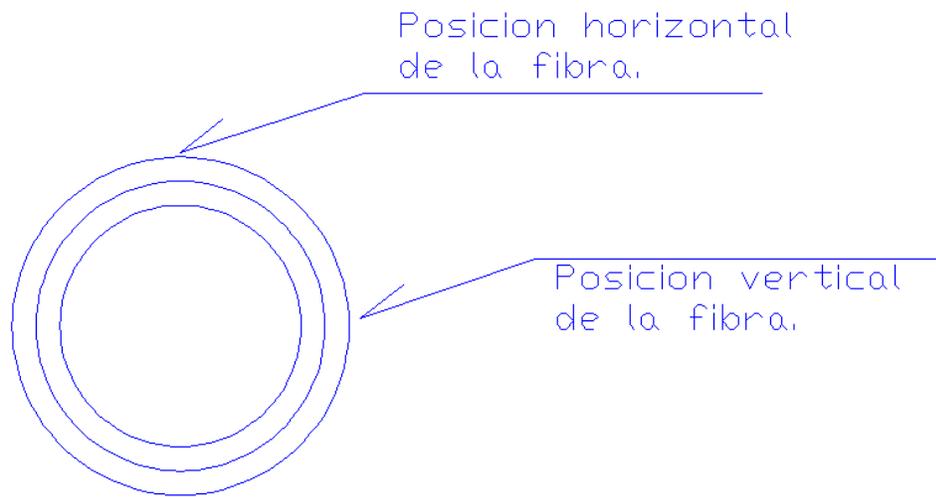


Figura 25 Posición de la fibra en tubería

La fibra trabaja en posición vertical y horizontal al momento de ser probado el tubo, pues las fallas se presentaron en las posiciones de las 3, las 9 y las 12 horas.

8.11.1. CALCULO DE ESPESORES DE TUBERÍAS PROPUESTAS SEGÚN

DATOS OBTENIDOS

Para fines prácticos, se hará un breve recordatorio de cómo calcular la presión crítica con la cual la tubería propuesta tendrá que cumplir y cuyo valor es de 34.16 Kg/cm^2 .

Habiendo hecho uso anteriormente de la formula proporcionada por el libro de S. Timoshenko para secciones tubulares, se procederá a emplear nuevamente, ahora con datos más cercanos a la realidad, obtenidos en la prueba de carga lineal a tuberías. Se calculara el verdadero módulo de ruptura del material mixto con el cual se fabrica el tubo, de la siguiente manera:

Propiedades de la tubería tradicional.	
Propiedad	Valor.
Espesor	1.6 cm
Radio medio	5.88 cm
Módulo de ruptura.	135 Kg/cm ²
Módulo de elasticidad.	96,672 Kg/cm ²

Tabla 8.41 Propiedades de la tubería tradicional

Se sabe que un tubo tradicional, que cumple con los requerimientos de resistencia al aplastamiento según AASTHO M86/M, posee las características anteriores y el mismo puede resistir como máximo, la siguiente presión crítica:

$$P_{cr} = \frac{1.6}{5.88} * \frac{135}{1 + 4 * \frac{135}{96,972} * \frac{5.88^2}{1.6^2}} = 34.16 \text{ kg/cm}^2$$

Actualmente se conocen las presiones críticas que pueden soportar las tuberías propuestas, según su diámetro y textil empleado en la fabricación, por lo tanto se facilita conocer el verdadero módulo de ruptura que desarrollan y posteriormente calcular mediante la misma fórmula, el espesor mínimo requerido para que la tubería pueda cumplir los parámetros demandados por la norma antes mencionada.

8.11.1.1. CALCULO DE ESPESOR MÍNIMO, PARA TUBERÍA DE FIBRA DE VIDRIO DE \varnothing 4 IN.

Características geométricas:

Características de la tubería (Φ 4").		
Diámetro interno.	nominal	4 in (10.15 cm)
Diámetro real interno.		4 $\frac{1}{4}$ in (10.8 cm)
Espesor del tubo		1/3 in (0.9 cm)
Diámetro real externo		5 in (12.6 cm)
Diámetro medio		4 $\frac{3}{5}$ in (11.7 cm)

Tabla 8.42 Características geométricas de tuberías con fibra de vidrio de 4 pulgadas

Datos y formula general utilizada:

Datos obtenidos en el ensayo de carga lineal.		
Espesor.		0.9 cm
Módulo de elasticidad.		222,873 Kg/cm ²
Presión (promedio)	critica	38.82 Kg/cm ²

Tabla 8.43 Datos obtenidos en prueba de compresión (tubo con fibra de vidrio de 4 pulgadas)

$$P_{cr} = \frac{h}{R} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{E} * \frac{R^2}{h^2}}$$

$$38.82 = \frac{0.9}{5.4 + 0.9/2} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{222,873} * \frac{(5.4 + 0.9/2)^2}{0.9^2}}$$

La presión de ruptura ($P_{cr} = 38.82 \text{ kg/cm}^2$) se obtuvo mediante el ensayo de aplastamiento y es el promedio de las presiones críticas obtenidas en las dos tuberías ensayadas. (40.6 Kg/cm^2 y 37.04 Kg/cm^2).

Resolviendo para el módulo de ruptura:

$$\sigma_{f1} = 312 \text{ Kg/cm}^2$$

Una vez conocido el módulo de ruptura, se procede a calcular el espesor mínimo con el cual la tubería puede resistir la presión crítica indicada (34.16 Kg/cm^2), siendo este valor, menor que el soportado por la tubería, aun se puede disminuir el espesor.

$$P_{cr} = \frac{h}{R} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{E} * \frac{R^2}{h^2}}$$

$$34.16 = \frac{h}{5.08 + h/2} * \frac{312}{1 + 4 * \frac{312}{222,873} * \frac{(5.08 + h/2)^2}{h^2}}$$

Resolviendo para “h” el espesor:

h = 0.83 centímetros, como mínimo en el espesor de pared de la tubería de 4 in de diámetro fabricada con de pasta de cemento y fibra de vidrio.

8.11.1.2. CALCULO DE ESPESOR MÍNIMO, PARA TUBERÍA DE PASTA DE CEMENTO Y FRANELA DE ≈ 4 IN.

Características geométricas:

Características de la tubería (Φ 4").	
Diámetro nominal interno.	4 in (10.15 cm)
Diámetro real interno.	4 ¼ in (10.8 cm)
Espesor del tubo	1/3 in (0.9 cm)
Diámetro real externo	5 in (12.6 cm)
Diámetro medio	4 3/5 in (11.7 cm)

Tabla 8.44 Características geométricas de tuberías con franela de 4 pulgadas

Datos y formula general utilizada:

Datos obtenidos en el ensayo de carga lineal.	
Espesor.	0.9 cm
Módulo de elasticidad.	219,357 Kg/cm ²
Presión (promedio)	critica 12.47 Kg/cm ²

Tabla 8.45 Datos obtenidos en prueba de compresión (tubo con franela de 4 pulgadas)

$$P_{cr} = \frac{h}{R} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{E} * \frac{R^2}{h^2}}$$

$$12.47 = \frac{0.9}{5.4 + \frac{0.9}{2}} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{219,357} * \frac{(5.4 + \frac{0.9}{2})^2}{0.9^2}}$$

La presión de ruptura ($P_{cr} = 12.47 \text{ kg/cm}^2$) se obtuvo mediante el ensayo de aplastamiento y es el promedio de las presiones criticas obtenidas en las dos tuberías ensayadas. (10.6 Kg/cm² y 14.34 Kg/cm²).

Resolviendo para el módulo de ruptura:

$$\sigma_{f1} = 87 \text{ Kg/cm}^2$$

Una vez conocido el módulo de ruptura, se procede a calcular el espesor mínimo con el cual la tubería puede resistir la presión crítica indicada (34.16 Kg/cm²). El espesor deberá

aumentarse debido a un decremento en el módulo de ruptura con respecto al encontrado inicialmente.

$$P_{cr} = \frac{h}{R} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{E} * \frac{R^2}{h^2}}$$

$$34.16 = \frac{h}{5.08 + h/2} * \frac{87}{1 + 4 * \frac{87}{222,873} * \frac{(5.08 + h/2)^2}{h^2}}$$

Resolviendo para “h” el espesor:

h = 2.4 centímetros, como mínimo en el espesor de pared de la tubería de 4 in de diámetro fabricada con de pasta de cemento y franela.

8.11.1.3 CALCULO DE ESPESOR MÍNIMO, PARA TUBERÍA DE PASTA DE CEMENTO Y ESTOQUINETE DE \approx 4 IN Y DE \approx 6 IN.

Características geométricas:

Características de la tubería (Φ 4").		
Diámetro interno.	nominal	4 in (10.15 cm)
Diámetro real interno.		4 $\frac{1}{4}$ in (10.8 cm)
Espesor del tubo		2/5 in (1.0 cm)
Diámetro real externo		5 in (12.6 cm)
Diámetro medio		4 $\frac{3}{5}$ in (11.7 cm)

Tabla 8.46 Características geométricas de tuberías con estoquinete de 4 pulgadas

Datos y formula general utilizada:

Datos obtenidos en el ensayo de carga lineal.	
Espesor.	1 cm
Módulo de elasticidad.	210,920 Kg/cm ²
Presión crítica (promedio)	4.34 Kg/cm ²

Tabla 8.47 Datos obtenidos en prueba de compresión (tubo con estoquinete de 4 pulgadas)

$$P_{cr} = \frac{h}{R} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{E} * \frac{R^2}{h^2}}$$

$$4.34 = \frac{1}{5.4 + 1/2} * \frac{\sigma_{f1}}{1 + 4 * \frac{\sigma_{f1}}{210,920} * \frac{(5.4 + 1/2)^2}{1^2}}$$

La presión de ruptura ($P_{cr} = 4.34 \text{ kg/cm}^2$) se obtuvo mediante el ensayo de aplastamiento y es el promedio de las presiones críticas obtenidas en las dos tuberías ensayadas. (5.62 Kg/cm^2 y 3.06 Kg/cm^2).

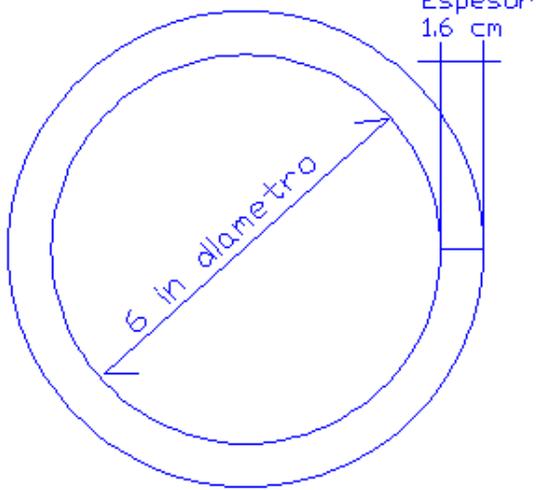
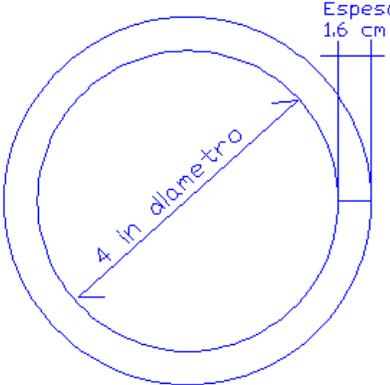
Resolviendo para el módulo de ruptura:

$$\sigma_{f1} = 27 \text{ Kg/cm}^2$$

Para el caso del estoquinete, no se ha realizado el cálculo del espesor, a razón de que material mixto, pasta de cemento y estoquinete presenta resistencia demasiado baja como para diseñarse un espesor lógico y el empleo de la fórmula, da como resultados espesores más grandes que el mismo diámetro de la tubería, tanto para la de 4 pulgadas como para la de 6.

Para las tuberías de 6 pulgadas de diámetro, se hace la siguiente consideración:

Es de aclarar en esta sección, que la normativa AASTHO M86/M, utilizada como parámetro de cumplimiento para el diseño del espesor del tubo establece un mismo espesor y una misma resistencia mínima al aplastamiento en ambas diámetros de tubería, de la siguiente manera:

Figura 26 Tubería de 4 in de diámetro	Figura 27 Tubería de 6 in de diámetro.
	
<p>22 KN/m deberán soportar, como mínimo de carga lineal.</p>	
<p>1.6 cm de espesor.</p>	

Por estas razones, se decidió utilizar la misma presión crítica de 34.16 kg/cm^2 , como parámetro de diseño.

Como ya se ha conocido mediante la tubería de 4 pulgadas de diámetro, el módulo de ruptura de los materiales, a continuación se procederá a calcular ya únicamente el espesor

adecuado, para que la misma cumpla con la resistencia mínima al aplastamiento, estimada por la normativa.

8.11.1.4. TUBERÍAS DE PASTA DE CEMENTO Y FIBRA DE VIDRIO DE \approx 6 IN

Características geométricas:

Características de la tubería (Φ 6").	
Diámetro nominal interno.	6 in (15.24 cm)
Diámetro real interno.	6 ¼ in (15.87 cm)
Espesor del tubo	desconocido
Diámetro real externo	7 in (17.87 cm)
Diámetro medio	6 2/3 in (16.87 cm)

Tabla 8.48 Características geométricas de tuberías con fibra de vidrio de 6 pulgadas

Datos y formula general utilizada:

Datos obtenidos en el ensayo de carga lineal.	
Módulo de elasticidad.	222,873 Kg/cm ²
Módulo de ruptura	312 Kg/cm ²

Tabla 8.49 Datos obtenidos en prueba de compresión (tubo con fibra de vidrio de 6 pulgadas)

Como ya se ha conocido mediante la tubería de 4 pulgadas de diámetro, el módulo de ruptura de los materiales, a continuación se procederá a calcular ya únicamente el espesor adecuado, para que la misma cumpla con la resistencia mínima al aplastamiento, estimada por la normativa.

Módulo de ruptura del material: 312 kg/cm²

$$38.0 = \frac{h}{7.93 + h/2} * \frac{312}{1 + 4 * \frac{312}{222,873} * \frac{(7.93 + h/2)^2}{h^2}}$$

Resolviendo para “h” el espesor:

h = 1.3 centímetros, como mínimo en el espesor de pared de la tubería de 6 in de diámetro fabricada con de pasta de cemento y fibra de vidrio.

8.11.1.5. TUBERÍAS DE PASTA DE CEMENTO Y FRANELA DE \varnothing 6 IN

Características geométricas:

Características de la tubería (Φ 6").	
Diámetro nominal interno.	6 in (15.24 cm)
Diámetro real interno.	6 ¼ in (15.87 cm)
Espesor del tubo	desconocido
Diámetro real externo	7 in (17.87 cm)
Diámetro medio	6 2/3 in (16.87 cm)

Tabla 8.50 Características geométricas de tuberías con franela de 6 pulgadas

Datos y formula general utilizada:

Datos obtenidos en el ensayo de carga lineal.	
Módulo de elasticidad.	219,357 Kg/cm ²
Presión crítica	87 Kg/cm ²
(promedio)	

Tabla 8.51 Datos obtenidos en prueba de compresión (tubo con franela de 6 pulgadas)

Como ya se ha conocido mediante la tubería de 4 pulgadas de diámetro, el módulo de ruptura de los materiales, a continuación se procederá a calcular ya únicamente el espesor adecuado, para que la misma cumpla con la resistencia mínima al aplastamiento, estimada por la normativa.

Módulo de ruptura del material: 87 kg/cm²

$$34.69 = \frac{h}{7.93 + h/2} * \frac{87}{1 + 4 * \frac{87}{219,357} * \frac{(7.93 + h/2)^2}{h^2}}$$

Resolviendo para “h” el espesor:

h = 4.0 centímetros, como mínimo en el espesor de pared de la tubería de 6 in de diámetro fabricada con de pasta de cemento y franela.

8.12 CÁLCULO DE PROFUNDIDAD DE INSTALACIÓN DE TUBOS DE PESO LIGERO

Según la normativa ANDA en la parte II, sección 11 establece que en los tramos de conexión domiciliar, los límites de profundidad de tuberías en las zanjas, para protección contra variaciones de carga viva e impacto serán de 1.2 a 3.0 m de relleno sobre la corona de la tubería.

Por tanto se verifica a continuación, el cumplimiento de la normativa por parte del tubo propuesto:

8.12.1 REQUISITOS PARA EL ANCHO DE ZANJA

Los anchos de zanja que a continuación se presentan son utilizados como guía para los tubos de concreto circulares; sin embargo sirve de referencia para los tubos de peso ligero.

Diámetro de tuberías (mm)	Ancho de zanja (mm)
100 (4 in)	470
150 (6 in)	540

Tabla 8.52 Ancho de zanja para instalación de tubos de concreto tradicional

8.12.2 CÁLCULO DE CARGAS MUERTAS EN TUBERÍA DE PESO LIGERO

El análisis parte de los modelos y fórmulas de Marston y Spangler, considerando que la tendencia cinemática al movimiento de los prismas de terreno a los lados de la tubería es más definida que la que se da en el material inmediatamente sobre esta, con el aporte de la fricción que se da entre estos prismas, que se produce por el efecto de deformación volumétrica (gracias al cual al comprimir un cubo de material en una dirección, este tiende a expandirse en las otras dos direcciones ortogonales).

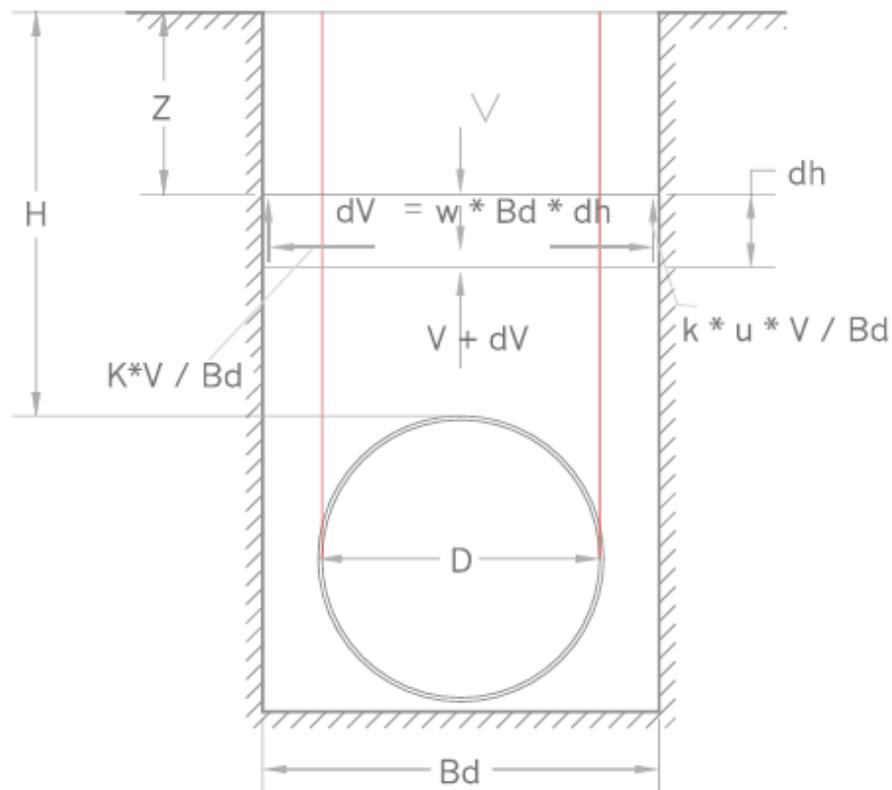


Figura 28. Instalación de tubo

Por tanto se obtiene la siguiente ecuación:

$$Wm = \gamma * Bd^2 * Cd$$

Dónde:

Wm = carga muerta

Bd = ancho de zanja

γ = peso volumétrico del suelo (kg/m³)

Cd = coeficiente de carga

El coeficiente de carga (Cd) se calcula de la siguiente manera:

$$Cd = \frac{1 - e^{-2K\mu * (\frac{HR}{Bd})}}{2K\mu}$$

Dónde:

K = coeficiente de empuje efectivo de Rankine

μ = coeficiente de fricción del relleno

HR = altura de relleno sobre corona del tubo (m)

Los valores citados anteriormente son obtenidos de la tabla siguiente:

Tabla 8.53 Coeficientes de acuerdo a tipo de suelo para enterramiento de tubos

Tipo de suelo	γ (kg/m³)	K	μ
Suelo suelto	1445	0.33	0.5
Suelo saturado	1766	0.37	0.4
Arcilla parcialmente compactada	1605	0.33	0.4
Arcilla saturada	1926	0.37	0.30
Arena seca	1605	0.33	0.50
Arena húmeda	1926	0.33	0.50

Fuente: Manual técnico DURMAN, Capítulo 4 “Análisis y diseño de tuberías enterradas, modelos de carga”

8.12.2.1 OBTENCIÓN DE CARGA MUERTA PARA TUBERÍA ENTERRADA

Para tubería con diámetro de 4 pulgadas

Asumiendo el tipo de suelo como arcilla saturada se tienen los siguientes valores de la tabla anterior:

$$K = 0.37$$

$$\mu = 0.30$$

$$\gamma = 1926 \text{ kg/m}^3$$

$$HR = 1.2 \text{ m (valor mínimo según normas técnicas de ANDA)}$$

$$Bd = 0.47 \text{ m}$$

$$Cd = \frac{1 - e^{-2(0.37)(0.30)\left(\frac{1.2}{0.47}\right)}}{2(0.37)(0.30)} = 1.94$$

Se calcula la carga muerta correspondiente:

$$Wm = 1926 * (0.47)^2 * 1.94 = \mathbf{825.38 \text{ kg/ml}}$$

Para tubería con diámetro de 6 pulgadas

$$K = 0.37$$

$$\mu = 0.30$$

$$\gamma = 1926 \text{ kg/m}^3$$

$$HR = 1.2 \text{ m (valor mínimo según normas técnicas de ANDA)}$$

$$Bd = 0.54 \text{ m}$$

$$cd = \frac{1 - e^{-2(0.37)(0.30) * (\frac{1.2}{0.54})}}{2(0.37)(0.30)} = 1.75$$

Se calcula la carga muerta correspondiente:

$$Wm = 1926 * (0.54)^2 * 1.75 = \mathbf{982.84 \text{ kg/ml}}$$

8.12.3 OBTENCIÓN DE CARGA VIVA PARA TUBERÍA ENTERRADA

Las cargas sobre las superficies de las estructuras destinadas al transporte terrestre que pueden ser estáticas (las llamamos superpuestas) o bien dinámicas provenientes del tráfico de vehículos, se denominan cargas vivas.

Considerando la carga máxima por eje (kg) de los vehículos que pueden circular por la carretera se tiene:

Tipo de eje	Carga máxima (kg)
Eje sencillo	10,000
Eje tandem	15,000

Tabla 8.54 Cargas máximas de acuerdo al tipo de eje

Fuente: Diseño estructural DURMAN

Estos valores pueden incrementarse hasta en un 15% para efectos de diseño.

El eje simple presenta un apoyo en cada uno de sus extremos y el eje doble o tandem presenta dos apoyos separados por una distancia de 1.20 m en sentido longitudinal (de avance) del vehículo.

La superficie de apoyo de cada extremo del eje viene determinada por un rectángulo dimensiones B*L (en sentido transversal y longitudinal del vehículo, respectivamente).

Se puede utilizar el valor de la presión de inflado de llantas de 8.5 kg/cm² como constante, por tanto se tienen los siguientes valores:

Tipo de eje	B (ancho de apoyo de superficie de llantas) [cm²]	L (largo de apoyo de superficie de llantas)[cm²]
Eje sencillo	34.40	24.25
Eje tandem	29.70	21.00

Tabla 8.55 Valores de B y L de acuerdo al tipo de eje

En este estudio se considera la aplicación de cargas de eje simple ideada por el matemático francés Boussinesq quien calculó la distribución de esfuerzos en un medio elástico semi-infinito debido a la aplicación de una carga puntual situada en la superficie.

Por tanto se obtiene la siguiente ecuación:

$$P_o = \frac{\frac{P}{2}}{(B + 1.2 HR)(L + 1.2 HR)}$$

Dónde:

P_o = presión (kg/cm²) que actúa sobre la superficie que se encuentra a la profundidad HR

P = carga por eje (kg)

B = ancho de la superficie de apoyo de las llantas

L = largo de la superficie de apoyo de las llantas

HR = profundidad a considerar (cm)

Para tubería con diámetro de 4 pulgadas

Las condiciones que se han considerado para el cálculo de la carga viva son las siguientes:

Se tiene un vehículo de dos ejes ubicado sobre la tubería de fibra de vidrio con diámetro de 4". La carga se encuentra a 1.2 m sobre la corona del tubo.

Datos:

Diámetro externo = 11.0 cm

HR = 120 cm (valor mínimo según normas técnicas de ANDA)

B = 34.30 cm

L = 24.25 cm

Carga de eje sencillo (P) = 10,000 kg

$$P_o = \frac{\frac{10,000}{2}}{(34.30 + 1.2 * 120)(24.25 + 1.2 * 120)} = 0.17 \text{ kg/cm}^2$$

La carga total por metro lineal será entonces de:

$$W_v = 0.17 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 11 \text{ cm} * 100 \text{ cm} = \mathbf{187 \text{ kg/ml}}$$

Para tubería con diámetro d 6 pulgadas

Datos:

Diámetro externo = 16.54 cm

HR = 120 cm (valor mínimo según normas técnicas de ANDA)

B = 34.30 cm

L = 24.25 cm

Carga de eje sencillo (P) = 10,000 kg

$$P_o = \frac{\frac{10,000}{2}}{(34.30 + 1.2 * 120)(24.25 + 1.2 * 120)} = 0.17 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_v = 0.17 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 16.54 \text{ cm} * 100 \text{ cm} = \mathbf{281.18 \text{ kg/ml}}$$

8.12.4 CARGA TOTAL PARA TUBERÍA ENTERRADA

La carga total es aquella que se obtiene a partir de la suma de la carga muerta y carga viva respectivamente

$$W_t = W_m + W_v$$

Dónde:

W_t = carga total

W_m = carga muerta

W_v = carga viva

- Tubería con fibra de vidrio (D = 4")

$$W_t = 825.38 + 187.00 = \mathbf{1012.38} \frac{kg}{ml}$$

- Tubería con fibra de vidrio (D = 6")

$$W_t = 982.84 + 281.18 = \mathbf{1264.02} \frac{kg}{ml}$$

8.12.5 ANÁLISIS DEL RANGO DE PROFUNDIDADES DE ENTERRAMIENTO

Para arcilla saturada (suelo más desfavorable).

Peso volumétrico del suelo.	1926 Kg/cm ²
Ancho de Zanja.	0.47 m
Coefficiente de empuje efectivo de Rankine (K)	0.37
Coefficiente de fricción del relleno (i)	0.30
Diámetro externo de la tubería.	16.54 cm
Presión en la superficie.	10,000 kg/cm ²
Ancho de la superficie de apoyo de las llantas (B)	34.4 cm
Largo de la superficie de apoyo de las llantas (L)	24.25 cm
Resulta cómodo y correcto el uso de las unidades especificadas en la tabla, pues mediante la aplicación de las formulas las mismas son compatibles.	

Tabla 8.56 Parámetros para cálculo de carga viva

HR (m)	HR (cm)	Exponente	Cd	Carga muerta (kg/ml)	Presión (kg/cm²)	Carga viva (kg/ml)	Carga total (kg/ml)
0.15	15	-0.07	0.31	130.70	2.26	2489.05	2619.75
0.2	20	-0.09	0.40	172.25	1.78	1955.23	2127.48
0.3	30	-0.14	0.59	252.48	1.18	1298.52	1551.01
0.4	40	-0.19	0.77	329.02	0.84	924.96	1253.99
0.5	50	-0.24	0.94	402.04	0.63	692.28	1094.32
1	100	-0.47	1.69	719.74	0.22	247.10	966.85
1.2	120	-0.57	1.94	827.31	0.17	183.34	1010.64
1.5	150	-0.71	2.28	970.80	0.11	125.65	1096.45
2	200	-0.94	2.75	1169.18	0.07	75.88	1245.06
2.5	250	-1.18	3.12	1325.95	0.05	50.74	1376.69
3	300	-1.42	3.41	1449.83	0.03	36.30	1486.13
3.5	350	-1.65	3.64	1547.72	0.02	27.25	1574.97
4	400	-1.89	3.82	1625.07	0.02	21.21	1646.28
4.5	450	-2.13	3.96	1686.20	0.02	16.97	1703.17

Tabla 8.57 Cálculo de carga viva tipo de suelo crítico

Cargas lineales soportadas por las tuberías fabricadas.

Fibra de vidrio.	22.21 KN/ml	2266.33 Kg/ml
Franela.	6.19 KN/ml	631.63 Kg/ml
Estoquinete.	2.12 KN/ml	216.33 Kg/ml

Tabla 8.58 Cargas lineales soportadas por tuberías propuestas

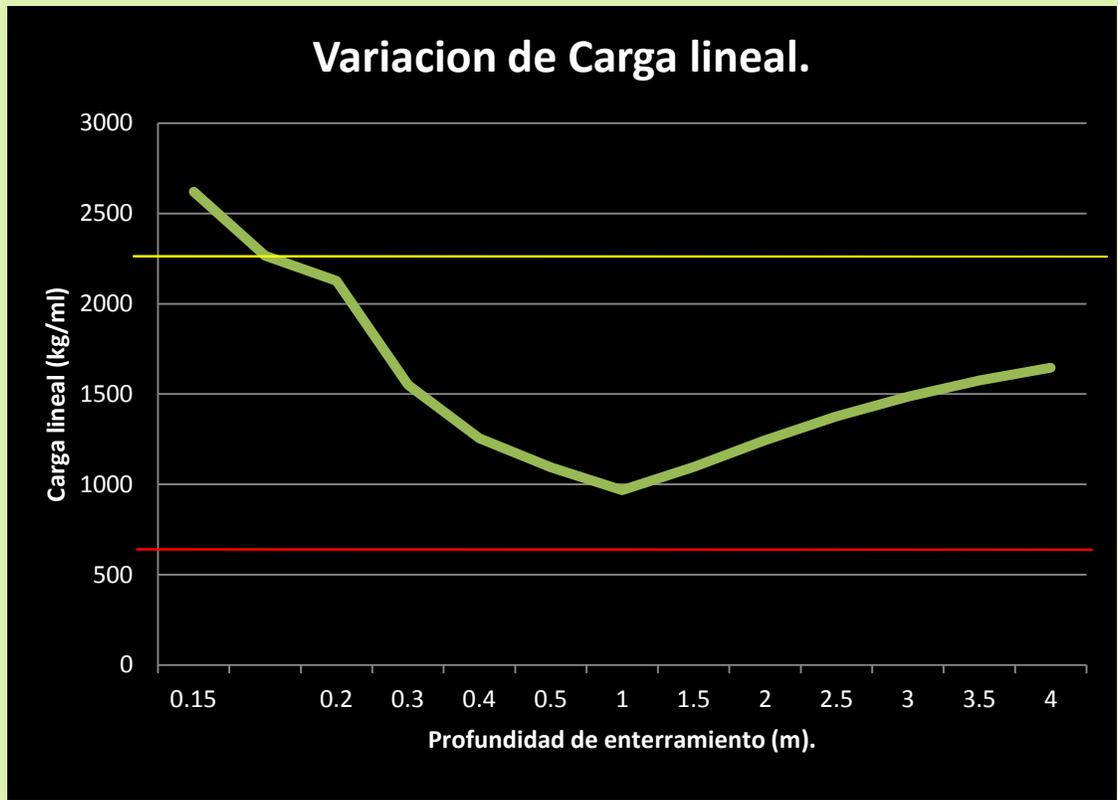


Figura 29 Gráfica de variación lineal de carga vs profundidad de enterramiento

Si tuviésemos un suelo-cemento de peso volumétrico $1,150 \text{ Kg/cm}^2$, se podrían usar las siguientes características:

Variables independientes.

Peso volumétrico del suelo.	1150 Kg/cm^2
Ancho de Zanja.	0.47 m
Coefficiente de empuje efectivo de Rankine (K)	0.33
Coefficiente de fricción del relleno (i)	0.50
Diámetro externo de la tubería.	16.54 cm
Presión en la superficie.	$10,000 \text{ kg/cm}^2$
Ancho de la superficie de apoyo de las llantas (B)	34.4 cm
Largo de la superficie de apoyo de las llantas (L)	24.25 cm

Resulta cómodo y correcto el uso de las unidades especificadas en la tabla, pues mediante la aplicación de las formulas las mismas son compatibles.

Tabla 8.59 Variables independientes en el cálculo de cargas

Variables dependientes

HR (m)	HR (cm)	Exponente	Cd	Carga muerta (kg/ml)	Presión (kg/cm²)	Carga viva (kg/ml)	Carga total (kg/ml)
0.15	15	-0.11	0.30	76.73	2.26	2489.05	2565.78
0.2	20	-0.14	0.40	100.57	1.78	1955.23	2055.79
0.3	30	-0.21	0.57	145.81	1.18	1298.52	1444.34
0.4	40	-0.28	0.74	187.99	0.84	924.96	1112.96
0.5	50	-0.35	0.89	227.33	0.63	692.28	919.61
1	100	-0.70	1.53	387.52	0.22	247.10	634.63
1.2	120	-0.84	1.72	437.47	0.17	183.34	620.80
1.5	150	-1.05	1.97	500.41	0.11	125.65	626.07
2	200	-1.40	2.28	579.97	0.07	75.88	655.85
2.5	250	-1.76	2.50	636.03	0.05	50.74	686.77
3	300	-2.11	2.66	675.53	0.03	36.30	711.83
3.5	350	-2.46	2.77	703.37	0.02	27.25	730.62
4	400	-2.81	2.85	722.99	0.02	21.21	744.20
4.5	450	-3.16	2.90	736.81	0.02	16.97	753.79

Tabla 8.60 Cálculo de carga viva tipo de suelo liviano

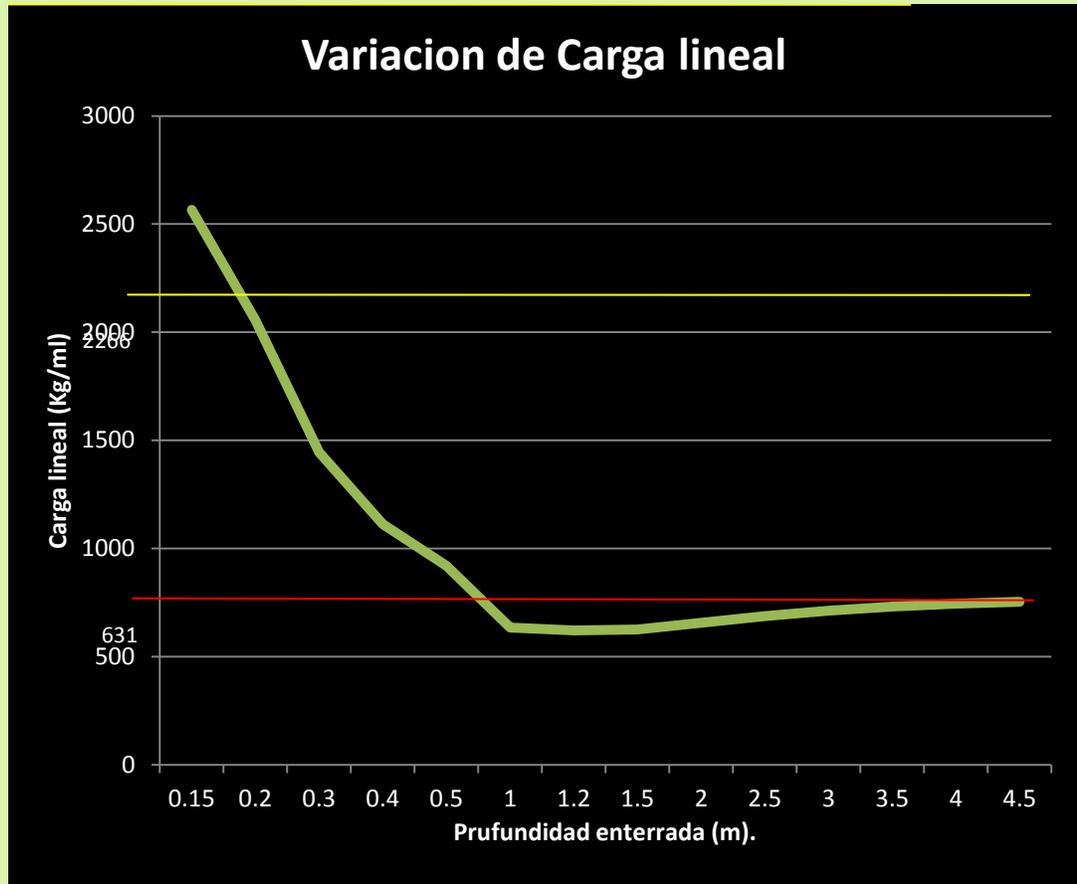


Figura 30 Variación de carga lineal vs profundidad enterrada

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

- De las pruebas realizadas a los cubos elaborados con pasta de cemento y material textil, se determinó que la proporción B brindaba una mejor trabajabilidad por su consistencia y así como también se obtuvo valores de resistencia adecuadas.
- Se evaluó la posibilidad de fabricar los tubos mediante el cemento C 91 y el C 1157 - HE y finalmente se optó por la opción C 1157 – HE debido a que presentó mejores características de resistencia a la compresión y manejabilidad para el uso requerido, también se evaluaron diferentes relaciones de agua – cemento concluyendo que la más conveniente es la que en el documento se registró como “relación agua – cemento B” y que corresponde a una relación agua – cemento de 0.45, pues la misma presenta buenas propiedades para ser absorbida por el textil sin desmejorar significativamente la resistencia.
- En la prueba de absorción se tienen porcentajes mayores al permitido (9%) de acuerdo a la norma ASTM C 497 debido a la naturaleza misma del tubo, ya que son fabricados con materiales textiles; sin embargo según los resultados obtenidos se tiene que la fibra de vidrio tiene propiedades menos absorbentes en comparación con la franela y Estoquinete en tubos de diámetros de 4” y 6”.

- En la prueba de permeabilidad, se determinó en la inspección inicial que los tubos de 4” y 6” de franela, estoquinete, y fibra de vidrio presentaron parches de humedad sin embargo al proseguir el ensayo por 24 horas se tiene que los parches de humedad no superan el 20% del área del tubo por tanto la fibra de vidrio presenta menor porcentaje de área mojada con respecto al estoquinete y franela.

- Se demostró mediante la prueba de presión hidrostática que el material con menos posibilidades de presentar filtraciones es la fibra de vidrio pues solamente una de las probetas ensayadas las mostró y estas fueron claramente debida a pequeñas imperfecciones en la pared del tubo debidas a un proceso de fabricación artesanal, estando las tuberías de franela y pasta de cemento como segunda opción factible, pues las filtraciones presentadas también han sido leves y debidas al proceso de fabricación, muy a diferencia del material estoquinete, cuya característica de difícil absorción, permite que en sus paredes existan abundantes poros entre capa y capa, facilitando la filtración abundante de agua a través de estos.

- Los resultados obtenidos de la prueba de aplastamiento se tiene que los tubos con fibra de vidrio de 4” cumplen con la norma ASTM C 497 y que los tubos de 6” del mismo material son los que más se acercan al valor aceptado por la norma mencionada.

- Es posible utilizar la tubería de fibra de vidrio y pasta de cemento, enterrada a cualquier profundidad lógica y razonable, mientras que para el caso de la tubería de franela y pasta de cemento es necesario utilizar un suelo cemento bien elaborado, cuyo peso volumétrico no sobrepase los $1,150 \text{ Kg/cm}^2$ y a una profundidad de enterramiento superior a un metro.

9.2 RECOMENDACIONES

- Es conveniente idear un nuevo proceso de fabricación en el cual se incluyan procesos de uniformización de la pasta en toda el área del textil, así como facilitar el desenmoldado, mediante la utilización de moldes internos metálicos, desmontables desde su interior.
- Se recomienda continuar esta investigación, utilizando para la pasta, otras clases de cemento como es el C1157 de uso general y el CESSA 5000 buscando en ellos, mejores propiedades de resistencia al aplastamiento en la tubería, así como el control de tiempo de fraguado.
- Se recomienda para unir estos tubos, fabricar elementos de tipo “camisas” similares a los existentes para el PVC, en vista que hacerlo mediante balonas en el extremo de la tubería resulta muy complicado; pues el textil, al inicio de la balona, tiende a arrugarse y generar imperfecciones que se extienden a lo largo de lo demás del tubo.
- Con la finalidad de disminuir la rugosidad interna de la tubería, se propone elaborar una pasta, con alta relación de agua-cemento y posteriormente darle a la tubería propuesta un recubrimiento, especialmente en la parte interna de la misma.

- Se recomienda, para una fabricación industrial de esta tubería, contactar con los proveedores internacionales del textil, buscando de esa manera reducir el costo de la tubería en el rubro más costoso de la fabricación.

BIBLIOGRAFIA

MANUALES

- Manual técnico de productos AMANCO
- Manual de diseño NOVAFORT Y NOVALOC

CATÁLOGOS

- Catálogo de tuberías de concreto Toluca

NORMATIVA

- Norma ASTM Designación C 14, C 91, C 497, C 597
- Normas Técnicas de ANDA
- Normas AASTHO LRFD

LIBROS DE TEXTO

- Resistencia de Materiales, S. Timoshenko

ANEXOS

**NORMAS UTILIZADAS Y
RESUMEN DE
LABORATORIO.**

1.0 Especificación estándar para alcantarillado de hormigón, sistema de desagüe, tuberías y alcantarillas (Designación ASTM C14-03).

1.1 Ámbito De Aplicación.

- 1) Esta especificación trata sobre tubos de hormigón no reforzados destinados a ser utilizados para el transporte de aguas residuales, residuos industriales, aguas pluviales, y para la construcción de alcantarillas.
- 2) Un compañero métrico completo a la especificación C 14 ha sido desarrollado - C 14M, por lo tanto, no son equivalentes métricos los presentados en esta especificación.

NOTA 1- Esta especificación es una especificación de fabricación y compra solamente y no incluye requisitos para el encamado, relleno, o la relación entre las condiciones de carga sobre el terreno y la clasificación de la fuerza de la tubería. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que el desempeño exitoso de este producto depende de la adecuada selección de la clase de tubería, el tipo de encamado y relleno, y la atención de que la instalación se ajusta a las especificaciones de construcción. El propietario debe entender que se debe correlacionar los requisitos de campo con la clase de tubería especificada y establecer o llevar a cabo una inspección en el sitio de construcción.

1.2 Documentos de referencia.

- C 33 Especificaciones para Agregados del Concreto
- C 150 Especificación para Cemento Portland
- C 309 Especificación para membrana líquida-que forman los compuestos para curar Concreto
- C 443 Especificación para Juntas de alcantarillado de concreto circular y tuberías de Alcantarillado, Usando empaques de goma (sello de juntas)
- C 497 Métodos de prueba para tuberías de concreto, artículos de boca, o azulejo
- C 595 Especificación para mezclas de cementos hidráulicos
- C 618 Especificación para cenizas volantes y materias primas o Puzolana natural calcinada para uso como adición mineral en Concreto
- C 822 Terminología relacionada con tuberías de concreto y Productos relacionados
- C1116Especificaciónpara el concreto reforzado con fibras y concreto lanzado.

1.3 Bases de aceptación.

- La aceptación de la tubería será determinada por los resultados de la prueba que se establece en esta sección, cuando sea necesario, y por inspección para determinar si el tubo se ajusta a esta especificación en cuanto a diseño y ausencia de defectos.

- La aceptación en cuanto a las propiedades de resistencia - La tubería deberá ser aceptada en las pruebas de resistencia cuando se han cumplido con los requisitos prescritos en 10.3.
- La aceptación en cuanto a propiedades de absorción - La tubería deberá ser aceptada en la prueba de absorción cuando se han cumplido con los requisitos prescritos en 10.4.
- La aceptación en cuanto a las propiedades de permeabilidad - La tubería deberá ser aceptada en el marco del ensayo de permeabilidad cuando se han reunido los requisitos prescritos en 10.5.
- La aceptación en cuanto a características hidrostáticas - La tubería deberá ser aceptada bajo la prueba hidrostática cuando se han cumplido con los requisitos prescritos en 10.6.

1.4 Requisitos Físicos.

Muestras de prueba - El número especificado de tuberías necesarias para las pruebas serán suministrados por el fabricante y será seleccionados al azar por el propietario, y será la tubería que de otro modo no será rechazado en virtud de esta especificación. La selección se efectuará en el punto o puntos designados por el propietario al realizar el pedido. El tubo de la primera prueba será liberado de toda la humedad visible. Cuando esté seco, cada tubería se medirá e inspeccionará. Los resultados de estas observaciones se registrarán.

Número y tipo de muestras de prueba necesarios - El fabricante deberá suministrar la tubería para las pruebas de trituración y absorción, hasta el 0,5% del número de tubos de cada tamaño incluido en orden, excepto que en ningún caso se aportará menos de dos tuberías. Para el ensayo de permeabilidad, el 2% del número de tubos de cada tamaño incluido en orden, pero en ningún caso se aportará menos de dos tuberías. Para la prueba hidrostática, el 0,5% del número de tubos de cada tamaño incluido en orden, pero en ningún caso menos de dos tubos serán suministrados.

Requisito de Carga externa de trituración - La fuerza de aplastamiento en los tubos de concreto no reforzado se ajustarán a los requisitos previstos en la Tabla 1. Los resultados individuales de las diferentes pruebas para cada tamaño de la tubería y para cada envío y planta deberán ser tabulados por separado. La resistencia a la compresión normalmente se aplica a no menos del 75% de las tuberías recibidas para efectos de prueba. Todas las pruebas se efectuarán en conformidad con los métodos de ensayo C 497. La tubería será aceptada cuando todos los tubos ensayados se ajustan a lo solicitado. En caso de que cualquiera de los tubos ensayados previsto en el artículo 10.2 no cumplen con la fuerza requerida, el fabricante se le permitirá la prueba de dos tubos para cada tubo que no cumplió, y la tubería será aceptada sólo cuando todos estos tubos ensayados adicionales cumplan con la fuerza requerida.

Diámetro Interior	Clase 1		Clase 2		Clase 3	
	Espesor mínimo de pared, pulg.	Fuerza Mínima, lb/pie	Espesor Mínimo de la pared.	Fuerza mínima lb/pie	Espesor Mínimo de la pared, pulg.	Fuerza Mínima, lb/pie
4	5/8	1500	3/4	2000	3/4	2400
6	5/8	1500	3/4	2000	7/8	2400
8	3/8	1500	7/8	2000	1 1/8	2400
10	7/8	1600	1	2000	1 1/4	2400
12	1	1800	1 3/8	2250	1 3/4	2600
15	1 1/4	2000	1 5/8	2600	1 7/8	2900
18	1 1/2	2200	2	3000	2 1/4	3300
21	1 3/4	2400	2 1/4	3300	2 3/4	3850
24	2 1/8	2600	3	3600	3 3/8	4400
27	3 1/4	2800	3 3/4	3950	3 3/4	4600
30	3 1/2	3000	4 1/4	4300	4 1/4	4750
33	3 3/4	3150	4 1/2	4400	4 1/2	4875
36	4	3300	4 3/4	4500	4 3/4	5000

TABLA 1 Requisitos físicos y dimensiones de tubos de hormigón no reforzados

CLASE I				
Diámetro interno Nominal mm	Tolerancias (+) del diámetro interno para todas las clases mm	Espesor mínimo de la pared del tubo mm	Carga mínima de ruptura	
			kN/m	kgf/m
100	10	16	22.0	2240
150	10	16	22.0	2240
200	10	19	22.0	2240
250	10	22	23.5	2390
300	10	25	26.5	2700
380	15	32	29.0	2960
450	15	38	32.0	3260
600	20	54	38.0	3880
760	25	88	44.0	4490

TABLA 2 Requisitos de resistencia de tubos de hormigón no reforzados

Requisito de Absorción - Cuando sea requerido por el propietario, una prueba de absorción se realizará por cualquiera de los métodos de prueba Método A o B de conformidad con los métodos de ensayo C 497 para la prueba de absorción de ebullición. La absorción no debe ser superior a 9% para el método de prueba A o 8,5% para el método de prueba B. los

resultados individuales de los distintos ensayos para cada tamaño de tubería para cada embarque y planta se tabularan por separado. Todas las pruebas se efectuarán de conformidad con los métodos de ensayo C 497. El número de especímenes de la prueba de absorción será igual al número de tuberías prevista para la prueba de fuerza de trituración. Estas muestras se obtendrán de la tubería que son aceptables en cuanto a fuerza, y se tomarán de tubos utilizados en la fabricación de la prueba de resistencia después de que se hace la prueba. Estas muestras son marcadas con el número o marca de identificación de la tubería de las cuales se tomaron. Cada espécimen de método de prueba A tiene una superficie de 12 a 20 pulg², medida en una superficie de la tubería, y un espesor igual a la pared de la tubería, y deberán estar libres de grietas visibles. La tubería será aceptada cuando todos los tubos ensayados cumplan con el requisito de absorción especificado.

Requisito de Permeabilidad -Cuando se sometan al ensayo de permeabilidad, como se especifica en los métodos de ensayo C 497, En no menos del 80% de la superficie exterior de la tubería, de la tubería probada no debe mostrar humedad o manchas de humedad al final del período de prueba debido al agua que pasa a través de las paredes de la tubería.

Requisito hidrostático -Cuando se sometan a la prueba hidrostática, como se describe en los Métodos de Ensayo C 497, el tubo no deberá presentar fugas durante 10 min a 10 psi. La humedad que aparece en la superficie de la tubería en forma de parches o granos adheridos a la superficie no se considerará fuga. El tubo de prueba se llena de agua y se mantiene a una presión de 10 psi durante 24 horas antes de la prueba, salvo que el fabricante no prohíba la reducción de este tiempo de remojo o presión, o ambas cosas. El

fabricante no se le prohíbe continuar esta prueba hasta 24 h, y el tubo, se considerará que ha pasado cuando, durante cualquier período de 10 min, no se observa ninguna fuga. Cuando el requisito hidrostático se utiliza para la aceptación de la junta de la tubería como se especifica en la Sección 10 de la Especificación C 443, no está prohibido el uso de la misma prueba de la junta se ejecute como base de la aceptación de los requisitos de la tubería hidrostática en acuerdo con 5.5 y 10.6 de esta especificación.

En caso de repetición de prueba - Si más del 20% de las muestras no cumple con los requisitos especificados para la permeabilidad o no más del 20% de las muestras no cumplen con los requisitos especificados para la absorción o los requisitos hidrostáticos de esta sección, no está prohibido por el fabricante que seleccione y elimine cualquier cantidad de tubería y debe marcar los tubos que no serán enviados. Las pruebas requeridas se realizarán en compensación de la orden y serán aceptables si cumplen con los requisitos especificados. Si la segunda muestra no cumple con los requisitos especificados, todo el lote está sujeto al rechazo.

2.0 Los métodos estándar de ensayo para tuberías de concreto, las secciones de boca, o Mosaico [métrica].ASTM C 497.

2.1 Ámbito de aplicación.

Estos métodos de ensayo cubre la prueba de tubería de concreto, las secciones de boca, y el azulejo. Los métodos de ensayo descritos se utilizan en pruebas de producción y pruebas de aceptación para evaluar las propiedades establecidas en el pliego de condiciones.

2.2 Los métodos de ensayo aparecen en el siguiente orden:

- Resistencia a la compresión externa de carga.
- Losa Top
- Núcleo de fuerza
- Absorción
- Hidrostática
- Permeabilidad
- Paso de boca
- Cilindro
- Junta Lubricante
- Conjunto de corte
- Alcalinidad
- Junta de mediciones

1.3 Los especímenes de prueba no deberá haber sido expuesto a una temperatura inferior a 4 ° C para el de 24 horas inmediatamente anteriores a la prueba.

1.4 Si cualquier espécimen de la prueba falla debido a razones mecánicas, como la insuficiencia de equipos de prueba o muestra de inadecuada preparación, se desecha y se toma otro espécimen.

1.5 Las muestras serán seleccionadas de acuerdo con las especificaciones para el tipo de tuberías o baldosas se está probando.

1.6 Estos métodos son la especificación métrica de Métodos de Ensayo C 497.

1.7 Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es la responsabilidad del usuario de esta norma de consultar y establecer prácticas de seguridad y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

2.3 Carga externa prueba de aplastamiento por la fuerza el método de prueba de tres perimetral Teniendo.

3.1 Resumen del método de ensayo. La muestra de ensayo será probada en una máquina diseñada para aplicar una fuerza de aplastamiento en la muestra en un plano que pasa por el eje vertical que se extiende a lo largo de la muestra.

3.2 Importancia y uso. El método de la prueba de aplastamiento deberá ser una prueba de control de calidad realizado para demostrar que el producto terminado, tubería entregable

tiene fuerza suficiente para soportar las cargas de trituración que se indica en las especificaciones o en una prueba de diseño que demuestra la idoneidad del diseño.

2.4. Aparatos

4.1 La máquina de prueba deberá ser de cualquier tipo de capacidad siempre que esta sea suficiente para proporcionar el tipo de carga prescrita en la sección 4.5.3.

4.2 La máquina de prueba deberá ser sustancial y rígida a lo largo del eje, por lo que la distribución de la carga no se verá afectada sensiblemente por la deformación o rendimiento de cualquier parte.

4.3 Método de los tres bordes de soporte de carga. La muestra de ensayo se apoya en un soporte inferior de dos franjas longitudinales paralelas y la carga es aplicada a través de una viga superior (fig. 1, fig. 2, fig. 3, y la figura. 4). El rodamiento inferior y el rodamiento superior se extiendan en la totalidad o parte de la longitud de la muestra.

4.4 El rodamiento inferior estará formado por tiras de goma o de madera dura. Las tiras de madera deberán ser rectas, tener una sección transversal de no menos de 50 mm de ancho y no más de 38 mm de altura y tendrán la parte superior interna de las esquinas redondeadas con un radio de 13 mm. Tiras de caucho endurecido deberán tener una dureza de no menos de 45 ni mayor de 60. Con forma rectangular en la sección transversal, que tiene una anchura no inferior a 50 mm, un espesor no inferior a 25 mm y no más de 38 mm, y tendrá la esquina interior de la parte superior redondeada con un radio de 13 mm.

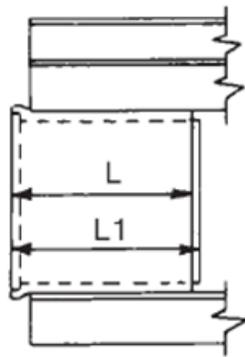
4.5 La menor tira de apoyo deberá ser fijada a una viga de madera o de acero o directamente a una base de hormigón, cualquiera de los cuales deberá proporcionar rigidez suficiente para que la desviación no sea superior a $1 / 720$ de la longitud de la probeta cuando la carga máxima se aplica.

La base rígida será de al menos 150 mm de ancho. Los lados interiores verticales de las tiras serán paralelos y separados una distancia de separación de no más de 80 mm / m de diámetro de la probeta, pero en ningún caso inferior a 25 mm.

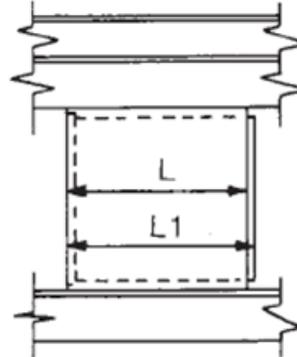
4.6 El cojinete superior deberá ser una viga de madera rígida, con o sin una tira de caucho duro conectado. La madera deberá estar en buen estado, libre de nudos de principio a fin. Estará sujeta a una viga de acero o de madera con cara de tales dimensiones que deflexiones bajo carga máxima no será mayor de $1 / 720$ de la longitud de la probeta. La cara de apoyo del cojinete superior no se deberá desviar de la línea recta por más de 2,5 mm / m de longitud. Cuando una banda de goma dura se utilice en la cara de apoyo que deberán tener una dureza de durómetro de no menos de 45 ni mayor de 60 esta tendrá una anchura no inferior a 50 mm y espesor de no menos de 25 mm y no más de 38 mm y deberá estar fijado a una viga de madera que cumplan los requisitos anteriores.

4.7 Si de mutuo acuerdo entre el fabricante y el propietario antes de la prueba, antes de la muestra se coloca un filete de yeso de París no superior a 25 mm de espesor se realizará sobre la superficie de los cojinetes superior e inferior. La anchura de la tapa de filete, superior o inferior, no deberá ser mayor de 80 mm / m del diámetro de la probeta, pero en ningún caso inferior a 25 mm.

4.8 El equipo deberá ser diseñado de manera que la carga se distribuya sobre el centro de la longitud total (L1) de la muestra (Fig. 1, fig. 2, fig. 3, y la figura. 4).



Modificada por la tubería macho y hembra.



La pestaña y el tubo de la ranura.

Figura 1 Colocación de la tubería de concreto tradicional, en maquina de compresión.

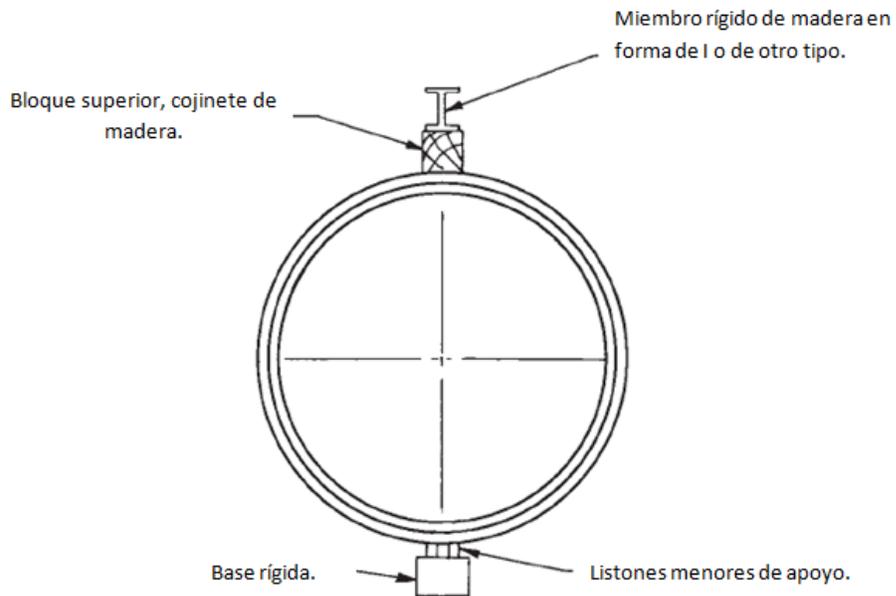


Figura 2. Sección transversal de la tubería colocada en maquina de compresión.

4.9 Calibración: el dispositivo de carga deberá proporcionar una precisión de 62% a la carga de prueba especificada. Las máquinas utilizadas para realizar las pruebas de tres rodamientos de borde se verificará de conformidad con Prácticas de E4.

4.10 Requisitos respecto a la humedad de 1,3 no es obligados, a elección del fabricante.

4.11 Procedimiento:

4.11.1 Colocar la muestra en los dos inferiores listones de apoyo, de tal manera que la tubería o el azulejo se apoya con firmeza y con uniforme teniendo en cada tira.

4.11.2 Marque los dos extremos de la muestra en un punto a medio camino entre las bandas de rodamiento inferior y luego establecer el punto diametralmente opuesto en cada extremo. Coloque el cojinete superior de manera que se alinea con estas marcas.

4.11.3 Para tubos de hormigón armado, cualquier tipo de aplicación o de la carga hasta un máximo de 109,4 kN / metro lineal de tubería por minuto se utiliza hasta un 75% de la resistencia de diseño especificado, momento en el que la tasa de carga se reducirá a un máximo de uniforme.

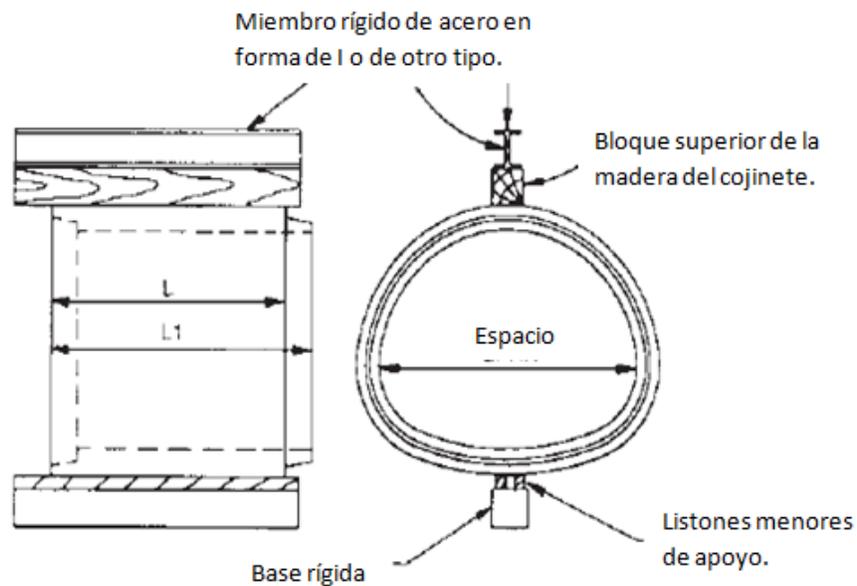


Figura 3. Deformación esperada en tubería a compresión.

NOTA 1-La figura ilustra un método de aplicación de la carga de la tubería. La figura. 2 Regla de los Tres-Borde-Teniendo, tuberías Arco.

Tasa de 43,8 kN / metro lineal de tubería por minuto. Si tanto la resistencia de diseño y la resistencia a la rotura se determina, un tasa específica de carga no tiene que ser mantenido después de la resistencia de diseño se ha alcanzado. Para tubos de hormigón no reforzados, cualquier tasa de aplicación de la carga hasta un máximo de 109,4 kN / metro lineal de tubería por minuto se utilizará hasta el 75% de la especificada resistencia a la rotura, en cuyo caso la tasa de carga se reducirá a la tasa máxima uniforme de 43,8 kN / metro lineal de tubería por minuto.

4.11.4 Tal como se define en Terminología C 822, la resistencia de diseño es la carga máxima, expresada en un D-carga, con el apoyo de la tubería antes de una grieta que tiene

una anchura de 0,3 mm se produce a lo largo de una longitud continua de 300 mm o más en paralelo a la medida eje longitudinal del tubo de cañón. El crack es de 0,3 mm de ancho cuando el punto de la galga de medición será, sin forzar, penetrar en 1,5 mm a intervalos cortos a lo largo de la distancia especificada de 300 mm. Mida el ancho de la grieta a través de un calibrador a partir de una hoja de espesor (como en un conjunto de medidores maquinista estándar), de tierra a un punto de 1,5 mm de ancho con las esquinas redondeados y con una inclinación de 0,25 mm / mm, como se muestra en la figura. 6.

NOTA 2-A los efectos de esta especificación, la grieta de 0,3 mm es un criterio de prueba para tubo de prueba en prueba de rodamiento de tres borde y no pretende ser una indicación de tubería de esfuerzos excesivos o no en condiciones de instalarse.

4.11.6 Tal como se define en Terminología C 822, la última fuerza es la carga máxima soportada por la tubería.

NOTA 3-La última fuerza de tubos de hormigón en el estado enterrados depende de diversos factores del suelo ropa de cama y diversos modos de falla y se no tienen relación con la resistencia a la rotura tal como se define en condiciones de rodamiento de tres bordes.

4.12 Cálculos:

4.7.1 resultados de la prueba de fuerza se calculará en términos de libras por pie lineal. La longitud por el que se utiliza en el cálculo de la valores de resistencia será el indicado por L en la figura. 1, fig. 2, fig. 3, y la figura. 4. Para tubos lisos, campana o sin grifo, la longitud

L será la longitud total. Para la tubería que tiene una campana o espiga en un extremo con la llanura extremo opuesto está, L será la distancia desde el extremo liso en el centro de la articulación, donde L es igual a la longitud total menos $1 / 2$ de la profundidad de la campana, o la longitud total menos $1 / 2$ de la longitud de la espiga.

4.7.2 La resistencia a la rotura en kilogramos por metro lineal se calculará dividiendo la carga de prueba máxima aplicada a la tubería por la longitud por el que se, L.

4.7.3 La fuerza de carga en newtons por metro lineal por milímetro de diámetro interior horizontal deberá ser del tipo 0.3-mm crack de carga la fuerza o la resistencia a la rotura de de carga. El crack de 0,3 mm D-carga se calcula dividiendo la prueba

NOTA 1-La figura ilustra un método de aplicación de la carga de la tubería. Regla de los Tres-Bordes, pipa elíptica vertical. La figura. 4 Regla de los Tres-Bordes, pipa elíptica vertical

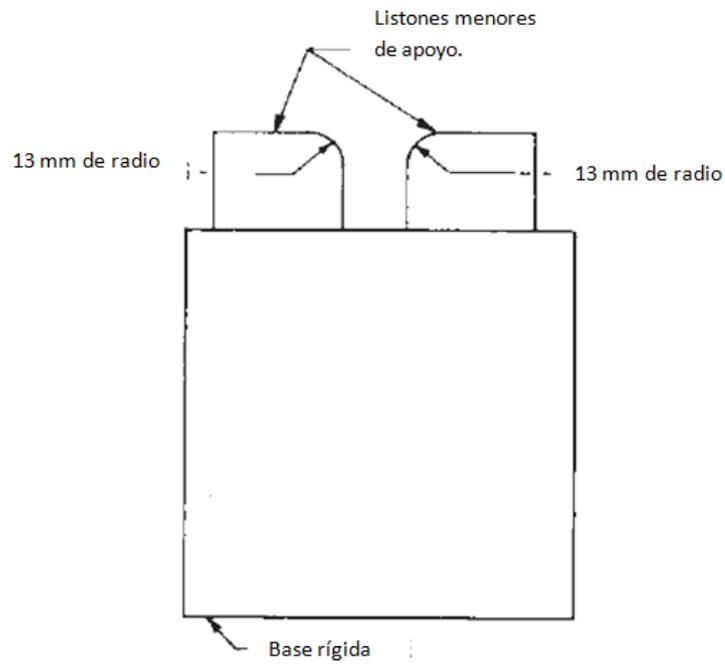


Figura 4. Detalle de la franja.

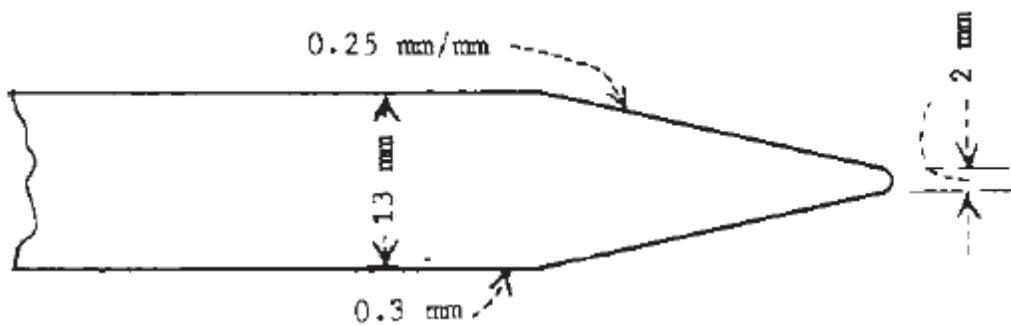


Figura 5. Hoja de medición de grietas.

Medición de la carga necesaria para producir la grieta de 0,3 mm por la longitud por el que se, L, y por el tubo de diámetro interior o de ajuste horizontal. La fuerza de de carga se

calcula dividiendo la carga de prueba máxima aplicada a la tubería por la longitud por el que se, L, y por el tubo dentro del diámetro u horizontal.

4.8 Precisión. El usuario de estos métodos de ensayo se aconseja que el verdadero valor de la fuerza de una tubería de concreto no puede ser determinado por la muestra que se prueba a la destrucción y las muestras duplicado exacto no se pueden obtener. Por lo tanto, no cálculos de precisión y el sesgo en la actualidad son posibles. Especificaciones que incluyen este método de ensayo para los distintos tipos de tubos de hormigón debe incluir una disposición para las pruebas adicionales de uno o más ejemplares.

2.5 Método de prueba de absorción.

5.1 Resumen del método de ensayo- Este método de ensayo cubre la prueba de una muestra que es una muestra o de la base de la pared de la tubería. La muestra de ensayo es el primero sometido al secado, a continuación, a la inmersión para determinar la absorción de la muestra de agua en las pruebas por los procedimientos descritos. Dos procedimientos alternativos para la realización de la prueba se presentan. Método de ensayo A es la prueba estándar y el árbitro y se requieren de 3 a 6 días en completarse. Método de prueba B pretende ser una prueba acelerada que requiere alrededor de 11 / 2 días para completar.

5.2 Importancia y Uso- El método de ensayo es una prueba de control de calidad realizado para establecer el hecho de que la tubería cumple con la absorción de los límites establecidos en las especificaciones.

5.3 Las muestras de prueba:

5.3.1 Método de ensayo Una muestras de los ensayos Método A prueba de absorción de las muestras se hará de conformidad con los requisitos de la especificación de la tubería de aplicación y se utilizará para el procedimiento de absorción que necesita 5 horas para hervir agua y una refrigeración natural período de 14 a 24 h.

5.3.2 Método de prueba Las muestras B-Método de prueba B muestras de prueba de absorción estará compuesto por tres núcleos de 38 mm de diámetro en que se haya de los dos extremos y la zona centro de cada azulejo, pipa, o sección.

5.4 Procedimiento para el método de ebullición de prueba de absorción:

5.4.1 Las muestras de secado-Secar las muestras en un horno de convección mecánica ventilado a una temperatura de 105 a 115 ° C.

5.4.1.1 Método de prueba las muestras A-seco hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de no menos de 6 h muestran un incremento del pérdida no superior al 0,10% de la última misa del horno de secado de la muestra. Secar las muestras con un espesor de pared de 38 mm o menos para un mínimo de 24 h, las muestras en seco con un espesor de pared de 38 a 75 mm en un mínimo de 48 h, las muestras secas con una pared de espesor superior a 75 mm para un mínimo de 72 h. Utilice los últimos 6 h del tiempo mínimo de secado para determinar si el muestra había obtenido la masa adecuada secos.

5.4.1.2 Método de prueba B-Secar las muestras por un mínimo de 24 h.

5.4.2 Pesaje especímenes secos-Pesar el horno especímenes secos inmediatamente después de retirarlos del horno en el que el secado la temperatura es de 105 a 115 ° C.

5.4.3 inmersión y ebullición:

5.4.3.1 Método de prueba una muestra-Dentro de las 24 h, coloque cuidadosamente la muestra seca que ha sido pesado en un recipiente adecuado que contenga agua limpia a una temperatura de 10 a 24 ° C. Use agua destilada, agua de lluvia, o agua del grifo que se sabe que no tienen ningún efecto en los resultados de la prueba. Calentar el agua a hervir en no menos de 1 hora y 2 no más de h. No aplique vapor vivo al agua para reducir el período preboil hasta el 1 h de calentamiento por gas o electricidad se ha completado. Continuar la cocción durante 5 h. Al final de la 5-h período de ebullición, se apaga el fuego y deje enfriar la muestra en el agua a temperatura ambiente por la pérdida natural de calor para no menos de 14 horas ni más de 24 h.

5.4.3.2 Método de ensayo de muestras B-Dentro de las 24 h, coloque cuidadosamente la muestra seca que ha sido pesado en un recipiente adecuado que contenga agua limpia a una temperatura de 10 a 24 ° C. Use agua destilada, agua de lluvia, o agua del grifo que se sabe que no tienen ningún efecto en los resultados de la prueba. Calentar el agua a hervir en no menos de 1 hora y 2 no más de h. No aplique vapor vivo al agua para reducir los períodos preboil hasta el 1 h de calentamiento por gas o electricidad se ha completado. Continuar la cocción durante 3 h. Al final de la período de ebullición de 3 h, se apaga el fuego y deje enfriar la muestra durante un periodo de 3 horas por un chorro de agua fría de la llave en la

caldera, o mediante la colocación de la muestra en un recipiente aparte de agua. La temperatura del agua de refrigeración no superará los 18 ° C.

5.4.4 volverlos a pesar muestras húmedas-Eliminar las muestras refrigeradas por agua desde el agua, colocar sobre una parrilla de drenaje abierto, y permitir para drenar durante 1 min. Eliminar el agua superficial restantes rápidamente borrar la muestra con un paño seco o papel absorbente.

Pesar la muestra inmediatamente después de borrar.

5.4.5 Escala de Sensibilidad-Pesar muestras con un peso inferior a 1 kg con una precisión de 0,10% de la masa de la muestra. Pesan muestras con un peso superior a 1 kg con una precisión de 1 g.

5.5 Cálculo y del informe:

5.5.1 Método de prueba una muestra-Tome el aumento de la masa de la muestra hervida sobre su peso en seco como la absorción de la muestra, y expresa como un porcentaje de la masa seca. Informe de los resultados por separado para cada muestra.

5.5.2 Método de ensayo de muestras B-Tome el aumento de la masa de la muestra hervida sobre su peso en seco como la absorción de la muestra, y expresa como un porcentaje de la masa seca. Informe sobre el resultado de un promedio de los tres núcleos de 38 mm de diámetro tomado de una ficha o una pipa. La absorción, según lo calculado por el

procedimiento de prueba método B, se considerará satisfactorio cuando su valor no exceda de un valor que es 0,5% inferior a la absorción designado en el método de prueba un procedimiento. Cuando el la absorción, calculado por el procedimiento de prueba método B, no reúne los requisitos enunciados, el fabricante no está prohibición de realizar una segunda prueba usando el método de prueba A.

5.6 Procedimiento para el remojo de 10 minutos de prueba de absorción de los ensayos las muestras para la determinación del agua de 10 minutos de remojo absorción será el mismo que luego son utilizados para la prueba de absorción de 5 h de ebullición. Después de secar y con un peso tal como se especifica en 7.4.1. Sumergir las muestras en agua limpia durante 10 minutos a temperatura ambiente. A continuación, retire los ejemplares y un peso en conformidad con 7.4.4, se calcula el porcentaje de absorción, y el informe de conformidad con las disposiciones descritas en el punto 7.5.

NOTA 4-No existe una correlación significativa entre los resultados de esta prueba y los del método de ensayo A o B. Método de prueba

5.7 Precisión y Blas-El usuario de estos métodos de prueba se recomienda lo siguiente:

5.7.1 un solo operador de precisión:

5.7.1.1 Método de prueba A-La desviación estándar de un solo operador se ha encontrado a 0.143%. Por lo tanto, los resultados de dos correctamente las pruebas realizadas por el mismo operador en el mismo material que no debería diferir en más de un 0,40%.

5.7.1.2 Método de prueba B-La desviación estándar de un solo operador se ha encontrado a 0.157%. Por lo tanto, los resultados de dos correctamente las pruebas realizadas por el mismo operador en el mismo material que no debería diferir en más de un 0,44%.

NOTA 5 Los números 7.7.1.1 y 7.7.1.2 representan, respectivamente, el (1S) y (D2S) límites descritos en la Práctica C 670.

5.7.1.3 10 Min Remoje el método de prueba de precisión de este método de prueba no ha sido determinada, pero se está investigando. Una declaración se incluirá cuando los datos apropiados se han recopilado y analizado.

5.7.2 varios laboratorios de precisión de precisión varios laboratorios de Métodos de Prueba A, B, y los 10 minutos de remojo método de ensayo no sido determinada, pero se están investigando. Las declaraciones se incluyen para cada uno cuando los datos adecuados se han obtenido y analizados.

5.7.3- Métodos de Prueba A, B, y los 10 minutos de remojo método de prueba no se puede determinar ya que el verdadero valor de absorción no se conoce o no se puede determinar sino por la aplicación de las pruebas de que el sesgo de no se sabe.

2.6 Método de prueba hidrostática.

6.1 Resumen del método de ensayo-La sección de tubo o de boca es sometido a la presión hidrostática y observó que no haya fugas en la articulación o en la superficie de la pared. La articulación se define como una conexión entre la sección de concreto de la tubería o de

boca que proporciona la alineación y el sello hermético flexible utilizando juntas de goma, bandas de sellado, o preformados sellador de juntas flexibles.

6.2 Importancia y Uso-El método de ensayo es una prueba de control de calidad realizado para establecer el hecho de que la termine, entregable tubo o de boca cumple con los requisitos hidrostática figuren en el pliego para la pared instalado o conjunta, o ambos.

6.3 Procedimiento:

6.3.1 El equipo para hacer la prueba deberá ser tal que, cuando la muestra bajo prueba se llena de agua a la exclusión de aire y sujeto a la presión hidrostática necesaria, no habrá fugas de agua suficiente de los extremos de la tubería para interferir con el examen. La muestra bajo prueba debe estar libre de toda la humedad visible antes del inicio de la prueba.

6.3.2 No se debe pasar cuando la temperatura de la muestra, el aire alrededor de la muestra, o el agua dentro de la muestra está por debajo de 1 ° C.

6.3.3 Si el sello común o conector flexible se está probando, que será el único elemento proporciona estanqueidad conjunta. No mortero o recubrimientos de concreto, rellenos, o embalaje deberá ser utilizado antes de la prueba.

6.3.4 Conectar un manómetro estándar para la muestra. Si se ensayará en posición vertical, el medidor se coloca en o lo más cerca como sea posible por encima de la sección de la junta o prueba. Si la tubería está siendo probado en una posición horizontal, el medidor se coloca para medir la presión en o lo más cerca como sea posible sobre el eje horizontal.

Aumentar la presión del agua en aproximadamente 1 minuto hasta el nivel requerido y mantener durante el tiempo especificado. No habrá fugas visibles. La humedad que aparece en forma de parches o gotas adheridas a la superficie no se considerará fuga. En caso de fuga, el fabricante no está prohibido extender el tiempo de inmersión a 24 h.

6.4 Precisión y sesgo-No definido justificable es actualmente capaz de hacerse ya sea en la precisión o en el sesgo de este método de prueba de fugas bajo presión hidrostática desde el resultado de la prueba se limita a indicar si existe la conformidad con los criterios para el éxito especificado.

7. Permeabilidad el método de prueba

7.1 Resumen del método de prueba-Una sección de la tubería se mantiene llena de agua por un tiempo determinado y la superficie externa es la prueba de la humedad.

7.2 Importancia y Uso-El método de ensayo es una prueba de control de calidad realizado para establecer el hecho de que la tubería cumple con los límites establecidos fugas en las especificaciones.

7.3 Procedimiento-La muestra de tubería bajo prueba debe estar libre de toda la humedad visible antes del inicio de la prueba. Realizar las pruebas mediante la colocación de una sección de la tubería, con el extremo liso hacia abajo sobre una alfombra de goma blanda o su equivalente, ponderada en su caso, y se mantiene llena con agua a un nivel de la base de la toma de corriente durante el período de prueba. Realiza la inspección inicial de

aproximadamente 15 minutos después de la prueba ha comenzado. Si el tubo de muestra húmeda o con manchas de humedad en la superficie externa de la tubería en ese momento, continuar las pruebas durante un período que no exceda de 24 horas a la opción del fabricante. Examine la tubería durante el período de prórroga para la existencia de húmedo o mojado puntos.

7.4 Precisión y sesgo-No definido justificable puede hacerse ya sea en la precisión o en el sesgo de este método de prueba para fugas desde el resultado de la prueba se limita a indicar si existe la conformidad con los criterios especificados para el éxito.



ARRUPE
LABORATORIOS

Informe de Ensayo Compresión



ARRUPE
LABORATORIOS

Emitido por:

ARRUPE LABORATORIOS
FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR
CALLE PADRE SALAZAR SIMPSON
FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS
TELÉFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801

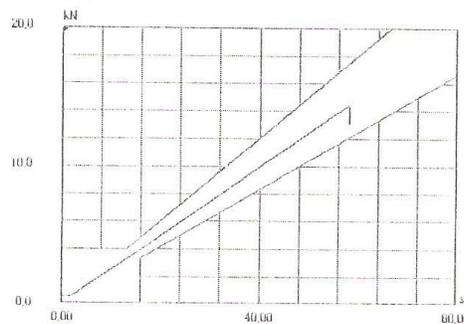
13/08/11

DATOS

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo	TB005	Ref. probeta	UESFMO
Norma	ASTM C-39	Material	FIBRA DE VIDRIO
Tipo de ensayo	Compresión	Edad	X DIAS
Maquina	PEV-100-W	Muestra	FV-01 4 pulg.
Fecha de ensayo	13/08/2011	Seccion	Tubular
Temperatura	0	Area	3612,83 mm ²
Escala	1 / 5	Longitud	610,000 mm
Celula	100 kN	Resistencia del proyecto	3,600 Mpa
Tipo de Control	Fuerza		
Velocidad	0,250		

RESULTADOS

Fuerza máxima 14,3840 kN Resistencia máxima 40,5990 Kgf/cm²
Tiempo del ensayo 58,262 s



Notas
PETICIONARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
PROYECTO: TUBERIA DE PESO LIGERO FABRICADA CON CEMENTO PORTLAND

Operador IRIS ALFONSO

Pág. 1



Informe de Ensayo Compresión



Emitido por:

ARRUPE LABORATORIOS
FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR
CALLE PADRE SALAZAR SIMPSON
FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS
TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801

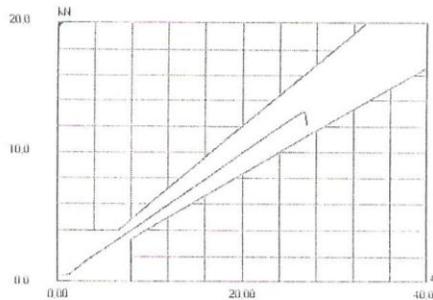
13/08/11

DATOS

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo	TB006	Ref. probeta	UESFMO
Norma	ASTM C-39	Material	FIBRA DE VIDRIO
Tipo de ensayo	Compresión	Edad	X DIAS
Maquina	PEV-100-W	Muestra	FV-02 4 pulg.
Fecha de ensayo	13/08/2011	Seccion	Tubular
Temperatura	0	Area	3612,83 mm ²
Escala	1 / 5	Longitud	630,000 mm
Celula	100 kN	Resistencia del proyecto	3,600 Mpa
Tipo de Control	Fuerza		
Velocidad	0,500		

RESULTADOS

Fuerza máxima	13,1240 kN	Resistencia máxima	37,0410 Kg/cm ²
		Tiempo del ensayo	26,995 s



Notas
PETICIONARIO. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
PROYECTO: TUBERIA DE PESO LIGERO FABRICADA CON CEMENTO PORTLAND

Operador IRIS ALFONSO

Pág. 1



ARRUPE
LABORATORIOS

Informe de Ensayo Compresión



ARRUPE
LABORATORIOS

Emitido por:

ARRUPE LABORATORIOS
FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR
CALLE PADRE SALAZAR SIMPSON
FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS
TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801

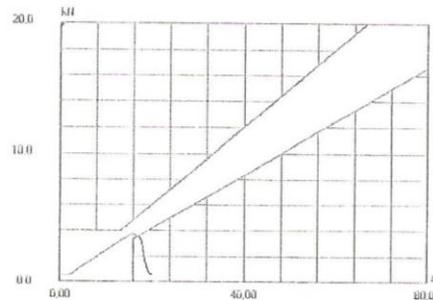
13/08/11

DATOS

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo	TB003	Ref. probeta	UESFMO
Norma	ASTM C-39	Material	FRANELA
Tipo de ensayo	Compresión	Edad	X DIAS
Maquina	PEV-100-W	Muestra	F-01 4 pulg.
Fecha de ensayo	13/08/2011	Seccion	Tubular
Temperatura	0	Area	3612,83 mm ²
Escala	1 / 5	Longitud	630,000 mm
Celula	100 kN	Resistencia del proyecto	3,600 Mpa
Tipo de Control	Fuerza		
Velocidad	0,250		

RESULTADOS

Fuerza máxima 3,7540 kN Resistencia máxima 10,5960 Kgf/cm²
Tiempo del ensayo 20,091 s



Notas
PETICIONARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
PROYECTO: TUBERIA DE PESO LIGERO FABRICADA CON CEMENTO PORTLAND

Operador IRIS ALFONSO

Pág. 1



ARRUPE
LABORATORIOS

Informe de Ensayo Compresión



ARRUPE
LABORATORIOS

Emilito por:

ARRUPE LABORATORIOS
FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR
CALLE PADRE SALAZAR SIMPSON
FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS
TELEFONO: (503) 2516 6800 Y FAX: (503) 2516 6801

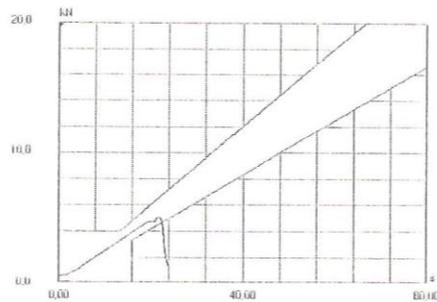
13/08/11

DATOS

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo	TB004	Ref. probeta	UESFMO
Norma	ASTM C-39	Material	FRANELA
Tipo de ensayo	Compresión	Edad	X DIAS
Maquina	PEV-100-W	Muestra	F-02 4 pulg.
Fecha de ensayo	13/08/2011	Seccion	Tubular
Temperatura	0	Area	3612,83 mm ²
Escala	1 / 5	Longitud	790,000 mm
Celula	100 kN	Resistencia del proyecto	3,600 Mpa
Tipo de Control	Fuerza		
Velocidad	0,250		

RESULTADOS

Fuerza máxima 5,0820 kN Resistencia máxima 14,3440 Kgf/cm²
Tiempo del ensayo 23,930 s



Notas
PETICIONARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
PROYECTO: TUBERIA DE PESO LIGERO FABRICADA CON CEMENTO PORTLAND

Operador IRIS ALFONSO

Pág. 1



Informe de Ensayo Compresión



Emitido por:

ARRUPE LABORATORIOS
FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR
CALLE PADRE SALAZAR SIMPSON
FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS
TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801

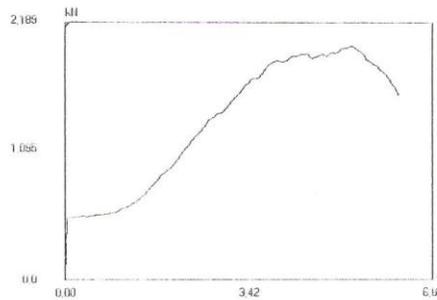
13/08/11

DATOS

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo	TB001	Ref. probeta	UESFMO
Norma	ASTM C-39	Material	ESTOQUINETE
Tipo de ensayo	Compresión	Edad	X DIAS
Maquina	PEV-100-W	Muestra	E-01 4 pulg.
Fecha de ensayo	13/08/2011	Seccion	Tubular
Temperatura	0	Area	3612,83 mm ²
Escala	1 / 5	Longitud	795,000 mm
Celula	100 kN	Resistencia del proyecto	3,600 Mpa
Tipo de Control	Fuerza		
Velocidad	0,500		

RESULTADOS

Fuerza máxima 1,9900 kN Resistencia máxima 5,6170 Kgf/cm²
Tiempo del ensayo 6,220 s



PERCIONARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
PROYECTO: TUBERIA DE PESO LIGERO FABRICADA CON CEMENTO PORTLAND

Notas

Operador IRIS ALFONSO

Pág. 1



ARRUPE
LABORATORIOS

Informe de Ensayo Compresión



ARRUPE
LABORATORIOS

Emitido por:

ARRUPE LABORATORIOS
FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR
CALLE PADRE SALAZAR SIMPSON
FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS
TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801

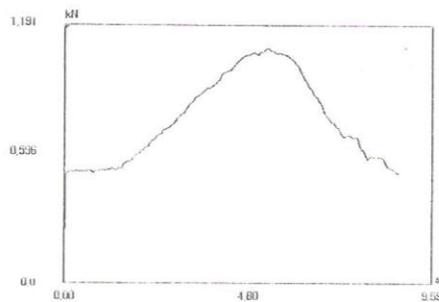
13/08/11

DATOS

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo	TB002	Ref. probeta	UESFMO
Norma	ASTM C-39	Material	ESTOQUINETE
Tipo de ensayo	Compresión	Edad	X DIAS
Maquina	PEV-100-W	Muestra	E-02 4 pulg.
Fecha de ensayo	13/08/2011	Seccion	Tubular
Temperatura	0	Area	3612,83 mm ²
Escala	1 / 5	Longitud	630,000 mm
Celula	100 kN	Resistencia del proyecto	3,600 Mpa
Tipo de Control	Fuerza		
Velocidad	0,250		

RESULTADOS

Fuerza máxima 1,0830 kN Resistencia máxima 3,0570 Kg/cm²
Tiempo del ensayo 8,720 s



PETICIONARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
PROYECTO: TUBERIA DE PESO LIGERO FABRICADA CON CEMENTO PORTLAND

Notas

Operador IRIS ALFONSO

Pág. 1



ARRUPE
LABORATORIOS

Informe de Ensayo Compresión



ARRUPE
LABORATORIOS

Emitido por:

ARRUPE LABORATORIOS
FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR
CALLE PADRE SALAZAR SIMPSON
FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS
TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801

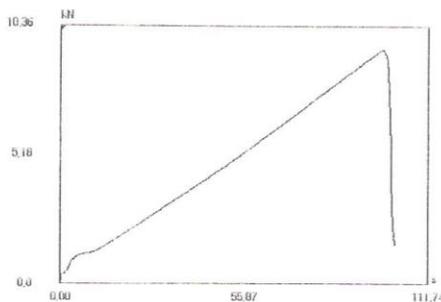
13/08/11

DATOS

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo	TB009	Ref. probeta	UESFMO
Norma	ASTM C-39	Material	FIBRA DE VIDRIO
Tipo de ensayo	Compresión	Edad	X DIAS
Maquina	PEV-100-W	Muestra	FV-01 6 pulg.
Fecha de ensayo	13/08/2011	Seccion	Tubular
Temperatura	0	Area	682039,80 mm ²
Escala	1 / 1	Longitud	810,000 mm
Celula	100 kN	Resistencia del proyecto	3,600 Mpa
Tipo de Control	Fuerza		
Velocidad	0,100		

RESULTADOS

Fuerza máxima	9,4200 kN	Resistencia máxima	0,1408 Kgf/cm ²
		Tiempo del ensayo	101,578 s



Notas
 PETICIONARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 PROYECTO: TUBERIA DE PESO LIGERO FABRICADA CON CEMENTO PORTLAND

Operador IRIS ALFONSO

Pág. 1



Informe de Ensayo Compresión



Emitido por:

ARRUPE LABORATORIOS
FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR
CALLE PADRE SALAZAR SIMPSON
FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS
TELEFONO: (503) 2516 6800 Y FAX: (503) 2516-6801

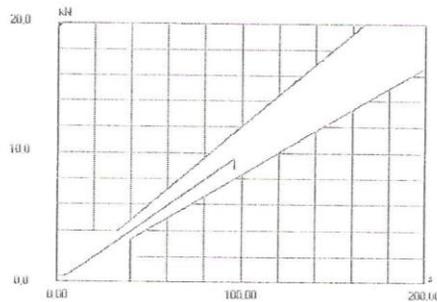
13/08/11

DATOS

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo	TB010	Ref. probeta	UESFMO
Norma	ASTM C-39	Material	FIBRA DE VIDRIO
Tipo de ensayo	Compresión	Edad	X DIAS
Maquina	PEV-100-W	Muestra	FV-02 6 pulg.
Fecha de ensayo	13/08/2011	Seccion	Tubular
Temperatura	0	Area	682039,80 mm ²
Escala	1 / 5	Longitud	870,000 mm
Celula	100 kN	Resistencia del proyecto	3,600 Mpa
Tipo de Control	Fuerza		
Velocidad	0,100		

RESULTADOS

Fuerza máxima 9,4930 kN Resistencia máxima 0,1419 Kgf/cm²
Tiempo del ensayo 96,336 s



Notas
PETICIONARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
PROYECTO: TUBERIA DE PESO LIGERO FABRICADA CON CEMENTO PORTLAND

Operador IRIS ALFONSO

Pág. 1

Informe de Ensayo Compresión

Emitido por:

 ARRUPE LABORATORIOS
 FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR
 CALLE PADRE SALAZAR SIMPSON
 FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS
 TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801

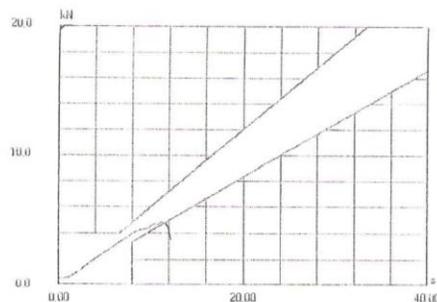
13/08/11

DATOS

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo	TB007	Ref. probeta	UESFMO
Norma	ASTM C-39	Material	FRANELA
Tipo de ensayo	Compresión	Edad	X DIAS
Maquina	PEV-100-W	Muestra	F-01 6 pulg.
Fecha de ensayo	13/08/2011	Seccion	Tubular
Temperatura	0	Area	682039,80 mm ²
Escala	1 / 5	Longitud	870,000 mm
Celula	100 kN	Resistencia del proyecto	3,600 Mpa
Tipo de Control	Fuerza		
Velocidad	0,500		

RESULTADOS

Fuerza máxima	4,6900 kN	Resistencia máxima	0,0731 Kg/cm ²
		Tiempo del ensayo	12,223 s


 PETICIONARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 PROYECTO: TUBERIA DE PESO LIGERO FABRICADA CON CEMENTO PORTLAND
 Notas

Operador IRIS ALFONSO

Pág. 1



Informe de Ensayo Compresión



Emitido por:

ARRUPE LABORATORIOS
FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR
CALLE PADRE SALAZAR SIMPSON
FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS
TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516 6801

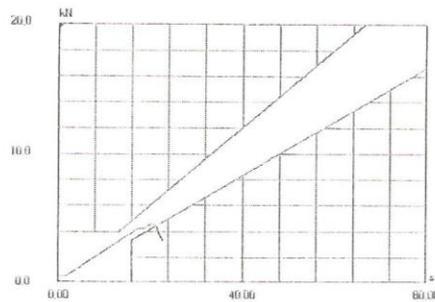
13/08/11

DATOS

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo	TB008	Ref. probeta	UESFMO
Norma	ASTM C-39	Material	FRANELA
Tipo de ensayo	Compresión	Edad	X DIAS
Maquina	PEV-100-W	Muestra	F-02 6 pulg.
Fecha de ensayo	13/08/2011	Seccion	Tubular
Temperatura	0	Area	682039,80 mm ²
Escala	1 / 5	Longitud	810,000 mm
Celula	100 kN	Resistencia del proyecto	3,600 Mpa
Tipo de Control	Fuerza		
Velocidad	0,250		

RESULTADOS

Fuerza máxima 4,6440 kN Resistencia máxima 0,0694 Kgf/cm²
Tiempo del ensayo 22,799 s



Notas
PETICIONARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
PROYECTO: TUBERIA DE PESO LIGERO FABRICADA CON CEMENTO PORTLAND

Operador IRIS ALFONSO

Pág 1



ARRUPE
LABORATORIOS

Informe de Ensayo Compresión



ARRUPE
LABORATORIOS

Emitido por:

ARRUPE LABORATORIOS
FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR
CALLE PADRE SALAZAR SIMPSON
FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS
TELEFONO: (503) 2516-6800 Y FAX: (503) 2516-6801

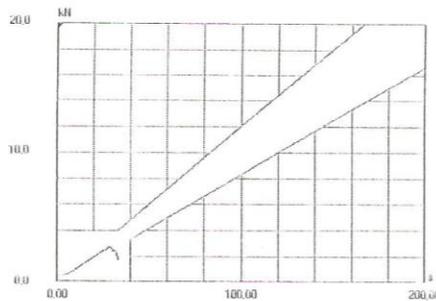
13/08/11

DATOS

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo	TB011	Ref. probeta	UESFMO
Norma	ASTM C-39	Material	ESTOQUINETE
Tipo de ensayo	Compresión	Edad	X DIAS
Maquina	PEV-100-W	Muestra	E-01 6 pulg.
Fecha de ensayo	13/08/2011	Seccion	Tubular
Temperatura	0	Area	682039,80 mm ²
Escala	1 / 5	Longitud	790,000 mm
Celula	100 kN	Resistencia del proyecto	3,600 Mpa
Tipo de Control	Fuerza		
Velocidad	0,100		

RESULTADOS

Fuerza máxima **2,7990 kN** Resistencia máxima **0,0418 Kgf/cm²**
Tiempo del ensayo **33,470 s**



Notas
PETICIONARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
PROYECTO: TUBERIA DE PESO LIGERO FABRICADA CON CEMENTO PORTLAND

Operador IRIS ALFONSO

Pág. 1



Informe de Ensayo Compresión



Emitido por:

ARRUPE LABORATORIOS
FUNDACION PADRE ARRUPE DE EL SALVADOR
CALLE PADRE SALAZAR SIMPSON
FINCA EL ESPIRITU SANTO, SOYAPANGO, SS
TELEFONO: (503) 2516 6800 Y FAX: (503) 2516 6801

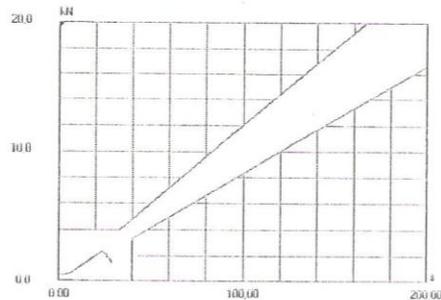
13/08/11

DATOS

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DE LA PROBETA	
Ref. ensayo	TB012	Ref. probeta	UESFMO
Norma	ASTM C-39	Material	ESTOQUINETE
Tipo de ensayo	Compresión	Edad	X DIAS
Maquina	PEV-100-W	Muestra	E-02 6 pulg.
Fecha de ensayo	13/08/2011	Sección	Tubular
Temperatura	0	Area	682039,80 mm ²
Escala	1 / 5	Longitud	730,000 mm
Celula	100 kN	Resistencia del proyecto	3,600 Mpa
Tipo de Control	Fuerza		
Velocidad	0,400		

RESULTADOS

Fuerza máxima 2,3020 kN Resistencia máxima 0,0344 Kgf/cm²
Tiempo del ensayo 28,872 s



Notas
PETICIONARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
PROYECTO: TUBERIA DE PESO LIGERO FABRICADA CON CEMENTO PORTLAND

Operador IRIS ALFONSO

Pág. 1