

08T(221)C  
MFN: 1060

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

**COMPORTAMIENTO DE LA TUBERIA DE CLORURO DE  
POLIVINILO PVC EN EL SISTEMA DE AGUA  
POTABLE CONSTRUIDO EN CHUACORRAL SAN  
LUCAS SACATEPEQUEZ**

T E S I S

Presentada a la Junta Directiva de la Facultad  
de Ingeniería de la Universidad de  
San Carlos de Guatemala

Por

**EFRAIN ESTUARDO BOBURG CASTELLANOS**

Al Conferírsele el Título de

**INGENIERO CIVIL**

Ciudad de Guatemala

Abril de 1972

**TESIS DE REFERENCIA**

**NO**

**SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA  
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.**

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano	Ing. Hugo Quan Má
Vocal 1o.:	Ing. Marco Tulio Samayoa B.
Vocal 2o.:	Ing. Rodolfo González M.
Vocal 3o.:	Ing. Adolfo Behrens
Vocal 4o.:	Br. Jorge Cabrera
Vocal 5o.:	Br. Manuel M. Rendón Paz
Secretario:	Ing. José Luis Terrón

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano en Funciones:	Ing. Rodolfo González M.
Examinador:	Ing. Joaquín Lottman
Examinador:	Ing. Octavio Cordon
Examinador:	Ing. Jaime González
Secretario:	Ing. Héctor Centeno

DEDICO ESTA TESIS:

A Dios

A mis Padres

Roberto Boburg M.  
Carmen C. de Boburg

A mi Esposa

Gilda E.C. de Boburg

A mis Hermanos

Ana E. de Espat  
Mario Espat  
Roberto Boburg C.  
Ma. Lilian J. de Boburg  
Erick Boburg C.  
Betty de Boburg  
Raúl Dehesa  
Sonia G. de Dehesa  
Jorge Boburg C.  
Francisco M. Boburg C.

A mis Familiares en general

A mis compañeros y amigos

## RECONOCIMIENTO

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento a las Compañías Difasa de Guatemala, e INTUSA de San Salvador, por su magnífica colaboración para realizar este trabajo.

A la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez que permitió se sacaran las muestras de Chuacorrall y se hiciera la prueba de campo.

Al laboratorio, taller y sus respectivos personales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos que ayudaron a realizar los ensayos.

Al Departamento de Ingeniería Sanitaria del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social que proporcionó copias e información del diseño del acueducto Chuacorrall.

Al Ingeniero Civil Walter Lange Fumagalli, especialmente, ya que además de haber asesorado esta Tesis contribuyó en alto grado a su desarrollo.

A todas las personas que en una u otra forma contribuyeron a la realización de la presente.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Cumpliendo con lo establecido por las leyes y reglamentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración el presente trabajo de Tesis titulado:

COMPORTAMIENTO DE LA TUBERIA DE CLORURO  
DE POLIVINILO PVC EN EL SISTEMA DE AGUA  
POTABLE CONSTRUIDO EN CHUACORRAL  
SAN LUCAS SACATEPEQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

## INDICE GENERAL

- I INTRODUCCION
- II CAPITULO I  
Descripción General del Sistema
- III CAPITULO II  
Descripción del Tramo a Probar
- IV CAPITULO III  
Descripción de los Ensayos
- V CAPITULO IV  
Resultados Obtenidos
- VI CONCLUSIONES
- VII RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION

El trabajo que se describe en el desarrollo de la presente lleva como fin verificar las características mecánicas, físicas e hidráulicas de la tubería de cloruro de polivinilo (PVC) después de haber estado enterrada y en uso constante durante cinco años, ya que los tubos que sirvieron para los ensayos son de los primeros que se pusieron en práctica en el país.

Las muestras que se removieron, fueron del sistema de agua potable de Chuacorrall en San Lucas Sacatepéquez y fueron sustituidas por tubos nuevos.

A lo largo de este sistema se hizo análisis del suelo habiendo dado contenido considerable de ácidos, lo que hubiera afectado en período no muy largo a cualquier tubería metálica que fuese instalada.

El amable lector podrá apreciar en esta tesis, que las pruebas se le hicieron a la tubería como si fuera nueva, dando siempre resultados satisfactorios.

En el primer capítulo se hace una descripción del sistema de agua potable actual, su diseño y funcionamiento.

El segundo capítulo habla del tramo donde se hizo una prueba de campo.

El capítulo tercero contiene uno a uno, los ensayos realizados, para lo que el autor desea hacer la siguiente aclaración; al haber practicado las pruebas a los tubos de diámetros de dos y tres pulgadas en el laboratorio de la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos y obtenido buenos resultados, se procedió a hacer para los diámetros de media, tres cuartos y una y media pulgadas en las instalaciones de una casa fabricante de tubería de PVC en la ciudad de San Salvador.

En el capítulo cuarto aparecen las tablas donde se presentan resultados obtenidos. Seguidamente fotos de las pruebas.

La tubería probada corresponde a la fabricada por CS 256-63 tipo SDR 13.5 para 1/2" y SDR 17 tipo 1 para los tres cuartos, una y media, dos y tres pulgadas de diámetro.

Las marcas puestas por los fabricantes estaban legibles casi en su totalidad.

## CAPITULO I

### DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

#### 1.1 Localización Política y Geográfica:

El acueducto Chuacorral abastece de agua potable a la aldea del mismo nombre, que se compone de los cantones Chuacorral y Buena Vista.

La aldea Chuacorral se localiza al sureste de la cabecera municipal, a una distancia aproximada de dos kilómetros.

#### 1.2 Acceso:

Para llegar a la aldea, se toma la ruta Interamericana (CA 1) ramal occidental, hasta llegar al kilómetro 26, donde a la izquierda se encuentra el desvío que conduce a Chuacorral; inmediatamente se llega a la aldea por un camino transitable en todo tiempo.

#### 1.3 Antecedentes:

Los trabajos de introducción de agua potable, fueron realizados por el Departamento de Ingeniería Sanitaria, dependencia del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, quien inició la obra el 16 de diciembre de 1,965, concluyéndola el 12 de junio de 1,966.

#### 1.4 Datos de Diseño:

Población para 1,965: 800 habitantes; población para 1,985: 960 habitantes. Para el incremento de población, datación, factor de conducción y factor de distribución se siguieron las normas de A.I.D.I.S., el período de diseño es de 20 años.

### 1.5 Fuente Utilizada:

Se captó el afloramiento de un acuífero localizado en el cerro Alux (Alonso) a 2,500 metros del centro de la aldea, se unió el caudal de dos nacimientos situados a 200 metros uno del otro que en conjunto ofrecieron un gasto de 1.18 lt./Seg., aforados el 20 de diciembre de 1,962.

### 1.6 Tanque de Distribución:

Consiste en un depósito metálico de forma cilíndrica, fabricado con lámina de hierro de 3/16 pulgadas de espesor, de 15 metros cúbicos de capacidad colocado a 300 metros de la captación, a 50 metros de altura sobre el nivel del centro de la aldea.

### 1.7 Red de Distribución:

Se hizo la red de distribución empleando solo tubería plástica de cloruro de polivinilo (PVC) en las siguientes cantidades: 1,208 metros de tres pulgadas de diámetro, 1,235 metros de dos pulgadas, 360 metros de una y media pulgadas, 270 metros de una pulgada, 970 metros de tres cuartos de pulgada y 330 metros de media pulgada de diámetro. En total se colocaron 4,373 metros de tubería de PVC.

La distribución se efectuó con 8 llenacántaros dotados de válvula automática de flujo regulado (fordilla) y 55 conexiones domiciliarias de las cuales 30 tienen válvula automática de flujo regulado y 25 limitador de gasto.

### 1.8 Costo:

La obra fue financiada con el aporte de la comunidad, el de los granjeros de Chuacorrall y el del Departamento de Ingeniería Sanitaria, en la forma siguiente: comunidad Q.632.80; granjeros de Chuacorrall Q.4,900.00, Departamento de Ingeniería Sanitaria Q.4,532.00 y venta de servicios Q.1,200.00 En total el

sistema de introducción de agua potable a la aldea Chuacorrall, Municipio San Lucas Sacatepéquez, Departamento Sacatepéquez costó Q.11,264.80.

Con estos datos se obtiene un costo percapita de Q.11.73

## CAPITULO II

### DESCRIPCION DEL TRAMO A PROBAR

Debido a la clase de piezómetro a usar, se escogió una parte de la tubería donde la línea piezométrica según el diseño del Departamento de Ingeniería Sanitaria, no sobrepasara la altura correspondiente a una atmósfera en columna de agua. También se tomó en cuenta que fuera una longitud de 40 metros para disminuir en todo lo posible el error, ya que en el campo se dispone de menos comodidades que en un laboratorio.

El tramo que menos dificultad presentó para trabajar es el comprendido entre 0 + 195 metros y 0 + 235 metros a partir del tanque metálico de distribución, localizado en la línea de conducción del T. de D. a la red de distribución, se encuentra sobre una pequeña loma, dando así, cierta facilidad para hacer el aforo del caudal que pasa a través de la tubería.

En este tramo escogido se encontró una válvula de aire, la cual, después de sacar el aire a la tubería por encontrarse en una parte alta, permaneció cerrada mientras se efectuó la prueba.

Se colocaron dos coplas, una en cada extremo de los 40 metros, estas llevan sendas tarugos perforados donde se adaptaron sus respectivas mangueras, por ellas pasó el agua para ver la diferencia entre las dos alturas de las columnas de agua.

Los tarugos quedaron horizontales en las partes laterales de las coplas para evitar eventuales entradas de aire a los tubos piezométricos.

Para poder medir el caudal fue necesario poner una Tee después de la segunda copla, a ésta se le puso un niple, seguidamente un reductor de tres pulgadas a dos pulgadas, a continuación un adaptador macho de dos pulgadas, se le puso una llave de dos pulgadas, otro adaptador macho y por último un tubo que conducía el agua a un pedazo de tonel de volumen conocido.

Para que el agua pasara toda a través de la llave de dos pulgadas, fue necesario poner una llave de paso de tres pulgadas, tres metros después de la segunda copla, que al cerrarse obligaba al caudal a desviarse para realizar el aforo.

La llave de dos pulgadas fue removida, se colocó un tapón hembra y así poder aprovechar esta instalación en futuras pruebas que también sirvan para determinar la rugosidad de la tubería.

### CAPITULO III

#### DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS

##### 3.1 Características del Suelo

A continuación se presenta un cuadro con los resultados obtenidos de las muestras del suelo extraídas en ocho puntos diferentes a la par de la tubería en todo el sistema de agua potable.

	PH	HUMEDAD EN o/o	SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) EN o/o
1	7.0	12.00	0.350
2	7.0	9.87	0.350
3	8.4	6.63	0.350
4	8.0	6.44	0.070
5	8.2	5.52	0.070
6	8.0	10.24	0.070
7	9.0	9.85	0.116
8	8.5	8.22	0.116

Como consecuencia de estos análisis se tienen suelos de considerable acidez.

Respecto a insectos y roedores en ninguna forma la tubería ha sido afectada.

##### 3.2 Características del Agua:

Se sacó una muestra de agua en un chorro cualquiera, a esta se le hizo examen Químico Sanitario y dio lo siguiente:

Ph . . . . .	8.00
Dureza Total . . . . .	.54.13
Nitratos . . . . .	4.00
Nitritos . . . . .	.0.001
Amoníaco Libre . . . . .	.0.200
Cloruros . . . . .	7.00
Ca . . . . .	.14.15
Mg. . . . .	4.49

Resultados expresados en partes por millón, técnica del "Standard Methods" de la Asociación Americana de Salud Pública.

### 3.3 Características Mecánicas de la Tubería:

#### 3.3.1 Control de Dimensiones:

Diámetro externo (De), diámetro interno (Di), espesor de la pared del tubo (t).

Para el control de estas dimensiones no se tiene ninguna exigencia, en tomar las muestras de alguna longitud determinada; por lo tanto se usaron las mismas que se emplearon en la prueba de aplastamiento; más otras dos que se sacaron del mismo tamaño.

A cada probeta se le tomaron ocho lecturas en distintas posiciones, utilizándose para ello dos calibradores de mucha precisión, uno sirvió para medir diámetros externos e internos, el otro para medir espesor de las paredes.

#### 3.3.2 Excentricidad:

Un tubo debe tener excentricidad menor que el 12o/o para que sea aceptable.

El objetivo de este ensayo es controlar redondez del tubo, al mismo tiempo que las variaciones en las espesores de las paredes.

Para determinar la excentricidad, se toman ocho lecturas en distintos puntos del espesor del tubo, (en este caso se tomaron datos de la prueba anterior) de las cuales se sacan, la mayor y la menor, para aplicar la siguiente fórmula:

$$E = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

- E = Excentricidad
- A = Máximo espesor de la pared del tubo
- B = Mínimo espesor de la pared del tubo.

### 3.3.3 Compresión Lateral o Aplastamiento:

Este ensayo da una indicación de la calidad y resistencia de la tubería a las cargas que puede ser eventualmente sometida cuando se encuentra instalada.

Se sacaron tres muestras de cada tubo en una longitud de 5.08 cm. (dos pulgadas).

Las especificaciones indican que se aplica carga al tubo hasta que se produzca una deformación equivalente al 40o/o del diámetro exterior o que se aplique carga hasta que se toquen las paredes del tubo, este último es el que se siguió en nuestro caso, en un tiempo de dos a cinco minutos para cada probeta, las fotos dan una idea de la deformación con la aplicación uniforme de la carga.

A pesar de haberse tocado las paredes del tubo al retirarse la carga tendió a volver a su forma original conservando un cambio de color en los extremos del diámetro horizontal, lugares donde se produjeron los esfuerzos máximos.

### 3.3.4 Absorción del Agua:

Este ensayo sirve para control de la uniformidad del material del tubo, además nos da la capacidad de absorción del mismo.

Para la prueba se tomaron las mismas muestras que sirvieron en la compresión lateral o aplastamiento, se marcaron con números respectivamente, después se pusieron en un horno para secarlas, durante 24 horas a una temperatura constante de 50 grados centígrados. Después de ese tiempo fueron sacados del horno y dejados enfriar por el término de media hora, para pesarlos se usó una balanza con alta sensibilidad y se anotaron los datos.

Dentro de frascos de vidrio conteniendo agua destilada se depositaron las muestras durante 24 horas. Al sacarlas se secaron con un trapo limpio, se pesaron y se tomó nota de los resultados.

De los datos que se obtuvieron y para cada uno de los diámetros se sacó el promedio y se calculó el o/o de agua absorbida en 24 horas, aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{o/o } W = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100$$

Donde:

o/o W = Porcentaje de humedad  
 Wh = Peso humedo  
 Ws = Peso seco.

### 3.3.5 Ruptura por Presión Hidrostática:

Esta prueba nos da un indicativo de las presiones que es capaz de soportar la tubería.

En el laboratorio de la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos se tiene una bomba que se utiliza para concreto pretensado, esta sirve únicamente en diámetros de tres cuartos de pulgada, fue necesario entonces, adaptar la tubería de tres y dos pulgadas de diámetro a tres cuartos de pulgada, en el otro extremo de la probeta se puso un tapón hembra. Dicha bomba tiene un manómetro para indicar la presión, cuya graduación está en grados, estos tienen equivalencia cada uno

igual a 667 milésimos kilogramos en un centímetro cuadrado.

Las pruebas que se hicieron en San Salvador fueron realizadas con mayor facilidad, debido a que la bomba es especial para presión hidrostática en tuberías.

Se tomaron tres muestras de cada diámetro con una longitud de 30.5 cm., cada prueba se efectuó en un tiempo comprendido entre un minuto y minuto y medio. Las muestras fueron colocadas en baño de agua fría durante una hora antes de cada ensayo.

Para evitar peligro al estallar los tubos, se ponen dentro de una pileta llena de agua.

Se escogió entre cada tres probetas una que tuviera copla. La primera de dos pulgadas falló en el pegamento de la copla, en la segunda se agrietó el extremo del tubo juntamente con el tapón hembra, la tercera se rajó en muchas partes.

La primera y segunda muestras de tres pulgadas fallaron en los accesorios de adaptación a la tubería de alta presión de la bomba, la tercera que tenía la copla falló en el tapón hembra, saliéndosele completamente un disco en el extremo.

Como en San Salvador se tiene equipo completo, esto obligaba a que la falla sucediera en el tubo, algunos fallaron produciéndose un pequeño agujero pero una gran mayoría estalló.

Generalmente cuando los tubos estallan, en todas las partes cercanas y pegadas a las rupturas se producen los mayores esfuerzos, quedando estas partes ligeramente blanquecinas.

### 3.3.6 Resistencia Mecánica a la Tracción:

Este ensayo persigue la finalidad de obtener un índice de calidad y propiedades de los materiales empleados al fabricar los tubos, también la extrusión (expulsión) que es el método que se emplea en su fabricación.

Esta prueba se realizó en San Salvador. Se practicó en tres muestras de los diámetros de una y media, tres cuartos y media pulgadas, la longitud de éstas depende del espesor de la pared del tubo, para que se vea mejor la forma de la probeta aparece en la siguiente hoja un dibujo con su respectiva tabla.

La carga de tracción se aplicó con una velocidad uniforme de 0.51 cm., a 0.64 cm. en un minuto.

### 3.3.7 Impacto:

Este ensayo determina el comportamiento de la tubería al ser sometida a efecto de cargas accidentales.

Se sacaron tres muestras de cada diámetro con una longitud de 7.6 cm. (3 pulgadas), de una en una se fueron colocando sobre una base de madera con dos superficies de apoyo que forman un ángulo de 120 grados, a continuación se dejaron caer los pesos respectivos de una altura de dos metros, la muestra que se está probando se hace girar después de cada golpe de manera que se distancien más o menos dos pulgadas.

#### PRUEBA – TENSION TUBERIA PVC – NORMA ASTM D638-60T

T	0 – 1/4	1/4" – 1/2"	1/1"
C	0.75	1.125	1.50
W	0.50	0.750	1.00
F	2.25	2.250	2.25
D	4.50	4.500	5.25
L	8.50	9.750	12.0
R	3.00	3.000	3.00
X	2.00	2.000	2.00



En el tubo de tres pulgadas de diámetro se hizo la misma prueba, observándose los mismas reacciones que para el anterior, solo que este se principió a agrietar por dentro a los 13 golpes, a los 30 la grieta pasó al lado de afuera y a los 60 se rompió, saltando también en pedazos. La recuperación de energía fue igual que en el tubo de dos pulgadas.

### 3.3.8 Determinación del Peso Específico:

Se procedió aplicando el método de Arquímedes de la siguiente manera: para cada diámetro se sacaron tres muestras de 5.08 cm. (dos pulgadas) de longitud cada una, se marcaron con números respectivamente, se procedió a pesarlas una a la vez, al aire libre en una balanza de gran sensibilidad y se anotaron los datos.

Después se pesaron sumergidas en agua y se escribieron los resultados, para luego aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{o/o Pe} = \frac{W_a - W_h}{W_a} \times 100$$

Donde:

o/o Pe = Peso específico en tanto por ciento de la muestra

W<sub>a</sub> = Peso de la muestra en el aire

W<sub>h</sub> = Peso de la muestra en el agua.

## 3.4 Características Hidráulicas:

### 3.4.1 Determinación del Coeficiente de Rozamiento:

Para la pérdida de energía mecánica en flujo permanente en tuberías se aplicará la fórmula de Darcy-Weissbach.

$$H_L = \frac{f L v^2}{D 2g}$$

Donde:

- $H_L$  = Pérdida de energía en Kg-m/Kg  
 $L$  = Longitud°  
 $D$  = Diámetro interior  
 $v$  = Velocidad media  
 $f$  = Coeficiente de rozamiento

El coeficiente de rozamiento no puede ser una constante sino que depende de la velocidad, del diámetro, la densidad, la viscosidad y de ciertas características de la rugosidad de la pared que son el tamaño de las proyecciones rugosas, la localización a disposición de los elementos de la rugosidad y un factor que es función de la forma de los elementos individuales de rugosidad.

$f$  es un factor sin dimensiones que depende de parámetros también adimensionales que se forman agrupando las magnitudes mencionadas anteriormente de manera conveniente.

Moody construyó una de las gráficas más prácticas para determinar el coeficiente de tuberías comerciales y que aparece al final de este inciso conteniendo además los datos obtenidos del experimento en el campo. El gráfico que se presenta es del coeficiente de rozamiento en función del número de Reynolds en un papel logarítmico y se llama diagrama de Stanton.

A continuación se da un cuadro de los datos obtenidos directamente en el campo.

Donde:

- $T$  = Tiempo de aforo en segundos  
 $h_1$  y  $h_2$  = Alturas de agua  
 Vol. = Volumen de agua en dm.<sup>3</sup>  
 $D$  = Diámetro interno en cm.

	T	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	Vol.	D
1	29.5	87.5	41.5	134	7.8
2	24.5	88.3	28.1	134	7.8
3	22.9	85.2	12.2	134	7.8
4	20.9	88.5	7.5	134	7.8
5	20.0	89.8	1.2	134	7.8

Con estos datos aplicando la ecuación de continuidad  
 $Q = A v$ ;

$$f = \frac{h D^2 g}{L v^2}$$

$$R = \frac{v D}{\sqrt{v}}$$

Se obtienen los resultados que se detallan en el cuadro siguiente que sirven para trazar la curva representativa del coeficiente de rozamiento.

	Q	h <sub>1</sub>	v	v <sup>2</sup>	R	f
1	4.55	0.460	0.96	0.92	6.70 X 10 <sup>5</sup>	0.0191
2	5.46	0.602	1.14	1.30	7.95 X 10 <sup>5</sup>	0.0177
3	5.86	0.730	1.22	1.50	8.51 X 10 <sup>5</sup>	0.0186
4	6.41	0.810	1.34	1.80	9.35 X 10 <sup>5</sup>	0.0172
5	6.70	0.886	1.40	1.96	9.77 X 10 <sup>5</sup>	0.0173

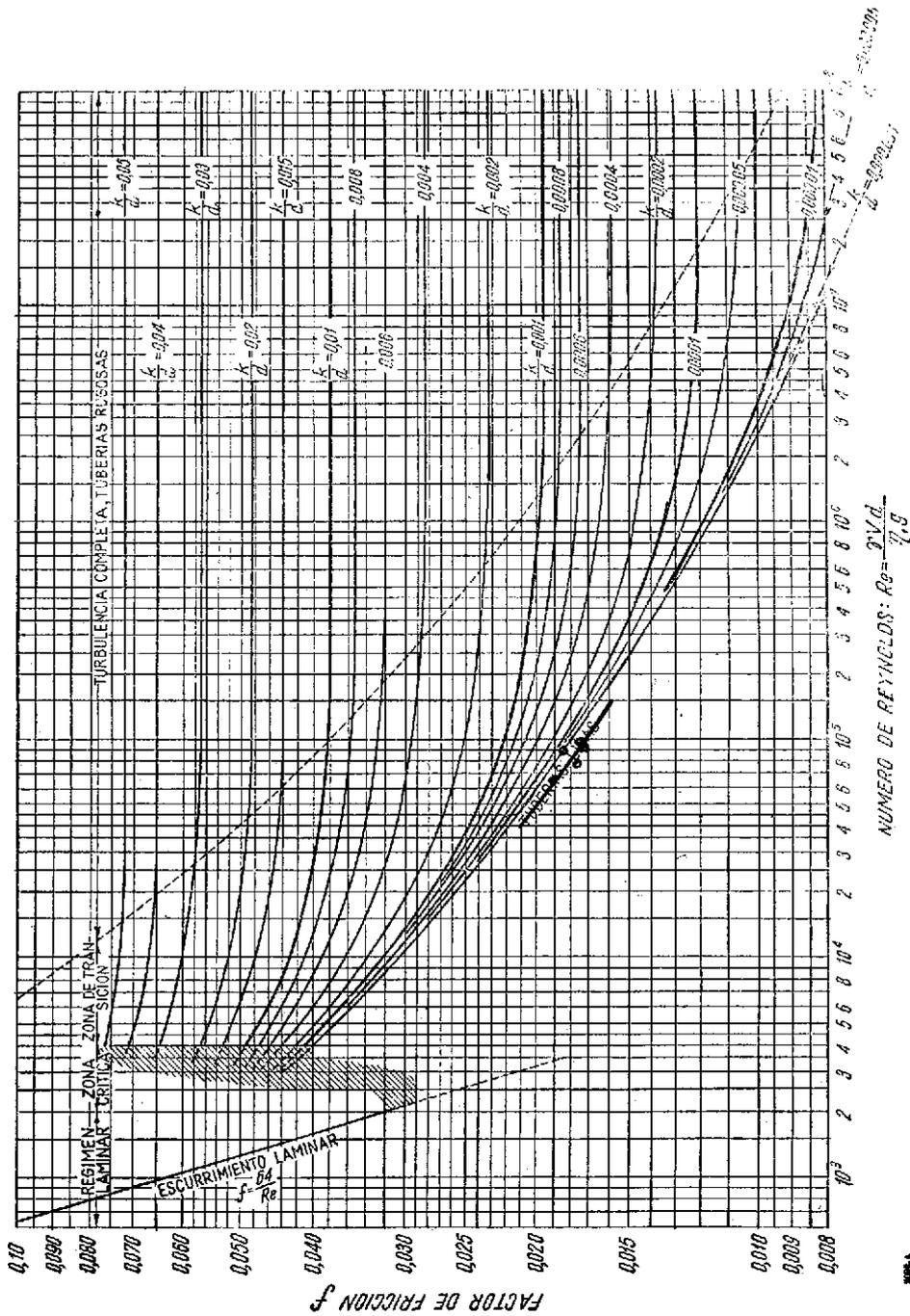


FIG. 89.

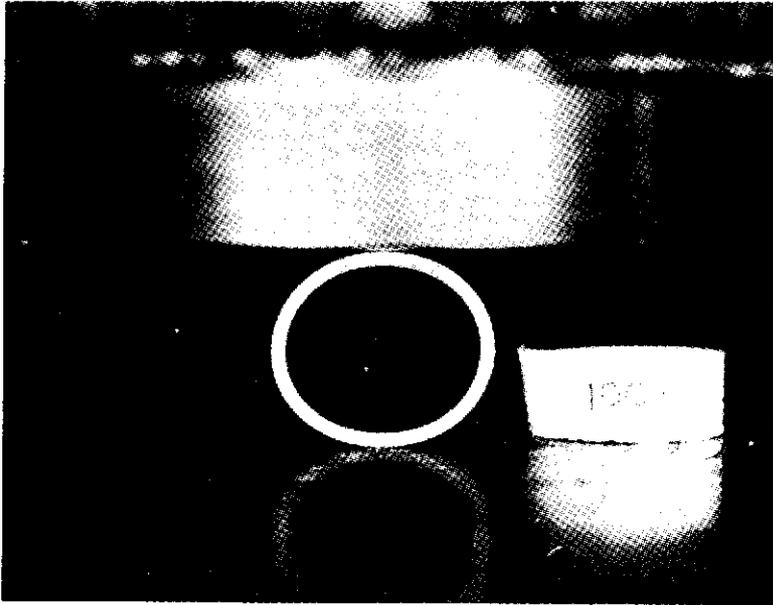


FIGURA No. 1

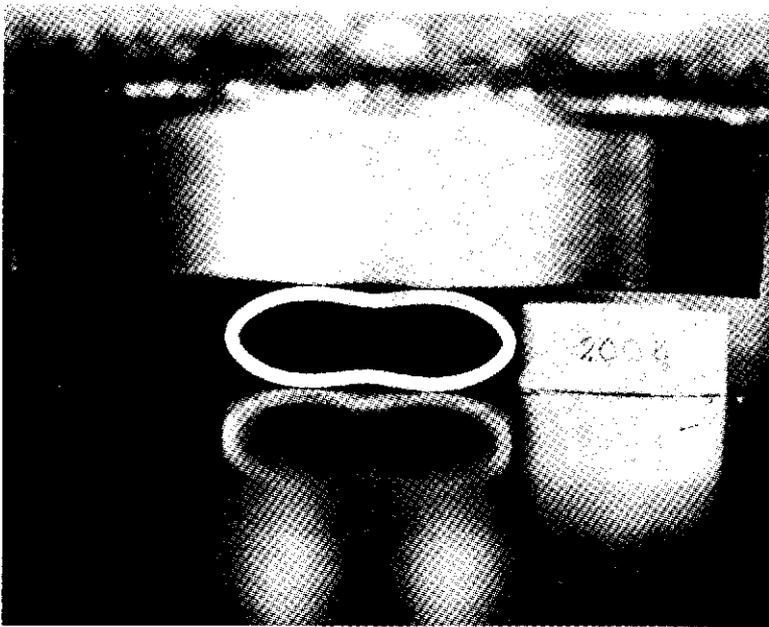


FIGURA No. 2

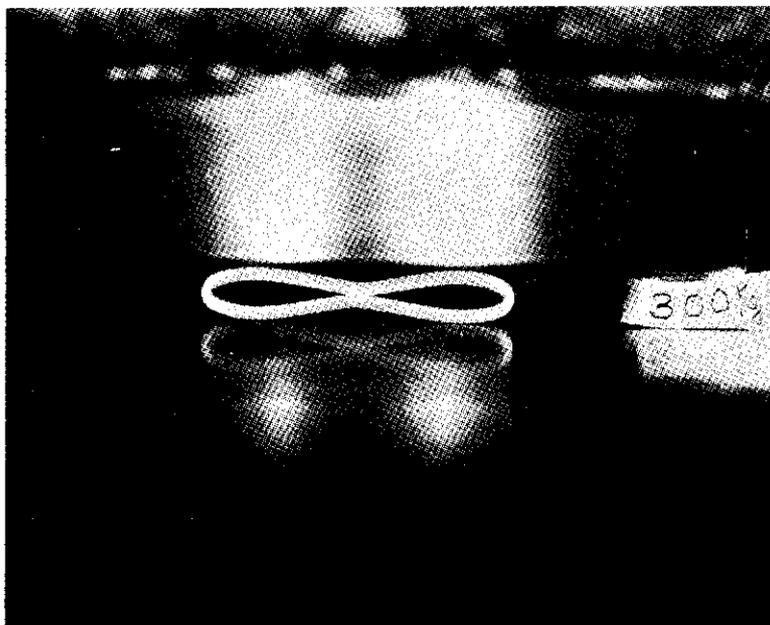


FIGURA No. 3

Figuras números 1, 2 y 3: Prueba de Compresión Lateral a Aplastamiento en dos pulgadas de diámetro.

Figuras números 4, 5, 6 y 7: Prueba de Compresión Lateral o Aplastamiento en tres pulgadas de diámetro.

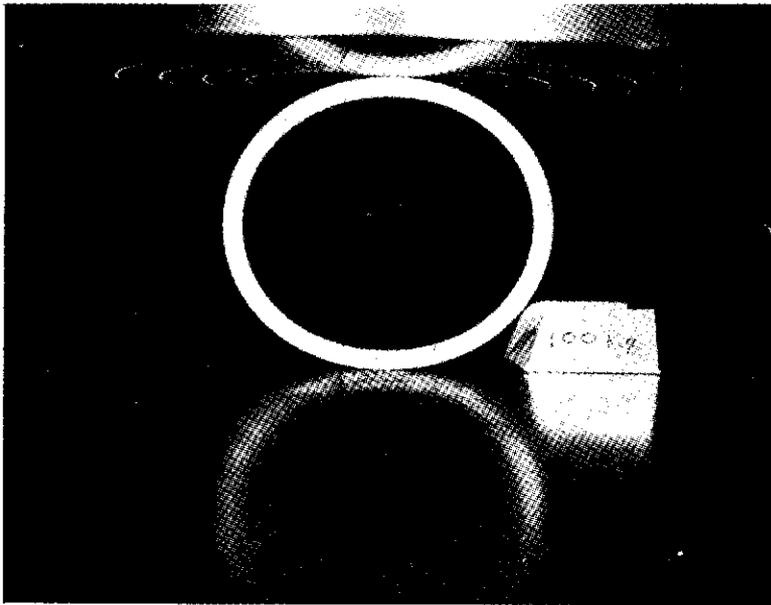


FIGURA No. 4



FIGURA No. 5

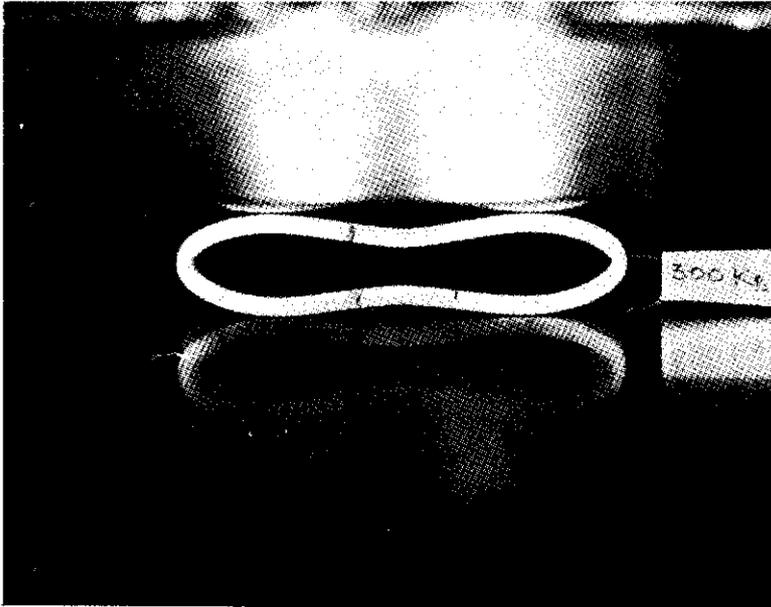


FIGURA No. 6

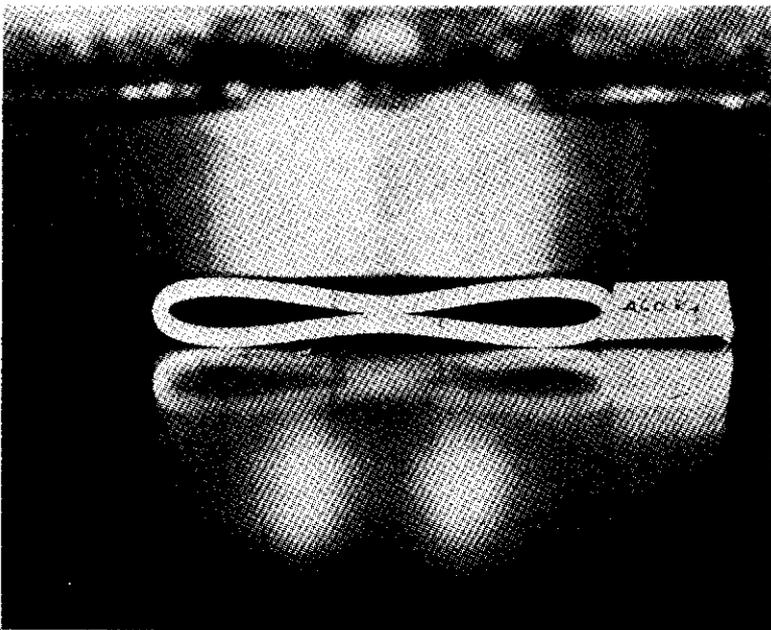


FIGURA No. 7

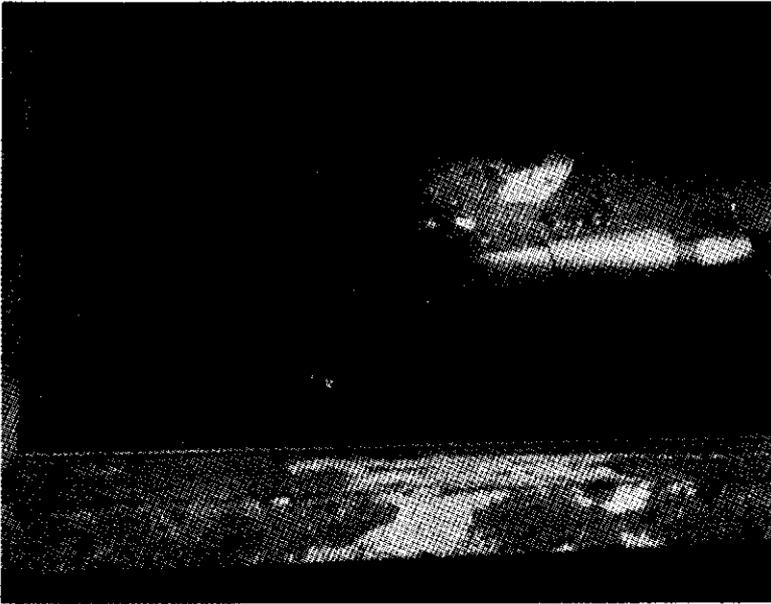


FIGURA No. 8

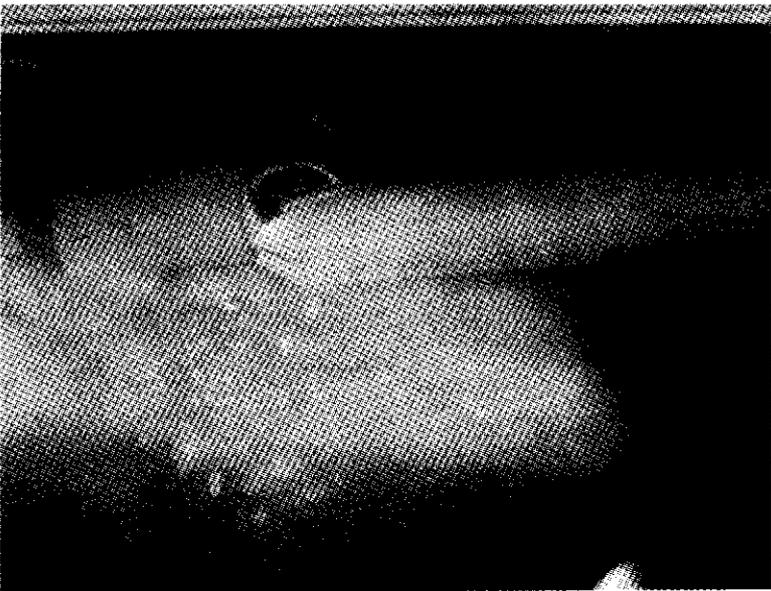


FIGURA No. 9

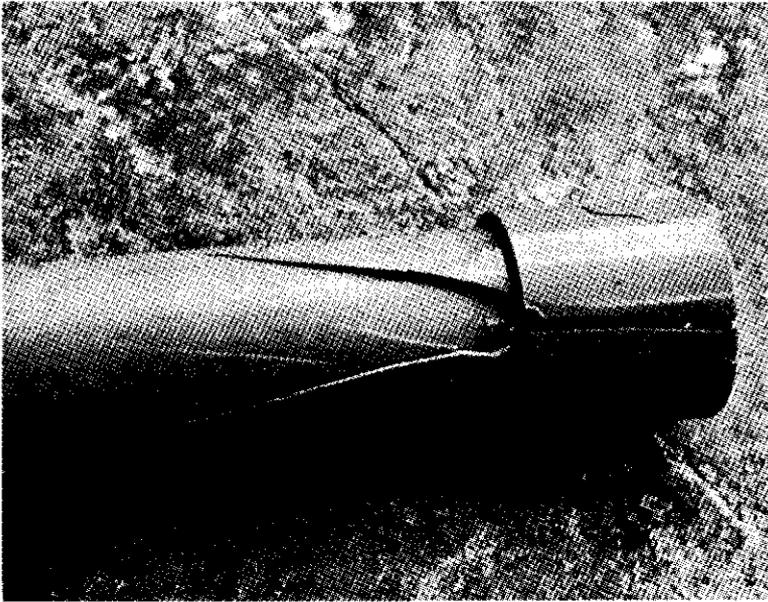


FIGURA No. 10

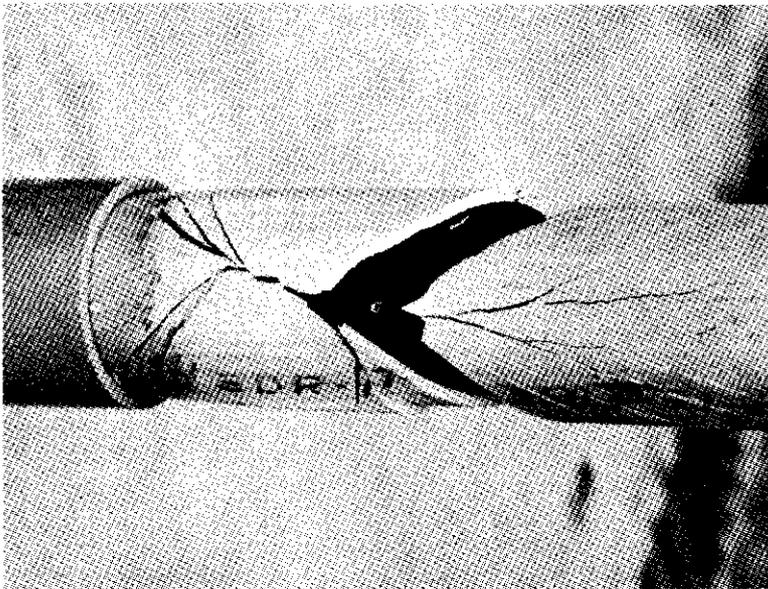


FIGURA No. 11

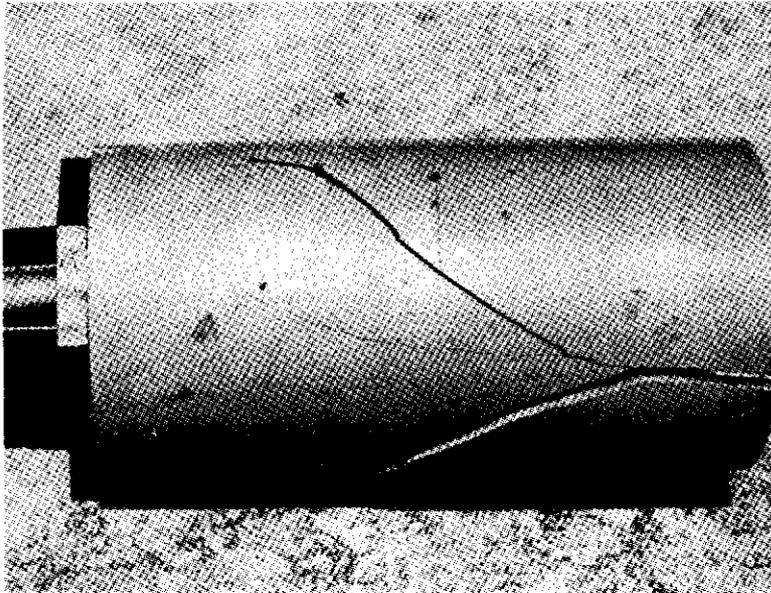


FIGURA No. 12



FIGURA No. 13



FIGURA No. 14

Figuras números 8 y 9: Prueba de Ruptura Rápida por Presión Hidrostática bajo del agua en la pileta.

Figuras números 10, 11, 12, 13 y 14: Prueba de Ruptura Rápida por Presión Hidrostática en diámetros de dos y tres pulgadas.



FIGURA No. 15

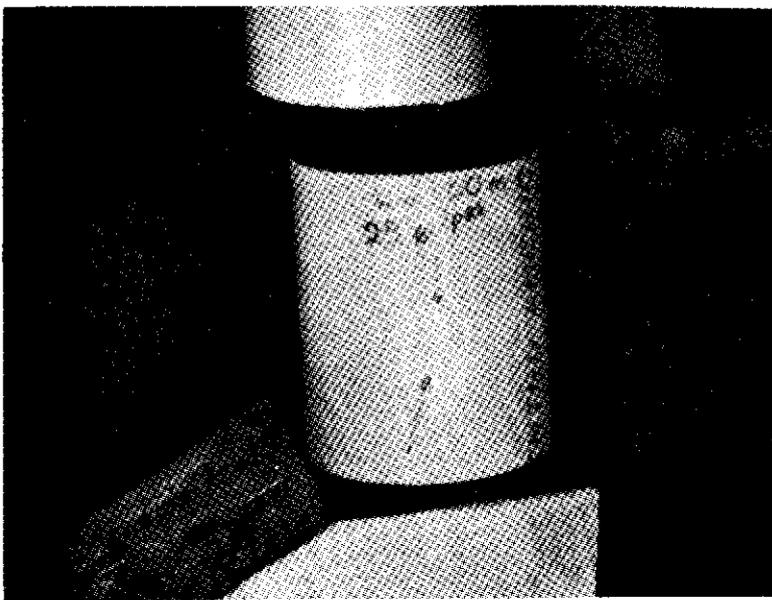


FIGURA No. 16

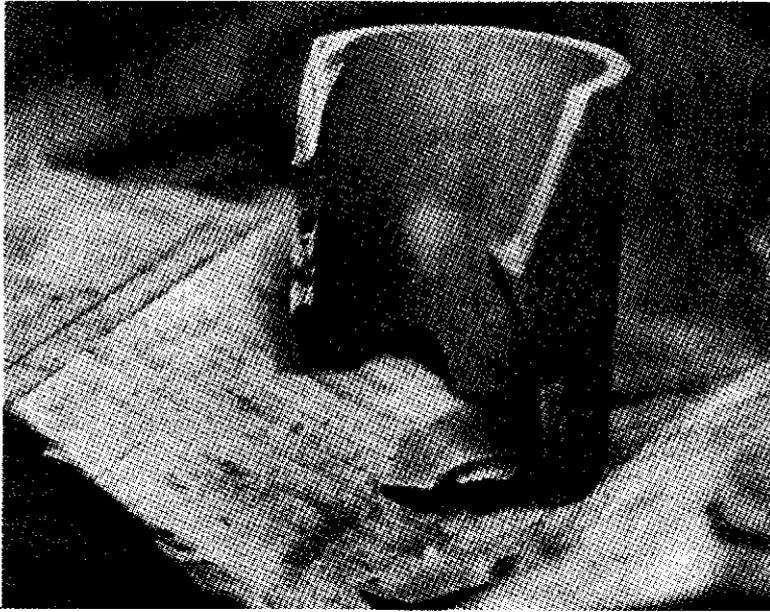


FIGURA No. 17



FIGURA No. 18

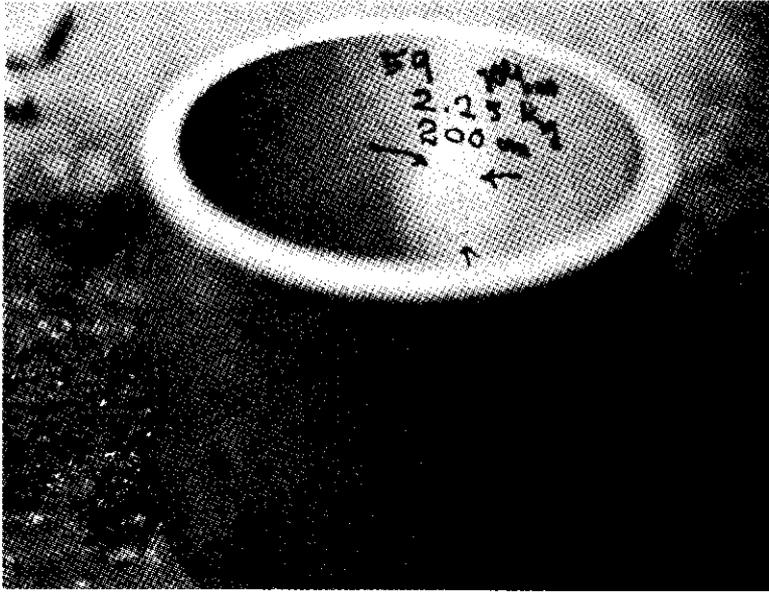


FIGURA No. 19

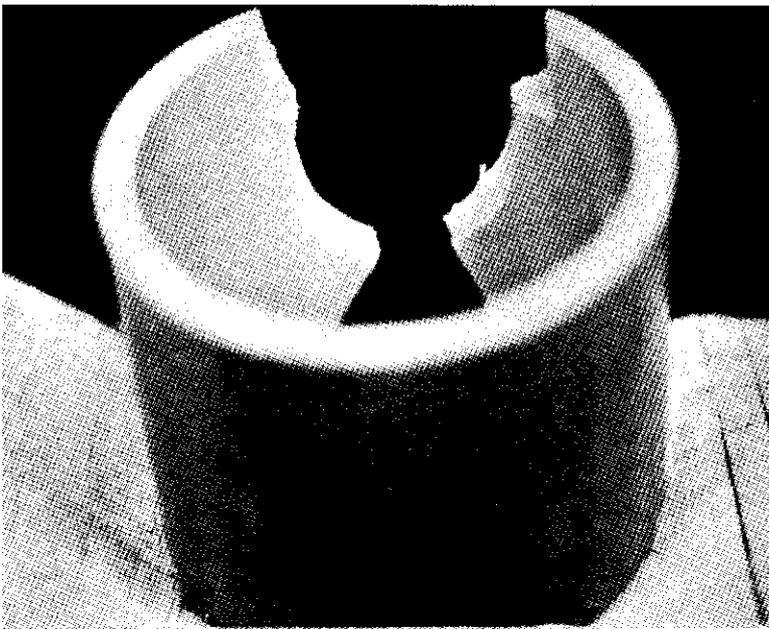


FIGURA No. 20

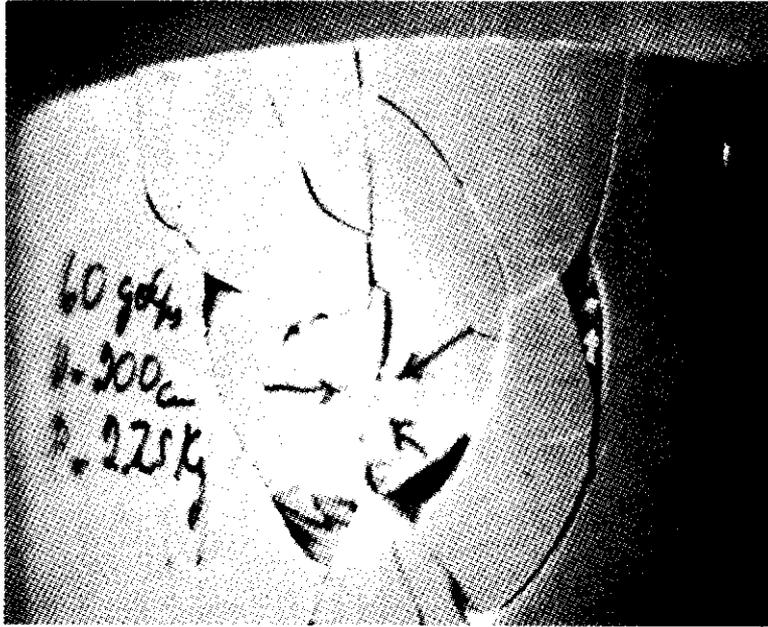


FIGURA No. 21

Figuras números 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21: Prueba de Impacto.

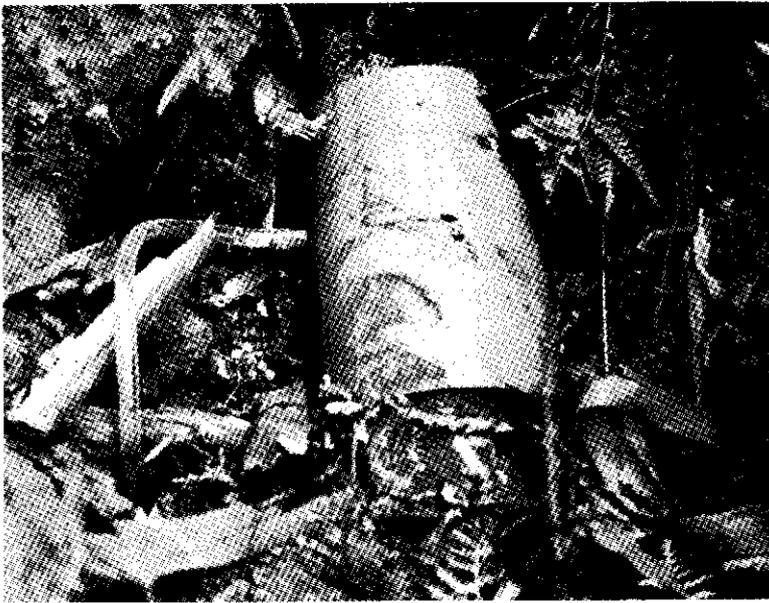


FIGURA No. 22

Copla con tarugo y manguera adaptada para la columna de agua.



FIGURA No. 23

Efectuando el aforo.



FIGURA No. 24

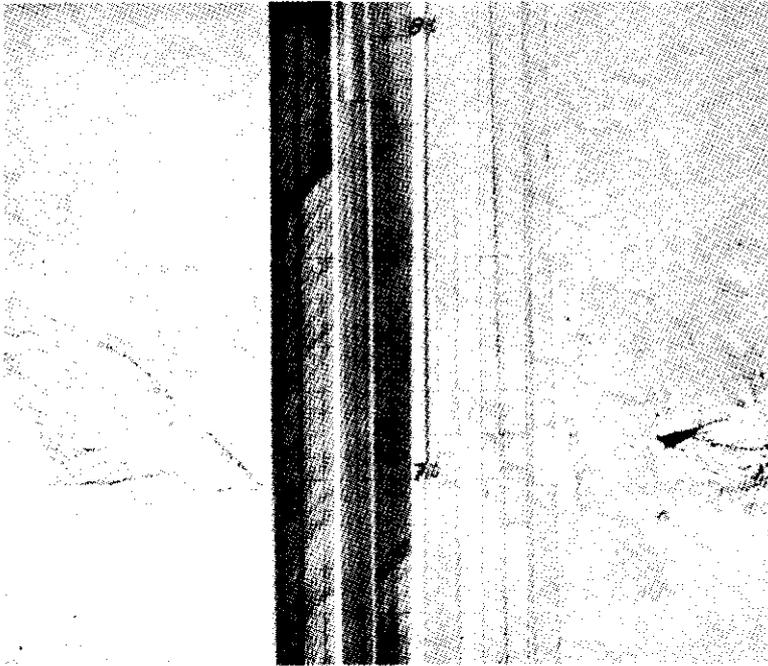


FIGURA No. 25

Columnas de agua

## CAPITULO IV

## RESULTADOS OBTENIDOS

## DIMENSIONES Y EXCENTRICIDADES

Diám.	No. de Lecturas	Nº. de Muestras	De Promedio	Di Promedio	T Prom. Paredes	Excent.
1/2"	8	5	0.84"	0.760"	0.069"	5.00o/o
3/4"	8	5	1.05"	0.978"	0.068"	7.22o/o
1 1/2"	8	5	1.89"	1.59"	0.123"	3.44o/o
2"	8	5	2.37"	2.05"	0.160"	5.45o/o
3"	8	5	3.49"	3.07"	0.217"	2.73o/o

## COMPRESION LATERAL O APLASTAMIENTO

Diám.	Long. de Probetas	Carga Aplicada
1/2"	7.5 cm.	210 Kg.
3/4"	7.5 cm.	152 Kg.
1 1/2"	7.5 cm.	290 Kg.
2"	7.5 cm.	345 Kg.
3"	7.5 cm.	437 Kg.

Nota: Una probeta de 3" falló a compresión longitudinal a 9,600 Kg.

ABSORCION DE AGUA Y PESO ESPECIFICO

Diám.	No. de Muestras	Absorc. Agua 24 Horas	Peso Especif.
1/2"	3	0.25 o/o	1.372
3/4"	3	0.27 o/o	1.378
1 1/2"	3	0.16 o/o	1.383
2"	3	0.18 o/o	1.392
3"	3	0.15 o/o	1.395

PRESION DE RUPTURA RAPIDA

Diám.	No. de Pruebas	Longitud Probeta	Pres. de Ruptura	Pres. de Trabajo	Tiempo Prom.
1/2"	5	30.5 cm.	1705 Lb./,2	315 Lb./,2	68"
3/4"	5	30.5 cm.	1271 Lb./,2	250 Lb./,2	76"
1 1/2"	5	30.5 cm.	1256 Lb./,2	250 Lb./,2	74"
2"	3	30.5 cm.	1152 Lb./,2	250 Lb./,2	80"
* 3"	3	30.5 cm.	581 Lb./,2	250 Lb./,2	60"

\* En las tres pruebas fallaron los accesorios donde se pegaron estos.

## RESISTENCIA MECANICA A LA TRACCION

Diám.	No. de Pruebas	Temp. de Prueba	Long. de Probetas	Carga Aplicada	Esfuerzo
1/2"	1	23°	8.5"	87 Kg.	391 Kg/cm <sup>2</sup>
3/4"	1	23°	8.5"	75 Kg.	371 Kg/cm <sup>2</sup>
1 1/2"	1	23°	8.5"	160 Kg.	403 Kg/cm <sup>2</sup>

## IMPACTO

Diám.	No. de Muestras	Altura de Caída	Peso
1/2"	3	2 m.	0.75 Kg.
3/4"	3	2 m.	1.00 Kg.
1 1/2"	3	2 m.	1.50 Kg.
2"	3	2 m.	1.75 Kg.
3"	3	2 m.	2.25 Kg.

## CONCLUSIONES

1. El diámetro externo promedio y el espesor promedio de paredes están dentro de las especificaciones.
2. La excentricidad máxima sacada es 7.22o/o y la máxima permitida es del 12o/o.
3. Las presiones de ruptura en los tubos ensayados, todas están dentro de los límites permisibles.
4. De los resultados obtendios en la prueba de campo, según el diagrama de Stanton la tubería está clasificada entre las lisas.
5. Si en alguna parte de la tubería se derrama o se gotea cemento solvente, esto la debilita, disminuyendo su resistencia a la presión hidrostática.
6. Si la tubería es rayada con algún objeto punzante, este lugar determina la mayor posibilidad de falla por presión hidrostática.
7. Al echar excesivo cemento solvente en una junta, esta se debilita.
8. La tubería no ha sido atacado por ácidos.
9. Con las pruebas realizadas, se tiene un patrón para comparar en futuras oportunidades.
10. Los accesorios empleados en la tubería de 3 pulgadas de diámetro fallaron antes que ésta (Prueba de Ruptura Rápida por Presión Hidrostática).

## RECOMENDACIONES

1. La tubería PVC debe ser cortada con sierra o serrucho.
2. No derramar o gotear cemento solvente en la tubería.
3. El cemento solvente debe ser aplicado en una capa delgada y uniforme.
4. Inmediatamente después de unidas dos piezas, debe dárseles un giro de  $15^{\circ}$  aproximadamente para la mejor distribución del cemento solvente.
5. Cada 5 años ~~deben~~ hacerse las pruebas de las propiedades mecánicas, físicas e hidráulicas a esta tubería.

## BIBLIOGRAFIA

MECANICA DE LOS FLUIDOS. Victor L. Streeter. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Segunda Edición, 1963.

UTILIZACION DE TUBERIAS PLASTICAS EN ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. 525 Twenty-third Street, N. Y. Washington, D. C. 20037, E. U. A.

HYDRAULICS. Horace W. King. John Willey & Sons, Inc. New York. Quinta Edición, 1960.

TUBERIA RIGIDA DE PVC. Sekisui Chemical Company, Ltd. 1 Soze-cho, Kitaku, Osaka, Japón.

CONOZCA LA TUBERIA PVC. Industrial de Tuberías, S. A. San Salvador, El Salvador, C. A. Apto. Postal 1083.

ANALISIS E INVESTIGACION SOBRE TUBERIAS PLASTICAS PARA CONDUCIR AGUA POTABLE. Tesis del Ingeniero Gonzalo René Galindo Guillén. Guatemala, noviembre 1966.

POLYVINYL CHLORIDE (PVC) PLASTIC PIPE (SDRPR And Class T). A Recorded Voluntary Standard of the Trade Published by the U. S. Department of Commerce. Superintendent of Documents U. S. Government Printing Office, Washington D. C. 20402.

BRITISH STANDARD SPECIFICATION FOR UNPLASTICIZED PVC PIPE FOR COLD WATER SERVICES. The Plastics Industry Standards Committee. BS 3505: 1968.



DETERMINACION DE LAS CONSTANTES HIDRAULICAS  
DE LA TUBERIA DE ASBESTOS-CEMENTO HECHA EN  
GUATEMALA. Tesis del Ingeniero Civil Walter Lange Fumagalli.  
Guatemala, 1965.

Efraín E. Boburg C.

Aprobado

Ing. Walter Lange Fumagalli  
ASESOR

Vo. Bo.

Ing. Jorge Erdmenger  
Jefe del Depto. de  
Hidráulica

Imprímase:

Ing. Hugo Quan Ma.  
Decano de la Facultad de  
Ingeniería