

85

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

ESTIMACION DE COSTOS
EN TUBERIAS INDUSTRIALES

129

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

LUIS OSCAR DRAGHI ICETA

México, D. F.

1976



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS. Tesis
ADQ. 1974 129
FECHA 1974
PROC. M-1



QUIMICA

PRESIDENTE: Ing. Guillermo Carsolio Pacheco

VOCAL: Ing. Moisés Azrak Cherem

Jurado asignado originalmente:

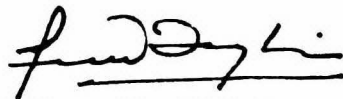
SECRETARIO: Ing. Vladimir Estivil Riera

Según el tema:

1er. SUPLENTE: Ing. Emilio Barragán Hernández

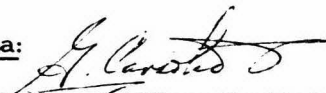
2do. SUPLENTE: Ramón Arnaud Huerta

Nombre completo y firma del sustentante:



Luis Oscar Draghi Iceta

Nombre completo y firma del asesor del tema:



Ing. Guillermo Carsolio Pacheco

A mis hermanos Elsa y José

41 Ing. Ramón Moreno Marx

A mis Maestros con gratitud
por los conocimientos recibidos.

INDICE

<u>Capítulo</u>		<u>Página</u>
	INTRODUCCION	iii
I.	SISTEMAS DE ESTIMACION DE COSTOS	
	Generalidades	1
	Método de los Seis Décimos	3
	Método del Factor N	4
	Ecuaciones Lineales	6
	Ecuaciones Logarítmicas o Exponen- ciales	6
	Ecuaciones Polinomiales	7
II.	TUBERIAS	
	Generalidades y Aplicaciones	9
	Códigos y Especificaciones	10
	Dimensiones y Cédulas de Tuberías	12
III.	MATERIALES DE CONSTRUCCION Y PRO- CESOS DE FABRICACION	
	Materiales de Construcción	16
	Procesos de Fabricación	18
	Descripción de los Procesos	19
IV.	ELECCION DE LAS ECUACIONES Y DEL METODO DE RESOLUCION	
	Elección de las ecuaciones	25
	Método para la resolución de las ecu- ciones	28

V.	METODO ESTADISTICO PARA LA DETERMINACION DE LOS INTERVALOS DE CONFIANZA DE LAS ECUACIONES DE REGRESION DE "Y" EN "X".	
	Estimación del Intervalo de confianza de la Curva de Regresión	32
VI.	RESOLUCION DE LAS ECUACIONES (Cálculo de los Coeficientes de Regresión)	38
VII.	COSTOS DE INSTALACION DE TUBERIAS INDUSTRIALES	105
VIII.	COSTO DE AISLAMIENTO PARA TUBERIAS	
	Aislamiento con recubrimiento de lámina de aluminio calibre 28	109
	Aislamiento con recubrimiento de Manta y Aisacoll	111
IX.	CONCLUSIONES	
	Explicación del uso de las gráficas	114
	Gráficas	117
	Indices Inflacionarios	128
	Aplicación de las gráficas de costos	129
	APENDICE	
	Tabulación de los precios de tuberías Diámetro Económico	140 146
	BIBLIOGRAFIA	147

I N T R O D U C C I O N

La idea para el desarrollo de una tesis de estimación de costos en tuberías industriales, provino del hecho de que durante mis estudios en la carrera de ingeniero químico, específicamente en el área denominada "Economía Industrial" se me hizo patente la falta de datos sistematizados de costos para el mercado mexicano, ya que, la mayoría de la información proviene de estudios en mercados extranjeros, y no de productos manufacturados en México, para el área de la industria química. Es de notar que los estudios hechos dentro de este campo por diversas compañías, son mantenidos para su uso exclusivo y no del conocimiento general.

También es de mencionar que las dificultades encontradas en el desarrollo del tema, provinieron de la reticencia en la entrega de información por parte de las compañías ferreteras o distribuidoras que aducían no poseer información completa, no manejar los materiales cuyos precios eran solicitados, o que debido a la inestabilidad de éstos la información dada no sería confiable, y en algunos casos que un estudio de esta naturaleza no les era conveniente, sin proporcionar razones de peso para sostener tal afirmación. Por ello debí recurrir a un sistema indirecto para reunir la información deseada, mediante intermediarios que podían conseguirla con mayor facilidad.

Los materiales estudiados son los de uso más generalizado, como acero al carbón, acero inoxidable, cobre, latón, aluminio, asbesto cemento, y PVC.

CAPITULO I

SISTEMAS DE ESTIMACION DE COSTOS

GENERALIDADES

Uno de los aspectos más importantes en el diseño de un proceso industrial, es la evaluación preliminar de la inversión necesaria en equipos e instalaciones de servicios; resaltando en especial, el caso de líneas de tuberías en todas sus posibles aplicaciones, llegando a representar, la inversión en este renglón, un alto porcentaje de la inversión total, y tomando valores que oscilan entre un 30% a 50% de la inversión total, en equipo de proceso para industrias medianas y grandes respectivamente.

Por ello, en una etapa preliminar, la evaluación económica total necesaria en un proceso, depende de una acertada aproximación de la inversión inicial mediante los sistemas de estimación de costos.

Estos sistemas se basan y derivan, usualmente, de datos obtenidos por recopilación de diferentes proveedores, a través de los cuales es posible obtener expresiones matemáticas (ecuaciones) y sus representaciones gráficas. En estas expresiones (matemáticas o gráficas), el costo viene dado en función de uno o más parámetros característicos del equipo costado ; como diámetro nominal, espesor de pared, capacidad, volumen, etc.

La gran ventaja que proporcionan los sistemas de estimación de costos, es la rápida evaluación de la inversión total o específica, para cada equipo, en los estadios iniciales del diseño.

La desventaja de estos sistemas es la imprecisión en los datos obtenidos a partir de las representaciones matemáticas o gráficas, lo cual se reflejará en cierta incertidumbre en la inversión calculada y, por lo tanto, en la evaluación de un proceso. La imprecisión en los costos obtenidos puede variar según el sistema o la información utilizada, (entre 10% y 30% del total estimado). Sin embargo, un valor de 10% es considerado de suficiente confiabilidad para un sistema de estimación de costos y su utilización en la determinación de la inversión.

Las representaciones gráficas presentan el inconveniente de una menor certeza frente a sus expresiones matemáticas, pero una mayor rapidez en la obtención del costo.

Los sistemas de estimación de costos de equipo y tubería pueden ser clasificados según los métodos propuestos o por las expresiones matemáticas de los que se derivan; por lo tanto, se hará en:

1. Método de los seis décimos.
2. Método del factor "N".
3. Ecuaciones lineales
 - una variable independiente.
 - dos o más variables independientes.

4. Ecuaciones logarítmicas o exponenciales.
5. Combinación de los dos últimos métodos.

En realidad, los dos primeros deberían ser considerados dentro de las ecuaciones exponenciales o logarítmicas, pero debido a su amplia difusión y utilización, he decidido analizarlos separadamente.

1. Método de los seis décimos

Este sistema se basa en que, conocido el costo de un equipo y su parámetro característico, es posible obtener el costo del equipo con un parámetro característico diferente, con la salvedad de que el material de construcción sea el mismo o al menos similar.

Por lo tanto, si

I_c = costo conocido del equipo

I_x = costo a determinar

Q_c = parámetro característico del equipo de costo reconocido

Q_x = parámetro característico del equipo de costo a determinar

y sea "b" el exponente denominado "seis décimos"; pero se ha encontrado, para algunos casos, que este factor puede variar entre 0.2 a 1.0 ; sin embargo estas desviaciones no inhabilitan la eficacia del método. Luego

$$I_x = I_c \left(\frac{Q_x}{Q_c} \right)^b \quad (1)$$

El método se deduce de la siguiente manera: si al graficar los datos de costo contra el parámetro característico en una escala logarítmica, se obtiene una línea recta, se concluye que es posible correlacionar el costo mediante una ecuación de la forma

$$I = a Q^b \quad (2)$$

donde a es una constante para el tipo de material del equipo. De la gráfica es posible determinar el valor de b , que es la pendiente de la recta. Expresando, ahora, dos puntos cualesquiera de la recta mediante la ecuación (2), se obtiene

$$I_C = a Q_C^b$$

$$I_X = a Q_X^b$$

dividiendo entre sí estas ecuaciones y despejando se llega a la ecuación (1).

2. Método del factor "N".

Este método fue desarrollado exclusivamente para determinar el costo de líneas de tuberías por R.A. Dickson en 1947 y revisado por él en 1950, a partir de las siguientes definiciones:

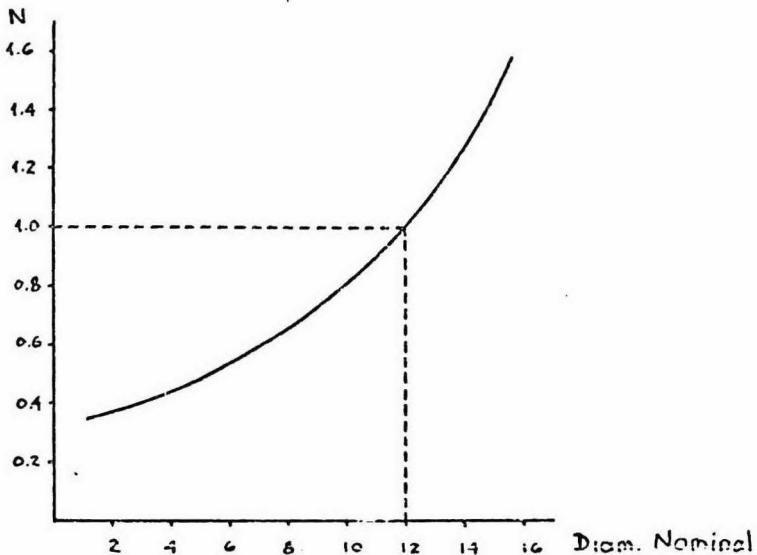
- a) Una línea de tubería está constituida de cierta longitud de tubos y accesorios.
- b) El diámetro de referencia es aquel valor cuyo factor es 1 en la curva. El diámetro de referencia es seleccionado arbitrariamente.

- c) El factor "N" es la relación del costo de una línea de tubería de cualquier dimensión con el costo de la misma tubería en el tamaño de referencia.

Entonces, si el costo de una línea de tubos de cierto diámetro tomado como referencia, es I_C ; y el costo de la misma línea con otro diámetro es I_X , se obtiene

$$\frac{I_X}{I_C} = N$$

Graficando los valores de N contra el diámetro nominal se logra una curva suave, como la de la figura 1.



Se ha reportado por el autor, que la incertidumbre del método llega a tener un valor mínimo de 6% con respecto al método usual de estimación del costo; lo que revela la bondad del sistema propuesto. La otra ventaja estriba en que sólomente es

necesario mantener al día el tamaño de referencia para cada tipo y peso de la tubería comunmente utilizada.

3. Ecuaciones lineales.

Las ecuaciones lineales son relaciones entre una variable dependiente (costo) y una o más variables independientes, (parámetros característicos). Estas ecuaciones toman la forma

$$y' = a + bx$$

para el caso de una variable

$$y' = a + b_0 x_0 + b_1 x_1$$

para el caso de dos variables.

Más que sistemas de costos estas expresiones son ajustes matemáticos a datos de costos, que permiten obtener gráficas algo más simples y más fáciles de utilizar que una tabla de datos de costos.

4. Ecuaciones logarítmicas o exponenciales .

Estas ecuaciones son aplicadas cuando no es posible obtener una línea recta al graficar los datos de costo. Es decir, se utilizan para aproximar los puntos a una línea recta, mediante papel semi-logarítmico; pudiendo expresarse la ecuación de la curva a través de la fórmula

$$y' = a \cdot b^x$$

o también como

$$\log y' = \log a + x \cdot \log b$$

Otra forma posible de la ecuación sería

$$y' = a \cdot x^b$$

o tomando logaritmos

$$\log y' = \log a + b \cdot \log x$$

La decisión entre las dos posibles ecuaciones se hace de acuerdo al ajuste de los datos mediante un procedimiento adecuado, eligiendo aquélla que brinda una mejor representación de los datos de costos.

5. Ecuaciones polinomiales.

Si no es posible encontrar una clara indicación de la función representada por la curva de datos, es posible suponer:

- a) Una relación que se aproxime mediante una serie de Taylor y
- b) Que los primeros términos de dicha expansión darán una acertada aproximación. Por lo tanto la forma general de la ecuación será:

$$y' = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2 + \dots$$

el grado del polinomio podrá ser determinado mediante un análisis adecuado de la información disponible.

Aún cuando, en la mayoría de los casos, la información no se comporta con tanta complejidad, es aconsejable disponer de un arma de este tipo, por si el caso se presenta.

La resolución de los sistemas aquí expuestos se encuentra expresada en detalle, junto con el método seguido, en el capítulo correspondiente.

CAPITULO II

TUBERIAS

GENERALIDADES Y APLICACIONES

En la mayoría de los procesos químicos los fluidos son transferidos de una sección a otra del sistema por medio de conductos y raramente por canales abiertos; pudiendo ser los primeros de sección transversal cuadrada o circular. Los conductos de sección circular son los más frecuentemente utilizados en los procesos industriales y a los cuales se les ha denominado tuberías.

A los sistemas de tuberías dentro de un proceso se les llama usualmente redes o líneas de tuberías, y se les utiliza tanto para el transporte de líquidos, gases y sólidos mediante la formación de una suspensión o una corriente gaseosa de alta velocidad.

Las ventajas de los conductos o tuberías estriba en las altas velocidades y flujos que se pueden obtener; en la eliminación de una posibilidad de contaminación del fluido o la que el fluido puede provocar. La de trabajar a grandes presiones tanto internas como externas o al vacío, y la de manejar fluidos a altas temperaturas evitando pérdidas de calor mediante

aislamientos adecuados como es el caso de líneas de vapor, o en el caso contrario cuando se trata de productos a bajas temperaturas, por ejemplo en plantas de refrigeración y plantas criogénicas.

CODIGOS Y ESPECIFICACIONES

La función de los códigos ha sido la de normalizar y estandarizar las características físicas de las tuberías (diámetros, longitud de tramos, espesor de pared), los materiales de construcción y sus aleaciones, (presiones permisibles de trabajo y rango de temperaturas, resistencia a la corrosión, etc.).

Los códigos normalmente utilizados en la industria son:

ASTM (American Society of Testing Materials)

ASA (American Standards Association)

ASME (American Society of Mechanical Engineers)

API (American Petroleum Institute)

En las especificaciones de estos códigos se tratan los puntos antes mencionados y se amplian mediante la utilización de tablas en las que se indican los diámetros nominales, diámetros externos y los espesores de pared de acuerdo con su número de cédula. También se establecen las pruebas físicas a las que deben someterse las tuberías, como son radiografiado de las soldaduras, pruebas hidrostáticas o hidrodinámicas de acuerdo con los materiales y procesos de fabricación, un ejemplo de esto es lo siguiente.

De un modo general el código ASTM establece las siguientes especificaciones

- A120 Tubería comercial de acero de usos ordinarios, donde no se necesitan pruebas físicas.
- A53 Tubería comercial de acero de usos ordinarios, donde se requieren pruebas físicas.
- A106 Tubería para servicios a altas temperaturas, hasta 399° C (750° F) para tuberías de energía y 538° C (1000° F) para tuberías de petróleo.
- A158 Tuberías de acero de aleación para servicios a temperaturas de 399° C (750° F) hasta 594° C (1100° F).
- A206 Tuberías de acero de aleación de Carbón-molibdeno para servicios desde 399° C (750° F) a 538° C (1000° F).

En el código ASA las tuberías más comunmente utilizadas están cubiertas por las siguientes especificaciones.

- B36.10 Tubería comercial de acero forjado para un espesor de pared estándar, extra fuerte y doble extra fuerte de cédulas 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 y 160.
- B36.19 Tubería de acero inoxidable con cédulas de 5S a 80S.

DIMENSIONES Y CEDULAS DE TUBERIAS

La longitud de los tramos de tubería depende del diámetro exterior como del proceso de fabricación, variando dicha longitud entre 4.9 m y 15.25 m (16 y 50 pies).

Para facilitar la clasificación y manejo de los datos de tuberías se ha recurrido al uso del diámetro nominal del tubo. La tubería hasta 12 pulgadas de diámetro es designada, usualmente, por su diámetro interno nominal, que difiere del diámetro interno real en una pequeña fracción, dependiendo del espesor de pared y tamaño de la tubería. Sin embargo, el diámetro exterior es el mismo para todas las tuberías con el mismo diámetro nominal, lo que permite un intercambio o uso general de los diferentes accesorios y conexiones.

En la tubería de 14 pulgadas en adelante se ha establecido el uso del diámetro externo para su clasificación. Aunque en la actualidad existe cierta tendencia a designar todo tipo de tuberías por su diámetro externo y espesor de pared. Un ejemplo de esto lo tenemos en las tablas adoptadas por el código ASA en su especificación B36.10 para tubería de acero.

Cédula 40

Diámetro nominal		Diámetro externo		Diámetro interno		Espesor pared	
(pulg)	mm.	(pulg)	mm.	(pulg)	mm.	(pulg)	mm.
1/8	3	0.405	10	0.269	7	0.068	2
3/8	9	0.675	17	0.493	12.5	0.091	2.3
3/4	19	1.050	27	0.824	21	0.113	3

Diámetro nominal		Diámetro externo		Diámetro interno		Espesor pared	
(pulg)	mm.	(pulg)	mm.	(pulg)	mm.	(pulg)	mm.
1¼	31.7	1.660	42	1.380	35	0.140	3.5
2	50.8	2.375	60	2.067	52.5	0.154	3.9

14	355.6	14.0	355.6	13.124	333	0.438	11
18	457	18.0	457	16.876	428.6	0.562	14
24	609.6	24.0	609.6	22.626	574.7	0.687	17

Las cédulas de las tuberías son indicadores de los espesores de pared, en función de la presión interna de trabajo y del esfuerzo permisible del material de fabricación. Esta relación está expresada por

$$\# \text{ Cédula} = 1000 \frac{P}{S}$$

P, presión interna de trabajo, lb/pulg²

S, esfuerzo permisible a la temperatura de trabajo en lb/pulg²

Las cédulas comerciales utilizadas van del # Ced. 10 al 160, pero la más utilizada en la industria es la tubería de Ced. 40 debida a sus características de trabajo a presiones internas de hasta 28.2Kg/cm² y temperaturas que varían de -20° C a 750° C.

Pero para seleccionar adecuadamente la tubería por su espesor de pared, debe utilizarse una fórmula adecuada de diseño como la que establece el código ASA para Tuberías a Presión; especificación B31.1a de 1953.

$$t_m = \frac{P \cdot D}{2S + 2yP} + C$$

$$P = \frac{S}{\left[\frac{1}{2} \frac{D}{(t_m - C)} \right] - y}$$

donde,

t_m , es el espesor de pared mínimo en pulg. El espesor mínimo resultante no debe ser menor que el obtenido de la aplicación de las tolerancias dadas en la especificación de la tubería a usar.

P, presión interna de trabajo máxima, manométrica, a la temperatura de operación. El valor de P en la fórmula no debe ser tomado a menos de 100% para cualquier condición de trabajo o material, psi.

D, diámetro exterior, pulg.

S, esfuerzo permisible debido a la presión interna a la temperatura de operación del metal, psia.

C, tolerancia debido al roscado, esfuerzo mecánico y/o corrosión.

y, coeficiente de corrección debido a la temperatura para la presión que se debe tomar de la siguiente tabla

Valores del coeficiente "y"

	Temperatura, °C					
	Hasta 480°	510°	538°	566°	593°	621° ó más
Aceros ferríticos	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
Aceros austeníticos	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7

Pero para seleccionar adecuadamente la tubería por su espesor de pared, debe utilizarse una fórmula adecuada de diseño como la que establece el código ASA para Tuberías a Presión; especificación B31.1a de 1953.

$$t_m = \frac{P \cdot D}{2S + 2yP} + C$$

$$P = \frac{S}{\left[\frac{1}{2} \frac{D}{(t_m - C)} \right] - y}$$

donde,

t_m , es el espesor de pared mínimo en pulg. El espesor mínimo resultante no debe ser menor que el obtenido de la aplicación de las tolerancias dadas en la especificación de la tubería a usar.

P, presión interna de trabajo máxima, manométrica, a la temperatura de operación. El valor de P en la fórmula no debe ser tomado a menos de 100% para cualquier condición de trabajo o material, psi.

D, diámetro exterior, pulg.

S, esfuerzo permisible debido a la presión interna a la temperatura de operación del metal, psia.

C, tolerancia debido al roscado, esfuerzo mecánico y/o corrosión.

y, coeficiente de corrección debido a la temperatura para la presión que se debe tomar de la siguiente tabla

Valores del coeficiente "y"

	Temperatura, °C					
	Hasta 480°	510°	538°	566°	593°	621° ó más
Aceros ferríticos	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
Aceros austeníticos	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7

Los valores de "C" en las fórmulas no deben ser menores que

Tipo de tubería	Valor de C, pulg.
<u>Tubería roscada</u> (9.53 mm) 3/8 pulg o menor (12.7 mm) 1/2 pulg o mayor	0.05 profundidad de rosca
<u>Tubería sin rosca</u> (25.4 mm) 1 pulg. o menor (25.4 mm) 1 pulg. o mayor	0.05 0.065

CAPITULO III

MATERIALES DE CONSTRUCCION Y PROCESOS DE FABRICACION

MATERIALES DE CONSTRUCCION

Las tuberías pueden ser construídas con una gran variedad de materiales; dependiendo de las características del material y del fluído que éstas transporten o de las condiciones en que se desarrolla el proceso. Es así que, materiales como madera, latón, concreto, asbesto-cemento y vidrio, se han empleado y se emplean en la fabricación de tuberías, siendo los más utilizados en la industria, debido a sus propiedades de resistencia al esfuerzo y a la corrosión y facilidad de fabricación son el hierro, acero, bronce y cobre; siendo el acero el más importante por la variedad de aleaciones que brinda y que le otorgan una mayor amplitud de aplicaciones dentro de un gran rango de temperaturas, como la siguiente tabla indica:

Código ASME - 1956 - Esfuerzo permisible máximo en lb/pulg.²

Especificación	Composición nominal	Soldadura	Rango de temperatura °C		
			-29 a 343	427	538
SA-53	Ac. al Carbón	Solapa	9,000	...	...
SA-53	Ac. al Carbón	Resist.	10,200	7,900	...
SA-72	Hierro forja.	Solapa	8,000	...	...

Especificación	Composición nominal	Soldadura	Rango de temperatura °C		
			-29 a 343	427	538
SA-72	Hierro forja.	A tope	6,000	...	...
SA-135	Ac. al Carbón	Resist.	10,200	7,900	...
SA-250	Carb.-Molibd	Resist.	12,750	12,250	5,300
SA-333	3.5 níquel	Resist.	13,800	...	...
SA-334	5 níquel	Resist.	13,800	...	...

Para aceros de alta aleación en tuberías sin costura se cuenta con los siguientes datos:

Especificación	Grado	Composición nominal	Rango de temperaturas °C			
			-29-343	482	649	816
SA-213	TP304	18Cr-8 Ni	15,000	9,400	4,500	750
SA-213	TP316	16Cr-13Ni-3Mo	18,200	16,000	6,800	1,500
SA-268	TP410	13Cr	13,800	11,000	1,000	...
SA-312	TP310	25Cr-20Ni	17,800	13,800	6,000	750
SA-312	TP317	18Cr-13Ni-4Mo	17,900	16,000	6,800	1,500
SA-376	TP321	18Cr-10Ni-Ti	16,800	14,100	5,000	1,000
SA-376	TP347	18Cr-10Ni-Cb	16,800	14,100	5,000	1,000

PROCESOS DE FABRICACION

Estos procesos dependen del material, diámetro y espesor de pared de la tubería requerida y de la clase de servicio en que será utilizada, pudiendo clasificarlos de la siguiente forma:

Material	Proceso	Soldadura	Código	Especific.	
Acero	Horneado	A tope	ASTM	A53,A120	
			API	5L	
		A Solapa	ASTM	A53,A120 A106	
			API	5L	
		Mannesman	Sin costura	ASTM	A53,A106 A120
		Pilger		ASTM	A158,A206
		Acopado		API	5L
				AWWA	7A.4 (agua)
	Resisten.		Eléctrica	ASTM	A53,A135
				API	5L
AWWA				7A.4	
	Fusión	Eléctrica	ASTM	A134,A139 A155	
			API	5L	
Hierro forjado	Remachado		ASTM	A138	
			AWWA	7A.1	
		Forjada	ASTM	A136	
	Traba		AWWA	7A.2	

Material	Proceso	Soldadura	Código	Especific.
Hierro colado	Molde vertical de arena		ASA	21.2
			ASTM	A44
			WW	P-421
	Molde horizontal de arena		WW	P-421
	Molde centrífugo de arena		ASTM WW	A-142 P-221
	Molde centrífugo de metal			

DESCRIPCION DE LOS PROCESOS

Acero Soldado con horno

Soldadura a tope:

Este método se utiliza para la fabricación de tubería hasta 3 pulg. (76.2 mm) de diámetro de usos ordinarios, como vapor a baja presión, líquidos o líneas de gas, usándose acero Bessemer debido a su bajo costo y facilidad de soldado por horno, características impartidas por el alto contenido de fósforo. En este proceso una tira o lámina que ha sido calentada en un horno hasta la temperatura de soldado, se pasa a través de una matriz cilíndrica que forma el tubo y suelda los bordes en una sola operación. En algunos casos es necesaria una segunda operación a través de un rodillo soldador para asegurar una unión perfecta y adecuada terminación de las dimensiones de la tubería.

Soldadura con solapa:

Se usa para tubería desde 4 pulg., de usos ordinarios; utilizando acero Siemens-Martin en la mayoría de los casos aunque también se recurre a acero Bessemer para diámetros pequeños.

La tubería se hace a partir de una lámina de bordes biselados que es calentada y curvada hasta darle forma tubular con los bordes sobrepuestos, a continuación se recalienta el tubo hasta la temperatura de soldado y se sueldan los bordes mediante un eje de torno dentro de la tubería y dos rodillos exteriores curvos. Operaciones subsecuentes de rolado se emplean para enderezar y terminar la tubería.

Tubería sin costura de acero

Proceso Mannesman:

En este proceso un lingote cilíndrico de acero muerto de alta calidad se calienta a alta temperatura de forjado y mediante rodillos forzado contra un mandril de punta redonda, resultando un tubo sin costuras de paredes gruesas. En algunos casos un segundo mandril es utilizado para expandir el tubo a un diámetro mayor antes de pasar por los rodillos; la operación final se hace introduciendo una cuña y pasando el tubo por rodillos laminadores que reducen el espesor de pared, alargan, enderezan y rectifican el tubo. La tubería es recalentada y pasada a través de rodillos calibradores que ajustan la tubería a las dimensiones deseadas.

Proceso Pilger:

El tubo se obtiene a partir de un lingote cilíndrico de acero fundido o de acero laminado que se calienta y perfora con un mandril o taladro Mannesman de tipo pesado; un mandril de 10 pies de longitud de diámetro aproximado al diámetro interior final del tubo es forzado a través de la perforación mediante un pistón hidráulico, una vez embutido en el lingote el mandril es colocado entre los rodillos de una forjadora Pilger. Los rodillos tienen un contorno tipo levas que giran en sentido contrario a la dirección en que el lingote es forzado por el pistón hidráulico. La rotación de los rodillos produce el equivalente de golpes de martillo que forjan la pared del lingote contra el mandril y lo empujan contra el pistón. La tubería es rotada 90° después de cada paso por los rodillos.

La diferencia entre los procesos Mannesman y Pilger estriba en que el primero parte de una tubería de pared gruesa de pequeño diámetro que se agranda hasta una tubería de pared delgada de mayor diámetro, mientras que el segundo proceso parte de un cilindro corto de pared gruesa que es forjado hasta obtener una tubería de pared delgada más larga pero con el mismo diámetro del cilindro inicial.

Proceso por acopado:

Se cortan placas de 1861 cm^2 a 6512 cm^2 y 9.53 mm a 101.6 mm de grueso en discos circulares. Se calientan a temperatura de forjado. Se colocan concéntricamente en una matriz y se prensan con un pistón de cabeza semi-esférica. La copa resultante se recalienta y se fuerza a través de una

matriz de diámetro menor que la deja perfectamente cilíndrica. Este cilindro es sucesivamente calentado y forzado, con el extremo cerrado hacia delante, a través de una serie de 3 a 12 matrices de diámetros decrecientes montadas en un banco horizontal. A continuación se corta el extremo cerrado y la tubería se endereza.

Tubería con soldadura eléctrica

Soldado por resistencia:

En la tubería fabricada con este proceso, se utiliza acero de horno-eléctrico. En usos generales, compite con la obtenida por el proceso de soldadura por hornado, debido a la mejor eficiencia de la unión, y su uso se ha extendido en oleoductos y gasoductos.

Para hacer la tubería se cortan láminas del ancho apropiado y del espesor deseado, y se forman en frío tubos, mediante una serie de rodillos. La pieza obtenida se alimenta a una máquina de soldar que consiste de 3 cilindros de presión regulable y dos electrodos circulares, la corriente pasa de un electrodo a otro a través de los bordes colindantes. La resistencia al paso de la electricidad produce una temperatura de soldadura, al mismo tiempo los rodillos presionan los bordes para completar la unión. Inmediatamente, mientras la soldadura está caliente, la tubería se pasa por rodillos y un mandril la atraviesa limando los rebordes del metal soldado durante la operación; luego el tubo se pasa por rodillos para enderezarlo y darle el diámetro exterior preciso.

Soldado por fusión:

El procedimiento es semejante al anterior con la diferencia que la resistencia al paso de la electricidad genera calor suficiente para fundir y unir los bordes de la lámina curvada. La tubería obtenida por este proceso puede utilizarse para líneas de aire, gas y agua a altas presiones y temperaturas.

Tubería de hierro forjado

Unión remachada:

En este caso se utiliza acero o hierro fundido en láminas, que se curvan en frío mediante rodillos. Los bordes de las mismas se superponen y se unen con remaches del mismo material de las tuberías. La tubería así construída es de gran diámetro y espesor mediano, utilizándose para líneas de agua fría o servicios similares a bajas presiones.

Unión riveteada:

Como en el caso anterior, la lámina se curva, después de que los bordes han sido aplanados y doblados perpendicularmente a la misma. Se ajustan los bordes y se aprisionan con un rivete con forma de U, para lograr una junta longitudinal. Inmediatamente, se prensa la unión en frío para sellar la junta. La tubería obtenida es de grandes diámetros y se utiliza en líneas de agua fría y gas o servicios similares.

Soldadura forjada:

Se utiliza para tubos de 355.6 mm a 2,438.4 mm de diámetro exterior y espesores de pared de 6.35 mm a 31.75 mm. El proceso se lleva a cabo

rolando la lámina y superponiendo los bordes. Luego se calienta un tramo hasta la temperatura de soldadura y se martillan o prensan los bordes sobre un yunque.

La utilización de soldadura eléctrica por fusión ha producido el abandono de los métodos antes mencionados, debido a la mejor resistencia que presenta esta unión y a la mayor capacidad de transporte de la tubería.

Tubería de hierro colado

Los cuatro procesos mencionados a continuación, se basan fundamentalmente en la formación de un molde de arena prensada alrededor de un patrón. El molde se seca luego en un horno. Se coloca un alma dentro del molde y se cuela el hierro en el espacio dejado por ambos; dejando enfriar el metal, se saca el alma y se desmolda. Después se limpia la tubería, se la sumerge en brea y se le hacen pruebas hidrostáticas de resistencia a la presión interna.

En el método de colado horizontal el molde y alma están en posición horizontal y el hierro es vertido de un crisol con bocas de descarga múltiples en la base. De esta manera se reduce la introducción de impurezas en el molde.

En el proceso centrífugo, el molde es colocado horizontalmente introduciendo la cantidad exacta de hierro colado por un extremo, mientras se hace girar el molde horizontalmente en una centrífuga. La velocidad de rotación genera la fuerza centrífuga suficiente como para distribuir el metal uniformemente contra las paredes del molde. Con este proceso se obtiene una tubería completamente formada en 30 a 60 minutos, dependiendo del diámetro y espesor de la pared.

CAPITULO IV

ELECCION DE LAS ECUACIONES Y DEL METODO DE RESOLUCIONELECCION DE LAS ECUACIONES

La elección de las ecuaciones fue hecha de acuerdo con un análisis de los datos para cada uno de los diámetros y tipo de materiales. Se encontró que las expresiones que proporcionaban un mejor ajuste eran:

$$y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$$

y también

$$y = 10^a x^b$$

El análisis de los datos se basó en que es posible encontrar un polinomio de grado "n-1" que pase por casi todos los "n" puntos que corresponden a los "n" valores de "x". Es decir, se intenta encontrar un polinomio del menor grado posible que describa adecuadamente los datos de costos; por lo tanto el procedimiento llevado a cabo fue el siguiente:

- a) Graficando los datos de costo tomados de las tablas, se encontró que no existía una relación lineal de "y" en "x".

- b) Se intentó entonces el uso de un polinomio de 2^o grado, a partir de la expansión de una serie de Taylor del tipo

$$y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3 \dots$$

para nuestro caso, tomando sólo los tres primeros términos

$$y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$$

se calcularon los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 ; y luego se graficó la ecuación para compararla con los datos originales y ver las desviaciones.

- c) Luego se probó el uso de un polinomio de 3^o grado, del tipo

$$y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3$$

se comprobó si la utilización del término $b_3 x^3$ proporcionaba alguna ventaja para un mejor ajuste a los datos. En todos los casos se encontró que la ventaja proporcionada por la adición de este término no compensaba la dificultad o complejidad del cálculo, por lo tanto la aplicación del término $b_3 x^3$ fue desechada.

Ahora bien, si después del análisis anterior la ecuación no produjo un ajuste adecuado, se intentó la utilización de una expresión exponencial

del tipo

$$y = a x^b \quad \text{ó} \quad \log y = a + b \log x$$

o si no

$$y = a b^x \quad \text{ó} \quad \log y = a + x \log b$$

el procedimiento utilizado fue el de graficar $\log y$ contra " x " y $\log x$, tratando de obtener una línea recta. Pero los resultados obtenidos fueron negativos. Por lo tanto se intentó resolver el problema graficando $\log(\log y)$ contra $\log x$, obteniéndose una línea casi recta.

Entonces si

$$\log(\log y) = A + b \log x$$

luego

$$\log y = 10^A x^b$$

haciendo $10^A = a$

$$\log y = a x^b$$

tomando antilog

$$y = 10^a x^b$$

La aplicación de esta ecuación sólo fue necesaria en muy pocos casos; los cuales serán vistos durante la resolución de las ecuaciones.

METODO PARA LA RESOLUCION DE LAS ECUACIONESMétodo de los mínimos cuadrados:

El método se basa en que teniendo "n" pares de valores (x_i, y_i) , es posible suponer la existencia de una relación matemática o ecuación, a la cual se le denomina curva de regresión de "y" en "x". Por lo tanto en nuestro caso, para cualquier "x" dada, la variable dependiente "y" estará expresada por

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$$

y nuestro problema consistirá en estimar los parámetros β_0, β_1 y β_2 , los que determinarán completamente la curva de regresión. La estimación de estos parámetros será equivalente a encontrar la ecuación del polinomio que mejor se ajuste a los datos.

Entonces si predecimos "y" mediante la ecuación

$$y' = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$$

el error existente para una " x_i " dada será

$$y - y'_i = e_i$$

este error (e_i) proviene de que la ecuación $y' = f(b_0, b_1, b_2, x)$ es una estimación de la ecuación de la curva de regresión desconocida

$$y = f(\beta_0, \beta_1, \beta_2, x),$$

por ello, nuestra intención será la de encontrar valores

de b_0 , b_1 , y b_2 tales que el error " e_i " pueda ser minimizado, o sea hacerlo lo más pequeño posible.

Como no es posible minimizar " e_i " en forma individual se supondría la posibilidad de hacer:

$$\sum_{i=1}^n e_i = 0 \text{ ó lo más cercano posible a cero.}$$

pero se encontraría el inconveniente de que esta suma sería igual a cero mediante muchas curvas no aplicables. La solución entonces es minimizar la suma de los cuadrados de " e_i ", o sea encontrar valores apropiados de b_0 , b_1 y b_2 tales que

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n \left[y_i - (b_0 + b_1 x_i + b_2 x_i^2) \right]^2$$

sea mínima.

Para ello tomando derivadas parciales con respecto a b_0 , b_1 y b_2 e igualando cada una de ellas a cero tenemos:

$$\frac{\partial}{\partial b_0} \left[\sum_{i=1}^n e_i^2 \right] = 2 \sum_{i=1}^n \left[y_i - (b_0 + b_1 x_i + b_2 x_i^2) \right] (-1) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial b_1} \left[\sum_{i=1}^n e_i^2 \right] = 2 \sum_{i=1}^n \left[y_i - (b_0 + b_1 x_i + b_2 x_i^2) \right] (-x_i) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial b_2} \left[\sum_{i=1}^n e_i^2 \right] = 2 \sum_{i=1}^n \left[y_i - (b_0 + b_1 x_i + b_2 x_i^2) \right] (-x_i^2) = 0$$

reordenando los términos de las ecuaciones en una forma más conveniente

$$\sum_{i=1}^n y_i = nb_0 + b_1 \sum x_i + b_2 \sum x_i^2 \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2 + b_2 \sum x_i^3 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i x_i^2 = b_0 \sum x_i^2 + b_1 \sum x_i^3 + b_2 \sum x_i^4 \quad (3)$$

en el segundo miembro los índices fueron omitidos por simplicidad.

Mediante las ecuaciones anteriores, llamadas ecuaciones normales, podremos calcular los coeficientes de regresión b_0 , b_1 y b_2 .

Para el segundo caso, o sea para la resolución de la ecuación

$$y = 10^a x^b \quad (4)$$

tomando logaritmos

$$\log y = a + b \log x$$

volviendo a tomar log.

$$\log(\log y) = \log a + b \log x$$

$$\begin{aligned} \text{haciendo} \quad \log(\log y) &= Y & y & \log x = X \\ \log a &= A \end{aligned}$$

$$\text{Tendremos} \quad Y = A + bX \quad (4')$$

aplicando el método de los mínimos cuadrados a la ecuación anterior obtendremos:

$$e_i = Y_i - Y'_i$$

Minimizando esta diferencia

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n Y_i - (A + b X_i)^2$$

tomando derivadas parciales con respecto a "A" y "b," tenemos

$$\frac{\partial}{\partial A} \left[\sum_{i=1}^n e_i^2 \right] = 2 \sum_{i=1}^n \left[Y_i - (A + b X_i) \right] (-1) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial b} \left[\sum_{i=1}^n e_i^2 \right] = 2 \sum_{i=1}^n \left[Y_i - (A + b X_i) \right] (-X_i) = 0$$

reordenando términos

$$\sum_{i=1}^n Y_i = n A + b \sum_{i=1}^n X_i \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i = A \sum_{i=1}^n X_i + b \sum_{i=1}^n X_i^2 \quad (6)$$

mediante este par de ecuaciones normales es posible calcular los coeficientes de regresión "A" y "b!"

CAPITULO V

METODO ESTADISTICO PARA LA DETERMINACION DE LOS INTER-
VALOS DE CONFIANZA DE LAS ECUACIONES DE REGRESION

DE Y EN X

ESTIMACION DEL INTERVALO DE CONFIANZA DE LA CURVA DE
REGRESION

El ajuste de una relación curvilínea es exactamente igual al de una regresión múltiple, en la que las potencias x^1 y x^2 de los valores observados de la variable independiente "x", sustituyen a los valores independientes observados x_1 y x_2 . Comparando los dos tipos de ecuaciones, es posible ver la semejanza:

$$y_{\text{curv.}} = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$$

y

$$y_{\text{mult.}} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

Así, una regresión parabólica de "y" sobre "x" se ajustaría precisamente como si fuese una regresión múltiple entre dos variables independientes distintas "x" y x^2 . El hecho de que las dos variables no sean en ningún sentido independientes entre sí no se debe tomar en cuenta para establecer las ecuaciones.

Por lo tanto, al analizar el método para la determinación de los intervalos o regiones de confianza, tendremos que:

Los coeficientes de regresión correspondientes a las potencias separadas de "x" estarán muy correlacionados entre sí. Por lo tanto, los errores típicos de los coeficientes son, por sí solos, de poco valor como medidas de la precisión con que se ha estimado el efecto general de "x".

El cálculo de regiones de confianza para conjuntos de coeficientes tampoco es muy satisfactorio. La representación más conveniente de la precisión con que se ha determinado el efecto de "x" consiste, pues, en graficar la relación ajustada junto con los límites de confianza para los valores predichos de "y".

Desarrollo del método de cálculo:

Para ello es necesario expresar las ecuaciones normales o minimocuadráticas de b_0 , b_1 y b_2 de la siguiente manera:

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} - b_2 \bar{z} \quad \text{donde } z = x^2$$

$$b_1 \sum (x - \bar{x})(z - \bar{z}) - b_2 \sum (z - \bar{z})^2 = \sum (z - \bar{z})(y - \bar{y})$$

$$b_1 \sum (x - \bar{x})^2 - b_2 \sum (x - \bar{x})(z - \bar{z}) = \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})$$

en las que es fácil demostrar su equivalencia con las ecuaciones normales desarrolladas en el capítulo IV. Haciendo las siguientes definiciones:

$$C_{xz} = \sum (x - \bar{x})(z - \bar{z}) = \sum xz - \frac{\sum x \sum z}{n}$$

$$C_{zz} = \sum (z - \bar{z})^2 = \sum z^2 - \frac{(\sum z)^2}{n}$$

$$C_{yz} = \sum (y - \bar{y})(z - \bar{z}) = \sum yz - \frac{\sum y \sum z}{n}$$

$$C_{xx} = \sum (x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$C_{yx} = \sum (y - \bar{y})(x - \bar{x}) = \sum yx - \frac{\sum y \sum x}{n}$$

$$C_{yy} = \sum (y - \bar{y})^2 = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

y recordando que se trata de una regresión múltiple de dos variables "x" y "z", la suma de los cuadrados debida a la regresión está dada, por

$$b_1 C_{yx} - b_2 C_{yz}$$

con 2 grados de libertad, entonces la suma residual de cuadrados es

$$C_{yy} - b_1 C_{yx} - b_2 C_{yz}$$

dividiendo por los $n-p-1$ grados de libertad obtenemos la estimación de la variancia residual o sea la estimación del cuadrado del error verdadero, también llamado error estándar estimado, por lo tanto

$$s_e^2 = \frac{C_{yy} - b_1 C_{yx} - b_2 C_{yz}}{n-p-1}$$

donde "n" es el número de conjuntos de valores u observaciones empleados para deducir la ecuación de regresión, y

$-(p + 1)$ es el número de parámetros estimados.

Las variancias de los coeficientes de regresión estimados vienen dados por

$$V(b_1) = \frac{s_e^2 C_{zz}}{C_{xx} C_{zz} - (C_{xz})^2}$$

$$V(b_2) = \frac{s_e^2 C_{xx}}{C_{xx} C_{zz} - (C_{xz})^2}$$

$$\text{COV}(b_1 b_2) = \frac{s_e^2 C_{xz}}{C_{xx} C_{zz} - (C_{xz})^2}$$

La covariancia de las estimaciones b_1 y b_2 , indica en que medida los errores aleatorios de la estimación de cualquier coeficiente afectarán la estimación del otro coeficiente. Con las ecuaciones anteriores, es posible calcular la variancia "y" para cualquier x_i dada, es decir

$$V(y_i) = V(\bar{y}) - V(b_1) (x_i - \bar{x})^2 - V(b_2) (x_i^2 - \bar{x}^2) - \text{COV}(b_1 b_2) (x_i - \bar{x})(x_i^2 - \bar{x}^2)$$

$$\text{donde } V(\bar{y}) = \frac{s^2}{n}$$

Con las fórmulas anteriores nos es ahora posible calcular el intervalo de confianza para los valores y_i obtenidos de la ecuación de regresión de "y" en "x." Suponiendo que los "n" valores de y_i están independientemente distribuidos con una distribución normal y teniendo la media

$\beta_0 - \beta_1 x - \beta_2 x^2$ y la variancia común σ^2 es posible calcular el

intervalo de confianza de $1 - \alpha$ con la distribución "t" de Student con $n-3$ grados de libertad, entonces

$$b_0 + b_1 x_i + b_2 x_i^2 \pm t_{\alpha} \sqrt{s_e^2 + V(y_i)}$$

La precisión con que se estime $b_0 + b_1 x + b_2 x^2$ depende de la magnitud de s_e^2 , es decir de la dispersión residual respecto a la regresión y del número de observaciones de que se disponga (lo que determina el multiplicador t_{α} adecuado). En nuestro caso, es de suma importancia hacer hincapié en este último aspecto: los grados de libertad para cualquier ecuación son $n-3$, por lo tanto observando la tabla de los valores de la distribución "t" para un nivel de confianza de 0.95

grados de libertad	$t_{0.05}$
1	6.414
2	2.920
3	2.353
4	2.132
5	2.015
6	1.943
7	1.895
8	1.860
9	1.833
10	1.812
-----	-----
28	1.701
29	1.699
Inf.	1.645

Es evidente que a medida que aumenta el número de observaciones y por lo tanto los grados de libertad, el intervalo o región de confianza para y_i se reduce. Esto es, existe una mayor precisión en la determinación

de los coeficientes de regresión b_0 , b_1 y b_2 o sea una más acertada estimación de los coeficientes ρ_0 , ρ_1 , ρ_2 y por extensión lo mismo sucederá con los valores de y_i . E inversamente para un pequeño número de observaciones la incertidumbre de los valores de y_i aumenta.

Para facilitar la construcción de las curvas del intervalo de confianza se utilizó el promedio de $\sqrt{s_e^2 + V(Y)}$ en lugar de los valores individuales calculados, por lo tanto llamándolo intervalo de confianza promedio (\overline{ICP}), tenemos

$$\pm \overline{ICP} = t_{\alpha} \left[\frac{1}{n} \sum \sqrt{s_e^2 + V(Y)} \right]$$

CAPITULO VI

RESOLUCION DE LAS ECUACIONES

(CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION)

En la resolución se utiliza la siguiente convención

x = Diámetro en pulgadas

y = Precio de la tubería en \$/mt.

TUBERIA DE ACERO AL CARBON SIN COSTURACEDULA 20

$$\begin{array}{ll} \sum x & = 60 & \sum y & = 2471.00 \\ \sum x^2 & = 760 & \sum yx & = 31871.40 \\ \sum x^3 & = 10080 & \sum yx^2 & = 429319.60 \\ \sum x^4 & = 138784 & & \end{array}$$

Reemplazando estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo

IV, podemos calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = -120.20$$

$$b_1 = 45.47$$

$$b_2 = 0.44$$

trasladando los valores calculados a la ecuación general obtenemos la

ecuación de la curva de regresión

$$y_{20} = -120.2 + 45.5 x + 0.44 x^2$$

rearrreglando la ecuación para mayor comodidad

$$y_{20} = -120.2 + x(45.5 + 0.44 x)$$

la ecuación está representada en la gráfica No. 1, página 117.

Cálculo de los intervalos de confianza

(Por razones de simplicidad se han omitido los cálculos)

$C_{yy} = 124,151$	$C_{zz} = 23,264$	$S_e^2 = 227$
$C_{yx} = 2,219$	$C_{zy} = 53,727$	$V(\bar{y}) = 45.4$
$C_{xx} = 40$	$C_{zx} = 960$	$t_{0.05,2} = 2.920$

$$V(b_1) = 589.0$$

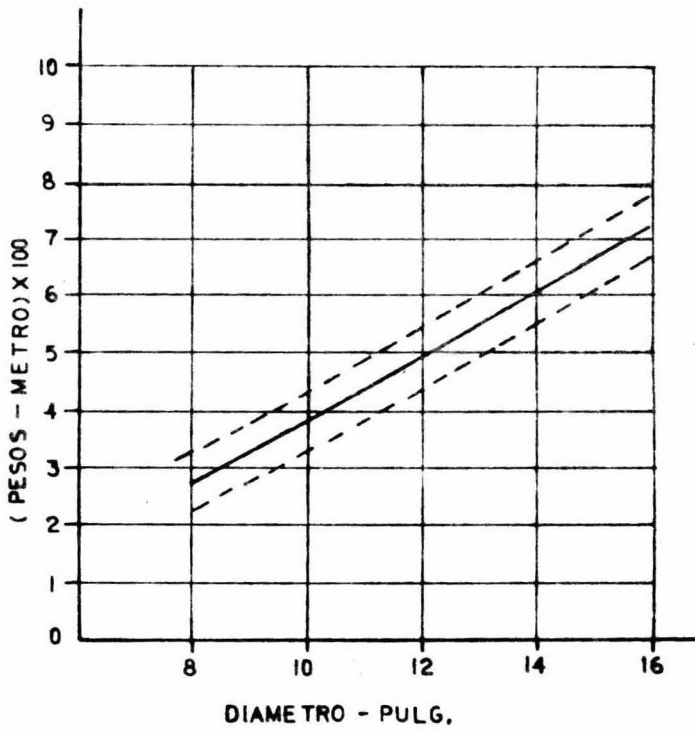
$$V(b_2) = 1.0 \quad + \overline{(ICP)} = 2.92 \times 18.6 = + 54.4$$

$$COV(b_1, b_2) = 24.0$$

El intervalo de confianza estará dado por

$$-174.6 + x(45.5 + 0.44 x) \leq y_{20} \leq -65.8 + x(45.5 + 0.44 x)$$

el cual está expresado en la gráfica VI-1



CEDULA 30

$$\sum x = 60$$

$$\sum y = 2795.4$$

$$\sum x^2 = 760$$

$$\sum yx = 35689.0$$

$$\sum x^3 = 10080$$

$$\sum yx^2 = 475458.0$$

$$\sum x^4 = 138784$$

reemplazando los valores antes mencionados en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, podemos calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = -28.08$$

$$b_1 = 46.4$$

$$b_2 = 0.2$$

sustituyendo b_0 , b_1 y b_2 en la ecuación general, obtenemos la ecuación de la curva de regresión

$$y_{30} = -28.08 + x(46.4 + 0.2x)$$

la ecuación se expresa en la gráfica No. 1, página 117.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 119,446$$

$$C_{zz} = 23,264$$

$$S_e^2 = 4926$$

$$C_{yx} = 2,144$$

$$C_{yz} = 50,557$$

$$V(\bar{y}) = 985$$

$$C_{xx} = 40$$

$$C_{xz} = 960$$

$$t_{0.05,2} = 2.920$$

$$V(b_1) = 12,790$$

$$V(b_2) = 22$$

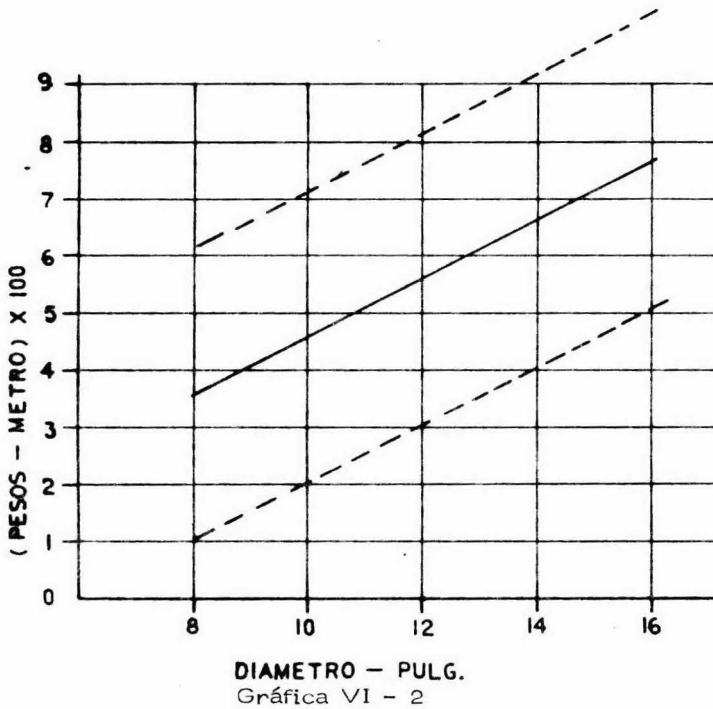
$$\pm (\overline{ICP}) = 2.92 \times 88.01 = \pm 257.0$$

$$COV(b_1 b_2) = 528$$

entonces el intervalo de confianza para y_{30} estará dado por

$$-285 + x(46.4 + 0.2 x) < y_{30} < 229 + x(46.4 + 0.2 x)$$

representado en la gráfica VI-2



CEDULA 40

$$\sum x = 88.250$$

$$\sum y = 5018.44$$

$$\sum x^2 = 862.096$$

$$\sum yx = 49215.42$$

$$\sum x^3 = 10452.571$$

$$\sum yx^2 = 609996.78$$

$$\sum x^4 = 141105.971$$

reemplazando los valores mencionados en las ecuaciones (1), (2) y (3) del

capítulo IV, podemos calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 19.16$$

$$b_1 = 42.98$$

$$b_2 = 0.994$$

habiendo calculado b_0 , b_1 y b_2 es posible obtener la ecuación de la curva de regresión

$$y_{40} = 19.16 + x(42.98 + 0.994 x)$$

la ecuación se encuentra expresada en la gráfica No. 1, página 117.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 1495234$$

$$C_{zz} = 101989$$

$$S_e^2 = 63.5$$

$$C_{yx} = 25906$$

$$C_{zy} = 382292$$

$$V(\bar{y}) = 3.3$$

$$C_{xx} = 452$$

$$C_{zx} = 6538$$

$$t_{0.05,16} = 1.746$$

$$V(b_1) = 2$$

$$V(b_2) = 0.009$$

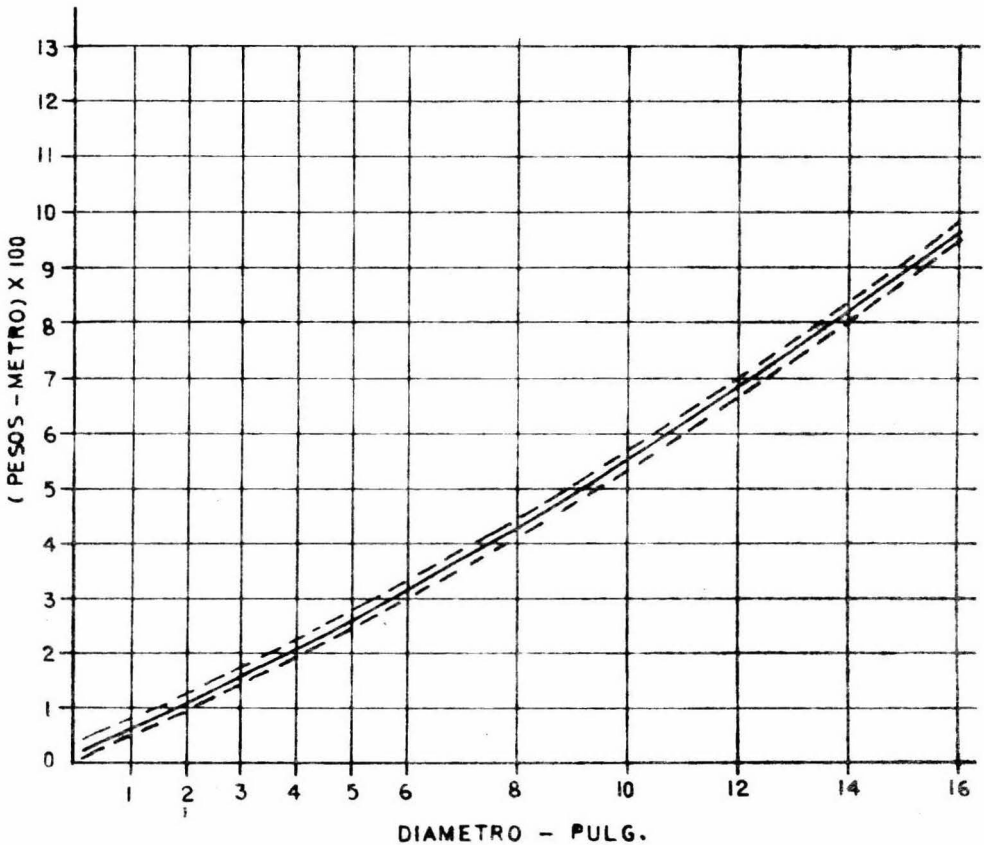
$$\pm (\overline{ICP}) = 1.746 \times 9.16 = \pm 16$$

$$COV(b_1 b_2) = 0.1$$

el intervalo de confianza para y_{40} está dado por

$$3.16 + x(42.98 + 0.944 x) \leq y_{40} \leq 35.16 + x(42.98 + 0.944 x)$$

el cual se expresa en la gráfica VI-3



Gráfica VI-3

CEDULA 60

$$\sum x = 60$$

$$\sum y = 4498.90$$

$$\sum x^2 = 760$$

$$\sum yx = 57786.80$$

$$\sum x^3 = 10080$$

$$\sum yx^2 = 774785.60$$

$$\sum x^4 = 138784$$

sustituyendo los valores antes mencionados en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, podemos calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 120.0$$

$$b_1 = 35.0$$

$$b_2 = 2.43$$

con los valores de b_0 , b_1 y b_2 podemos obtener la ecuación de la curva de regresión

$$y_{60} = 120.9 + x(35.0 + 2.43 x)$$

la cual se encuentra representada en la gráfica No. 1, página 117.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 361,404$$

$$C_{zz} = 23,264$$

$$S_e^2 = 5,092$$

$$C_{yx} = 3,799$$

$$C_{zy} = 90,938$$

$$V(\bar{y}) = 1,018.4$$

$$C_{xx} = 40$$

$$C_{zx} = 960$$

$$t_{0.05,2} = 2.920$$

$$V(b_1) = 13,221$$

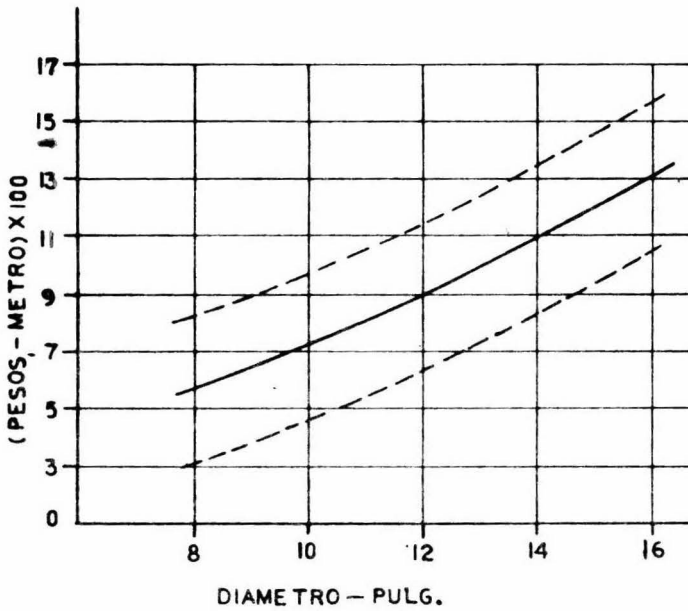
$$V(b_2) = 22.7 \quad \pm (\overline{ICP}) = 2.92 \times 88.33 = \pm 258$$

$$COV(b_1 b_2) = 546.6$$

El intervalo de confianza será

$$-137.1 + x(35 + 2.43 x) \leftarrow y_{60} \leftarrow 378.9 + x(35 + 2.43 x)$$

que se representa en la gráfica VI-4



Gráfica VI - 4

CEDULA 80

$$\sum x = 88.250$$

$$\sum y = 7836.80$$

$$\sum x^2 = 862.096$$

$$\sum yx = 80310.60$$

$$\sum x^3 = 10542.571$$

$$\sum yx^2 = 1013639.70$$

$$\sum x^4 = 141105.971$$

sustituyendo los valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, podemos calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 29.63$$

$$b_1 = 52.00$$

$$b_2 = 3.12$$

con los valores de b_0 , b_1 y b_2 obtenemos la ecuación de la curva de regresión

$$y_{80} = 29.63 + 52.0x + 3.12x^2$$

ó

$$y_{80} = 29.63 + x(52.0 + 3.12x)$$

la cual se encuentra representada en la gráfica No. 1, página 117.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 4,352,639$$

$$C_{zz} = 101,989$$

$$S_e^2 = 1,836$$

$$C_{yx} = 43,910$$

$$C_{zy} = 658,047$$

$$V(\bar{y}) = 96.6$$

$$C_{xx} = 452$$

$$C_{zx} = 6,539$$

$$t_{0.05,16} = 1.746$$

$$V(b_1) = 56$$

$$V(b_2) = 0.25$$

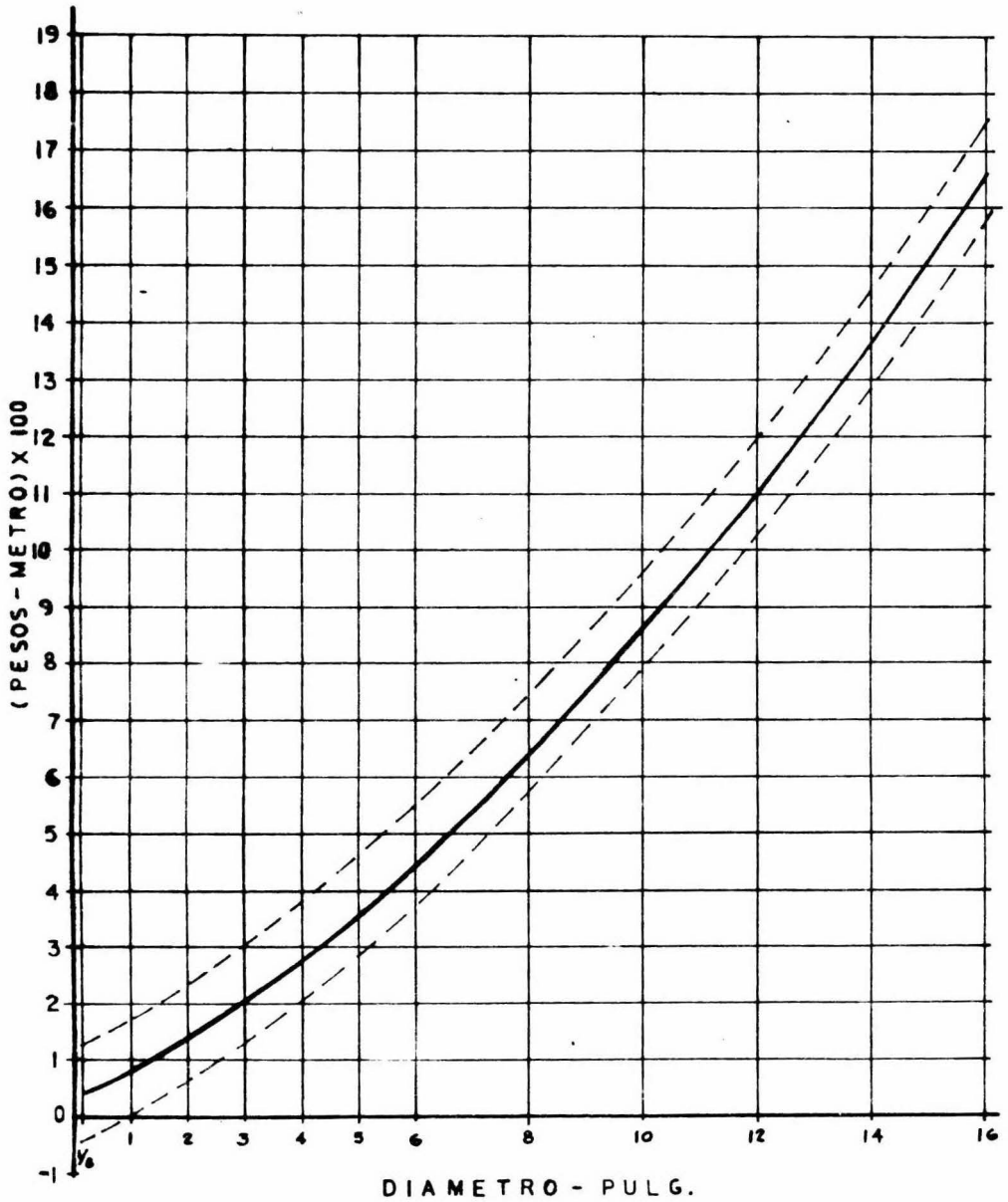
$$\pm (\overline{ICP}) = 1.746 \times 48.9 = \pm 85.4$$

$$COV(b_1 b_2) = 3.6$$

entonces el intervalo de confianza para y_{80} es

$$-56 + x(52 + 3.12x) \leq y_{80} \leq 115 + x(52 + 3.12x)$$

el cual está representado en la gráfica VI-5



Gráfica VI - 5

CEDULA 100

$$\begin{array}{rcl}
 \sum x & = & 60 \\
 \sum x^2 & = & 760 \\
 \sum x^3 & = & 10080 \\
 \sum x^4 & = & 138784
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 \sum y & = & 6498.80 \\
 \sum yx & = & 83713.40 \\
 \sum yx^2 & = & 1124529.20
 \end{array}$$

reemplazando los valores anteriores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, podemos calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 49.7$$

$$b_1 = 64.4$$

$$b_2 = 3.14$$

colocando estos valores en la ecuación de la curva de regresión

$$y_{100} = 49.7 + x(64.4 + 3.14 x)$$

la ecuación está representada en la gráfica No. 1, página 117.

Cálculo del intervalo de confianza

$$\begin{array}{rcl}
 C_{yy} & = & 827,857 \\
 C_{yx} & = & 5,728 \\
 C_{xx} & = & 40
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 C_{zz} & = & 23,264 \\
 C_{xy} & = & 136,712 \\
 C_{zx} & = & 960
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 S_e^2 & = & 14,849 \\
 \overline{V(y)} & = & 2,970 \\
 t_{0.05,2} & = & 2.920
 \end{array}$$

$$V(b_1) = 38,554$$

$$V(b_2) = 66$$

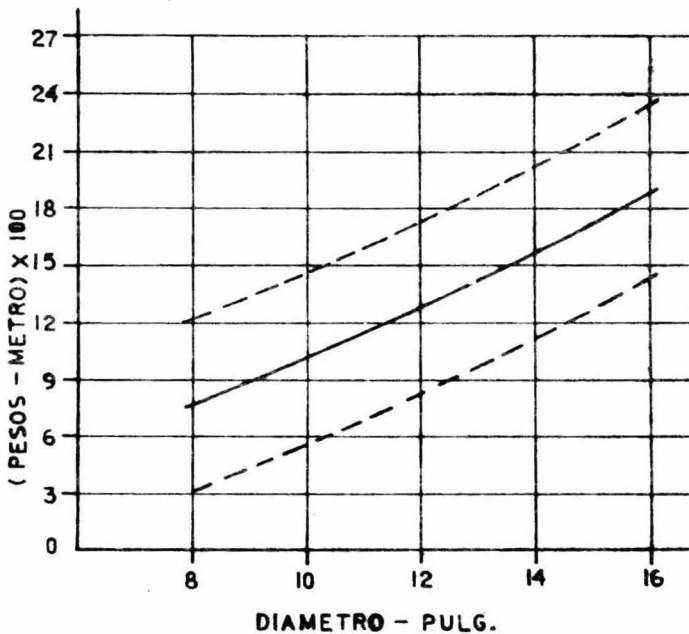
$$\text{COV}(b_1 b_2) = 1,591$$

$$\pm \overline{(\text{ICP})} = 2.92 \times 155.5 = \pm 454$$

el intervalo de confianza para y_{100} es

$$-404 + x(64.4 + 3.14 x) \leq y_{100} \leq 504 + x(64.4 + 3.14 x)$$

el cual está expresado en la gráfica VI-6



Gráfica VI - 6

CEDULA 120

$\sum x$	=	75	$\sum y$	=	9123.8
$\sum x^2$	=	837	$\sum yx$	=	105925.6
$\sum x^3$	=	10485	$\sum yx^2$	=	1359127.8
$\sum x^4$	=	140961			

reemplazando estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, podemos calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = -15.6$$

$$b_1 = 88.3$$

$$b_2 = 3.16$$

colocando estos valores en la ecuación de la curva de regresión

$$y_{120} = -15.6 + 88.3x + 3.16x^2$$

ó

$$y_{120} = -15.6 + x(88.3 + 3.16x)$$

esta ecuación se encuentra representada en la gráfica No. 1, página 117.

Cálculo del intervalo de confianza

$C_{yy} = 3,121,656$	$C_{zz} = 53,390$	$S_e^2 = 8568$
$C_{yx} = 20,390$	$C_{zy} = 404,550$	$V(\bar{y}) = 1071$
$C_{xx} = 134$	$C_{zx} = 2,638$	$t_{0.05,5} = 2.015$

$$V(b_1) = 2,343$$

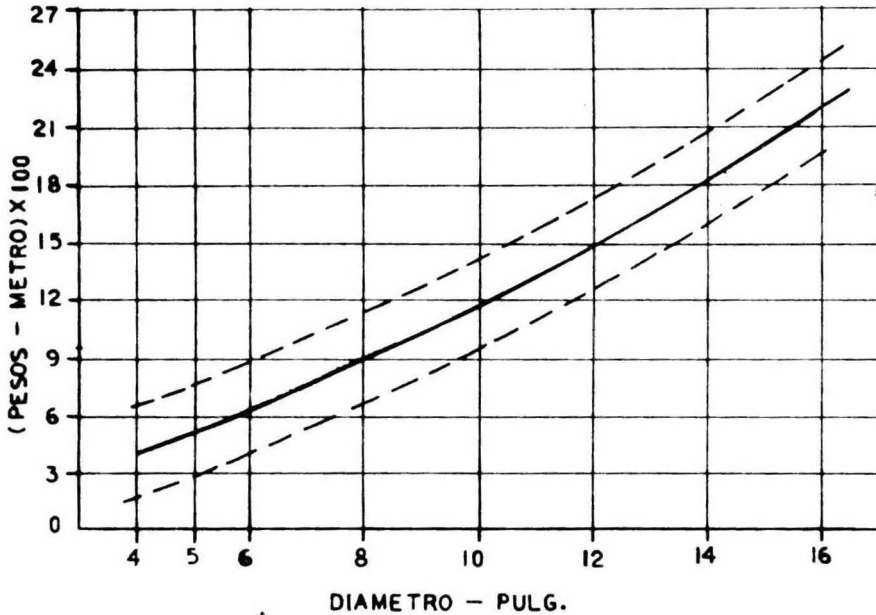
$$V(b_2) = 6 \quad \pm (\text{ICP}) = 2.015 \times 118 = \pm 238$$

$$\text{COV}(b_1b_2) = 116$$

por lo tanto el intervalo de confianza para y_{120} es

$$-253.6 + x(88.3 + 3.16x) \leq y_{120} \leq 222.4 + x(88.3 + 3.16x)$$

el cual se expresa en la gráfica VI-7



Gráfica VI - 7

CEDULA 140

$$\sum x = 60$$

$$\sum y = 8744.8$$

$$\sum x^2 = 760$$

$$\sum yx = 112713.0$$

$$\sum x^3 = 10080$$

$$\sum yx^2 = 1515540.4$$

$$\sum x^4 = 138784$$

reemplazando estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo

IV, podemos calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 139.4$$

$$b_1 = 70.8$$

$$b_2 = 5.0$$

colocando estos valores en la ecuación de la curva de regresión

$$y_{140} = 139.4 + 70.8x + 5x^2$$

ó

$$y_{140} = 139.4 + x(70.8 + 5x)$$

esta ecuación se encuentra representada en la gráfica No. 1, página 117.

Cálculo del intervalo de confianza

$$\begin{array}{lll} C_{yy} = 1,514,955 & C_{zz} = 23,264 & S_e^2 = 16,415 \\ C_{yx} = 7,775 & C_{zy} = 186,330 & V(\bar{y}) = 3,283 \\ C_{xx} = 40 & C_{zx} = 960 & t_{0.05,2} = 2.920 \end{array}$$

$$V(b_1) = 42,620$$

$$V(b_2) = 73$$

$$\pm (\overline{ICP}) = 2.920 \times 163.5 = \pm 477$$

$$COV(b_1b_2) = 1,759$$

por lo tanto el intervalo de confianza para y_{140} es

$$- 337.6 + x(70.8 + 5x) \leq y_{140} \leq 616.4 + x(70.8 + 5x)$$

el que se encuentra representado en la gráfica VI-8

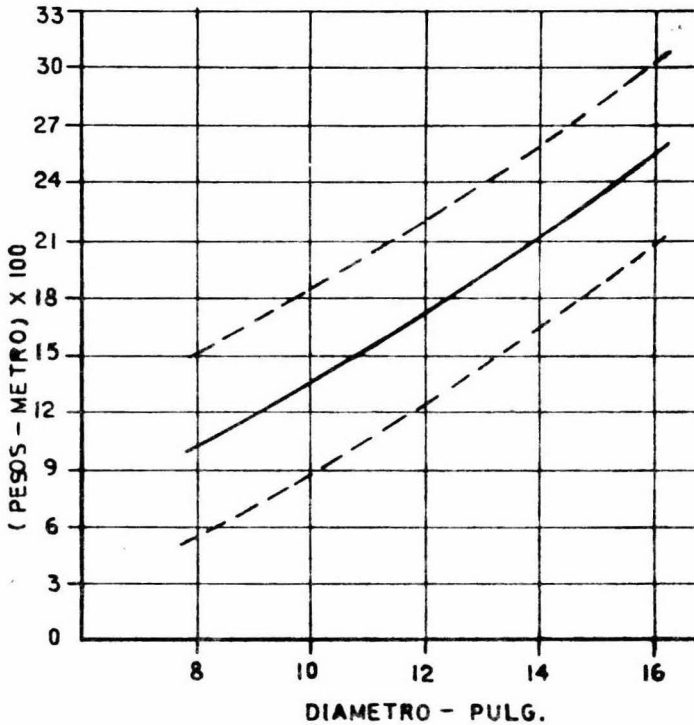
CEDULA 160

$$\sum X = 8.43482$$

$$\sum Y = 6.5537406$$

$$\sum X^2 = 7.96401$$

$$\sum YX = 4.0884417$$



GRAFICA VI-8

reemplazando los valores anteriores en las ecuaciones (5) y (6) del capítulo IV, es posible obtener los coeficientes "a" y "b".

$$a = 2.065 \qquad b = 0.184$$

por lo tanto la ecuación de la curva de regresión es

$$y_{160} = 10^{2.065 (x^{0.184})}$$

la que se encuentra representada en la gráfica No. 1, página 117.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 0.1208785 \quad S_e^2 = 4.853 \times 10^{-4}$$

$$C_{xy} = 0.6334653 \quad V(\bar{y}) = 3.033 \times 10^{-5}$$

$$C_{xx} = 3.55174 \quad t_{0.05,14} = 1.761$$

donde

$$(\overline{ICP}) = \pm t_{0.05,14} \left(\frac{1}{n} \sum \sqrt{\frac{S_e^2}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{C_{xx}}} \right) = \pm 0.01089$$

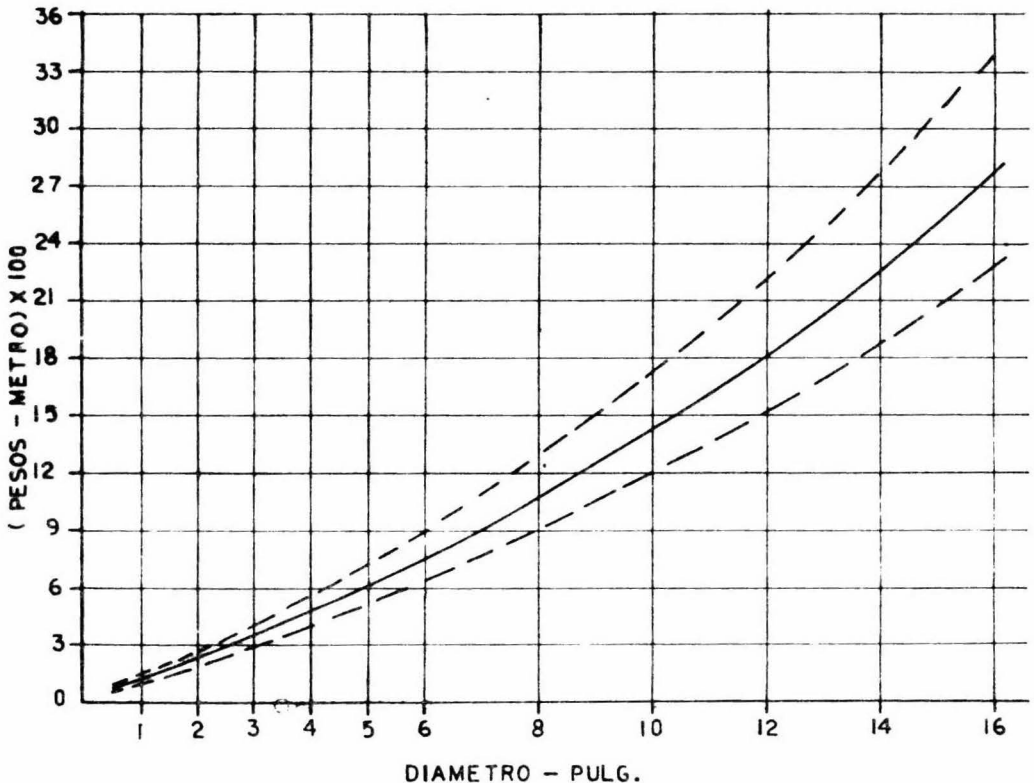
entonces el intervalo de confianza para y_{160} es

$$0.3040257 + 0.184 \log x < y_{160} < 0.3258146 + 0.184 \log x$$

o sea

$$10^{2.014} x^{0.184} < y_{160} < 10^{2.1175} x^{0.184}$$

la que se encuentra representada en la gráfica VI-9 .



TUBERIA DE ACERO AL CARBON CON COSTURACEDULA 20

$$\begin{array}{ll} \sum x = 20.000 & \sum y = 287.550 \\ \sum x^2 = 53.126 & \sum yx = 800.550 \\ \sum x^3 = 164.375 & \sum yx^2 = 2553.529 \\ \sum x^4 = 551.009 & \end{array}$$

reemplazando estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 3.04$$

$$b_1 = 6.41$$

$$b_2 = 2.43$$

reemplazando los valores en la ecuación de regresión, se tiene

$$y_{20} = 3.04 + x (6.41 + 2.43 x)$$

la que se encuentra representada en la gráfica No. 10, página 124.

Cálculo del intervalo de confianza

$$\begin{array}{lll} C_{yy} = 3961 & C_{zz} = 269 & S_e^2 = 2.800 \\ C_{yx} = 226 & C_{zy} = 1026 & V(\bar{y}) = 0.280 \\ C_{xx} = 13 & C_{zx} = 58 & t_{0.05,10} = 1.895 \end{array}$$

$$V(b_1) = 5.7$$

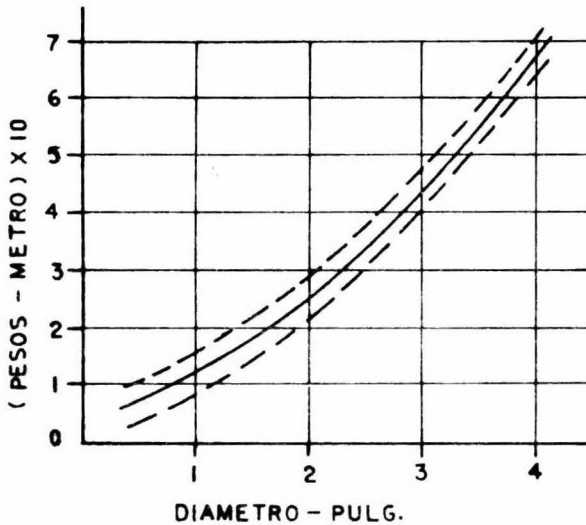
$$V(b_2) = 0.3 \quad (\overline{ICP}) = \pm 1.895 \times 1.913 = \pm 3.6$$

$$COV(b_1, b_2) = 1.2$$

el intervalo de confianza para y_{20} es

$$- 0.56 + x (6.41 + 2.43 x) \leq y_{20} \leq 6.64 + x (6.41 + 2.43 x)$$

el que se encuentra representado en la gráfica VI-10



Gráfica VI-10

CEDULA 40

$$\sum x = 16.500$$

$$\sum x^2 = 40.876$$

$$\sum x^3 = 121.500$$

$$\sum x^4 = 400.946$$

$$\sum y = 336.80$$

$$\sum yx = 884.03$$

$$\sum yx^2 = 2730.50$$

reemplazando estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo

IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 1.45$$

$$b_1 = 12.50$$

$$b_2 = 2.875$$

reemplazando los valores en la ecuación de regresión, se tiene

$$y_{40} = 1.45 + x (12.50 + 2.875 x)$$

la que está representada en la gráfica No. 10, página 124.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 6787 \quad C_{zz} = 215 \quad S_e^2 = 1.000$$

$$C_{yx} = 266 \quad C_{zy} = 1201 \quad \sqrt{\bar{y}} = 0.110$$

$$C_{xx} = 11 \quad C_{zx} = 47 \quad t_{0.05,6} = 1.943$$

$$V(b_1) = 1.10$$

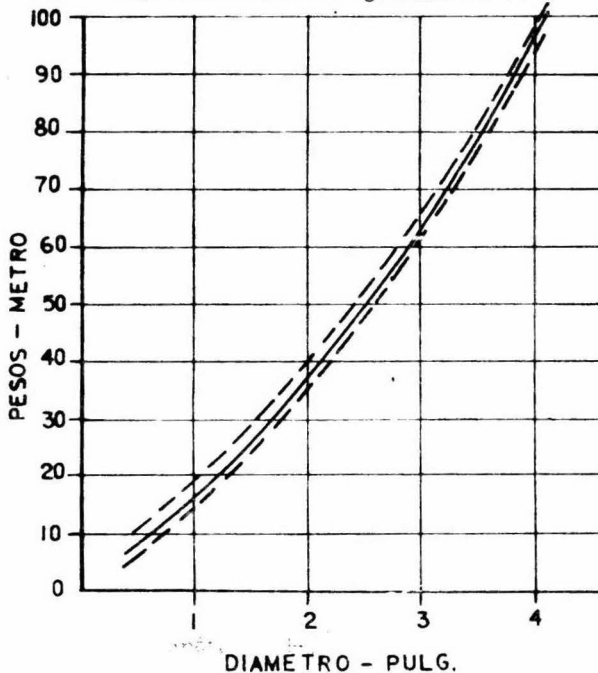
$$V(b_2) = 0.06 \quad (\overline{ICP}) = \pm 1.943 \times 1.170 = \pm 2.3$$

$$COV(b_1 b_2) = 0.24$$

el intervalo de confianza para y_{40} es

$$- 0.85 + x (12.5 + 2.875 x) < y_{40} < 3.75 + x (12.5 + 2.875 x)$$

el que se encuentra representado en la gráfica VI-11 .



CEDULA 80

$$\begin{array}{ll} \sum x & = 7.000 & \sum y & = 209.10 \\ \sum x^2 & = 9.626 & \sum yx & = 294.43 \\ \sum x^3 & = 14.875 & \sum yx^2 & = 463.00 \\ \sum x^4 & = 24.883 & & \end{array}$$

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1) , (2) y (3) del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2

$$\begin{array}{ll} b_0 & = 0.12 \\ b_1 & = 23.81 \\ b_2 & = 4.33 \end{array}$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{80} = 0.12 + x (23.81 + 4.33 x)$$

la que se encuentra expresada en la gráfica No. 10, página 124.

Cálculo del intervalo de confianza

$$\begin{array}{lll} C_{yy} = 1759.0 & C_{zz} = 9.4 & S_e^2 = 1.510 \\ C_{yx} = 50.5 & C_{zy} = 127.5 & V(\bar{y}) = 0.250 \\ C_{xx} = 1.5 & C_{zx} = 3.6 & t_{0.05,3} = 2.353 \end{array}$$

$$V(b_1) = 12.45$$

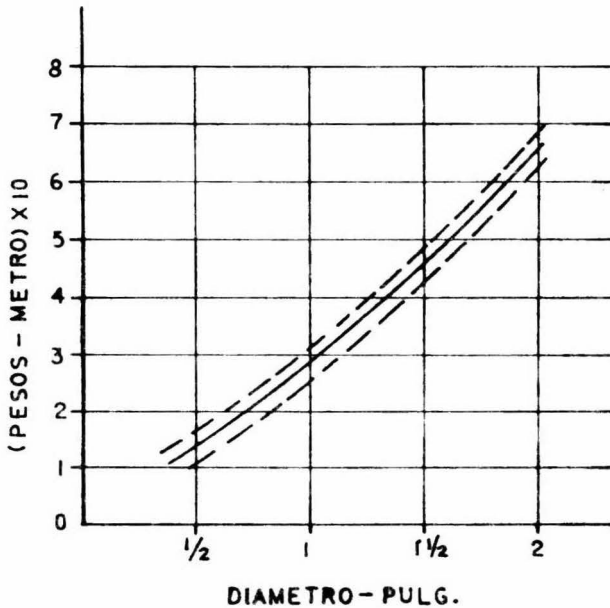
$$V(b_2) = 2.0 \quad (\overline{ICP}) = \pm 2.353 \times 1.240 = \pm 2.90$$

$$COV(b_1 b_2) = 4.8$$

el intervalo de confianza para y_{80} es

$$-2.78 + x (23.81 + 4.33 x) < y_{80} < 3.02 + x (23.81 + 4.33 x)$$

la que se encuentra representada en al gráfica VI-12



Gráfica VI-12

TUBERIA DE ACERO AL CARBON GALVANIZADA

Cédula 40

$$\sum x = 17.125$$

$$\sum y = 474.75$$

$$\sum x^2 = 41.080$$

$$\sum yx = 1191.16$$

$$\sum x^3 = 121.580$$

$$\sum yx^2 = 3655.36$$

$$\sum x^4 = 400.960$$

sustituyendo los valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2

$$b_0 = .5.42$$

$$b_1 = 13.53$$

$$b_2 = 4.46$$

reemplazando en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{40G} = 5.42 + x(13.53 + 4.46x)$$

que se representa en la gráfica No. 10, página 124.

Cálculo del intervalo de confianza

$C_{yy} = 14530.50$	$C_{zz} = 247.5$	$S_e^2 = 2.430$
$C_{yx} = 452.00$	$C_{zy} = 1882.4$	$V(\bar{y}) = 0.220$
$C_{xx} = 14.40$	$C_{zx} = 57.6$	$t_{0.05,8} = 1.860$

$$V(b_1) = 2.44$$

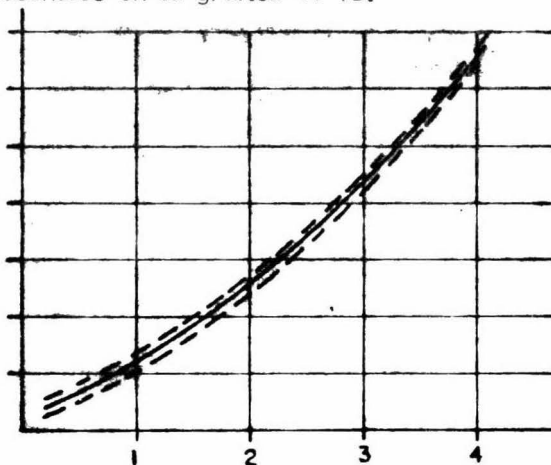
$$V(b_2) = 0.14 \quad (\overline{ICP}) = \pm 1.860 \times 1.794 = \pm 3.340$$

$$COV(b_1, b_2) = 0.57$$

el intervalo de confianza para y_{40G} es

$$2.08 + x(13.53 + 4.46x) < y_{40G} < 8.76 + x(13.53 + 4.46x)$$

que está representado en la gráfica VI-13.



DIAMETRO - PULG.

Gráfica VI-13

TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE - TIPO 304Cédula 5S

$$\begin{aligned} \sum x &= 20.00 & \sum y &= 3026.90 \\ \sum x^2 &= 53.126 & \sum yx &= 8133.43 \\ \sum x^3 &= 164.375 & \sum yx^2 &= 25399.30 \\ \sum x^4 &= 551.009 & & \end{aligned}$$

sustituyendo los valores anteriores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2

$$b_0 = 37.16$$

$$b_1 = 95.07$$

$$b_2 = 14.19$$

con estos valores se obtiene la ecuación de la curva de regresión,

$$y_{5S} = 37.16 + x(95.07 + 14.19x)$$

la que se encuentra expresada en la gráfica No. 2, página 118.

Cálculo del intervalo de confianza

$$\begin{aligned} C_{yy} &= 336593 & C_{zz} &= 269 & S_e^2 &= 935 \\ C_{xy} &= 2080 & C_{zy} &= 9317 & V(\bar{y}) &= 93.5 \\ C_{xx} &= 13.1 & C_{zx} &= 58 & t_{0.05,7} &= 1.895 \end{aligned}$$

$$V(b_1) = 1573$$

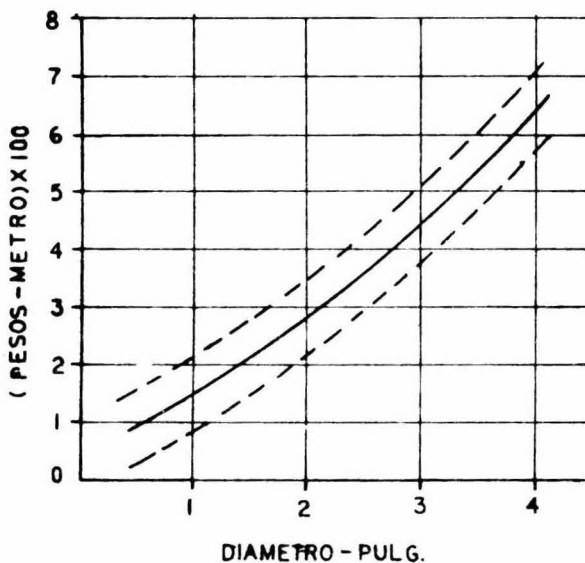
$$V(b_2) = 77 \quad (\overline{ICP}) = \pm 1.895 \times 35.7 = \pm 67.7$$

$$COV(b_1b_2) = 339$$

el intervalo de confianza para y_{5S} es

$$- 30.54 + x(95.07 + 14.19x) < y_{5S} < 104.86 + x(95.07 + 14.19x)$$

que se encuentra representada en la gráfica VI-14.



Gráfica VI-14

Cécula 10S

$$\sum x = 20.750$$

$$\sum y = 4631.70$$

$$\sum x^2 = 53.346$$

$$\sum yx = 11767.98$$

$$\sum x^3 = 164.446$$

$$\sum yx^2 = 36176.50$$

$$\sum x^4 = 551.033$$

sustituyendo los valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV,

se obtienen los coeficientes b_0 , b_1 y b_2

$$b_0 = 9.14$$

$$b_1 = 216.22$$

$$b_2 = 0.29$$

con lo que se obtiene la ecuación de la curva de regresión

$$Y_{10S} = 9.14 + x (216.22 + 0.29 x)$$

la que se encuentra expresada en la gráfica No. 2, página 118.

Cálculo del intervalo de confianza

$C_{yy} = 956411$	$C_{zz} = 332$	$S_e^2 = 536.6$
$C_{yx} = 4375$	$C_{yz} = 17525$	$V(\bar{y}) = 41.3$
$C_{xx} = 20$	$C_{zx} = 79.3$	$t_{0.05,10} = 1.812$

$V(b_1) = 507$

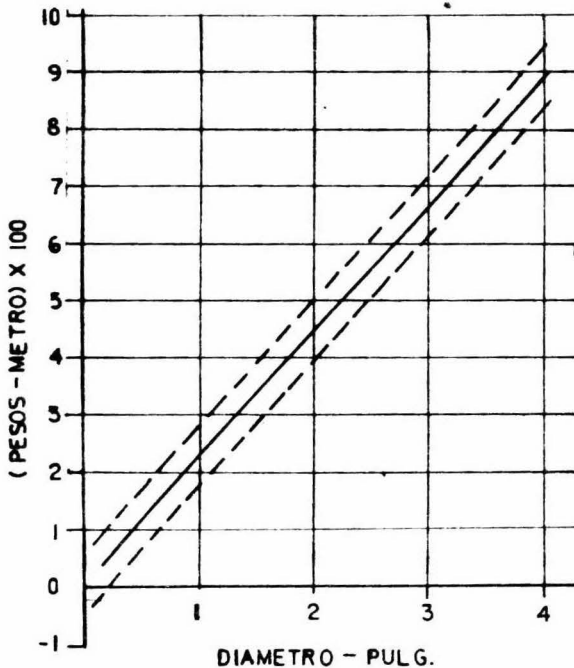
$V(b_2) = 31$ $(ICP) = \pm 1.812 \times 28.1 = \pm 51$

$COV(b_1, b_2) = 121$

el intervalo de confianza para y_{10S} es

$$-41.86 + x (216.2 + 0.29 x) \leq y_{10S} \leq 60.14 + x (216.2 + 0.29 x)$$

que se encuentra representado en la gráfica VI-15.



Gráfica VI-15

CEDULA 40S

$$\begin{aligned} \sum x &= 20.750 & \sum y &= 7543.90 \\ \sum x^2 &= 53.346 & \sum yx &= 20617.88 \\ \sum x^3 &= 160.446 & \sum yx^2 &= 65934.98 \\ \sum x^4 &= 551.033 & & \end{aligned}$$

reemplazando los valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, se obtienen los coeficientes b_0 , b_1 y b_2

$$b_0 = 44.80$$

$$b_1 = 139.50$$

$$b_2 = 76.40$$

con lo que se obtiene la ecuación de la curva de regresión

$$y_{40S} = 44.80 + x (139.50 + 76.40 x)$$

la que se encuentra expresada en la gráfica No. 2, página 118.

Cálculo del intervalo de confianza

$$\begin{aligned} C_{yy} &= 3752511 & C_{zz} &= 332 & S_e^2 &= 11614 \\ C_{yx} &= 8577 & C_{zy} &= 34976 & V(\bar{y}) &= 893.4 \\ C_{xx} &= 20 & C_{zx} &= 79.3 & t_{0.05,10} &= 1.812 \end{aligned}$$

$$V(b_1) = 10969$$

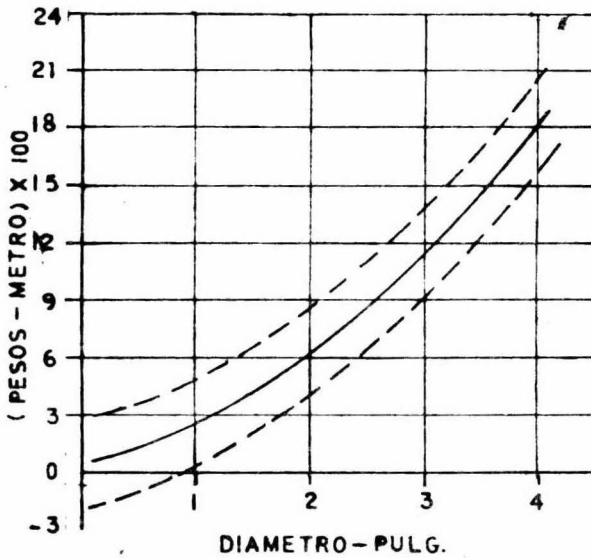
$$V(b_2) = 661 \quad (\overline{ICP}) = \pm 1.812 \times 130.8 = \pm 237$$

$$COV(b_1 b_2) = 2620$$

el intervalo de confianza para y_{40S} es

$$- 192 + x (139.5 + 76.4 x) \leq y_{40S} \leq 282 + x (139.5 + 76.4 x)$$

que se representa en la gráfica VI-16.



Gráfica VI-16

CEDULA 80S

$$\sum x = 20.750$$

$$\sum y = 10220.20$$

$$\sum x^2 = 53.346$$

$$\sum yx = 28111.39$$

$$\sum x^3 = 164.446$$

$$\sum yx^2 = 90144.45$$

$$\sum x^4 = 551.033$$

sustituyendo en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, se calculan los coeficientes b_0 , b_1 y b_2

$$b_0 = 54.30$$

$$b_1 = 219.60$$

$$b_2 = 92.80$$

con lo que se obtiene la ecuación de curva de regresión

$$y_{80S} = 54.30 + x (219.60 + 92.80 x)$$

la que se expresa en la gráfica No. 2, página 118.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 7103259 \quad C_{zz} = 332 \quad S_e^2 = 3927$$

$$C_{yx} = 11789 \quad C_{zy} = 48202 \quad V(\bar{y}) = 302$$

$$C_{xx} = 20 \quad C_{zx} = 79.3 \quad t_{0.05,10} = 1.812$$

$$V(b_1) = 3709$$

$$V(b_2) = 223 \quad (\overline{ICP}) = \pm 1.812 \times 76 = \pm 138.0$$

$$COV(b_1 b_2) = 886$$

el intervalo de confianza es

$$- 83.7 + x (219.6 + 92.8 x) \leq y_{80S} \leq 192.3 + x (219.6 + 92.8 x)$$

que se representa en la gráfica VI-17 .

TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE - TIPO 316

CEDULA 5S

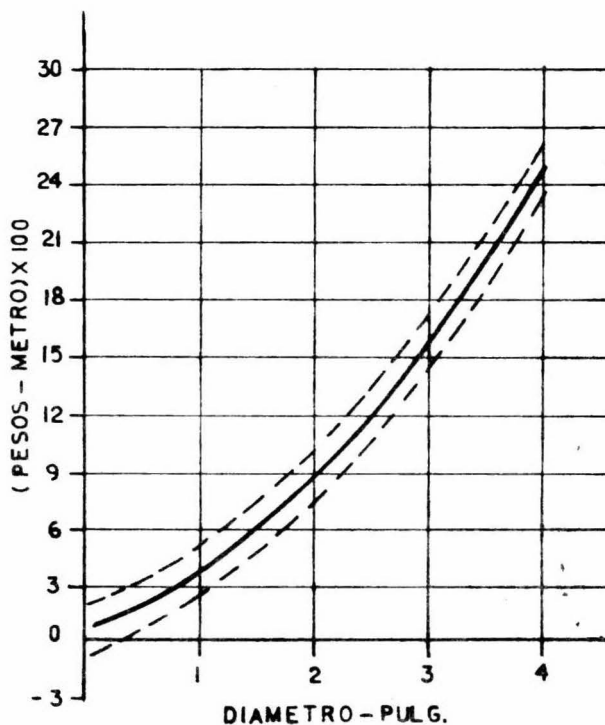
$$\sum x = 20.000 \quad \sum y = 6496.10$$

$$\sum x^2 = 53.126 \quad \sum yx = 17881.26$$

$$\sum x^3 = 164.375 \quad \sum yx^2 = 56710.47$$

$$\sum x^4 = 551.009$$

reemplazando en las ecuaciones (1),(2) y (3) del capítulo IV, se obtienen



Gráfica VI-17

los coeficientes b_0 , b_1 y b_2

$$b_0 = 103.50$$

$$b_1 = 125.90$$

$$b_2 = 55.40$$

sustituyendo en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{5S} = 103.5 + x(125.9 + 55.4x)$$

la que se encuentra representada en la gráfica No. 3, página 119.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 1850526$$

$$C_{zz} = 269$$

$$S_e^2 = 685.5$$

$$C_{yx} = 4889$$

$$C_{zy} = 22197$$

$$V(\bar{y}) = 68.6$$

$$C_{xx} = 13$$

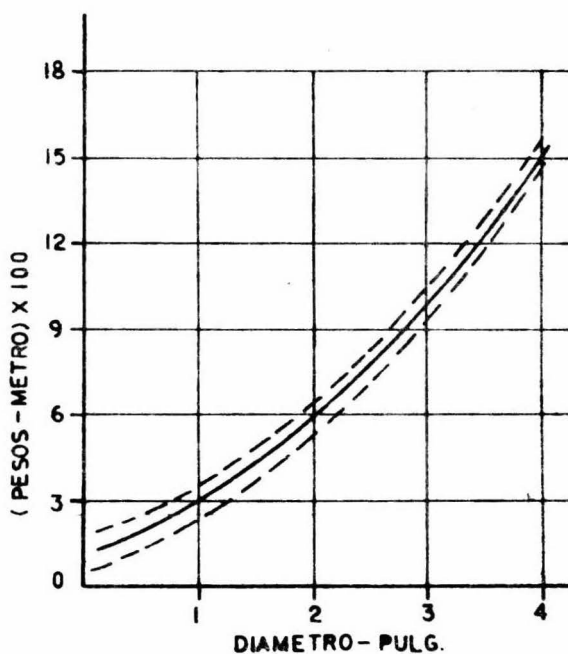
$$C_{zx} = 58$$

$$t_{0.05,7} = 1.805$$

el intervalo de confianza para y_{5S} es

$$47.2 + x(125.9 + 55.4x) < y_{5S} < 160 + x(125.9 + 55.4x)$$

el que se representa en la gráfica VI-18.



Gráfica VI-18

CEDULA 105

$$\sum x = 20.750$$

$$\sum y = 7993.05$$

$$\sum x^2 = 53.346$$

$$\sum yx = 20919.20$$

$$\sum x^3 = 164.446$$

$$\sum yx^2 = 65571.10$$

$$\sum x^4 = 551.033$$

sustituyendo en las ecuaciones (1) , (2) y (3) del capítulo IV, se obtienen los coeficientes b_0 , b_1 y b_2

$$b_0 = 47.10$$

$$b_1 = 261.40$$

$$b_2 = 36.47$$

reemplazando en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{10S} = 47.1 + x (261.4 + 36.5 x)$$

que se representa en la gráfica No. 3, página 119.

Cálculo del intervalo de confianza

$C_{yy} = 3340522$	$C_{zz} = 332$	$S_e^2 = 1215$
$C_{yx} = 8161$	$C_{zy} = 32769$	$V(\bar{y}) = 93.5$
$C_{xx} = 20$	$C_{zx} = 79.3$	$t_{0.05,10} = 1.812$

$$V(b_1) = 1148$$

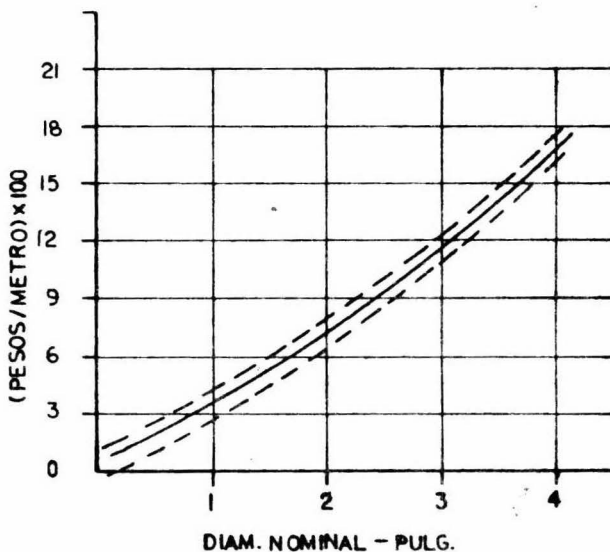
$$V(b_2) = 69 \quad (\overline{ICP}) = \pm 1.812 \times 42.3 = \pm 76.6$$

$$COV(b_1 b_2) = 274$$

el intervalo de confianza es

$$- 29.5 + x (261.4 + 36.5 x) \leftarrow y_{10S} \leftarrow 123.7 + x (261.4 + 36.5 x)$$

que se representa en la gráfica VI- 19.



Gráfica VI-19

CEDULA 40S

$$\sum x = 20.750$$

$$\sum y = 13028.50$$

$$\sum x^2 = 53.346$$

$$\sum yx = 36428.50$$

$$\sum x^3 = 164.446$$

$$\sum yx^2 = 118108.00$$

$$\sum x^4 = 551.033$$

reemplazando los valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) se calculan los coeficientes b_0 , b_1 y b_2

$$b_0 = 115.24$$

$$b_1 = 143.71$$

$$b_2 = 160.25$$

sustituyendo en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{40S} = 115.20 + x (143.70 + 160.25 x)$$

la que se encuentra representada en la gráfica No.3 , página 119.

Cálculo del intervalo de confianza

$C_{yy} = 12665504$	$C_{zz} = 332$	$S_e^2 = 6015$
$C_{yx} = 15631$	$C_{zy} = 64641$	$V(\bar{y}) = 463$
$C_{xx} = 20$	$C_{zx} = 79$	$t_{0.05,10} = 1.812$

$$V(b_1) = 5681$$

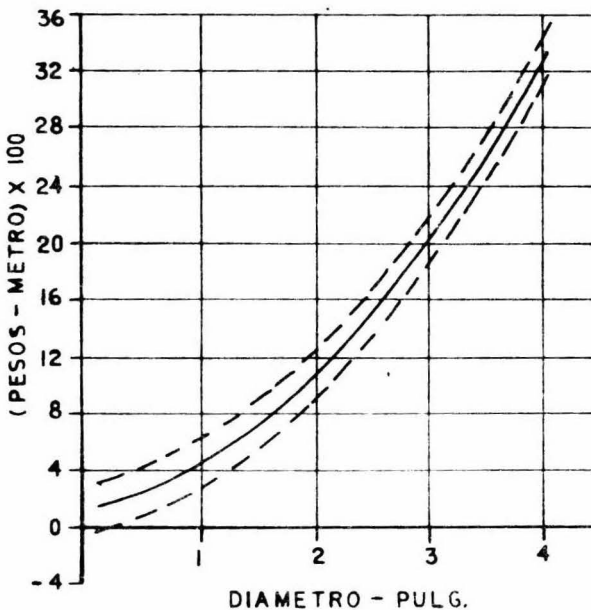
$$V(b_2) = 69 \quad (\overline{ICP}) = \pm 1.812 \times 94.1 = \pm 170$$

$$COV(b_1 b_2) = 1357$$

el intervalo de confianza es

$$- 55.3 + x (143.7 + 160.25 x) < y_{40S} < 285.7 + x (143.7 + 160.25 x)$$

que se representa en la gráfica VI-20.



Gráfica VI-20

CEDULA 80S

$$\begin{aligned} \sum x &= 20.750 & \sum y &= 17450.80 \\ \sum x^2 &= 53.346 & \sum yx &= 49517.98 \\ \sum x^3 &= 164.446 & \sum yx^2 &= 161688.23 \\ \sum x^4 &= 551.033 & & \end{aligned}$$

sustituyendo en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, se calculan los coeficientes b_0 , b_1 y b_2

$$b_0 = 167.90$$

$$b_1 = 104.40$$

$$b_2 = 246.00$$

reemplazando en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{80S} = 167.9 + x (104.4 + 246 x)$$

que se encuentra expresada en la gráfica No. 3, página 119.

Cálculo del intervalo de confianza

$$\begin{aligned} C_{yy} &= 24516646 & C_{zz} &= 332 & S_e^2 &= 9697 \\ C_{yx} &= 21664 & C_{zy} &= 90073 & V(\bar{y}) &= 746 \\ C_{xx} &= 20 & C_{zx} &= 79 & t_{0.05,10} &= 1.812 \end{aligned}$$

$$V(b_1) = 9159$$

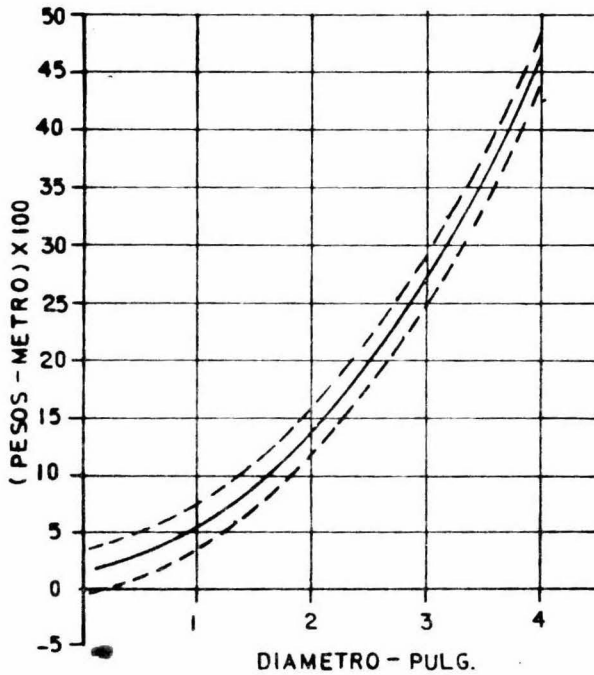
$$V(b_2) = 552 \quad (\overline{ICP}) = \pm 1.812 \times 119.5 = \pm 216.5$$

$$COV(b_1 b_2) = 2188$$

el intervalo de confianza es

$$- 48.6 + x (104.4 + 246 x) \leq y_{80S} \leq 384.4 + x (104.4 + 246 x)$$

que se representa en la gráfica VI-21.



Gráfica VI-21

TUBERIA DE COBRE RIGIDATIPO "M"

$$\sum x = 22.125$$

$$\sum y = 3791.70$$

$$\sum x^2 = 66.080$$

$$\sum yx = 13324.84$$

$$\sum x^3 = 246.569$$

$$\sum yx^2 = 54096.96$$

$$\sum x^4 = 1025.970$$

sustituyendo en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, se calculan

los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 4.96$$

$$b_1 = 42.78$$

$$b_2 = 42.13$$

reemplazando en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_M = 4.96 + x(42.8 + 42.1x)$$

que se encuentra expresada en la gráfica No. 4, página 120.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 1590958$$

$$C_{zz} = 662$$

$$s_e^2 = 7944$$

$$C_{yx} = 6334$$

$$C_{zy} = 33217$$

$$V(\bar{y}) = 662$$

$$C_{xx} = 25$$

$$C_{zx} = 125$$

$$t_{0.05,9} = 1.833$$

$$V(b_1) = 5685$$

$$V(b_2) = 215 \quad \pm (\overline{ICP}) = 1.833 \times 105 = \pm 193$$

$$COV(b_1 b_2) = 1074$$

el intervalo de confianza es

$$-188 + x(42.8 + 42.1x) \leq y_M \leq 198 + x(42.8 + 42.1x)$$

el que se expresa en la gráfica VI-22

TIPO "L"

$$\sum x = 28.125$$

$$\sum y = 6475.55$$

$$\sum x^2 = 102.080$$

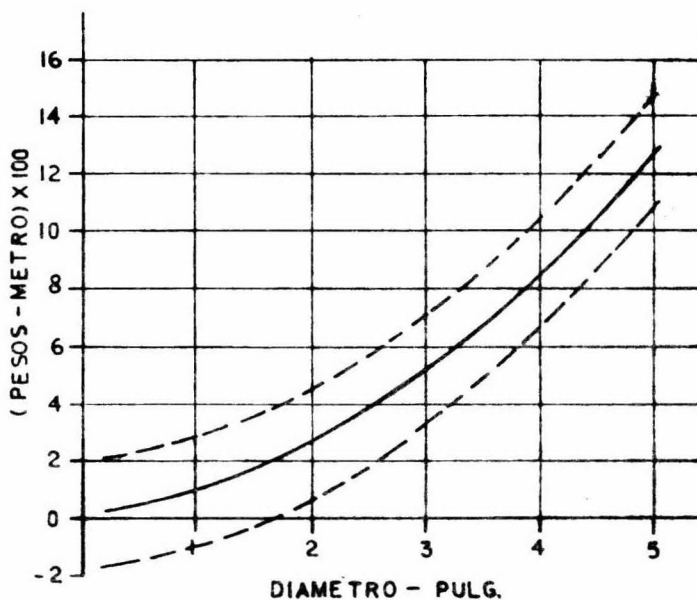
$$\sum yx = 27376.97$$

$$\sum x^3 = 462.569$$

$$\sum yx^2 = 133599.12$$

$$\sum x^4 = 2321.970$$

sustituyendo en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, se calculan los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .



Gráfica VI-22

$$b_0 = 2.50$$

$$b_1 = 75.00$$

$$b_2 = 42.50$$

reemplazando en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_L = 2.50 + x(75.0 + 42.5 x)$$

que se encuentra expresada en la gráfica No. 4, página 120.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 4519730$$

$$C_{zz} = 1520$$

$$S_e^2 = 28.8$$

$$C_{yx} = 13367$$

$$C_{zy} = 82751$$

$$V(\bar{y}) = 2.2$$

$$C_{xx} = 41$$

$$C_{zx} = 242$$

$$t_{0.05,10} = 1.812$$

$$V(b_1) = 11$$

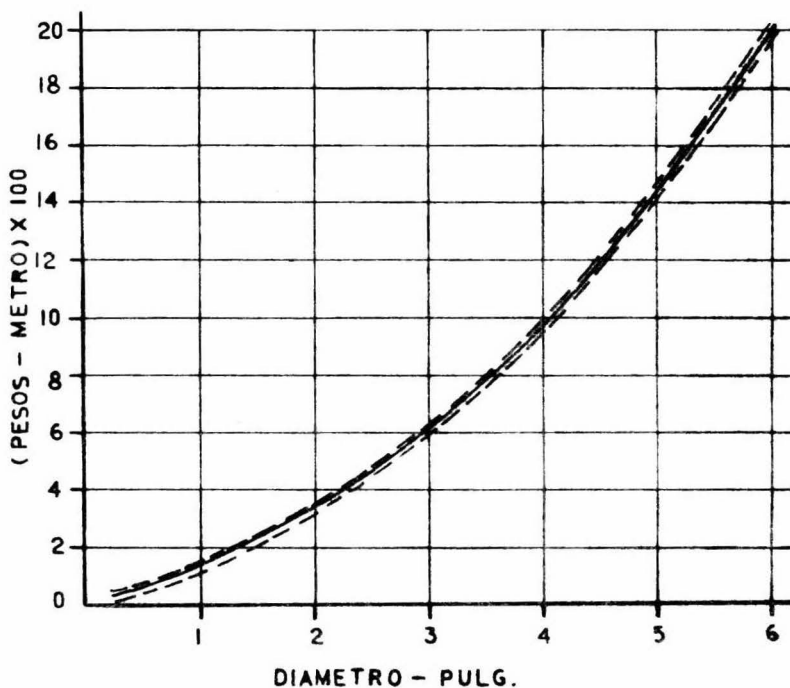
$$V(b_2) = 0.3 \quad \pm (\overline{ICP}) = 1.812 \times 6.3 = \pm 11.3$$

$$COV(b_1, b_2) = 1.7$$

el intervalo de confianza es

$$- 8.8 + x(75 + 42.5 x) \leftarrow y_L \leftarrow 13.8 + x(75 + 42.5 x)$$

el que se expresa en la gráfica VI-23.



Gráfica VI - 23

TIPO "K"

$$\sum X = 2.67633$$

$$\sum Y = 4.7420581$$

$$\sum X^2 = 2.261251$$

$$\sum YX = 1.4762810$$

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (5) y (6) del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes "a" y "b".

$$a = 2.1831$$

$$b = 0.2516$$

con lo que obtenemos la ecuación de la curva de regresión

$$y_K = 10^{2.1831 \times 0.2516}$$

la cual está representada en la gráfica No. 4, página 120.

Cálculo del intervalo de confianza

$C_{xx} = 1.6643558$

$S_e^2 = 1.65 \times 10^{-5}$

$C_{yy} = 0.1054822$

$V(\bar{y}) = 1.375 \times 10^{-6}$

$C_{yx} = 0.4186716$

$t_{0.05,10} = 1.812$

donde

$$(ICP) = \pm t_{0.05,10} \left[\frac{1}{n} \sum \sqrt{V(\bar{y}) + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{C_{xx}}} \right] = \pm 0.0022112$$

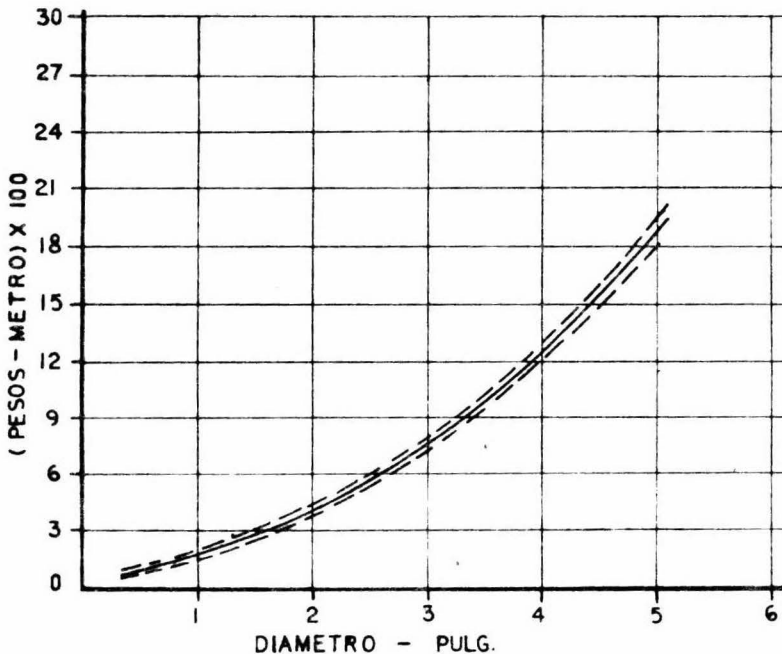
entonces el intervalo de confianza es

$$0.3368572 + 0.2516 \log x < Y_K < 0.3412797 + 0.2516 \log x$$

o sea

$$10^{2.172} x^{0.2516} < y_K < 10^{2.1942} x^{0.2516}$$

el que se expresa en la gráfica VI-24.



Gráfica VI - 24

TUBERIA DE COBRE FLEXIBLETIPO "L"

$$\sum x = 3.500$$

$$\sum y = 354.40$$

$$\sum x^2 = 2.814$$

$$\sum yx = 300.89$$

$$\sum x^3 = 2.516$$

$$\sum yx^2 = 279.67$$

$$\sum x^4 = 2.424$$

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 7.80$$

$$b_1 = 29.30$$

$$b_2 = 76.00$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{Lf} = 7.8 + x(29.3 + 76 x)$$

la que está expresada en la gráfica No. 11, página 125.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 7738.00$$

$$C_{zz} = 0.84$$

$$S_e^2 = 48.0$$

$$C_{yx} = 52.8$$

$$C_{zy} = 80.0$$

$$V(\bar{y}) = 9.6$$

$$C_{xx} = 0.36$$

$$C_{zx} = 0.55$$

$$t_{0.05,2} = 2.920$$

$$V(b_1) = 12368$$

$$V(b_2) = 5359.5$$

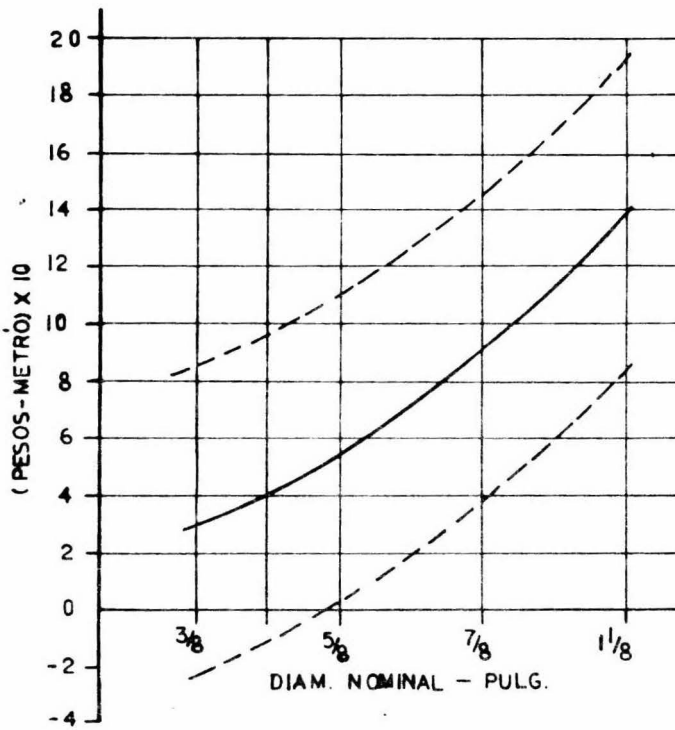
$$\pm (\overline{ICP}) = \pm 2.920 \times 18.5 = \pm 54$$

$$COV(b_1, b_2) = 8098$$

el intervalo de confianza es

$$-46.2 + x(29.3 + 76 x) < y_{Lf} < 61.8 + x(29.3 + 76 x)$$

el que se representa en la gráfica VI-25



Gráfica VI-25

TIPO PARA REFRIGERACION

$$\sum x = 3.1250$$

$$\sum y = 263.90$$

$$\sum x^2 = 1.5547$$

$$\sum yx = 134.02$$

$$\sum x^3 = 0.8984$$

$$\sum yx^2 = 78.50$$

$$\sum x^4 = 0.5662$$

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo

IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 2.0$$

$$b_1 = 61.50$$

$$b_2 = 35.57$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_R = 2 + x(61.5 + 35.6 x)$$

que se encuentra expresada en la gráfica No. 11, Página 125 .

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 2876$$

$$C_{zz} = 0.26$$

$$S_e^2 = 0.4$$

$$C_{yx} = 31$$

$$C_{zy} = 27.2$$

$$V(\bar{y}) = 0.05$$

$$C_{xx} = 0.33$$

$$C_{zx} = 0.29$$

$$t_{0.05,5} = 2.015$$

$$V(b_1) = 61.2$$

$$V(b_2) = 77.6$$

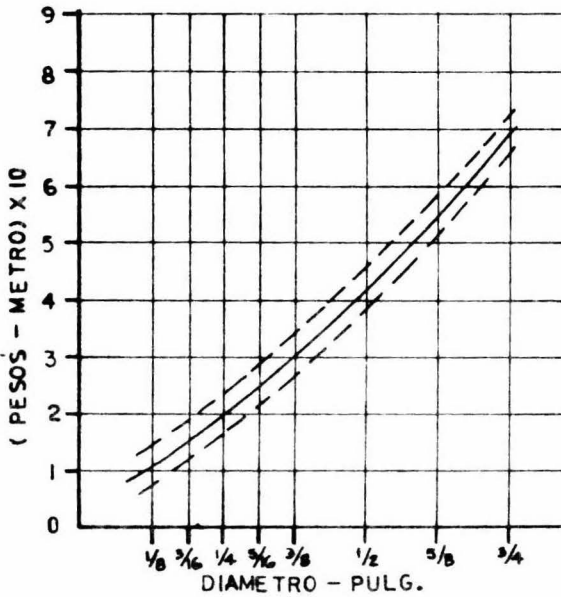
$$\pm (\overline{ICP}) = 2.015 \times 1.73 = \pm 3.55$$

$$COV(b_1 b_2) = 68.2$$

el intervalo de confianza es

$$- 1.55 + x(61.5 + 35.6 x) \leq y_R \leq 5.55 + x(61.5 + 35.6 x)$$

el que se representa en la gráfica VI-26



Gráfica VI - 26

TIPO "USO GENERAL"

$$\sum X = 3.1250$$

$$\sum Y = 240.10$$

$$\sum X^2 = 1.5547$$

$$\sum YX = 121.90$$

reemplazando los valores anteriores en las ecuaciones (5) y (6) del capítulo IV, es posible obtener los coeficientes "a" y "b"

$$a = -1.91$$

$$b = 81.82$$

por lo tanto la ecuación de la curva de regresión es

$$Y_G = -1.91 + 81.82 x$$

la que se encuentra representada en la gráfica No. 11, página 125.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 2370$$

$$S_e^2 = 0.156$$

$$C_{yx} =$$

$$V(\bar{y}) = 1.95 \times 10^{-2}$$

$$C_{xx} =$$

$$t_{0.05,6} = 2.015$$

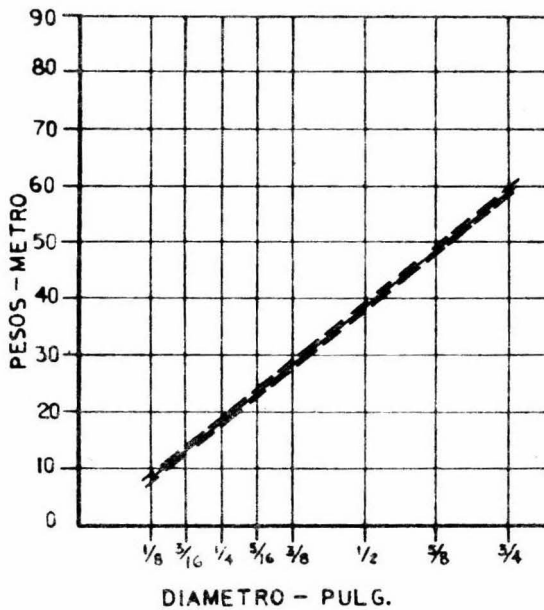
donde

$$\pm (\text{ICP}) = t_{(0.05,6)} \left[\frac{1}{n} \sum \sqrt{V(y) + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{C_{xx}}} \right] = \pm 0.11$$

entonces el intervalo de confianza es

$$- 2.02 + 81.82 x \leq y_G \leq - 1.8 + 81.82 x$$

el que se representa en la gráfica VI - 27



Gráfica VI - 27

TUBERIA DE ASBESTO-CEMENTO PARA PRESIONTIPO "A-5"

$$\begin{array}{ll}
 \sum x & = 139.5 & \sum y & = 7072.30 \\
 \sum x^2 & = 2131.25 & \sum yx & = 118165.0 \\
 \sum x^3 & = 38066.63 & \sum yx^2 & = 2225479.1 \\
 \sum x^4 & = 737224.08 & &
 \end{array}$$

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$\begin{array}{ll}
 b_0 & = 35.70 \\
 b_1 & = 13.30 \\
 b_2 & = 2.23
 \end{array}$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{A-5} = 35.7 + x(13.3 + 2.2x)$$

la que está expresada en la gráfica No. **5**, página 125.

Cálculo del intervalo de confianza

$$\begin{array}{lll}
 C_{yy} = 2942506 & C_{zz} = 387822 & S_e^2 = 301.5 \\
 C_{yx} = 42274 & C_{zy} = 1066030 & \sqrt{\bar{y}} = 23.2 \\
 C_{xx} = 634 & C_{zx} = 15197 & t_{0.05,10} = 1.812
 \end{array}$$

$$V(b_1) = 7.8$$

$$V(b_2) = 0.013$$

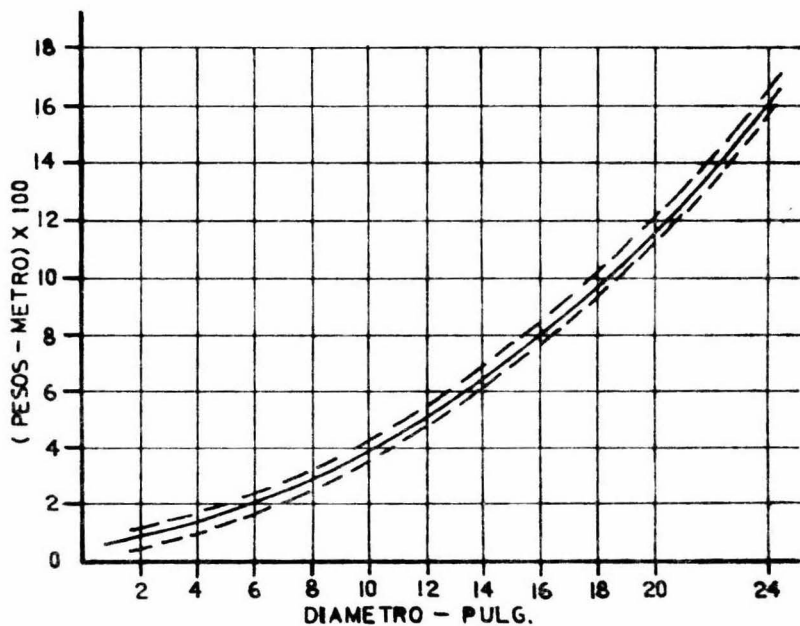
$$\pm (\overline{ICP}) = 1.812 \times 20.4 = \pm 37$$

$$COV(b_1, b_2) = 0.31$$

el intervalo de confianza es

$$- 1.3 + x(13.3 + 2.2 x) < y_{A-5} < 72.7 + x(13.3 + 2.2 x)$$

que está representado en la gráfica VI-28.



Gráfica VI - 28

TIPO "A-7"

$$\sum x = 139.5$$

$$\sum y = 8242.1$$

$$\sum x^2 = 2131.25$$

$$\sum yx = 140025.6$$

$$\sum x^3 = 38066.63$$

$$\sum yx^2 = 2663032.2$$

$$\sum x^4 = 737224.1$$

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo

IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 59.40$$

$$b_1 = 4.66$$

$$b_2 = 3.20$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{A-7} = 59.4 + x(4.66 + 3.2x)$$

la que está expresada en la gráfica No. 5, página 125.

Cálculo del intervalo de confianza

$C_{yy} = 4438512$	$C_{zz} = 387822$	$S_e^2 = 37$
$C_{yx} = 51582$	$C_{zy} = 1311803$	$V(\bar{y}) = 2.85$
$C_{xx} = 634$	$C_{zx} = 15197$	$t_{0.05,10} = 1.812$

$$V(b_1) = 0.96$$

$$V(b_2) = 0.002 \quad (\overline{ICP}) = \pm 1.812 \times 7.2 = \pm 13$$

$$COV(b_1, b_2) = 0.04$$

el intervalo de confianza es

$$46.4 + x(4.66 + 3.2x) \leq y_{A-7} \leq 72.4 + x(4.66 + 3.2x)$$

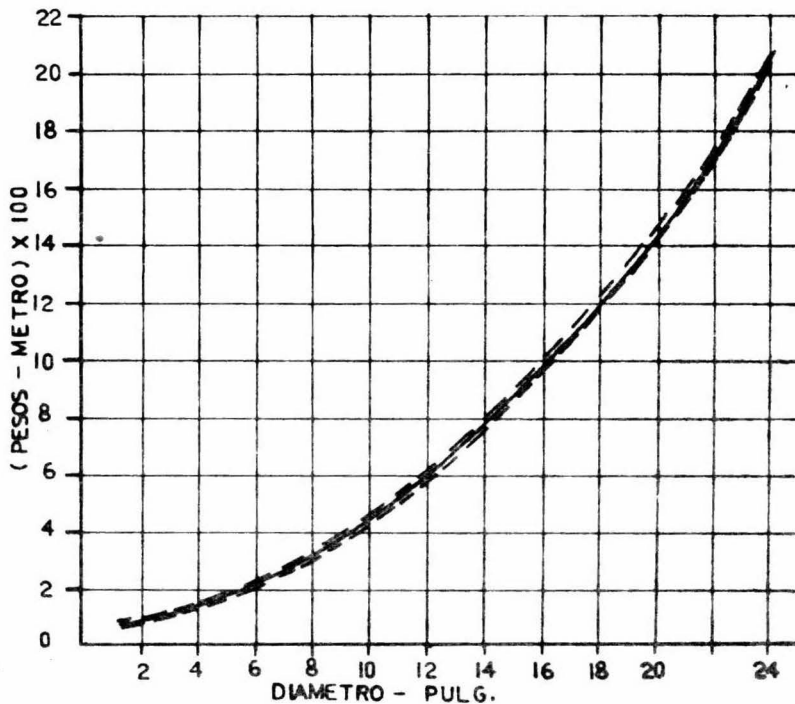
que se representa en la gráfica VI-29

TIPO "A-10"

$\sum x = 139.5$	$\sum y = 11261.6$
$\sum x^2 = 2131.25$	$\sum yx = 192823.4$
$\sum x^3 = 38066.63$	$\sum yx^2 = 3674693.2$
$\sum x^4 = 737224.1$	

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo

IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .



Gráfica VI - 29

$$b_0 = 58.00$$

$$b_1 = 8.1$$

$$b_2 = 4.4$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{A-10} = 58 + x(8.1 + 4.4 x)$$

la que está expresa en la gráfica No. 5, página 125 .

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 8625506$$

$$C_{zz} = 387822$$

$$S_e^2 = 265.6$$

$$C_{yx} = 71978$$

$$C_{zy} = 1828441$$

$$V(\bar{y}) = 20.43$$

$$C_{xx} = 634$$

$$C_{zx} = 15197$$

$$t_{0.05,10} = 1.812$$

$$V(b_1) = 6.5$$

$$V(b_2) = 0.01$$

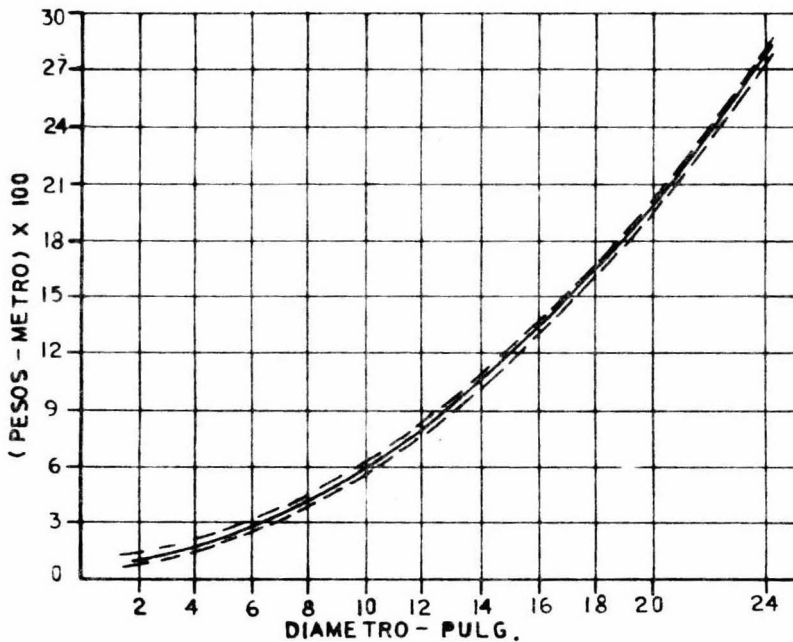
$$(\overline{ICP}) = \pm 1.812 \times 18.9 = \pm 34$$

$$COV(b_1, b_2) = 0.27$$

el intervalo de confianza es

$$24 + x(8.1 + 4.4 x) \leq y_{A-10} \leq 92 + x(8.1 + 4.4 x)$$

que está representado en la gráfica VI-30.



Gráfica VI - 30

TIPO "A-14"

$$\sum x = 139.5$$

$$\sum y = 14645.7$$

$$\sum x^2 = 2131.30$$

$$\sum yx = 250974.8$$

$$\sum x^3 = 38066.63$$

$$\sum yx^2 = 4769451.5$$

$$\sum x^4 = 737224.1$$

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo

iv, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 14.70$$

$$b_1 = 25.70$$

$$b_2 = 5.10$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{A-14} = 14.70 + x(25.70 + 5.10 x)$$

la que está expresada en la gráfica No. 5, página 125.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 14506459$$

$$C_{zz} = 387822$$

$$S_e^2 = 1656$$

$$C_{yx} = 93815$$

$$C_{zy} = 2368402$$

$$V(\bar{y}) = 127$$

$$C_{xx} = 634$$

$$C_{zx} = 15197$$

$$t_{0.05,10} = 1.812$$

$$V(b_1) = 43$$

$$V(b_2) = 0.07$$

$$(\overline{ICP}) = \pm 1.812 \times 47.8 = \pm 86.7$$

$$COV(b_1 b_2) = 2.0$$

el intervalo de confianza es

$$-72 + x(25.7 + 5.1 x) \leq y_{A-14} \leq 101.4 + x(25.7 + 5.1 x)$$

que se representa en la gráfica VI-31.

TUBERIA DE ALUMINIO ESTANDAR

$$\sum x = 26.750$$

$$\sum y = 936.50$$

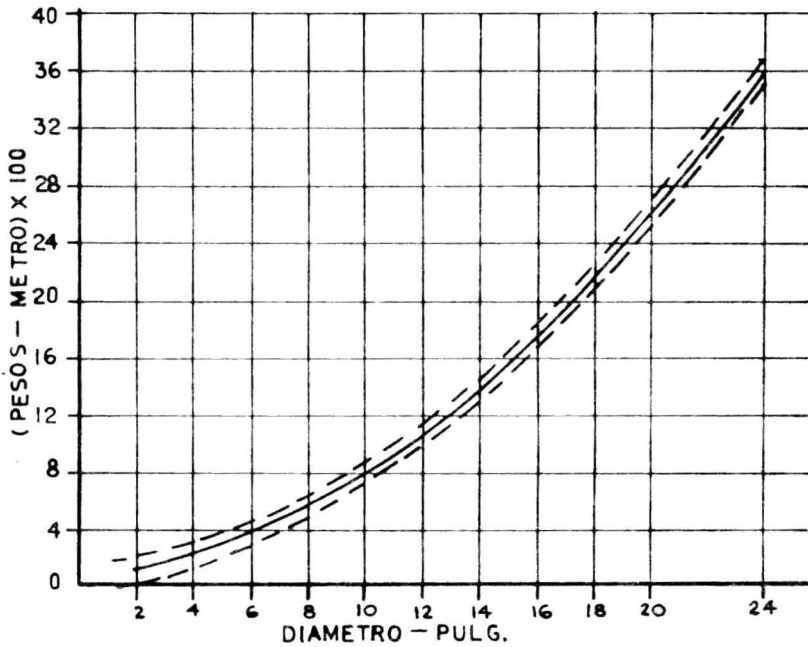
$$\sum x^2 = 89.346$$

$$\sum yx = 3410.38$$

$$\sum x^3 = 380.446$$

$$\sum yx^2 = 15266.84$$

$$\sum x^4 = 1847.033$$



Gráfica VI - 31

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = -1.20$$

$$b_1 = 25.10$$

$$b_2 = 3.15$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{A1} = -1.2 + x(25.1 + 3.15x)$$

la que está expresada en la gráfica No. 7, página 123.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 70194$$

$$C_{zz} = 1277$$

$$S_e^2 = 22$$

$$C_{yx} = 1621$$

$$C_{zy} = 9290$$

$$V(\bar{y}) = 1.57$$

$$C_{xx} = 38$$

$$C_{zx} = 210$$

$$t_{0.05,9} = 1.796$$

$$V(b_1) = 6.0$$

$$V(b_2) = 0.2$$

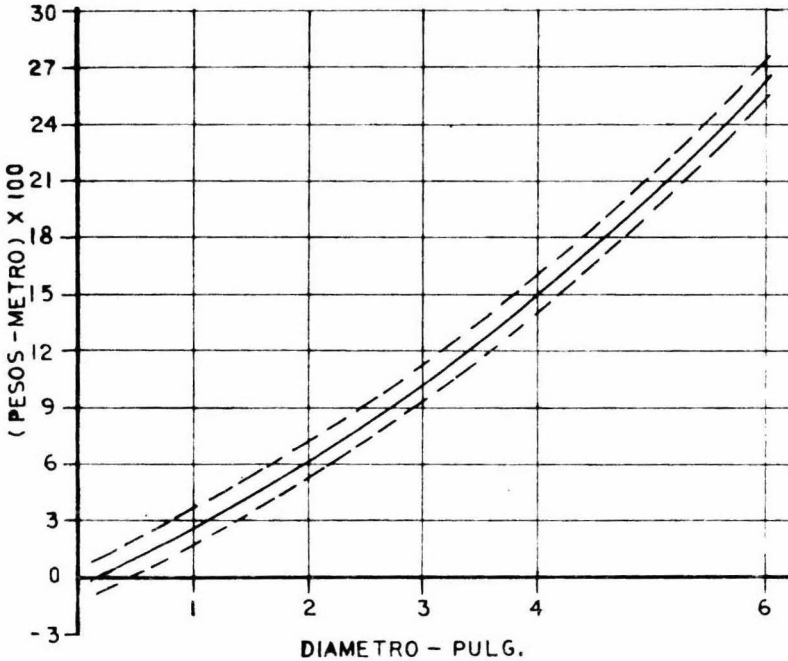
$$\pm (\text{ICP}) = 1.796 \times 5.3 = \pm 9.5$$

$$\text{COV}(b_1 b_2) = 1.0$$

el intervalo de confianza es

$$-10.7 + x(25.1 + 3.15 x) \leq y_{Al.} \leq 8.3 + x(25.1 + 3.15 x)$$

que se representa en la gráfica VI-32.



TUBERÍA DE LATON ROJO

$$\sum x = 17.250$$

$$\sum y = 2494.10$$

$$\sum x^2 = 41.095$$

$$\sum yx = 6555.13$$

$$\sum x^3 = 121.589$$

$$\sum yx^2 = 20574.80$$

$$\sum x^4 = 400.970$$

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 7.8$$

$$b_1 = 66.9$$

$$b_2 = 30.2$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{\text{lat.}} = 7.8 + x(66.9 + 30.2 x)$$

la que está expresada en la gráfica No. 8, página 123.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 562720$$

$$C_{zz} = 260$$

$$S_e^2 = 68.4$$

$$C_{yx} = 2970$$

$$C_{zy} = 12034$$

$$V(\bar{y}) = 5.7$$

$$C_{xx} = 16.3$$

$$C_{zx} = 63$$

$$t_{0.05,9} = 1.833$$

$$V(b_1) = 53$$

$$V(b_2) = 3.3$$

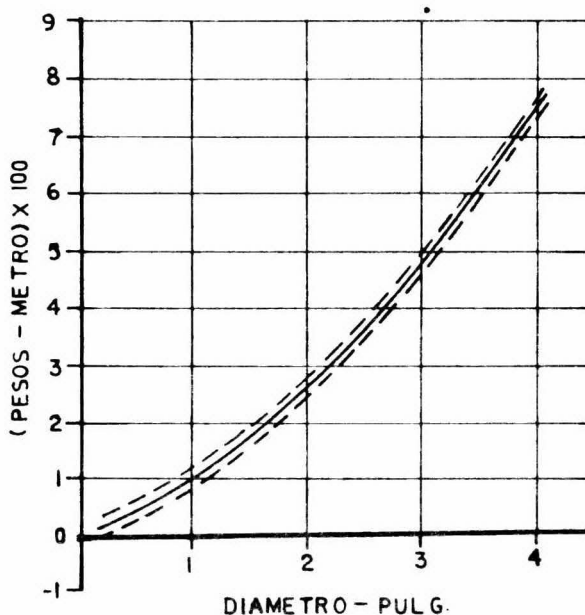
$$\pm (\overline{ICP}) = \pm 1.833 \times 9.5 = \pm 17.5$$

$$COV(b_1 b_2) = 13$$

el intervalo de confianza es

$$-9.7 + x(66.9 + 30.2 x) \leq y_{LR} \leq 25.3 + x(66.9 + 30.2 x)$$

que se representa en la gráfica VI-33.



Gráfica VI - 33

TUBERIA DE LATON AMARILLOPARED GRUESA

$$\sum x = 21.1250$$

$$\sum y = 1168.05$$

$$\sum x^2 = 45.589$$

$$\sum yx = 2942.39$$

$$\sum x^3 = 127.958$$

$$\sum yx^2 = 9036.57$$

$$\sum x^4 = 411.135$$

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo

IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 3.15$$

$$b_1 = 18.70$$

$$b_2 = 15.80$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{L.a.} = 3.15 + x(18.7 + 15.8 x)$$

la que está expresada en la gráfica No. 6, página 122.

Cálculo del intervalo de confianza

$$\begin{array}{lll} C_{yy} = 117162 & C_{zz} = 281 & S_e^2 = 60.4 \\ C_{yx} = 359 & C_{zx} = 5708 & V(\bar{y}) = 3.775 \\ C_{xx} = 18 & C_{zx} = 68 & t_{0.05,14} = 1.761 \end{array}$$

$$V(b_1) = 44.6$$

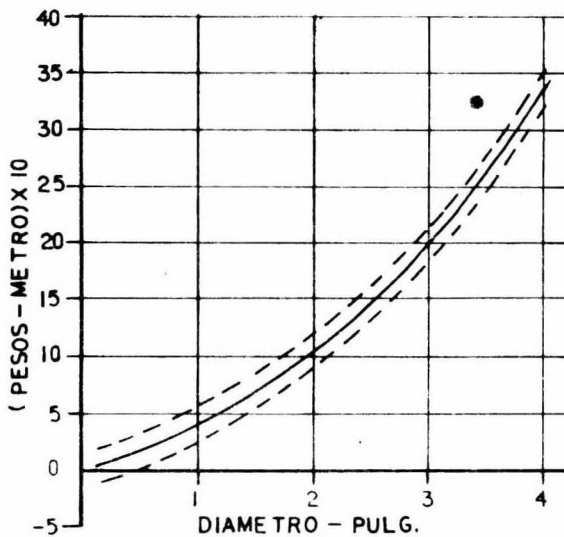
$$V(b_2) = 2.8 \quad \pm (\overline{ICP}) = 1.761 \times 8.40 = \pm 14.90$$

$$COV(b_1, b_2) = 10.8$$

el intervalo de confianza es

$$-11.75 + x(18.7 + 15.8 x) < y_{LA} < 18.05 + x(18.7 + 15.8 x)$$

que se representa en la gráfica VI - 34.



Gráfica VI - 34

TIPO : PARED DELGADA

$$\sum x = 17.4375$$

$$\sum y = 490.44$$

$$\sum x^2 = 29.640$$

$$\sum yx = 862.47$$

$$\sum x^3 = 63.966$$

$$\sum yx^2 = 1919.93$$

$$\sum x^4 = 150.136$$

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3), del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 3.30$$

$$b_1 = 16.35$$

$$b_2 = 5.0$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{L.b.} = 3.3 + x(16.35 + 5x)$$

la que está expresada en la gráfica No. 6, página 122.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 11242$$

$$C_{zz} = 104$$

$$S_e^2 = 3$$

$$C_{yx} = 359$$

$$C_{zy} = 1065$$

$$V(\bar{y}) = 0.17$$

$$C_{xx} = 12$$

$$C_{zx} = 34$$

$$t_{0.05, 14} = 1.761$$

$$V(b_1) = 3.7$$

$$V(b_2) = 0.4$$

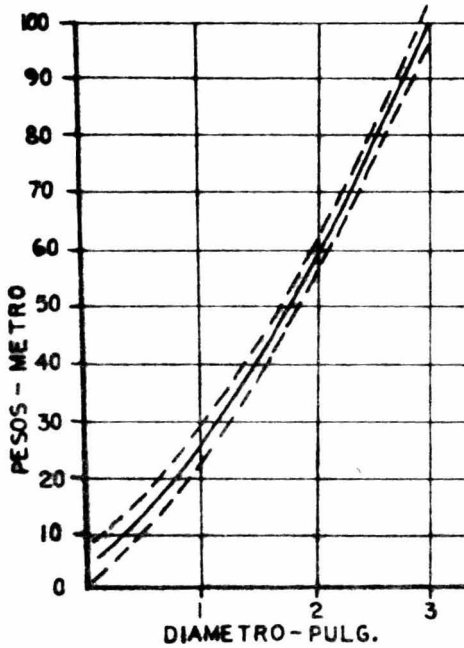
$$\pm (\overline{ICP}) = 1.761 \times 1.85 = \pm 3.26$$

$$COV(b_1 b_2) = 1.2$$

el intervalo de confianza es

$$0.04 + x(16.35 + 5x) \pm y_{Lb} \pm 6.56 + x(16.35 + 5x)$$

que se representa en la gráfica VI-35.



Gráfica VI - 35

TUBERIA DE PVC - EXTREMOS LISOS

TIPO RD13.5

Para obtener un mejor ajuste de las ecuaciones con los datos de costos, se decidió dividir el sistema de datos en dos secciones y así calcular separadamente las ecuaciones de regresión para cada una de las secciones.

3/8" a 1"

$$\sum x = 2.625$$

$$\sum x^2 = 1.9530$$

$$\sum x^3 = 1.5996$$

$$\sum x^4 = 1.3987$$

$$\sum y = 82.80$$

$$\sum yx = 62.875$$

$$\sum yx^2 = 52.3094$$

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3) del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 2.5$$

$$b_1 = 16.90$$

$$b_2 = 14.55$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y'_{RD13.5} = 2.5 + x(16.9 + 14.55 x)$$

la que está expresada en la gráfica No. 12, página 125.

Para la segunda parte se tiene:

$$\sum (\log x) = 2.43136 \qquad \sum (\log x)(\log y) = 6.39820$$

$$\sum (\log y) = 14.437112 \qquad \sum (\log x)^2 = 1.3266587$$

las ecuaciones normales en este caso son:

$$\sum_{i=1}^n (\log y) = a n + b \sum (\log x)$$

$$\sum_{i=1}^n (\log y)(\log x) = a \sum_{i=1}^n (\log x) + b \sum_{i=1}^n (\log x)^2$$

para el ajuste por mínimos cuadrados de una ecuación del tipo:

$$y = A x^b \qquad \text{donde } A = 10^a$$

entonces

$$b = \frac{0.225346}{0.140420} = 1.605$$

recordando que

$$A = 10^a = 10^{1.7557628} = 57.0$$

la ecuación de la curva de regresión es

$$y''_{RD13.5} = 57 \times 1.605$$

la que está expresada en la gráfica No. 12, página 125.

De esta manera se han obtenido las dos secciones de las curvas de regresión propuestas para el sistema de datos.

Cálculo del intervalo de confianza

Primera Parte

$$\begin{array}{lll} C_{yy} = 318 & C_{zz} = 0.5 & S_e^2 = 1.2 \\ C_{yx} = 9 & C_{zy} = 12 & V(\bar{y}) = 0.3 \\ C_{xx} = 0.2 & C_{zx} = 0.3 & t_{0.05,1} = 6.314 \end{array}$$

$$V(b_1) = 491$$

$$V(b_2) = 251 \quad \pm (\overline{ICP}) = 6.314 \times 3.8 = \pm 24$$

$$COV(b_1, b_2) = 349$$

el intervalo de confianza es

$$- 21.5 \pm x(16.9 + 14.55 x) \leq y' \leq 26.5 \pm x(16.9 + 14.55 x)$$

Segunda parte

$$\begin{array}{ll} C_{xx} = 0.3414068 & S_e^2 = 1.71622561 \times 10^{-3} \\ C_{yy} = 0.887543 & V(\bar{y}) = 2.8604256 \times 10^{-4} \\ C_{yx} = 0.547898 & t_{0.05,3} = 2.353 \end{array}$$

$$(\overline{ICP}) = \pm t_{0.05,3} \left[\frac{1}{n} \sum \sqrt{\frac{S_e^2}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{C_{xx}}} \right] = \pm 1.7425041 \times 10^{-3}$$

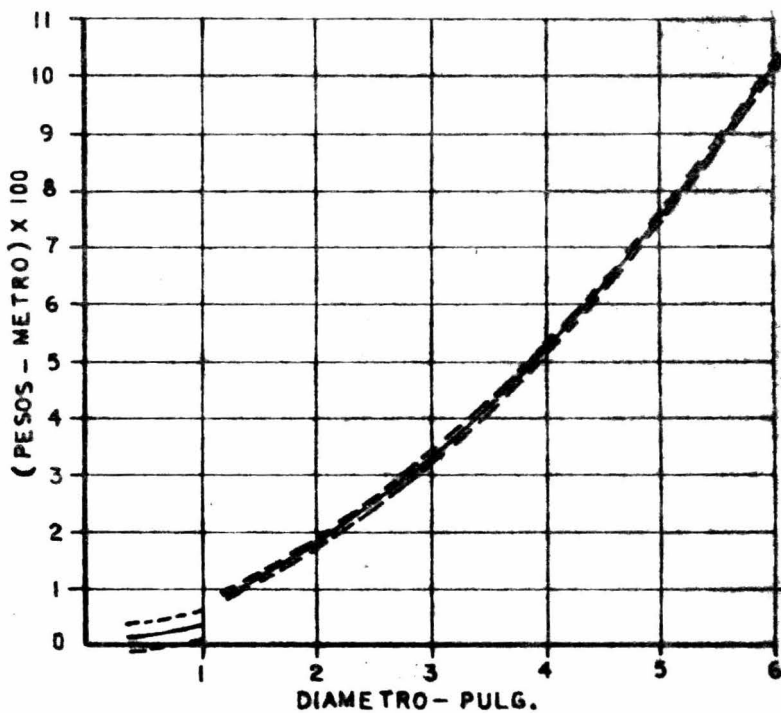
el intervalo de confianza es

$$1.7540203 \pm 1.605 \log x \leq \log y'' \leq 1.7575053 \pm 1.605 \log x$$

o también

$$56.8 \times 1.605 \leq y'' \leq 57.2 \times 1.605$$

Los intervalos están representados en la gráfica VI- 36.



Gráfica VI - 36

TIPO RD26

$$\sum \log x = 2.704363$$

$$\sum \log(\log y) = 2.2768032$$

$$\sum (\log x)^2 = 1.500630$$

$$\sum [\log(\log y)] \log x = 0.927611$$

reemplazando los valores anteriores en las ecuaciones (5) y (6) del capítulo IV, es posible obtener los coeficientes "a" y "b".

$$a = 1.402$$

$$b = 0.3537294$$

por lo tanto la ecuación de la curva de regresión es

$$y = 10^{1.402 x^{0.354}}$$

la que se encuentra representada en la gráfica No. 12, página 125.

Cálculo del intervalo de confianza

$$C_{yy} = 0.0868276$$

$$S_e^2 = 2.713347 \times 10^{-4}$$

$$C_{yx} = 0.2434663$$

$$V(\bar{y}) = 3.01483 \times 10^{-5}$$

$$C_{xx} = 0.6880101$$

$$t_{0.05,7} = 1.895$$

$$\pm (ICP) = \pm t_{0.05,7} \left[\frac{1}{n} \sum \sqrt{V(\bar{y}) + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{C_{xx}}} \right] = \pm 8.5614034 \times 10^{-4}$$

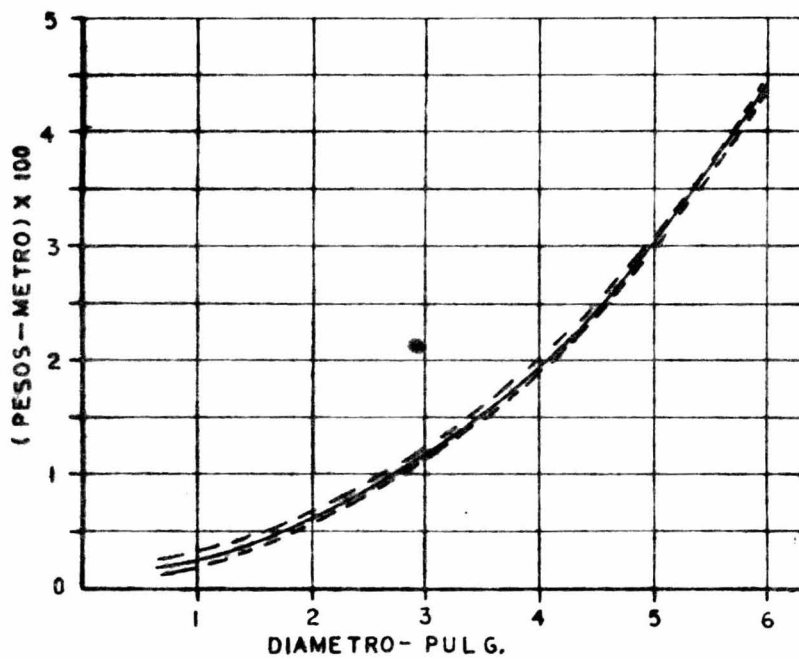
entonces el intervalo de confianza es

$$0.1458317 - 0.354 \log x \leq y \leq 0.1475440 - 0.354 \log x$$

o también

$$10^{1.399 x^{0.354}} \leq y \leq 10^{1.405 x^{0.354}}$$

que se representa en la gráfica VI - 37



Gráfica VI - 37

TIPO RD26 - EXTREMOS ROSCADOS

$$\begin{array}{ll} \sum x & = 14.375 & \sum y & = 1141.20 \\ \sum x^2 & = 34.767 & \sum yx & = 2979.53 \\ \sum x^3 & = 105.928 & \sum yx^2 & = 9527.32 \\ \sum x^4 & = 361.715 & & \end{array}$$

sustituyendo estos valores en las ecuaciones (1), (2) y (3), del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 14.80$$

$$b_1 = 33.5$$

$$b_2 = 15.10$$

reemplazándolos en la ecuación de la curva de regresión, se tiene

$$y_{RD26} = 14.8 + x(33.5 + 15.1 x)$$

la que está expresada en la gráfica No. 12, página 125.

Cálculo del intervalo de confianza

$$\begin{array}{lll} C_{yy} = 116370 & C_{zz} = 227 & S_e^2 = 52 \\ C_{yx} = 1157 & C_{zy} = 5119 & V(\bar{y}) = 5.8 \\ C_{xx} = 12 & C_{zx} = 50 & t_{0.05,6} = 1.943 \end{array}$$

$$V(b_1) = 83$$

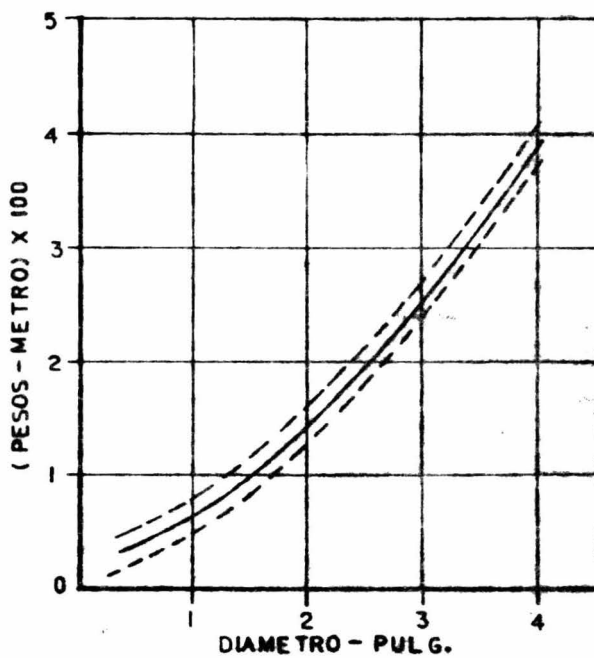
$$V(b_2) = 4.3 \quad \pm (ICP) = 1.943 \times 8.5 = \pm 16.5$$

$$COV(b_1, b_2) = 18.4$$

el intervalo de confianza es

$$-1.7 + x(33.5 + 15.1 x) \leq y \leq 31.3 + x(33.5 + 15.1 x)$$

que se representa en la gráfica VI-38



Gráfica VI - 38

CAPITULO VII

COSTO DE INSTALACION DE TUBERIAS INDUSTRIALES

La estimación del costo de una línea de tubería depende, además del costo de los materiales, del costo de instalación hecho a través de las horas-hombre requeridas para la construcción e instalación de la tubería.

La determinación de este último factor es sumamente compleja debido al gran número de variables a considerar que resultan de las condiciones de trabajo tipo de materiales y diferentes tamaños de las tuberías. La certeza del costo a calcular depende de la estimación correcta de la longitud de la tubería, el número y tipo de los accesorios utilizados. Por lo tanto, la intención es encontrar una función en la cual la suma de los factores antes mencionados puedan ser expresados y evaluados en forma sencilla y rápida en términos de horas-hombre. Entonces, si C_i es el costo de instalación, "H" las horas-hombre requeridas para la instalación y "W" el costo de las horas-hombre directas requeridas para la instalación, la ecuación propuesta es

$$C_i = H \times W$$

donde

$$H = f(L, D, F)$$

L = Longitud de la tubería, en pies.

D = Diámetro nominal de la tubería, en pulgadas.

F = Accesorios en términos de codos.

Una fórmula de este tipo fue desarrollada por R. J. Schrader, cuya expresión es la siguiente:

$$H = B \times L + A (0.6 D + C) F$$

donde A, B, C son constantes cuyos valores se presentan en las tablas 1, 2 y 3.

TABLA 1

Acero inoxidable y Acero la carbón

Diámetro nominal	A	B	C
½" a 2"	2.5	0.1	0.4
2 ½" a 4"	2.5	0.15	0.6

TABLA 2

Materiales no ferrosos

Diámetro nominal	A	B	C
½" a 3"	Ver fig.1	0.1	0.4

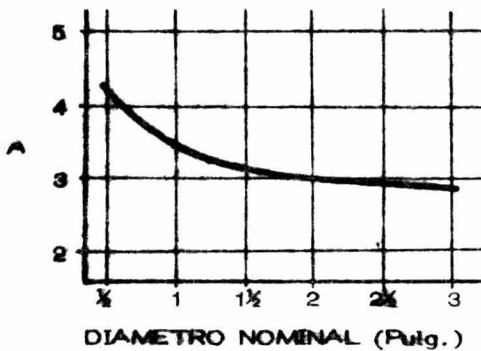


FIGURA 1

TABLA 3

Accesorios	F
Codos 45° y 90°	1.0
Válvulas y medidores	1.3
Tes y Yes	1.5
Cruces	2.0
Bridas	0.1
Otros	1.0

Factores de corrección

Estas correcciones son debidas a las situaciones especiales que afectan las condiciones de trabajo:

- 1- Construcción nueva con cortado y montaje en el mismo sitio, agregar 0%.
- 2- Si es necesario el uso de escaleras o andamios agregar 15%.
- 3- Montaje con perfiles, grapas y si el espacio de trabajo es restringido agregar 15%
- 4- Si la tubería es conectada a un sistema existente, agregar 15%.
- 5- Si el cortado de la tubería no es permitido en la zona de montaje, agregar 10%.
- 6- Si se trata de tubería de acero al carbón restar el 15%.

COSTO DE LAS HORAS-HOMBRE

Trabajo	Longitud de la tubería			
	Hasta 200 pies	201 a 400 pies	401 a 600 pies	601 a 1000 pies
No especializado	10.0	10.0	10.0	10.0
Especializado	20.0	17.0	16.0	14.0
Supervisión	30.0	26.0	23.0	21.0
TOTAL	60.0	53.0	49.0	45.0
PESOS/H.H.	26.0	17.70	16.35	15.0

Debe tomarse en cuenta que los datos de los Pesos-H.H. corresponden al año de 1974, por lo que deben ser corregidos para 1976.

Las ecuaciones aquí desarrolladas se encuentran representadas en la gráfica No. 13.

CAPITULO VIII

COSTO DE AISLAMIENTO PARA TUBERIAS

ESTIMACION DEL COSTO DE AISLAMIENTO

Otro de los costos secundarios en la instalación de tuberías está representado por el aislamiento tanto de tuberías frías como calientes. Para el recubrimiento comunmente se utilizan dos tipos de materiales para el mismo aislante de amobesto, los que son:

a - Lámina de aluminio calibre 28 y

b - Manta y aisacol1

el primero se usa para tuberías que se encuentran a la intemperie y el segundo en tuberías en el interior o resguardadas en el exterior.

En todos los casos el espesor del aislamiento fue tomado como de 2.54 cm. (1 pulg.) que es el más comunmente usado. Para espesores diferentes al estándar antes mencionado es necesario solicitar cotización al instalador, ya que los precios están sujetos a cambios según sea el espesor del aislamiento, diámetro y longitud de la tubería.

a- Aislamiento con recubrimiento de lámina de aluminio Calibre 28

diám.

(pulg.)

x	x ²	x ³	x ⁴	\$/m y	yx	yx ²
0.50	0.250	0.125	0.063	94.00	47.00	23.50
0.75	0.563	0.422	0.316	97.90	73.40	55.07
1.00	1.000	1.000	1.000	102.30	102.30	102.30

x	x ²	x ³	x ⁴	y	yx	yx ²
1.25	1.563	1.953	2.441	107.40	134.25	167.80
1.50	2.250	3.375	5.063	112.40	168.75	253.15
2.00	4.000	8.000	16.000	119.60	239.00	478.00
2.50	6.250	15.625	39.063	127.00	317.50	793.75
3.00	9.000	27.000	81.000	139.00	417.00	1251.00
4.00	16.000	64.000	256.000	162.30	649.20	2596.00
16.50	40.876	121.500	400.936	1061.90	2148.40	5721.37

Reemplazando en las ecuaciones normales (1), (2) y (3) del capítulo IV, es posible calcular los coeficientes de regresión b_0 , b_1 y b_2 .

$$b_0 = 89.2$$

$$b_1 = 11.6$$

$$b_2 = 1.67$$

con lo que se obtiene la ecuación de la curva de regresión

$$y_{\text{aisl.}} = 89.2 + x (11.6 + 1.67 x)$$

como $x = \text{Diám. (pulgadas)}$.

$$(A) \quad y_{\text{AISL.}} = 89.2 + D (11.6 + 1.67 D)$$

Para el cálculo del costo del aislamiento de los accesorios, se utiliza la siguiente base:

	Accesorios	Equivalencia	Factor
TABLA I	Codos	0.80 m	1.00
	Tes	0.50 m	0.63
	Válvulas	2.25 m	2.80
	Bridas	1.50 m	1.88

Si el costo de aislamiento para una tubería con diámetro "D" está dado por

por la ecuación (A) en \$/m., para el caso de los accesorios es

$$(B) \quad y_{Acc.} = 0.8 \left[89.2 + D (11.6 + 1.67 D) \right] F$$

donde "F" es calculado de la siguiente manera, mediante los datos de la Tabla I.

Sea una tubería de diámetro D_i , longitud L (en metros) y con n_c codos n_t tes, n_v válvulas y n_b bridas

El costo del aislamiento de la tubería será según la ecuación (A)

$$(C) \quad y_{aisl.} = \left[89.2 + D_i (11.6 + 1.67 D_i) \right] L$$

Para los accesorios será, de la Tabla I

$$F = n_c + 0.63 n_t + 2.8 n_v + 1.88 n_b$$

utilizando la ecuación (B)

$$(D) \quad y_{acc.} = 0.8 F \left[89.2 + D_i (11.6 + 1.67 D_i) \right]$$

El costo total del aislamiento para la tubería será, sumando ambas ecuaciones (C) y (D) y agrupando términos

$$(E) \quad Y_{Ais.} = (0.8 F + L) \left[89.2 + D_i (11.6 + 1.67 D_i) \right]$$

El costo de instalación del aislamiento del sistema de tubería puede considerarse igual al 30% del costo total del aislamiento.

b - Aislamiento con recubrimiento de Manta y Aisacoll

Haciendo $x =$ Diám. en pulgadas y $y =$ \$/metro

x	x ²	x ³	x ⁴	y	yx	yx ²
0.50	0.250	0.125	0.063	76.70	38.35	19.15
0.75	0.563	0.422	0.316	78.50	58.88	44.15
1.00	1.000	1.000	1.000	84.00	84.00	84.00
1.25	1.560	1.953	2.441	89.60	112.00	140.00
1.50	2.250	3.375	5.063	92.60	138.90	208.35
2.00	4.000	8.000	16.000	98.40	196.80	393.60
2.50	6.250	15.625	39.063	105.40	263.50	658.75
3.00	9.000	27.000	81.000	115.60	346.80	1040.40
4.00	16.000	64.000	256.000	135.00	540.00	2160.00
16.50	40.876	121.500	400.946	875.80	1779.23	4748.40

sustituyendo los valores de la tabla en las ecuaciones normales del capítulo IV, nos es posible obtener los coeficientes de regresión,

$$b_0 = 71.30$$

$$b_1 = 11.60$$

$$b_2 = 1.06$$

por lo tanto la curva de regresión es:

$$Y_{Aisl.} = 71.30 + x (11.6 + 1.06 x)$$

y recordando que $x = D$

$$Y_{Aisl.} = [71.30 + D (11.6 + 1.06 D)] L$$

Y como el caso anterior, para los accesorios es

$$Y_{Acc.} = 0.8 F [71.30 + D (11.6 + 1.06 D)]$$

donde "F" se calcula de la misma manera. Y el costo total será:

$$Y_{Aisl.} = (0.8 F + L) [71.30 + D (11.6 + 1.06 D)]$$

El costo de instalación del aislamiento con recubrimiento de manta y aisacoll es de 25% del costo de los materiales utilizados.

Las ecuaciones que aquí se desarrollaron se encuentran representadas en la gráfica No. 9 , pagina 124

CAPITULO IX

CONCLUSIONES

1- EXPLICACION DEL USO DE LAS GRAFICAS DE COSTOS

Las gráficas de los valores de adquisición de las tuberías que a continuación se presentan fueron obtenidas a partir de las ecuaciones de regresión calculadas en el capítulo VI y están expresadas en \$/mt. y diámetro de la tubería en pulgadas.

A continuación se indican las páginas de las gráficas obtenidas:

MATERIAL	GRAFICA #	PAGINA
Acero al carbón sin costura	1	117
Acero inoxidable 304	2	118
Acero inoxidable 316	3	119
Cobre rígido	4	120
Asbesto cemento	5	121
Latón amarillo	6	122
Latón roja.	8	123
Acero al carbón con costura	10	124
Cobre flexible	11	125
Cloruro de polivinilo	12	125
Acero al carbón galvanizado	10	124
Aluminio	7	123

Para obtener el precio de cualquier tipo de tubería se procede de la siguiente manera: A partir del diámetro nominal de la tubería se traza una recta hasta cortar la curva representativa de la cédula de la tubería, desde ese punto se tiende otra recta hasta cortar el eje de las ordenadas expresado en \$/mt.

También se incluye la gráfica del costo de instalación , tanto para la tubería como para los accesorios que se requieren. La gráfica se utiliza de la siguiente manera:

1 - Para el costo de instalación de la tubería se utilizan las escalas superior y la lateral derecha , las que se encuentran expresadas en pies de tubería y horas-hombre respectivamente, es de aclararse que ambas escalas son logarítmicas. Debe tenerse precaución al escoger entre las curvas "A" y "B" la adecuada al material y diámetro de la tubería, según la tabla que se adjunta al pie de la gráfica.

La evaluación del costo de las horas-hombre dependerá de la longitud de la tubería, como se puede observar en la tabla incluida en la gráfica,¹³ para mayor claridad se puede consultar la página 107, capítulo VII, en la que se encuentra desarrollado el cálculo realizado para obtener los datos de \$/H.H. . También debe considerarse el hecho de que los precios o datos de \$/H.H. corresponden al año de 1974.

2- Para determinar el costo de instalación de los accesorios se utiliza la escala inferior , diámetro nominal, en pulgadas y la escala lateral izquierda en unidades de horas-hombre. Las curvas son seleccionadas de acuerdo con la tabla incluida en la parte superior de la tabla, dependiendo del material de la tubería. La escala de H.H. de los accesorios está calculada tomando como base el codo, por lo que los valores que se obtengan deben ser corregidos de acuerdo con los factores respectivos. O sea

$$(H.H.)_{ACC.} = \text{Factor} \times H.H._{\text{gráfica}}$$

Por último se cuenta con una gráfica para la determinación del costo del

aislamiento y su instalación según el tipo de recubrimiento que se utilice.

La gráfica fue construída de la manera siguiente:

- a - Diámetro nominal en pulgadas en la abscisas y
- b - \$/Mt en las ordenadas.

Tambien en este caso es necesario corregir los datos obtenidos de la gráfica para los accesorios mediante su equivalencia en metros de tubería de acuerdo con los factores que se mencionan en la gráfica, o sea

$$(\text{costo de aislamiento})_{ACC.} = (\$/Mt) \times \text{Factor}$$

y similarmente para la instalación del aislamiento de los accesorios, es

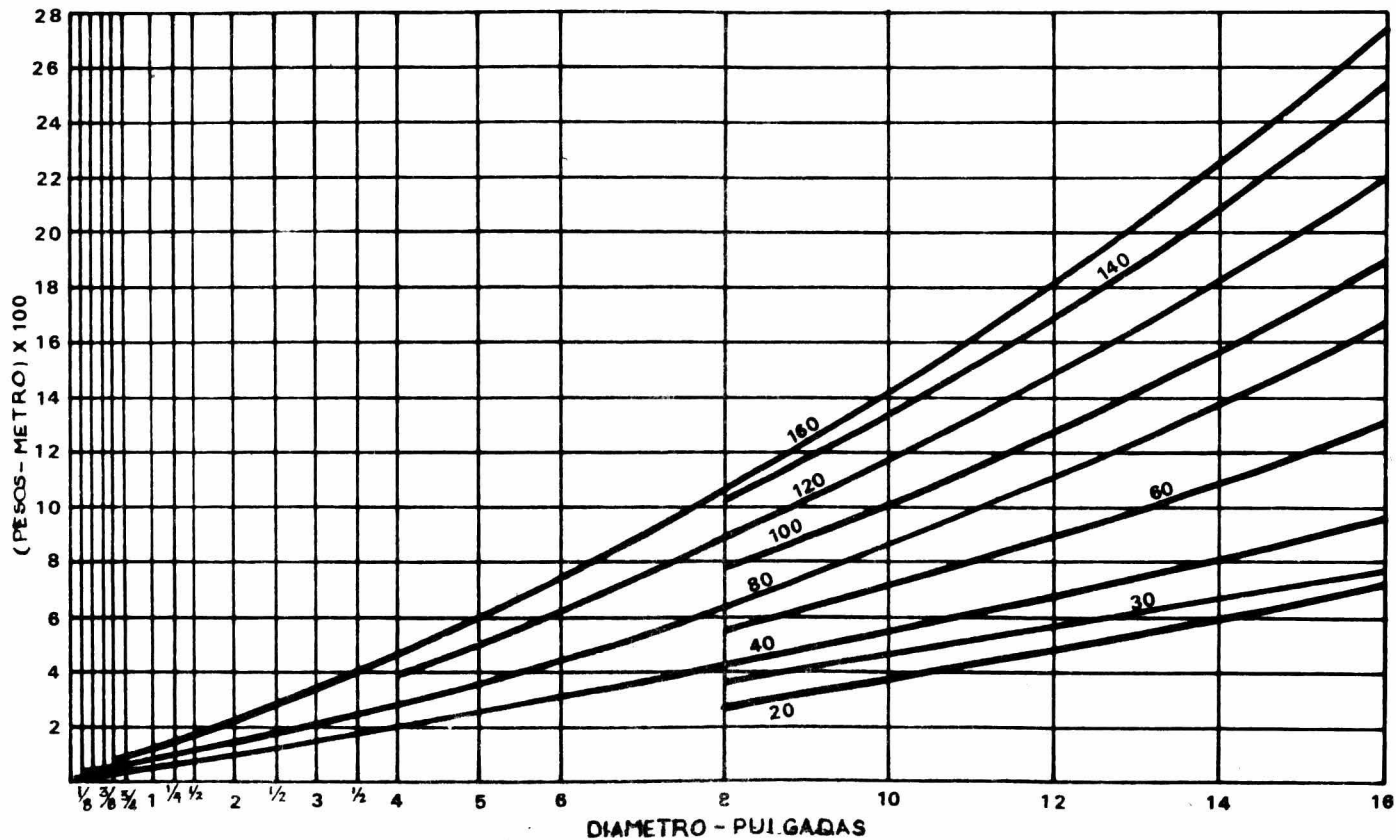
$$(\text{Costo de Inst. del Aisl.})_{ACC.} = (\$/Mt) \times \text{Factor}$$

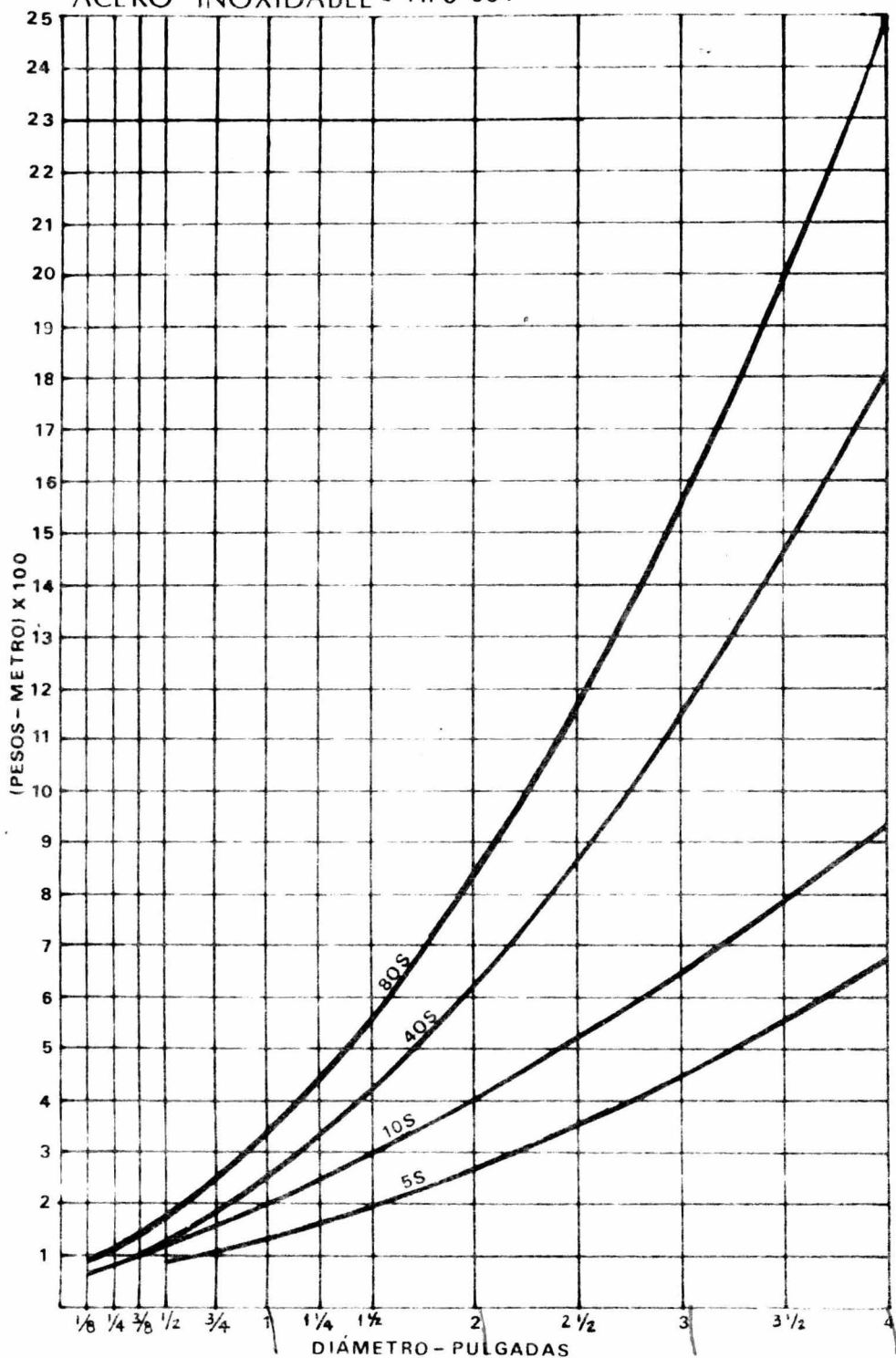
Por último también se anexa una gráfica para calcular el diámetro económico de acuerdo con el flujo (lb/hora) y la densidad (lb/pies³) del fluido. Esta gráfica es de suma utilidad para determinar rapidamente el diámetro de la tubería y por lo tanto aproximar en una primera estimación el costo de la tubería. La gráfica se utiliza de la siguiente manera:

- a - Se traza una recta desde el punto que representa el flujo manejado hasta cortar la recta que representa la densidad del fluido a las condiciones del proceso.
- b - Desde el punto de intersección anterior se traza otra recta que corte al eje de las ordenadas, obteniendo así el diámetro económico requerido.

TUBERIA DE ACERO AL CARBON
 SIN COSTURA EXTREMOS LIBRES

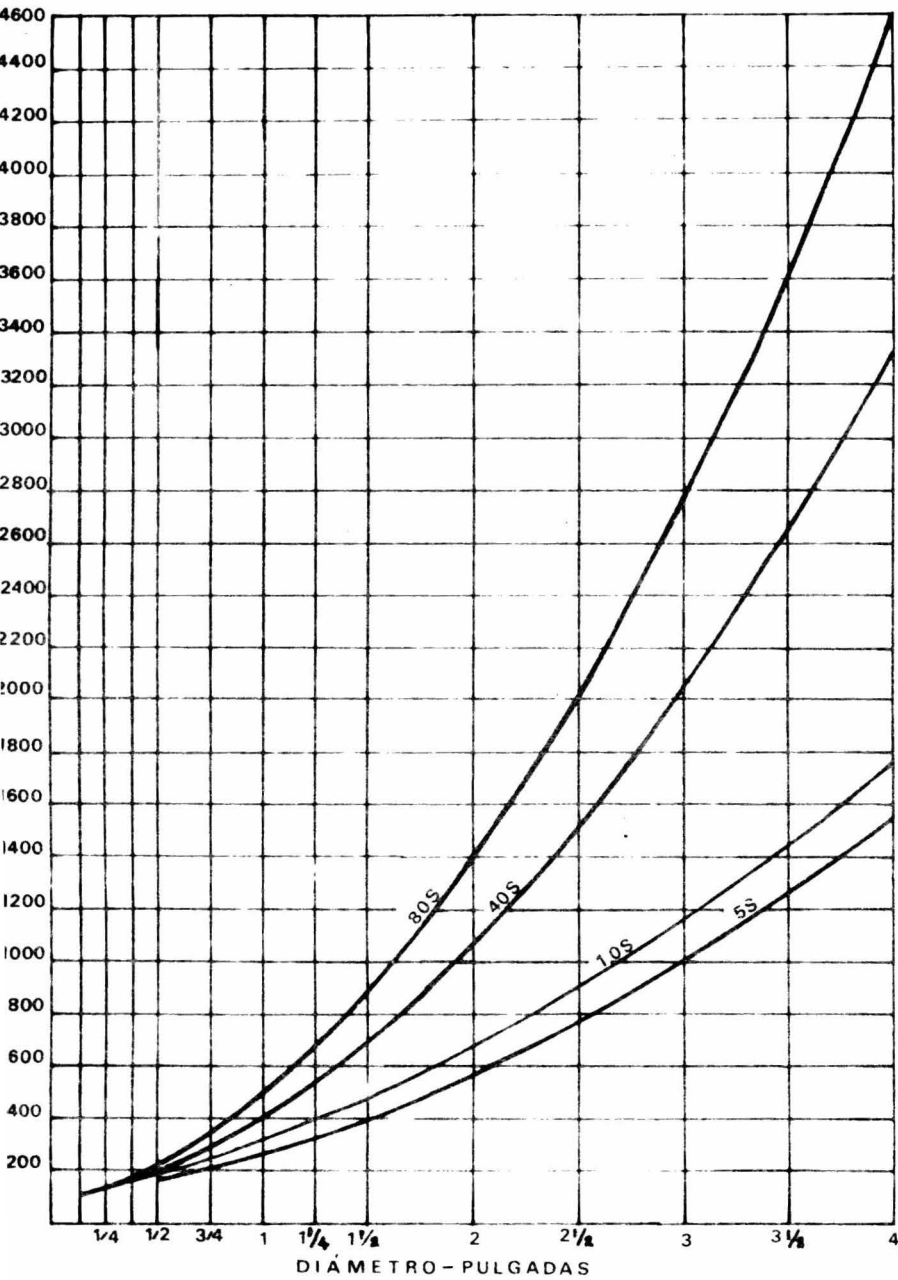
Gráfica 1





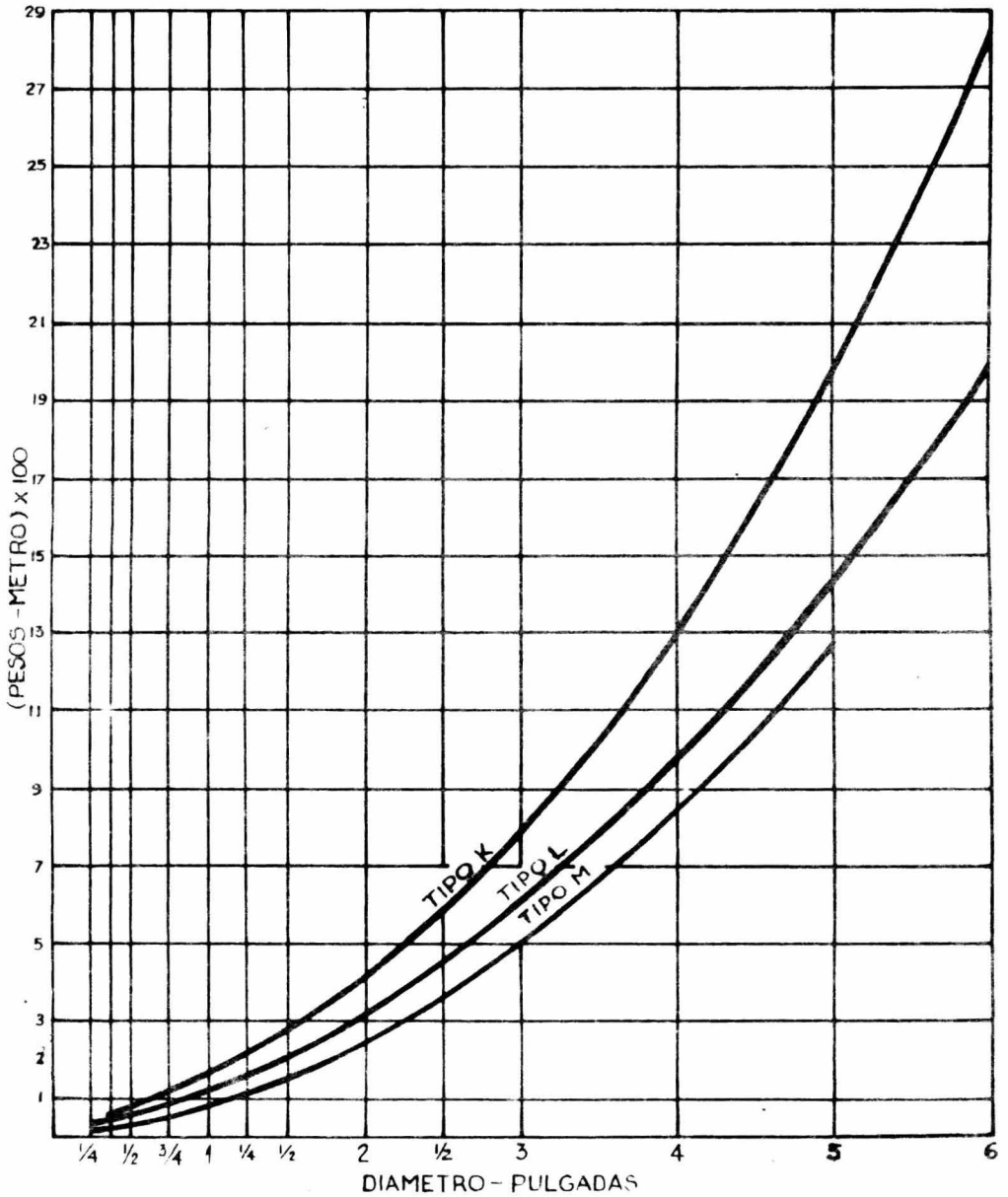
TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE -
TIPO 316

Gráfica 3



TUBERÍA DE COBRE RÍGIDA

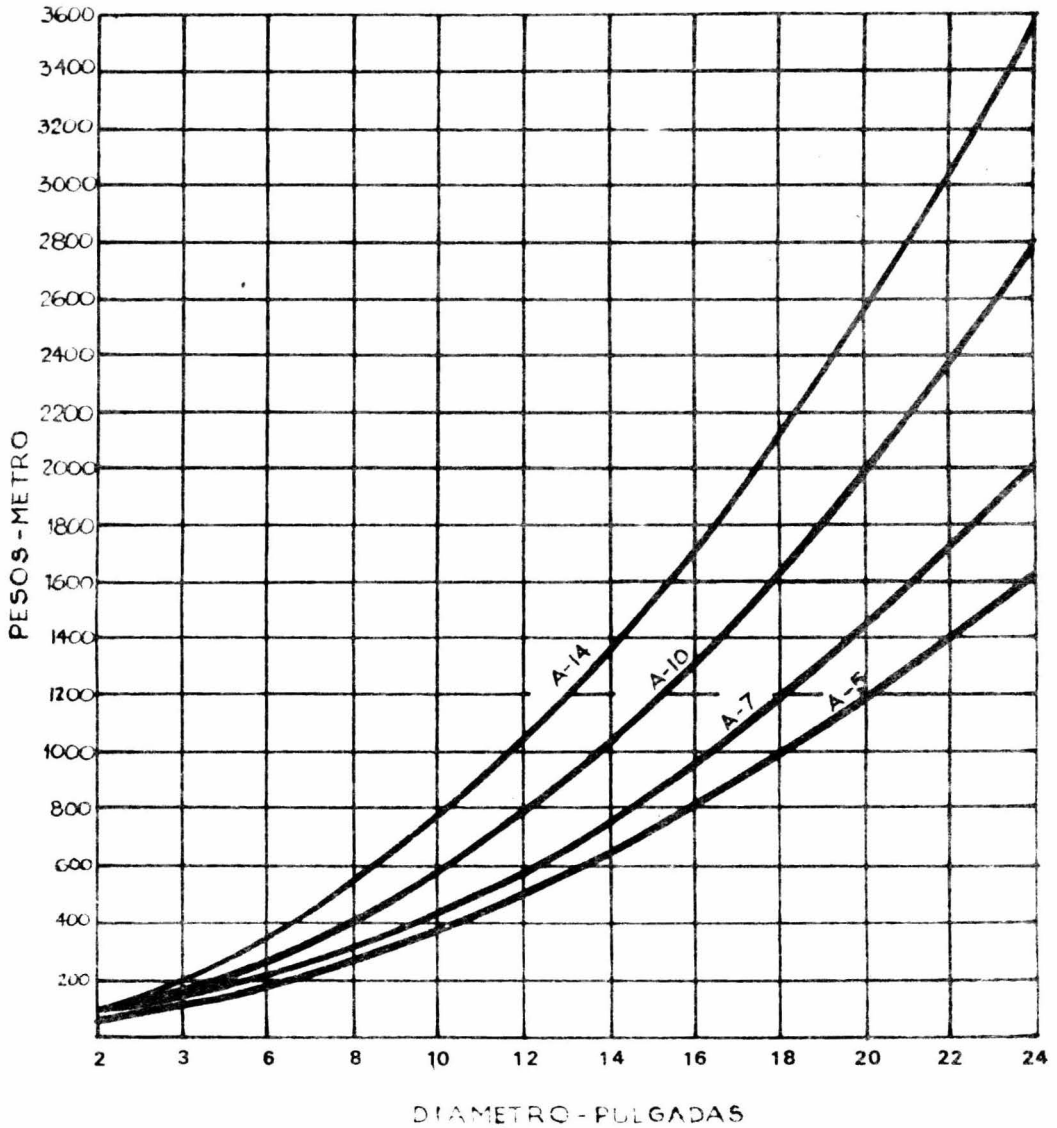
Gráfica 4



TUBERIA DE ASBESTO-CEMENTO

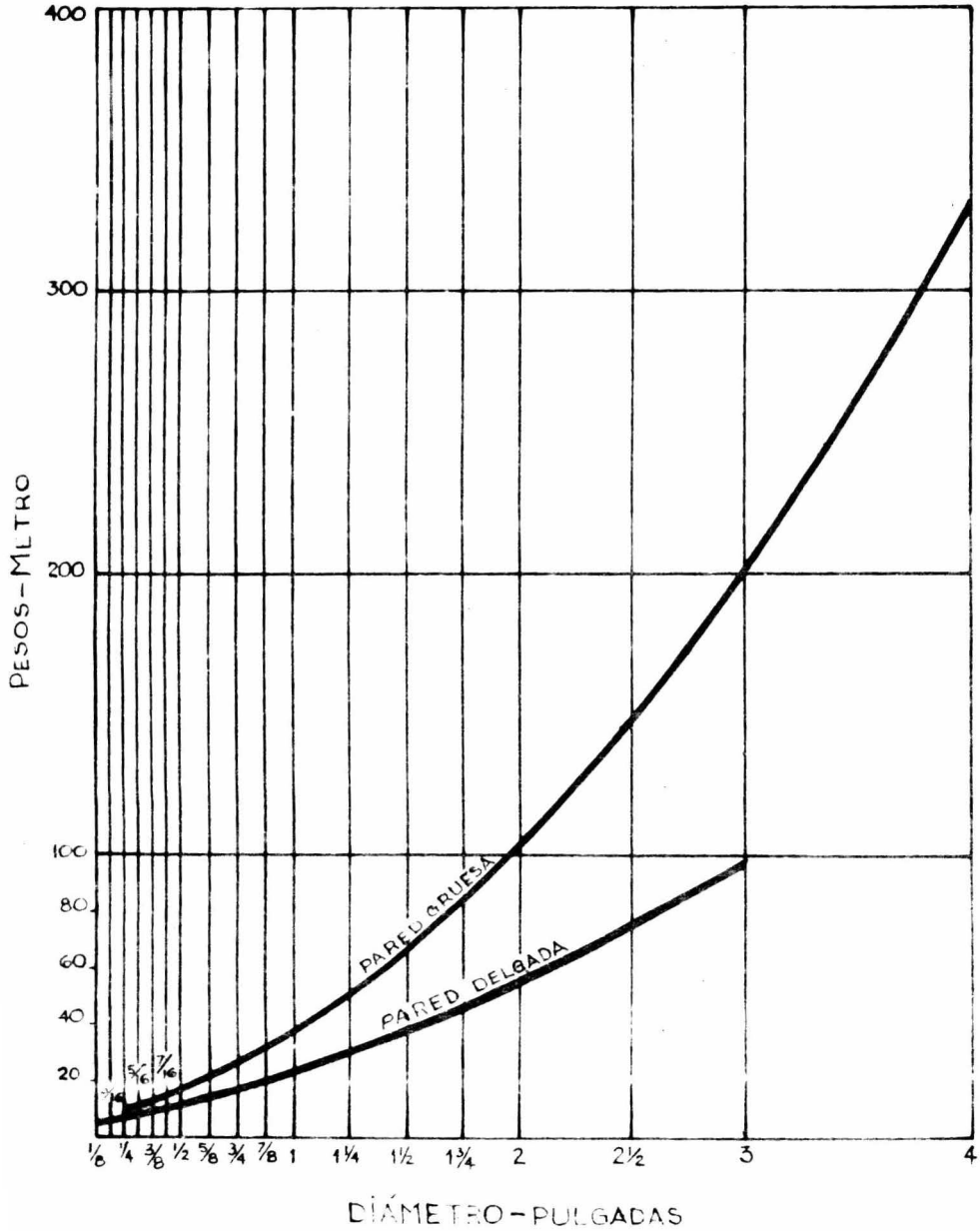
Gráfica 5

TIPO	PRESION DE TRABAJO	PRESION PRUEB
A-5	5 Kg/cm ²	17.5 Kg/cm ²
A-7	7 "	24.5 "
A-10	10 "	35.0 "
A-14	14 "	49.0 "



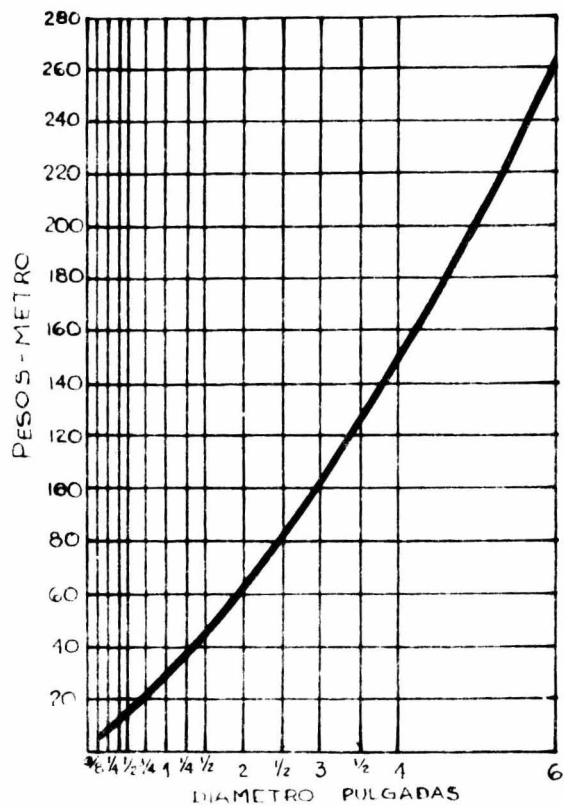
Gráfica 6

TUBERIA DE LATON AMARILLO



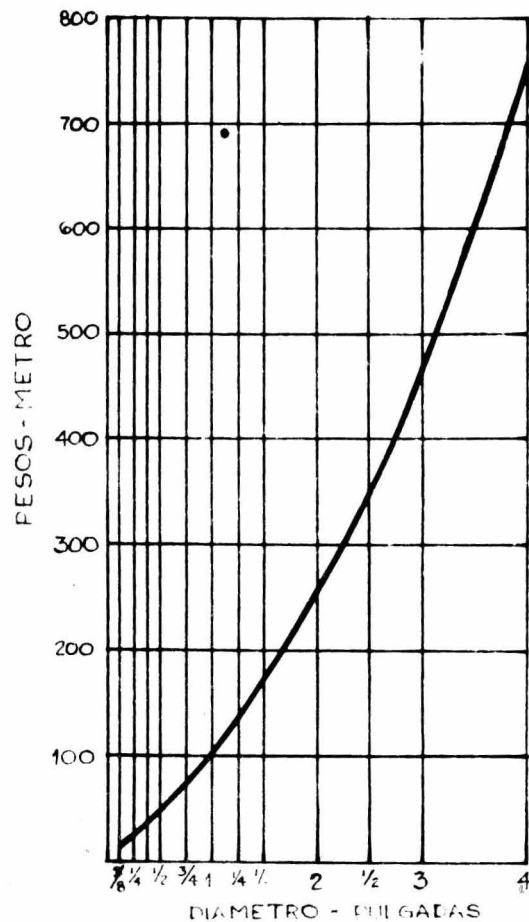
TUBERIA DE ALUMINIO

Gráfica 7



Gráfica 8

TUBERIA DE LATON ROJO

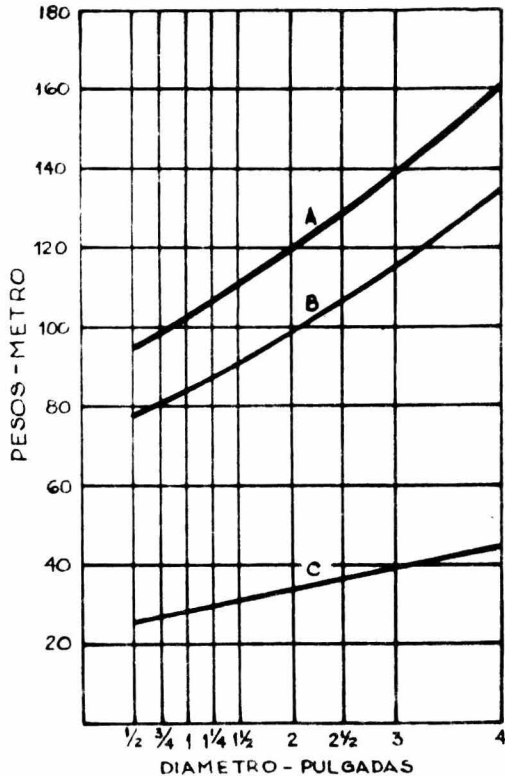


COSTO DE AISLAMIENTO

ACCESORIOS

TIPO CODOS TE VALV. BRIDAS

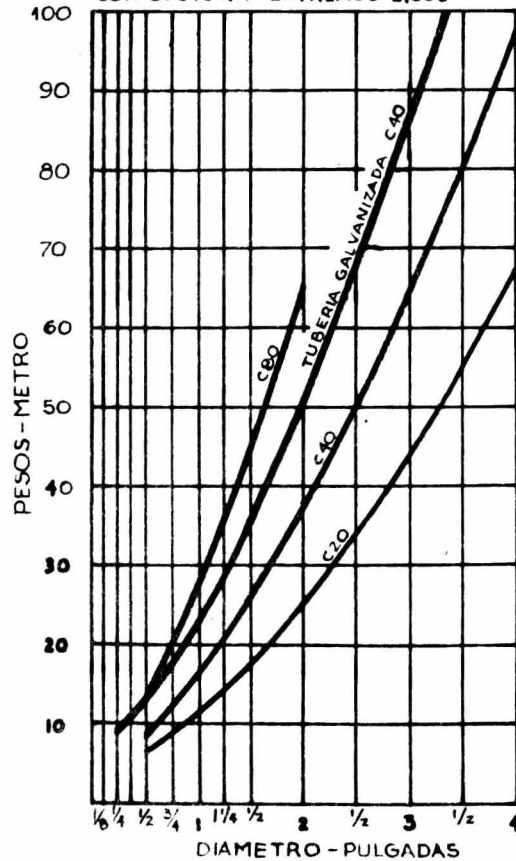
FACTOR 0.8 0.5 2.25 1.50



Gráfica 9

- A AISLAMIENTO CON RECUBRIM. LÁMINA DE ALUMINIO #28
- B AISLAMIENTO CON RECUB. DE MANTA Y AISLACOLL
- C COSTO DE INSTALACIÓN

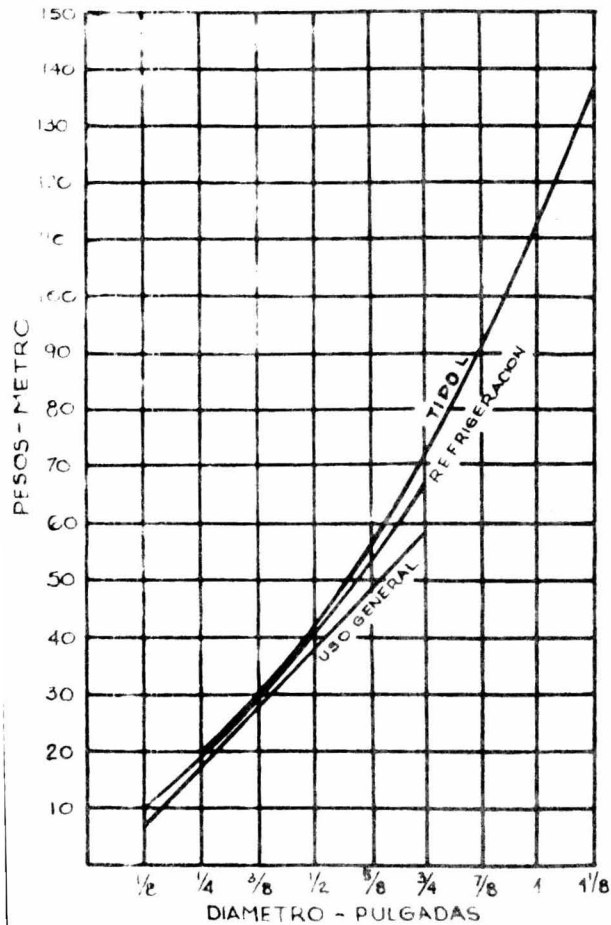
TUBERIA DE ACERO AL CARBON CON COSTURA - EXTREMOS LISOS



Gráfica 10

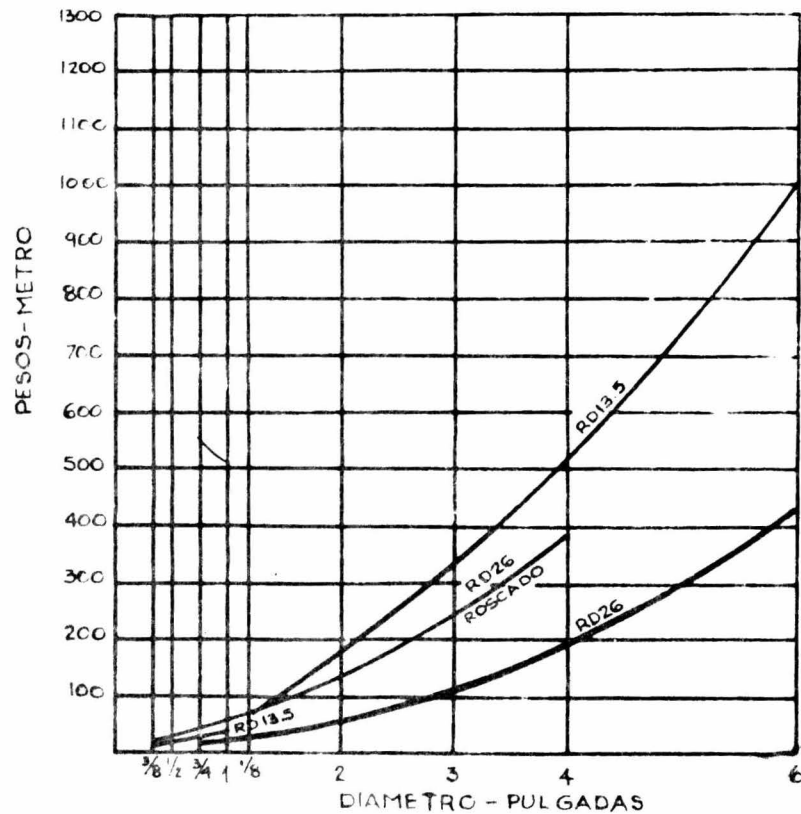
Gráfica 11

TUBERÍA DE COBRE FLEXIBLE



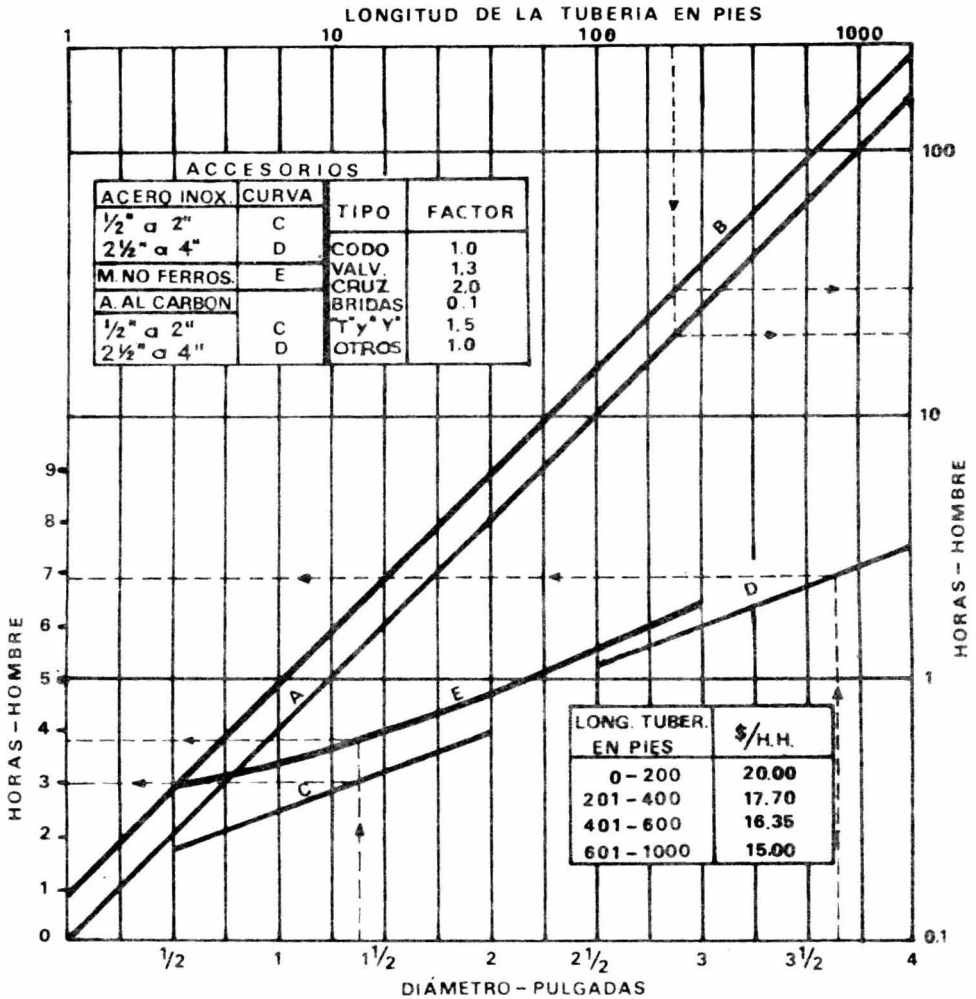
TUBERÍA DE PVC

Gráfica 12



COSTO DE INSTALACIÓN

Gráfica 13



TUBERIA	CURVA
Acero inoxidable y acero al carbón	
1/2" a 2"	A
2 1/2" a 4"	B
Material no-ferros.	A

No puede omitirse un factor que también complicó el desarrollo de esta tesis y que fué el efecto inflacionario registrado en el mercado mexicano, especialmente marcado a partir de 1972 como se observa en la tabla No. 1, donde los índices están basados en pesos de 1966. Los índices fueron proporcionados por el Banco Nacional de México, Departamento de Estudios Estadísticos.

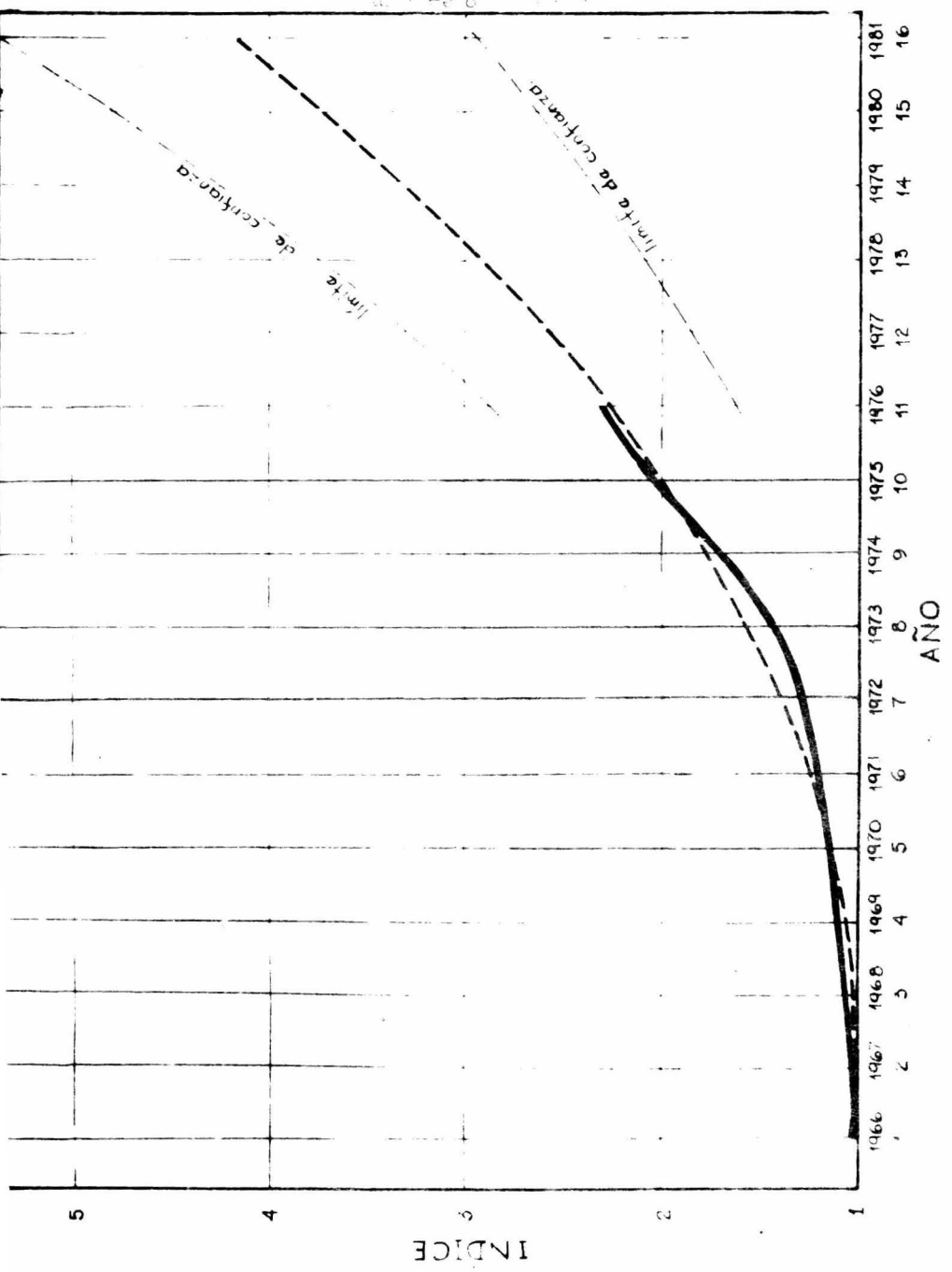
TABLA 1

Año	Indice
1966	1.000
1967	1.029
1968	1.054
1969	1.095
1970	1.144
1971	1.196
1972	1.263
1973	1.419
1974	1.757
1975	2.043
1976*	2.308

*Hasta Junio de 1976

Este efecto inflacionario fue factor importante en la escalada de precios de las tuberías estudiadas, ya que no fué posible determinar las ecuaciones de las curvas con precisión debido a las constantes variaciones registradas, las que hacían obsoletos los datos obtenidos. Es para evitar la obsolescencia de los datos de costo que se construyó una gráfica con los índices inflacionarios mediante una curva de regresión, la que se extrapoló para los próximos 5 años. Los límites de confiabilidad fueron calculados para los últimos años solamente. Es de hacer énfasis en que los valores obtenidos en la extrapolación pueden presentar marcadas variaciones dentro de los límites de confianza calculados. Por lo que deben ser utilizados con precaución.

INDICES DE INFLACION
al 1 de Enero de 1977



APLICACIÓN DE LAS GRAFICAS DE COSTO Y LA ACTUALIZACION

Para una mejor comprensión en la utilización de las gráficas de costos se plantearán ejercicios de la estimación de los costos de tuberías, para algunos casos característicos, indicando las gráficas utilizadas y el procedimiento seguido.

Suponiendo los sistemas de tuberías siguientes, los que serán conectados a un sistema existente habiendo espacio de trabajo restringido y el cortado de la tubería se hará fuera de la zona de montaje. Estimándose los sistemas para años futuros, los que se indicarán en cada caso.

CASO A: Tubería de acero al carbon sin costura con aislamiento - año 1978

200 mts de tubo de 3" diám. Ced.80 con aislamiento de amobesto y recubrimiento de lámina de aluminio Cal.28 .

300 mts. de tubo de 1" diám. Ced.40 con aislamiento de amobesto con recubrimiento de manta y aisacoll.

15 codos de 90° de 3" diám.

20 conexiones "T" de 1" de diám.

10 válvulas de 3" de diám.

15 válvulas de 1" de diám.

20 codos de 90° de 1" de diám.

6 manómetros con entradas de 1"

CASO B: Tubería de cobre rígido - año de 1979

200 mts. de tubo de 1" de diám. tipo "K"

100 mts. de tubo de 3/8" de diám. tipo "L"

50 mts. de tubo de 1/4" de diám. tipo "M"

16 codos de 1/4" de diám.

20 reducciones de 1" a 3/8" de diám.

18 codos de 1" de diám.

10 reducciones de 3/8" a 1/4" de diám.

12 codos de 3/8" de diám.

15 conexiones "T" de 1" diám., 20 conexiones "T" de 3/8" de diám. y

8 conexiones "T" de 1/4" de diám.

CASO C: Tubería de acero inoxidable con aislamiento - Año de 1980

Tipo 304, aislamiento de amobesto y recubrimiento de manta y aisacoll

150 mts. de tubo de 2½" de diám. Ced.80S

100 mts. de tubo de ½" de diám. Ced.5S

20 válvulas de 2½" diam. con bridas 10 válvulas de ½" de diám. con bridas

15 codos de 2½" diám. con bridas 20 codos de ½" de diám. con bridas

70 bridas de 2½" diám. con bridas

Tipo 316

200 mts. de tubo de 3" de diám. Ced.40S

140 mts. de tubo de 1½" de diám. Ced.10S

15 válvulas de 3" de diám. con bridas.

17 codos de 3" de diám. con bridas.

64 bridas de 1½" de diám.

RESOLUCION:CASO A : Tubo de acero al carbón sin costuraCosto de los materiales

Ced.	Diám.	Gráfica	Curva	\$/Mts.	Long.(Mts.)	Costo(\$)
80	3"	#1	80	220	200	44,000
40	1"	#1	40	40	300	12,000

TOTAL \$56,000

Costo de instalación

Diám.	Gráfica	Curva	Long.(pies)	Cant.	Factor	H.H.	\$/HH	\$
3"	# 13	B	656	-	-	110	15	1650
1"	# 13	A	984	-	-	100	15	1500
codos 3"	# 13	D	-	15	1.0	6	15	1350
codos 1"	# 13	C	-	20	1.0	2.5	15	750

Diam.	Gráfica	Curva	Long.(pies)	Cant.	Factor	H.H.	\$/HH	\$
válv.3"	# 13	D	-	10	1.3	6	15	1170
Válv.1"	# 13	C	-	15	1.3	2.5	15	731
"T" 1"	# 13	C	-	20	1.5	2.5	15	1125
manom.	# 13	C	-	6	1.3	2.5	15	293

TOTAL \$ 8,569

En el caso de los accesorios el costo se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Costo (\$)} = \text{Cantidad} \times \text{Factor} \times \text{H.H.} \times \text{\$/H.H.}$$

De acuerdo con las condiciones de trabajo mencionadas, el factor de corrección calculado mediante los datos de la pagina 107, capítulo VII es:

Conexión a un sistema existente	0.15
Espacio de trabajo restringido	0.15
Cortado fuera de la zona de montaje	0.10
Tubería de acero al carbón	- 0.15

TOTAL 0.25

Costo total de la instalación = $8,569 \times 1.25 = \$ 10,711$

Costo del aislamiento:

Diám.	Gráfica	Recubrimiento	Long. Curva (mts)	Cant.	Factor	\$/mt	\$	
3"	# 9	Lám. Cal.28	A	200	-	-	140	28,000
1"	# 9	Manta aisacoll	B	300	-	-	83	24,900
codos 3"	# 9	Lám. Cal.28	A	-	15	0.8	140	1,680
valv. 3"	# 9	Lám. Cal.28	A	-	10	2.25	140	3,150
codos 1"	# 9	Manta-aisacoll	B	-	20	0.8	83	1,328
valv. 1"	# 9	Manta-aisacoll	B	-	15	2.25	83	2,800
"T" 1"	# 9	Manta-aisacoll	B	-	20	0.5	83	830
manóm.	# 9	Manta-aisacoll	B	-	6	0.5	83	249

TOTAL \$ 62,937

Costo de instalación del aislamiento

De la tabla anterior, para la sección de 3" de diámetro, se tiene

$$\text{Long. equivalente} = 200 + 15 \times 0.8 + 10 \times 2.25 = 234.5 \text{ mts.}$$

de la gráfica # 9, curva C para 3" de diámetro, tenemos que \$/mt = 40
entonces

$$(\text{Costo instalación})_{3''} = 234.5 \text{ mt.} \times 40 \text{ \$/mt.} = \$ 9,380$$

De la tabla anterior para 1" de diám. se tiene

$$\begin{aligned} \text{Long. equivalente} &= 300 + 20 \times 0.8 + 15 \times 2.25 + 20 \times 0.5 + 6 \times 0.5 \\ &= 362.75 \text{ mts.} \end{aligned}$$

de la gráfica # 9, curva C para 1" de diámetro, tenemos que \$/mt = 28

y

$$(\text{Costo instalación})_{1''} = 362.75 \text{ mt.} \times 28 \text{ \$/mt.} = \$ 10,157$$

Entonces el costo total del aislamiento será

$$\text{Costo total aislam.} = \$ 62,937 + \$ 9,380 + \$ 10,157 = \$ 82,474$$

COSTO TOTAL DEL SISTEMA (Pesos de 1976)

Materiales (Tubería de acero al carbón sin costura)	\$ 56,000
Costo de instalación (Corregido)	\$ 10,711
Costo total del aislamiento	\$ 82,474
TOTAL	\$149,185

COSTO TOTAL DEL SISTEMA EN PESOS DE 1978:

$$\text{De la gráfica \# 14} \quad \left\{ \begin{array}{l} I_{1976} = 2.250 \\ I_{1978} = 2.910 \end{array} \right.$$

$$\text{Aplicando la fórmula (Costo)}_{1978} = \frac{I_{1978}}{I_{1976}} \times (\text{Costo})_{1976}$$

entonces

$$(\text{COSTO})_{1978} = \frac{2.910}{2.250} \times \$149,185 = \$192,681$$

$$(\text{COSTO})_{1978} = \$192,681$$

CASO B: Tubería de cobre rígidaCosto de los materiales

Cedula	Diam.	Gráfica	Curva	\$/mts.	Long.(mts.)	Costo(\$)
K	1"	# 4	K	180	200	36,000
L	3/8"	# 4	L	50	100	5,000
M	¼"	# 4	M	20	50	1,000
TOTAL						\$ 42,000

Costo de instalación

Diám.	Gráfica	Curva	Long. (pies)	Cant.	Factor	H.H.	\$/H.H.	Costo (\$)
1"	# 13	A	656	-	-	71.0	15.00	1,065
3/8"	# 13	A	328	-	-	30.0	17.70	531
¼"	# 13	A	164	-	-	16.0	20.00	320
reduc.								
1" a 3/8"	# 13	E	-	20	1.0	3.2	15.00	960
reduc.								
3/8"-¼"	# 13	E	-	10	1.0	2.8	17.70	496
codo 1"	# 13	E	-	18	1.0	3.2	15.00	864
codo 3/8"	# 13	E	-	12	1.0	2.8	17.70	595
codo ¼"	# 13	E	-	16	1.0	2.6	20.00	832
"T" 1"	# 13	E	-	15	1.5	3.2	15.00	1,080
"T" 3/8"	# 13	E	-	20	1.5	2.8	17.70	1,487
"T" ¼"	# 13	E	-	8	1.5	2.6	20.00	624
TOTAL								\$ 8,854

Recordando que para los accesorios, el costo se calcula mediante

$$(\text{Costo } \$) = \text{Cant.} \times \text{Factor} \times \text{H.H.} \times \$/\text{H.H.}$$

De acuerdo con las condiciones de trabajo mencionadas al inicio del ejercicio, el factor de corrección se calcula mediante los datos de la pag.107, capítulo VII es:

Conexión a un sistema existente	0.15
Espacio de trabajo restringido	0.15
Cortado fuera de la zona de montaje	0.10
TOTAL	0.40

$$\text{COSTO TOTAL DE INSTALACION} = \$ 8,854 \times 1.40 = \$ 12,396$$

COSTO TOTAL DEL SISTEMA (Pesos de 1976)

Materiales (Tubería de cobre rígido)	\$ 42,000
Costo de instalación corregido	\$ 12,396
TOTAL	\$ 54,396

COSTO TOTAL DEL SISTEMA EN PESOS DE 1979:

$$\text{De la gráfica \#14} \begin{cases} I_{1976} = 2.250 \\ I_{1979} = 3.230 \end{cases}$$

$$\text{Aplicando la fórmula (Costo)}_{1979} = \frac{I_{1979}}{I_{1976}} \times (\text{Costo})_{1976}$$

$$(\text{COSTO})_{1979} = \frac{3.230}{2.250} \times \$54,396 = \$ 78,090$$

$$(\text{COSTO})_{1979} = \$ 78,090$$

CASO C: Tubería de acero inoxidable1 - Tipo 304 Costo de los materiales

Ced.	Diám.	Gráfica	Curva	\$/mt.	Long.(mts.)	Costo (\$)
80S	2½"	# 2	80S	1,175	150	176,250
5S	½"	# 2	5S	90	100	9,000

TOTAL \$ 185,250

Costo de instalación

Diam.	Gráfica	Curva	Long. (pies)	Cant.	Factor	H.H.	\$/H.H.	Costo(\$)
2½"	# 13	B	492	-	-	76.00	16.35	1,240
½"	# 13	A	328	-	-	18.00	17.70	320
valv. 2½"	# 13	D	-	20	1.3	5.25	16.35	2,232
codo 2½"	# 13	D	-	15	1.0	5.25	16.35	1,288
brid 2½"	# 13	D	-	70	0.1	5.25	16.35	601
valv. ½"	# 13	C	-	10	1.3	1.75	17.70	403
codo ½"	# 13	C	-	20	1.0	1.75	17.70	620

TOTAL \$ 6,704

Recordando que para los accesorios, el costo se calcula mediante

$$\text{Costo (\$)} = \text{Cantidad} \times \text{Factor} \times \text{H.H.} \times \text{\$/H.H.}$$

De acuerdo con las condiciones de trabajo mencionadas para el ejercicio, el factor de corrección se calcula mediante los datos de la pág. 107, capítulo VII; y es:

Conexión a un sistema existente	0.15
Espacio de trabajo restringido	0.15
Cortado fuera de la zona de montaje	0.10
TOTAL:	0.40

$$\text{COSTO TOTAL DE INSTALACION} = \$6,704 \times 1.40 = \$9,386$$

Costo de aislamiento:

Diám.	Gráf.	Recubrimiento	Curva	Long. (mts)	Cant.	Factor	\\$/mt	\$
2½"	#9	Manta-aisacoll	B	150	-	-	106	15,900
½"	#9	" "	B	100	-	-	78	7,800
valv. 2½"	#9	" "	B	-	20	2.25	106	4,770
codo 2½"	#9	" "	B	-	15	0.80	106	1,272
brida 2½"	#9	" "	B	-	70	1.50	106	11,130
valv. ½"	#9	" "	B	-	10	2.25	78	1,755
codo ½"	#9	" "	B	-	20	0.80	78	1,248
TOTAL:								\$43,875

Costo de instalación del aislamiento:

De la tabla anterior para la sección de 2½" de diámetro se tiene:

$$\text{Long.equivalente} = 150 + 20 \times 2.25 + 15 \times 0.80 + 70 \times 1.50 = 312 \text{ mt.}$$

De la gráfica #9, curva C para 2½" de diámetro, tenemos que \\$/mt. = 37

entonces

$$(\text{Costo instalación})_{2\frac{1}{2}"} = 312 \text{ mt.} \times 37 \text{ \$/mt.} = \$11,544$$

De la tabla anterior, para $\frac{1}{2}$ " de diámetro se tiene:

$$\text{Long. equivalente} = 100 + 10 \times 2.25 + 20 \times 0.80 = 138.5 \text{ mt.}$$

De la gráfica #9, curva C, para $\frac{1}{2}$ " de diámetro, tenemos que: \$/mt. = 25
entonces:

$$(\text{Costo instalación})_{\frac{1}{2}"} = 138.5 \text{ mt.} \times 25 \text{ \$/mt.} = \$3,463$$

Entonces, el costo total del aislamiento para Ac. inox. 304, será:

$$(\text{Costo total aislam.})_{304} = \$43,875 + \$11,544 + \$3462 = \$58,881$$

COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE AC. INOX. TIPO 304 (Pesos de 1976)

Materiales (tubería de acero inoxidable tipo 304)	\$ 185,250
Costo de instalación corregido	\$ 9,386
Costo total del aislamiento	\$ 58,881
TOTAL:	\$ 253,517

COSTO TOTAL DEL SISTEMA EN PESOS DE 1980:

$$\text{De la gráfica \#14} \quad \left\{ \begin{array}{l} I_{1976} = 2.250 \\ I_{1980} = 3.670 \end{array} \right.$$

$$\text{Aplicando la fórmula} \quad (\text{Costo})_{1980} = \frac{I_{1980}}{I_{1976}} \times (\text{Costo})_{1976}$$

entonces

$$(\text{COSTO})_{1980} = \frac{3.760}{2.250} \times 253,517 = \$ 423,655$$

$$(\text{COSTO})_{1980} = \$ 423,655$$

2 - Tipo 316 Costo de los materiales

Ced	Diám.	Gráfica	Curva	\$/mt.	Long.(mts.)	Costo (\$)
40S	3"	# 3	40S	2,050	200	410,000
10S	1½"	# 3	10S	480	140	67,200
TOTAL \$						477,200

Costo de instalación

Diám.	Gráfica	Curva	Long. (pies)	Cant.	Factor	H.H.	\$/H.H.	Costo (\$)
3"	- # 13	B	656	-	-	112.00	15.00	1,680
1½"	# 13	A	459	-	-	50.00	16.35	818
valv.3"	# 13	D	-	15	1.3	6.00	15.00	1,755
codo 3"	# 13	D	-	17	1.0	6.00	15.00	1,530
brida 1½"	# 13	C	-	64	0.1	3.25	16.35	340
TOTAL								\$6,123

Recordando que para los accesorios, el costo se calcula mediante

$$\text{Costo (\$)} = \text{Cantidad} \times \text{Factor} \times \text{H.H.} \times \text{\$/H.H.}$$

De acuerdo con las condiciones de trabajo mencionadas para la instalación es necesario corregir el costo de acuerdo con los datos de la pag.107, capítulo VII, entonces:

Conexión a un sistema existente	0.15
Espacio restringido de trabajo	0.15
Cortado fuera de la zona de montaje	0.10
TOTAL	0.40

$$\text{COSTO TOTAL DE INSTALACION} = \$6,123 \times 1.40 = \$8,572$$

COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE AC. INOX. TIPO 316 (Pesos de 1976)

Materiales (tubería de acero inoxidable tipo 316)	\$ 477,200
Costo de instalación corregido	\$ 8,572
TOTAL	\$ 485,772

COSTO TOTAL DEL SISTEMA EN PESOS DE 1980:

$$\text{De la gráfica \# 14} \quad \left\{ \begin{array}{l} I_{1976} = 2.250 \\ I_{1980} = 3.670 \end{array} \right.$$

$$(\text{COSTO})_{1980} = \frac{3.670}{2.250} \times \$485,772 = \$792,348$$

COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE ACERO INOXIDABLE

De las págs. 138 y 139 tenemos que

SISTEMA DE AC. INOX. TIPO 304	\$423,655
SISTEMA DE AC. INOX. TIPO 316	\$792,348

TOTAL \$1,216,003

APENDICETABULACION DE LOS PRECIOS DE TUBERIASTuberia de Acero al Carbón sin CosturaCédula 20

Diám. nominal pulgadas	\$/mt.
8	267.20
10	377.20
12	480.40
14	591.10
16	735.10

Cédula 30

Diám. nominal pulgadas	\$/mt.
8	321.50
10	450.10
12	590.40
14	701.60
16	731.80

Cédula 40

Diám. nominal pulgadas	\$/mt.
1/8	27.33
1/4	30.97
3/8	37.37
1/2	44.43
3/4	53.71
1	81.27
1 1/4	78.01
1 1/2	93.48
2	76.93
2 1/2	118.06

Diám. nominal pulgadas	\$/mt.
3	148.02
4	198.51
5	284.40
6	321.64
8	439.82
10	532.52
12	668.87
14	815.00
16	968.10

Cédula 60

Diám. nominal pulgadas	\$/mt.
8	507.80
10	719.80
12	910.70

Diám. nominal pulgadas	\$/mt.
14	1085.80
16	1274.80

Cédula 80

Diám. nominal pulgadas	\$/mt.	Diám. nominal pulgadas	\$/mt.
1/8	35.24	3	202.60
1/4	40.58	4	277.71
3/8	42.71	5	403.51
1/2	57.02	6	529.64
3/4	70.02	8	633.55
1	97.83	10	867.77
1 1/4	102.58	12	1032.93
1 1/2	124.98	14	1347.60
2	108.56	16	1703.10
2 1/2	158.81		

Cédula 100

8	703.50	14	1651.50
10	1034.80	16	1827.10
12	1281.90		

Cédula 120

4	350.70	10	1199.60
5	525.00	12	1528.60
6	617.50	14	1908.00
8	846.10	16	2148.30

Cédula 140

8	950.20	14	2159.20
10	1400.70	16	2514.80
12	1719.90		

Cédula 160

1/2	67.90	4	415.40
3/4	92.10	5	693.80
1	137.50	6	768.40
1 1/4	129.30	8	1090.10
1 1/2	166.90	10	1555.50
2	156.80	12	1997.70
2 1/2	203.90	14	2402.30
3	279.10	16	2765.80

Diám. nominal Pulgadas	\$/mt.	Diám nominal Pulgadas	\$/mt.
---------------------------	--------	--------------------------	--------

Tubería de Acero al Carbón con CosturaCédula 20

1/2	7.25	2	26.60
3/4	8.75	2 1/2	32.95
1	11.45	3	42.25
1 1/4	13.70	3 1/2	58.30
1 1/2	19.90	4	66.40

Cédula 40

1/2	8.85	2	37.05
3/4	11.70	2 1/2	49.80
1	16.70	3	65.95
1 1/4	22.35	4	97.25
1 1/2	27.15		

Cédula 80

1/2	14.10	1 1/4	38.10
3/4	19.00	1 1/2	45.80
1	27.40	2	64.70

Tubería de Acero al Carbón con Costura - GalvanizadaCédula 40

1/4	11.05	1 1/2	36.60
3/8	12.35	2	49.90
1/2	11.75	2 1/2	66.85
3/4	15.60	3	88.55
1	22.35	4	129.70
1 1/4	30.05		

Tubería de Acero Inoxidable - Tipo 304Cédula 5S

1/2	88.70	2	240.20
3/4	112.90	2 1/2	407.70
1	149.60	3	453.10
1 1/4	182.40	3 1/2	577.20
1 1/2	205.10	4	610.00

Diám. nominal pulgadas	\$/mt.	Diám. nominal pulgadas	\$/mt.
<u>Cédula 40S</u>			
1/8	108.40	1 1/2	686.10
1/4	149.40	2	922.40
3/8	172.00	2 1/2	1607.70
1/2	219.00	3	1915.80
3/4	327.00	3 1/2	2530.20
1	455.60	4	3304.70
1 1/4	630.20		

<u>Cédula 80S</u>			
1/8	139.35	1 1/2	916.65
1/4	188.20	2	1276.50
3/8	223.85	2 1/2	2126.40
1/2	279.95	3	2593.15
3/4	327.00	3 1/2	3472.55
1	588.90	4	4589.00
1 1/4	630.20		

Tubería de cobre rígida - Tramo de 6.10 mt. (20 pies)

<u>Tipo M</u>			
1/4	19.95	1 1/2	168.60
3/8	27.15	2	261.80
1/2	43.85	2 1/2	372.65
3/4	59.20	3	492.10
1	83.35	4	881.25
1 1/4	122.25	5	1259.55

<u>Tipo L</u>			
1/4	24.55	2	321.95
3/8	36.80	2 1/2	454.25
1/2	51.85	3	608.65
3/4	83.20	4	985.95
1	120.10	5	1442.65
1 1/4	158.80	6	1979.20
1 1/2	207.60		

<u>Tipo K</u>			
3/8	51.30	2	385.75
1/2	65.65	2 1/2	539.60
3/4	118.80	3	741.80
1	155.65	4	1217.00
1 1/4	193.40	5	1939.20
1 1/2	252.90	6	2858.35

Diám. nominal pulgadas	\$/mt.	Diám. nominal pulgadas	\$/mt.
<u>Cédula 10S</u>			
1/8	53.70	1 1/2	335.00
1/4	75.90	2	395.70
3/8	96.20	2 1/2	582.90
1/2	112.00	3	649.70
3/4	131.00	3 1/2	820.70
1	239.90	4	841.90
1 1/4	297.50		

<u>Cédula 40S</u>			
1/8	78.90	1 1/2	438.20
1/4	100.20	2	547.50
3/8	125.50	2 1/2	955.30
1/2	138.70	3	1136.40
3/4	197.30	3 1/2	1513.90
1	248.40	4	1688.10
1 1/4	375.50		

<u>Cédula 86S</u>			
1/8	94.20	3/4	242.80
1/4	124.30	1	374.20
3/8	166.00	1 1/4	493.90
1/2	179.30	1 1/2	584.80

Tubería de acero inoxidable - Tipo 316

<u>Cédula 5S</u>			
1/2	151.00	2	582.60
3/4	216.90	2 1/2	780.25
1	280.50	3	956.95
1 1/4	375.20	3 1/2	1207.30
1 1/2	440.10	4	1505.30

<u>Cédula 10S</u>			
1/8	82.60	1 1/2	526.60
1/4	116.00	2	665.95
3/8	128.30	2 1/2	980.45
1/2	172.65	3	1093.90
3/4	247.90	3 1/2	1380.00
1	381.00	4	1717.00
1 1/4	500.70		

Diám. nominal pulgadas	\$/mt.	Diám. nominal pulgadas	\$/mt.
Tipo L			
3/8	28.00	7/8	95.00
1/2	38.00	1 1/8	134.80
5/8	58.60		

Refrigeración

1/8	9.12	3/8	30.31
3/16	15.03	1/2	41.16
1/4	20.00	5/8	55.76
5/16	25.35	3/4	67.14

Uso General

1/8	8.42	3/8	27.61
3/16	13.87	1/2	37.49
1/4	18.38	5/8	50.70
5/16	22.51	3/4	61.12

DIÁMETRO ECONÓMICO

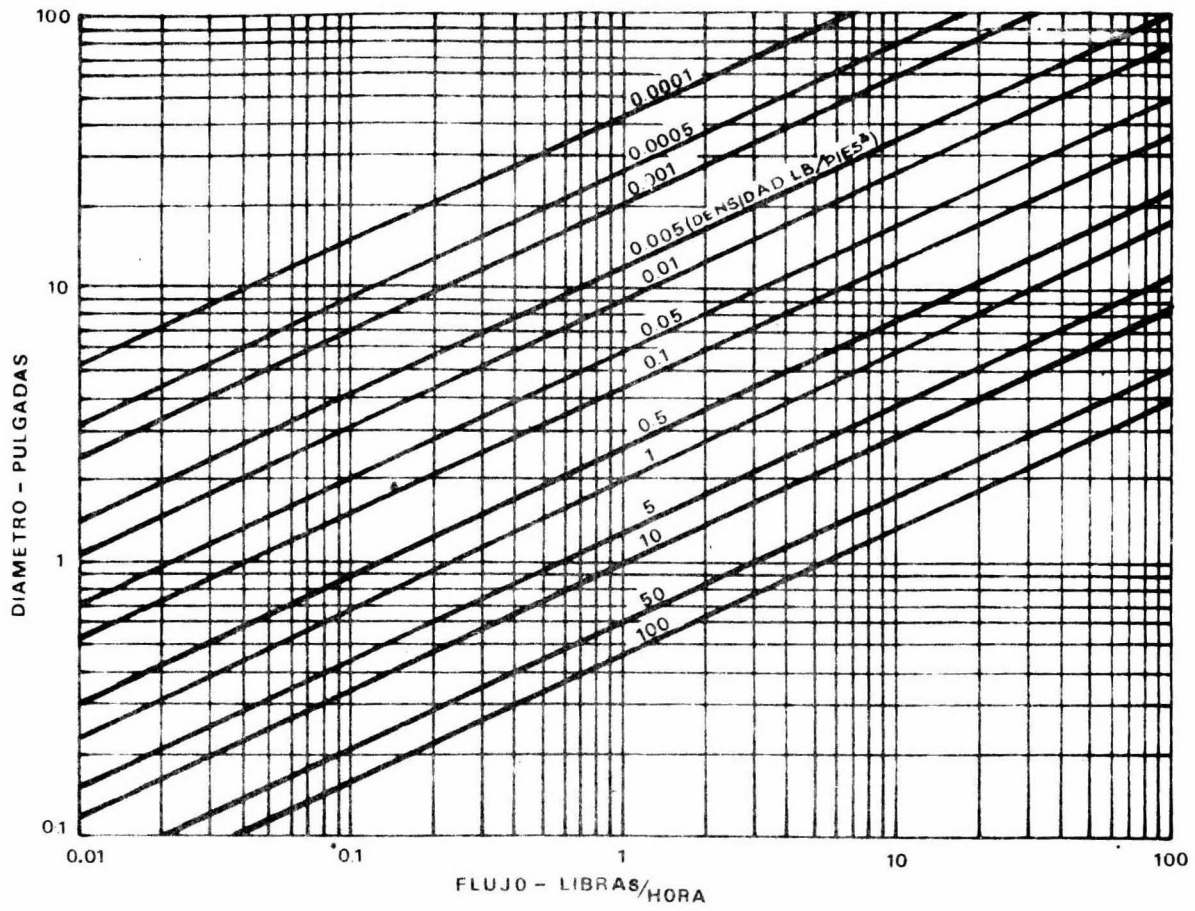


Fig. 14

146

B I B L I O G R A F I A

1. Chemical Engineering Costs Estimation - Aries and Newton
Mc Graw-Hill - 1960.
2. How "N" System simplifies piping cost estimation - Ing. R. A. Dickinson
Chemical Engineering - Noviembre 1947.
3. Estimating Chemical piping costs - Ing. R. J. Schrader
Chemical Engineering - Enero 1947.
4. "Six-Tenth" Aids in approximating costs - Roger Williams, Jr.
Chemical Engineering - Diciembre 1947.
5. Métodos estadísticos aplicados a la Investigación y a la Producción
Owen Davies
Aguilar - 1960.
6. Introducción a la estadística económica - William C. Merrill
Amonortu - 1972.
7. Statistical Analysis - Edward Bryant
Mc Grow-Hill - 1960.
8. Probability and Statistics for Engineers - Irwin Miller and John E. Freund
Prentice Hall - 1965.
9. Cost Engineering in the Process Industries - H.C. Chilton
Mc Graw-Hill - 1954.
10. Applied Statistics for Engineers - W. Volk
Mc Graw-Hill - 1960.
11. Process Equipment design, vessel design - Lloyd Earl Brownell and Edwin H. Young
J. Wiley - 1959.