

29060

Desarrollo Tecnológico S. A.

EXPERIENTE N°	
Agregado N°	
84525	17 JUN 1983
	FECHA

Buenos Aires, 17 de junio de 1983

Sr. Secretario General
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
Cnel. (R) Carlos Pajarino
San Martín 871
Capital Federal

Ref. : Proyecto de Inversión para el
Abastecimiento de Gas Natural
a la Provincia de Entre Ríos -
Elevación del Informe Final -
Primera Etapa

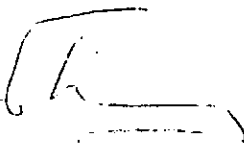
De nuestra mayor consideración :

Adjunto a la presente se eleva un informe complementario al Informe Final de referencia, que nos fuera solicitado el pasado 13 de junio de 1983.

atentamente.

Quedando a vuestra disposición saludo a ud. muy

DISTRIBUCIÓN:	
Secretaría General	<input type="radio"/>
Gerencia de Coordinación y Logística	<input type="radio"/>
Gerencia de Estudios y Proyectos	<input type="radio"/>
P.F.I.	<input type="radio"/>
Area Administración y Servicios	<input checked="" type="radio"/>
Area Coordinación	<input checked="" type="radio"/>
Area Recursos Humanos	<input type="radio"/>
Biblioteca	<input type="radio"/>
Asesoría Jurídica	<input type="radio"/>
Comisión de Presupuesto	<input type="radio"/>


Ing. Francisco Sebato
Presidente

CATALOGADO
11-22212

D 15

VI

Lima 87, piso 11o
(1073) Buenos Aires
Argentina CHA

22 6 83

38 - 0430/6179
37 - 5226
TLX 17426 EXBRO AR

ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL A LA PROVINCIA DE ENTRE RIOS

PRIMERA ETAPA

INFORME COMPLEMENTARIO DEL FINAL

Solicitado por el Consejo Federal de Inversiones el 13/6/1983

Buenos Aires, 17 de junio de 1983

1.- Consumos Domésticos

1.1.- Formulario de encuestas

Se adjunta - a forma de ejemplo - las respuestas al formulario tipo, producidas por 4 de las 460 viviendas encuestadas.

1.2.- Criterio de muestreo

En términos generales, el criterio aplicado en cada localidad, fue el siguiente :

- (a) En la zona céntrica, donde se concentra aproximadamente el 60 % de los usuarios, se encuestaron al azar 12 viviendas, igualmente distribuidas en la superficie citada.
- (b) En una segunda zona, donde se concentra el 40 % restante de los usuarios, se encuestaron al azar 8 viviendas, también siguiendo una distribución regular de las mismas.

2.- Consumo industrial en Paraná

La mecanógrafa encargada de los cuadros de consumos industriales cometió el error, en el Cuadro 015, de volcar - para las industrias 2 al 13 - el valor de los m^3 /día por 1000 de la columna (3) del Cuadro 072, pág. 190, en lugar de los m^3 /año por 1000 de la columna (2), que son los que corresponde.

Se observa que el Cuadro 072 da un total de 54.711.300 m^3 , igual al total del Cuadro 015, que fue el valor utilizado posteriormente en los análisis técnicos, económicos y financieros.

Se adjunta copia de la hoja 91 corregida.

3.- Comentarios sobre otros consumos industriales

3.1.- Villaguay

Si se compara la pág. 74 del 2° Informe con la pág. 97 del Informe final, se observa que no existen diferencias sino que esta última es complementaria de la anterior; en efecto :

(a) las industrias 1, 2 y 3 totalizan 676.000 m³/año en lugar de 674.000 m³/año.

(b) se agregaron los datos - ya entonces procesados - de :

(4) Cooperativa San Salvador

(5) Otros consumos, que fueron una instalación más, perteneciente a Arroceros de Villaguay, y las instalaciones de Caranday y Yanovsky, cuyos datos de consumo fueron completados y procesados con motivo del Informe Final.

3.2.- La Paz

En el 2° Informe, pág. 76 se aclaró que se trataba de una Primera Evaluación; posteriormente, se procedió a completar la información sobre régimen de funcionamiento, básicamente de las industrias 1 y 2.

3.3.- Viale

Comparando las hojas 85 del 2° Informe y 102/103 del Informe final, se observa que el total de las industrias 1 a 4 totaliza 306.200 y 310.200 m³/año, respectivamente. En el Informe final se incluyeron 2 nuevos establecimientos, los identificados como 5 y 6 sobre los que, al momento del 2° Informe, no se habían aún completado en su evaluación.

3.4.- Gral. Ramirez

En el 2° Informe se aclaró que se trataba de una primera evaluación; a partir de allí se completó el análisis de los regímenes de funcionamiento, obteniéndose los resultados volcados en el Informe final.

3.5.- Villa Elisa

Las diferencias en los valores de la pág. 88 del 2° Informe y de la pág. 104 del Informe final obedece a la siguiente razón : ambas arroceras poseen secadoras a gas - oil y secadoras a leña; estas últimas no se retuvieron como posibles de conversión al momento del 2° Informe, y si en el Informe final, al haberse llegado a la conclusión del beneficio operativo resultante para ambos establecimientos.

4.- Tasa Interna de Retorno. Cuadro de fuentes y usos. Fuentes de financiamiento.

A los efectos de la estimación de la Tasa Interna de Retorno han debido establecerse diversos supuestos, ante la existencia de variantes operativas potenciales.

Las consideraciones más relevantes son las siguientes :

(a) Supuestos de trabajo

- 1) La vida útil estimada de la obra, en su conjunto, se estableció en 50 años. Con el objeto de determinar una tasa interna de retorno sobre el proyecto actual sin inversiones adicionales a lo largo de su vida útil, se tomo un período de 20 años desde el inicio de la obra y sobre la base de su configuración proyectada.
El valor residual determinado de esa manera fue incorporado para la de terminación de la Tasa Interna de Retorno computándose como un mayor retorno.
- 2) No se computaron intereses activos sobre los excedentes financieros de terminados en el Cuadro de Flujos de fondos. No obstante, y dado que tales excedentes implicarían una fuente de fondos aplicable a la realización de otros proyectos de inversión o a la cancelación de otros pasivos de los entes intervinientes en el proyecto, debería considerarse sobre los excedentes una rentabilidad marginal equivalente al costo previsto para los faltantes, lo cual otorgaría un margen adicional a la Tasa Interna de Retorno estimada.
- 3) Los ingresos e inversiones estimadas en lo referente al gasoducto troncal y sus ramales, fueron calculados sobre la base de considerar la venta de gas por parte de Gas del Estado a las provincias de Corrientes y Chaco (consumos equivalentes en su conjunto al de la Provincia de Entre Ríos) y la exportación de 1.000.000 m³ diarios a la República Oriental del Uruguay.
- 4) Los ingresos de explotación se consideraron netos de los costos respectivos.
- 5) El equipamiento de artefactos por parte de los usuarios domésticos se supuso cubierto al haberse considerado solamente el 80 % de la economía de sustitución como flujo de ingresos de esos usuarios. Es decir que el 20 % de la economía de sustitución estaría imputada a la reconversión y reequipamiento.
- 6) A los efectos de un mejor apareamiento de costos e ingresos, el costo financiero del proyecto se incluyó como un mayor valor de la inversión y por lo tanto se encuentra incluido por la parte proporcional correspondiente dentro del valor residual al cabo de los 20 años.

- 7) La tasa de cambio utilizada para la conversión de los ingresos estimados en moneda extranjera fue de \$ 75.000 por cada dólar estadounidense.

(b) Análisis de las fuentes de financiamiento

Al analizar las fuentes de financiamiento se consideraron como alternativas básicas :

- 1) Financiación en Moneda Extranjera
- 2) Financiación en Moneda Local

La financiación en Moneda Extranjera fue descartada como fuente de financiamiento en la estimación global dado que, en lo inherente al proyecto referido a la provincia de Entre Ríos, tanto los insumos como los principales ingresos son en Moneda Local.

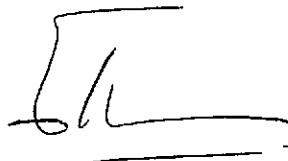
Sin embargo de ello, al ser la exportación de gas una de las fuentes de financiamiento del gasoducto troncal, deberá considerarse en el análisis específico de las alternativas, en una segunda etapa, la factibilidad de financiar las obras imputables a tal exportación en la moneda en la que puedan percibirse los ingresos, a los efectos de reducir el riesgo por exposición financiera.

En lo referente a la financiación en moneda local la misma se ha efectuado (al igual que todos los demás componentes) en moneda constante con una tasa de interés efectiva anual del 6 % dado que, este proyecto se estima será construido y financiado por un licitante privado y que esas condiciones son las normales de operación para el mediano plazo en el mercado financiero local.

(c) Tasa Interna de Retorno

En función de lo expuesto, de los cálculos se obtienen las siguientes tasas internas de retorno :

- . Proyecto Variante 1 : 32,44 % anual
- . Proyecto Variante 1
(sin consumo uruguayo
y sin fortalecimiento
del gasoducto troncal): 18,07 % anual



PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL A LA PROVINCIA DE ENTRE RIOS
CUESTIONARIO SOBRE CONSUMOS EN VIVIENDAS

- 1.- LOCALIDAD : SANTA ELENA
- 2.- DOMICILIO : Calle *Faundo Quiroga*..... N° *96*... *Barrio Alborada*
- 3.- PROPIETARIO , Apellido y nombres : *MASSIOLO Héctor Alfredo*.....
- 4.- NUMERO DE OCUPANTES DE LA VIVIENDA : *4*.....
- 5.- SUPERFICIE CUBIERTA , aproximada : *60* m²

6.- DESCRIPCION Y CANTIDAD DE AMBIENTES :

Descripción	cocina	dormitorios	living	comedor	baños	otros
Cantidad	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>

7.- CONSUMO ACTUAL DE COMBUSTIBLES :

COCINA	CALEFON	CALEFACCION
Tipo (*) <i>Gas envasado</i>	Tipo (*) <i>Eléctrico</i>	Tipo (*) <i>gas</i>
N° Hornallas	Capacidad lts	Calorías s/chapa <i>1300 watts</i>
N° Hornos	Consumo mensual (#) <i>65 kWh</i>	Cantidad
Consumo mensual (#) <i>22 Kg</i>		Consumo (#) mensual

(*) Indicar si es a gas envasado, eléctrica, etc.
(#) Indicar el número de garrafas, los kilos o litros de combustibles, etc.

8.- PARA EL CASO DE ABASTECIMIENTO CENTRALIZADO :

- Combustible , consumo mensual
- Combustible , consumo mensual
- Combustible , consumo mensual

9.- OBSERVACIONES :

PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL A LA PROVINCIA DE ENTRE RIOS

CUESTIONARIO SOBRE CONSUMOS EN VIVIENDAS

1.- LOCALIDAD : Nogoyá

2.- DOMICILIO : Calle FITZGERALD N° 750

3.- PROPIETARIO , Apellido y nombres : PRIMO ALDO H.

4.- NUMERO DE OCUPANTES DE LA VIVIENDA : 3

5.- SUPERFICIE CUBIERTA , aproximada : 120 m²

6.- DESCRIPCION Y CANTIDAD DE AMBIENTES :

Descripción	cocina	dormitorios	living	comedor	baños	otros
Cantidad	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>

7.- CONSUMO ACTUAL DE COMBUSTIBLES :

COCINA	CALEFON	CALEFACCION
Tipo (*) <u>GAS ENV.</u>	Tipo (*) <u>GAS ENV.</u>	Tipo (*) <u>LEÑA</u>
N° Hornallas <u>3</u>	Capacidad <u>10</u> lts	Calorías s/chapa
N° Hornos <u>1</u>	Consumo mensual (#) <u>151103</u>	Cantidad
Consumo mensual (#) <u>25 K. 105</u>		Consumo (#) <u>1480 KILOS</u>
		mensual <u>POR AÑO</u>

(*) indicar si es a gas envasado, eléctrica, etc.
(#) indicar el número de garrafas, los kilos o litros de combustibles, etc.

8.- PARA EL CASO DE ABASTECIMIENTO CENTRALIZADO :

Combustible , consumo mensual

Combustible , consumo mensual

Combustible , consumo mensual

9.- OBSERVACIONES :

PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL A LA PROVINCIA DE ENTRE RIOS

CUESTIONARIO SOBRE CONSUMOS EN VIVIENDAS

- 1.- LOCALIDAD : CRESPO (E.R.)
2.- DOMICILIO : Calle 25 de Mayo y Sarmiento N° 905...
3.- PROPIETARIO , Apellido y nombres : KLUG Ricardo Miguel A.
4.- NUMERO DE OCUPANTES DE LA VIVIENDA : 5.....
5.- SUPERFICIE CUBIERTA , aproximada : 190 m²
6.- DESCRIPCION Y CANTIDAD DE AMBIENTES :

Descripción	cocina	dormitorios	living	comedor	baños	otros
Cantidad	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>cóchera.</u>

7.- CONSUMO ACTUAL DE COMBUSTIBLES :

COCINA	CALEFON	CALEFACCION
Tipo (*) <u>Gas envasado</u>	Tipo (*) <u>Gas envasado</u>	Tipo (*) <u>acondicionador</u>
N° Hornallas <u>5</u>	Capacidad <u>110</u> lts	Calorías s/chapa
N° Hornos <u>1</u>	Consumo mensual (#) <u>25 kg</u>	Cantidad <u>1</u>
Consumo mensual (#) <u>20 kg</u>		Consumo (#) <u>300/400 w.</u> mensual

(*) indicar si es a gas envasado, eléctrica, etc.
(#) indicar el número de garrafas, los kilos o litros de combustibles, etc.

8.- PARA EL CASO DE ABASTECIMIENTO CENTRALIZADO :

- Combustible , consumo mensual
Combustible , consumo mensual
Combustible , consumo mensual

9.- OBSERVACIONES :

PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL A LA PROVINCIA DE ENTRE RIOS

CUESTIONARIO SOBRE CONSUMOS EN VIVIENDAS

- 1.- LOCALIDAD : Gualeguaychú
2.- DOMICILIO : Calle Rea Oriental N° 76
3.- PROPIETARIO , Apellido y nombres : JELA RAUL EZEQUIEL
4.- NUMERO DE OCUPANTES DE LA VIVIENDA : 3
5.- SUPERFICIE CUBIERTA , aproximada : 120 m²

6.- DESCRIPCION Y CANTIDAD DE AMBIENTES :

Descripción	cocina	dormitorios	living	comedor	baños	otros
Cantidad	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>-</u>

7.- CONSUMO ACTUAL DE COMBUSTIBLES :

COCINA

Tipo (*) Envasado
N° Hornallas 3
N° Hornos 1
Consumo mensual (#) 15 kilos

CALEFON

Tipo (*) Envasado
Capacidad 12 lts
Consumo mensual (#) 15 kilos

CALEFACCION

Tipo (*) 2 Electrica
Calorías s/chapa 1 Kerosen
Cantidad 2 Electrica
Consumo (#) mensual -

(*) indicar si es a gas envasado, eléctrica, etc.

(#) Indicar el número de garrafas, los kilos o litros de combustibles, etc.

8.- PARA EL CASO DE ABASTECIMIENTO CENTRALIZADO :

Combustible , consumo mensual

Combustible , consumo mensual

Combustible , consumo mensual

9.- OBSERVACIONES : Ente previsto la instalación de un calefactor a gas de querosene - documento 5000 colonias -

CONSUMOS INDUSTRIALESConsumo anual optimizado por industriasAño 1983, a ser utilizado en el año inicial 1984/1985LOCALIDAD : PARANA (A)

N°	INDUSTRIA		CONSUMO
	RAZON SOCIAL	RAMO	m ³ / año
1	CIA. ARGENTINA DE CEMENTO	Cementera	38.913.000
2	COCERAMIC	Cerámica	2.330.000
3	COTAPA	Láctea	1.700.000
4	PAPELERA ENTRE RIOS	Papelera	1.685.000
5	PARANATEX	Textil	1.424.000
6	CARTOCOR	Papelera	356.000
7	LONGVIE	Metalúrgica	900.000
8	CERAMICA AMICHINI	Cerámica	880.000
9	FRIGOAR	Frigorífico	670.000
10	SAICO	Viviendas industrializadas	940.000
11	RAIMUNDO S.A.	Metalúrgica	554.000
12	CERAMICA FRANCHINI	Cerámica	523.000
13	LADRIPAR	Ladrillos	410.000
14	CADEPA	Aceitera	230.000

DETERMINACION DE LA TASA INTERNA DE RETORNO PARA EL PROYECTO GLOBAL EXCLUIDO EL PROYECTO URUGUAY (INGRESOS NETOS E INVERSION) (\$ x 10⁶)

CONCEPTO		AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Flujo de Fondos Proyecto Global		(13.617.234,8)	4.682.195,5	5.062.797,9	5.393.286,0	4.538.317,8	2.899.585,8	3.190.003,8	3.247.845,0	3.315.047,4	3.385.611,5	3.435.660,5	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7
Más	Egresos Inversión GE Uruguay (4)		1.252.342,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Menos	Ingresos Netos Uruguay (6)		611.253,3	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8
	Flujo de Fondos		(12.976.146,1)	2.848.435,7	3.229.038,1	3.559.526,2	2.704.558,0	1.065.826,0	1.356.244,0	1.414.085,2	1.481.287,6	1.551.851,7	1.601.900,7	1.618.961,9	1.618.961,9	1.618.961,9	1.618.961,9	1.618.961,9	1.618.961,9	1.618.961,9	1.618.961,9	1.618.961,9
	Coefficiente de Ajuste Tasa 10 %		1,10	1,21	1,33	1,46	1,61	1,77	1,95	2,15	2,37	2,61	2,87	3,16	3,48	3,83	4,21	4,63	5,09	5,60	6,16	6,78
	Coefficiente de Ajuste Tasa 20 %		1,20	1,44	1,73	2,08	2,50	3,00	3,60	4,32	5,18	6,22	7,46	8,95	10,74	12,89	15,47	18,56	22,27	26,72	32,06	38,47
			<u>Tasa 10 %</u>	<u>Tasa 20 %</u>																		
	Valor Actual de los Flujos de Fondos		4.079.692,9	(1.491.232,6)																		
	Valor Residual Inversiones (1) Actualizado		1.221.987,3	215.364,5																		
			<u>5.301.680,2</u>	<u>(1.275.868,1)</u>																		

(1) Sumatoria Egresos 1+2+3+5+7+f. = $\frac{13.808.756 \times 30 \times 12}{600 \text{ meses}}$ = 8.285.073,60

Valor Residual Actualizado 10 % $8.285.073,60 \times 6,78\%$ = 1.221.987,26

Valor Residual Actualizado 20 % $8.285.073,60 \times 38,47\%$ = 215.364,5

TIR por Interpolación

10 % 5.301.680,2

20 % 1.275.868,1

10 % 6.577.548,3

X 5.301.680,2

X = 8,07

TIR = 10 + X = 18,07

1.- INGRESOS NETOS ENTRE RIOS , GAS DEL ESTADO

Se computó tomando el promedio de tarifa por el consumo estimado (base Gualaychú)

	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2004</u>
INGRESOS	810.296 (4)	855.238	1.110.205	1.326.688	1.326.688
EGRESOS	<u>(440.635) (5)</u>	<u>(465.074)</u>	<u>(603.724)</u>	<u>(721.446)</u>	<u>(721.446)</u>
	369.661 (1)	390.164 (2)	506.481 (3)	605.242	605.242

(1) Se tomaron solo 4 meses, es decir $\frac{369.661}{12} \times 4 = 123.220,7$ para el primer semestre de operación.

(2) Se tomaron 195.082 (390.164 \cdot /. 2) por ser períodos semestrales.

(3) Se tomaron 506.481 en el año 7

(4) Promedio tarifa = \$ 3.856 \times 0,90 = 3.505 \$/m³

$$3.505 \times 231.182.881,4 \text{ m}^3 = 810.296 \text{ (\$ } \times 10^6 \text{)}$$

(5) Costo marginal \$ 1.906 \times m³

$$1.906 \times 231.182.881,4 \text{ m}^3 = 440.635$$

Para 1985, 1990 y 1995 se estimaron consumos crecientes y a partir de 1996 se mantuvieron constantes hasta el año 20.

2.- INGRESOS NETOS CORRIENTES - CHACO ,GAS DEL ESTADO

Se computaron en magnitudes equivalentes a las de 1.

3.- INGRESOS NETOS URUGUAY, GAS DEL ESTADO

Se computaron de la siguiente forma :

$$\begin{aligned} (1) \text{ INGRESOS } & ; \text{ U\$S } 0,12 \times \frac{\text{U\$S}}{1.000.000} \times 75.000 \times \frac{1.000.000 \text{ m}^3}{\text{día}} \times 0,77 (1) = \\ & = \$ \frac{6.930.000.000}{1.000.000} \times 365 = 2.529.450 \text{ \$ } .10^6 \end{aligned}$$

(1) Derechos y gastos varios de exportación

$$(2) \text{ EGRESOS : } \$ 1.906 \times 1.000.000 \text{ m}^3 = \$ \frac{1.906.000.000}{1.000.000} \times 365 = 695.690 \$.10^6$$

$$\text{INGRESO NETO} = (1) - (2) = 1.833.760.- \$.10^6$$

$$\text{Para el primer semestre se tomaron} = \frac{1.833.760}{12} \times 4 = 611.253,3 \$.10^6$$

Los ingresos netos de Uruguay se mantuvieron constantes a lo largo de los 20 años.

4.- BENEFICIO MARGINAL EXPORTACION GAS LICUADO , GAS DEL ESTADO

Se determinó una suma equivalente para Entre Ríos y para Corrientes - Chaco , calculada de la siguiente forma :

	Precio de exportación;U\$S 300/Tn x 0,77 x 75.000 =	\$ 17.325.000
	neto de derechos y gastos	
Menos	Precio granel en el mercado interno 7	(7.300.000)
	Beneficio neto por tonelada	<u>10.025.000</u>

Anualizado, equivalente a 35.000 \$.10⁶

$$\text{Para el primer semestre se tomó} \frac{35.000}{12} \times 4 = 11.666,7 \$.10^6$$

5.- INGRESOS NETOS PROVINCIA DE ENTRE RIOS (\$.10⁶)

Sobre la base de la estructura de ingresos y egresos calculada para la ciudad de Gualeguaychú, y a los efectos de simplificar el cálculo se proyectó dicha estructura al resto de la provincia.

	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2004</u>
INGRESOS	1.088.468	1.148.839	1.502.753	1.798.379	1.798.379
COSTO GAS	(810.296)	(855.238)	(1.110.205)	(1.326.688)	(1.326.688)
VARIOS (1)	(114.855)	(105.412)	(119.266)	(133.213,1)	(133.213,1)
INGRESO NETO	<u>163.317(2)</u>	<u>188.189</u>	<u>273.282</u>	<u>338.477,9</u>	<u>338.477,9</u>

(1) Personal, mantenimiento, gastos generales e Impuestos a los Ingresos Brutos.

(2) Primer semestre = $\frac{163.317}{12} \times 4 = 54.439 \text{ } \$ \times 10^6$

6.- INVERSION CORRIENTES - CHACO, GAS DEL ESTADO (\$.10⁶)

Se computó una inversión total de 1.266.366 \$ x 10⁶, a abonarse de idéntica forma que la inversión Variante 1.

	<u>\$ x 10⁶</u>
Primer semestre	286.158,4
Segundo semestre	<u>980.200,6</u>
	1.266.360.- (Ver Variante 2)
	=====

7.- INVERSION CRUCE PARANA , GAS DEL ESTADO (\$.10⁶)

Se estimó su costo en U\$S 27.000.000, incluyendo U\$S 7.040.000 de tubería a U\$S 220 el metro, sobre un total de 32.000 mts., lo que al cambio de \$ 75.000 por dólar estadounidense hace un total de \$ x 10⁶ = 2.025.000 , abierto en 457.600 para el primer semestre y 1.567.400 para el segundo.

8.- INVERSION GAS DEL ESTADO - URUGUAY Y GAS DEL ESTADO - ENTRE RIOS (\$.10⁶)

Se computó una inversión de \$ x 10⁶ 1.252.342 para Uruguay y de \$ x 10⁶ 1.834.132 para Entre Ríos (Variante 1).

9.- DETERMINACION DE LA TASA INTERNA DE RETORNO

A los fines de su determinación se computaron como egresos los intereses a abonarse por la financiación, compensándose su efecto al computarlos como un mayor valor residual de la inversión en obra, que se computa en el año 20 como un mayor retorno.

FLUJO DE FONDOS DEL PROYECTO TOTAL (\$ x 10 ⁶)																						
		AÑO																				
		SEMESTRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONCEPTO			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	INGRESOS																					
1	Economías		---	224.531,2	801.064,6	820.914,2	820.914,2	820.914,2	820.914,2	820.914,2	820.914,2	133.490,9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	IVA DF		---	44.906,2	160.212,9	164.182,8	164.182,8	164.182,8	164.182,8	164.182,8	164.182,8	26.698,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3	Fuel Oil		---	198.244,4	297.369,0	297.371,0	297.371,0	297.371,0	297.371,0	297.371,0	297.371,0	48.390,5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4	Ingresos netos Entre Ríos (GE)		---	123.220,7	195.082,0	195.082,0	201.777,3	209.001,0	214.625,0	221.047,7	228.605,3	235.218,3	497.913,0	506.481,0	530.116,0	556.620,8	584.451,7	604.191,4	605.242,0	605.242,0	605.242,0	605.242,0
5	Ingresos netos Corrientes- Chaco (GE)		---	123.220,7	195.082,0	195.082,0	201.777,3	209.001,0	214.625,0	221.047,7	228.605,3	235.218,3	497.913,0	506.481,0	530.116,0	556.620,8	584.451,7	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8
6	Ingresos netos Uruguay (GE)		---	611.253,3	916.879,9	916.879,9	916.879,9	916.879,9	916.879,9	916.879,9	916.879,9	916.879,9	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8	1.833.759,8
7	Beneficio marginal exportación Gas licuado Entre Ríos (GE)		---	11.666,7	17.500,0	17.500,0	17.500,0	17.500,0	17.500,0	17.500,0	17.500,0	17.500,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0
8	Beneficio marginal exportación Gas licuado Corrientes - Chaco (GE)		---	11.666,7	17.500,0	17.500,0	17.500,0	17.500,0	17.500,0	17.500,0	17.500,0	17.500,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0	35.000,0
9	Ingresos netos Pcia. Entre Ríos		---	54.439,0	93.613,5	111.839,8	115.209,0	118.876,8	122.545,2	126.212,1	130.527,4	134.302,5	248.265,1	273.282,0	283.853,2	298.046,0	312.948,3	323.517,9	338.477,9	338.477,9	338.477,9	338.477,9
	Total Ingresos		---	1.403.148,9	2.694.303,9	2.736.351,7	2.753.111,5	2.771.236,7	2.786.143,1	2.802.655,4	2.822.445,9	1.765.198,6	2.899.585,8	3.190.003,8	3.247.845,0	3.315.047,4	3.385.611,5	3.435.660,5	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7
B	EGRESOS																					
1	Inversión GE - Corrientes - Chaco		286.159,4	980.200,6					---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	Inversión GE - Cruce Paraná		457.600,0	1.567.400,0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3	Inversión GE - Pcia. Entre Ríos		414.468,5	1.419.663,5					---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4	Inversión GE - Uruguay		281.856,4	970.485,6					---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5	Inversión Variante 1		3.131.566,4	3.940.609,6					---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6	IVA CF		626.313,2	788.121,9					---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7	Intereses		---	112.736,3	243.949,9	213.509,0	181.440,3	148.409,6	114.387,7	79.345,3	43.251,6	6.075,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Total Egresos		5.197.963,9	9.779.217,5	243.949,9	213.509,0	181.440,3	148.409,6	114.387,7	79.345,3	43.251,6	6.075,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C = A-B	POSICION FINANCIERA DEL PERIODO		(5.197.963,9)	(8.376.068,6)	2.450.354,0	2.522.841,7	2.571.671,2	2.622.827,1	2.671.755,4	2.723.310,1	2.779.194,3	1.759.123,5	2.899.585,8	3.190.003,8	3.247.845,0	3.315.047,4	3.385.611,5	3.435.669,5	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7
D	FINANCIACION EXTERNA		5.197.963,7	9.822.420,0					---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
E	AMORTIZACIONES FINANCIERAS		---	(1.403.148,9)	(2.285.786,8)	(2.396.408,7)	(2.485.060,5)	(2.577.737,4)	(1.227.398,0)	(1.203.122,7)	(1.239.216,4)	(202.504,5)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
F	INTERESES		---	(43.202,5)	(164.567,2)	(126.434,0)	(86.610,7)	(45.089,7)	(1.779,1)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
G = B+D-E-F	TESORERIA PROYECTO GLOBAL		---	---	---	---	---	---	1.442.577,9	1.520.187,4	1.539.977,9	1.556.619,0	2.899.585,8	3.190.003,8	3.247.845,0	3.315.047,4	3.385.611,5	3.435.660,5	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7
	TESORERIA PROYECTO ACUMULADO		---	---	---	---	---	---	1.442.577,9	2.962.765,3	4.502.743,2	6.059.362,2	8.958.948,0	12.148.951,8	15.396.796,8	18.711.844,2	22.097.455,7	25.533.116,2	28.985.837,9	32.438.559,6	35.891.281,3	39.344.003,0

DETERMINACION DE LA TASA INTERNA DE RETORNO PARA EL PROYECTO GLOBAL (\$ x 10⁶)

	AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONCEPTO																					
A Tesorería Proyecto Global		—	—	—	2.962.765,3	3.096.596,9	2.899.585,8	3.190.003,8	3.247.845,0	3.315.047,4	3.385.611,5	3.435.660,5	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7
menos B Financiación Externa		(15.020.383,7)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
más C Amortizaciones Financieras		1.403.148,9	4.682.195,5	5.062.797,9	2.430.520,7	1.441.720,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
D Flujo de Fondos		(13.617.234,8)	4.682.195,5	5.062.797,9	5.393.286,—	4.538.317,8	2.899.585,8	3.190.003,8	3.247.845,0	3.315.047,4	3.385.611,5	3.435.660,5	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7	3.452.721,7
Coeficiente Ajuste Tasa 30 %		1,30	1,69	2,20	2,86	3,71	4,83	6,27	8,16	10,60	13,79	17,92	23,30	30,29	39,37	51,19	66,54	86,50	112,45	146,19	190,05
Coeficiente Ajuste Tasa 40 %		1,40	1,96	2,74	3,84	5,78	7,52	10,54	14,75	20,66	28,93	40,50	56,70	79,37	111,12	155,56	217,80	304,91	426,88	597,63	836,68
		<u>Tasa 30 %</u>	<u>Tasa 40 %</u>																		
Valor Actual de los Flujos de Fondos		537.878,1	(1.826.723,7)																		
Valor Residual Inversiones (1) Actualizado		<u>47.547,9</u>	<u>10.800,4</u>																		
Valor Actual Total		<u>585.426,0</u>	<u>(1.815.925,3)</u>																		

(1) Sumatoria de Egresos 1+2+3+4+5+7+F-Intereses = $\frac{15.060.798,- \times 30 \times 12}{600 \text{ meses}} = 9.036.478,8$

Valor Residual Actualizado 30 % 9.036.478,8 $\times \frac{190,05}{100} = 47.547,90$

Valor Residual Actualizado 40 % 9.036.478,8 $\times \frac{836,68}{100} = 10.800,40$

TIR por Interpolación

40 % (1.815.925,3)

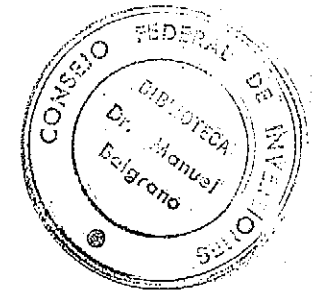
30 % 585.426,0

10 % 2.401.351,3

X 585.426,0

X = 2,44

TIR = 30 + X = 32,44



CALCULO DEL GASODUCTO EN EL TRAMO (a) - A

DATOS : Consumo $Q = 292.745 \text{ m}^3/\text{día}$

Longitud $L = 23,8 \text{ Km}$

Presión Inicial $P_1 = 45 \text{ Kg/cm}^2$

Presión Final estimada $P_2 = 43 \text{ Kg/cm}^2$

ϕ estimado 8"

$$Q = 118.662 \times 1 \times 1,055 \sqrt{\frac{45^2 - 43^2}{23,8}} =$$

$$Q = 125.188,41 \sqrt{7,3949}$$

$$Q = 125.188,41 \times 2,7194$$

$$Q = 340.437,36$$

Según tabla $E = 0,86$

Por lo tanto :

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \left(\frac{Q}{C.E. F_{pv}} \right)^2 \cdot L}$$

Para 8" $C = 118.662$

Para $P_1 = 45 \text{ kg/cm}^2$ $F_{pv} = 1,055$

$$P_2 = 45^2 - \sqrt{\frac{292.745}{118.662 \times 0,86 \times 1,055} \times 23,8} = 43,0005 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_1 = 43 \text{ Kg/cm}^2$$

Deducción de la ecuación general

Para conductos cilíndricos, la fuerza perdida por unidad de superficie mojada, según Chezy (experimental).-

$$\textcircled{1} \quad F = f \cdot \frac{V_n^2 \cdot \gamma}{2g}$$

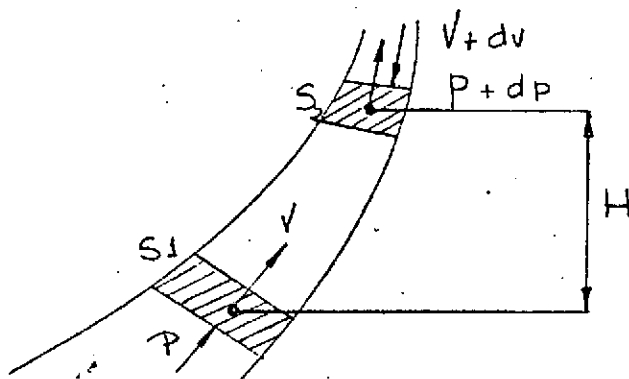
Donde: f . es llamado "coeficiente de fricción"

V_n = Velocidad media

g = Aceleración gravedad

γ = Peso específico

Esta fórmula se considera válida para sistemas conservativos en donde se cumpla la ecuación de Bernoulli. Para éstas, puede plantearse



La ecuación de Bernoulli para un gas perfecto en régimen continuo, es de forma

$$P_1 + \frac{\rho_1 \cdot V_1^2}{2} + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 = P_2 + \frac{\rho_2 \cdot V_2^2}{2} + \rho_2 \cdot g \cdot h_2 + \rho_2 \cdot l_{1,2}$$

//2.-

Donde:

P_1 y P_2 = Presiones estáticas en las secciones 1, 2.-

ρ = Densidad del fluido considerado, que es variable en función de la presión.-

g = Aceleración de la gravedad.-

h = Altura con respecto a un nivel de referencia.-

v = Velocidad media en el punto considerado.-

$W_{e 1,2}$ = Pérdida de carga entre las secciones 1 y 2.-

Operando con la fórmula:

$$P_1 - P_2 + \frac{1}{2} (\rho_1 v_1^2 - \rho_2 v_2^2) + g (\rho_1 h_1 - \rho_2 h_2) = W_{e 1,2}$$

acercando las secciones 1 y 2 tal que la diferencia entre ambas sea un diferencial de longitud, la fórmula puede pasarse a su forma diferencial

$$dp + \rho v dv + \rho g dh = dw \quad \left\{ \rho_1 = \rho_2 = \rho \right.$$

como ambas secciones están muy próximas, la densidad puede considerarse la misma entre ambas.-

Es decir, que en gasoductos en régimen isotérmico, se cumple la ecuación de Bernoulli; y por lo tanto, puede aplicarse 1.

La fuerza perdida en un diferencial de longitud dl está relacionada con la variación de presión en esa longitud por la sección considerada.-

//

//3.-

$$F \cdot \pi \cdot D \cdot dL = dp \cdot A$$

$$\frac{f \cdot \gamma \cdot V_n^2}{2g} \cdot \pi \cdot D \cdot dL = dp \cdot \frac{\pi D^2}{4} \therefore dp = \frac{f \cdot \gamma \cdot V_n^2}{g} \cdot \frac{2}{D} \cdot dL$$

Velocidad media puede expresarse como (para una presión p)

$$V_n = \frac{Q}{A}$$

Donde Q es el caudal que circula medido en condiciones en que se encuentre el fluido.-

$$dp = \frac{f \cdot \gamma \cdot 2}{g \cdot D} \cdot \frac{Q^2}{A^2} \cdot dL$$

$$dp = \frac{2}{g} \cdot \frac{f \cdot \gamma}{D} \cdot \frac{Q^2 \cdot 16}{\pi^2 D^4} \cdot dL$$

$$dp = \frac{32}{g \cdot \pi^2} \cdot \frac{f \cdot \gamma \cdot Q^2}{D^5} \cdot dL$$

Hasta aquí el estudio es válido para cualquier tipo de fluido, a partir de este punto, para el caso de fluidos gaseosos debe efectuarse una corrección.-

El caudal Q es distinto del que se mediría en otras condiciones y como las normas internacionales de medición están referidas a la presión atmosférica debe reducirse el caudal a dicho valor (más adelante se tendrá en cuenta la temperatura).-

$$Q = Q_0 \sqrt{\frac{V}{V_0}}$$

Donde:

Q= Caudal medido a una presión P.-

Q₀= Caudal medido a la presión atmosférica.-

V= Volumen específico medido a una presión P.-

V₀= Volumen específico medido a la presión atmosférica.-

//

Esto es válido para régimen isotérmico.-

Reemplazando en la fórmula:

$$dp = \frac{32}{g \pi^2} \cdot \frac{f \delta}{D^5} \cdot Q_0^2 \cdot \frac{V^2}{V_0^2} \cdot dL$$

La densidad puede expresarse como la inversa del volumen específico:

$$\delta = \frac{1}{V}$$

$$dp = \frac{32}{g \pi^2} \cdot \frac{f}{D^5 V} \cdot Q_0^2 \cdot \frac{V^2}{V_0^2} \cdot dL$$

En este punto es conveniente aclarar que no se trata de un gas perfecto (lo que hasta ahora se supuso) es decir, que no valen las leyes de BOYLE MARICOTTE y GAY-LUSSAC y por supuesto, la ecuación general de estado.-

$$P \cdot V = Z \cdot p_0 \cdot V_0$$

Donde:

Z es el llamado coeficiente de compresibilidad.-

$$V = \frac{Z \cdot p_0 \cdot V_0}{P}$$

$$dp = \frac{32}{g \pi^2} \cdot \frac{f \cdot Q_0^2}{V_0^2} \cdot \frac{Z \cdot P_0 \cdot V_0}{D^5 \cdot P} \cdot dL$$

$$P dp = \frac{32}{g \pi^2} \cdot \frac{f \cdot Q_0^2 \cdot Z \cdot P_0}{V_0 \cdot D^5} \cdot dL$$

$$\int_{P_2}^{P_1} P dp = \frac{32}{g \pi^2} \cdot \frac{f \cdot Q_0^2 \cdot Z \cdot P_0}{V_0 \cdot D^5} \cdot \int_0^L dL$$

$$\left. \frac{P^2}{2} \right|_{P_2}^{P_1} = \frac{32}{g \pi^2} \cdot \frac{f \cdot Q_0^2 \cdot Z \cdot P_0}{V_0 \cdot D^5} \cdot L$$

$$P_1^2 - P_2^2 = \frac{64}{g \pi^2} \cdot \frac{f \cdot Q_0^2 \cdot Z \cdot P_0}{V_0 \cdot D^5} \cdot L$$

//5.-

Para referir a otros datos conocidos se vuelven a aplicar las leyes para gases reales:

$$P_0 \cdot V_0 \cdot Z = P_i \cdot V_i \Rightarrow V_0 = \frac{P_i \cdot V_i}{P_0 \cdot Z}$$

Reemplazando en:

$$P_1^2 - P_2^2 = \frac{64}{9\pi^2} \cdot \frac{f \cdot Q_0^2 \cdot Z^2 \cdot P_0^2}{P_i \cdot V_i \cdot D^5} \cdot L$$

Despejando Q_0^2

$$Q_0^2 = \frac{P_1^2 - P_2^2}{L} \cdot \frac{9 \cdot \pi^2}{64} \cdot \frac{P_i \cdot V_i \cdot D^5}{f \cdot Z^2 \cdot P_0^2}$$

Agrupando

$$Q_0 = \sqrt{\frac{9 \cdot \pi^2}{64}} \cdot \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{L} \cdot \frac{P_i \cdot V_i}{f \cdot Z^2 \cdot P_0^2} \cdot D^5}$$

Hasta aquí se ha propuesto que el movimiento se desarrolla a temperatura normal, en caso de que se produzca a una temperatura distinta:

$$Q_m = Q_0 \cdot \frac{T_0}{T}$$

$$Q_m = \sqrt{\frac{9\pi^2}{64}} \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{L} \cdot \frac{P_i \cdot V_i}{f \cdot Z^2 \cdot P_0^2} \cdot D^5}$$

$$Q_m = \sqrt{\frac{9 \cdot \pi^2}{64}} \cdot \frac{T_0}{P_0} \cdot \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) \cdot D^5 \cdot P_i \cdot V_i}{L \cdot f \cdot Z^2 \cdot T^2}}$$

Aplicando la ecuación general de estado:

$$P_i \cdot V_i = Z \cdot \frac{R}{M} \cdot T$$

$$Q_m = \sqrt{\frac{9\pi^2}{64}} \cdot \frac{T_0}{P_0} \cdot \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) \cdot D^5 \cdot Z \cdot R \cdot T}{L \cdot f \cdot T^2 \cdot Z^2 \cdot M}}$$

$$Q_m = \sqrt{\frac{9\pi^2}{64}} \cdot \frac{T_0}{P_0} \cdot \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) \cdot D^5 \cdot R}{L \cdot f \cdot T \cdot Z \cdot M}}$$

//

//6.-

Como $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ y Calculando

$$Q_m = 1,2293 \frac{T_o}{P_o} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) \cdot D^5 \cdot R}{L \cdot f \cdot T \cdot Z \cdot M}}$$

$$R = 847,83$$

$$M = 28,97 \cdot G$$

Donde G es la densidad del gas relativo al aire.-

$$Q_m = 1,2293 \cdot \frac{T_o}{P_o} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) \cdot D^5 \cdot 847,83}{L \cdot f \cdot T \cdot M \cdot 28,97 \cdot G}}$$

$$Q_m = 665025 \cdot \frac{T_o}{P_o} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) \cdot D^5}{L \cdot f \cdot T \cdot Z \cdot G}}$$

Con

$$\begin{array}{l} T_o, T (^{\circ}K) \quad D(m) \quad L(m) \quad Q(m^3/s) \\ P_o; P_1; P_2 (Kg/cm^2) \end{array}$$

o bien

$$Q_m = 0,1811 \frac{T_o}{P_o} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) \cdot D^5}{Z \cdot G \cdot T \cdot L}} \cdot \sqrt{\frac{1}{f}}$$

$$T_o; T (^{\circ}K) \quad D(cm) \quad L(Km) \quad Q(m^3/dia) \quad P_o; P_1, P_2 (Kg/cm^2 A)$$

T_o y P_o son las condiciones de medición a las cuales se referirá el caudal calculado.-

Normalmente se toma:

$$T_o = 288^{\circ}K = 15^{\circ}C$$

$$P_o = 1,033 \text{ Kg/cm}^2 = 1 \text{ atm.}$$

T es la temperatura de operación del gasoducto considerado que se toma como $15^{\circ}C = 288^{\circ}K$.-

//

//7.-

G es la densidad relativa del gas con respecto al aire. Para gas natural.-

$$G = 0,6345$$

Reemplazando todos estos valores constantes la fórmula:

$$Q = 0,1811 \cdot \frac{288}{1,033} \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) \cdot D^5}{Z \cdot 0,6345 \cdot 288L}} \cdot \sqrt{\frac{1}{f}}$$

$$Q = 3,73503 \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_2^2) \cdot D^5}{L}} \cdot \sqrt{\frac{1}{f}} \cdot \sqrt{\frac{1}{Z}} \quad (3)$$

$\sqrt{\frac{1}{f}}$ es el llamado factor de fricción que puede calcularse por la fórmula de Colebrook.-

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = -4 \log \left[\frac{e}{3,7D} + \frac{1,255}{Re} \sqrt{\frac{1}{f}} \right] \quad (1)$$

Re= número de Reynolds.-

e= rugosidad absoluta del caño.-

El Re puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\eta}$$

η = viscosidad media del fluido en la sección transversal.-

En gas natural:

$$\eta = 0,011 \text{ centipoise}$$

$$\rho = 0,8208 \text{ Kg/m}^3$$

$$\frac{\eta}{\rho} = \text{viscosidad cinemática (c.s.)}$$

//

//8.-

y puede decirse que:

$$Q = V \cdot A = V \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \Rightarrow V \cdot D = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D}$$

$$Re = 95,007 \frac{Q}{D} \quad (2)$$

En cuanto al valor e, puede extraerse de la siguiente tabla.

Cañería	e (cm)
Acero nuevo	0,0017
Acero usado	0,0022
H° Negro	0,0046
H° Galvanizado	0,015
H° Fundido	0,025
Plástico	0,00022
Vidrio	0,00018

El problema de la fórmula de Colebrook, consiste en que el factor de fricción es función de sí mismo, y además en el caso del cálculo del caudal es necesario estimar un valor para calcular el Reynolds.-

Esto hace que trabajar con esta fórmula sea incómodo.-

Partiendo de 1 y reemplazando por 2.-

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = -4 \log \left[\frac{e}{3,7D} + \frac{1,255 D}{95,007 Q} \sqrt{\frac{1}{f}} \right]$$

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = -4 \log \left[\frac{e}{3,7D} + \frac{0,01329 D}{Q} \sqrt{\frac{1}{f}} \right]$$

//

//9.-

El caudal que aparece en la anterior es el mismo que luego será calculado por la fórmula 3, por lo cual puede reemplazarse, tal que:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = -4 \log \left[\frac{e}{3.7D} + \frac{0.013209 \cdot D \sqrt{\frac{1}{f}}}{3.73503 \sqrt{(P_1^2 - P_2^2) \cdot D^5} \cdot \sqrt{\frac{1}{f}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}} \right]$$

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = -4 \log \left[\frac{e}{3.7D} + \frac{D \sqrt{2}}{282.75219 \sqrt{(P_1^2 - P_2^2) D^5}} \right]$$

fórmula con la cual no es necesario efectuar ningún tipo de suposición (simplificación de Veltri).-

2. El coeficiente de compresibilidad debe calcularse a partir de la presión a la que podría considerarse el conducto si el gas estuviese en condiciones estáticas, que será:

$$P_m = \frac{2}{3} \cdot \frac{P_1^3 - P_2^3}{P_1^2 - P_2^2} \quad \text{presión media}$$

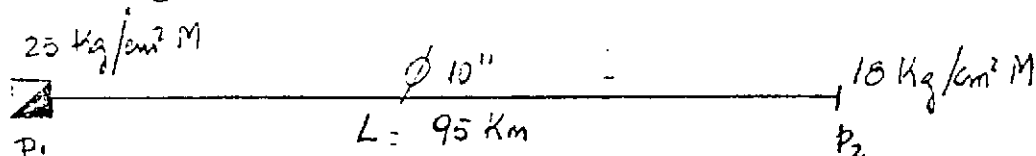
con este valor, la presión pseudocrítica y la temperatura pseudocrítica puede hallarse el coeficiente de compresibilidad buscado. Esto está tabulado ya en las tablas de la AGA y a partir de ellas se ha desarrollado una fórmula de recurrencia con error prácticamente despreciable hasta presiones del orden de los 100 Kg/cm²M, tal que:

$$\frac{1}{\sqrt{Z}} = \sqrt{1 + 2.73322 \cdot 10^{-3} \cdot P_m} \quad (5)$$

//

//10.-

Por ejemplo, sea el caso de calcular el caudal de transporte de un gasoducto como el indicado.-



El primer valor a calcular, será la presión media tal que:

$$p_m = \frac{2}{3} \cdot \frac{26^3 - 19^3}{26^2 - 19^2} = 22,68$$

En función a él, y utilizando la fórmula 5

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{1 + 2,73322 \cdot 10^{-5} \cdot 22,68} \quad (4)$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = 1,03$$

Con 4 se calcula el factor de fricción

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = -4 \log \left[\frac{0,0017}{3,7 \cdot 26,035} + \frac{0,9708 \cdot 26,035}{282,75219} \right] \sqrt{\frac{95}{(26^2 - 19^2)(26,035)^5}}$$

17,988

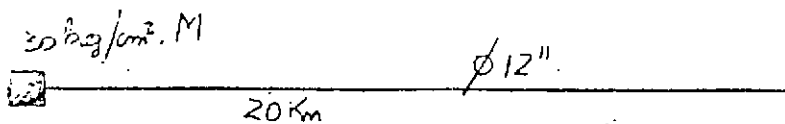
Reemplazando en 3 puede calcularse el caudal

$$Q = 3,73503 \cdot \sqrt{\frac{26^2 - 19^2}{95}} (26,035)^5 \cdot 17,988 \cdot 1,03$$

$$Q = 434814 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cálculo de la presión final:

Trabajando con las mismas fórmulas, puede también calcularse la presión final de un gasoducto definido.-



$$Q = 800.000 \text{ m}^3/\text{día}$$

//

//11.-

En este caso al no conocer la presión final, no puede calcularse el coeficiente de compresibilidad en forma directa, sino que hay que estimar una presión cualquiera y calcularlo, luego en función del valor obtenido se recalculará hasta que la diferencia entre la utilizada para calcular dicho coeficiente y la calculada corresponda a un error aceptable.-

Por ejemplo, para este caso se estimará una presión final de 20 Kg/cm²M y se tomará un error del 5%.-

$$P_m = \frac{2}{5} \cdot \frac{31^3 - 21^3}{31^2 - 21^2} = 26,32$$

$$\frac{1}{\sqrt{Z}} = \sqrt{1 + 2,73322 \cdot 10^{-3} \cdot 26,32} = 1,035$$

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = -4 \log \left[\frac{0,0017}{3,7 \cdot 30,957} + \frac{30,957 \cdot 0,966}{282,75219} \sqrt{\frac{20}{(31^2 - 21^2)(30,957)^5}} \right]$$

18,9096

Despejando la fórmula general

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \left(\frac{Q \sqrt{Z}}{3,73503 \cdot \sqrt{\frac{1}{f}}} \right)^2 \cdot \frac{L}{D^5}}$$

$$P_2 = \sqrt{31^2 - \left(\frac{800.000 \cdot 0,966}{3,73503 \cdot 18,9096} \right)^2 \cdot \frac{20}{(30,957)^5}}$$

$$P_2 = 29,61 \text{ Kg/cm}^2 \text{ A}$$

$$\text{ERROR} = \frac{29,61 - 21}{29,61} = 0,29 = 29 \%$$

//12.-

está por sobre el límite previsto.-

Con esta presión se recalcula ahora el coeficiente de compresibilidad:

$$p_m = \frac{2}{3} \cdot \frac{31^3 - 29.61^3}{31^2 - 29.61^2} = 30.31$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{1 + 2.73322 \cdot 10^{-3} \cdot 30.31} = 1.04$$

$$\sqrt{\frac{1}{p}} = -4 \log \left[\frac{0.0017}{3.730957} + \frac{30.957 \cdot 0.961}{282.75219} \cdot \sqrt{\frac{20}{(31^2 - 30.31^2)(30.957)^2}} \right] = 18.186$$

$$P_2 = \sqrt{31^2 - \left(\frac{800.000 \cdot 0.961}{3.73503 \cdot 18.186} \right)^2 \cdot \frac{20}{(30.957)^5}}$$

$$P_2 = 29.51 \text{ Kg/cm}^2 \text{ A.}$$

$$\text{ERROR} = \frac{29.51 - 29.61}{29.51} = 0.003 = 0.3\%$$

Ahora sí está dentro del error permitido y la presión P2 se toma como válida.-

Fórmula de Weinouth

La fórmula general es exacta en sus resultados, pero evidentemente es incómodo trabajar con ella.-

Distintos autores desarrollan diversas simplificaciones en relación al factor de fricción reduciendo entonces la complicación de la fórmula.-

//

//13.

Una de las simplificaciones corresponde a la fórmula de Weymouth quien supone al factor de fricción como función directa del diámetro, tal que:

$$\sqrt{\frac{1}{f}} = 9,7142 D^{1/6}$$

Reemplazando en la fórmula general:

$$Q = 3,73503 \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{L}} D^5 \cdot \frac{1}{\sqrt{Z}} \cdot \underbrace{9,7142 D^{1/6}}_{\sqrt{\frac{1}{f}}}$$

$$Q = 36,283 D^{9/3} \cdot \frac{1}{\sqrt{Z}} \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{L}}$$

\downarrow
 $D^{5/2} \cdot D^{1/6}$

Haciendo:

$$C = 36,283 D^{9/3}$$

$$F_{pv} = \frac{1}{\sqrt{Z}}$$

$$Q = C \cdot F_{pv} \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{L}}$$

La fórmula así aplicada tiene un porcentaje de error bastante alto, por lo cual se le agrega un coeficiente de corrección E que depende del diámetro de conducto y del caudal que transporte que puede ser extraído de las tablas siguientes quedando la fórmula:

$$Q = C \cdot E \cdot F_{pv} \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{L}}$$

//

Los valores C para los espesores de cañería más utilizados son los siguientes:

D.nom. (")	Esp.	C
1½	3,38	1552
2	3,91	3022
3	4,78	9085
4	4,78	19054
6	4,37	58526
8	5,56	118662
10	6,35	216032
12	7,14	342813

El coeficiente F_{pv} también puede ser simplificado expresándolo en función de la presión inicial.-

Pl	Fpv
10	1,01
20	1,02
30	1,03
40	1,05
50	1,06
60	1,07
70	1,09

Volviendo a plantear el mismo ejemplo que en el caso de la fórmula general y reemplazando en la fórmula de Weymouth.-

$$Q = 216.032 \cdot \frac{1}{(E)} \cdot 1.03 \sqrt{\frac{26^2 - 19^2}{95}}$$

//15.-

En este caso se considera $E=1$, al calcular el caudal, se entra con este valor en la tabla, se define E y se recalcula Q , tal que

$$Q = 405.180 \text{ m}^3/\text{día}$$

Entrando en la tabla con este valor

$$E = 1,0696$$

$$Q' = 405180 \cdot 1,0696 = 433380 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por fórmula general el resultado era

$$Q = 435814 \text{ m}^3/\text{día}$$

El error cometido al trabajar con esta fórmula será

$$\text{ERROR} = \frac{433380 - 435814}{435814} = 0,00558$$

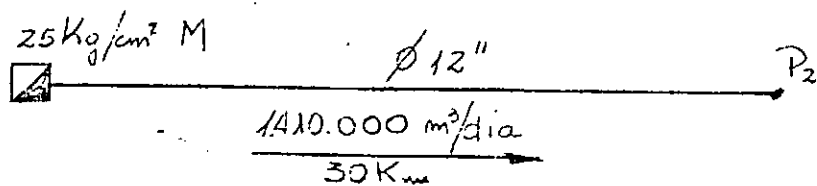
$$\text{ERROR} = 0,558 \%$$

De no haber utilizado el coeficiente E

$$\text{ERROR} = \frac{405180 - 435814}{435814} = 0,07029$$

$$\text{ERROR} = 7,029 \%$$

Cálculo de presión final:



//

//10.-

$$P_2 = \sqrt{P_1 - \left(\frac{Q}{C.E.F_{pv}} \right)^2 \cdot L}$$

reemplazando por los valores correspondientes

$$P_2 = \sqrt{26^2 - \left(\frac{1.410.000}{342814 \cdot 1,090 \cdot 1,03} \right)^2 \cdot 30}$$

$$P_2 = 16,53 \text{ Kg/cm}^2 \text{ A}$$

$$P_2 = 15,53 \text{ Kg/cm}^2 \text{ M}$$