

POZO BALAM 1
ANALISIS PVT COMPOSICIONAL
Y SEPARACION EN TRES ETAPAS
PROYECTO CBO-2300
J SO

**INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
SUBDIRECCION DE TECNOLOGIA DE EXPLOTACION
GERENCIA DE TECNOLOGIA DE YACIMIENTOS**

**POZO BALAM 1
ANALISIS PVT COMPOSICIONAL
Y SEPARACION EN TRES ETAPAS
PROYECTO CB0-2300**

**ING. JESÚS MONTER ORTIZ
HERMILO PÉREZ AGUILAR
MA. DE JESÚS SAUCEDO GARCÍA
TIBURCIO MÉNDEZ LÓPEZ**

**DIVISION DE YACIMIENTOS
DEPARTAMENTO DE CARACTERIZACION DE
SISTEMAS ROCA-FLUIDOS**

AGOSTO DE 1992

RESUMEN

SE PRESENTAN LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS PVT COMPOSICIONAL DEL RASTREO DE LA ENVOLVENTE DE FASES ENTRE LA TEMPERATURA AMBIENTE Y LA TEMPERATURA DEL YACIMIENTO. DEL ANÁLISIS COMPOSICIONAL DEL FLUIDO ORIGINAL Y DE LA SEPARACION EXPERIMENTAL EN TRES ETAPAS EFECTUADOS SOBRE MUESTRAS DE FLUIDOS TOMADAS EN EL FONDO DEL POZO BALAM 1

LOS RESULTADOS INDICAN QUE LOS FLUIDOS ANALIZADOS PERTENECEN A UN YACIMIENTO DE ACEITE Y GAS DISUELTO DE BAJO ENCOGIMIENTO EN ETAPA DE BAJOSATURACIÓN Y QUE A LA TEMPERATURA DEL MISMO, 108 °C, PRESENTA UN PUNTO DE BURBUJA A 115 Kg/cm².

EL INFORME INCLUYE LOS DATOS RELATIVOS A LA TOMA DE LAS MUESTRAS Y A LA PRUEBA DE LAS MISMAS A SU LLEGADA AL LABORATORIO. ASÍ COMO LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS PVT QUE COMPRENDEN LA ENVOLVENTE DE FASES ENTRE LA TEMPERATURA AMBIENTE Y LA DEL YACIMIENTO; LA COMPOSICIÓN ORIGINAL DE LOS FLUIDOS ANALIZADOS HASTA UNDECANOS Y MÁS PESADOS; LAS RELACIONES PVT EN FORMA TABULAR Y GRÁFICA Y LA COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL GAS PRODUCIDO EN CADA ETAPA DEL AGOTAMIENTO DIFERENCIAL. ADEMÁS, SE PRESENTAN LOS RESULTADOS DE UNA SIMULACIÓN EXPERIMENTAL DE LA SEPARACIÓN DE LOS FLUIDOS EN LA SUPERFICIE PASANDO POR TRES ETAPAS. UN RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE PRESENTA EN LA TABLA 1.

MUESTREO

EL DÍA 10 DE JUNIO DE 1992, SE RECIBIERON EN LA DIVISIÓN DE YACIMIENTOS DEL IMP, DOS MUESTRAS DE FLUIDOS RECUPERADAS EN EL FONDO DEL POZO BALAM 1, TOMADAS LOS DÍAS 13 Y 14 DE MAYO DE 1992, POR PERSONAL DE PETRÓLEOS MEXICANOS, CON OBJETO DE EFECTUARLES UN ANÁLISIS PVT COMPOSICIONAL. LA INFORMACIÓN RECIBIDA JUNTO CON LAS MUESTRAS ASÍ COMO EL REGISTRO DE PRESION ESTATICA SE PRESENTA EN LAS TABLAS 2 Y 3 Y EN LA FIGURA 1.

PRUEBA DE LAS MUESTRAS

PARA CONOCER LA CALIDAD DE LAS MUESTRAS DE FONDO RECIBIDAS Y SELECCIONAR LA MÁS REPRESENTATIVA, SE REALIZÓ UNA PRUEBA DE COMPORTAMIENTO PRESIÓN-VOLUMEN A TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE LAS MUESTRAS MARCADAS 9 Y 12, DETERMINÁNDOSE PRESIONES DE 86 Kg/cm^2 PARA AMBAS MUESTRAS, LO QUE INDICÓ LA BUENA CALIDAD DE LAS MISMAS. LOS RESULTADOS DE ESTA PRUEBA SE PRESENTAN EN LA TABLA 4 Y EN LA FIGURA 2.

EN BASE A LO ANTERIOR SE DECIDIÓ EMPLEAR LA MUESTRA 9 PARA EL RASTREO DE LA ENVOLVENTE DE FASES, ANÁLISIS PVT Y MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD, Y LA MUESTRA 12 PARA UNA CORRIDA DE COMPROBACIÓN Y ANÁLISIS COMPOSICIONAL.

ENVOLVENTE DE FASES

PARA CONOCER CON PRECISIÓN EL COMPORTAMIENTO DE LOS FLUIDOS DEL YACIMIENTO, SE DECIDIÓ RASTREAR LA ENVOLVENTE DE FASES ENTRE LA TEMPERATURA AMBIENTE Y LA TEMPERATURA DEL YACIMIENTO, PARA LO CUAL SE TRASPASÓ UNA ALÍCUOTA DE LA MUESTRA A LA CELDA DE ANÁLISIS PVT CON VENTANA, PARA DETERMINAR PRESIONES DE SATURACIÓN A VARIAS TEMPERATURAS, OBSERVÁNDOSE ÚNICAMENTE PUNTOS DE BURBUJA.

LOS RESULTADOS DE ESTA PRUEBA SE PRESENTAN EN LA TABLA 5 Y EN LA FIGURA 3, DONDE SE OBSERVA QUE LA PRESIÓN DE BURBUJA A TEMPERATURA DE YACIMIENTO, 108 °C, ES DE 115 Kg/cm².

ANÁLISIS COMPOSICIONAL

LA COMPOSICIÓN DEL FLUIDO ORIGINAL EN EL YACIMIENTO SE DETERMINÓ APLICANDO TÉCNICAS DE DESTILACIÓN CRIOGÉNICA, DESTILACIÓN A ALTA TEMPERATURA, CRIOSCOPIA Y CROMATOGRAFÍA EN COLUMNA EMPACADA MEDIANTE EL SIGUIENTE PROCEDIMIENTO:

SE SOMETIÓ LA MUESTRA A UNA PRESIÓN MAYOR QUE LA PRESIÓN DE SATURACIÓN A TEMPERATURA AMBIENTE Y SE TRASPASÓ UNA ALÍCUOTA A UN EQUIPO DE DESTILACIÓN CRIOGÉNICA, DEL CUAL SE OBTUVIERON CORTES QUE POSTERIORMENTE SE ANALIZARON POR CROMATOGRAFÍA Y UN RESIDUO DE HEPTANOS Y MÁS PESADOS, AL QUE SE LE DETERMINÓ DENSIDAD Y PESO MOLECULAR MEDIANTE GRAVIMETRÍA Y CRIOSCOPIA.

OTRA ALÍCUOTA DE LA MUESTRA SE TRASPASÓ A UN EQUIPO DE DESTILACION A ALTA TEMPERATURA. LA CUAL SE FRACCIONÓ EN CORTES DE HEPTANOS A UNDECANOS Y MÁS PESADOS. DETERMINÁNDOSELES DENSIDAD Y PESO MOLECULAR TAMBIÉN POR GRAVIMETRÍA Y CRIOSCOPIA.

LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES SE PROCESARON PARA OBTENER LA COMPOSICIÓN EN PORCIENTO MOL HASTA C_{14} Y MÁS PESADOS QUE SE MUESTRA EN LA TABLA 6.

ANALISIS PVT

EL ANÁLISIS PVT SE EFECTUÓ EN UNA CELDA VISUAL A LA TEMPERATURA DE YACIMIENTO DE 108°C . MEDIANTE UNA SEPARACIÓN A MASA CONSTANTE (FLASH) Y UNA SEPARACIÓN DIFERENCIAL CONVENCIONAL.

LA SEPARACIÓN A MASA CONSTANTE SE EFECTUÓ DESDE 300 Kg/cm^2 . HASTA 60 Kg/cm^2 . VERIFICÁNDOSE EL VALOR DE 115 Kg/cm^2 . PARA LA PRESIÓN DE SATURACION; LA SEPARACIÓN DIFERENCIAL SE LLEVÓ A CABO POR ETAPAS DESDE LA PRESIÓN DE SATURACIÓN HASTA LA ATMOSFÉRICA.

$$P_b = 115\text{ Kg/cm}^2$$

RESULTADOS

LOS DATOS EXPERIMENTALES SE PROCESARON MEDIANTE UN PROGRAMA MECANIZADO PARA OBTENER LA VARIACIÓN CON LA PRESIÓN, A TEMPERATURA DEL YACIMIENTO DE LA COMPRESIBILIDAD DEL ACEITE BAJOSATURADO, EL VOLUMEN RELATIVO, LA RELACIÓN GAS DISUELTO-ACEITE, LOS FACTORES DE VOLUMEN DEL ACEITE, DEL GAS Y DE LA FASE MIXTA; LA PRODUCCIÓN ACUMULADA DE GAS, LA DENSIDAD DEL GAS A CONDICIONES DE YACIMIENTO, EL FACTOR DE DESVIACIÓN "Z" DEL GAS, LA DENSIDAD DEL ACEITE A CONDICIONES DE YACIMIENTO Y LA DENSIDAD RELATIVA DEL GAS. ESTOS RESULTADOS SE PRESENTAN EN LAS TABLAS 7 Y 8 Y EN LAS FIGURAS 4 A 14.

LA VARIACIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL ACEITE CON LA PRESIÓN A TEMPERATURA DE YACIMIENTO, SE OBTUVO INDIRECTAMENTE A PARTIR DE LA VARIACIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL ACEITE RESIDUAL CON LA TEMPERATURA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA, TABLAS 9 Y 10 Y FIGURA 15; DE INFORMACIÓN OBTENIDA EN EL ANÁLISIS PVT Y DE CORRELACIONES EXISTENTES EN LA LITERATURA. LOS RESULTADOS SE PRESENTAN EN LA TABLA 11 Y EN LA FIGURA 16. SE INCLUYE ADEMÁS EN ESTA TABLA LA VISCOSIDAD DEL GAS DE CADA UNA DE LAS ETAPAS DE LA SEPARACIÓN DIFERENCIAL CALCULADA CON LA ECUACIÓN DE LEE ET AL. DEL INSTITUTE OF GAS TECHNOLOGY.

LA COMPOSICIÓN DEL GAS EN CADA UNA DE LAS ETAPAS DE LA SEPARACIÓN DIFERENCIAL, SE OBTUVO CROMATOGRÁFICAMENTE. LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE DICHO ANÁLISIS, SE PROCESARON MEDIANTE UN PROGRAMA MECANIZADO, DETERMINÁNDOSE EL PESO MOLECULAR PROMEDIO, SUS CONDICIONES PSEUDOCRÍTICAS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA Y SU DENSIDAD RELATIVA; LOS VOLÚMENES LÍQUIDOS DE ETANO Y PROPANO Y MÁS PESADOS, EN GPM Y EN BLS/ 10^6 P², A OBTENER SI EL GAS SE PASARA POR UNA PLANTA CRIOGENICA Y POR UNA PLANTA DE ABSORCIÓN, RESPECTIVAMENTE, CON EFICIENCIAS DE 100 %. TAMBIÉN SE DETERMINÓ EL PODER CALORÍFICO BRUTO DEL GAS EN BTU/P³ Y EN Kcal/M³. LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE PRESENTAN EN LA TABLA 12, Y EN LA FIGURA 17.

SEPARACION EN ETAPAS

PARA CONOCER EL COMPORTAMIENTO QUE EXHIBIRÁN LOS FLUIDOS EN LAS INSTALACIONES SUPERFICIALES DE PRODUCCIÓN, SE SIMULÓ EXPERIMENTALMENTE LA SEPARACIÓN EN TRES ETAPAS PARA LAS CONDICIONES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA QUE PROPORCIONÓ PERSONAL DE LA GERENCIA DE INGENIERÍA DE YACIMIENTOS DE PETRÓLEOS MEXICANOS, QUE SE PRESENTAN A CONTINUACIÓN:

ETAPA	PRESIÓN (Kg/cm ²)	TEMPERATURA (°C)
1	7.0	50.0
2	2.0	50.0
3	0.0	TAMB.

SE SIMULÓ EL PROCESO DE SEPARACIÓN DE LOS FLUIDOS DEL YACIMIENTO EN UNA BATERÍA DE SEPARACIÓN EN TRES ETAPAS, A LAS CONDICIONES INDICADAS, EMPLEANDO PARA ELLO UN EQUIPO DE SEPARACIÓN FLASH DE DISEÑO ESPECIAL DEL IMP, CUYAS CONDICIONES DE TRABAJO MÁXIMAS SON:

PRESIÓN: 100 Kg/cm²
TEMPERATURA 100 °C

LA INFORMACIÓN EXPERIMENTAL SE PROCESÓ PARA OBTENER EN CADA ETAPA DE SEPARACIÓN LOS SIGUIENTES PARÁMETROS: RELACIÓN GAS ACEITE EN M³ DE GAS A CONDICIONES BASE POR M³ DE LÍQUIDO A LAS MISMAS CONDICIONES; EL FACTOR DE ENCOGIMIENTO DEL LÍQUIDO EN M³ DE LÍQUIDO A LAS CONDICIONES BASE POR M³ DE LÍQUIDO A LAS CONDICIONES DE SEPARACIÓN; LA DENSIDAD RELATIVA DEL GAS SEPARADO CON RESPECTO AL AIRE, EL GAS PRODUCIDO EN CADA ETAPA EN PORCENTAJE DEL TOTAL, LA DENSIDAD DEL LÍQUIDO SATURADO CON GAS EN CADA ETAPA DE SEPARACIÓN EN GR/CM³ Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE RESIDUAL EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

EL GAS LIBERADO EN CADA ETAPA DE SEPARACIÓN SE LE EFECTUÓ UN ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN Y A PARTIR DE SU COMPOSICIÓN SE CARACTERIZÓ IGUAL QUE LOS GASES SEPARADOS EN EL AGOTAMIENTO DIFERENCIAL.

LOS RESULTADOS DE LA SEPARACIÓN EN TRES ETAPAS SE PRESENTAN EN LA TABLA 13. Y LA COMPOSICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS GASES LIBERADOS EN LA TABLA 14. RESPECTIVAMENTE.

COMENTARIOS

CON BASE EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE RELACIÓN GAS DISUELTO ACEITE INICIAL MENOR DE $100 \text{ m}^3/\text{m}^3$, PRESIÓN BURBUJA DE 115 Kg/cm^2 , MENOR QUE LA PRESIÓN DEL YACIMIENTO 581.7 Kg/cm^2 , SE PUEDE CONCLUIR QUE LOS FLUIDOS ANALIZADOS PERTENECEN A UN YACIMIENTO DE ACEITE Y GAS DISUELTO DE BAJO ENCOGIMIENTO EN ETAPA DE BAJOSATURACIÓN, COMO LO CONFIRMAN EL COMPORTAMIENTO DE LAS CURVAS DE VOLUMEN RELATIVO, RELACIÓN GAS DISUELTO-ACEITE, Y FACTOR DE VOLUMEN DEL ACEITE, CUYAS TENDENCIAS SON PRÁCTICAMENTE RECTAS.

SE HACE NOTAR QUE SE EMPLEARON TIEMPOS LARGOS PARA LOGRAR LA ESTABILIZACIÓN DE FASES.

TABLA 1
POZO BALAM 1
RESUMEN DE DATOS PVT

Presión del yacimiento:	581.7 Kg/cm ²
Temperatura del yacimiento:	108 °C
Presión de burbuja a Ty:	115 Kg/cm ²
Compresibilidad promedio:	1.265×10^{-4} 1/Kg/cm ² (de 250 a 115 Kg/cm ²)
Coefficiente de expansión térmica del aceite original:	0.00074654 1/°C
Factor de volumen del aceite a Pb:	1.299 m ³ /m ³
Relación gas disuelto-aceite a Pb:	52.765 m ³ /m ³
Densidad del aceite a Pb:	0.7092 gr/cm ³
Densidad del aceite residual:	0.8839 gr/cm ³ (28.58 °API)

TABLA 2
POZO BALAM 1
DATOS DE MUESTREO

DATOS GENERALES

Compañía:	Petróleos Mexicanos.
Región:	Marina.
Distrito:	Cd. del Carmen, Camp.
Campo:	Balam
Yacimiento:	Jurásico Superior Oxfordiano.
Pozo:	Número 1.

DATOS DEL YACIMIENTO

Formación productora:	Jurásico Superior Oxfordiano.
Presión inicial:	578.2 Kg/cm ² a 4370 m.D.
Relación gas disuelto inicial:	38.8 m ³ /m ³
Inicio de producción:	----
Producción acumulada de aceite:	----
Producción acumulada de gas:	----
Producción acumulada de agua:	----
Densidad del aceite:	0.8860 gr/cm ³ (28.21 °API)
Tipo de fluido:	Aceite negro

DATOS DEL POZO

Fecha de terminación:	17 de mayo de 1992
Elevación de la mesa rotatoria:	10.76 m.s.n.m.
Profundidad total:	4535 m.v.
Intervalo productor:	4400-4428 m.d.b.m.r.
Presión estática al nivel medio: 4474	8260 lb/plg ² (581.7 Kg/cm ²)
Fecha de medición de la presión:	12 de mayo de 1992
Temperatura al nivel medio del intervalo productor:	108 °C
Estado del pozo:	Cerrado
Producción de aceite:	3871 BPD (Medido)
Relación gas disuelto aceite:	38.8 m ³ /m ³
Agua producida:	-----
Presión de separación:	26.5 kg/cm ²
Temperatura de separación:	48 °C
Presión atmosférica:	760 m.m. Hg.
Temperatura ambiente	28 °C

DATOS DE MUESTREO

Fecha y hora:	13 y 14 de mayo de 1992 a las 7:30 y 12:30 hrs.
Tipo de muestreo:	De fondo
Profundidad de muestreo:	4370 m.d.b.m.r.
Estado del pozo:	Cerrado
Presión en la boca del pozo:	210 Kg/cm ² (2982 lb/plg ²)
Presión a la profundidad de muestreo:	577.1 Kg/cm ² (8194.8 lb/plg ²)
Temperatura a la profundidad de muestreo:	108 °C
Número de muestras:	2

IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS

Número	Botella	Temperatura (°C)
9	LA-002-CCC	22
12	CORE-LAB-SS-718	22

TABLA 3
POZO BALAM 1
REGISTRO DE PRESIONES ESTATICAS

Profundidad Vertical (m.b.m.r.)	Presión (Kg/cm ²)	Gradiente (Kg/cm ² /m)
0	210.6	0.0000
500	251.7	0.0820
1000	293.0	0.0827
1500	336.3	0.0865
2000	378.1	0.0835
2500	419.8	0.0835
3000	462.0	0.0842
3500	503.7	0.0835
4000	544.7	0.0820
4170	559.0	0.0841
4270	568.1	0.0902
4370 <i>muertes</i>	577.1	0.0902
4410	581.2	0.1034
4414	581.7	0.1034

TABLA 4
POZO BALAM 1
COMPORTAMIENTO PRESION-VOLUMEN DE LAS
MUESTRAS DE FONDO 9 Y 12

Muestra	9	12
Presión de apertura (Kg/cm ²)	18	32
Volumen de Hg inyectado (cm ³)	P R E S I O N (Kg/cm ²)	
0	18	32
25	19	34
50	20	36
75	21	39
100	22	42
125	23	46
150	24	50
175	25	56
200	26	64
210	--	68
220	--	73
225	27	--
230	--	78
235	--	82
240	--	86
241	--	97
242	--	108
243	--	132
244	--	158
245	--	182
246	--	207
250	28	---
275	30	---
300	32	---
325	34	---
350	36	---
375	38	---
400	41	---
425	45	---
450	49	---
475	55	---
500	62	---
515	68	---
525	73	---
530	76	---
535	79	---
540	83	---
542	85	---
543	86	---
544	105	---
545	115	---
546	139	---
547	163	---
548	189	---
Temperatura de prueba (°C)	27	30

TABLA 5
POZO BALAM 1
ENVOLVENTE DE FASES DEL FLUIDO ORIGINAL

Temperatura (°C)	Presión (Kg/cm ²)	Observaciones
23.0	86.0	Punto de burbuja
50.0	98.0	Punto de burbuja
75.0	106.0	Punto de burbuja
108.0	115.0	Punto de burbuja

*Temperatura de análisis.

TABLA 6
POZO BALAM 1
COMPOSICION DEL FLUIDO ORIGINAL

COMPONENTE	% Mol	Densidad (gr/cm ³)	Peso Molecular
Nitrógeno	0.558		
Bióxido de carbono	0.210		
Acido sulfhídrico	0.000		
Metano	23.248		
Etano	5.118		
Propano	4.496		
Isobutano	1.368		
Butano normal	4.294		
Isopentano	1.920		
Pentano normal	2.548		
Hexanos	5.986		
Heptanos	4.489	0.7165	101.1 ✓
Octanos	4.461	0.7432	111.2
Nonanos	4.180	0.7655	118.7
Decanos	4.148	0.7778	130.6
Undecanos y más pesados	32.976	0.9267	380.1
Total	100.000		
Características de la fracción C ₇ +:	50.254	0.9020	288.2

TABLA 7

POZO BALAM 1

RESULTADOS DE LA SEPARACION A MASA CONSTANTE A 108 °C

PRESION	VOLUMEN RELATIVO	FACTOR DE VOLUMEN DEL ACEITE	DENSIDAD DEL ACEITE	COMPRESIBILIDAD DEL ACEITE X10 ⁻⁴
(Kg/cm ²)	(m ³ /m ³)	(m ³ /m ³)	(gr/cm ³)	(1/Kg/cm ²)
300.0	0.9753	1.267	0.7272	-----
250.0	0.9811	1.274	0.7229	1.195
200.0	0.9873	1.282	0.7183	1.228
150.0	0.9940	1.291	0.7135	1.264
125.0	0.9976	1.296	0.7109	1.298
115.0	1.0000	1.299	0.7092	1.338
100.0	1.0370	-----	-----	-----
90.0	1.0831	-----	-----	-----
75.0	1.1593	-----	-----	-----
60.0	1.2886	-----	-----	-----

Presión de saturación = 115 (Kg/cm²)

Coefficiente de expansión térmica de la muestra
original = 0.00074654 (1/°C).

TABLA 8

POZO BALAM 1

RESULTADOS DE LA SEPARACION DIFERENCIAL CONVENCIONAL

(A 108 °C)

PRESION ($\frac{Kg}{cm^2}$)	RELACION GAS DISUELTO ACEITE	FACTOR DE VOLUMEN DEL ACEITE	FACTOR DE VOLUMEN DEL GAS $\times 10^{-3}$	FACTOR DE LA FASE MIXTA	DENSIDAD DEL ACEITE A C. Y.	PRODUCCION ACUMULADA DE GAS	DENSIDAD RELATIVA DEL GAS	FACTOR DE DESVIACION "Z"	DENSIDAD DEL GAS A C. Y.
($\frac{Kg}{cm^2}$)	($\frac{m^3}{m^3}$)	($\frac{m^3}{m^3}$)	($\frac{m^3}{m^3}$)	($\frac{m^3}{m^3}$)	($\frac{g}{cm^3}$)	(%)	(AIRE = 1)	(Adim.)	($\frac{g}{cm^3}$)
115.0	52.765	1.299	---	1.299	0.7092	0.00	---	---	---
80.0	38.723	1.266	14.871	1.475	0.7180	26.61	0.7155	0.9097	0.0580
50.0	25.826	1.233	24.153	1.884	0.7280	51.05	0.7165	0.9382	0.0357
30.0	16.31	1.213	37.563	2.450	0.7460	69.09	0.7402	0.9582	0.0237
15.0	9.120	1.180	53.737	3.171	0.7700	84.02	0.7667	0.9763	0.0172
0.0	0.000	1.068	---	---	0.8185	100.00	0.7988	1.0000	---

Densidad del aceite residual = $0.8839 \frac{g}{cm^3}$

Coefficiente de expansión termica del aceite residual = $0.00074356 \frac{1}{^{\circ}C}$

Compresibilidad del aceite residual caliente = $0.00009931 (1 / \frac{Kg}{cm^2})$

Compresibilidad del aceite residual en frío = $0.00004761 (1 / \frac{Kg}{cm^2})$

TABLA 9
POZO BALAM 1
VARIACION DE LA VISCOSIDAD DEL ACEITE RESIDUAL
CON LA TEMPERATURA A PATM

Temperatura		Viscosidad	
(°C)	(°F)	(cs.)	(cp.)
22	71.6	41.78	36.46
32	89.6	29.95	25.94
40	104.0	24.15	20.79
50	122.0	18.22	15.57

TABLA 10
POZO BALAM 1
VARIACION DE LA VISCOSIDAD DEL ACEITE
RESIDUAL CON LA TEMPERATURA

Temperatura (°C)	Viscosidad (cp.)
22	36.46
32	25.94
40	20.79
50	15.57
60	12.01
70	9.75
80	7.99
90	6.55
100	5.40
*108	4.61

*Temperatura de análisis.

Datos tomados de la curva de viscosidad del aceite residual contra la temperatura (Fig. 15).

TABLA 11

POZO BALAM 1

VARIACION DE LA VISCOSIDAD DEL ACEITE *obtenida con correlaciones*
Y DEL GAS A C.Y. CON LA PRESION A 108 °C

Presión	Viscosidad del aceite	Viscosidad del gas
(Kg/cm ²)	(cp)	(cp)
294.20 300.0	2.516	-----
245.17 250.0	2.388	-----
195.13 200.0	2.260	-----
147.10 150.0	2.131	-----
122.53 125.0	2.067	-----
112.73 115.0	2.041	-----
78.35 80.0	2.448	0.0149
49.03 50.0	2.928	0.0141
29.42 30.0	3.365	0.0136
14.71 15.0	3.755	0.0129
0 0.0	4.610	-----

PO Moscos e T, Res.
- correl. I

TABLA 12
POZO BALAM I
COMPOSICION Y CARACTERISTICAS DEL GAS PRODUCIDO DURANTE LA SEPARACION DIFERENCIAL
(A 108 ° C)

ETAPA	1	2	3	4	5
PRESION (Kg/cm ²)	80	50	30	15	0
COMPONENTE	% Mol	% Mol	% Mol	% Mol	% Mol
Nitrógeno	0.950	0.940	0.900	0.850	0.780
Dioxido de carbono	0.269	0.285	0.289	0.281	0.279
Acido sulfídrico	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Metano	79.181	74.210	73.084	70.126	63.499
Etano	19.000	18.000	18.500	20.000	23.000
Propano	5.000	5.000	5.600	7.000	10.500
Iso-butano	0.332	0.330	0.350	0.380	0.430
Butano normal	0.561	0.559	0.580	0.610	0.660
Iso-pentano	0.161	0.156	0.165	0.175	0.195
Pentano normal	0.430	0.410	0.420	0.460	0.530
Hexanos +	0.116	0.110	0.112	0.118	0.127
TOTAL	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Peso molecular promedio	21.105	20.947	21.211	21.865	23.359
Presión Pseudocrítica (psia)	669.761	669.509	669.394	669.146	668.345
Temperatura pseudocrítica (° R)	405.569	403.367	406.665	414.855	433.339
Densidad relativa del gas (aire = 1)	0.715	0.716	0.740	0.767	0.799
Etano líquido recuperable (GPM)	4.786	4.534	4.660	5.038	5.793
Etano líquido recuperable (Bls / 10 ⁶ p ³)	113.950	107.953	110.952	119.948	137.940
Propano y más pesados líquidos (GPM)	1.929	1.916	2.102	2.527	3.559
Propano y más pesados líquidos (Bls / 10 ⁶ p ³)	45.921	45.609	50.038	60.164	84.749
Poder calorífico bruto (BTU / p ³)	1260.250	1251.490	1266.270	1302.460	1384.050
Poder calorífico bruto (Kcal / m ³)	11242.480	11164.340	11296.20	11619.010	12346.890

TABLA 13
POZO BALAM 1
RESULTADOS DE LA SEPARACION EN TRES ETAPAS

ETAPA	PRESION	TEMPERATURA	RGA	Sh	S_{rg}	Gp	$S_{o sat.}$
	(Kg/cm ²)	(°C)	(m ³ /m ³)	(m ³ /m ³)	(aire=1)	(%)	(gr/cm ³)
1	7.0	50.0	42.44	0.9403	0.653	81.73	0.8396
2	2.0	40.0	2.90	0.9616	0.956	5.60	0.8555
3	0.0	20.0	6.58	1.0000	1.034	12.67	0.8812

51.92

100.00

Coefficiente de expansión térmica del
aceite residual = 1.05×10^{-3} (1/°C).

Densidad del aceite residual = 0.8812 gr/cm³

Densidad del aceite residual = 29.07 °API.

TABLA 14

POZO BALAM 1

COMPOSICION DE LOS GASES LIBERADOS EN LA
SEPARACION EN TRES ETAPAS

ETAPA	1	2	3
PRESION (kg/cm ²)	7.0	2.0	0.0
TEMPERATURA (°C)	50.0	40.0	20.0
Componente	% Mol	% Mol	% Mol
Nitrógeno	3.206	4.162	5.169
Dióxido de Carbono	0.351	0.825	0.837
Acido Sulhídrico	0.000	0.000	0.000
Agua	0.000	0.000	0.000
Metano	86.567	55.650	45.820
Etano	5.713	17.661	20.707
Propano	2.351	11.441	15.298
Isobutano	0.407	2.264	3.044
Butano normal	0.743	4.095	5.566
Isopentano	0.215	1.435	1.375
Pentano normal	0.224	1.117	1.333
Hexanos y más pesados	0.223	1.350	0.851
Total	100.000	100.000	100.000
Peso molecular promedio	18.904	27.703	29.951
Presión pseudocrítica (psia)	661.864	648.883	644.670
Temperatura pseudocrítica (°R)	368.070	460.890	485.407
Densidad relativa (aire=1)	0.653	0.956	1.034
Etano líquido recuperable (GPM)	1.439	4.449	5.216
Etano líquido recuperable (Bls/10 ⁶ p ³)	34.263	105.920	124.188
Propano y más pesados líquidos (GPM)	1.277	6.731	8.335
Propano y más pesados líquidos (Bls/10 ⁶ p ³)	30.398	160.266	198.457
Poder calorífico bruto (BTU/p ³)	1101.890	1546.140	1649.990
Poder calorífico bruto (Kcal/m ³)	9829.780	13793.020	14719.420

POZO BALAM 1

REGISTRO DE PRESION ESTATICA

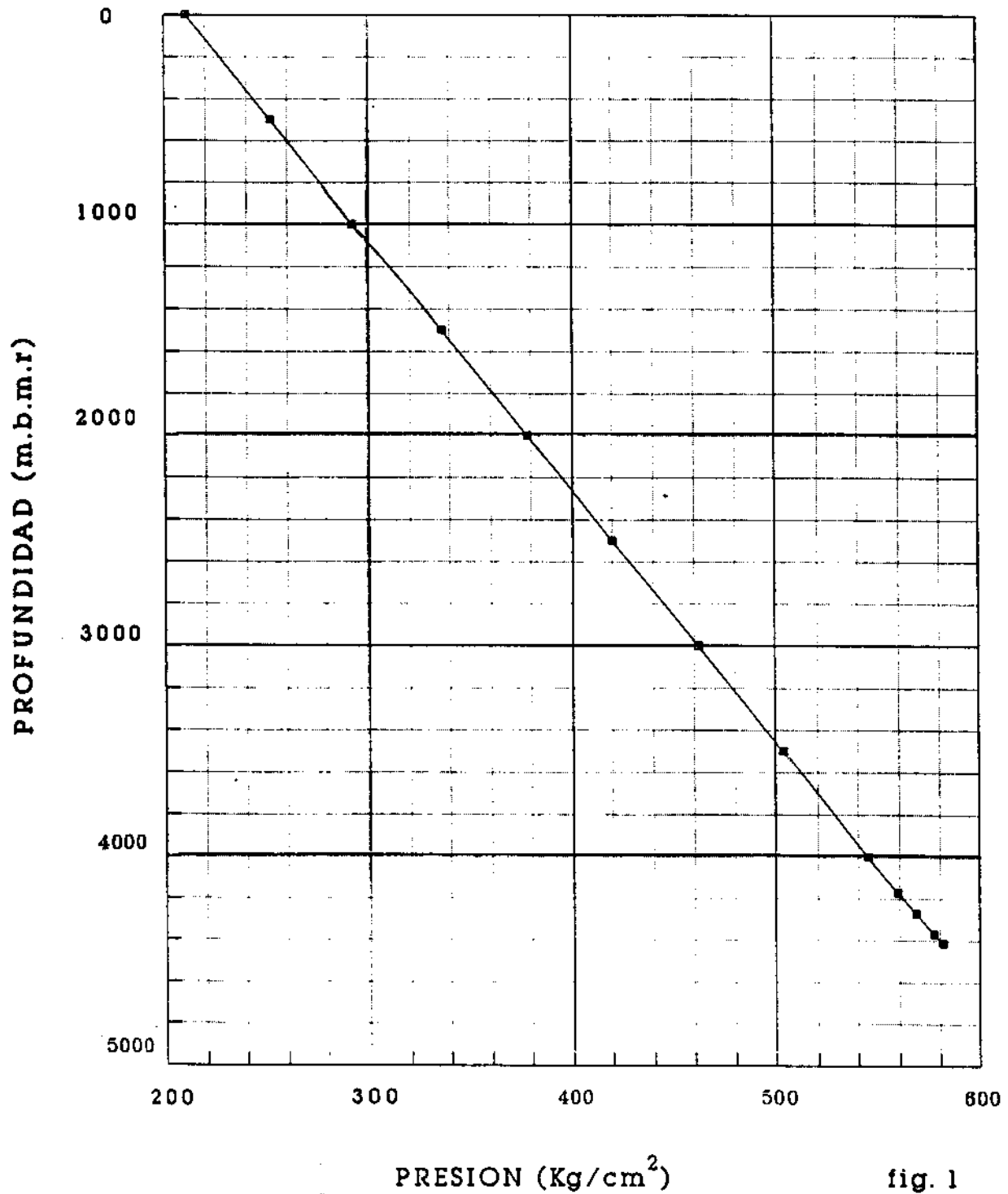


fig. 1

POZO BALAM 1

COMPORTAMIENTO PRESION-VOLUMEN DE LAS MUESTRAS DE FONDO A T amb.

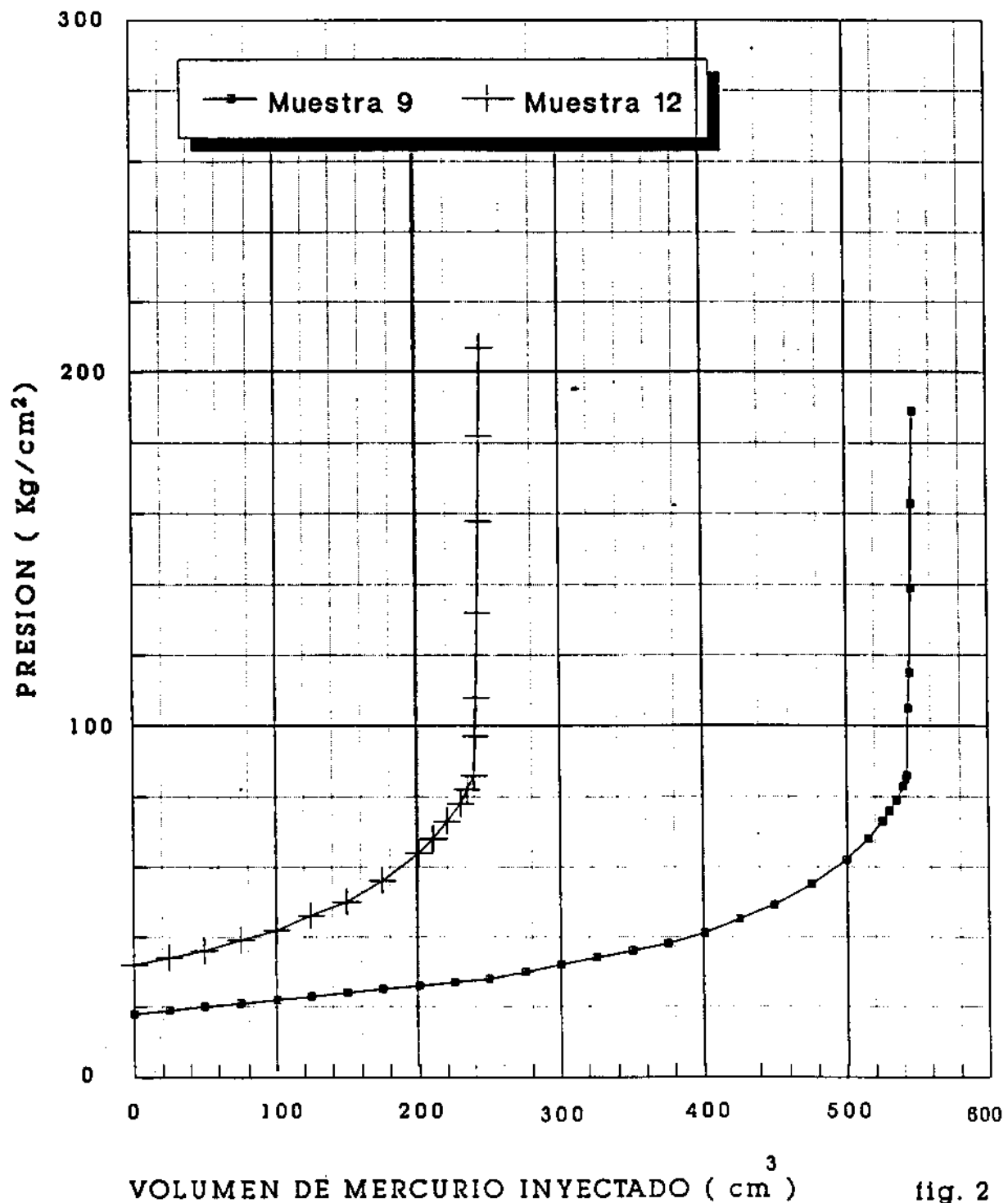


fig. 2

POZO BALAM 1

ENVOLVENTE DE FASES PRESION-TEMPERATURA DEL FLUIDO ORIGINAL

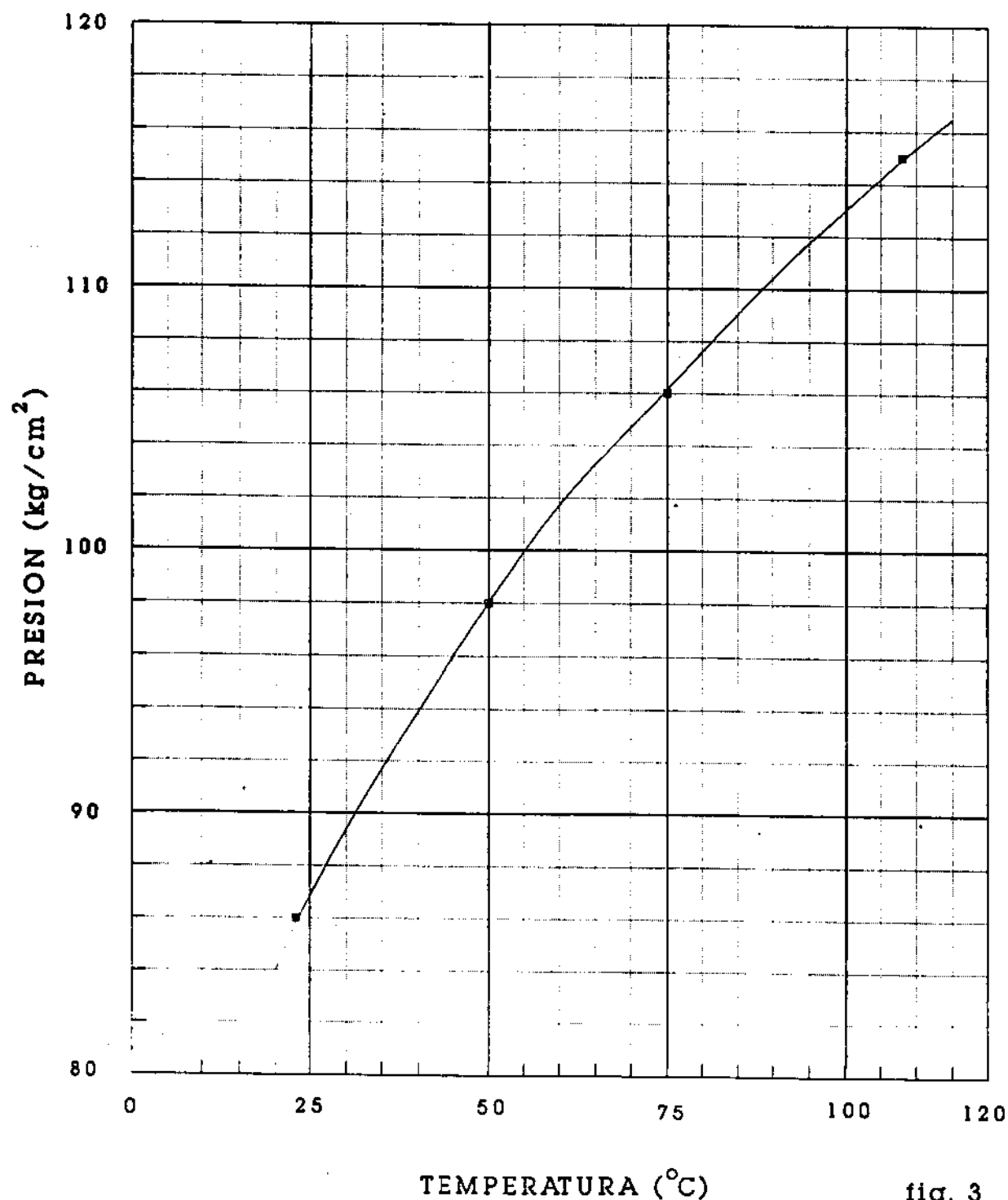


fig. 3

POZO BALAM 1

VARIACION DE LA COMPRESIBILIDAD DEL ACEITE
BAJOSATURADO CON LA PRESION A 108 °C

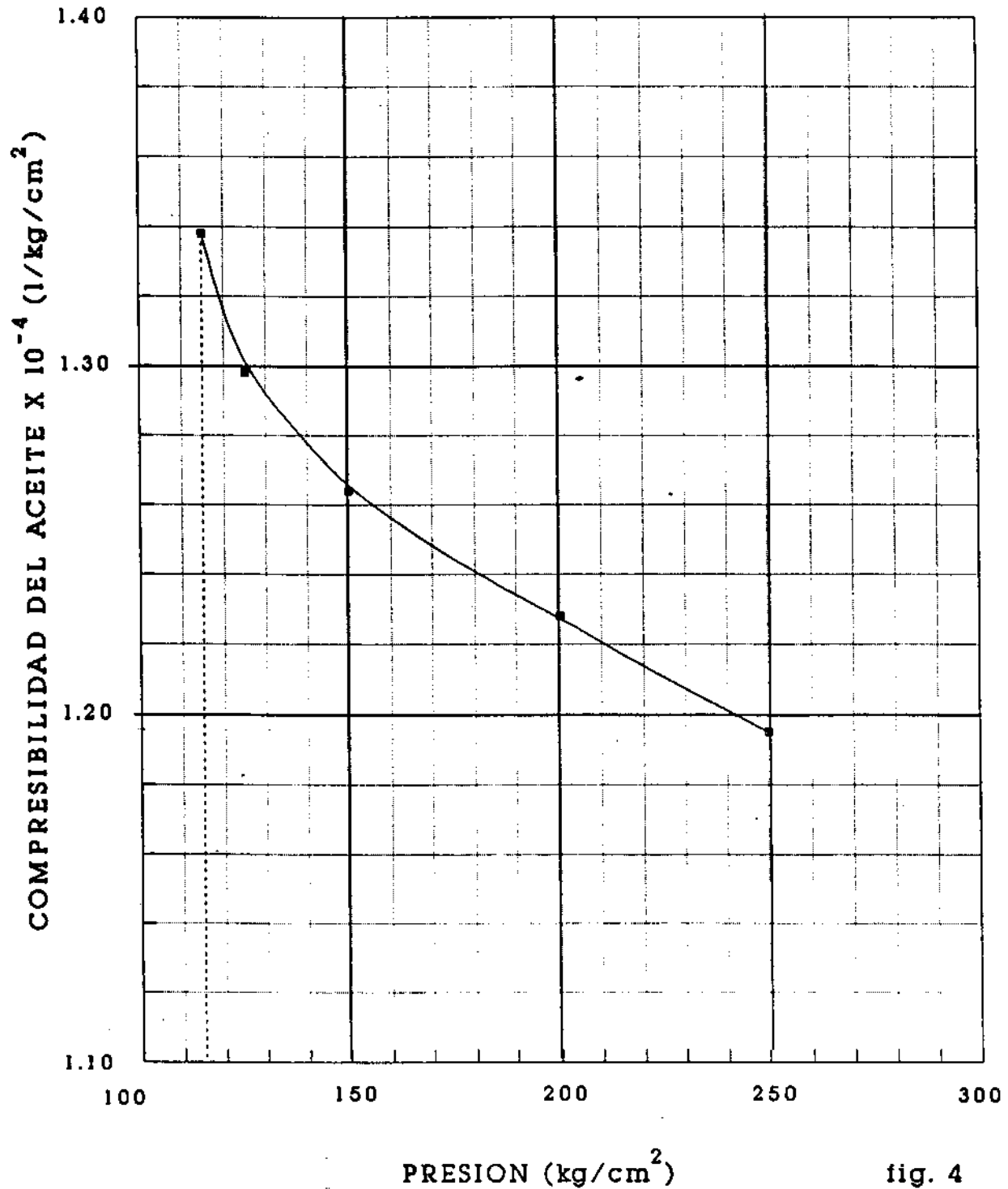


fig. 4

POZO BALAM 1

VARIACION DEL VOLUMEN RELATIVO CON
~~SUB~~ LA PRESION A 108 °C

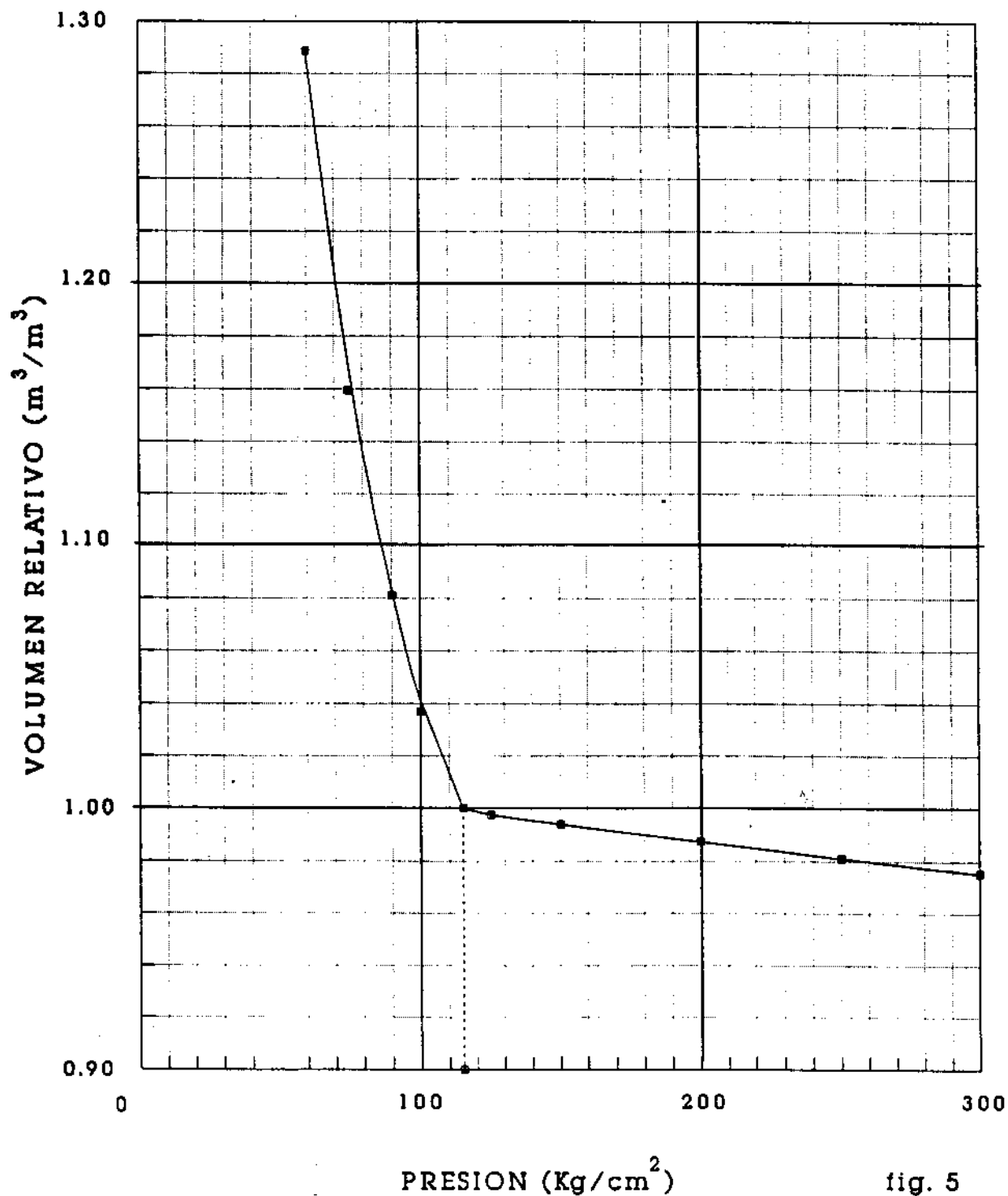


fig. 5

POZO BALAM 1

VARIACION DE LA RELACION GAS-DISUELTO-ACEITE
CON LA PRESION A 108 °C

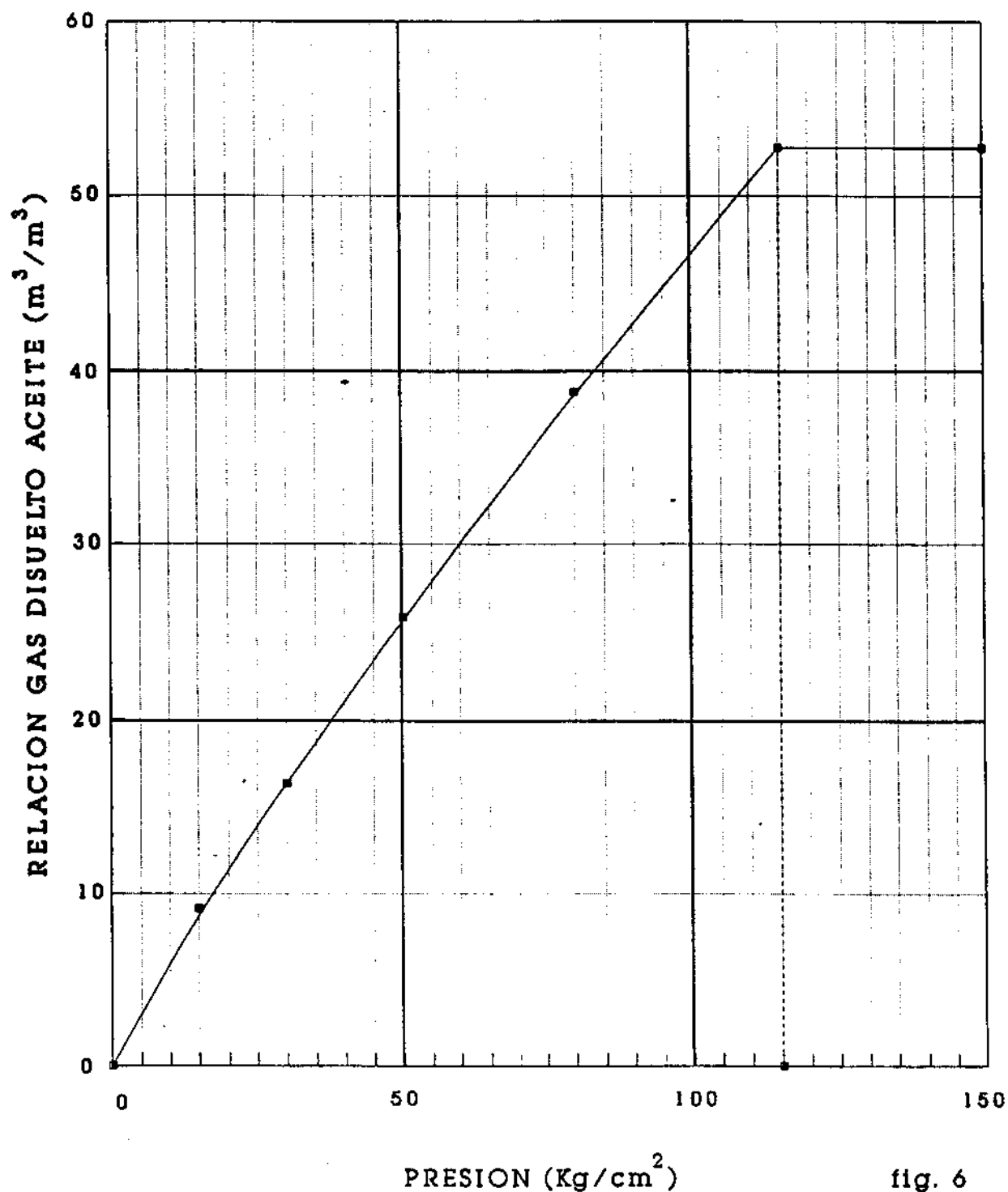


fig. 6

POZO BALAM I

VARIACION DEL FACTOR DE VOLUMEN DE ACEITE CON LA PRESION A 108 °C

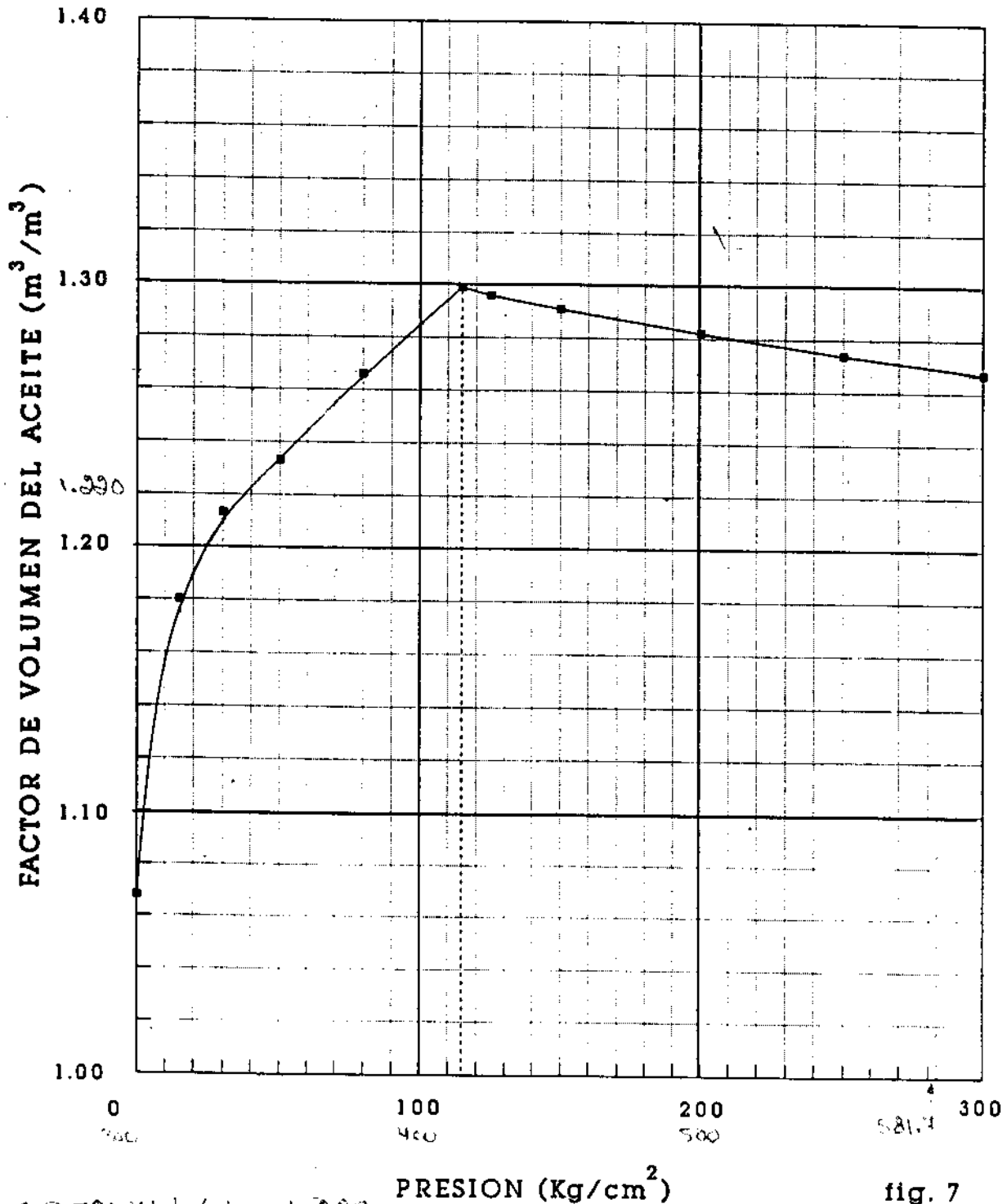


fig. 7

582

POZO BALAM 1

VARIACION DEL FACTOR DE VOLUMEN DEL GAS
CON LA PRESION A 108 °C

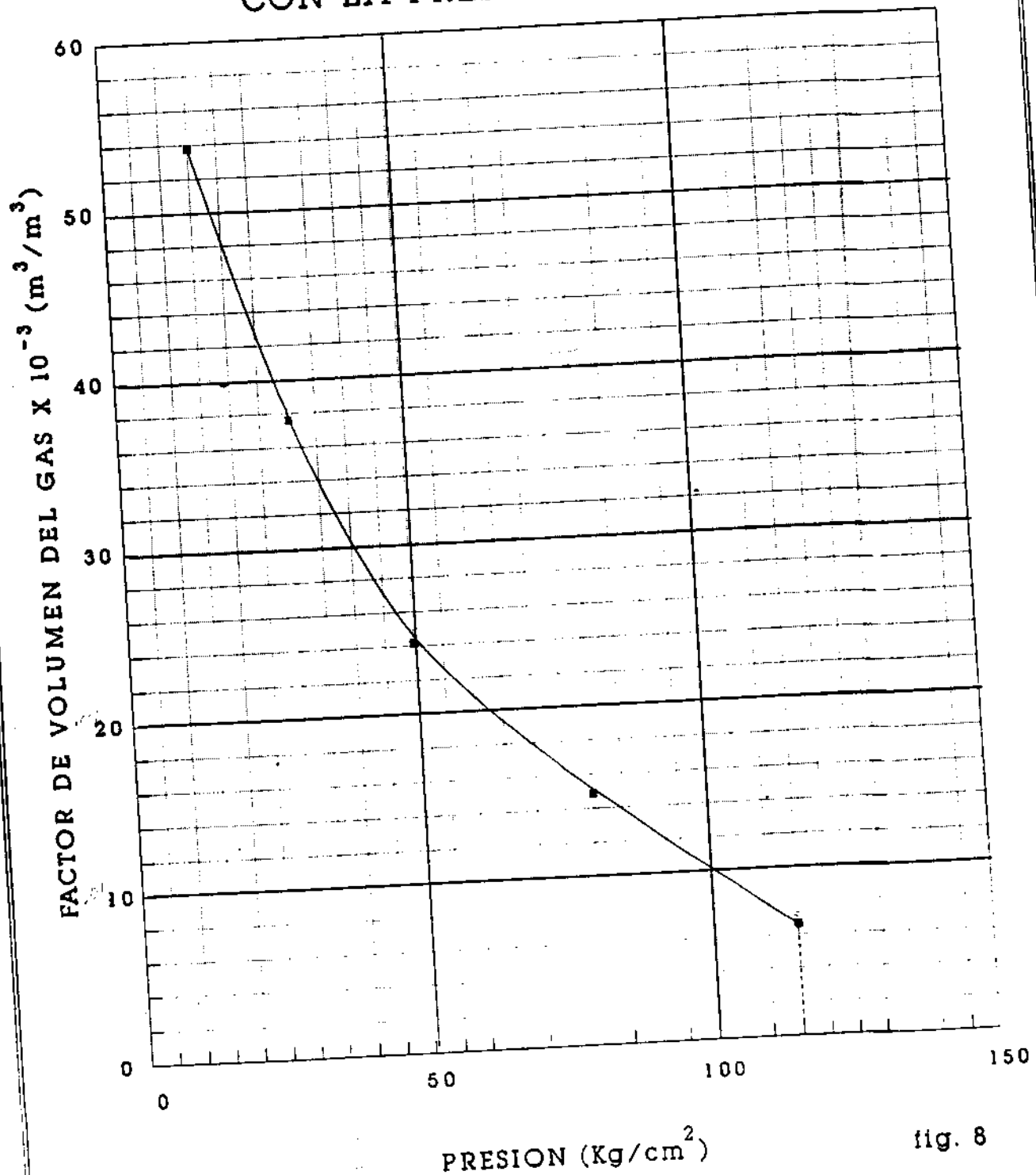


fig. 8

POZO BALAM 1

VARIACION DEL FACTOR DE VOLUMEN DE LA
FASE MIXTA CON LA PRESION A 108 °C

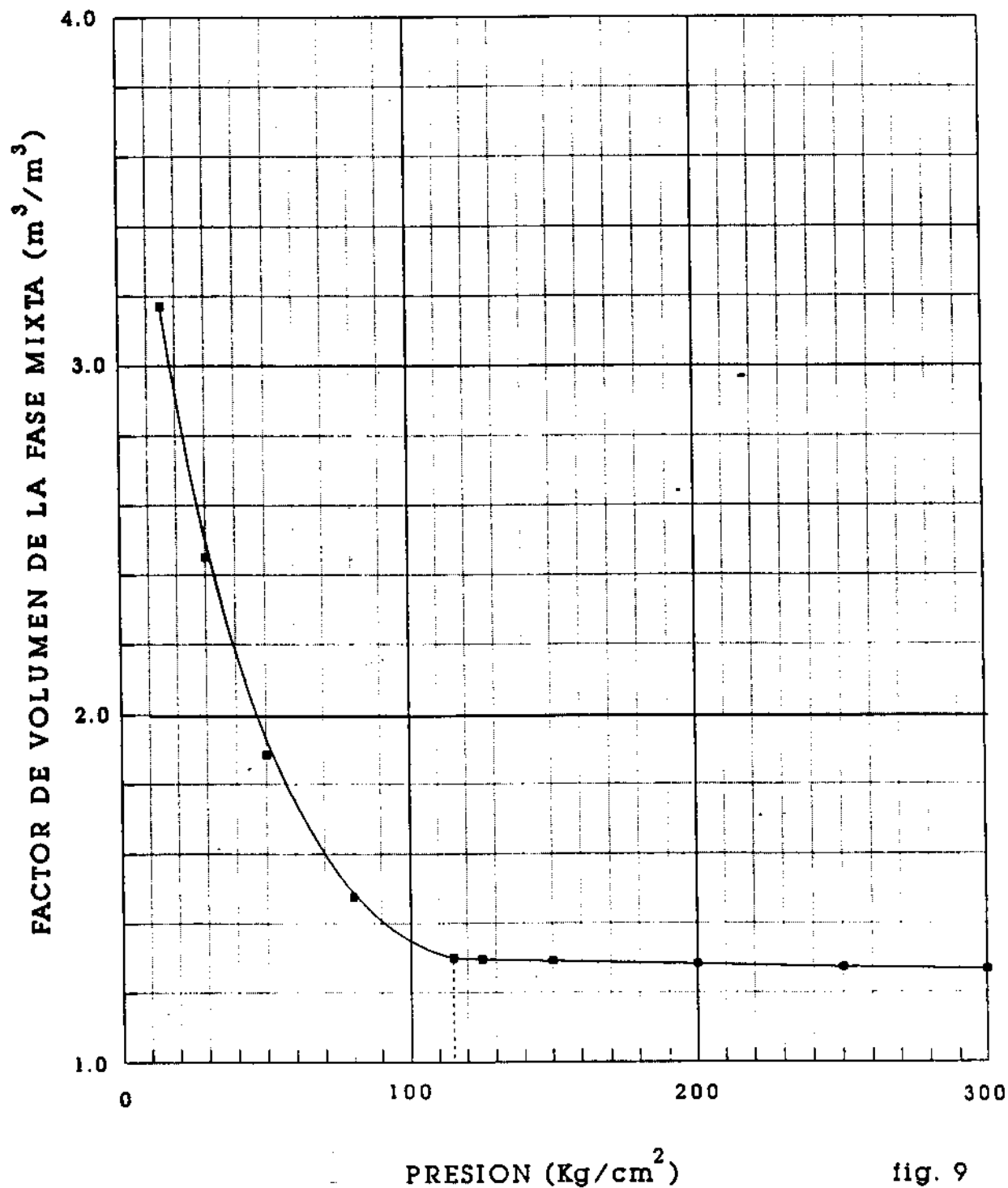


fig. 9

POZO BALAM I

VARIACION DE LA DENSIDAD DEL GAS A CONDICIONES DE YACIMIENTO
CON LA PRESION A 108 °C

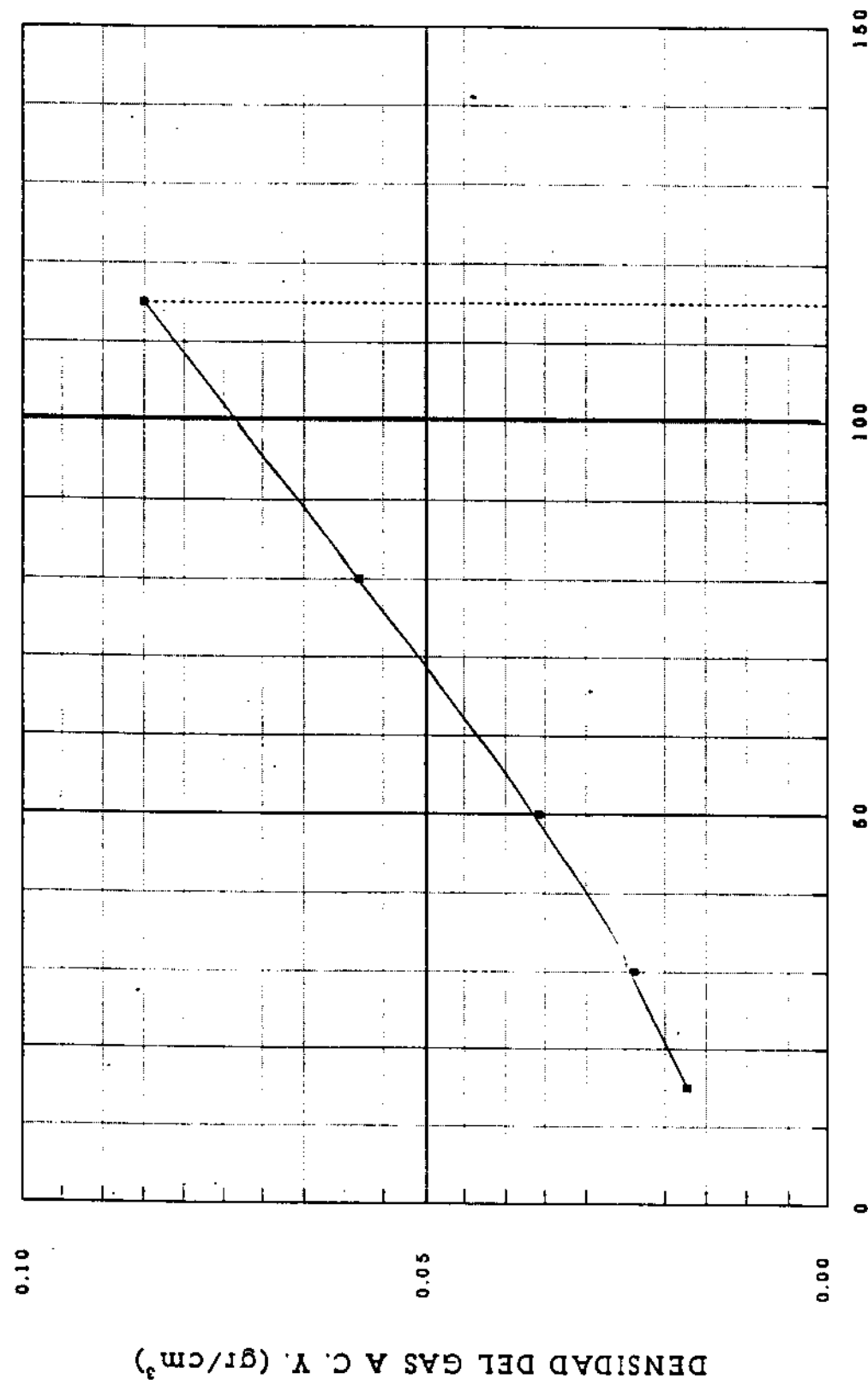


fig. 12

POZO BALAM I

VARIACION DE LA DENSIDAD DEL ACEITE A CONDICIONES DE YACIMIENTO
CON LA PRESION A 108 °C

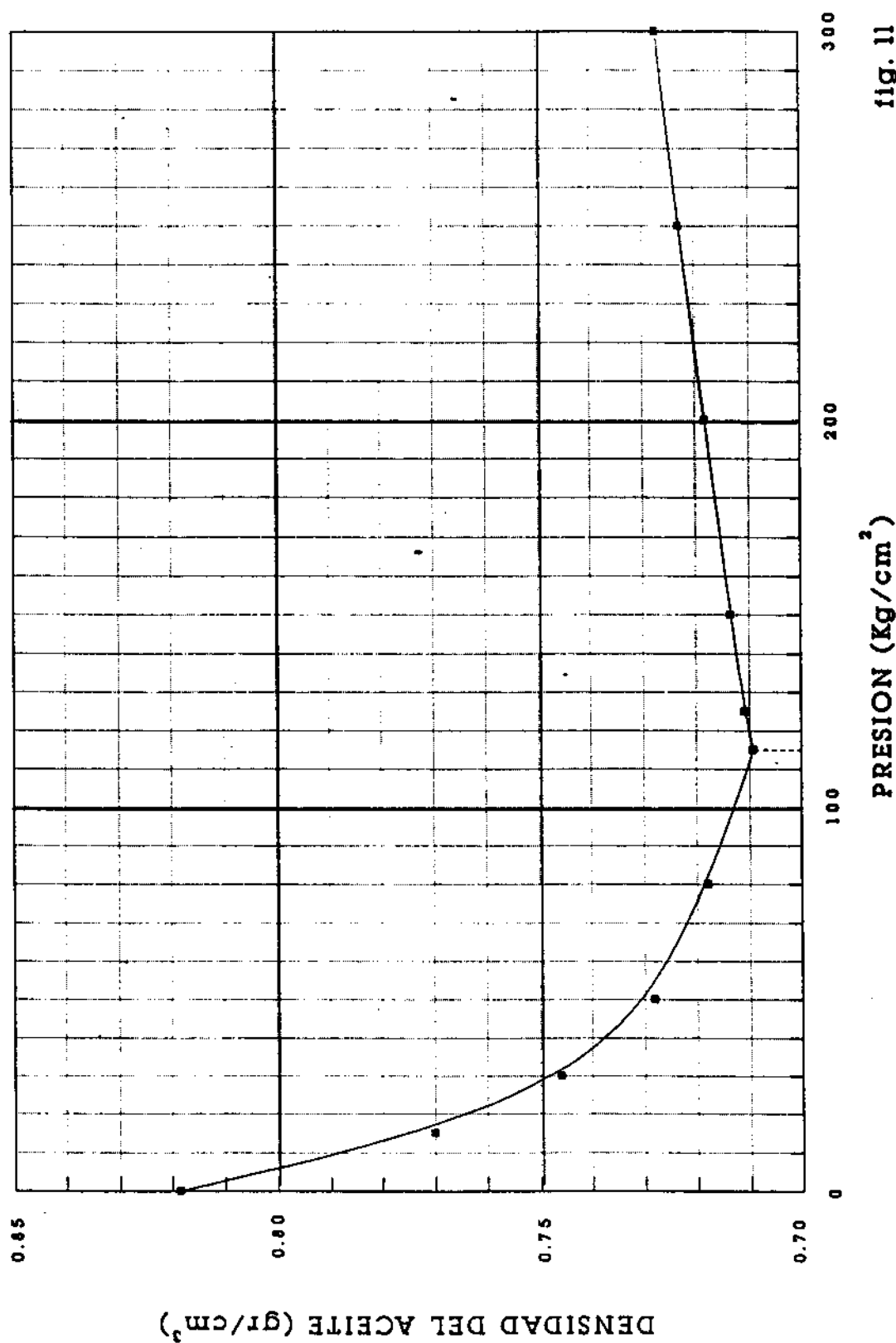


fig. 11

POZO BALAM I

VARIACION DE LA PRODUCCION ACUMULADA DE GAS
CON LA PRESION A 108° C

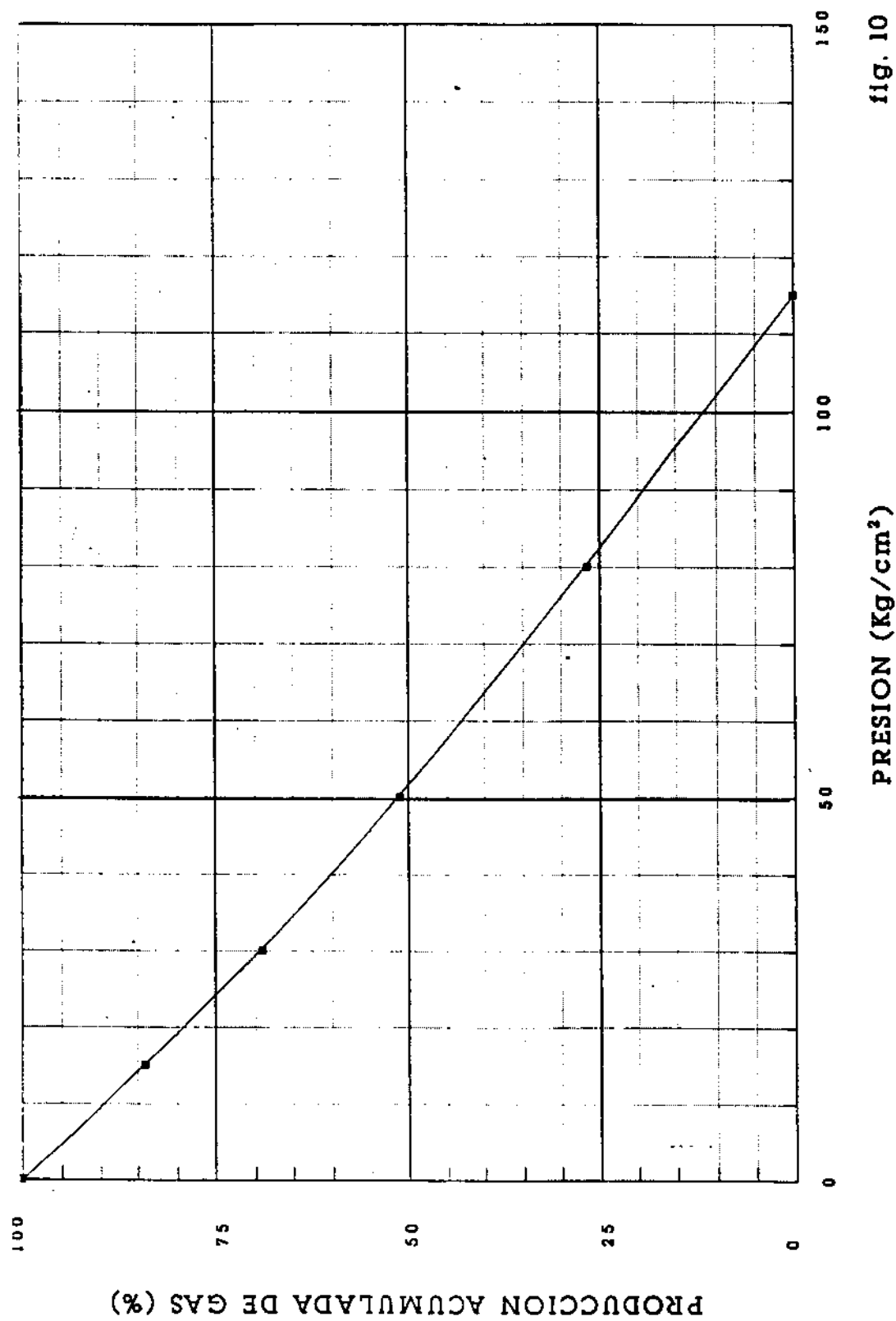


fig. 10

POZO BALAM 1

VARIACION DEL FACTOR DE DESVIACION "Z"
DEL GAS CON LA PRESION A 108 °C

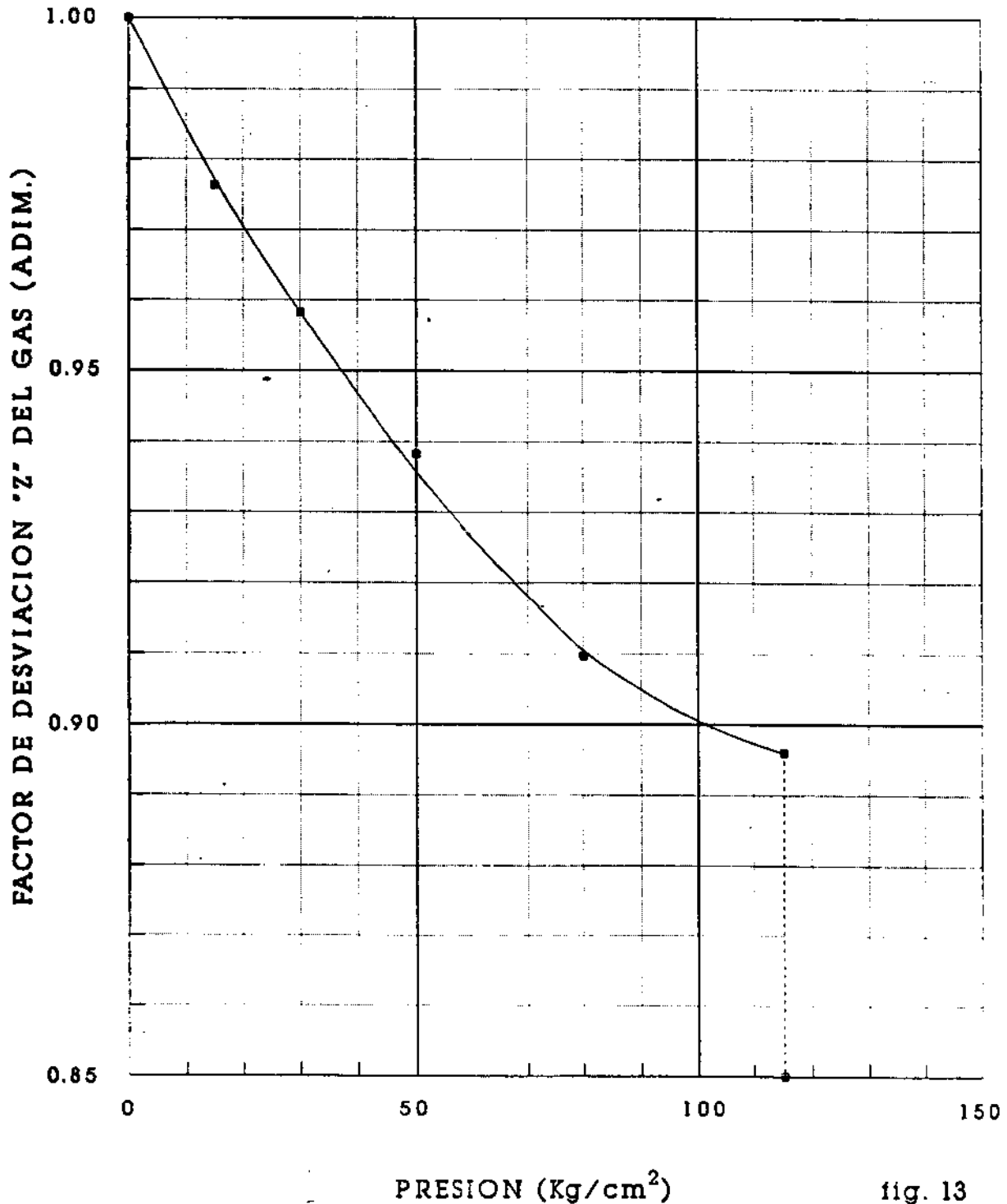


fig. 13

POZO BALAM 1

VARIACION DE LA DENSIDAD RELATIVA DEL GAS
CON LA PRESION A 108 °C

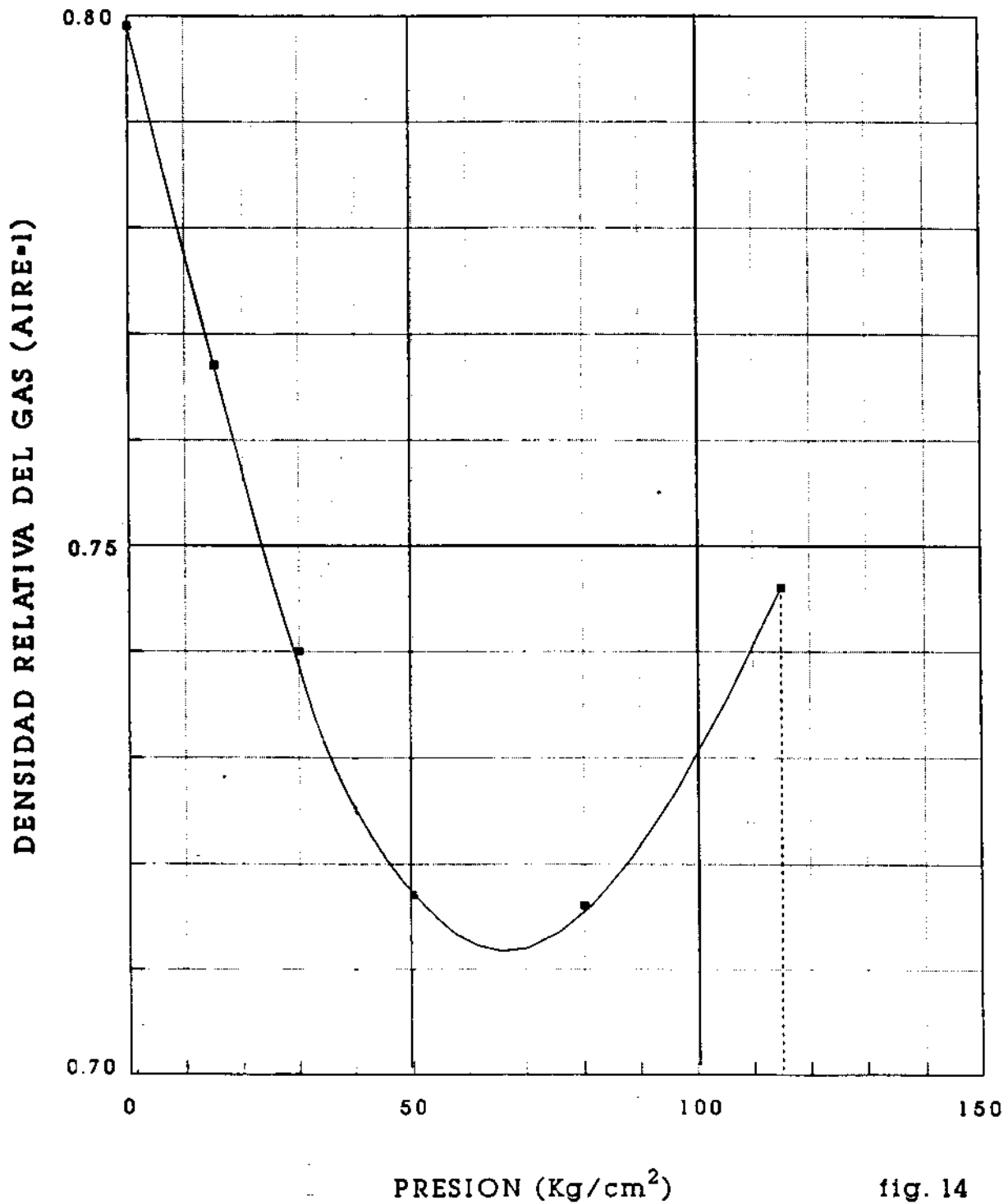


fig. 14

POZO BALAM 1

VARIACION DE LA VISCOSIDAD DEL ACEITE
RESIDUAL CON LA TEMPERATURA A P_{ATM}

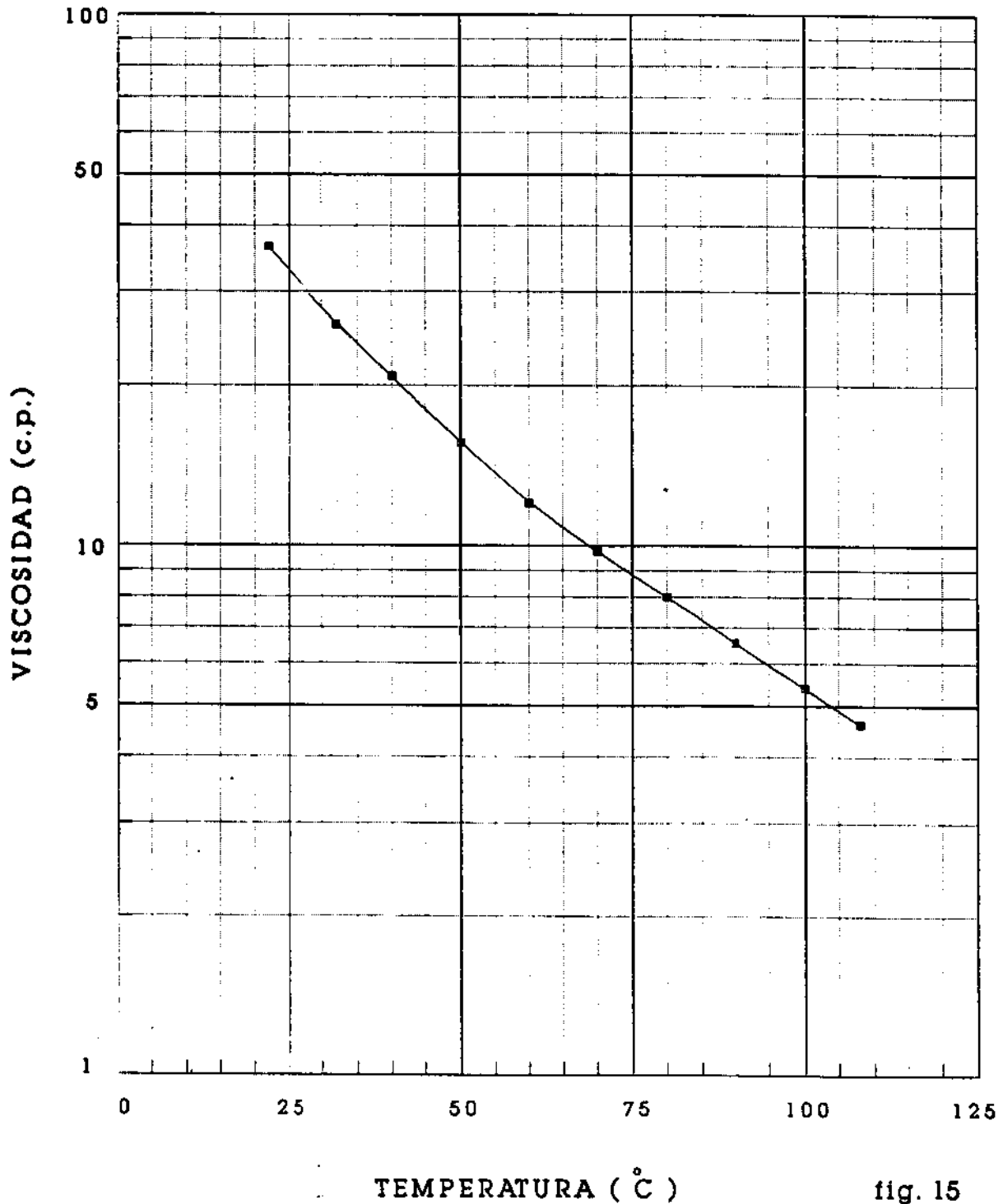


fig. 15

POZO BALAM 1

VARIACION DE LA VISCOSIDAD DEL ACEITE SATURADO CON LA PRESION A 108 °C

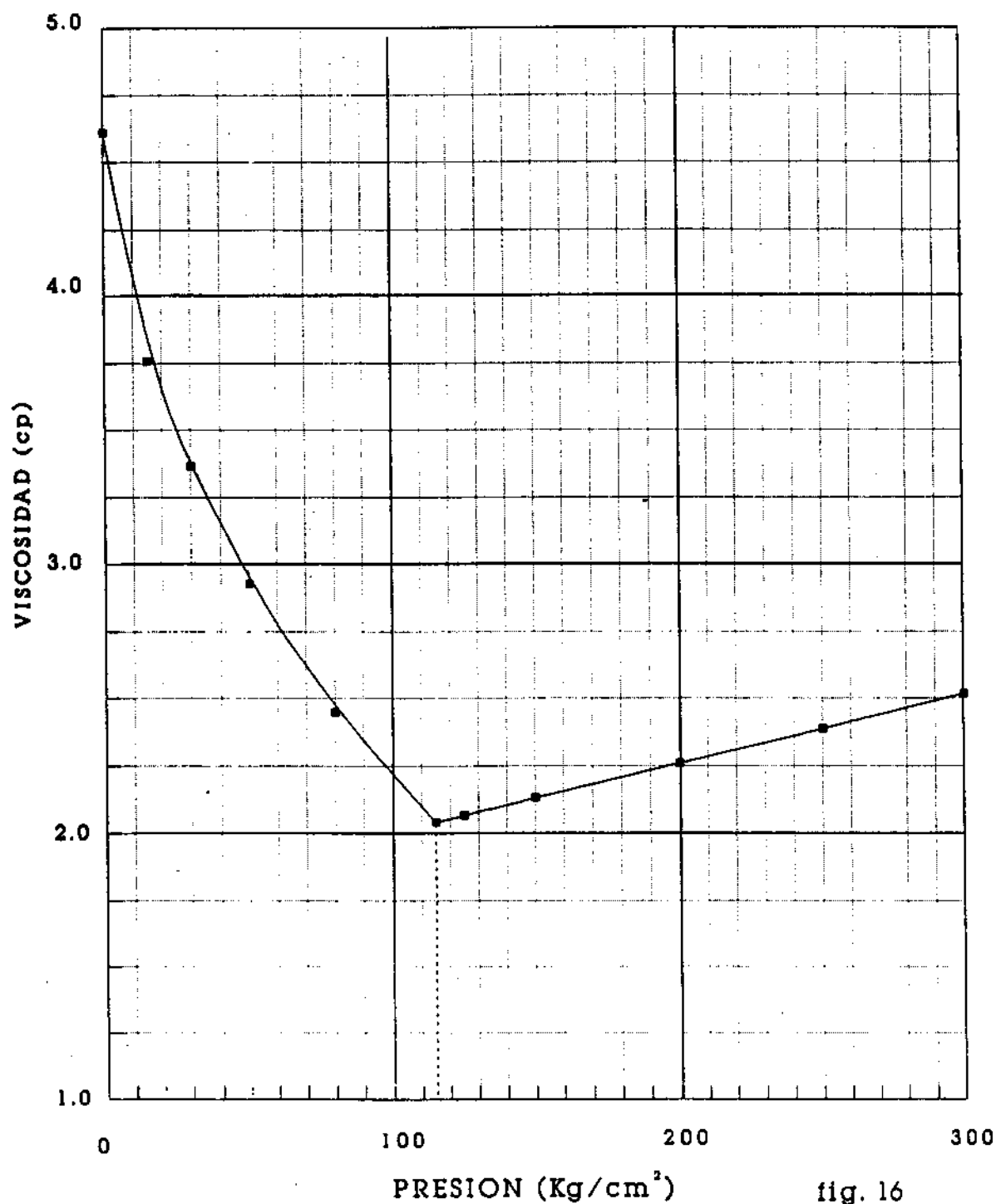


fig. 16

POZO BALAM 1

VARIACION DE LA COMPOSICION DEL GAS CON LA PRESION A 108 °C

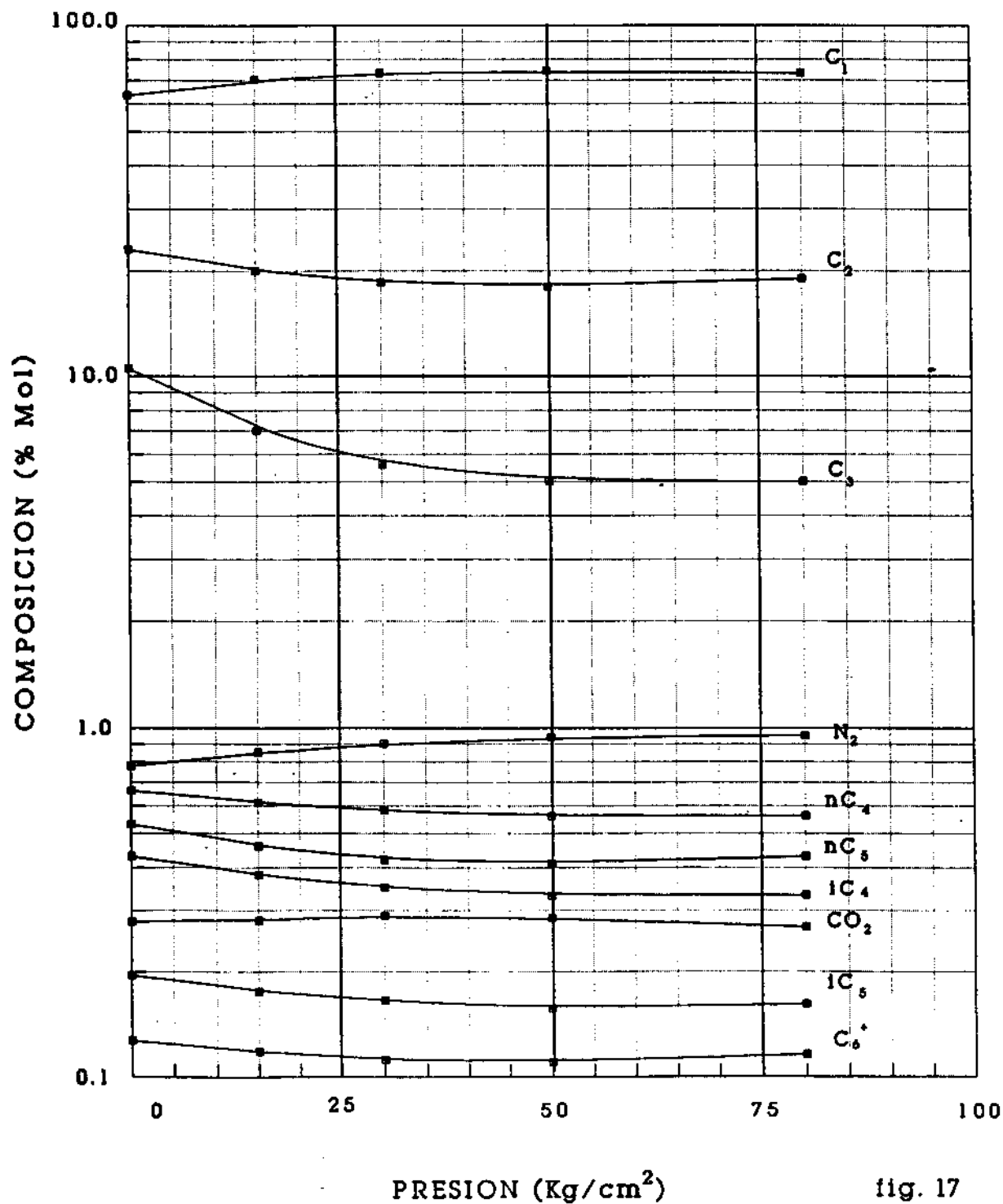


fig. 17