



INFORME DE LOS TRABAJOS REALIZADOS PARA
EL PROYECTO "GAS EN VERTEDEROS"

PEN

NOVIEMBRE, 1981

empresa nacional adaro de
investigaciones mineras, s.a.
enadimsa

50316

| | |
|---------|--|
| TITULO | INFORME DE LOS TRABAJOS REALIZADOS PARA EL PROYECTO "GAS EN VERTEDEROS" |
| CLIENTE | PEN |
| FECHA | NOVIEMBRE, 1981 |

Referencia : P6-19-002

Departamento : OPERACIONES DE RESIDUOS SOLIDOS

| | <u>Págs.</u> |
|--|--------------|
| 10.4.- COMBUSTION DE GASES | 58 |
| 10.5.- EQUIPOS AUXILIARES | 59 |
| 11.- CANALIZACIONES | 66 |
| 12.- PRUEBAS ESTATICAS | 68 |
| 12.1.- MARCHA DE LOS TRABAJOS | 69 |
| 12.2.- PRUEBA ESTATICA EN POZO DE PRODUCCION A (P. P.A.) | 70 |
| 12.3.- PRUEBA ESTATICA EN POZO DE PRODUCCION B (P. P.E.) | 71 |
| 12.4.- PRUEBA ESTATICA EN POZO DE PRODUCCION C (P. P.C.) | 73 |
| 13.- PRUEBAS PREVIAS DE CAUDAL BAJO BOMBEO | 75 |
| 13.1.- PLANTEAMIENTO GENERAL | 76 |
| 13.2.- PRUEBAS PREVIAS EN POZO A (P.P.A.) | 76 |
| 13.3.- PRUEBAS PREVIAS EN POZO B (P.P.B.) | 79 |
| 13.4.- PRUEBAS PREVIAS EN POZO C (P.P.C.) | 86 |
| 13.5.- TEMPERATURAS | 88 |
| 14.- PRUEBAS DE CAUDAL EN CONTINUO | 89 |
| 14.1.- PRUEBAS EN POZO A | 90 |
| 14.2.- PRUEBAS CONTINUAS EN POZO B | 91 |
| 14.2.1.- Pruebas de caudal con separador de agua SP-30 a la salida del pozo - (FT-20) | 94 |
| 14.2.2.- Pruebas con separador de agua SP- -300 a la salida del Pozo B (FT-22) | 103 |
| 14.2.3.- Pruebas del pozo B con separadores SP-300 a la salida del pozo y lle- gada a la planta (Pruebas 1 a 5) - (FT-23 y FT-24) | 105 |

| | <u>Págs.</u> |
|--|--------------|
| 14.2.4.- Pruebas del pozo B con separadores SP-300 a la salida del pozo y llegada a la planta y SP-30 en el conducto a antorchas (Pruebas 6, 7 y 8) (FT-25 y 26) | 107 |
| 14.2.5.- Zona de influencia | 117 |
| 14.2.6.- Correspondencia entre parámetros - de la extracción del pozo B | 120 |
| 14.3.- PRUEBAS EN CONTINUO DE CAUDAL DEL POZO C .. | 123 |
| 15.- CONCLUSIONES | 124 |
| 15.1.- CONCLUSIONES GENERALES | 125 |
| 15.2.- CAUDALES | 126 |
| 15.3.- COMPOSICIONES | 126 |
| 15.4.- TEMPERATURA | 127 |
| 15.5.- ELIMINACION DE AGUA | 127 |
| 15.6.- EQUIPOS | 128 |
| 15.7.- PODERES CALORIFICOS | 128 |
| 15.8.- MODIFICACION DEL TERRENO | 129 |
| 15.9.- SONDAS TESTIGO | 129 |
| 15.10.- TRABAJOS COMPLEMENTARIOS | 129 |
| 15.11.- CANALIZACIONES | 130 |
| 15.12.- RADIOS DE INFLUENCIA | 130 |
| 15.13.- COMBUSTIBLES DEL GAS | 131 |
| 16.- EVALUACION DEL POTENCIAL ENERGETICO | 132 |

INDICE DE TABLAS

| | <u>Págs.</u> |
|--|--------------|
| T-1.- Sondeos (Vertedero del Garraf) | 21 |
| T-2.- Valores medios de sondas por niveles y zonas | 53 |
| T-3.- Pruebas de pozo de extracción PPB | 72 |
| T-4.- Pruebas de pozo de extracción PPA (previas) | 77 |
| T-5.- Pruebas de pozo de extracción PPB (previas) | 80 |
| T-6.- Pruebas de caudal en continuo del pozo PPB | 108 |
| T-7.- Zona de influencia del pozo B | 119 |

INDICE DE FIGURAS

| | <u>Págs.</u> |
|---|--------------|
| F-1.- Fases de la digestión anaerobia | 4 |
| F-2.- Vertedero del Garraf. Plano de situación | 7 |
| F-3.- Vertedero del Garraf. Zona de trabajo | 16 |
| F-4.- Disposición de los pozos | 24 |
| F-5.- Pozo de producción | 25 |
| F-6.- Pozo de control | 27 |
| F-7 a F-33.- Gráficas Composiciones-tiempo (testigo) .. | 35 |
| F-34.- Valores medios por niveles en zona A | 48 |
| F-35.- " " " " " " B | 49 |
| F-36.- " " " " " " C | 50 |
| F-37.- Diagrama de principio | 56 |
| F-38.- Pruebas de caudal en continuo del pozo PPB | 121 |
| F-39.- Caudales medios (Gas) - Agua eliminada | 122 |

INDICE DE FOTOS

| | <u>Págs.</u> |
|---|--------------|
| FT-1.- Zona de Trabajo. Vista general | 17 |
| FT-2.- Equipo de Laboratorio (Cromatógrafo) | 30 |
| FT-3.- Pozos Testigo. Dispositivo para toma de muestras | 34 |
| FT-4.- Vista general de instalacion | 60 |
| FT-5.- Sondas de pozos testigo | 60 |
| FT-6.- Vista general de la planta de bombeo | 61 |
| FT-7.- Equipo de bombeo | 61 |
| FT-8.- Detalle línea de bombeo | 62 |
| FT-9.- Antorcha para combustión de gases | 62 |
| FT-10.- Armario para registro y control | 63 |
| FT-11.- Medidor de caudal y tomamuestra | 63 |
| FT-12.- Laboratorio de gases | 64 |
| FT-13.- Dispositivo apagallamas | 64 |
| FT-14.- Pozo de producción | 65 |
| FT-15.- Cuadro de encendido de antorchas | 65 |
| FT-16.- Pozo PPC. Brote de agua | 87 |
| FT-17.- Zona del Pozo C. Presencia de agua | 87 |
| FT-18.- Separador de agua SP-30 | 93 |
| FT-19.- Separador de agua SP-300 | 93 |
| FT-20.- Pruebas en PPB con SP-30 | 95 |
| FT-21.- Separador de condensado en plata | 95 |
| FT-22.- Pruebas en PPB con SP-300, en pozo | 104 |
| FT-23.- Disposición de SP-300 a la llegada a planta ... | 106 |
| FT-24.- Disposición para ensayo en pozo B con dos sepa- radores | 106 |
| FT-25.- Canalización planta-antorchas | 116 |
| FT-26.- Disposición de separador SP-30 en canalización a antorchas | 116 |
| FT-27.- Combustión del gas | 131 |

1.- INTRODUCCION

Dentro del Plan Energético Nacional, se ha aprobado la realización de un trabajo encaminado a estudiar el aprovechamiento de los gases producidos en los vertederos de residuos sólidos urbanos, con fines energéticos.

Este proyecto se está ejecutando por parte de ENADIMSA - contando con financiación del PEN y aportación privada, y por parte de la Empresa de Tratamiento Industrial de Residuos Sólidos, S.A. (TIRSSA).

La instalación se realiza en el vertedero del Garraf, - propiedad del Excmo. Ayuntamiento de Barcelona.

En los vertederos de Residuos Sólidos Urbanos (R.S.U.) - se suceden una serie de procesos bioquímicos, tales que, al descomponerse las substancias orgánicas de las basuras en condiciones anaerobias se forma un gas cuya composición, principalmente es, en términos generales, 60% de CH₄ y 40% de CO₂.

Estos porcentajes son variables de unos vertederos a otros y aún en diferentes zonas de un mismo vertedero. Los parámetros condicionantes de esta composición y que afectan substancialmente a la producción del mismo son las siguientes:

- Composición de los R.S. vertidos. Porcentaje en materia orgánica, humedad, etc.
- Características físicas constructivas del vertedero.
- Ubicación del vertedero. Condiciones climatológicas, al tura sobre el nivel del mar, etc.
- Vida del vertedero. Tiempo de estancia de los R.S.
- Sistema de deposición de los R.S. Tipo de vertido, com pactación, trituración previa, etc.

La formación de gas en el vertedero empieza a producirse al poco tiempo de su vertido, pasa por un punto de producción - máximo dentro de los primeros meses, estabilizándose posteriormente durante años. (Fig. 1).

Dado que la fermentación se origina en los componentes or gánicos, ya de principio y pensando en este aprovechamiento energético, se comprende las ventajas paralelas de efectuar ver tidos controlados con previa separación de material no orgánico ya que esto trae consigo mayor cantidad de gas por tonelada ver tida de R.S. junto con los beneficios de aumento de la vida del vertedero y comercialización de subproductos.

COMPOSICION DEL GAS DEL VERTEDERO, EN FUNCION DEL TIEMPO

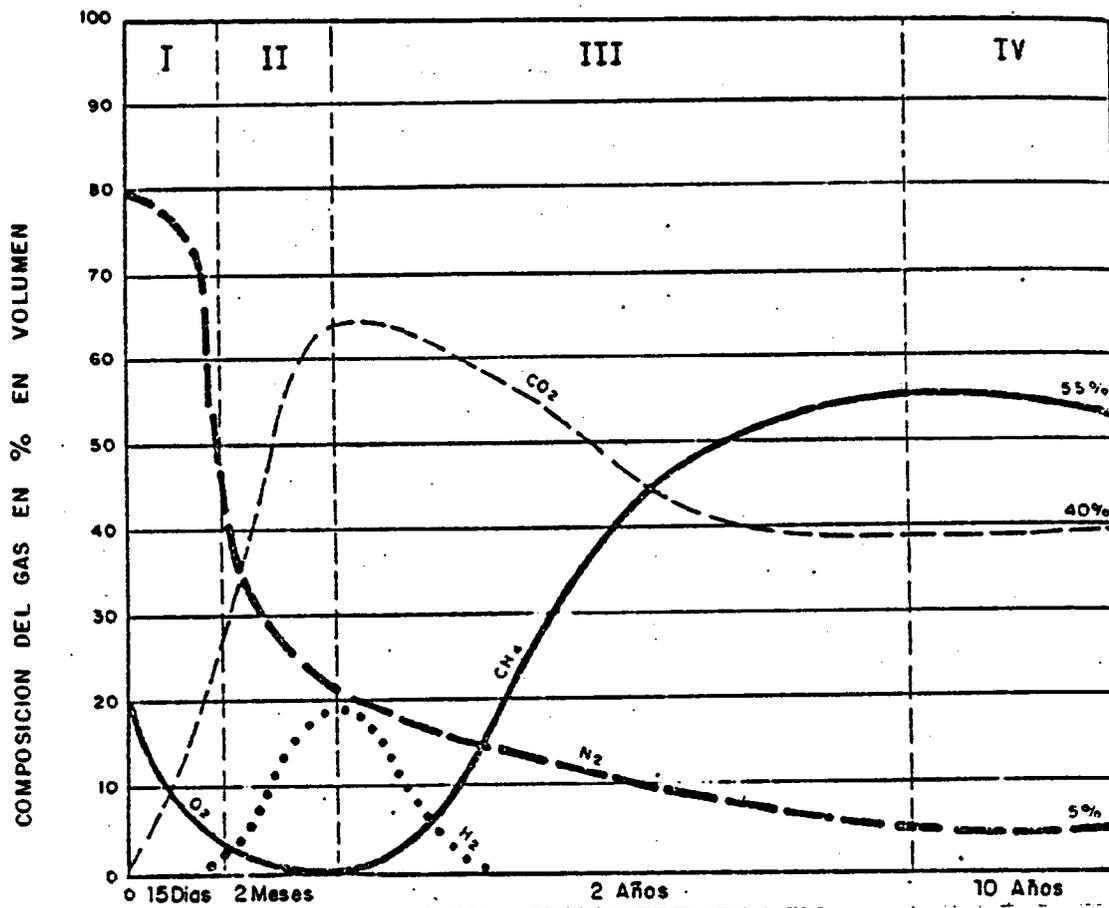


FIGURA 1

- FASE I.- AEROBICA
- FASE II.- ANAEROBICA (Ausencia de CH₄)
- FASE III.- ANAEROBICA (Formacion en aumento de CH₄)
- FASE IV.- ANAEROBICA (Estabilizacion de CH₄)

2.- VERTEDERO

2.1.- UBICACION

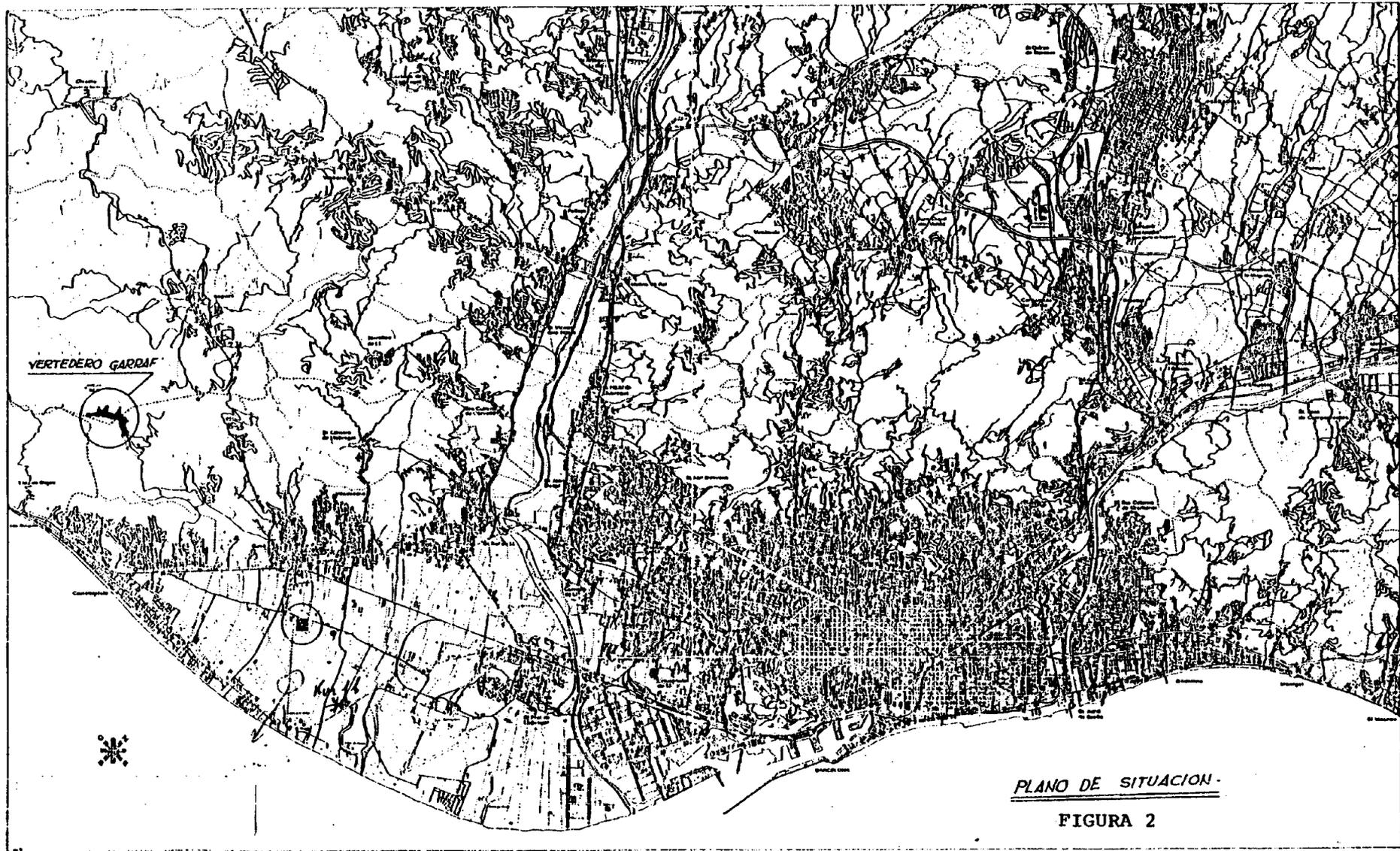
La realización de este proyecto se ha centrado en el vertedero del Garraf en Barcelona cuyas características exponemos a continuación.

Este vertedero controlado se encuentra ubicado exactamente en el denominado Vall d'en Joan, en el macizo del Garraf - dentro de los términos municipales de Gavá y Begas a unos 30 Kms de Barcelona (Plano de situación Fig. 2).

2.2.- CARACTERISTICAS DEL VERTEDERO

Las obras que comprendían la carretera de acceso, playas de vertido, drenaje y acondicionamiento de la zona de vertido, drenaje de lixiviados y área de servicios (oficinas, taller, - vestuarios, etc.) realizado con un presupuesto inicial de 700 millones de pesetas, se iniciaron a finales de 1972 y finalizaron prácticamente en Mayo de 1974, fecha en que entró en funcionamiento el vertedero.

Su perfecto emplazamiento, en cuanto a lejanía de núcleos habitados y gran capacidad de recepción de basuras se ve contrarrestado por la constitución caliza del terreno que ha exigido y exige, una cuidadosa impermeabilización del mismo, efectuada inicialmente en la base del cuenco con arcilla y posteriormente en las laderas mediante gunitado (proyección con mortero) y aplicación de una capa de emulsionado plástico-bituminosa.



PLANO DE SITUACION

FIGURA 2

2.3.- TIPO DE VERTIDO Y CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

El vertido se efectúa, conforme a las normas clásicas, en capas de dos metros, y previa compactación se cubre diariamente con una capa de tierra. La altura total de R.S. vertido oscila según las zonas, variando entre un mínimo de 15 m y un máximo de 35 m.

Inicialmente se aportaban al vertedero únicamente los R.S. domiciliarios de Barcelona ciudad, pero con posterioridad se han ido aceptando los de gran parte de las poblaciones del área metropolitana, de tal modo que en la actualidad se están vertiendo un promedio de 2.000 t/día existiendo puntos de 2.800 y 3.000 t/día.

El total de los R.S. vertidos, alcanza una cantidad próxima a las 4.000.000 t y se estima que una vez completado el vertedero hasta sus límites previstos contendrá unos 12.000.000 de toneladas.

Con el fin de dar una salida encauzada a los gases originados por la fermentación anaerobia se han realizado sondeos que han dado lugar a la instalación de chimeneas. Estos gases han sido analizados con unos resultados del 62% de CH₄, 35% de CO₂ y 1% otros, con un poder calorífico de 5.800 Kcal/N.m³.

Esta presencia de gas, su composición y las características del vertedero fueron en principio las causas, junto con el problema energético del país, de la realización de esta investigación.

La composición de los R.S. vertidos no se puede indicar de una forma exacta, ya que difiere según la zona de procedencia y la época del año, etc., pero en términos generales podemos considerar la fracción orgánica susceptible de ser biodegradada es del orden de 45-50%.

3.- TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos realizados, han sido los siguientes:

- Recopilación de documentación
- Selección de la zona de trabajo
- Sondeos
- Equipos auxiliares. Laboratorios
- Investigación de pozos de control
- Construcción de la planta de extracción. Equipos auxiliares
- Red de tuberías
- Pruebas estáticas
- Pruebas de presión
- Pruebas previas de caudal
- Pruebas de extracción de gas en continuo.

4.- RECOPIACION DE DOCUMENTACION

Para la realización de esta investigación se ha partido de las experiencias realizadas en otros países cuyos informes y bibliografía se indica a continuación.

- Recovery, processing, and utilization of gas from sanitary landfills (U.S. Environmental Protection Agency).
- Methangewinnung aus Kommunalen abfalldeponien (Prof. U. Ta basaran. Universitat Stuttgart).
- Methane gas recovery at cajn landfill, in the city of Rio - de Janeiro (COMLURB).
- Assesing a landfills potencial as a methane gas producer - (Solid Wastes Management, Nov. 1979).
- Landfill gas control technology. Seminario.
- Treatment and utilization of landfill gas: Mountain View Pro yect Feasibility Study (U.S. EPA).
- Recovery and utilization of methane gas from a sanitary land fill. City of Industria. California.
- Gas control, criteria for development of a portion of tenta- tive trac. n° 29142 in the city of los Angeles. California.

- Report on feasibility investigation methane gas recovery - from Ascon Disposital site.
- A case study of the Los Angeles Country Palos Verdes land fill gas development proyect (EPA 600/3-77).
- Recovery of landfill gas at Mountain View. (US. EPA).

5.- ZONA DE TRABAJO

La selección de la zona, dentro del vertedero, para llevar a cabo esta investigación se ha realizado dentro de una serie de condicionantes de diversa índole (Fig. 3).

- En primer lugar se trata de un vertedero en pleno funcionamiento.
- Es necesario una profundidad mínima de los residuos.
- El tiempo de deposición deberá ser tal que permita estabilizar el proceso.
- La zona deberá ser accesible para la maquinaria de sondeos, servicios auxiliares, etc.

Tomando, en términos generales, estas premisas, se seleccionó la zona indicada en el mapa, como zona I ya que se encontraba cerca de los accesos principales al vertedero, los residuos tenían una antigüedad del orden de tres años. La profundidad en el punto medio era de 20 metros, esta zona estaba completa y por tanto no se interferían los trabajos en curso del vertedero. Por otro lado existía el problema de que esta zona tiene una superficie pequeña, y de acuerdo con la información recopilada, era aconsejable distanciar los pozos principales una distancia del orden de 75-80 mts., lo que teniendo presente que cada pozo principal lleva asociados otros pozos para tomas de muestra, controles, etc. este espacio permitía un total de dos pozos para extracción de gas y de seis pozos para toma de muestras.

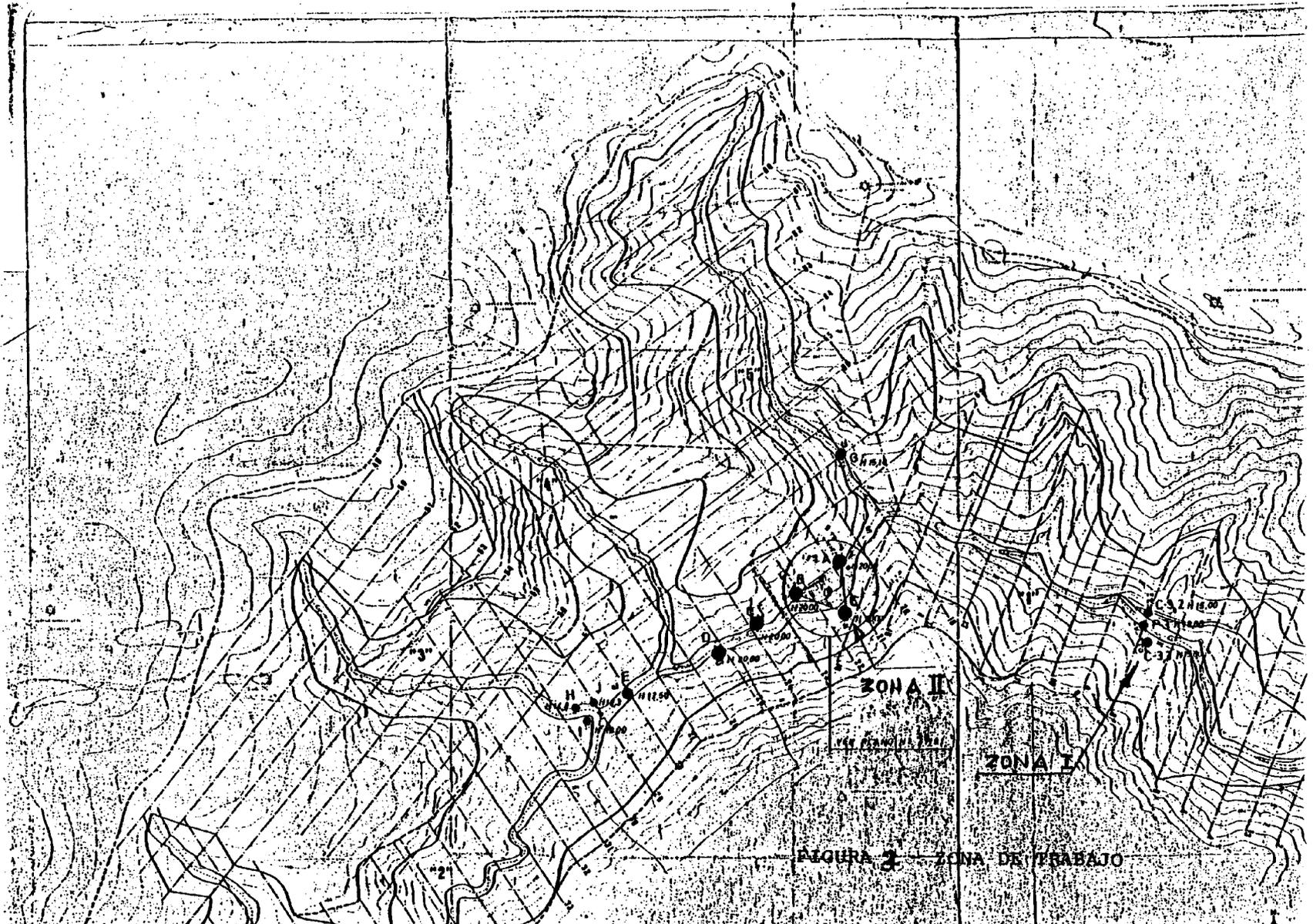


FIGURA 2 ZONA DE TRABAJO



FT - 1

Vertedero del Garraf (Barcelona)
zona de trabajo (Vista General)

Una vez iniciados los sondeos se advirtió la presencia de agua en cantidades elevadas y a profundidades entre los 4 y 6 metros lo que dificultaba la extracción del gas.

Estos hechos obligaron a plantear la zona de trabajo y tras diversos tanteos se seleccionó la zona II lo que obligó a modificaciones en la forma de realizar los trabajos y a determinados condicionantes en el vertedero, ya que esta zona no está concluida y una vez terminada la investigación se depositarán residuos sólidos equivalentes a alturas del orden de 30 mts lo que añadido a la profundidad actual será finalmente de unos 55-60 mts.

Dentro de esta zona se han observado características diferentes de unos pozos a otros. La superficie ha permitido de acuerdo a una distribución adecuada, la construcción de tres pozos principales y nueve de testigo.

Al igual, que en la zona I se encontró la presencia de agua, aquí a niveles por debajo de los 8 metros lo que obligó, antes de decidir esta zona, el tanteo por otras zonas comprobándose esta presencia de agua en todo el vertedero, decidiéndose finalmente por este espacio.

La cantidad de agua encontrada, indujo a la realización de un estudio sobre este problema cuyo contenido del mismo se incluye como anexo de este informe.

6.- TRABAJOS DE SONDEOS

Según se indica al comentar la selección de la zona dentro del vertedero, hubo necesidad de realizar diversos tanteos hasta decidir cuales serían los pozos que se adoptarían para hacer la investigación.

Dos son los tipos de pozos necesarios para realizar este trabajo.

Por un lado los denominados "pozos de producción" de 850 mm \emptyset y por otro lado los "pozos de control" de 650 mm \emptyset .

Los "pozos de producción" (P.P.) están indicados para la extracción de gas a través de la red de canalizaciones, planta de extracción y consumo.

Los "pozos de control" (P.C.) están indicados para la toma de muestras de gas, medidas de presiones y temperaturas a diferentes profundidades (tres profundidades por pozo).

Las dificultades ocasionadas por la presencia de agua, - que como se ha indicado, obligó a realizar tanteos por diversas zonas del vertedero, ha llevado consigo que de los dos PP y - seis PC previstos para realizarlos en la zona I con un total de aproximadamente 35 m de perforación de 850 mm \emptyset y 90 m de 650 mm \emptyset que suman 125 m de sondeo, se hayan realizado al final

de los sondeos un total de 40 pozos, lo que corresponde a un metrado de 174 m de 650 mm \varnothing y 183 m de 850 mm \varnothing lo que establece una diferencia de 232 m de sondeo más de lo previsto. - Las profundidades de cada uno de estos pozos se indican en la Tabla 1 - Sondeos.

TABLA 1 - Sondeos (Vertedero del Garraf)

| ZONA | P. PRODUCCION \varnothing 850 mm | | | P. TESTIGO \varnothing 650 mm | | |
|------|------------------------------------|-------|--------------------|---------------------------------|-------|--------------------|
| | Ref. | H (m) | (1) nivel agua (m) | Ref. | H (m) | (1) nivel agua (m) |
| I | P.3 | 18 | 8 | C.3.2 | 15 | 8 |
| | | | | C.3.3 | 15 | 3 |
| II | A | 20 | 8 | A.A | 20 | 8 |
| | | | | A.B | 11 | 8 |
| | | | | A.C | 16 | 8 |
| | B | 20 | 8 | B.A | 11 | 8 |
| | | | | B.B | 16 | 8 |
| | | | | B.C | 20 | 8 |
| | C | 20 | 7,80 | C.A | 16 | 8 |
| | | | | C.B | 20 | 8 |
| | | | | C.C | 11 | 8 |
| III | D | 20 | 4,90 | | | |
| | E | 12,5 | 5,10 | | | |
| | F | 20 | 6,80 | | | |
| | H | 14,8 | 8,20 | | | |
| | I | 10 | 9,10 | | | |
| | J | 12,3 | - | | | |
| IV | G | 15,10 | 11,20 | | | |

(1) Esta distancia está medida del nivel del suelo hasta el agua

7.- CARACTERISTICAS DE LOS POZOS

7.1.- POZOS DE PRODUCCION (P.P)

Las características de los pozos de producción son los mismos para todos los pozos de este tipo. El sistema de perforación empleado es tipo ROTARY con barrena helecoidal. De principio se ha prescindido de sistemas de percusión motivado por las fisuras que produce en el terreno con la consiguiente entrada de aire y su repercusión en la composición de los gases.

En las profundidades donde la presencia de agua se hacía notable se ha empleado un procedimiento mixto que consiste en realizar la perforación con la barrena helecoidal y extracción de productos procedentes de la perforación con cuchara de avance tipo Rodio.

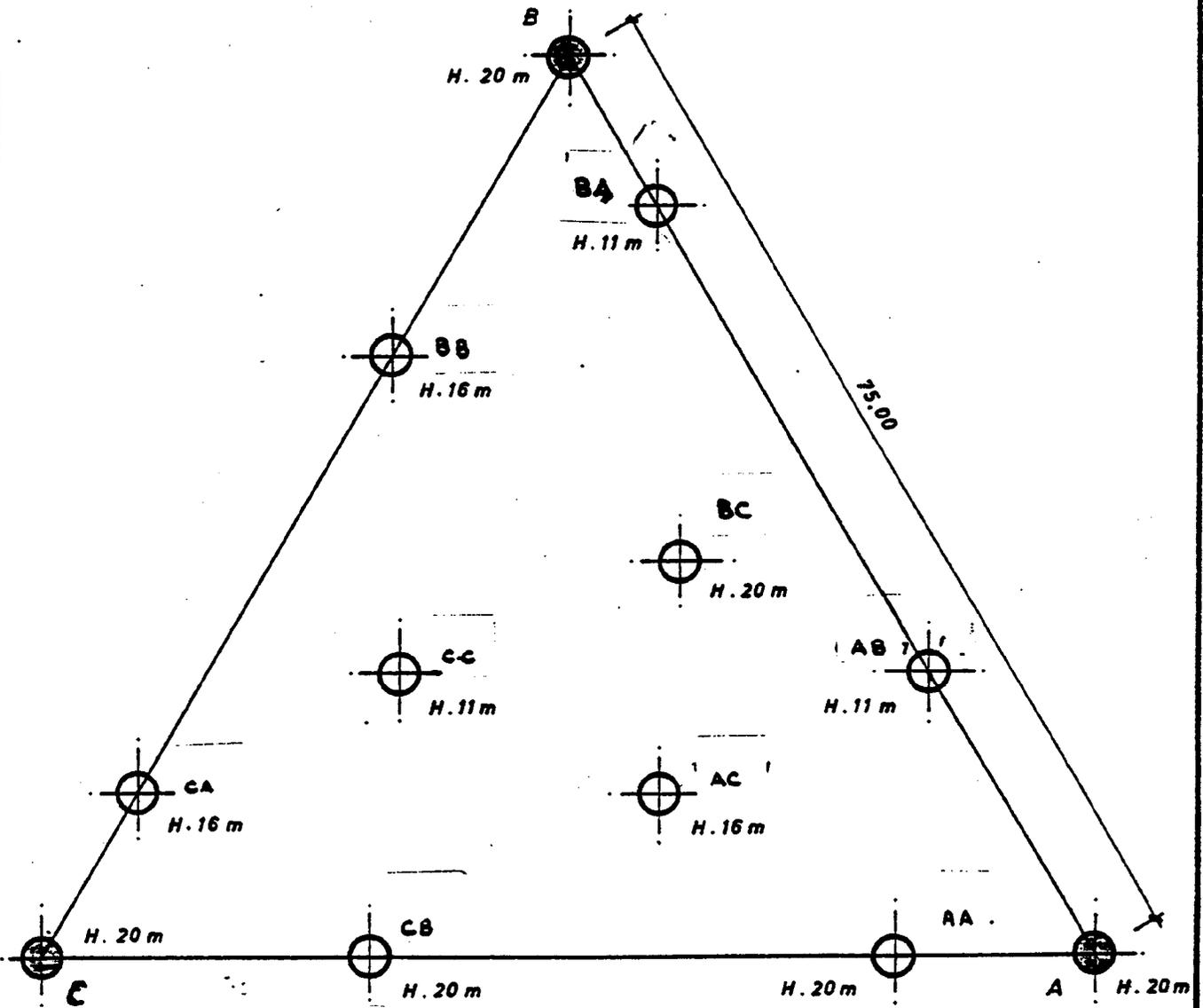
De los diversos tanteos realizados por toda la superficie del vertedero para los trabajos de investigación se utilizan únicamente los pozos PA, PB y PC, cuya distribución forman un triángulo equilátero de 76 m de lado, tal como se indica en el plano (figura n° 4).

Estos tres pozos son los tres iguales en cuanto a su construcción. Tienen una profundidad de 20 m, con un diámetro de 850 mm. Dentro del mismo se ha introducido una tubería de PVC formada por tramos alternativos de 4" y 6" sólo con el fin de

ENADIMSA
POZOS DE CONTROL Y DE EXTRACCION DE GAS
VERTEDERO DE GARRAF (BARCELONA)
SITUACION DE POZOS

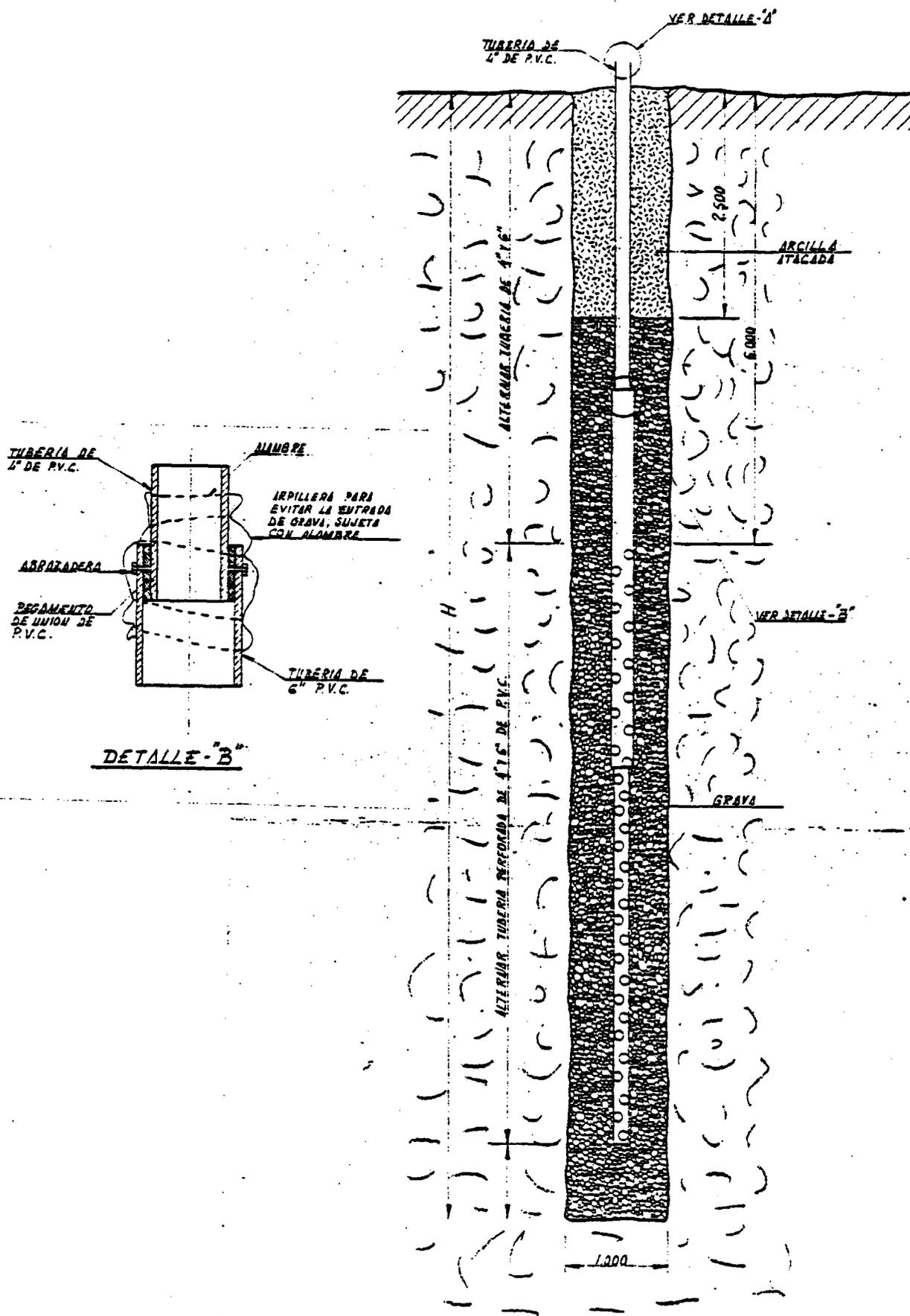
F-4

PLANTA



-  POZOS DE CONTROL ϕ 650 mm.
-  POZOS DE EXTRACCION ϕ 850 mm.

F-5 POZO DE PRODUCCION



REJILLA PARA EVITAR LA ENTRADA DE GRAVA

disponer de un sistema elástico para posibles movimientos del terreno. Este tubo está perforado para facilitar al entrada de gas durante la aspiración dejando los primeros metros cercanos a la superficie sin perforar para obligar a que la entrada de gas no se realice en las capas altas ya que a determinada presión de aspiración provocaría una succión del aire exterior. Este tramo sin perforar es diferente para cada pozo con el fin de obtener en estos trabajos cual es la más idónea.

Introducida la tubería se han rellenado los pozos de grava gruesa para facilitar el desague hacia el fondo del pozo de los lixiviados taponando la entrada al pozo con dos metros de arcilla bien atacada.

El último tramo de la tubería se ha dejado asomando por la superficie para poder acoplar los elementos de conexión de cada pozo a la red de aspiración.

Las características y demás detalles constructivos se indican en la figura n° 5.

7.2.- POZOS DE CONTROL

La construcción de los pozos de control, en cuanto a la realización del sondeo, se ha seguido de forma idéntica a la utilizada para los pozos de producción, pero sus dimensiones y su contenido son totalmente diferentes ya que su función es otra. Mientras que de los pozos de producción se pretende extraer el gas a partir de una planta de bombeo, de los pozos de control se pretende extraer muestras de gas a diferentes profundidades, medir parámetros y ver como varían éstos cuando se extrae el gas de los pozos de producción.

ACOPLAMIENTO DEL EQUIPO DE MEDIDA SEGUN DETALLE

TUBERIA DE 3/4" PVC

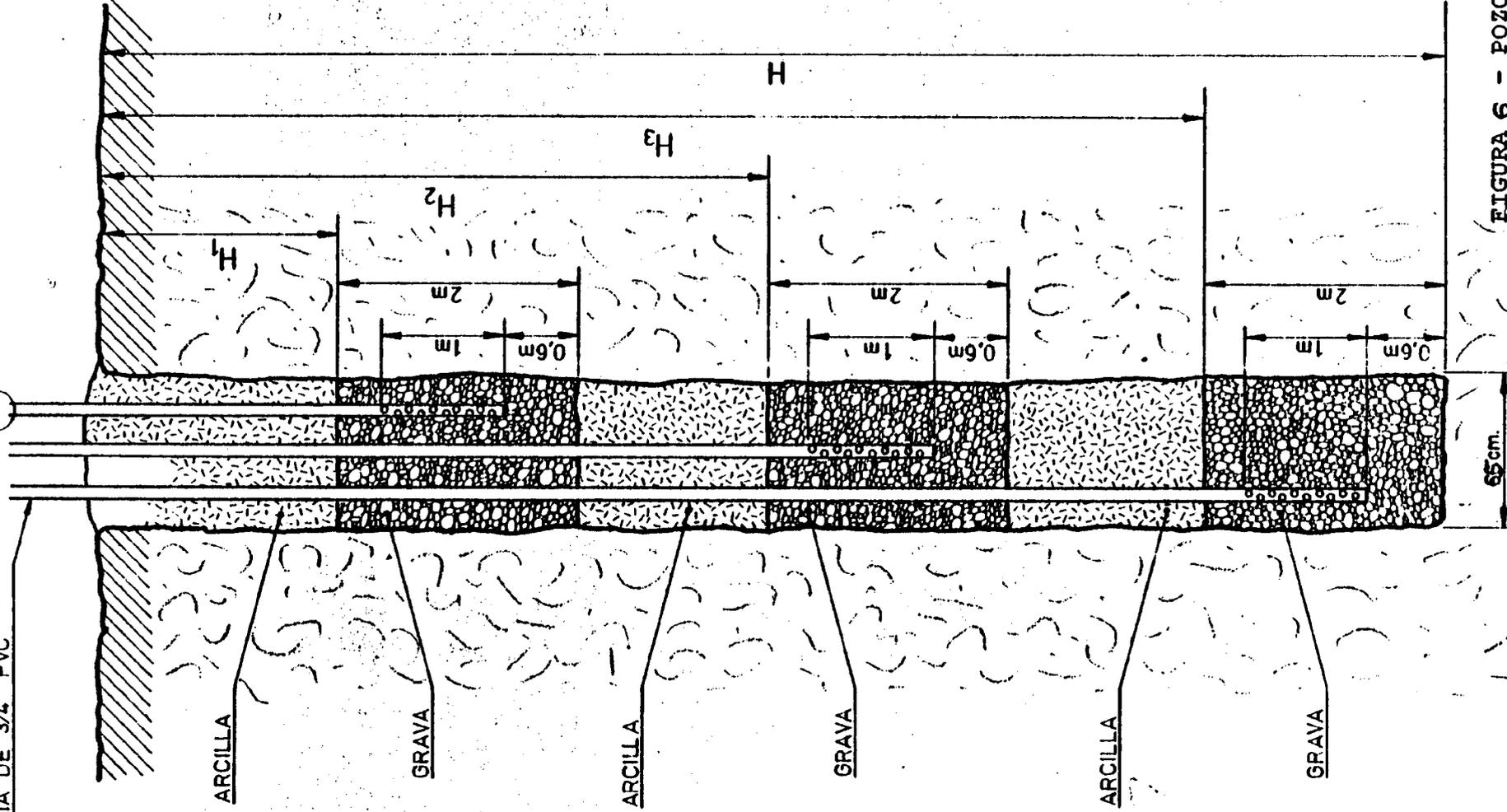


FIGURA 6 - POZO DE CONTROL

Se han construido tres pozos de control por cada pozo de producción, situados cada uno de estos a distancias diferentes del correspondiente pozo de forma que se pueda determinar el radio de acción de un pozo de producción.

Dentro de cada pozo de control se han hecho tres espacios a tres alturas diferentes, situándose en cada espacio una toma de gases para su análisis. La separación entre espacios dentro de cada pozo se ha hecho con arcilla bien colocada.

Los detalles constructivos de estos pozos se indican en la figura. 6.

Todos los pozos de control tienen un diámetro de 650 mm, variando la profundidad de unos a otros. Se han construido tres tipos de pozos de control diferentes en cuanto a profundidad, ésta es de 20, 16 y 11 m., lo que teniendo en cuenta que dentro de cada pozo se han instalado tres sondas a 1/3, 2/3 y 3/3, se han podido tomar muestras a, prácticamente, todos los niveles.

Estos pozos PC, se han dispuesto a 15, 25 y 35 m. de distancia de su respectivo pozo de producción.

Las sondas para toma de muestras tal como se indica en la figura, está constituida por una tubería de PVC de 3/4", - la cual tiene perforada la parte correspondiente al nivel al - cual se quiere tomar la muestra.

En la parte exterior se han acoplado para su medida directa un manómetro, un termómetro y una válvula para toma de muestras.

8.-EQUIPOS AUXILIARES. LABORATORIO

Ante el elevado número de muestras a analizar, se optó por la instalación de un laboratorio para este trabajo.

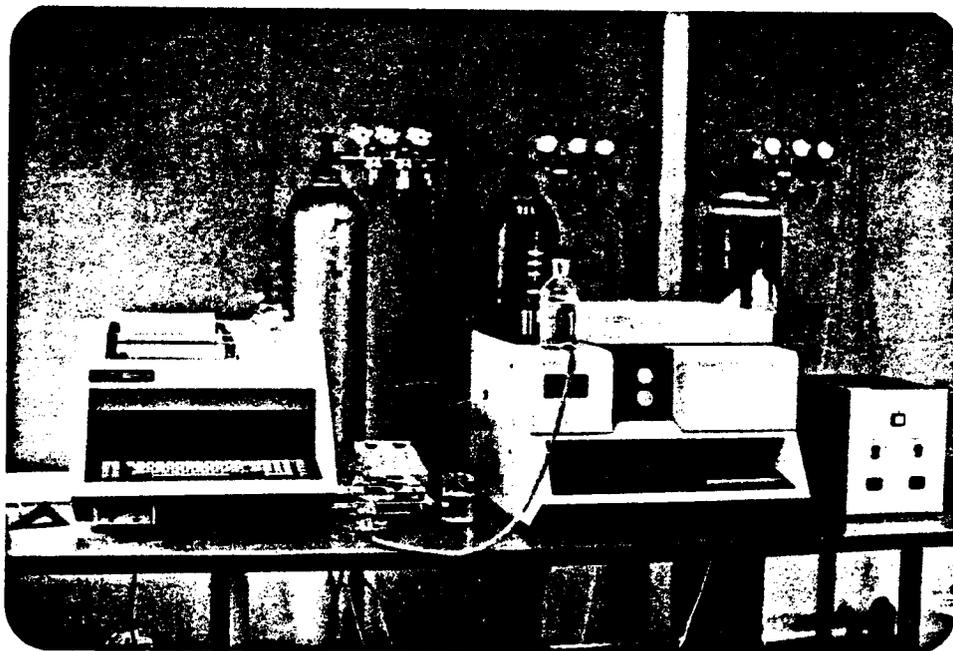
Este laboratorio está esencialmente formado por un cromatógrafo con todos sus accesorios para su correcto funcionamiento. (FT-2).

Las características del cromatógrafo de gases son las siguientes:

- Modelo: Sigma 4 de Perkin Elmer
- Horno de trabajo hasta 399°C, control de temperatura de horno, detector inyector y zonas calentadas con entrada digital de parámetros, control de temperatura máxima de horno para protección de columnas.
- Detector de termistores para trabajo desde temperatura ambiente hasta 150°C. Rango dinámico mejor que 10 elevado a 3. Detectabilidad mínima 5 ppm nonano. Dobles inyectores - calentadores de 1/8".
- Control digital de flujos de gas portador, calibrado y regulador de presión de 0 - 100 psig.
- Válvula de inyección de gases automática calentable y back flush.

- Computador registrador de cromatografía.
- Elementos auxiliares, columnas gráficas, toma de aire, neón y muestra patrón, manorreductores, etc.

Los trabajos realizados en el laboratorio, con sus resultados se incluyen en el apartado de investigación de pozos de control.



FT-2

Equipo de laboratorio (Cromatógrafo)

9.- INVESTIGACIÓN DE POZOS DE CONTROL

Las investigaciones realizadas en los pozos de control se reducen a una serie de tomas de muestras para su análisis, medidas de presión y temperatura para cada pozo y con una frecuencia aproximadamente de 3 días y durante dos meses. (FT-3).

Con el fin de poder comparar resultados se han establecido las siguientes relaciones:

- Composiciones - tiempo (por pozo)
- Composiciones medias - profundidades (por zonas)

Los valores obtenidos se reflejan en las figuras adjuntas del n° 7 a la n° 33.

9.1.- TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestras para cada nivel en cada pozo se ha realizado siempre con la misma sistemática, distinguiendo dos tipos de pozos según el valor de la presión existente en cada lugar.

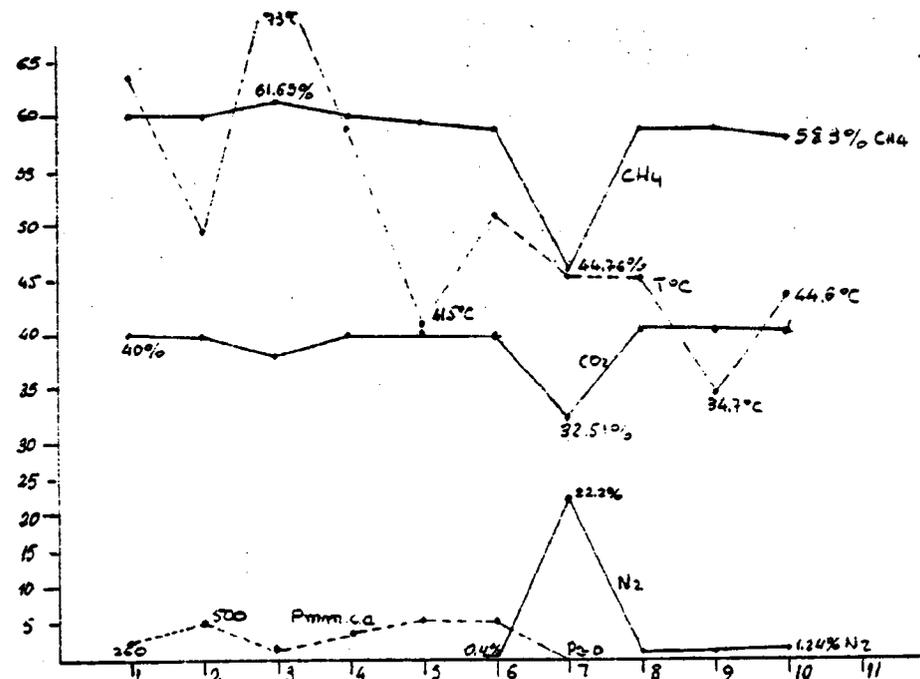
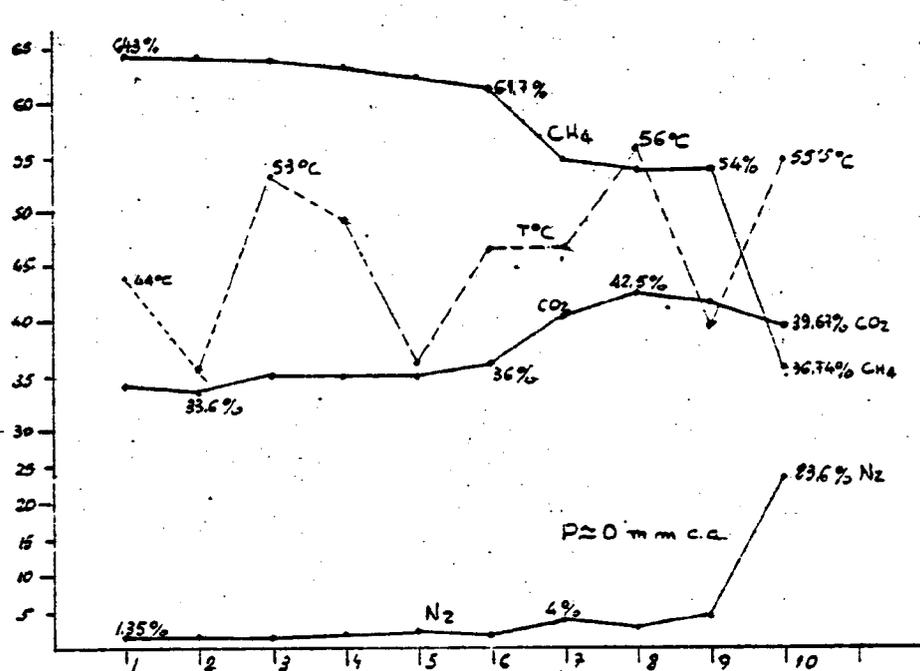
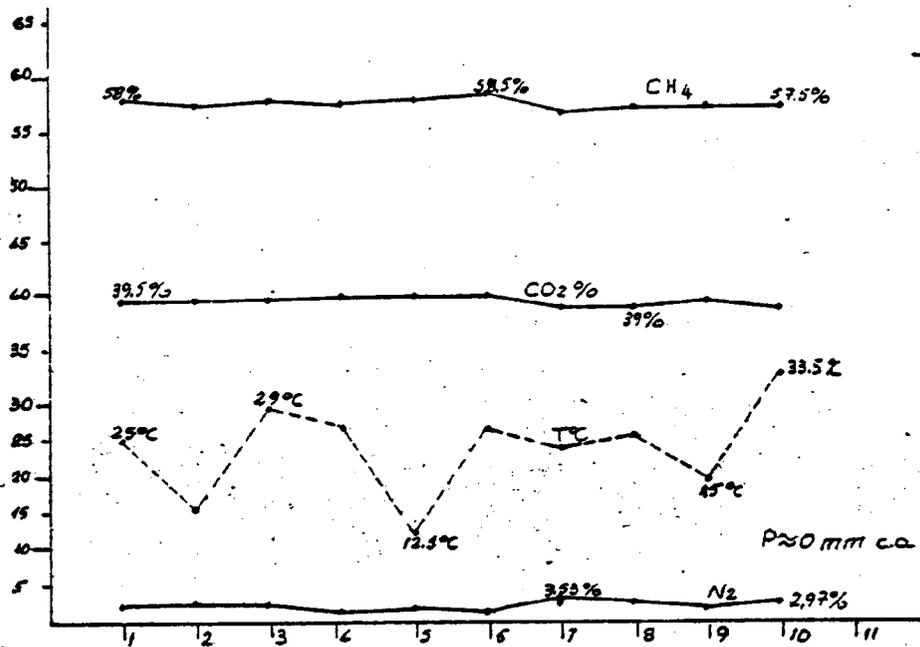
La toma se realiza por medio de un "pepino" con sendas llaves para entrada y salida de gas. En aquellos pozos en que la presión era insuficiente para realizar una purga del pepino y evitar así obtener mezcla de gas y aire, se aspiraba manualmente con una perilla de goma. Se notó que en aquellos pozos -

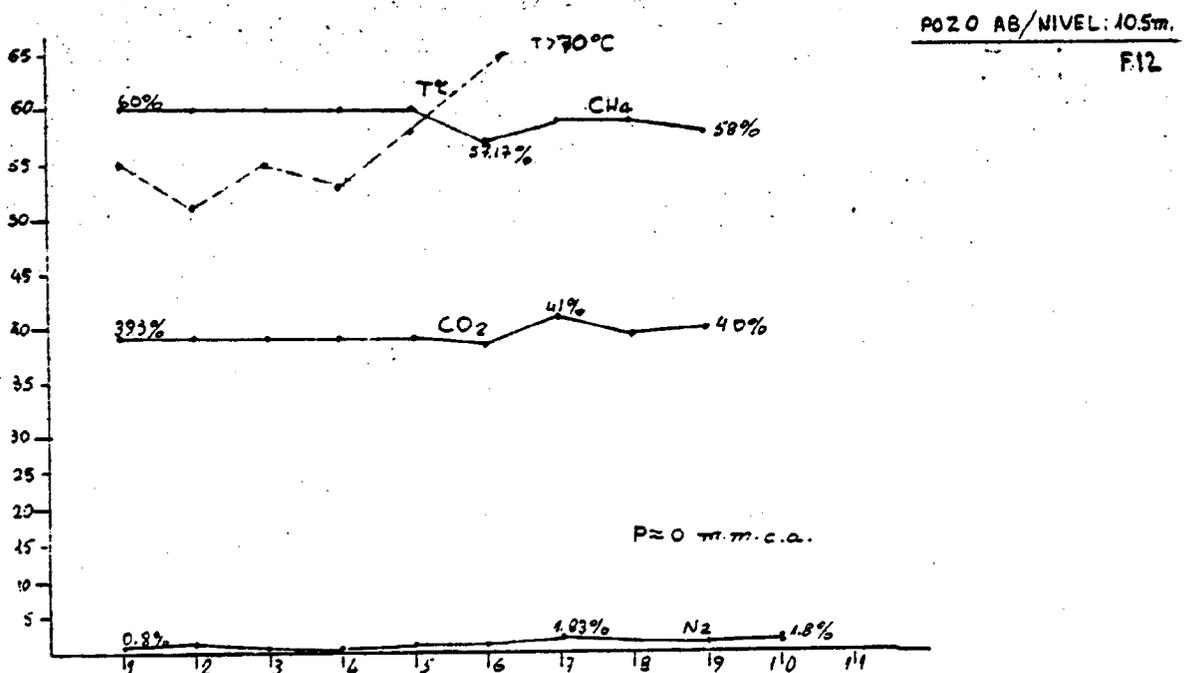
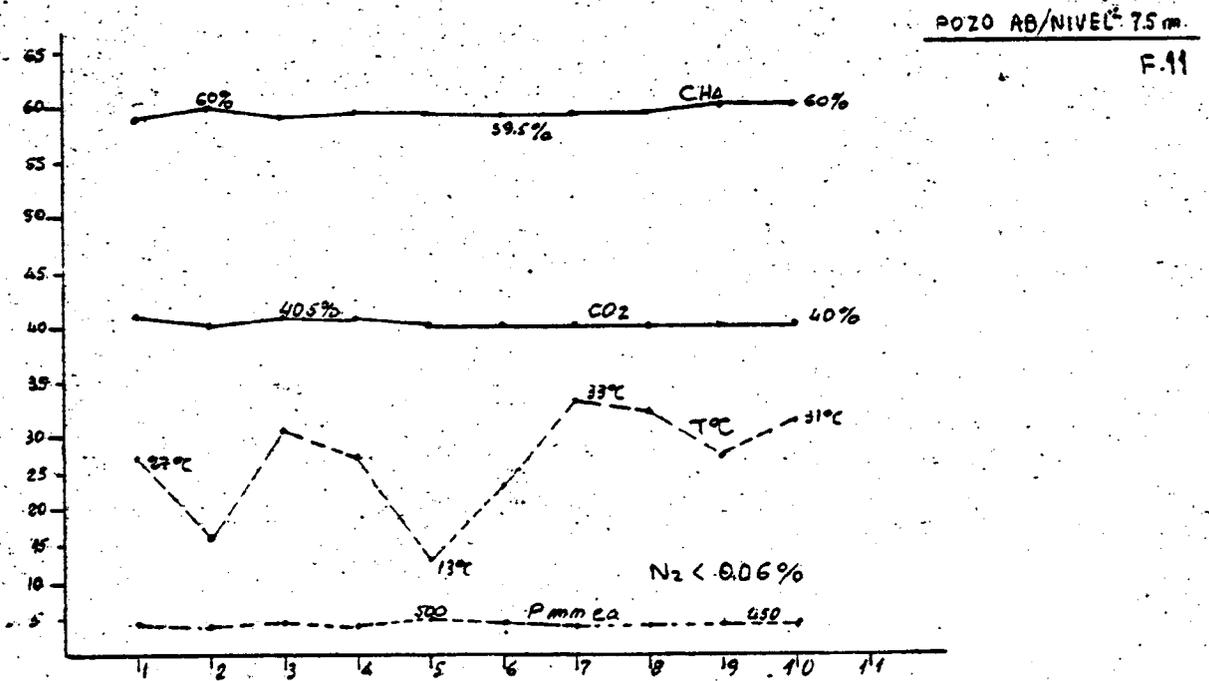
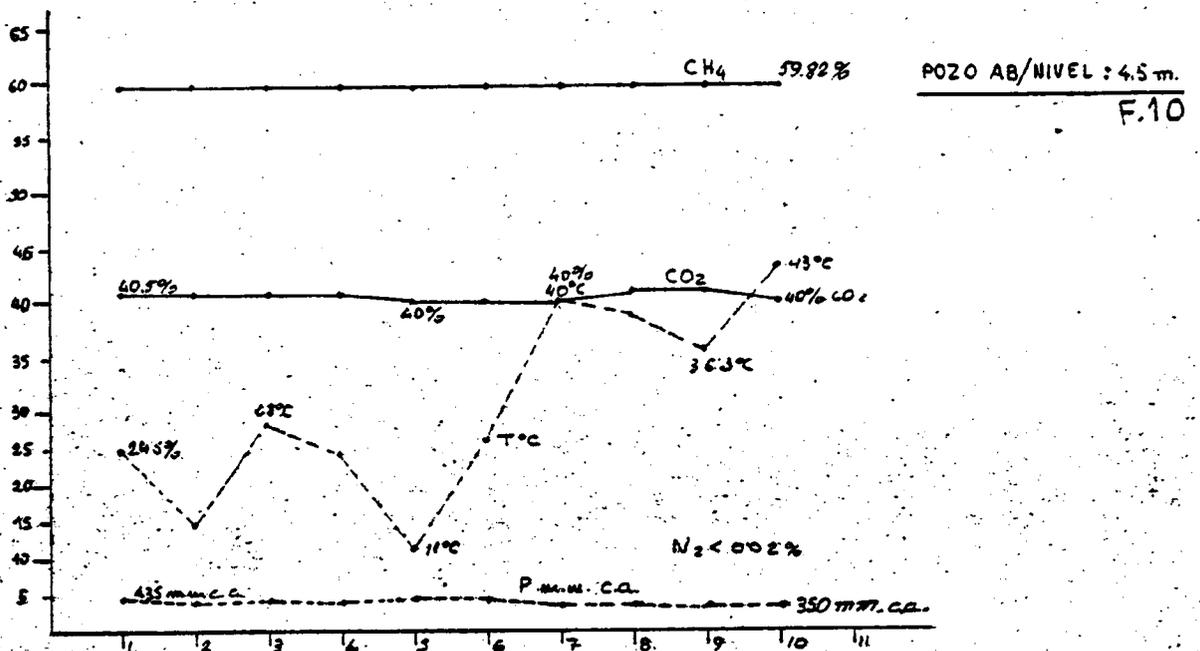


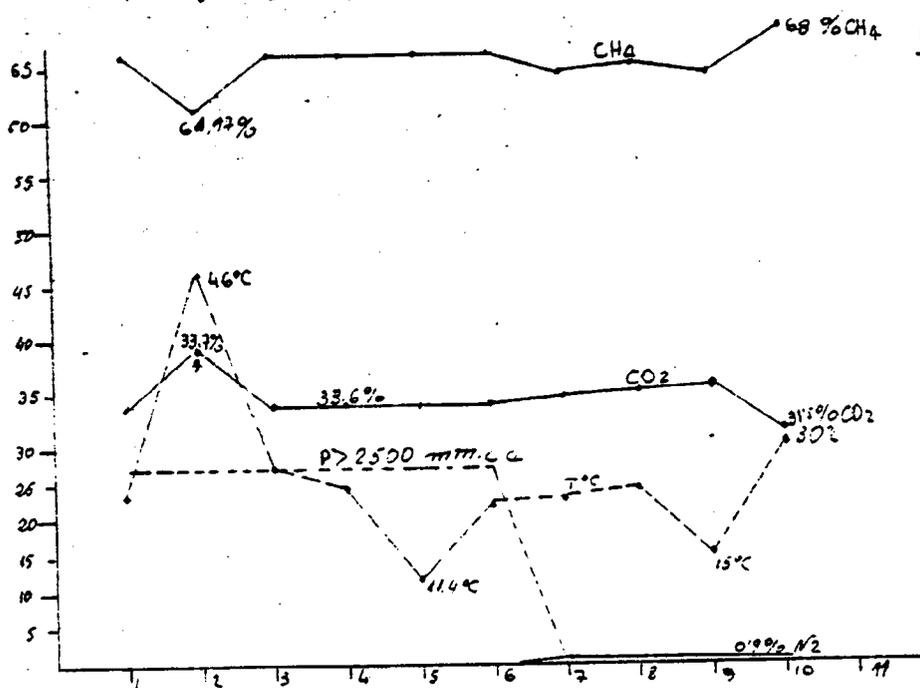
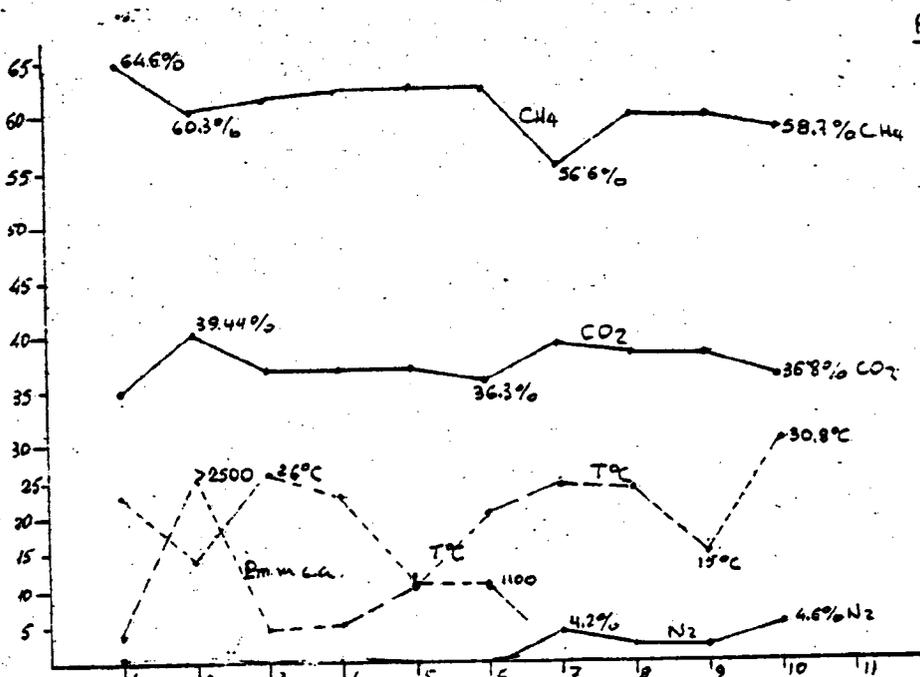
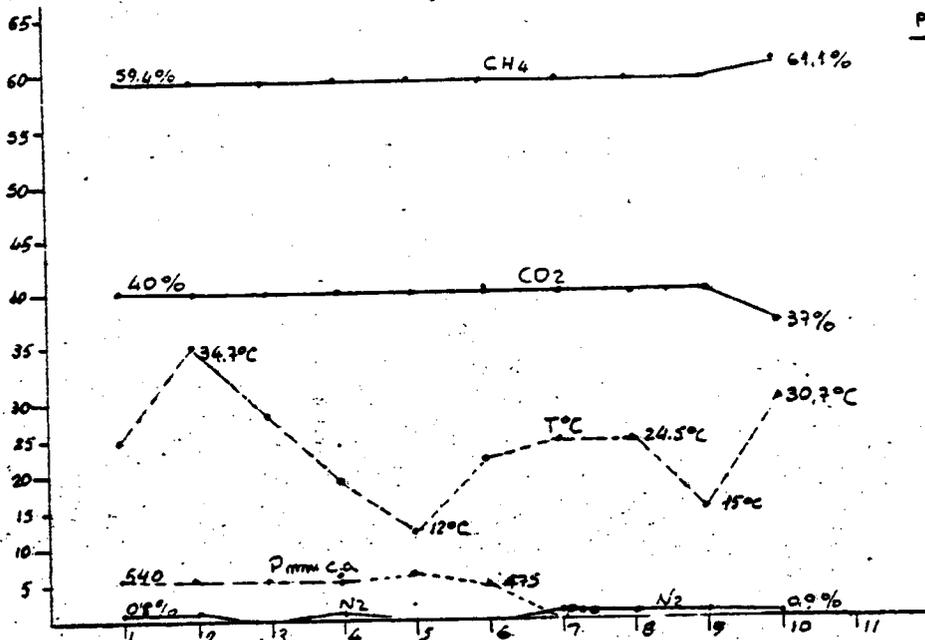
FT - 3

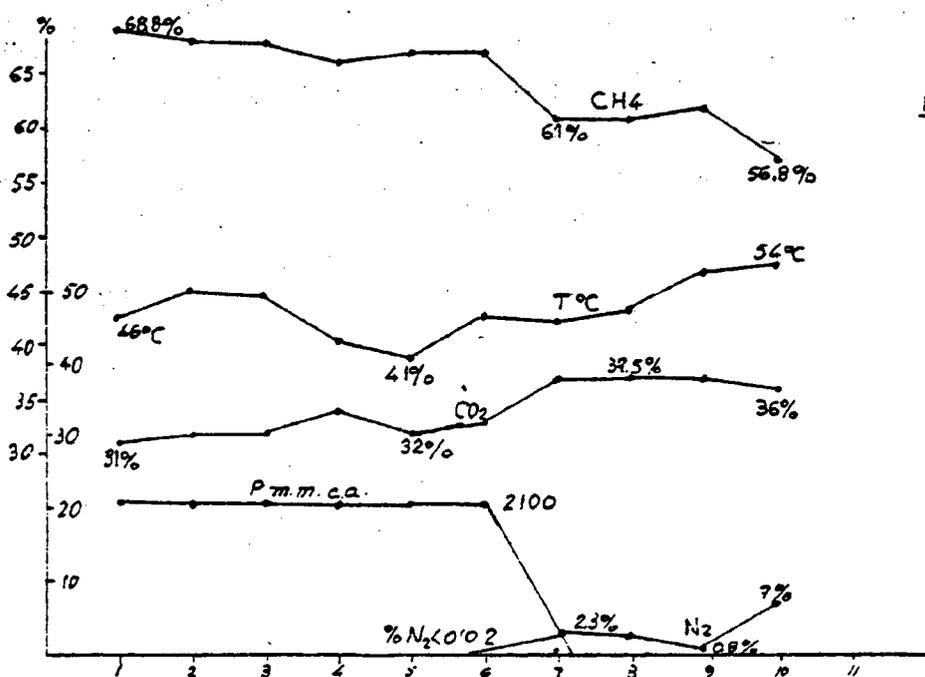
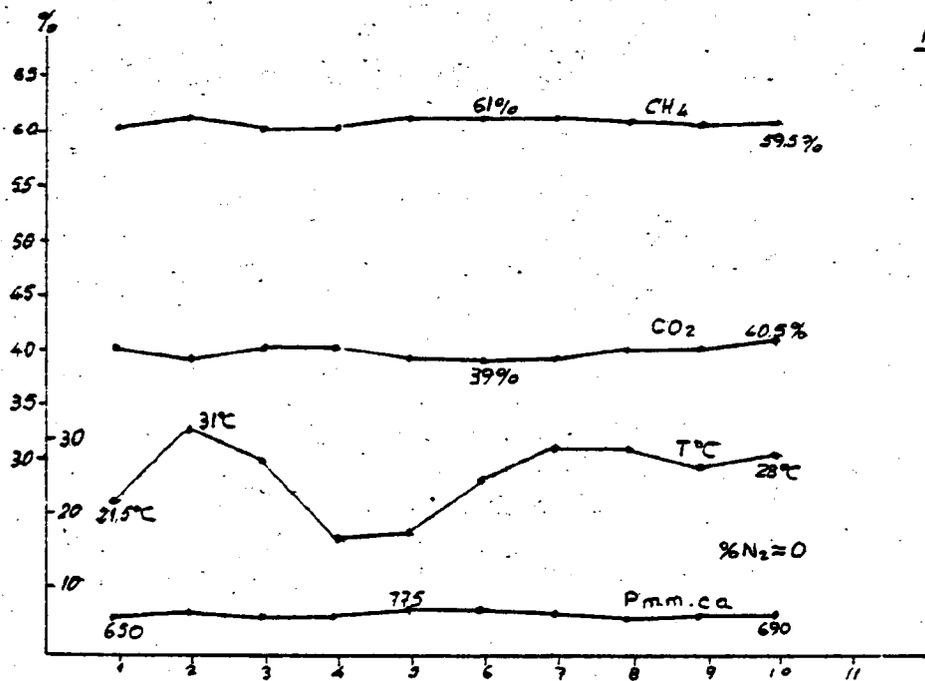
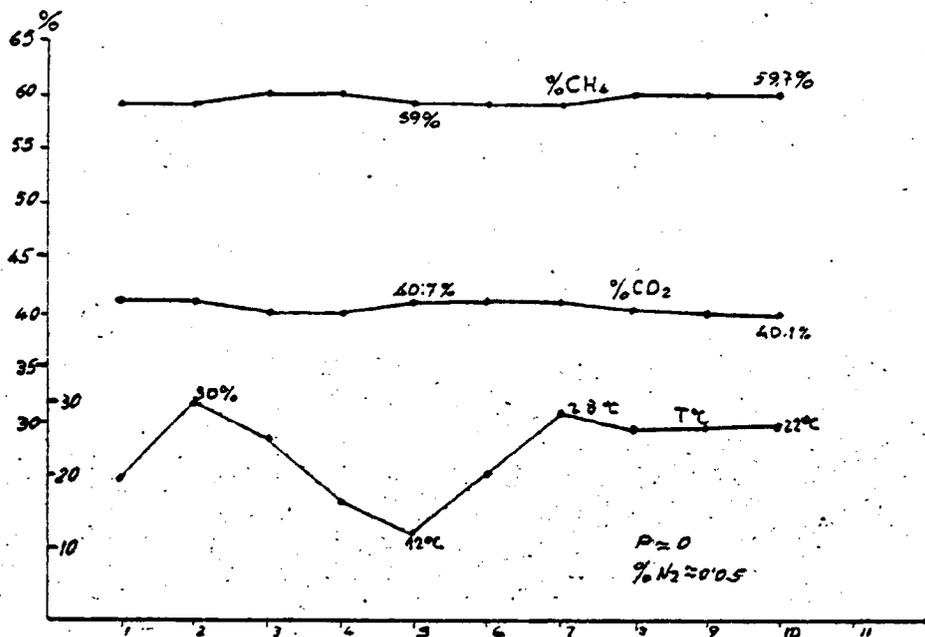
Pozos testigo. Dispositivo para toma
de muestras (P, T y ϕ).

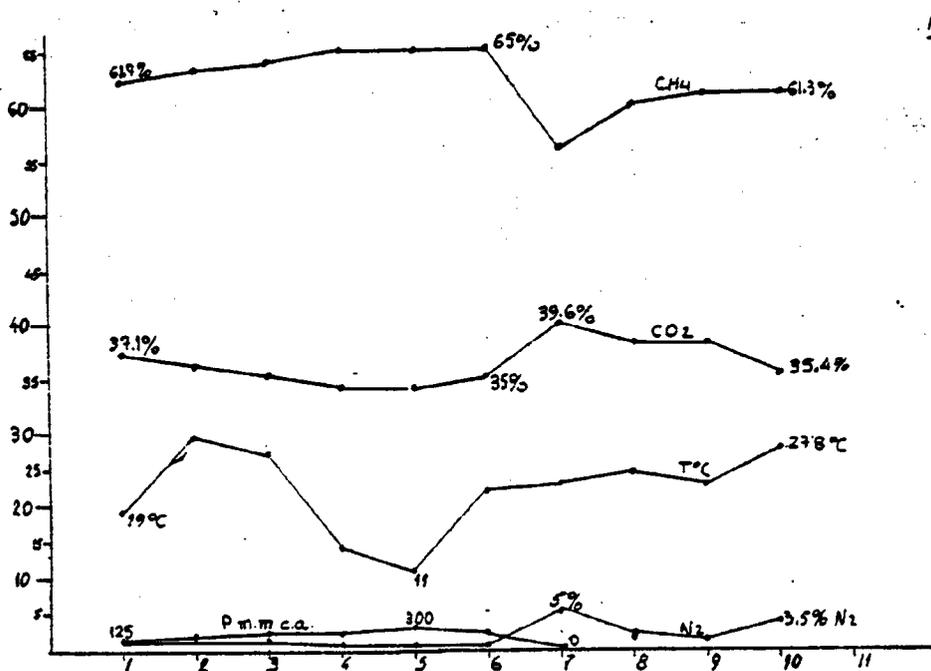
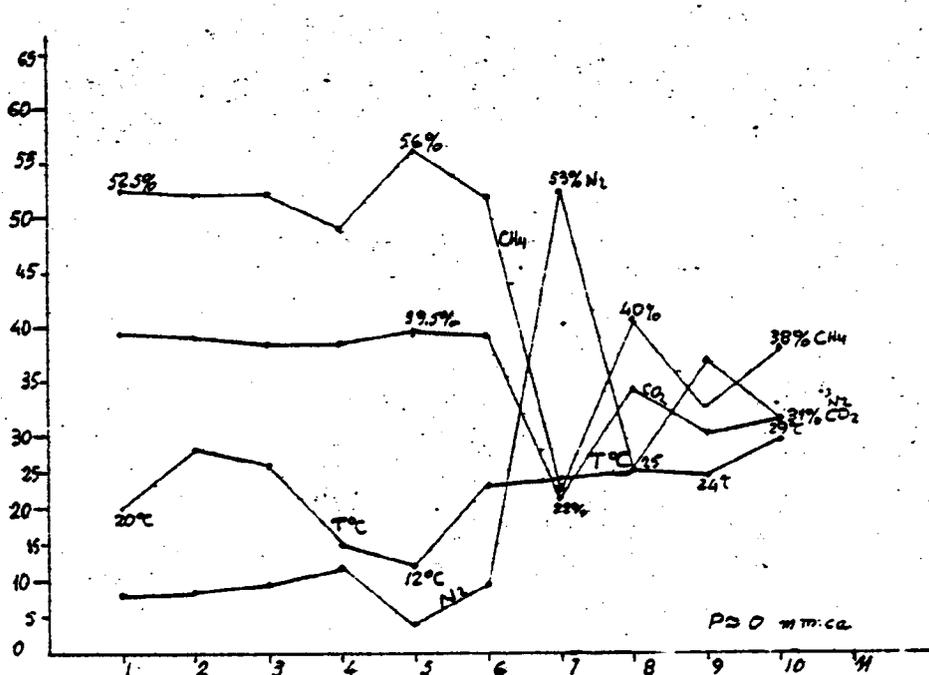
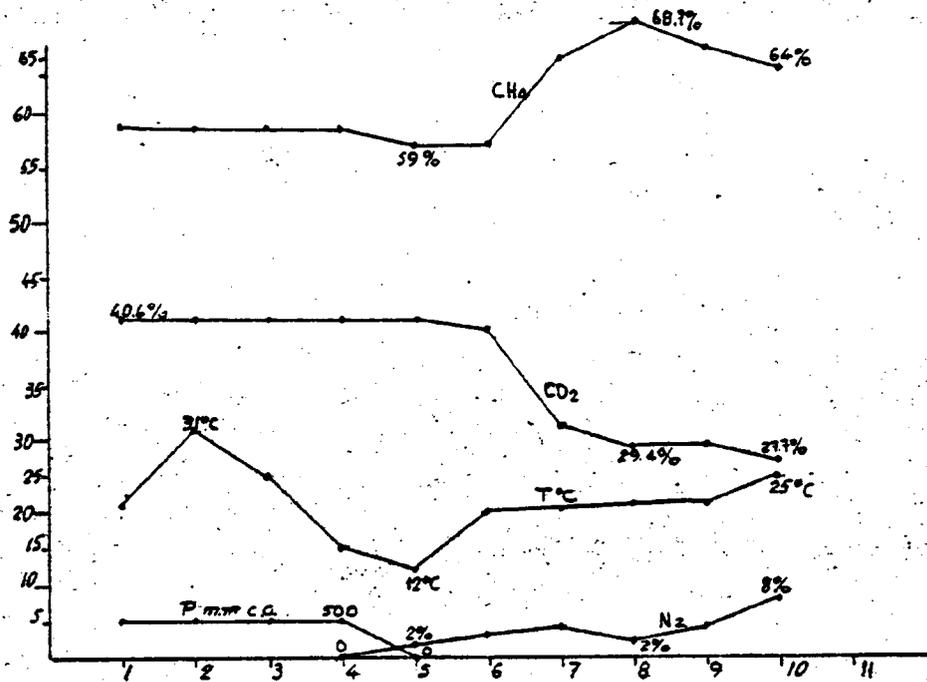
Tres niveles diferentes por pozo

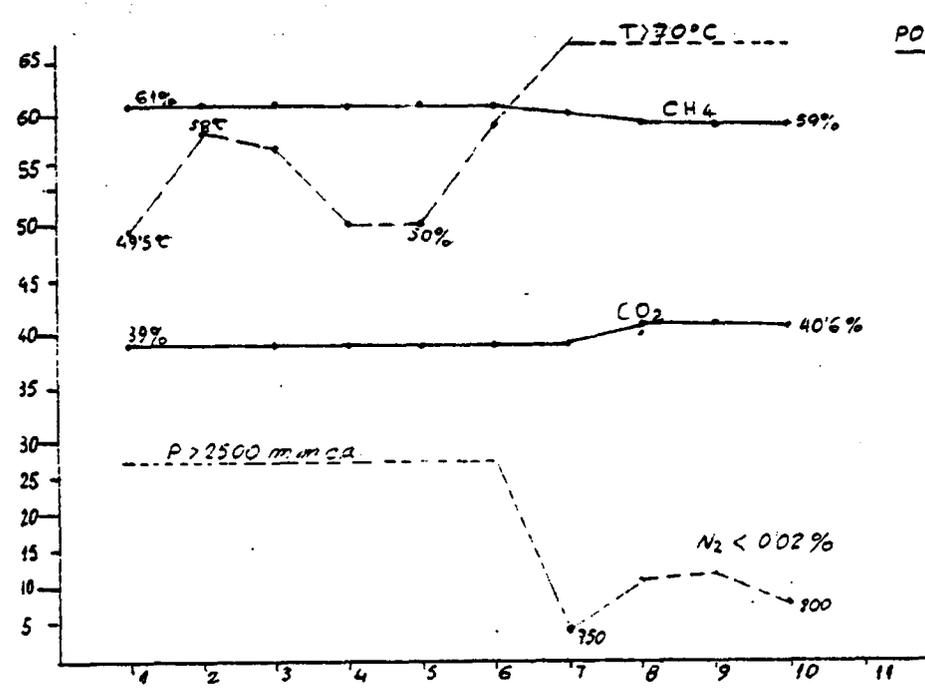
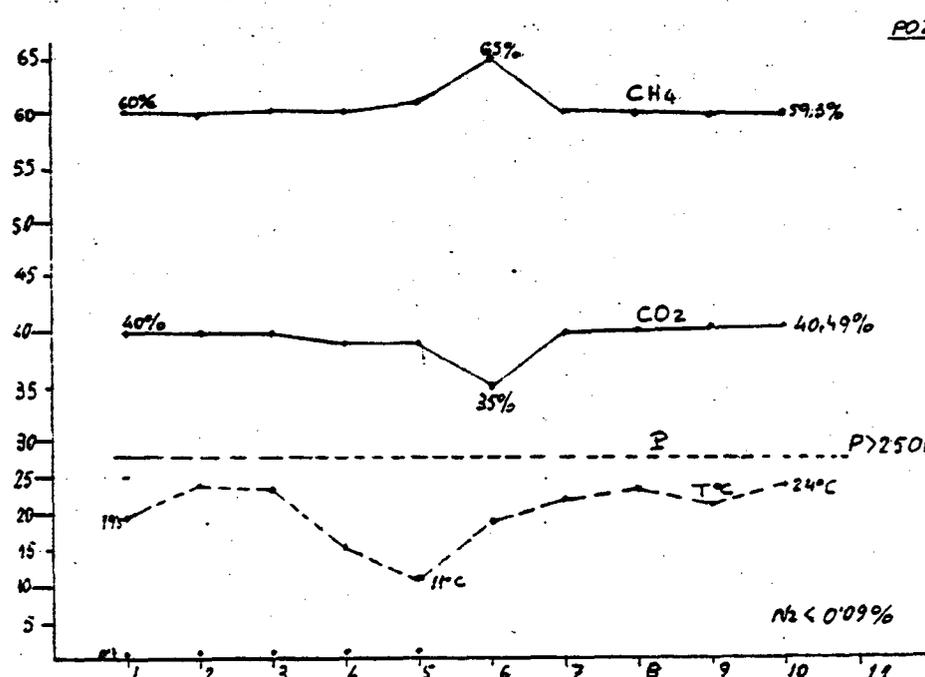
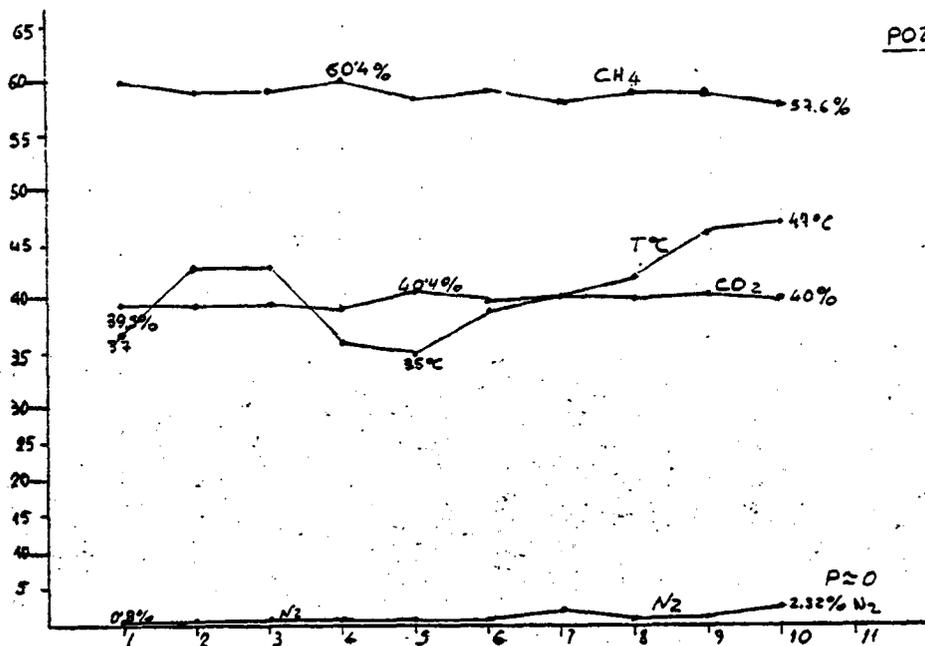




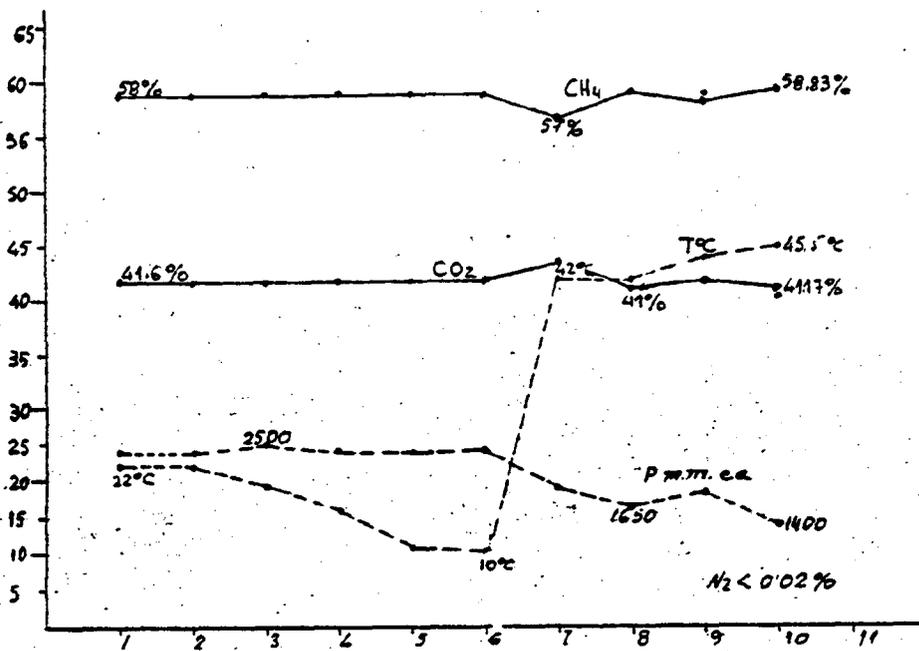




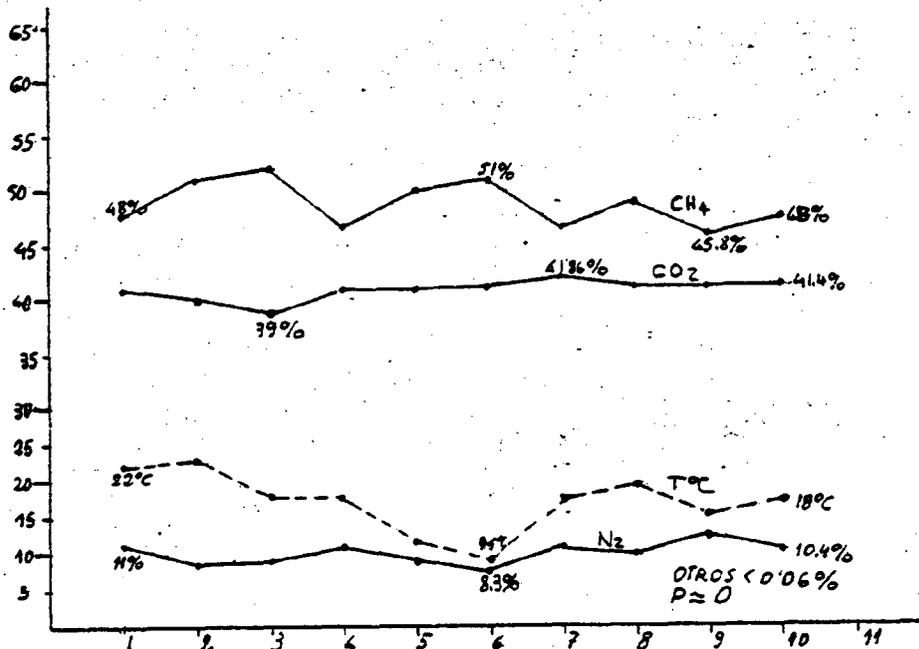




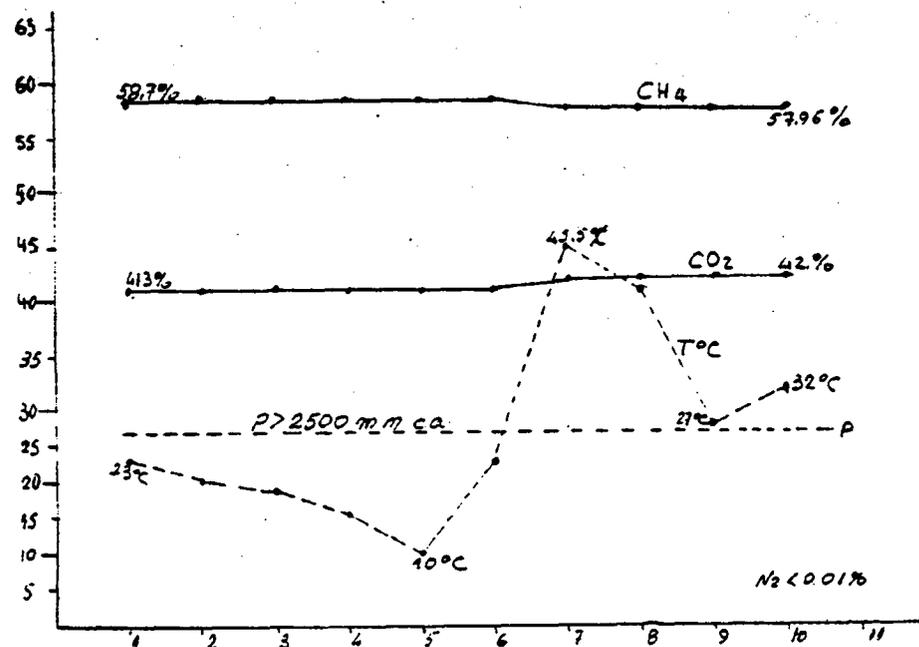
POZO CA / NIVEL: 7.5 m
F.25

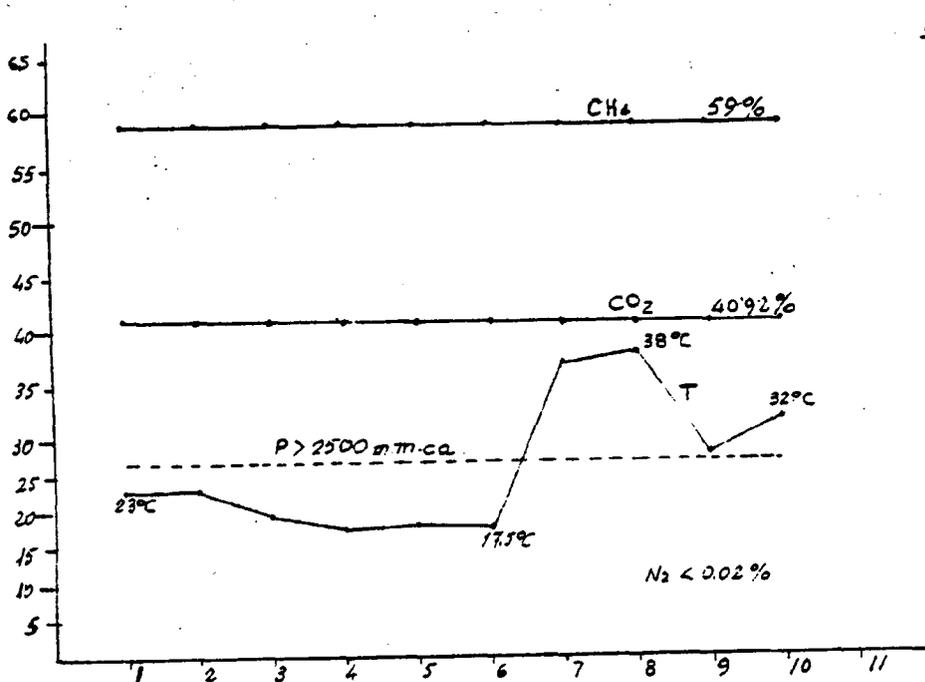
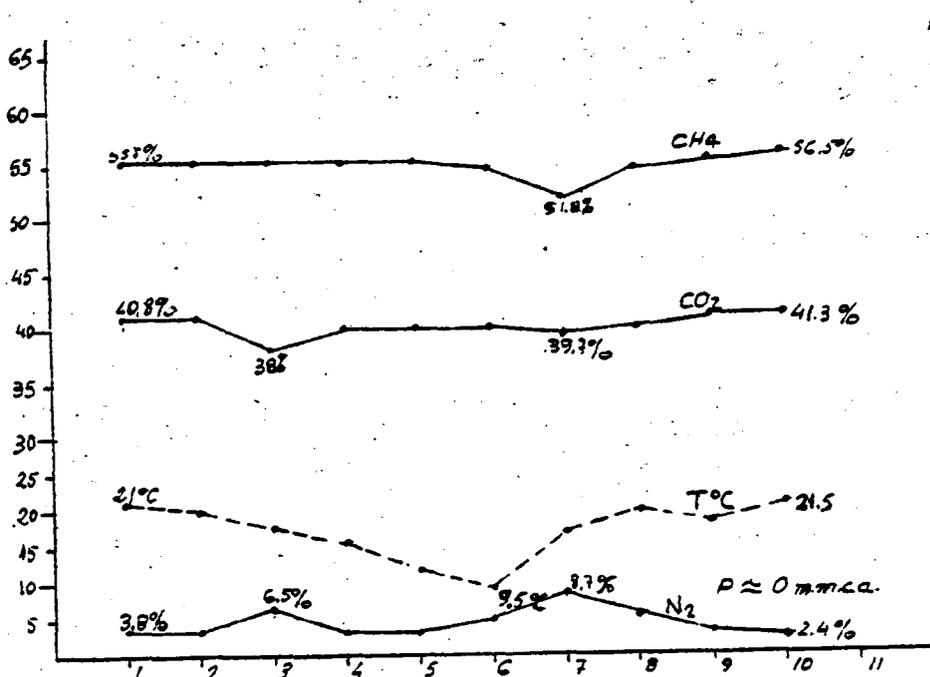
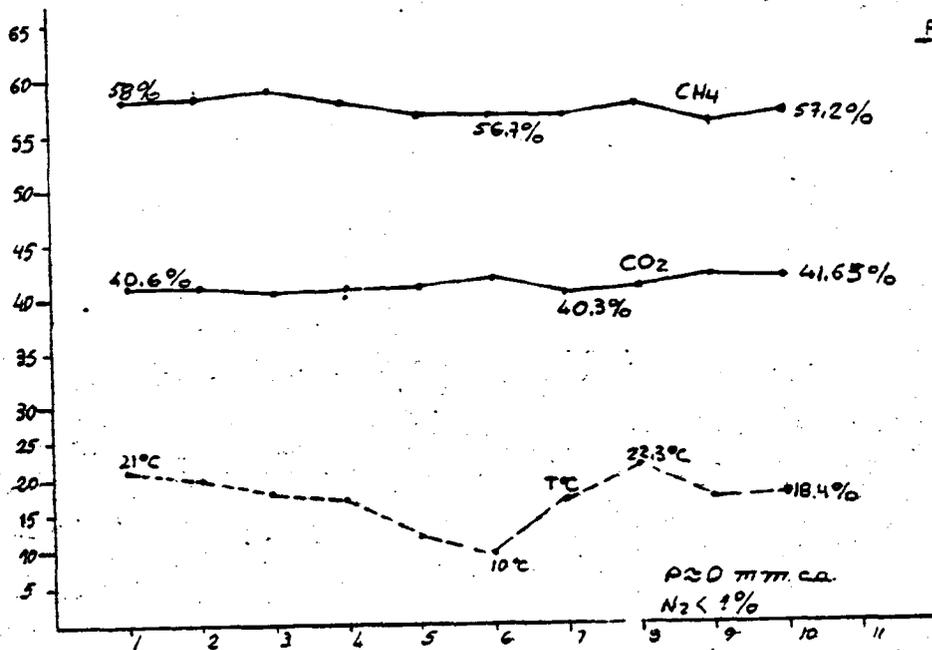


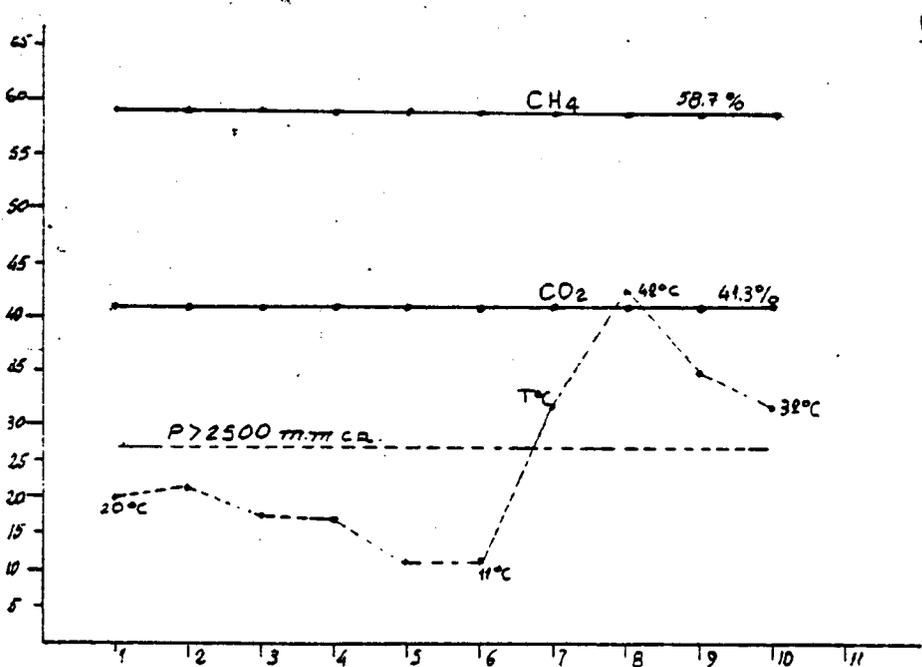
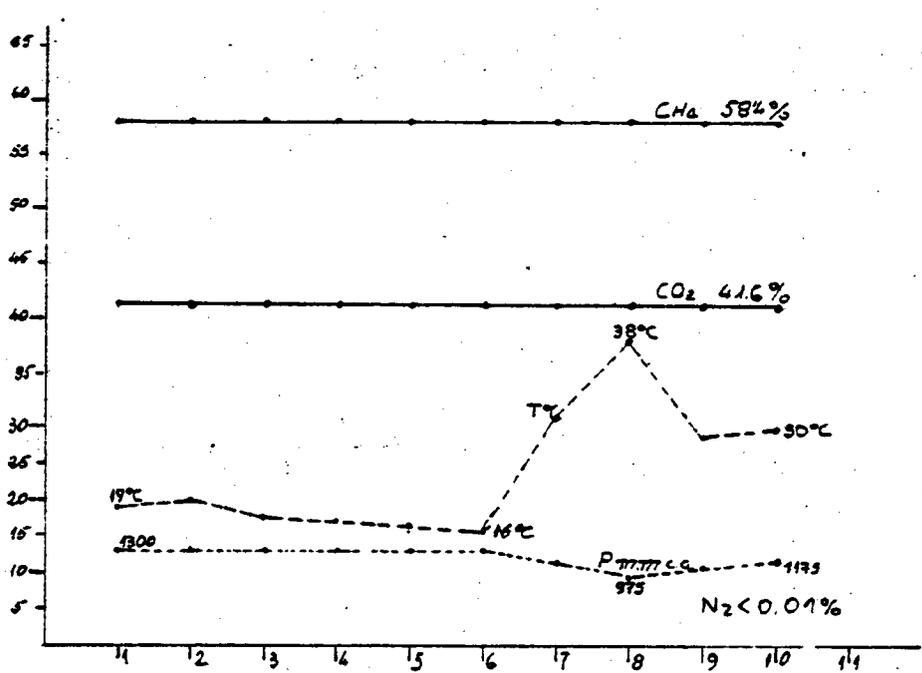
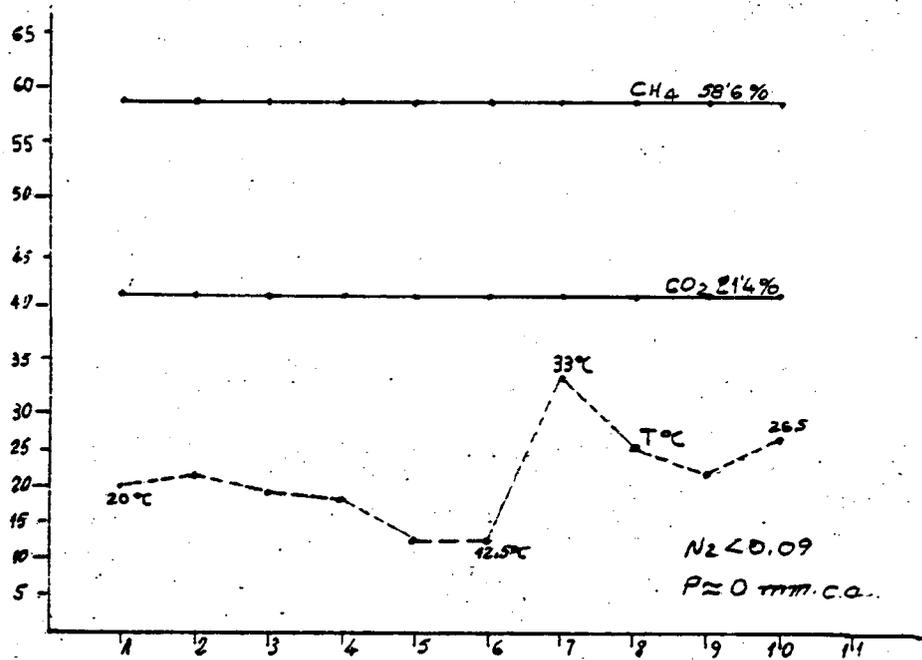
POZO CA / NIVEL: 11.5 m
F.26



POZO CA / NIVEL: 15.5 m
F.27







en los que se hacía necesario, no se evitaba la presencia de aire por lo que los análisis realizados los valores han sido corregidos eliminando los porcentajes correspondientes a aire, ya que éste no se encuentra en el gas sino que es consecuencia de la toma de muestra.

9.2.- COMPOSICION DE LOS GASES. PRESIONES Y TEMPERATURAS

En las tres zonas en que hemos dividido el area de investigación se ha observado, que la composición de los gases está siempre en torno al 60% de CH₄ y al 40% de CO₂ con ligeras diferencias.

En las gráficas se muestran los valores obtenidos para cada pozo y en cada nivel diferente dentro del mismo.

De los diez valores indicados, seis corresponden a toma de muestras en condiciones tales que el gas ha permanecido - sin contacto con el aire. Es decir, durante este periodo las válvulas situadas en la sonda han permanecido cerradas abriéndose únicamente para realizar la toma.

Los cuatro últimos valores corresponden a muestras en las que las espitas han estado abiertas un tiempo tal que ha permitido que la presión se estabilice.

Se han observado que por lo general, al permanecer las espitas abiertas, este ligero contacto con el aire se ha reflejado en una disminución muy ligera de porcentaje de CH₄ m aumento del porcentaje de CO₂ y las pequeñas diferencias se compensaban con presencia de N₂.

Ha habido algunos puntos singulares en que esta modificación se hacía más significativa pero en general tiende siempre a la composición en torno al 60% de CH_4 y lo que nos indica que en esta área, la fermentación está en una fase estabilizada.

Las mayores diferencias y "puntos extraños" se han obtenido en niveles en los cuales la presencia de agua era notoria. Sobre este punto nos ampliaremos en el apartado siguiente en el que indicamos los valores de los parámetros en función del nivel.

Las presiones medidas, han sido siempre positivas y con grandes diferencias de unos puntos a otros, pero independientemente de estos valores hay que distinguir dos cuestiones que se han presentado. Por un lado ha habido pozos en los que la presión ha pasado a cero prácticamente en el momento de abrir la espita mientras que en otros pozos ha permanecido en su valor durante el tiempo de investigación.

La presión cero, medida en varios pozos, consideramos que corresponde o bien a sondas situadas en capas de arena, o bien a sondas obturadas, ya que por ejemplo, en el pozo AB se observa que en los niveles 4,5 m y 7,5 m tenemos en torno a 400 mm de c.a. y en el nivel 10,5 m la presión es cero. Ahora bien, la sonda de 10,5 m está situada en nivel con presencia de agua y aunque esto puede ser significativo no podemos asegurar que en sondas situadas a niveles en los cuales hay agua, la presión es cero ya que tenemos otros pozos como es el caso del C.C en que al nivel 10,5 m la presión se mantiene por encima de 2.500 mm de c.a. No obstante, analizando las gráficas, las sondas situadas en niveles con agua y que, su presión es nula o ligeramente positiva, en las tomas en que ha permanecido la espita cerrada, cuando ésta se ha abierto, la presión tiende a cero.

A raíz del trabajo de análisis del subsuelo se observa que el agua almacenada está en el vertedero formando una capa entre otras dos de basura fuertemente compactada lo cual coincide en términos generales con la indicación de las presiones, en que vemos como a niveles por debajo de los 18 m, volvemos a tener presiones positivas elevadas y estas se mantienen durante la investigación (Ver gráficas de los pozos BC nivel - 19,5 m, CB nivel 19,5 m).

No obstante, en aquellas sondas en que al tener abierta la espita, las presiones tendían a cero, una vez vueltas a cerrar, esta presión se recupera rápidamente, en algunos casos, como la sonda correspondiente al pozo AC, en los tres niveles de 7,5, 11,5 y 15,5 m, esta recuperación es prácticamente en segundos, lo que nos da idea del caudal de gas que se genera.

En cuanto a las temperaturas medidas, los valores tomados se consideran que están más influenciados por la temperatura ambiente que por la propia del gas, sobre todo en aquellos puntos más bajos. Los valores indicados en las gráficas son aquellos medidos directamente por los termómetros y no podemos considerar correctos estos valores por las condiciones en que están tomadas.

9.3.- VALORES MEDIOS

Considerando, conjuntamente todos los valores, vemos que las tres áreas A, B y C, son tres áreas con características diferentes y en aquellos casos en que vemos similitudes entre valores de un área y otra, en lo que a presión se refiere, es por que determinados pozos, los más lejanos del pozo principal, (AC, BC y CC) tienen influencia de ambas zonas.

Las características de estas zonas es la siguiente:

- Zona A, cuyos pozos de control son los AA, AB y AC distanciados del pozo principal 15, 25 y 35 m respectivamente, se caracteriza por: (figura n° 34)

a) Presiones muy bajas o nulas, con tendencia a anularse cuando se abren las espitas. Los valores de esta zona aumentan a medida que nos alejamos del pozo A, alcanza valores medios (en torno a los 400 mm cda) a medida - que nos alejamos hacia la zona B y a valores hasta - por encima de 2.500 mm cda cuando nos alejamos hacia la zona C.

b) La composición de gases ligeramente por debajo del - 60% en CH₄. Las bajas presiones indican una pobre producción de gas en esta zona.

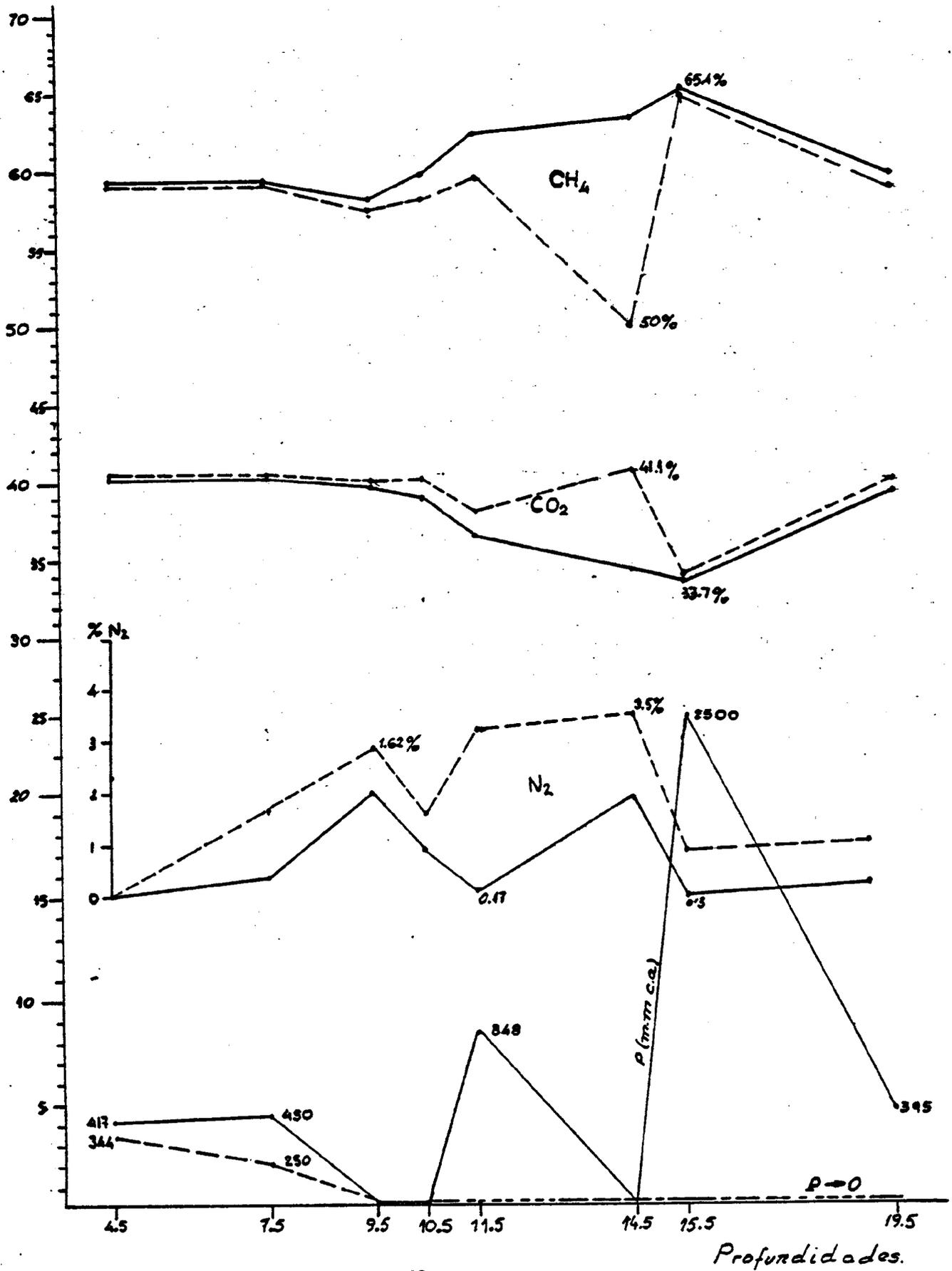
- La zona B se ha caracterizado por tener unos valores más estables, lo que en alguna forma coincide con lo obtenido en la zona A pero en valores mayores. (figura n° 35)

Las alteraciones más significativas se han obtendio a nive-- les en torno a los 11 metros en donde existe presencia de agua. Para valores por debajo de los 15 m e incluso menos, - como indica la sonda BC 14,5, los datos se mantienen constantes prácticamente.

- La zona C se ha caracterizado por tener la mayor recuperación de presión de todas las zonas. La presencia de agua es la - más notoria y las presiones son las más altas medidas, y en todos los casos los valores de éstas medidas con espitas cerradas y abiertas, han permanecido estables. (figura n° 36).

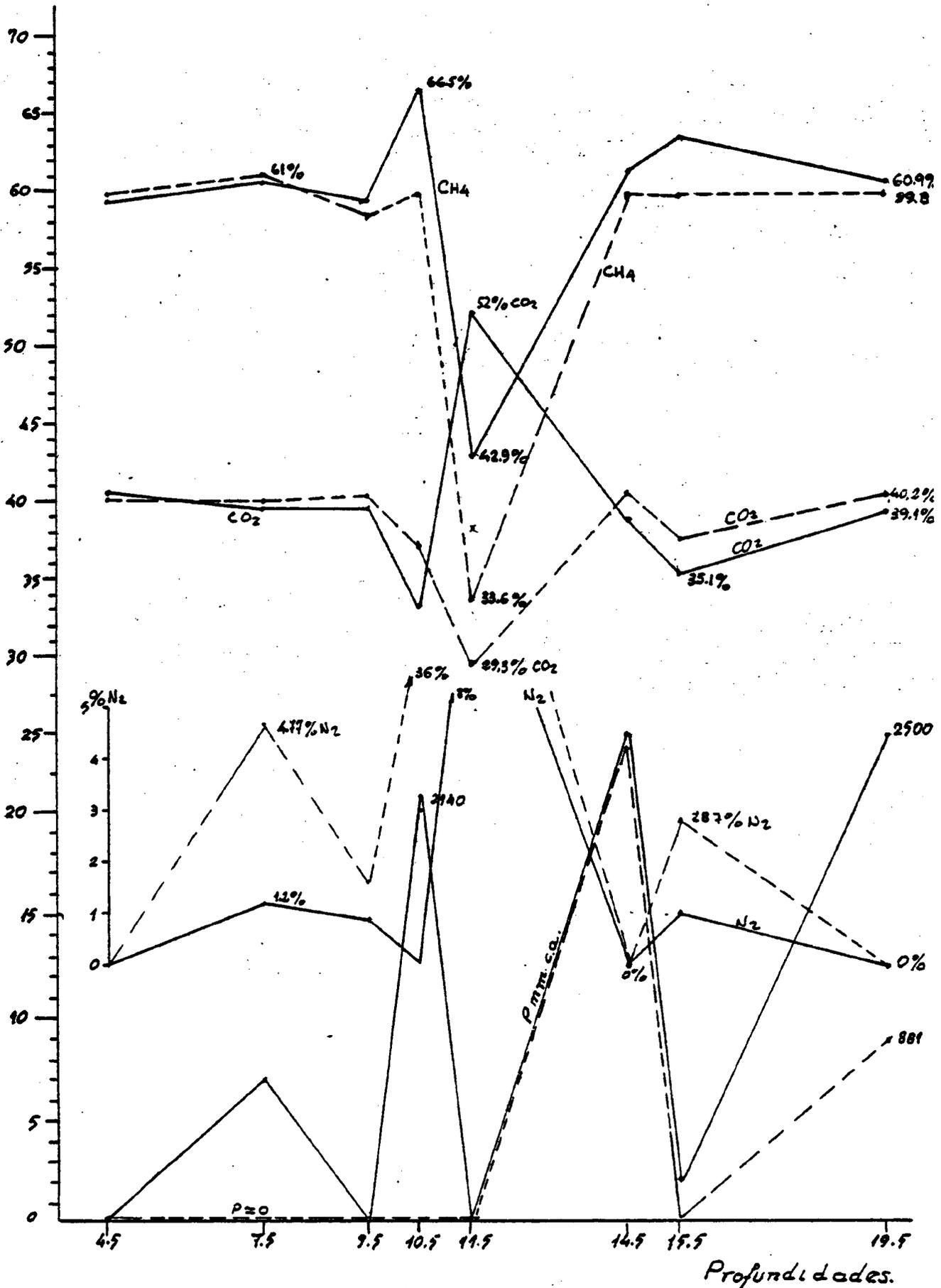
F-34

VALORES MEDIOS EN POZOS DE CONTROL DE ZONA A



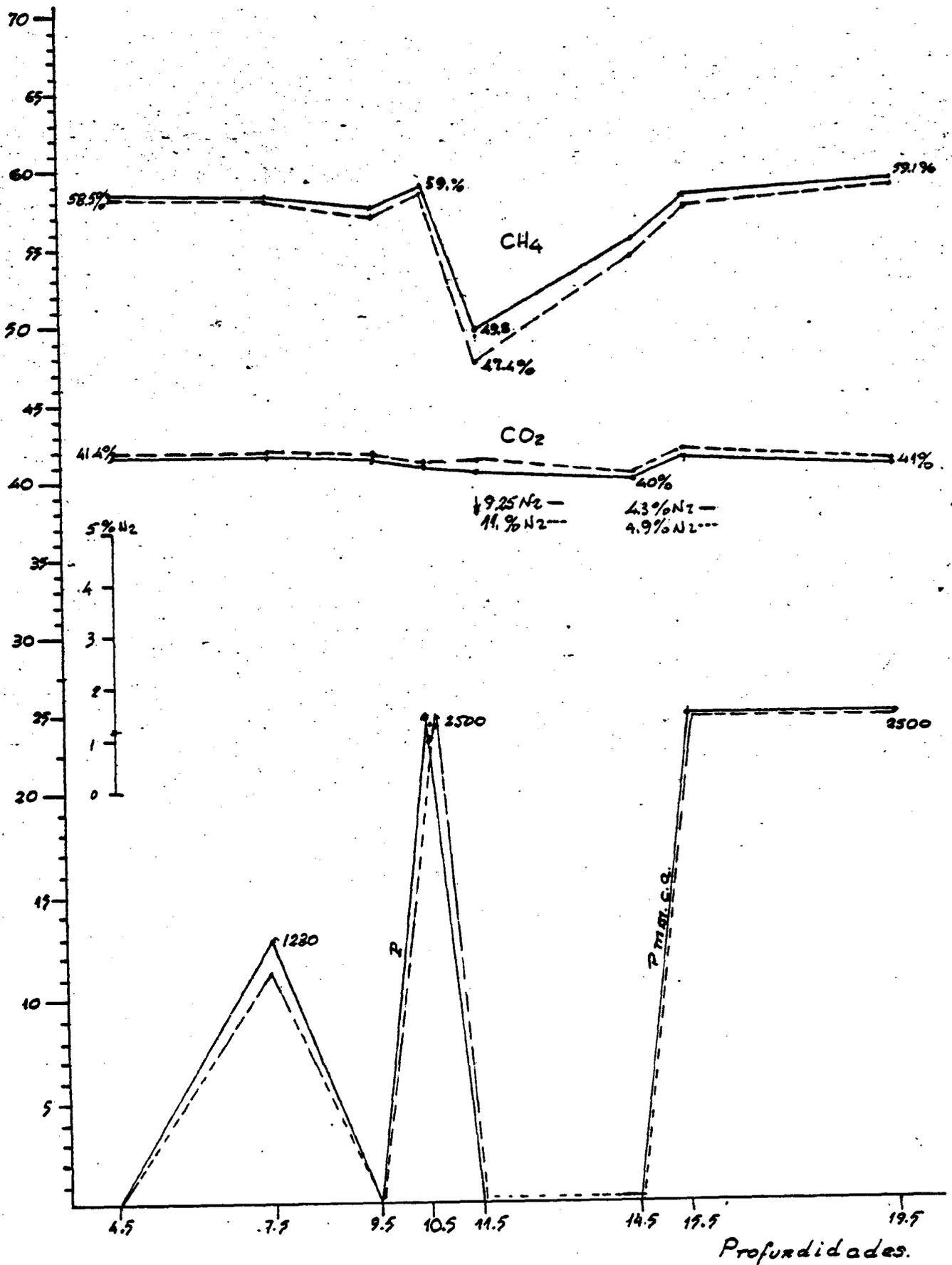
F 35

VALORES MEDIOS EN POZOS DE CONTROL DE ZONA "B"



F.36

VALORES MEDIOS EN POZOS DE CONTROL DE ZONA "C"



Esto parece por un lado contradecir las conclusiones respecto al agua indicado en otras áreas, pero se sigue manteniendo el criterio de que las más bajas presiones coinciden a niveles con agua, para una vez, pasada esta capa acuosa, volver a tener presiones altas.

Hay que indicar que la construcción del vertedero, tiene una pendiente tal que el pozo más alto es B, siendo el C el más bajo y que de acuerdo a las mediciones realizadas en el pozo C (punto más bajo de la investigación) el que tiene mayor presencia de agua.

Se puede considerar una cuarta zona compuesta por los pozos AC, BC y CC situados en la zona central del triángulo formado por los pozos principales A, B y C.

Esta zona está caracterizada por:

- a) Producción de CH_4 estable. Recuperación de presiones muy rápidas.
- b) Presiones positivas y por encima de los 500 mm cda pasando en muchos casos de los 2.500 mm.

Con el fin de comparar lo indicado anteriormente, con los valores medios por zonas, hemos representado gráficamente estos valores en función de la profundidad.

Se han construido dos curvas para cada parámetro, de curva de trazo continuo corresponde a valores medios de las seis primeras tomas (muestras con espitas cerradas) y la de trazo continuo corresponde a la muestras realizadas con espitas abiertas.

En las gráficas que, salvo algunos puntos aislados, los valores medios se mantienen, las alteraciones producidas por presencia de agua se mantienen igualmente y que están en torno a los 10-16 metros. En cualquier caso las diferencias entre ambas curvas, son más de escala de dibujo que reales, ya que estas son del orden, en aquellos niveles estabilizados, del 1%.

Conjuntamente con estas gráficas se ha incluido una tabla de valores medios en la que se ven las relaciones de los parámetros por niveles y por zonas. (Tabla 2).

TABLA 2

VERTEDERO DEL GARRAF

SONDAS TESTIGO

VALORES MEDIOS POR ZONAS Y NIVELES

| NIVEL | ZONA | PRESION mm. H ₂ O | TEMPERATUR. °C | ANALISIS VOLUMETRICO | | | NOTAS |
|---------|------|---------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------------|-------|
| | | | | % CH ₄ | % CO ₂ | % N ₂ | |
| 4.5 m. | A | 417 ↓ 344 | 21 39 | 59.6 59.4 | 40.3 40.5 | — — | |
| | B | — | 20 27 | 59.2 59.6 | 40.6 40.2 | 0.02 0.02 | |
| | C | — | 18 27 | 58.5 58.4 | 41.4 41.6 | 0 0.08 ↑ | |
| 7.5 m. | A | 446 ↓ 200 ↓ | 23 25 | 59.4 59.9 | 40.2 39.6 | 0.06 0.07 | ↑ |
| | B | 500 ↑ 340 ↑ | 25 27 | 60. 64.4 | 39.3 42.2 | 0.40 1.17 | ↑ |
| | C | 1059 ↓ 1120 ↓ | 17 36 | 58.5 58.1 | 40.6 35.8 | 1.21 4.77 | ↑ |
| 9.5 m. | A | — | 23 25 | 58.1 57.7 | 39.8 39.2 | 0.01 — | ↓ |
| | B | — | 39 46 | 59.3 59.3 | 39.6 40.2 | 0.88 1.62 | ↑ |
| | C | — | 16 19 | 59.7 59.3 | 41.6 41.6 | 0.93 1.17 | ↑ |
| 10.5 m. | A | — | 38 73 | 59.8 58.3 | 39 40.2 | 0.92 1.59 | ↑ |
| | B | 2104 ↓ — ↓ | 46 32 | 66.5 59.9 | 32.9 37 | 0.06 3.15 | ↑ |
| | C | >2500 >2500 | 16 36 | 59.1 58.8 | 40.9 41.2 | — — | ↑ |
| 11.5 m. | A | 848 ↓ — ↓ | 19 24 | 62.7 58.6 | 36.8 38.1 | 0.17 3.28 | ↑ |
| | B | — | 21 26 | 42.9 36.6 | 52.2 29.3 | 8.54 3.67 | ↓ |
| | C | — | 17 18 | 49.8 49.4 | 40.5 41.4 | 9.25 11 | ↑ |
| 14.5 m. | A | — | 44 50 | 63.5 50.1 | 34.7 41.1 | 1.87 3.5 | ↑ |
| | B | >2500 >2500 | 19 23 | 61.3 59.5 | 38.1 40.4 | — — | |
| | C | — | 16 20 | 55.6 54.7 | 40 40.6 | 4.3 4.9 | ↑ |
| 15.5 m. | A | >2500 — ↓ | 26 23 | 65.4 65.3 | 33.7 33.9 | — 0.87 | ↑ |
| | B | 218 ↓ — ↓ | 21 25 | 63.8 59.4 | 35.1 37.7 | 1.06 2.87 | ↑ |
| | C | >2500 >2500 | 18 36 | 58.7 57.9 | 41.3 42 | — — | |
| 19.5 m. | A | 395 ↓ — ↓ | 56 43 | 59.9 59. | 39.8 40.4 | 0.3 1.03 | ↑ |
| | B | >2500 881 ↓ | 54 75 | 60.9 57.8 | 39.1 40.2 | — — | |
| | C | >2500 >2500 | 19 34 | 59.1 58.8 | 40.9 41. | — — | |

Los valores inferiores corresponden a salida libre del gas.

10.- CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE BOMBEO

Para la extracción de gases del vertedero se ha diseñado una planta consistente esencialmente en los equipos necesarios para bombeo, medida y combustión de los gases.

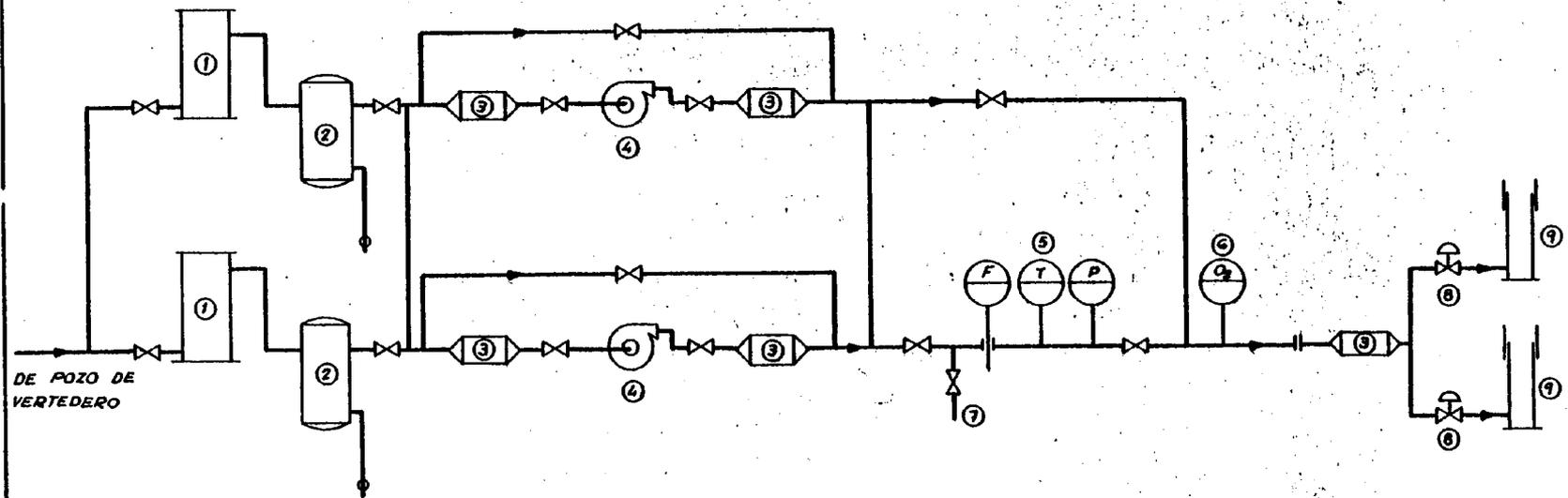
Esta planta consta esencialmente de los siguientes elementos (Figura n° 37):

- Filtrado de gases
- Bombas soplantes
- Medida registro de caudales y tomas de muestras
- Combustión de los gases
- Equipos auxiliares

10.1.- FILTRADO DE GASES

A la vista de los datos obtenidos en los análisis de los pozos de control, se observó la necesidad de hacer una separación del agua acumulada en las canalizaciones. Este agua, al llegar a la planta de bombeo provenía de dos conceptos. Por un lado el agua de condensación contenido en el gas, por otro la do el agua arrastrada en la aspiración y que se encuentra en estado líquido en el vertedero.

| | | |
|------------|------------|----------|
| H.O.A. | DE | FECHA |
| REALIZADO | COMPROBADO | APROBADO |
| REVISIONES | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



- 1- SEPARADOR DE SOLIDOS
- 2- " DE LIQUIDOS
- 3- APAGALLAMAS
- 4- SOPLANTE
- 5- MEDIDA DE CAUDAL, PRESION Y TEMPERATURA
- 6- MEDIDA DE O₂
- 7- TOMA DE MUESTRAS
- 8- VALVULA DE CONTROL
- 9- ANTORCHA

Los datos obtenidos hacía prácticamente imposible el evaluar este agua total por lo que se prescindió en principio, de situar separadores de agua en la salida de los pozos y situar separadores de líquidos de gran capacidad justo en la entrada de la planta de bombeo, delante de las soplantes para una vez bombeado ver la necesidad de separar el agua a la salida de los pozos.

Se realiza también separación de sólidos para evitar la entrada de pequeñas partículas en las soplantes.

Las características de los equipos de filtrado son:

- Separador de agua:

- . Caudal máximo: 698 Nm³/h
- . Presión mínima: 14 mm c.d.a
- . Separación: 5 l/m

- Separador de sólidos:

- . Caudal máximo: 2.455 Nm³/h
- . Presión mínima: 175 mm H₂O
- . Eficiencia: 100% (Ø 3)

10.2.- BOMBAS SOPLANTES

El bombeo bajo vacío se realiza con bombas soplantes.

La imposibilidad de poder determinar a priori pérdidas de carga, presiones y caudales nos ha obligado a utilizar este tipo de bombas con las que en principio, se elimina el problema de necesidades de presión, y se han dispuesto dos líneas pudiendo trabajar a la vez o independientemente, para futuras necesidades de caudales.

Como la base de este estudio es determinar el máximo caudal extraíble del vertedero en forma continua y sin presencia de aire, se ha acoplado a estos soplantes un variador de velocidad electrónico, lo que permite ensayar prácticamente desde caudal cero (velocidad cero) hasta caudal máximo (velocidad de 3000 rpm).

Para evitar peligros de incendio en el interior de las tuberías producido por chispas del rotor se ha dispuesto delante y detrás de cada soplante elementos apagallamas, aparte de los accesorios de seguridad propios de la soplante.

10.3.- MEDIDA, REGISTRO DE CAUDALES Y TOMA DE MUESTRAS

A la salida de los soplantes se han instalado sondas para la medida del caudal, presión y temperatura en continuo, cuyos valores son recogidos en un registrador de tres campos.

Independientemente el contador lleva incorporado un totalizador.

Junto a los elementos de medida se ha dispuesto una llave para la toma de muestras y poder efectuar simultáneamente los análisis correspondientes.

10.4.- COMBUSTION DE GASES

Los gases, una vez bombeados y analizados son enviados a dos antorchas para proceder a su combustión.

Estas antorchas están dispuestas para encendido automático por medio de un piloto de gas propano, y dimensionado de forma que puedan generar diversos caudales de gas con proporciones de metano diferentes.

Para evitar peligros de incendio se ha dispuesto delante de las antorchas un apagallamas que impide el que se propague la llama por el interior de la canalización.

10.5.- EQUIPOS AUXILIARES

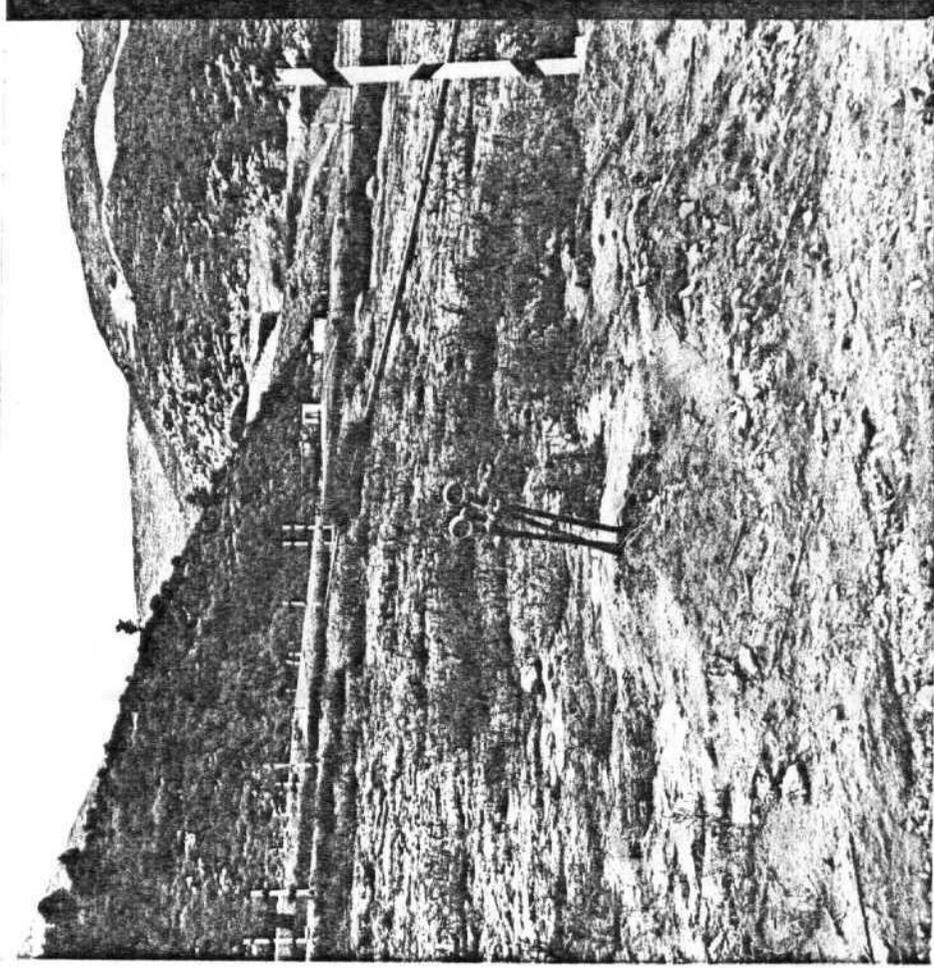
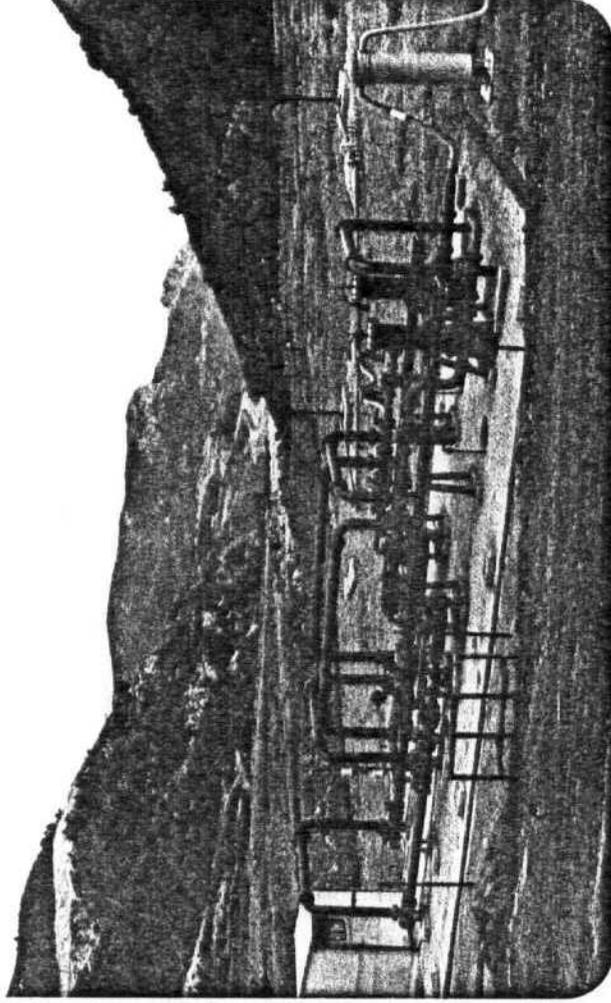
Entre los equipos auxiliares, que permiten controlar la planta están esencialmente el detector de O_2 y el detector de CH_4 .

El detector de oxígeno está instalado a continuación del equipo de medida y nos indica en todo momento el % de O_2 habido en la aspiración.

Este % de O_2 tiene dos finalidades, no bombear caudal de gas con exceso de aire y evitar el peligro de explosión por la presencia de O_2 en el gas del vertedero ya que composiciones - del 5 al 15% de CH_4 en aire son explosivas.

FT-4

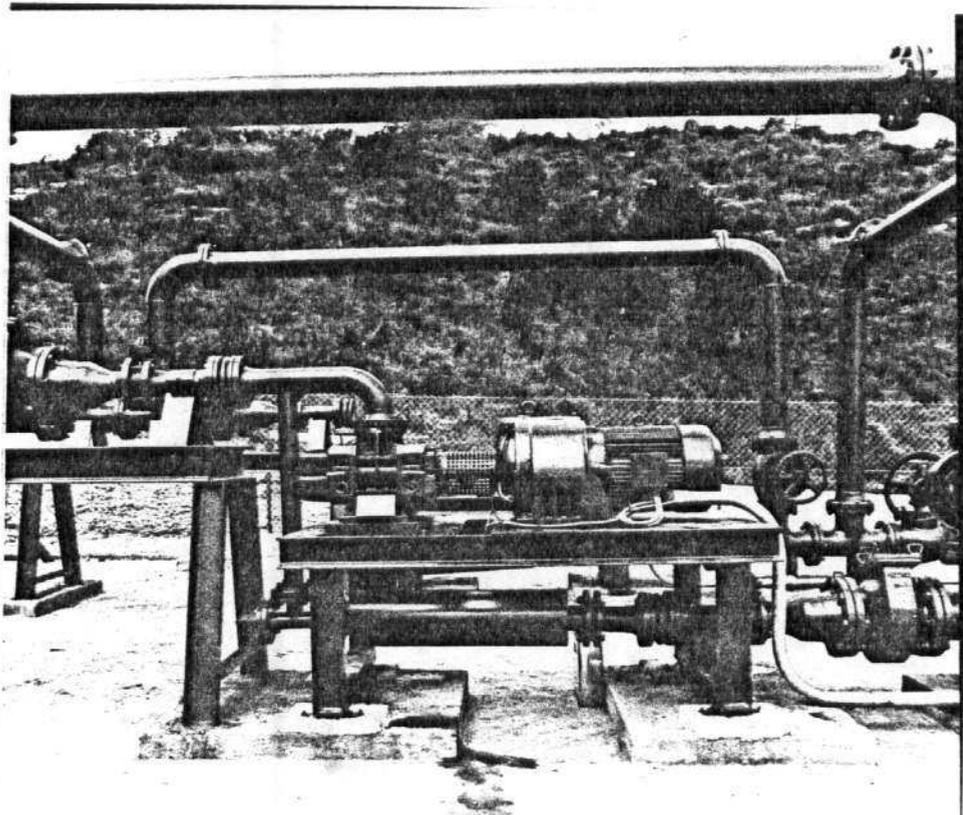
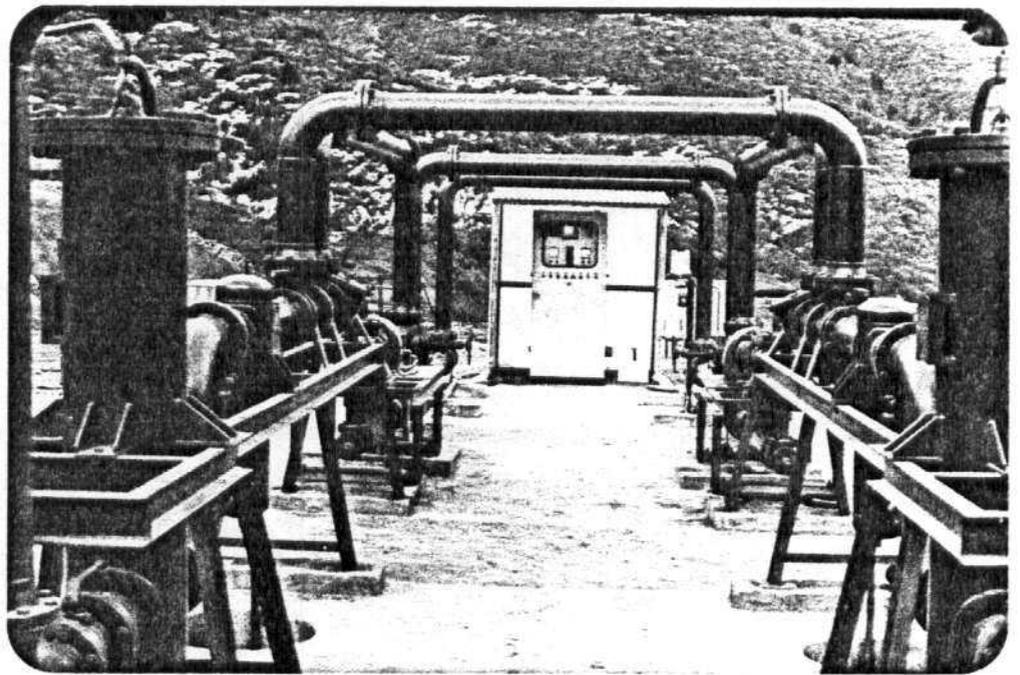
Vista general
de la instalación
ción.



FT-5

Sondas de pozos
TESTITO

FT-6
Vista general
de la planta.

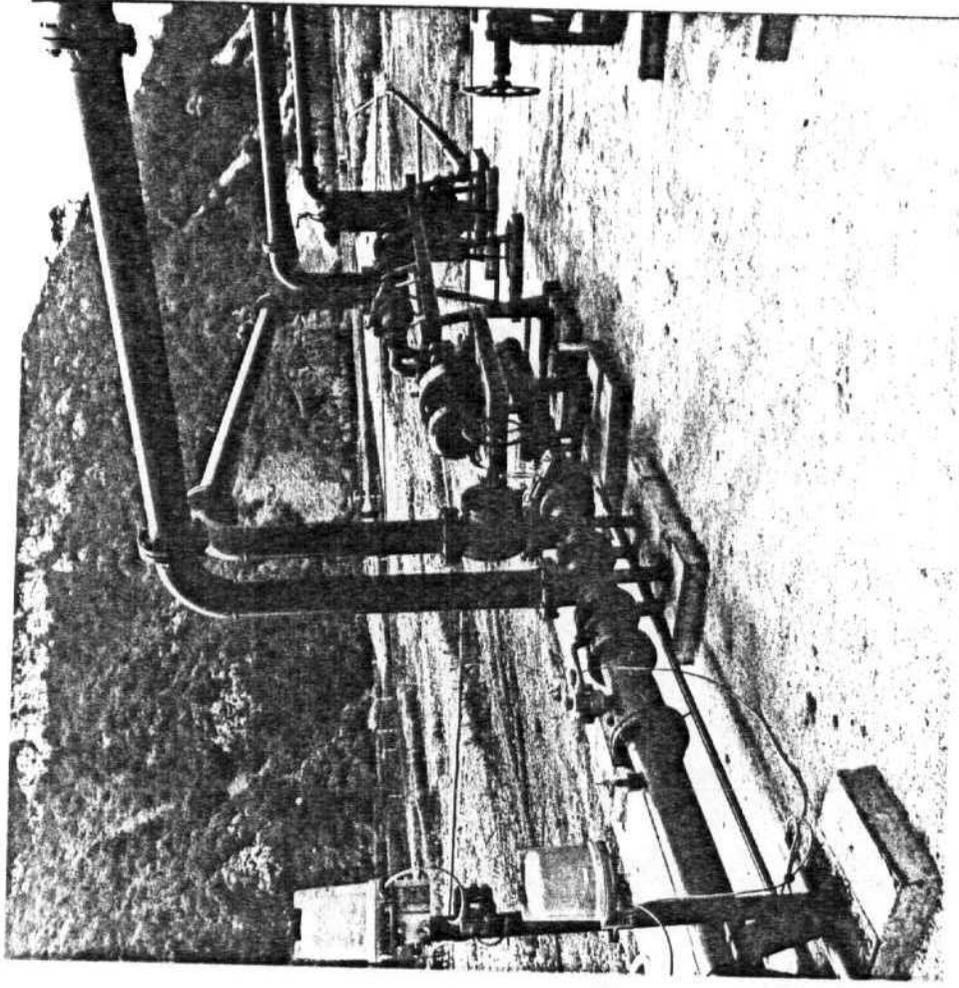


FT-7
Equipo de bombeo.

FT-8

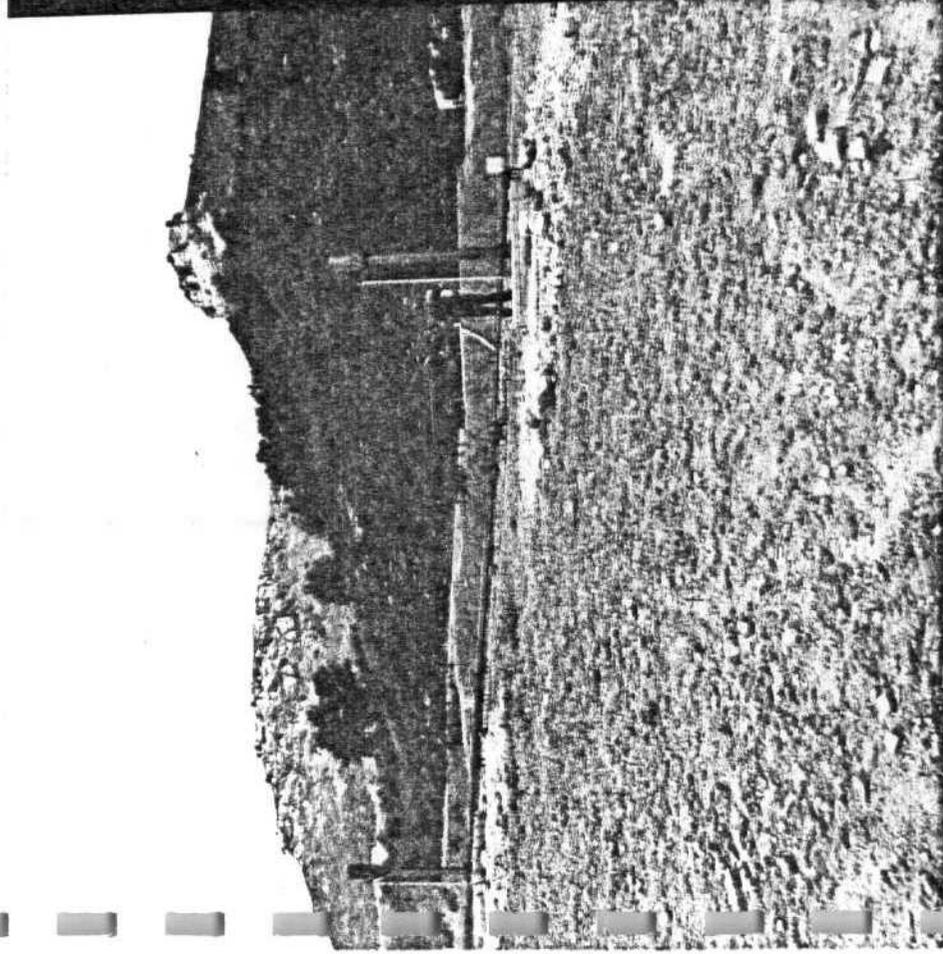
Detalle de una línea
de bombeo.

- Alimentación
- Filtros-separadores
- Bombeo
- Medida

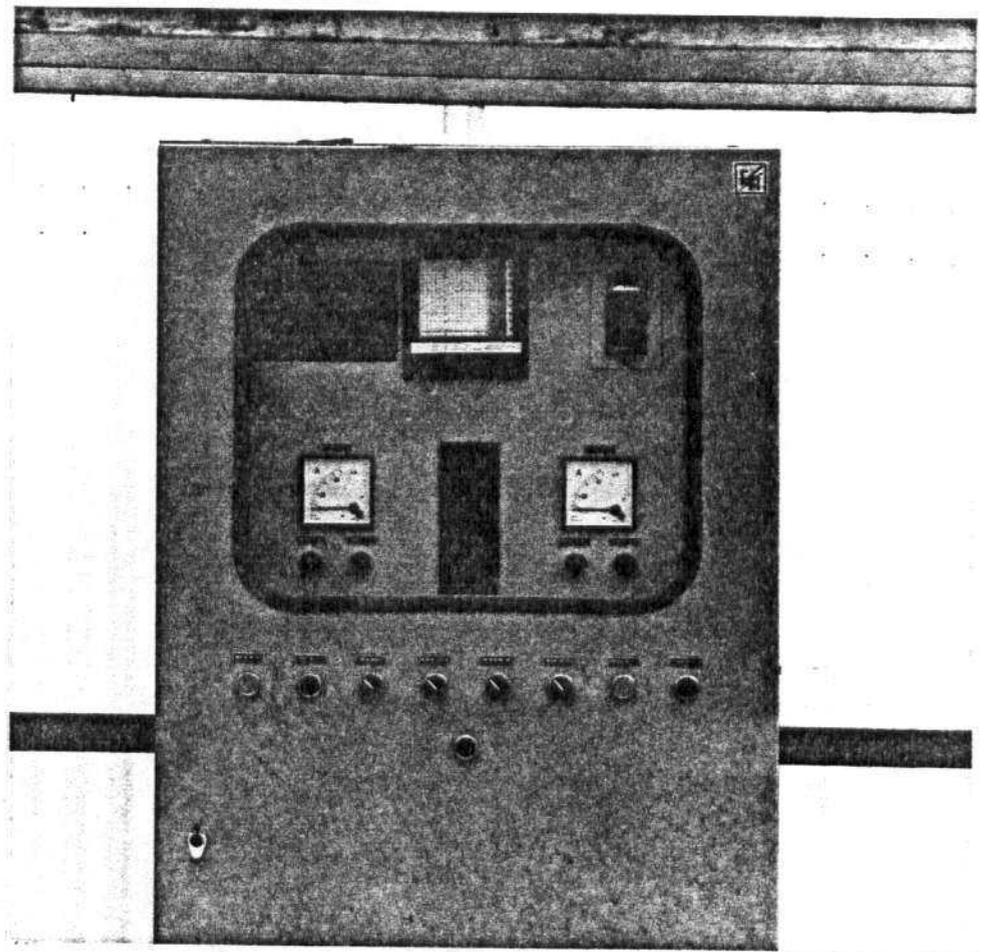


FT-9

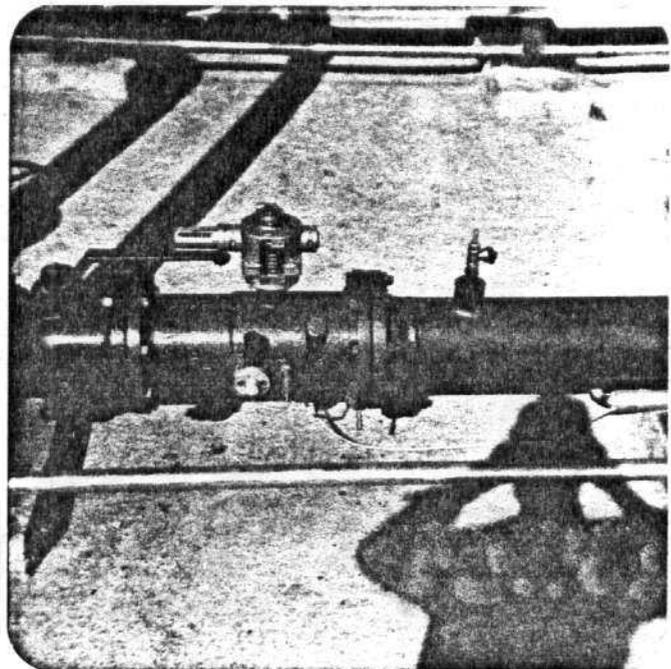
Combustión de gases.
Antorchas.



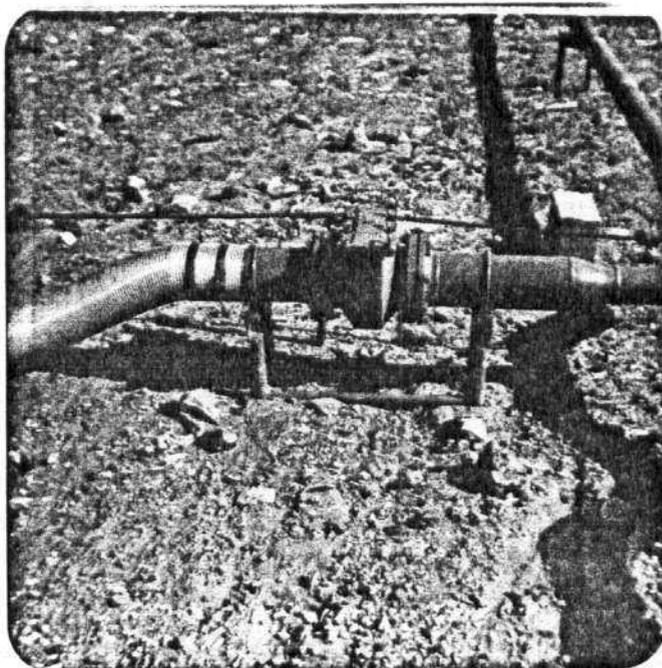
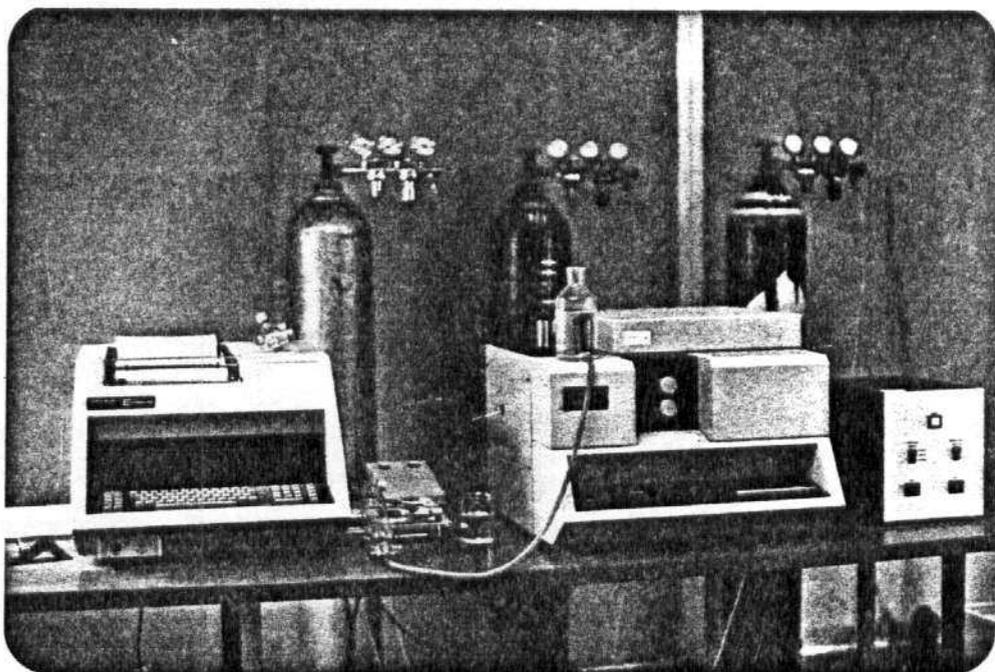
FT-10
Armario de control
y registro.



FT-11
Medidor de caudal
y tomamuestras

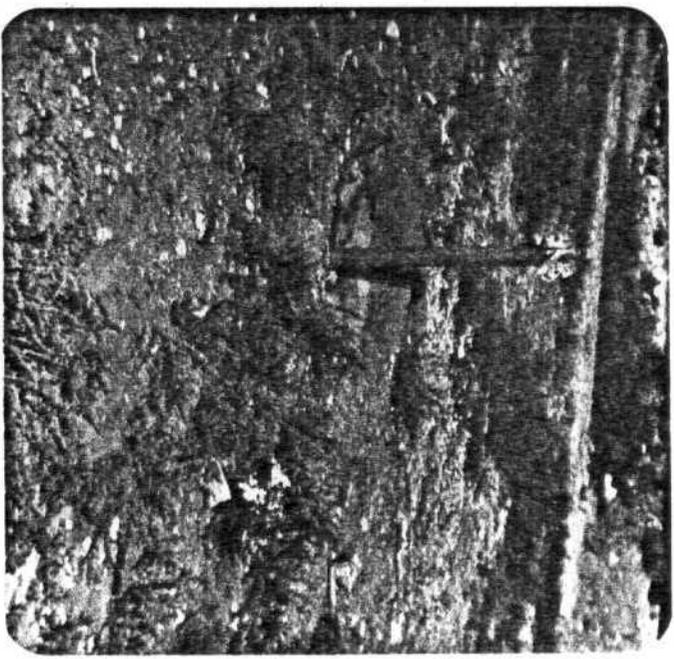


FT-12
Laboratorio de
gases

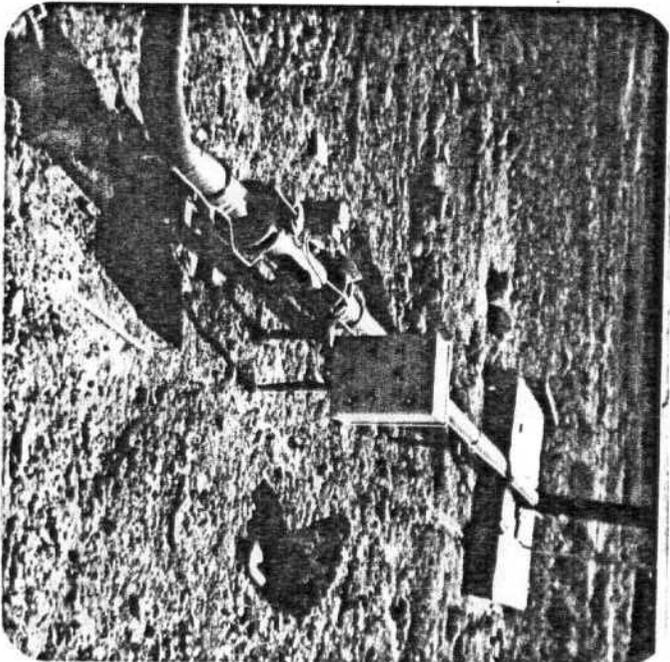


FT-13
Dispositivo apaga
llamas.
(Línea a antorchas)

FT-14
Pozo de produc
ción.



FT-15
Cuadro de encendido
de antorchas



11.- CANALIZACIONES

Para la conducción del gas en su aspiración se ha dispuesto una red de tubería consistente en un colector general del que se derivan a todos los pozos. Esta red de tuberías es tal que permite en todo momento el ensayo de cada pozo en particular o de varios pozos juntos.

El colector general se ha diseñado con tubería de 6" de PVC con fleje metálico y las derivaciones con tubería de PVC de 3" de iguales características para el pozo A y en tubería de acero para los pozos B y C.

En el caso de la tubería de acero la unión entre tramos se ha realizado con bridas y para la tubería de PVC mediante manguitos y abrazaderas debidamente selladas con silicona para evitar entrada de aire.

12.- PRUEBAS ESTATICAS

12.1.- MARCHA DE LOS TRABAJOS

El orden fijado para las pruebas estáticas se determinaron en función de las características de cada pozo, dado las diferencias existentes entre ellos. Se empezó con el pozo C en el que la presencia de gas es más notoria manifestado por las altas presiones pese a notarse también grandes cantidades de agua, para seguir con el pozo A, de características opuestas al C, y terminar las pruebas individuales con el pozo B - cuyos valores obtenidos son más estables.

En esta primera etapa de pruebas estáticas se pretende fijar las normas a seguir en la investigación a partir de la problemática que se presente y que dé origen a modificaciones en la instalación.

En esta etapa los trabajos han sido:

- Recapitulación de los valores obtenidos en los pozos testigos.
- Salida libre de los gases por pozo
- Pruebas de encendido
- Mantenimiento del caudal de gas libre
- Estimación de la presencia de agua
- Influencia en los pozos testigo

Los resultados para cada pozo durante esta etapa se exponen en los apartados siguientes.

12.2.- PRUEBA ESTÁTICA EN POZO DE PRODUCCIÓN A (P.P.A)

La presión en este pozo es ligeramente positiva, pero decae rápidamente a cero. Esto ha dado como consecuencia de que el gas al salir por la tubería arde en la antorcha, prende directamente bajo chispa sin necesidad de llama piloto y al poco tiempo (10 minutos aproximadamente) se apaga.

Los análisis reflejan un gas con la composición esperada. Su abundancia es poca pero se recupera en espacios cortos y variables (del orden de 12 horas) lo que denota posibles interrupciones en el pozo bien por presencia de agua, o bien por atascamiento. Al ensayar estáticamente este pozo no se notó presencia de agua en el ramal correspondiente.

Procediendo a cerrar la instalación y repetir el ensayo - pasadas 24 horas. Se observó que se repetía lo mismo siempre.

Estas consecuencias corresponden en términos generales - con los valores sacados de los pozos testigo de su área. Es decir presiones ligeramente positivas que al abrir la espita tienden a cero.

Durante este ensayo, no se ha podido medir caudal ya que este es del orden de los 20-25 m³/h que no son detectados por el contador.

La acumulación de gases en el tiempo medido, de un día para otro puede ser indicio de varios puntos:

- Producción de gas acumulándose en bolsas pequeñas
- Pozo obstruido por movimiento de tierras
- Pozo obstruido por nivel de agua sin presión suficiente para salir en forma de gotas

Estos puntos deberán ser comprobados en las pruebas dinámicas.

En cualquier caso, la composición del gas mientras sale es en todo momento la esperada del 58-60% de CH₄.

Este ensayo se repitió en varias ocasiones y se desistió seguir realizando hasta esperar el efecto de las soplan-tes

12.3.- PRUEBA ESTÁTICA EN POZO DE PRODUCCIÓN B (P.P.B)

Este pozo responde totalmente a lo esperado por los datos obtenidos en los pozos de control.

La presión es suficiente para mantener un caudal constante. Como se indica en las primeras mediciones en las hojas correspondientes, al PPB se obtienen caudales en torno a los 36-38 m³/h con composiciones del gas con valores superiores - al 61% de CH₄ y 37% de CO₂. Simultáneamente, se siguieron midiendo presiones y temperaturas en los pozos testigos y los valores obtenidos son iguales a los medidos anteriormente por lo que en principio, la salida libre de los gases por el pozo principal (P.P.B) no influye en los pozos testigo.

Los datos obtenidos indican un mantenimiento de caudal estable, con desviaciones tal como se ve en las pruebas realizadas los días, 8, 13 y 14 de Julio de 1981 en los que el caudal se mantiene durante periodos anteriores a la puesta en marcha de las bombas con valores en torno a los 40 y 60 m³/h.

PRUEBAS DEL POZO DE EXTRACCION PPB (ESTÁTICAS)

| FECHA | 1-6-81 | → | 2-6-81 | → | → | → | 3-6-81 | → | → | → | 4-6-81 | → | 7-8 |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----|------------------|------|------|------|--------|---|-----|
| CAUDAL (m ³ /h) | 39 | 39 | 38 | 36 | 74 | 84 | 65 | 126 | 126 | 81 | 121 | | |
| TIEMPO | 17 ²⁰ | 17 ⁴¹ | 10 ³⁰ | 11 ³⁰ | 15 ⁴⁰ | 16 | 10 ²⁰ | 11 | 12 | 11 | 12 | | |
| % CH ₄ | 62 | 61.8 | 61.8 | 61.9 | 58 | 57 | 57.8 | 55.7 | 55.9 | 61.5 | 62 | | |
| % CO ₂ | 37.9 | 37.9 | 37.8 | 37.8 | 33 | 35 | 35.4 | 34.1 | 34.3 | 37.6 | 36.3 | | |
| % N ₂ | 0.07 | 0.22 | 0.23 | 0.18 | 5.3 | 6.2 | 5.5 | 8.06 | 7.8 | 0.65 | 1.33 | | |
| % O ₂ | 0.02 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 1.4 | 1.6 | 1.4 | 2.06 | 2.01 | 0.2 | 0.32 | | |
| T °C | 28 | 28 | 22 | 22 | 25 | 25 | 23 | 24 | 26 | 30 | 32 | | |

VALORES EN POZOS TESTIGO

| | T °C | 19 | 23 | 25 | 25 | 27 | 25 |
|---------------|----------------------|-----------------|------|------|------|------|------|
| BA (4.5m) | m.m H ₂ O | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % CH ₄ | sonda obturada. | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | |
| BA (7.5m) | T °C | 28 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| | m.m H ₂ O | 810 | 780 | 800 | 780 | 810 | 760 |
| | % CH ₄ | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | |
| BA (10.5m) | T °C | 53 | 55 | 56 | 56 | 57 | 56 |
| | m.m H ₂ O | 2010 | 2020 | 2040 | 2025 | 2040 | 2025 |
| | % CH ₄ | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | |
| BB (7.5m) | T °C | 20 | 24 | 25 | 26 | 28 | 26 |
| | m.m H ₂ O | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % CH ₄ | sonda obturada | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | |
| BB (11.5m) | T °C | 34 | 37 | 39 | 39 | 44 | 41 |
| | m.m H ₂ O | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % CH ₄ | sonda obturada | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | |
| BB (15.5m) | T °C | 19 | 23 | 25 | 24 | 27 | 27 |
| | m.m H ₂ O | 460 | 540 | 560 | 600 | 375 | 520 |
| | % CH ₄ | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | |
| BC (9.5m) | T °C | 49 | 51 | 52 | 52 | 52 | 51 |
| | m.m H ₂ O | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % CH ₄ | sonda obturada | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | |
| BC (14.5m) | T °C | 20 | 23 | 26 | 25 | 26 | 25 |
| | m.m H ₂ O | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| | % CH ₄ | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | |
| BC (19.5m) | T °C | 96 | 97 | 100 | 99 | 99 | 100 |
| | m.m H ₂ O | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| | % CH ₄ | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | |

LOS ANALISIS DE LOS POZOS TESTIGO SON REDUCIDOS SIN AIRE

Los valores correspondientes al % de O_2 y % de N_2 que reflejan presencia de aire, es debido a la toma de muestras que este oxígeno no está dentro del vertedero y no es aspirado en las canalizaciones ya que las bombas están paradas. De todas formas se puede ver como este porcentaje está en torno a 0,02% 0,6%, etc.

Las desviaciones de caudal, son ligeras y obedecen unas a condiciones climatológicas, que a características propias del vertedero.

Se ha notado la presencia de otros compuestos diferentes a los analizados por el cromatógrafo. Estos compuestos obtenidos por diferencia están en el orden de menos del 0,01% al que puede corresponder el 40-50% de compuestos de azufre.

12.4.- PRUEBA ESTÁTICA EN EL POZO DE PRODUCCIÓN C (P.P.C)

La presencia de agua en este pozo, ha dificultado substancialmente la investigación en el mismo.

Las presiones medidas, no sólo en este pozo sino en toda su zona son las más altas, en algunos casos por encima de los 2.500 mm H_2O . El agua fluye en muchas ocasiones al exterior en forma intermitente, lo que ha hecho que al dejar salida libre del gas, éste ha arrastrado cantidades de agua que en cortos periodos de tiempo (horas), obstruía las canalizaciones (posteriormente se vió más palpablemente este problema al succionar con las soplantes).

Medidas intermitentes, realizadas durante periodos de prueba daban caudales por encima de los 80 m³/h con mantenimiento de presiones durante la investigación. La duración de estas pruebas no ha sido suficiente para alcanzar posiciones que indicaran ciertos equilibrios ya que al intentar succionar el agua aspirada obturaba los conductos.

13.- PRUEBAS PREVIAS DE CAUDAL
BAJO BOMBEO

13.1.- PLANTEAMIENTO GENERAL

Las pruebas estáticas realizadas, dado las características de los pozos, no han permitido evaluar los parámetros relativos a la problemática de la presencia de agua. Esta problemática está condicionando la marcha de los trabajos, ya que - el espacio ocupado dentro de los pozos por el agua resta, en gran medida la capacidad de aspiraciones en cada uno de ellos y por lo tanto impide la medida real de los radios de influencia en función de la profundidad del pozo, ya que esta profundidad al tener agua, no se corresponde con la real.

Se ha pretendido en esta primera etapa de las pruebas - de caudal obtener datos que permitan fijar un programa de actuación en las pruebas de caudal definitivas así como las modificaciones a que hubiera lugar.

13.2.- PRUEBAS PREVIAS EN POZO A (P.P.A.)

La falta de presión detectada en las pruebas estáticas, se reflejó posteriormente, al poner en marcha el sistema de extracción.

PRUEBAS DEL POZO DE EXTRACCION PPA (PREVIAS)

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------------|--------|----|------|----|------------------|----|------------------|------|--------|------------------|--|--|
| FECHA | 29-6 81 | 2-7-81 | | | | 3-7-81 | | | | 6-7-81 | | | |
| CAUDAL (M ³ /H) | 32 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 40 | 40 | 40 | 40 | | |
| TIEMPO | 10 ⁵⁰ | 11 | 12 | 13 | 14 | 11 ⁴⁰ | 13 | 16 ³⁰ | 17 | 11 | 12 ³⁰ | | |
| % CH ₄ | | 54.1 | | 29.7 | | 19.8 | | 7.3 | 7.4 | | | | |
| % CO ₂ | | 31.9 | | 17.8 | | 11.9 | | 5.2 | 5.2 | | | | |
| % N ₂ | | 11.3 | | 41.2 | | 54.5 | | 69.2 | 69.7 | | | | |
| % O ₂ | | 25.3 | | 10.5 | | 13.8 | | 18.2 | 18.1 | | | | |
| .T °C | | 30 | | 31 | | 39 | | 30 | 34 | | | | |

VALORES EN POZOS TESTIGO

| | T°C | 43 | 57 | 58 | 57 | 56 | 56 | 57 | 57 | 56 | 57 | 58 | | |
|---------------|----------------------|------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| AA (9.5m) | T°C | 43 | 57 | 58 | 57 | 56 | 56 | 57 | 57 | 56 | 57 | 58 | | |
| | m.m.H ₂ O | 0 | presión NULA | | | | | | | | | | | |
| | % CH ₄ | 64.7 | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | 34.6 | | | | | | | | | | | | |
| AA (14.5m) | T°C | 72 | 84 | 84 | 87 | 91 | 94 | 100 | 105 | 106 | 108 | 112 | | |
| | m.m.H ₂ O | 140 | 240 | 255 | 195 | 240 | 90 | 200 | 95 | 50 | 125 | 200 | | |
| | % CH ₄ | 50 | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | 33.4 | | | | | | | | | | | | |
| AA (19.5m) | T°C | 82 | 81 | 82 | 79 | 82 | 75 | 79 | 78 | 78 | 75 | 77 | | |
| | m.m.H ₂ O | 240 | 320 | 280 | 225 | 375 | 320 | 250 | 320 | 325 | 255 | 360 | | |
| | % CH ₄ | 62 | | | | | | | | | 61.9 | | | |
| | % CO ₂ | 33.7 | | | | | | | | | 37.4 | | | |
| AB (4.5m) | T°C | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | | |
| | m.m.H ₂ O | 350 | 375 | 380 | 390 | 400 | 350 | 375 | 365 | 350 | 360 | 360 | | |
| | % CH ₄ | 62.3 | | | | | | | | | 62.1 | | | |
| | % CO ₂ | 37.6 | | | | | | | | | 37.7 | | | |
| AB (7.5m) | T°C | 22 | 27 | 27 | 28 | 29 | 29 | 37 | 29 | 29 | 31 | 33 | | |
| | m.m.H ₂ O | 360 | 500 | 460 | 465 | 450 | 430 | 430 | 420 | 400 | 450 | 420 | | |
| | % CH ₄ | 63 | | | | | | | | | 62 | | | |
| | % CO ₂ | 36.9 | | | | | | | | | 37.6 | | | |
| AB (10.5m) | T°C | 80.6 | 83 | 84 | 84 | 84 | 84 | 86 | 84 | 84 | 83 | 84 | | |
| | m.m.H ₂ O | 2475 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | | |
| | % CH ₄ | 62.2 | | | | | | | | | 62.2 | | | |
| | % CO ₂ | 37.6 | | | | | | | | | 37.6 | | | |
| AC (7.5m) | T°C | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | | |
| | m.m.H ₂ O | 550 | 615 | 625 | 640 | 550 | 860 | 620 | 600 | 600 | 580 | 600 | | |
| | % CH ₄ | 62.6 | | | | | | | | | 62.1 | | | |
| | % CO ₂ | 37.1 | | | | | | | | | 39.4 | | | |
| AC (11.5m) | T°C | 19 | 26 | 28 | 25 | 27 | 26 | 32 | 28 | 32 | 32 | 32 | | |
| | m.m.H ₂ O | 450 | 850 | 860 | 860 | 880 | 860 | 880 | 840 | 840 | 810 | 800 | | |
| | % CH ₄ | 65.3 | | | | | | | | | 65 | | | |
| | % CO ₂ | 34.2 | | | | | | | | | 35.2 | | | |
| AC (15.5m) | T°C | 50 | 57 | 57 | 58 | 59 | 59 | 62 | 63 | 61 | 61 | 64 | | |
| | m.m.H ₂ O | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | | |
| | % CH ₄ | 68.1 | | | | | | | | | 69.3 | | | |
| | % CO ₂ | 34.8 | | | | | | | | | 30.7 | | | |
| | % N ₂ | 0.01 | | | | | | | | | | | | |

LOS ANALISIS DE LOS POZOS TESTIGO SON REDUCIDOS SIN AIRE.

Se probó la extracción a diferentes presiones bajo vacío lográndose pequeñas modificaciones de caudal. Según se refleja en los resultados se ve que este caudal varía de 20 a 40 m³/h, correspondientes a varias presiones.

Según las características de las soplantes utilizadas, - para las velocidades aplicadas los caudales correspondientes, deberían haber sido del orden de los 150-160 m³/h, frente a los 40 m³/h medidos.

Por otro lado, el análisis realizado indica como ha ido aumentando la presencia de O₂ (aire) el cual ha resultado desde 2.53% al 18%, al modificar la presión quedando fijo, prácticamente, el caudal.

Este pozo, cuya profundidad total es de 20 metros, tiene los seis primeros (cota -6 m) con tubería sin perforar, durante la construcción se detectó niveles de agua hasta la cota -8 m. Esto permite establecer, en principio, que el espacio libre del pozo por el cuál se puede aspirar, es de 2 metros. Los asentamientos del terreno, la capa de arcilla que actúa de sellado en la parte superior del pozo no justifica la ausencia de caudal en la aspiración lo que permite establecer la obturación de este pozo, bien por algún objeto o bien porque el nivel de agua ha ascendido hasta la parte no perforada de la tubería.

Por otra parte, se han medido presiones y análisis en las sondas testigo y tal y como se sospecha, el no poder aspirar - por el pozo principal impide ver variaciones en los testigos, al menos en los pozos cuya presión es positiva, con la salvedad de la sonda AA, del nivel 14,5 lo cual indica presiones en tor

no a los 200 mm H₂O cuando en la fase anterior indicaba cero. No obstante, esta presión decae casi instantáneamente, lo que se detecta en el análisis con la presencia de N₂ (16%) ya que la muestra se tomó bajo perilla. En general se observaron aumentos instantáneos de presión pero influenciados por las condiciones climatológicas más que a cualquier otra causa.

Se establece por tanto, la necesidad de realizar los siguientes trabajos:

- Comprobación del nivel del agua en el pozo.
- Comprobación del tramo perforado de tubería libre de agua.
- Comprobación de posibles tramos de la canalización - que permitan la entrada de aire.
- Subsanaos los problemas anteriores a la vista de las conclusiones que se obtengan, realizar la prueba de caudal e influencia.

13.3.- PRUEBAS PREVIAS EN POZO B (P.P.B.)

Ya se ha indicado anteriormente, que esta zona es la - parte más estable de las tres que se analizan. Se detectó presencia de agua en cantidades que no han llegado a ser proble- ma en lo que aspiración se refiere presiones no muy altas pero estables.

Bajo estas premisas se han realizado las primeras prue- bas de caudal, cuyos resultados se indican en las hojas adjuntas.

(PREVIAS)

T-5

PRUEBAS DEL POZO DE EXTRACCION PPB CAUDALES

| FECHA | 7-7-81 | 8-7-81 | | | | 9-7-81 | | | | 13-7-81 | | | | | | |
|----------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|------|------------------|---------|-----|------------------|------------------|----|------------------|--|
| | PRUEBAS ESTÁTICAS | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAUDAL (M ³ /H) | 36 | 12 | 36 | 45 | 46 | 46 | 46 | 41 | 45 | 49 | 66 | 65 | 48 | 33 | 60 | |
| TIEMPO | 10 ⁵⁰ | 11 ⁵⁰ | 15 ³⁰ | 10 ³⁰ | 12 ⁰⁶ | 16 ³⁰ | 17 | 11 | 12 ³⁰ | 17 | 10 | 11 ³⁰ | 12 ³⁰ | | 16 ¹⁵ | |
| % CH ₄ | 61.8 | 61.6 | 59.6 | | 61.9 | 61.1 | 62.7 | 61.7 | 61.6 | 60.1 | 64 | 61 | 62.6 | | 61.8 | |
| % CO ₂ | 37.8 | 37.4 | 36.3 | | 37.7 | 37.4 | 37.4 | 37.9 | 37.9 | 36.7 | 35 | 37 | 36.5 | | 37.8 | |
| % N ₂ | 0.5 | 0.7 | 3.2 | | 0.23 | 0.40 | 0.32 | 0.25 | 0.3 | 2.4 | 0.4 | 1.1 | 0.7 | | 0.3 | |
| % O ₂ | 0.1 | 0.2 | 0.8 | | 0.06 | 0.1 | 0.1 | 0.06 | 0.07 | 0.61 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | | 0.06 | |
| .T °C | 35 | 37 | 37 | | 31 | 32 | 32 | 32 | 32 | 31 | 31 | 26 | 35 | | 32 | |

VALORES EN POZOS TESTIGO

| | T °C | 33.5 | 34 | 34 | 30 | 31 | 31 | 31 | 30 | 30 | 32 | | 31 | 31 | | 31 |
|---------------|----------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|------|------|----|------|
| BA (4.5m) | m.m.H ₂ O | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 |
| | % CH ₄ | SONDA OBTURADA. | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T °C | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | | 29 | 29 | |
| BA (7.5m) | m.m.H ₂ O | 850 | 840 | 855 | 855 | 850 | 860 | 860 | 850 | 850 | 855 | | 860 | 840 | | 840 |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T °C | 59 | 60 | 60 | 57 | 58 | 58 | 58 | 57 | 58 | 59 | | 58 | 61 | | 61 |
| BA (10.5m) | m.m.H ₂ O | 2025 | 2050 | 2040 | 2045 | 2050 | 2040 | 2050 | 2050 | 2060 | 2065 | | 2040 | 2040 | | 2040 |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T °C | 51 | 52 | 53 | 53 | 55 | 56 | 57 | 56 | 57 | 57 | | 57 | 61 | | 61 |
| BB (7.5m) | m.m.H ₂ O | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 |
| | % CH ₄ | SONDA OBTURADA. | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T °C | 67 | 67 | 64 | 63 | 64 | 65 | 61 | 63 | 63 | 62 | | 67 | 64 | | 61 |
| BB (11.5m) | m.m.H ₂ O | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 |
| | % CH ₄ | SONDA OBTURADA. | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T °C | 45 | 45 | 45 | 36 | 46 | 46 | 45 | 46 | 45 | 46 | | 46 | 46 | | 46 |
| BB (15.5m) | m.m.H ₂ O | 435 | 505 | 530 | 340 | 330 | 325 | 380 | 400 | 455 | 340 | | 455 | 450 | | 480 |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T °C | 60 | 60 | 59 | 60 | 59 | 59 | 60 | 59 | 58 | 58 | | 58 | 61 | | 61 |
| BC (9.5m) | m.m.H ₂ O | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 |
| | % CH ₄ | SONDA OBTURADA. | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T °C | 33 | 33 | 34 | 35 | 30 | 32 | 31 | 30 | 31 | 31 | | 31 | 32 | | 31 |
| BC (14.5m) | m.m.H ₂ O | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | | 2500 | 2500 | | 2500 |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T °C | 103 | 103 | 103 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 103 | | 102 | 102 | | 102 |
| BC (19.5m) | m.m.H ₂ O | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | | 2500 | 2500 | | 2500 |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T °C | 103 | 103 | 103 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 103 | | 102 | 102 | | 102 |

LOS ANALISIS DE LOS POZOS TESTIGO SON REDUCIDOS SIN AIRE

(PREVIAS)

PRUEBAS DEL POZO DE EXTRACCION P.P. B. (CAUDALES)

| FECHA | 14-7-81 | 15-7-81 | | | | 16-7-81 | | | | 17-7-81 | | | | |
|----------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|---------|------|------|------------------|------------------|
| CAUDAL (m ³ /h) | 61 | 45 | 40 | 40 | 55 | 53 | 72 | 53 | 74 | 69 | 68 | 64 | 58 | 58 |
| TIEMPO | 10 | 10 ⁵⁰ | 11 ⁴⁰ | 12 ¹⁰ | 10 ²⁰ | 11 ³⁰ | 12 ³⁰ | 16 ²⁰ | 11 | 12 | 13 | 16 | 10 ¹⁵ | 12 ³⁰ |
| % CH ₄ | | 61.8 | | 61.7 | 61.5 | 61.7 | 61.7 | 61.4 | 63.7 | 61.2 | 61.4 | 61.3 | 61.5 | 61.4 |
| % CO ₂ | caudal sin bombear | 37.5 | | 37.6 | 37.6 | 37.5 | 37.6 | 37.8 | 35.4 | 37.4 | 37.3 | 37.6 | 37.5 | 37.6 |
| % N ₂ | | 0.5 | | 0.5 | 0.61 | 0.61 | 0.55 | 0.6 | 0.65 | 1.1 | 1.1 | 0.8 | 0.82 | 0.75 |
| % O ₂ | | 0.1 | | 0.1 | 0.13 | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.17 | 0.16 |
| T °C | | 32 | | 32 | 32 | 37 | 36 | 54 | 33 | 39 | 36 | 35 | 36 | 36 |

VALORES EN POZOS TESTIGO

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------|--|------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BA (4.5m) | T °C | | | | | | | | | | | | | |
| | m.m.H ₂ O | | | | | | | | | | | | | |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | |
| BA (7.5m) | T °C | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| | m.m.H ₂ O | 845 | 840 | 830 | 845 | 840 | 840 | 835 | 825 | 840 | 835 | 830 | 830 | 830 |
| | % CH ₄ | | 62.7 | | | | | | | | | | | 62.7 |
| | % CO ₂ | | 37 | | | | | | | | | | | 37.1 |
| | % N ₂ | En la toma de muestras la presión desciende a cero | | | | | | | | | | | | |
| BA (10.5m) | T °C | 58 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 58 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 |
| | m.m.H ₂ O | 2040 | 2025 | 2025 | 2025 | 2030 | 2030 | 2040 | 2030 | 2040 | 2050 | 2050 | 2050 | 2050 |
| | % CH ₄ | | 63 | | | | | | | | | | | 63.4 |
| | % CO ₂ | | 36 | la presión desciende a cero pero se recupera en minutos. | | | | | | | | | | 36.5 |
| | % N ₂ | | 0.2 | | | | | | | | | | | |
| BB (7.5m) | T °C | | | | | | | | | | | | | |
| | m.m.H ₂ O | | | | | | | | | | | | | |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | |
| BB (11.5m) | T °C | | | | | | | | | | | | | |
| | m.m.H ₂ O | | | | | | | | | | | | | |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | |
| BB (15.5m) | T °C | 45 | 45 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 |
| | m.m.H ₂ O | 450 | 475 | 145 | 150 | 150 | 160 | 270 | 275 | 300 | 360 | 310 | 310 | 310 |
| | % CH ₄ | | 66.8 | | | | | | | | | | | 66.6 |
| | % CO ₂ | | 31.3 | la presión desciende a cero y se recupera en minutos. | | | | | | | | | | 32.9 |
| | % N ₂ | | 0.3 | | | | | | | | | | | |
| BC (9.5m) | T °C | | | | | | | | | | | | | |
| | m.m.H ₂ O | | | | | | | | | | | | | |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | |
| BC (14.5m) | T °C | 30 | 33 | 31 | 32 | 33 | 34 | 30 | 36 | 31 | 29 | 28 | 28 | 28 |
| | m.m.H ₂ O | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| | % CH ₄ | | 62.4 | | | | | | | | | | | 62.4 |
| | % CO ₂ | | 37.4 | | | | | | | | | | | 37.1 |
| | % N ₂ | | 0.12 | | | | | | | | | | | 0.26 |
| BC (19.5m) | T °C | 101 | 102 | 100 | 100 | 100 | 101 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | m.m.H ₂ O | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| | % CH ₄ | | 64.3 | | | | | | | | | | | 64.5 |
| | % CO ₂ | | 35.7 | | | | | | | | | | | 35.8 |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | 0.1 |

LOS ANALISIS DE LOS POZOS TESTIGO SON REDUCIDOS SIN AIRE

(PREVIAS)

T-5

PRUEBAS DEL POZO DE EXTRACCION P.P.B CAUDALES

| FECHA | 20-7-81 | | | | 21-7-81 | | | | 22-7-81 | | | | 23-7-81 | | | |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------|---------|------------------|------------------|------|---------|------------------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--|
| CAUDAL (m ³ /h) | 95 | 94 | 102 | 70 | 64 | 65 | 70 | 72 | 62 | 65 | 66 | 70 | 68 | 61 | 67 | |
| TIEMPO | 10 ³⁰ | 11 ³⁰ | 12 ³⁰ | 16 | 12 | 12 ⁴⁵ | 14 ³⁰ | 16 | 10 | 11 ³⁰ | 12 ³⁰ | 15 ²⁰ | 13 | 14 ³⁰ | 15 ¹⁵ | |
| % CH ₄ | 61.4 | 52.3 | 61.2 | 52.7 | 61.6 | 61.5 | 63.5 | 61.5 | 61.5 | 61.2 | 61.3 | 61.3 | 61.6 | 61.3 | 61.4 | |
| % CO ₂ | 37.4 | 32.9 | 37.4 | 32.9 | 37.4 | 37.5 | 35.5 | 37.5 | 37.6 | 37.1 | 37.5 | 37.4 | 37.6 | 37.7 | 37.5 | |
| % N ₂ | 0.94 | 11.86 | 1.1 | 11.4 | 0.8 | 0.8 | 0.84 | 0.83 | 0.86 | 0.69 | 0.9 | 1.04 | 0.65 | 0.84 | 0.88 | |
| % O ₂ | 0.2 | 3 | 0.2 | 2.8 | 0.16 | 0.17 | 0.18 | 0.16 | 0.13 | 0.13 | 0.18 | 0.18 | 0.12 | 0.15 | 0.14 | |
| T °C | 38 | 37 | 38 | 36 | 36 | 37 | 37 | 37 | 33 | 34 | 37 | 35 | 25 | 21 | 21 | |

VALORES EN POZOS TESTIGO

| POZO | T °C | m.m./H ₂ O | % CH ₄ | % CO ₂ | % N ₂ |
|-----------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| BA (45m) | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | 29 | 29 | 29 | 29 |
| | m.m./H ₂ O | 810 | 810 | 810 | 810 |
| | % CH ₄ | | | | |
| | % CO ₂ | | | | |
| BA (75m) | T °C | 29 | 29 | 29 | 29 |
| | m.m./H ₂ O | 830 | 825 | 825 | 825 |
| | % CH ₄ | | | | |
| | % CO ₂ | | | | |
| | % N ₂ | | | | |
| BA (105m) | T °C | 59 | 60 | 61 | 62 |
| | m.m./H ₂ O | 2020 | 2030 | 2035 | 2035 |
| | % CH ₄ | | | | |
| | % CO ₂ | | | | |
| | % N ₂ | | | | |
| BB (75m) | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| BB (115m) | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| BB (155m) | T °C | 46 | 46 | 46 | 46 |
| | m.m./H ₂ O | 310 | 280 | 240 | 135 |
| | % CH ₄ | | | | |
| | % CO ₂ | | | | |
| | % N ₂ | | | | |
| BC (95m) | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| | T °C | m.m./H₂O | % CH₄ | % CO₂ | % N₂ |
| BC (145m) | T °C | 28 | 30 | 31 | 31 |
| | m.m./H ₂ O | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| | % CH ₄ | | | | |
| | % CO ₂ | | | | |
| | % N ₂ | | | | |
| BC (195m) | T °C | 98 | 99 | 100 | 100 |
| | m.m./H ₂ O | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| | % CH ₄ | | | | |
| | % CO ₂ | | | | |
| | % N ₂ | | | | |

LOS ANALISIS DE LOS POZOS TESTIGO SON REDUCIDOS SIN AIRE

(PREVIAS)

T-5

PRUEBAS DEL POZO DE EXTRACCION PPB CAUDALES

| FECHA | 24-7-81 | 28-7-81 | | | | 29-7-81 | | | | 30-7-81 | | | | | |
|----------------------------|------------------|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| CAUDAL (m ³ /h) | 63 | 74 | 94 | 97 | 98 | 99 | 101 | 103 | 105 | 105 | 105 | 105 | 106 | 106 | 106 |
| TIEMPO | 10 ³⁰ | 12 | 10 ¹⁵ | 11 ¹⁵ | 12 ¹⁵ | 13 ¹⁵ | 10 | 12 | 14 ¹⁵ | 15 ⁴⁰ | 10 ⁵⁰ | 11 ⁵⁰ | 12 ⁵⁰ | 14 ⁵⁰ | 15 ⁵² |
| % CH ₄ | | 61.3 | 63.4 | 61.3 | 60.9 | 63 | 61.4 | 60.9 | 60.5 | 60.8 | | | 61.3 | | 60.6 |
| % CO ₂ | | 37.6 | 35.8 | 37.5 | 37.4 | 35.4 | 37.5 | 37.4 | 37.9 | 37.1 | | | 37.3 | | 37.3 |
| % N ₂ | | 0.83 | 0.68 | 0.98 | 1.3 | 1.3 | 0.89 | 1.4 | 1.9 | 1.8 | | | 1.1 | | 1.9 |
| % O ₂ | | 0.16 | 0.11 | 0.17 | 0.2 | 0.18 | 0.15 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | | | 0.2 | | 0.3 |
| .T °C | 21 | 23 | 33 | 36 | 36 | 36 | 35 | 35 | 39 | 38 | 34 | 38 | 39 | 39 | 39 |

VALORES EN POZOS TESTIGO

| | T °C | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|--|------|------|--|--|--|------|
| BA (4.5m) | m.m./h ₂ O | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | |
| | % N ₂ | | | | | | | | | | | | | | |
| BA (7.5m) | T °C | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | | 29 | 29 | | | | 29 |
| | m.m./h ₂ O | 775 | 820 | 820 | 820 | 825 | 820 | 820 | | 825 | 825 | | | | 815 |
| | % CH ₄ | 62.7 | | | | | | | | | | | | | 61.7 |
| | % CO ₂ | 37.2 | | | | | | | | | | | | | 36.4 |
| | % N ₂ | - | | | | | | | | | | | | | 0.02 |
| BA (10.5m) | T °C | 61 | 60 | 61 | 62 | 62 | 59 | 60 | | 60 | 59 | | | | 59 |
| | m.m./h ₂ O | 2020 | 2050 | 2055 | 2050 | 2065 | 2060 | 2060 | | 2055 | 2050 | | | | 2060 |
| | % CH ₄ | 63.2 | | | | | | | | | | | | | 62.8 |
| | % CO ₂ | 36.7 | | | | | | | | | | | | | 37 |
| | % N ₂ | 0.02 | | | | | | | | | | | | | 0.08 |
| BB (7.5m) | T °C | | | | | | | | | | | | | | |
| | m.m./h ₂ O | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | |
| BB (11.5m) | T °C | | | | | | | | | | | | | | |
| | m.m./h ₂ O | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | |
| BB (15.5m) | T °C | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | | 46 | 48 | | | | 45 |
| | m.m./h ₂ O | 500 | 75 | 80 | 70 | 50 | 45 | 60 | | 110 | 90 | | | | 90 |
| | % CH ₄ | 66.9 | | | | | | | | | | | | | 64 |
| | % CO ₂ | 32.6 | | | | | | | | | | | | | 35 |
| | % N ₂ | 0.34 | | | | | | | | | | | | | 0.68 |
| BC (9.5m) | T °C | | | | | | | | | | | | | | |
| | m.m./h ₂ O | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CH ₄ | | | | | | | | | | | | | | |
| | % CO ₂ | | | | | | | | | | | | | | |
| BC (14.5m) | T °C | 21 | 27 | 30 | 30 | 30 | 29 | 32 | | 34 | 31 | | | | 35 |
| | m.m./h ₂ O | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | | 2500 | 2500 | | | | 2500 |
| | % CH ₄ | 62 | | | | | | | | | | | | | 62 |
| | % CO ₂ | 37.8 | | | | | | | | | | | | | 34.1 |
| | % N ₂ | 0.2 | | | | | | | | | | | | | 1.92 |
| BC (19.5m) | T °C | 98 | 94 | 94 | 94 | 94 | 93 | 93 | | 93 | 93 | | | | 93 |
| | m.m./h ₂ O | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | | 2500 | 2500 | | | | 2500 |
| | % CH ₄ | 64 | | | | | | | | | | | | | 63.7 |
| | % CO ₂ | 35.9 | | | | | | | | | | | | | 3.6 |
| | % N ₂ | - | | | | | | | | | | | | | - |

LOS ANALISIS DE LOS POZOS TESTIGO SON REDUCIDOS SIN AIRE

Al comienzo de las pruebas, cada día, se nota en la instalación, recuperación de presión realizada esta durante las horas de parada. La prueba realizada el día 14-7-81 y la correspondiente al 15-7-81, son con las mismas características de aspiraciones (igual n° de revoluciones). Durante la primera prueba el caudal disminuyó de 61 a 40 m³/h y al comenzar la segunda prueba en iguales circunstancias el caudal fue de - 55 m³/h. Es decir, se había regenerado de 40 a 55 m³/h. Este caudal empezó a decaer hasta mantenerse a 53 m³/h con una medida de 72 m³/h debida a efectos de la antorcha, la cual en determinadas ocasiones, por viento o diferentes formas de combustión (como puede ser diferente composición de los gases en determinado momento) produce cresta como la indicada tanto - en aumento como en descenso.

Se han ensayado diferentes caudales sin esperar a su estabilización con vista a medir las posibles entradas de aire a diferentes presiones. En este aspecto los resultados han sido totalmente positivos.

No se ha denotado influencia en los pozos testigo, si bien es de esperar que esto surja para caudales de aspiración mayores. Las diferencias medidas en las presiones, ya hemos - indicado que son debidas a efectos atmosféricos y que afectan a toda la zona que a cualquier otra causa.

A la vista de los datos obtenidos en esta etapa se ha fijado la medición de caudales de forma definitiva de acuerdo a dos puntos a concretar:

- Tiempo total de estabilización
- Caudal máximo, sin aire, estabilizado

Se han dispuesto las soplantes de forma que se aspiren caudales que van desde los 40 m³/h hasta los 106 m³/h de forma progresiva con algún ensayo aislado en el que se obtenían 126 m³/h.

El sistema seguido, consistente en esta fase, en la puesta en marcha de la instalación diaria, con tiempos, al principio, de salida libre de gases. Con este ensayo y en cualquiera de los caudales medidos se han sacado las siguientes conclusiones:

- La presencia del agua no ocasiona en este caso problemas de bombeo, ya que las cantidades aspiradas son fácilmente eliminables en los separadores puestos para tal fin, a la salida de cada pozo a la vista general del agua.
- No se alcanza la estabilización del sistema en cuanto a presiones se refiere. En las pruebas diarias al fijar un caudal con la soplante se observa a lo largo del día que los caudales disminuyen, lo que se interpreta como disminución de la presión en el pozo, aumento de la pérdida de presión de la bomba, intentando a estabilizarse sin llegar a alcanzar éste, en el periodo de prueba.

En cualquier caso, incluso en los caudales mayores (30-7-81) la composición de los gases se mantiene en torno al 61% en CH₄, siendo los porcentajes de O₂, más efecto de la toma de muestra que de aire realmente aspirado.

13.4.7 PRUEBAS PREVIAS EN EL POZO C (P.P.C.)

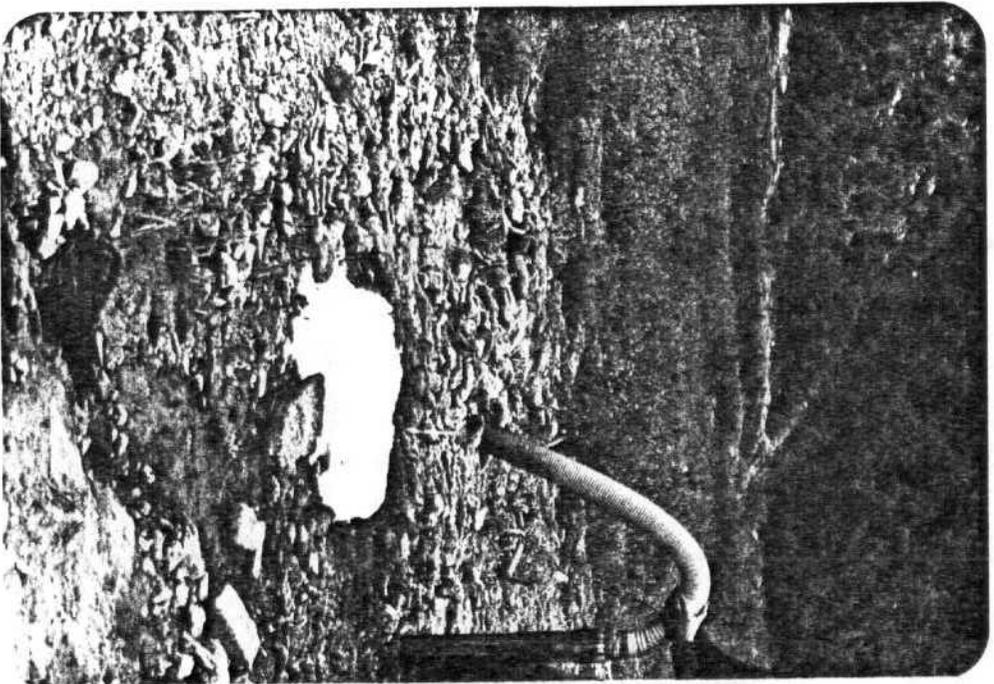
Este pozo ha sido, el que ha presentado mayores problemas, que de forma general, podemos decir son ocasionados por la presencia de agua.

La construcción de este pozo ha sido de tal forma que el tramo de tubería sin perforar es de 4 m. y la presencia de agua se ha hecho notoria en todas las fases de este trabajo. El separador de aguas dispuesto justo a la salida del pozo ha sido insuficiente incluso con presiones mínimas de la soplante obturándose en pocos minutos (5 minutos).

Se realizó el ensayo previamente sin separador, esperando separar el agua en el correspondiente, situado en la planta junto a la soplante, ya que en principio, el transporte de esta cantidad de agua arrastrada con el gas no creaba problemas en cuanto a presión necesaria en la soplante. Este volumen de agua quedó establecido en los puntos bajos de la instalación, produciendo vacíos superiores a los admisibles en aquellos tramos en que la canalización es flexible. Esto dió lugar a la sustitución de este tramo de tubería (colector general) por la equivalente en acero, lo cual elimina el problema de resistencia de la canalización pero no de la eliminación del agua lógicamente.

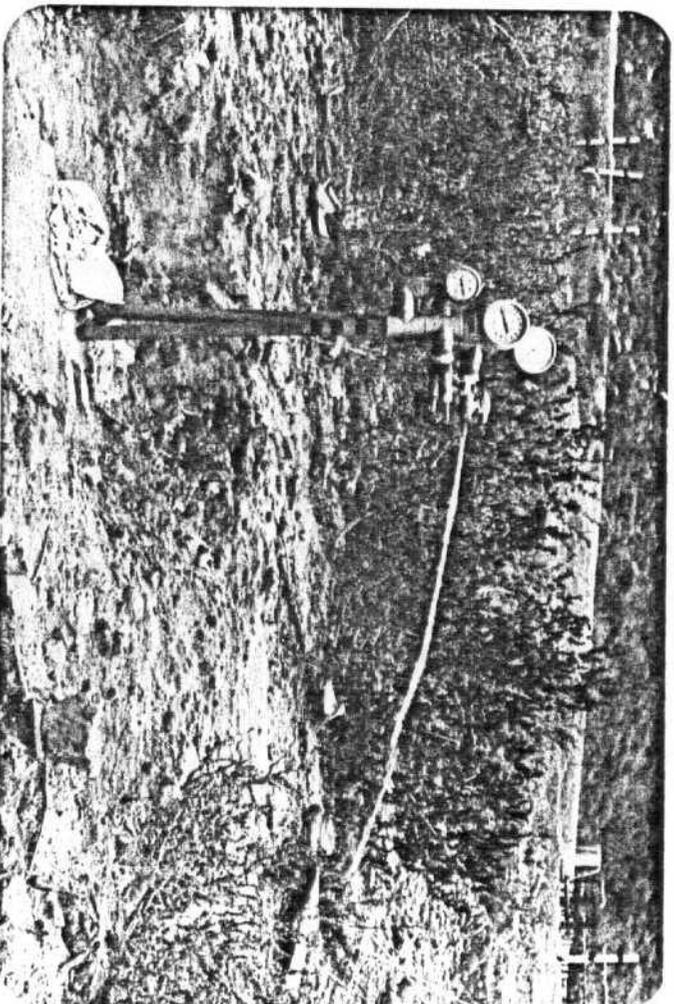
Este ensayo se ha repetido varias veces vaciando el agua en la canalización procediéndose posteriormente a la colocación del depósito eliminador de agua, el cual, resultó insuficiente.

Estos inconvenientes han impedido en este pozo la medición de caudales ni influencias. Se siguen detectando las presiones más altas de gas y que en muchos casos se mantienen por encima de los 2.000 mm H₂O.



FT-16

Foto PPC. Brote de agua sin
necesidad de succión



FT-17 - Pozo testigo en zona C. La presión interior y el agua
almacenada hace que ésta brote intermitentemente.

Se repitieron los ensayos, colocando un separador de - agua de mayor capacidad (300 l) para la mínima presión de aspi ración con las soplantes provocaba la salida del agua en cau dales del orden de 35 l/min., llenándose dicho separador y per diendo su eficacia, ya que alcanzado un nivel el agua procedía a pasar a la red llegando a obturarla repetidas veces, por lo que se desistió hasta no diseñarse un separador de agua en con tínuo y bajo vacío que sea eficaz.

En las fotografías FT-16 y FT-17 se captan dos muestras de este problema, tanto en el pozo de extracción como en la zo na de influencia.

13.5.- TEMPERATURAS

Las temperaturas medidas junto a la salida de los pozos oscilan en torno a 37-44°C, variando prácticamente dentro de este intervalo a lo largo del día.

14.- PRUEBAS DE CAUDAL EN CONTINUO

La problemática de la extracción del gas, diferente para cada pozo, y puesta de forma patente en las pruebas previas de caudal, presentan claramente dos aspectos diferentes.

De una parte, la existencia de gas con una composición en torno al 60% de CH_4 y por otra parte la existencia del agua que condiciona su extracción y posterior eliminación, por lo que la extracción en continuo del gas se planteó, en principio, en base a dos condicionantes, a excepción del pozo A, cuya presión y caudales medidos indicaban su atasco.

14.1.- PRUEBAS EN POZO A

Los trabajos realizados sobre este pozo han sido los siguientes:

- a) Análisis de gases. Se ha mantenido la composición establecida anteriormente. Es decir, la presencia de porcentaje de O_2 por encima del 15% establece la presencia de aire en el espacio libre del pozo correspondiendo la composición 17,5% de CH_4 , 10,3% de CO_2 y 57% de N_2 a las emanaciones de gas que se producen a través del agua.

Los resultados anteriores, analizados previa eliminación del aire, el cual corresponde a la toma de muestra y no es componente del gas del vertedero, da unos resultados de - 61,1% de CH_4 , 35,9 de CO_2 , 2,6 de N_2 y 0,4% de otros, lo que indica claramente una calidad de gas excelente.

b) Nivel de agua. En esta segunda fase se ha vuelto a medir el nivel de agua, estando ésta en valores en torno a 6-7 m, lo que indica que el nivel de ésta ha ascendido, por lo cual - no se extrae caudal de gas. Se observan obstáculos que no permiten introducir la sonda de medida más abajo del nivel de agua, pero no suficientes para interrumpir la salida de gas.

Ante la imposibilidad de poder extraer el gas de este - pozo se optó por no seguir la investigación en el mismo, de jando las modificaciones a realizar correspondientes para una futura ampliación del proyecto, ya que, entre otros tra bajos, se tendría que extraer la tubería actual, comprobar su estado y ver las causas de los problemas planteados, cu ya realización se sale de las posibilidades tanto económi cas como temporales de este proyecto.

No obstante este problema, si los resultados de la zona son positivos, se minimizará o incluso desaparecerá, en el caso de su utilización futura, ya que se preven por encima de la zona de investigación entre 20 y 30 m de residuos a lo lar go de la vida del vertedero, por lo que dado la calidad de la zona, los impedimentos que obstaculizan la salida del gas desaparecerán.

14.2.- PRUEBAS CONTINUAS EN POZO B

No se establece, a priori, tiempo de marcha en continuo, hasta no comprobar las posibilidades de esta prueba. Se parte, igual que en casos anteriores del supuesto, de que la presen cia de gas es evidente, y que la problemática vendrá por la - presión necesaria para transportar éste hasta las antorchas, ya que según la presión de aspiración aplicada el agua que el gas

arrastre irá determinando el dimensionado de los separadores de agua, tanto de eliminación directa como de condensado.

La problemática de la extracción directa sin separadores de agua (a excepción de los instalados justo y antes de las soplantes) se ha puesto de manifiesto en las pruebas previas de caudal, por lo que los ensayos realizados para extraer en continuo se han comenzado previa instalación de un separador de agua justo a la salida del pozo, pretendiéndose separar en este depósito el agua líquida arrastrada en la aspiración dejando el situado delante de la soplante para los condensados.

Comprobada la insuficiencia del separador de agua (tipo SP-30) de dimensiones \varnothing 50 cm y h = 50 cm, con una capacidad de almacenamiento de agua de 30 l, se sustituyó por otro de mayor capacidad (tipo SP-300) de \varnothing 50 cm y h = 185 cm, previsto para 300 l.

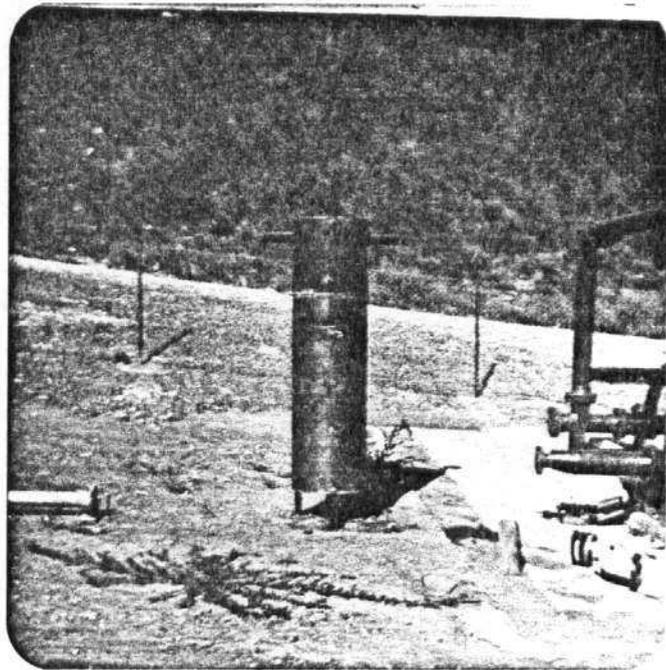
Realizado el ensayo, se detectó agua en la tubería por lo que se situó un segundo separador igual al anterior, situado junto a la planta, para que almacenara el agua de condensado más la no captada por el separador anterior.

Se alcanzó un caudal de gas en el que con los dos separadores de 300 l (SP-300), se eliminaba del gas prácticamente todo el agua, detectándose una cantidad mínima en el separador dispuesto en la línea de las antorchas y que corresponde a condensación. No se aumentaron los caudales pues se detectó presencia de N_2 en aumento en los análisis.

Los resultados que se han obtenido para todas las pruebas realizadas se indican en los apartados que siguen:



FT-18
Separador SP-30
(Cap. 30 l)



FT-19
Separador SP-300
(Cap. 300 l)

14.2.1.- Pruebas de caudal con separador de agua SP-30 a la salida del pozo (FT-20)

Se han realizado tres pruebas, ya que el separador SP-30 se llenaba en un tiempo corto y al no eliminar el agua automáticamente por estar trabajando bajo vacío, obligaba al paro de la planta ocasionando en varias ocasiones la entrada de agua en los equipos.

Antes de proceder a la puesta en marcha se dió salida libre de gas, detectándose una presión de 7,5 mba. en el toma muestras de la planta, transcurrido un tiempo aproximado de 1 h se puso en marcha la soplante.

En la fotografía FT-20 y FT-21 se reflejan los dispositivos para eliminar el agua de salida de pozo y condensado, dispuesto para realizar esta prueba.

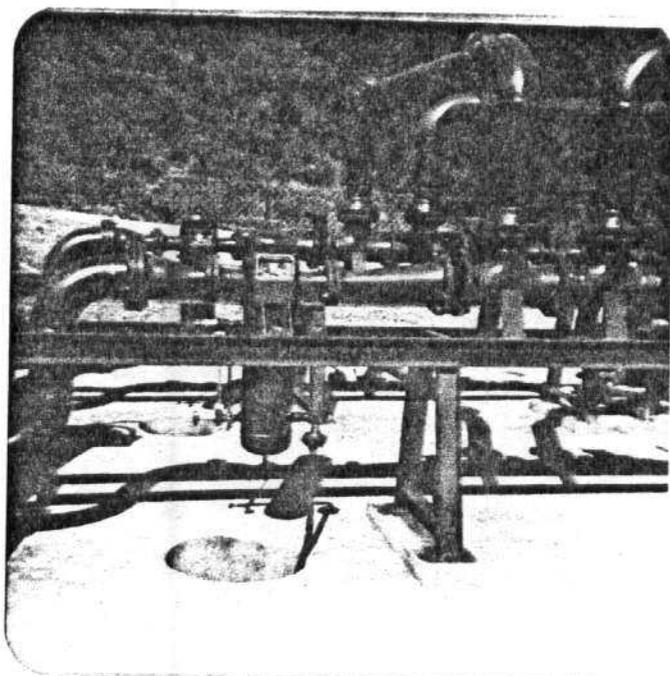
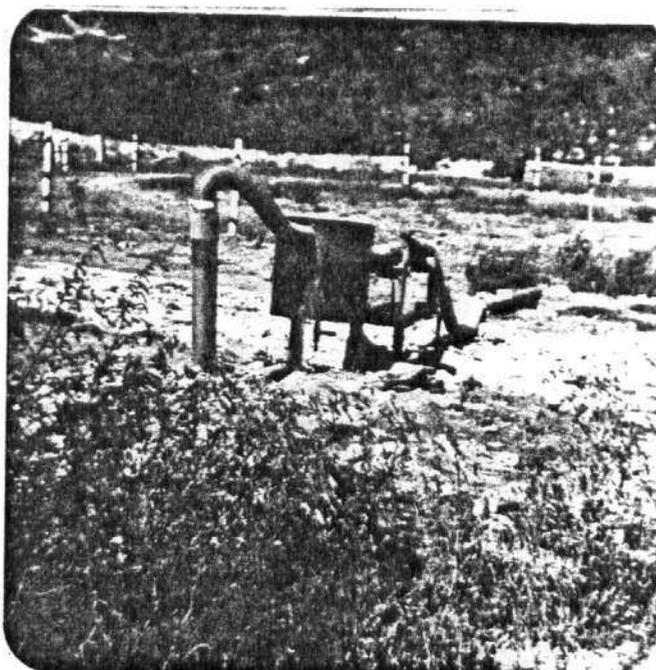
14.2.1.1.- Caudales

Se fijó la posición del regulador del motor de la soplante de modo que la variación de caudal que se presenta fuesen motivadas por causas propias del gas y no por el equipo de bombeo.

Se partió de una posición de la soplante equivalente a un caudal de $67 \text{ m}^3/\text{h}$, el cual sufrió alteraciones a lo largo de todo el ensayo.

Los caudales que se midieron fueron los siguientes:

FT-20
Pruebas en P.P.B.
con SP-30
(insuficiente)



FT-21
Pruebas en PPB, elimi
nando el condensado -
solo con el dispuesto
en la planta
(insuficiente)

| <u>Día</u> | <u>Hora</u> | <u>Caudales</u> | <u>Observaciones</u> |
|------------|-------------|------------------------|----------------------------|
| 9/IX/81 | 11 h | Salida libre | presión 75 mm cda. |
| " | 12 " | 66,8 m ³ /h | pequeñas oscilaciones |
| " | 13 " | 66 m ³ /h | " " |
| " | 16 " | 62,2 m ³ /h | aumento de oscilaciones |
| " | 19 " | 60 m ³ /h | " " " |
| 10/IX/81 | 7 h 15' | 66 m ³ /h | eliminación de agua |
| | 8 h 15' | 61,4 m ³ /h | aumento de oscilaciones |
| | 9 h 40' | 63,8 m ³ /h | |
| | 10 h 15' | 66,4 m ³ /h | |
| | 11 h 13' | 64 m ³ /h | |
| | 12 h 13' | 66,2 m ³ /h | |
| | 12 h 43' | | presión salida: 18 mm cda. |

Marcha en continuo: 26 horas.

Durante la noche 9-10/IX se observó que el agua había pasado a la red, y en las soplantes su presencia era patente, afectando el funcionamiento de ésta y alterando las características del aceite de los cárteres.

Eliminando el agua del separador, se detectó que éste era insuficiente y una vez alcanzado un nivel máximo el agua en el interior del mismo era arrastrada por el gas en su aspiración.

En esta primera prueba, la disminución de los caudales, se determinó que era causado únicamente por la presencia de agua.

Se procedió a la limpieza de las soplantes siendo necesario su rectificado en el taller, vaciado de la red y depósito de agua.

Se comenzó nuevamente la extracción del mismo pozo, ob
 teniéndose los siguientes caudales:

| <u>Día</u> | <u>Hora</u> | <u>Caudal</u> | <u>Observaciones</u> |
|------------|-------------|------------------------|--------------------------|
| 17/IX/81 | 10 h | salida libre | presión nula |
| | 12 h 17' | 71,4 m ³ /h | registro de oscilaciones |
| | 12 h 38' | 74,8 " | " " " |
| | 14 h 52' | 76,4 " | " " " |
| | 15 h 17' | 78,6 " | " " " |
| | 16 h 53' | 76,6 " | " " " |
| | 17 h 17' | 76,4 " | " " " |
| 18/IX/81 | 8 h 14' | 77 " | " " " |
| | 8 h 30' | 78,6 " | " " " |
| | 10 h 32' | 88,8 " | " " " |
| | 10 h 52' | 88,2 " | " " " |
| | 11 h 32' | 90 " | " " " |
| | 12 h 32' | 89,2 " | " " " |
| | 15 h 32' | 87,8 " | " " " |
| | 16 h 32' | 89,4 " | " " " |
| | 17 h | parada | presión libre nula |

Marcha en continuo: 34 horas.

Se eliminó nuevamente el agua y se volvió a repetir el ensayo. Se mantuvo la posición del variador con el fin de poder detectar las variaciones del caudal motivadas por las propias características del gas.

En esta tercera prueba los caudales medidos fueron:

| <u>Día</u> | <u>Hora</u> | <u>Caudal</u> | <u>Observaciones</u> |
|------------|-------------|------------------------|--------------------------|
| 21/IX/81 | 8 h 16' | Salida libre | Presión libre nula |
| " | 8 h 42' | 76,2 m ³ /h | Registro de oscilaciones |
| " | 10 h | 79,6 " | " " " |
| " | 11 h | 80,6 " | " " " |
| " | 12 h | 81,4 " | " " " |
| " | 12 h 30' | 81,4 " | " " " |
| " | 14 h 30' | 79,4 " | " " " |
| " | 15 h | 81,4 " | " " " |
| " | 15 h 30' | 85,2 " | " " " |
| " | 17 h | 85 " | " " " |
| " | 17 h 30' | 81,8 " | " " " |
| 22/IX/81 | 7 h 35' | 81 " | " " " |
| " | 8 h | 82,2 " | " " " |
| " | 8 h 35' | 84,4 " | " " " |
| " | 10 h | 82,6 " | " " " |
| " | 10 h 35' | 80,8 " | " " " |
| " | 12 h | 85,4 " | " " " |
| " | 12 h 35' | 87 " | " " " |
| " | 15 h | 85 " | " " " |
| " | 15 h 35' | 84,2 " | " " " |
| " | 16 h | 85,4 " | " " " |
| " | 16 h 35' | 85,6 " | " " " |
| 23/IX/81 | 8 h | 87 " | " " " |
| " | 8 h 35' | 87,2 " | " " " |
| " | 10 h | 88,2 " | " " " |
| " | 10 h 35' | 88,2 " | " " " |
| " | 12 h | 88,2 " | " " " |
| " | 12 h 35' | 88 " | " " " |
| " | 13 h | salida libre (paro) | Presión libre nula |

Marcha en continuo: 53 h.

Se han seguido manteniendo las oscilaciones de caudal, pero a diferencia de la primera prueba, aquí los caudales, aunque ligeramente, tendían a crecer en lugar de disminuir. Así tenemos las variaciones detectadas:

- Primera: de 66,8 a 66,2: $-0,8 \text{ m}^3$ en 26 h ($-0,03 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Segunda: de 71,4 a 89,4: $+18 \text{ m}^3$ en 34 h ($+0,53 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Tercera: de 76,2 a 88 : $+11,6 \text{ m}^3$ en 63 h ($+0,22 \text{ m}^3/\text{h}$)

Se interpreta esta variación como una tendencia a la estabilización de la zona del pozo, de forma que extraído el gas acumulado, las condiciones internas se modifican y permite una mayor producción de gas, sobre todo por la disminución de la presión interna.

14.2.1.2.- Presiones

Se ha detectado modificación en la presión interna del vertedero en el pozo de este ensayo. Junto con los caudales se indica esta variación que de forma resumida es de 75 a 18 mm^2 cda, pasando a presión nula a partir del siguiente ensayo.

Esta presión está medida en el toma-muestras de la planta por lo que incluye la pérdida correspondiente a la salida del pozo, separador de agua, red de tuberías y equipos de la planta.

14.2.1.3.- Composiciones

La toma de muestras se realiza varias veces al día de forma sistemática.

Las composiciones obtenidas son:

| Día | Hora | % CH ₄ | % CO ₂ | % N ₂ | % O ₂ | % H ₂ | Otros |
|----------|----------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| 9/IX/81 | 12 h 53' | 61,61 | 37,01 | 1,07 | 0,24 | 0,04 | 0,03 |
| " | 15 h 53' | 61,47 | 37,33 | 0,95 | 0,21 | 0,03 | 0,01 |
| 10/IX/81 | 7 h 23' | 61,22 | 37,34 | 1,2 | 0,17 | 0,05 | 0,02 |
| " | 10 h 23' | 60,86 | 37,35 | 1,51 | 0,24 | 0,03 | 0,01 |
| " | 12 h 23' | 61,10 | 37,35 | 1,29 | 0,18 | 0,05 | 0,03 |
| 17/IX/81 | 12 h 23' | 61,58 | 37,34 | 0,86 | 0,17 | 0,04 | 0,01 |
| 18/IX/81 | 8 h 19' | 60,71 | 37,57 | 1,49 | 0,14 | 0,06 | 0,03 |
| " | 12 h 20' | 60,03 | 37,44 | 1,69 | 0,16 | 0,05 | 0,63 |
| | 16 h 19' | 59,87 | 36,96 | 2,70 | 0,41 | 0,05 | 0,01 |
| 21/IX/81 | 10 h 11' | 61,10 | 37,51 | 1,13 | 0,22 | 0,03 | 0,01 |
| " | 17 h 11' | 60,93 | 37,50 | 1,32 | 0,18 | 0,05 | 0,02 |
| 22/IX/81 | 7 h 45' | 60,24 | 37,77 | 1,79 | 0,16 | 0,05 | 0,01 |
| | 15 h 45' | 60,14 | 37,87 | 1,80 | 0,13 | 0,05 | 0,01 |
| 23/IX/81 | 7 h 30' | 59,88 | 37,04 | 2,75 | 0,28 | 0,05 | - |
| | 12 h 30' | 60,36 | 37,10 | 2,28 | 0,23 | 0,03 | - |

En estos análisis se admite que el % de O₂ es motivado por presencia de aire, siendo por tanto parte del % N₂ correspondiente a su proporción en el aire y el resto al producido en la digestión anaerobia.

14.2.1.4.- Zona de influencia

Se han seguido midiendo las presiones en las sondas correspondientes a la zona. Los valores medidos son los de la tabla de la página siguiente, en m.m.c.d.a.

| <u>SONDA:</u> | | <u>BAB</u> | <u>BAC</u> | <u>BBC</u> | <u>BCB</u> | <u>BCC</u> |
|-------------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <u>DISTANCIA:</u> | | 15 m | 15 m | 25 m | 35 m | 35 m |
| <u>NIVEL:</u> | | 7,5 m | 10,5 m | 13,5 m | 14,5 m | 19,5 m |
| 9/IX/81 | 12 h 00' | 850 | 2.100 | - | >2.500 | >2.500 |
| " | 15 h 40' | 860 | 2.110 | - | >2.500 | >2.500 |
| " | 18 h 40' | 850 | 2.050 | - | >2.500 | >2.500 |
| 10/IX/81 | 7 h 29' | 850 | 2.060 | - | >2.500 | >2.500 |
| " | 10 h 37' | 875 | 2.175 | - | >2.500 | >2.500 |
| 17/IX/81 | 14 h 59' | 855 | 2.175 | 25 | >2.500 | >2.500 |
| " | 17 h 00' | 850 | 2.130 | - | >2.500 | 1.850 |
| 18/IX/81 | 8 h 24' | 840 | 2.080 | - | >2.500 | 1.760 |
| " | 10 h 27' | 840 | 2.180 | - | >2.500 | 1.760 |
| " | 15 h 52' | 850 | 2.120 | - | >2.500 | 1.760 |
| 21/IX/81 | 9 h 54' | 845 | 2.125 | 25 | >2.500 | 1.525 |
| " | 14 h 54' | 860 | 2.180 | 60 | >2.500 | 1.530 |
| 22/IX/81 | 7 h 50' | 825 | 2.055 | - | >2.500 | 1.475 |
| " | 12 h 00' | 840 | 2.080 | 20 | >2.500 | 1.460 |
| " | 16 h 00' | 840 | 2.080 | 40 | >2.500 | 1.460 |
| 23/IX/81 | 7 h 45' | 800 | 1.995 | - | >2.500 | 1.415 |
| " | 12 h 51' | 790 | 1.980 | - | >2.500 | 1.400 |

Las sondas no indicadas han presentado presión nula siempre.

Se nota influencia hasta la sonda BCC, distanciada del origen (Pozo B) 35 m. Esta influencia está acorde con la hipótesis de radios de influencia de 2,5 a 3 veces la profundidad del pozo, ya que resulta según esto un espacio de pozo de 14 metros, que coincide con la profundidad de la presencia de agua detectada.

14.2.9.5.- Correspondencias

La duración de los tiempos en que ha podido mantenerse en funcionamiento la planta en continuo, no permite a priori - fijar conclusiones en cuanto a correspondencias entre los diversos parámetros, ya que no se estabiliza todavía el vertedero.

En el ensayo de 26 horas la oscilación final en los caudales obligó a parar. Los caudales conseguidos, muy por debajo de los esperados no produjeron modificación alguna sobre los - valores ya conocidos en los demás parámetros.

En el ensayo de 34 horas, se detectó un aumento del caudal creciente que dió las siguientes conclusiones:

- disminución de CH_4
- disminución de CO_2
- aumento de N_2
- se detectó disminución de la presión en la sonda BCC distanciada del pozo de extracción 35 m.

En el ensayo en continuo de 53 horas se mantendrían las mismas conclusiones que en el anterior.

En cualquier caso los caudales no podían aumentarse ya que la insuficiencia del separador de agua se puso de manifiesto, disponiendo la instalación de un separador de mayor capacidad.

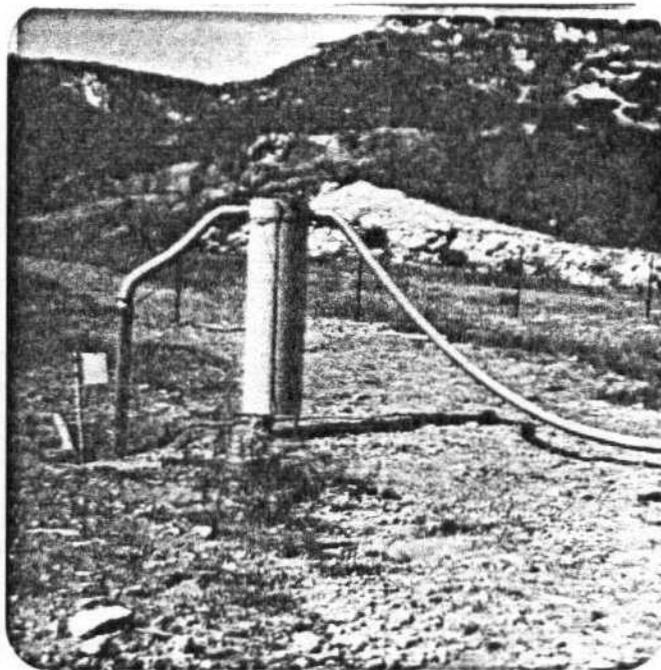
14.2.2.- Pruebas con separador de agua SP-300 a la salida del Pozo B (FT-22)

Teniendo presente los resultados anteriores y llegando se a la conclusión de que la extracción de gas que se encuentra en el interior del vertedero, que está a sobrepresión, lleva consigo una modificación en las condiciones internas, de modo que a medida que se extrae este gas, la producción del mismo es mayor, ya que se facilita la digestión anaerobia, se decide provocar la salida de gas aumentando al máximo el caudal, para lo que se ha dispuesto este separador con capacidad aproximada de 300 l.

Los resultados obtenidos conjuntamente son los siguientes:

| Día | Caudal m ³ /h | ANÁLISIS | | | | |
|-------|-----------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------|
| | | CH ₄ | CO ₂ | N ₂ | O ₂ | Otros |
| 29-IX | 251,2 | 60,68 | 37,15 | 1,78 | 0,34 | 0,05 |
| " | 251,2 | 58,74 | 36,23 | 4,25 | 0,72 | 0,06 |
| 30-IX | 250 | 58,97 | 36,84 | 3,79 | 0,34 | 0,06 |
| 1-X | 252 | 61 | 37,42 | 1,36 | 0,18 | 0,04 |
| " | 256 | - | - | - | - | - |
| " | 254 | - | - | - | - | - |
| " | 256 | 58,95 | 37,48 | 3,27 | 0,26 | 0,04 |

Duración de la prueba: 52 horas.



FT - 22

Prueba de pozo PPB con separador SP-300 para eliminar el agua a la salida del pozo. Los condensados se recogen en depósito situado en la planta (insuficiente)

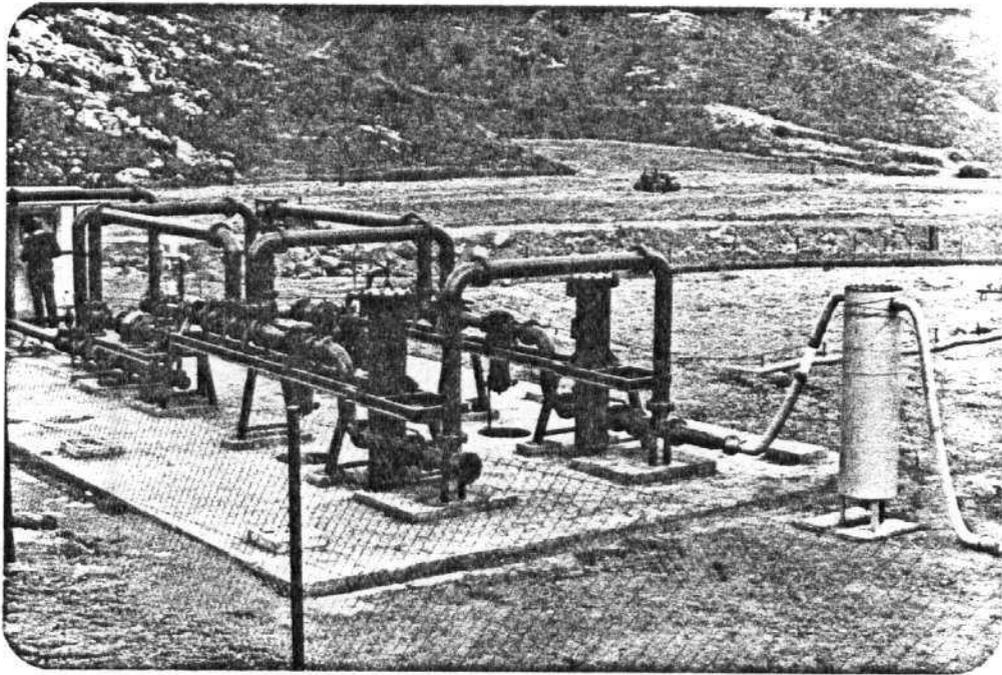
Los caudales se mantuvieron prácticamente constantes, - aunque se empezó a registrar en las últimas horas oscilaciones que junto con el agua que se acumulaba en el depósito, se detectó que aun llegaba agua, prácticamente de condensado, a las máquinas, siendo dos condensadores situados antes de las soplan- tes en la planta insuficientes.

Viendo que los caudales se podían mantener pero los con- densados seguían provocando problemas en las máquinas, se con- cluyó esta prueba y se acordó disponer otro separador de igua- les características (SP-300) a la llegada del gas a la planta, destinado prácticamente a la recogida de condensados en la red, cuyos resultados se recogen en el apartado siguiente.

14.2.3.- Pruebas del pozo B con separadores SP-300 a la salida del pozo y llegada a la planta (Pruebas 1 a 5) (FT-23 y FT-24)

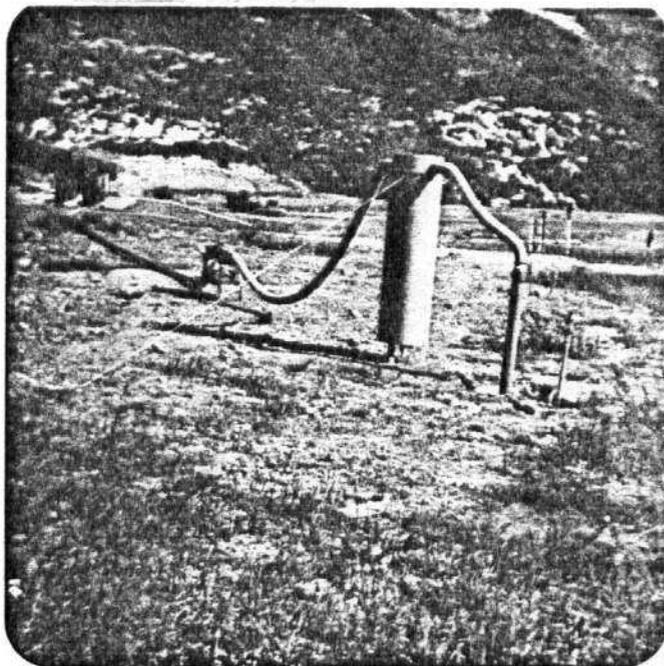
Los resultados obtenidos en las pruebas que siguen per- miten ya admitir algunos valores, pues tiende a alcanzarse - cierta uniformidad, por lo que los datos se han recogido en los cuadros siguientes, en los que se han adoptado la siguien- te nomenclatura:

Q_g = caudal de gas extraído en m^3/h
 Q_{gh} = " " " medio en m^3/h
 Q_{ap} = agua eliminada en el separador junto al pozo en l
 Q_{ac} = idem en separador junto a planta (condensador) en l
 Q_{af} = idem en conducción a antorchas (condensados) en l
 Q_{as} = idem en separador de planta (condensado) en l
 Q_{ct} = suma de $Q_{af} + Q_{as} + Q_{ac}$ (condensados), en l
 Q_{ah} = agua eliminada de salida de pozo por hora en l/h
 Q_{ch} = agua eliminada de condensado por hora en l/h



FT-23

- Disposición de SP-300 a la llegada, destinado a la eliminación de condensados.



FT-24

Vista conjunta de la disposición de dos - SP-300 en el pozo B, a la llegada a planta y salida de pozo.

Tp = temperatura de salida de gases de pozo en °C
Ta = temperatura ambiente en °C
Ts = temperatura de salida de soplantes en °C
Pp = Presión de aspiración en pozo en mba.
Ps = Presión de aspiración de soplante en mba.

De acuerdo a lo expuesto, este ensayo se realiza con los siguientes dispositivos:

- Depósito separador SP-300 en salida de pozo destinado a la eliminación de agua arrastrada en la succión del gas (FT-22 y FT-24) (Qap).
- Depósito separador SP-300 en llegada a planta, destinado a la eliminación de condensados (Qac) (FT-23).
- Depósito separador en planta (fijo) para condensador (Qas).

La disposición conjunta se observa en la FT-24.

En la TABLA-6 se indican los valores obtenidos durante los ensayos correspondiente.

14.2.4.- Pruebas del pozo B con separadores SP-300 a la salida del pozo y llegada a la planta y SP-30 en el conducto a antorchas (Pruebas 6, 7 y 8) (FT-25 y 26)

En las pruebas núms. 1 al 5, se detecta que a medida que se estabiliza el proceso, la aspiración del caudal de gas trae consigo un aumento sensible del % de N₂.

Se considera que este aumento de N₂ es motivado por en

**GAS EN VERTEDEROS
GARRAF**

TABLA 6 a

PRUEBAS DE CAUDAL EN CONTINUO DEL POZO PPB

Nº...1.....

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|-------|-----------|-------|---|--|--|--|
| DIA HORA | 7-X 10 h. | (1) | 7-X 17 | (1) | | | | |
| CAUDAL DE GAS. m^3/h | 274 | 240* | 268 | 236 | | | | |
| PRESIA TEMPERA. | SALIDA DE POZO T_p °C | 38 | - | 40 | - | | | |
| | AMBIENT. T_a °C | - | - | - | - | | | |
| | SALIDA DE SOPLANTE T_s °C | 38,4 | 0 | 36,9 | 0 | | | |
| PRESIA | SALIDA DE POZO P_p mba | - | - | | | | | |
| | DELANTE SOPLANTE P_s mba | - | - | | | | | |
| PODER CALORIFICO PC Kc/m^3 | 5.636 | 5.729 | 5.516 | 5.628 | | | | |
| % CH ₄ | 59,30 | 60,31 | 58,06 | 59,24 | | | | |
| % CO ₂ | 36,81 | 37,44 | 36,77 | 37,54 | | | | |
| % N ₂ | 3,5 | 2,21 | 4,69 | 2,73 | | | | |
| % O ₂ | 0,35 | - | 0,43 | - | | | | |
| % OTROS | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,45 | | | | |

RESULTADOS

| | | |
|---------------------------------------|--------|--------------|
| COMIENZO | 9 h. | ' (7-X-81) |
| FINAL | 5 h. | ' (8-X-81) |
| DURACION | 20 h. | |
| AGUA ELIMINADA DE POZO Q_{ap} | 25 L. | |
| COND. Q_{ac} | 113 L. | |
| Q_{af} | 10 L. | |
| Q_{as} | 20 L. | |
| TOTAL Q_{ct} | 143 L. | |

VALORES MEDIOS

| | |
|---|---------------|
| CAUDAL MEDIO DE AGUA DE POZO Q_{ah} | 1,25 L/h. |
| COND. Q_{ch} | 7,15 L/h. |
| GAS Q_{gh} | 271 m^3/h . |

OBSERVACIONES. (*) Condiciones normales, P y T
(1) Valores reducidos a C.N. y análisis sin aire.

TABLA 6

GAS EN VERTEDEROS GARRAF

PRUEBAS DE CAUDAL EN CONTINUO DEL POZO PPB

Nº.....2.....

| DIA HORA | 8-X 13 | (1) | 8-X 18 | (1) | 9-X 7 | (1) | 9-X 16 | (1) | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------|-----------|-------|----------|-------|-----------|-------|---|
| CAUDAL DE GAS. m ³ /h | 268 | 235 | 266 | 237 | 256 | 232 | 252 | 223 | |
| PRESIA TEMPERA. | SALIDA DE POZO T _p °C | 40 | - | 40 | - | 38 | - | 40 | - |
| | AMBIENT. T _a °C | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | SALIDA DE SOPLANTE T _s °C | 38,40 | 0 | 33,3 | 0 | 28,5 | 0 | 35,7 | 0 |
| PRESIA | SALIDA DE POZO P _p mba | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | DELANTE SOPLANTE P _s mba | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PODER CALORIFICO PC Kc/m ³ | 5.542 | 5.631 | 5.471 | 5.569 | 5.353 | 5.463 | 5.327 | 5.441 | |
| % CH ₄ | 58,34 | 59,27 | 57,59 | 58,62 | 56,35 | 57,5 | 56,07 | 57,27 | |
| % CO ₂ | 36,79 | 37,34 | 36,84 | 37,5 | 36,80 | 37,57 | 36,83 | 36,62 | |
| % N ₂ | 4,49 | 3,34 | 5,15 | 3,84 | 6,37 | 4,87 | 6,61 | 5,06 | |
| % O ₂ | 0,33 | - | 0,38 | - | 0,42 | - | 0,44 | - | |
| % OTROS | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | |

RESULTADOS

| | | |
|--|-----------|------------|
| COMIENZO | 11 h. | (8-X-81) |
| FINAL | 16 h. 48' | (9-X-81) |
| DURACION | 29,8 h. | |
| AGUA ELIMINADA DE POZO Q _{ap} | 33 L. | |
| COND. Q _{ac} | 147,3 L. | |
| Q _{af} | 31,5 L. | |
| Q _{as} | 29,5 L. | |
| TOTAL Q _{ct} | 208,3 L. | |

VALORES MEDIOS

| | |
|--|------------------------|
| CAUDAL MEDIO DE AGUA DE POZO Q _{ah} | 1,1 L/h. |
| COND. Q _{ch} | 7 L/h. |
| GAS Q _{gh} | 260 m ³ /h. |

OBSERVACIONES.

(1) Reducido en CN y eliminado el aire

TABLA 6

GAS EN VERTEDEROS
GARRAF

PRUEBAS DE CAUDAL EN CONTINUO DEL POZO PPB

Nº.....3.....

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|--|
| DIA | 12-X | | 12-X | | 13-X | | | |
| HORA | 9 | (1) | 18 | (1) | 8,30 | (1) | | |
| CAUDAL DE GAS. m ³ /h | 266 | 239 | 266 | 237 | 260 | 234 | | |
| PRESIA TEMPERA. | SALIDA DE POZO T _p °C | 39 | - | 40 | - | 40 | - | |
| | AMBIENT. T _a °C | - | - | - | - | - | - | |
| | SALIDA DE SOPLANTE T _s °C | 31 | 0 | 33 | 9 | 30,6 | 0 | |
| PRESIA | SALIDA DE POZO P _p mba | - | - | - | - | - | - | |
| | DELANTE SOPLANTE P _s mba | - | - | - | - | - | - | |
| PODER CALORIFICO PC Kc/m ³ | 5.786 | 5.856 | 5.562 | 5.652 | 5.339 | 5.500 | | |
| % CH ₄ | 60,91 | 61,64 | 58,55 | 59,49 | 56,2 | 57,89 | | |
| % CO ₂ | 37,48 | 37,93 | 37,47 | 38,07 | 36,72 | 37,82 | | |
| % N ₂ | 1,30 | 0,38 | 3,58 | 2,39 | 6,40 | 4,23 | | |
| % O ₂ | 0,26 | 0 | 0,35 | 0 | 0,62 | 0 | | |
| % OTROS | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | | |

RESULTADOS

| | |
|--|----------------------|
| COMIENZO | 8 h. 35 ' (12-X-81) |
| FINAL | 8 h. 35 ' (13-X-81) |
| DURACION | 24 h. |
| AGUA ELIMINADA DE POZO Q _{ap} | 29 L. |
| COND. Q _{ac} | 121,7 L. |
| Q _{af} | 31,5 L. |
| Q _{as} | 6 L. |
| TOTAL Q _{ct} | 213,2 L. |

VALORES MEDIOS

| | |
|--|------------------------|
| CAUDAL MEDIO DE AGUA DE POZO Q _{ah} | 1,2 L/h. |
| COND. Q _{ch} | 8,8 L/h. |
| GAS Q _{gh} | 264 m ³ /h. |

OBSERVACIONES.

(1) Valores en CN y análisis sin aire.

TABLA 6

GAS EN VERTEDEROS GARRAF

PRUEBAS DE CAUDAL EN CONTINUO DEL POZO PPB

Nº.....4.....

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------|-----------|-------|---|--|--|--|
| DIA HORA | 13-X 15,30 | (1) | 14-X 9 | (1) | | | | |
| CAUDAL DE GAS. m ³ /h | 270 | 243 | 260 | 233 | | | | |
| TEMPERA. | SALIDA DE POZO T _p °C | 40 | - | 40 | - | | | |
| | AMBIENT. T _a °C | - | - | - | - | | | |
| | SALIDA DE SOPLANTE T _s °C | 30 | 0 | 32 | 0 | | | |
| PRESIO | SALIDA DE POZO P _p mba | - | - | - | - | | | |
| | DELANTE SOPLANTE P _s mba | - | - | - | - | | | |
| PODER CALORIFICO PC Kc/m ³ | 5.400 | 5.506 | 5.292 | 5.407 | | | | |
| % CH ₄ | 56,82 | 57,96 | 55,70 | 56,92 | | | | |
| % CO ₂ | 37,06 | 37,8 | 36,80 | 37,61 | | | | |
| % N ₂ | 5,66 | 4,19 | 7 | 5,41 | | | | |
| % O ₂ | 0,41 | - | 0,44 | - | | | | |
| % OTROS | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | | | | |

RESULTADOS

COMIENZO 10 h. 45' (13-X-81)
 FINAL 9 h. ' (14-X-81)
 DURACION 22,75 h.
 AGUA ELIMINADA DE POZO Q_{ap} 27,5 L.
 " " " COND. Q_{ac} 129 L.
 " " " " Q_{af} 33 L.
 " " " " Q_{as} 31,3L.
 " " " " TOTAL Q_{ct} 193,3L.

VALORES MEDIOS

CAUDAL MEDIO DE AGUA DE POZO Q_{ah} 1,2 L/h.
 " " " " " COND. Q_{ch} 8,49L/h.
 " " " " " GAS Q_{gh} 265 m³/h.

OBSERVACIONES.

(1) Valores reducidos a C.N. y análisis sin aire.

TABLA 6

GAS EN VERTEDEROS GARRAF

PRUEBAS DE CAUDAL EN CONTINUO DEL POZO PPB

Nº.....5.....

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|-------|---------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|---|
| DIA HORA | 15-X 12,30 | (1) | 15-X 16,15 | (1) | 16-X 8,45 | | 16-X 15,45 | | |
| CAUDAL DE GAS. m^3/h | 274 | 240 | 274 | 241 | 260 | 232 | 252 | 222 | |
| PRESIA TEMPERA. | SALIDA DE POZO T_p °C | 39 | - | 38,1 | - | 39 | - | 40 | - |
| | AMBIENT. T_a °C | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | SALIDA DE SOPLANTE T_s °C | 39,3 | 0 | 38 | 0 | 33 | 0 | 38 | 0 |
| PRESIA | SALIDA DE POZO P_p mba | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | DELANTE SOPLANTE P_s mba | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PODER CALORIFICO PC Kc/m^3 | 5.525 | 5.634 | 5.430 | 5.538 | 5.275 | 5.391 | 5.257 | 5.384 | |
| % CH ₄ | 58,13 | 59,3 | 57,16 | 58,3 | 55,53 | 56,75 | 55,34 | 56,67 | |
| % CO ₂ | 36,58 | 37,31 | 36,76 | 37,50 | 36,80 | 37,61 | 36,52 | 37,40 | |
| % N ₂ | 4,84 | 2,97 | 5,61 | 4,13 | 7,17 | 5,59 | 7,55 | 5,84 | |
| % O ₂ | 0,39 | 0 | 0,4 | 0 | 0,45 | 0 | 0,5 | 0 | |
| % OTROS | 0,42 | 0,42 | 0,07 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,09 | 0,09 | |

RESULTADOS

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| COMIENZO | 9 h.48 ' (15-X-81) |
| FINAL | 16 h. ' (16-X-81) |
| DURACION | 30,8h. |
| AGUA ELIMINADA DE POZO Q_{ap} | 34,3L. |
| COND. Q_{ac} | 123,4L. |
| Q_{af} | 46,7L. |
| Q_{as} | 33L. |
| TOTAL Q_{ct} | 203L. |

VALORES MEDIOS

| | |
|---|---------------|
| CAUDAL MEDIO DE AGUA DE POZO Q_{ah} | 1,1 L/h. |
| COND. Q_{ch} | 6,6 L/h. |
| GAS Q_{gh} | 267 m^3/h . |

OBSERVACIONES.

(1) Valores en C.N. y análisis sin aire

TABLA 6

GAS EN VERTEDEROS GARRAF

PRUEBAS DE CAUDAL EN CONTINUO DEL POZO PPB Nº.....6.....

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------|---------------|------|---------------|-------|--------------|-------|----|
| DIA HORA | 19-X 12 | (1) | 19-X 12,45 | (1) | 19-X 15,45 | (1) | 20-X 7,45 | | |
| CAUDAL DE GAS. m ³ /h | 178 | 163 | 178 | 163 | 214 | 195 | 202 | 183 | |
| TEMPERA. | SALIDA DE POZO T _p °C | 40 | - | 40 | - | 40 | - | 40 | - |
| | AMBIENT. T _a °C | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | SALIDA DE SOPLANTE T _s °C | 25,5 | 0 | 25,5 | 0 | 26,4 | 0 | 28,0 | -0 |
| PRESIA. | SALIDA DE POZO P _p mba | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | DELANTE SOPLANTE P _s mba | 75 | | 110 | | 125 | | 125 | |
| PODER CALORIFICO PC Kc/m ³ | | | | | 5.720 | 5.811 | 5.546 | 5.673 | |
| % CH ₄ | - | - | - | - | 60,21 | 61,17 | 58,38 | 59,72 | |
| % CO ₂ | - | - | - | - | 37,04 | 37,64 | 36,77 | 37,62 | |
| % N ₂ | - | - | - | - | 2,35 | 1,14 | 4,32 | 2,61 | |
| % O ₂ | - | - | - | - | 0,35 | 0 | 0,48 | 0 | |
| % OTROS | - | - | - | - | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | |

RESULTADOS

| | |
|--|--------------------|
| COMIENZO | 11h.45 ' (19-X-81) |
| FINAL | 7h.49 ' (20-X-81) |
| DURACION | 20h. |
| AGUA ELIMINADA DE POZO Q _{ap} | 25L. |
| COND. Q _{ac} | 127L. |
| Q _{af} | 19L. |
| Q _{as} | 25L. |
| TOTAL Q _{ct} | 171L. |

VALORES MEDIOS

| | |
|--|------------------------|
| CAUDAL MEDIO DE AGUA DE POZO Q _{ah} | 125 L/h. |
| COND. Q _{ch} | 6,84 L/h. |
| GAS Q _{gh} | 193 m ³ /h. |

OBSERVACIONES.

(1) Valores en C.N. y análisis sin aire.

TABLA 6

GAS EN VERTEDEROS
GARRAF

PRUEBAS DE CAUDAL EN CONTINUO DEL POZO PPB

Nº.....7.....

| DIA HORA | 20-X 8,45 | (1) | 20-X 10 | (1) | 20-X 17 | (1) | 21-X 8,30 | |
|--------------------------------|-----------------------------|------|------------|-------|------------|-------|--------------|-------|
| CAUDAL DE GAS. m^3/h | 180 | 167 | 178 | 162 | 172 | 158 | 170 | 158 |
| PRESIO TEMPERA. | SALIDA DE POZO T_p °C | 40 | | 41 | | 41 | | 40 |
| | AMBIENT. T_a °C | - | | - | | - | | - |
| | SALIDA DE SOPLANTE T_s °C | 21,9 | 0 | 27,6 | 0 | 24,9 | 0 | 20,7 |
| PRESIO TEMPERA. | SALIDA DE POZO P_p mba | - | | - | | - | | - |
| | DELANTE SOPLANTE P_s mba | 100 | | 100 | | - | | 135 |
| PODER CALORIFICO PC Kc/m^3 | | | 5.592 | 5.700 | 5.577 | 5.700 | 5.554 | 5.662 |
| % CH ₄ | - | | 58,83 | 60 | 58,70 | 60 | 58,46 | 59,6 |
| % CO ₂ | - | | 36,83 | 37,56 | 36,84 | 37,65 | 37 | 37,8 |
| % N ₂ | - | | 3,89 | 2,39 | 3,99 | 2,32 | 4,06 | 2,54 |
| % O ₂ | - | | 0,41 | 0 | 0,44 | 0 | 0,42 | 0 |
| % OTROS | - | | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 0,06 |

RESULTADOS

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| COMIENZO | 8 h.30 ' (20-X-81) |
| FINAL | 10 h.30 ' (21-X-81) |
| DURACION | 26 h. |
| AGUA ELIMINADA DE POZO Q_{ap} | 28 L. |
| COND. Q_{ac} | 139,8 L. |
| Q_{af} | 15,7 L. |
| Q_{as} | 25 L. |
| TOTAL Q_{ct} | 182 L. |

VALORES MEDIOS

| | |
|---|---------------|
| CAUDAL MEDIO DE AGUA DE POZO Q_{ah} | 1,07 L/h. |
| COND. Q_{ch} | 7 L/h. |
| GAS Q_{gh} | 175 m^3/h . |

OBSERVACIONES.

(1) Valores en CN y análisis sin aire

TABLA 6

GAS EN VERTEDEROS GARRAF

PRUEBAS DE CAUDAL EN CONTINUO DEL POZO PPB N°.....8.....

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|-------|------------|-------|--------------|-------|------------|-------|
| DIA HORA | 22-X 10 | (1) | 22-X 15 | (1) | 23-X 7,30 | (1) | 23-X 15 | (1) |
| CAUDAL DE GAS. m^3/h | 178 | 164 | 180 | 166 | 186 | 176 | 180 | 164 |
| PRESIA TEMPERA. | SALIDA DE POZO T_p °C | 36 | - | 40 | | 38 | | 40 |
| | AMBIENT. T_a °C | - | | | | | | |
| | SALIDA DE SOPLANTE T_s °C | 24 | 0 | 23 | 0 | 14,7 | 0 | 26,4 |
| PRESIA | SALIDA DE POZO P_p mba | - | | 50 | | 50 | | 50 |
| | DELANTE SOPLANTE P_s mba | 100 | | 110 | | 125 | | 125 |
| PODER CALORIFICO PC Kc/m^3 | 5.767 | 5.864 | 5.666 | 5.762 | 5.558 | 5.681 | 5.545 | 5.667 |
| % CH_4 | 60,70 | 61,73 | 59,64 | 60,65 | 58,51 | 59,8 | 58,37 | 59,65 |
| % CO_2 | 37,04 | 37,70 | 37,17 | 37,8 | 36,87 | 37,68 | 36,84 | 37,65 |
| % N_2 | 1,87 | 0,53 | 2,80 | 1,51 | 4,1 | 2,46 | 4,27 | 2,65 |
| % O_2 | 0,35 | 0 | 0,35 | 0 | 0,46 | 0 | 0,47 | 0 |
| % OTROS | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,05 |

RESULTADOS

COMIENZO 8 h. 20' (22-X-81)
 FINAL 15 h. 3' (23-X-81)
 DURACION 30,4 h.
 AGUA ELIMINADA DE POZO Q_{ap} 43 L.
 " " " COND. Q_{ac} 207 L.
 " " " " Q_{af} 11,7 L.
 " " " " Q_{as} 23,8 L.
 " " " " TOTAL Q_{ct} 242,5L.

VALORES MEDIOS

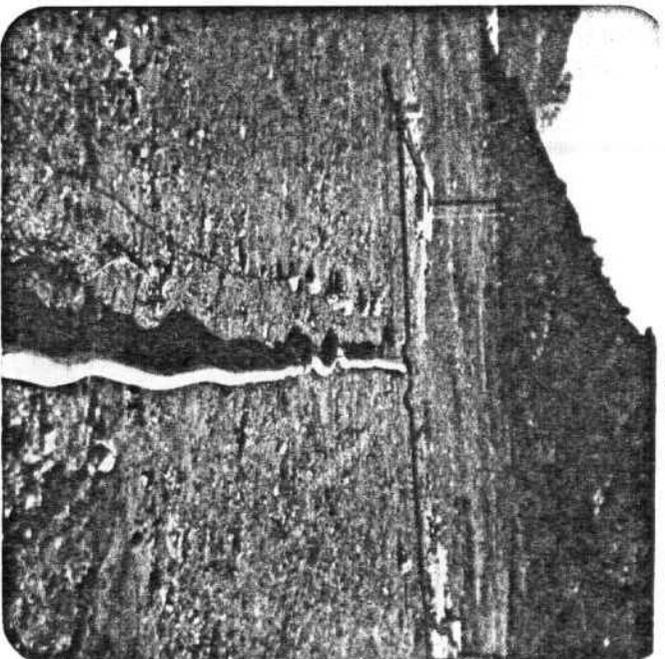
CAUDAL MEDIO DE AGUA DE POZO Q_{ah} 1,41 L/h.
 " " " " " COND. Q_{ch} 7,98 L/h.
 " " " " GAS Q_{gh} 179,8 m^3/h .

OBSERVACIONES.

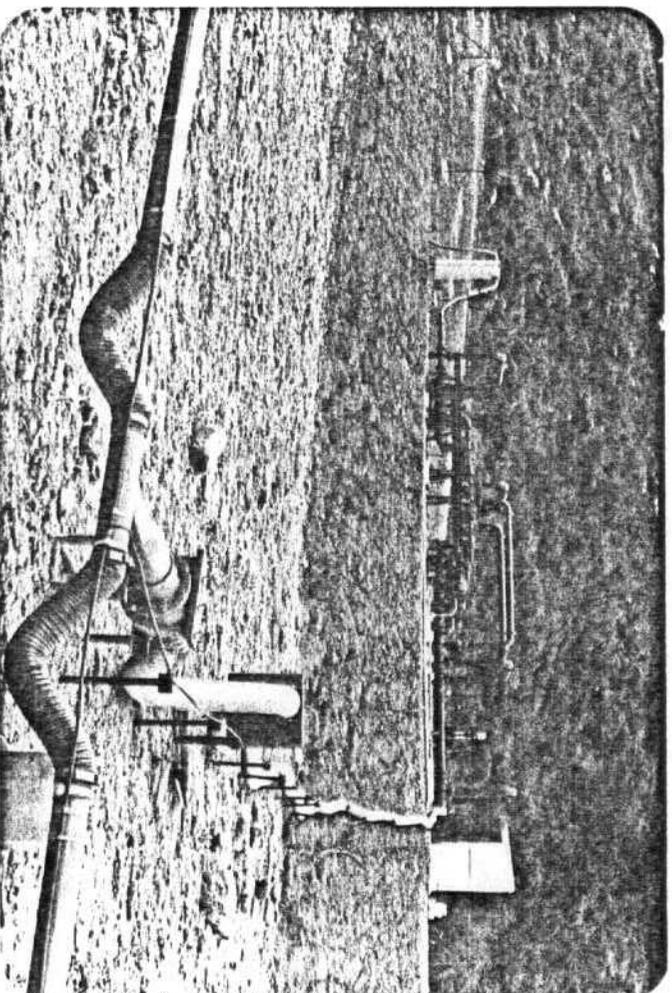
(1) Valores en C.N. y Análisis sin aire.

Se ha dispuesto de otro separador, en serie con el situado en la llegada a la planta, con lo que ha aumentado la capacidad de condensado.

Caudal total de gas consumido: 80.341,93 m^3



FT-25
Canalización a antorchas sin separador -
para recogida de condensados .



FT - 26
Canalización a antorchas con depósito separador SP-30
para eliminación de condensados .

trada de aire a través de la superficie circundante al pozo, ha biéndose observado además la presencia de desniveles de terreno y grietas en el mismo, que favorecen esta hipótesis.

No obstante, no todo el % de N_2 corresponde a la entrada de aire por infiltraciones a través del terreno, ya que aparecen trazas de O_2 por lo que se admite la entrada de aire a través de conductos y toma de muestra, lo que no afecta a la fermentación anaerobia.

Para reducir este % de N_2 y comprobar el efecto de succión, disminuimos el caudal y consecuentemente la presión de aspiración del pozo.

Para poder medir más exactamente el agua de condensado en el tramo a antorchas se ha dispuesto un separador SP-30 (FT-26).

El resto de la instalación es exactamente igual a lo indicado para las pruebas núms. 1 a 5.

Los resultados obtenidos se indican en las hojas que siguen (Tabla 6, pruebas núms. 6, 7 y 8).

14.2.5.- Zona de influencia

Tal como se hizo en la primera parte del proyecto se han medido las presiones en las sondas correspondientes a la zona de pozo, habiéndose ampliado a las sondas ABA, ABB y ABC, que aunque pertenecen a la zona del pozo A, pero se encuentra a 50 m de pozo B y puede sentirse influenciado para determinar las presiones de aspiración.

En la tabla adjunta "zona de influencia del pozo B", se indican los valores medidos, habiéndose eliminado las sondas - cuyo valor es nulo desde el principio.

Comparando los valores ahora medidos con los ensayados anteriormente (caudales medios en torno a los $80 \text{ m}^3/\text{h}$) se observaba que la sonda BCC, situada a 35 m del pozo y a una profundidad de 19,5 m, sigue disminuyendo y de forma muy sensible al haber aumentado el caudal.

En términos generales esta variación es la siguiente:

SONDA BBC:

- Pruebas testigo 250 - 80 mba
- Con caudal $80 \text{ m}^3/\text{h}$... 250 - 140 mba
- Con caudal $275 \text{ m}^3/\text{h}$... 89 - 64 mba
- Con caudal $180 \text{ m}^3/\text{h}$... 60 - 40 mba

En las sondas ABA, ABB y ABC, comparando los valores actuales con los medidos en la primera fase del proyecto, las variaciones observadas son de signo positivo, contrariamente a las variaciones indicadas para la sonda BCC. Estas variaciones son:

| | <u>ABA</u> | <u>ABB</u> | <u>ABC</u> |
|--|------------|------------|------------|
| - Pruebas testigo | 35 mba | 45 mba | 0 |
| - Con caudal $275 \text{ m}^3/\text{h}$.. | 26 " | 63 " | 131 mba |
| - Con caudal $180 \text{ m}^3/\text{h}$.. | 65 " | 65 " | 125 " |

Las diferencias no permiten sacar conclusiones para esta sonda.

TABLA 7 - ZONA DE INFLUENCIA DEL POZO B

| SONDA | BAB | BAC | BBC | BCB | BCC | ABA | ABB | ABC |
|------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| DISTANCIA | 15 m. | 15 m. | 25 m. | 35 m. | 35 m. | 50 m. | 50 m. | 50 m. |
| NIVEL | 7,5 m | 10,5 m | 13,5 m | 14,5 m | 19,5 m | 4,5 m | 7,5 m | 10,5 m |
| 6-X 18 h. | 77,5 | 207,5 | 2,5 | 250 | 89 | - | - | - |
| 7-X 10 h. | 77,5 | 207,5 | 5,5 | 250 | 81 | 26 | 60 | 163 |
| 7-X 17 h. | 77,5 | 207,5 | 6,5 | 250 | 79 | 26 | 60 | 162 |
| 8-X 13 h. | 77,5 | 201 | 11 | 250 | 80 | 27 | 60 | 156 |
| 8-X 18 h. | 77,5 | 205 | 4,5 | 250 | 81 | 26 | 61 | 161 |
| 9-X 8 h. | 76 | 203 | 5,5 | 250 | 80 | 25 | 58 | 156 |
| 9-X 16 h. | 80 | 208 | 6,5 | 250 | 86 | 27 | 63 | 156 |
| 12-X 9 h. | 81 | 214 | 6 | 250 | 87 | 27 | 62 | 150 |
| 12-X 18 h. | 81 | 211 | 5 | 250 | 86 | 26 | 63 | 151 |
| 13-X 9 h. | 77 | 200 | 1,5 | 250 | 79 | 25 | 61 | 143 |
| 13-X 15 h. | 77 | 205 | 4 | 250 | 77 | 25 | 61 | 145 |
| 14-X 9 h. | 76 | 205 | 4 | 250 | 72 | 25 | 61 | 135 |
| 14-X 17 h. | 79 | 207 | 6 | 250 | 74 | 26 | 65 | 134 |
| 15-X 13 h. | 81 | 219 | 10 | 250 | 71 | 28 | 64 | 136 |
| 16-X 9 h. | 76 | 204 | 4,5 | 250 | 63 | 24 | 62 | 130 |
| 16-X 16 h. | 80 | 201 | 10 | 250 | 64 | 27 | 62 | 131 |
| 19-X 12 h. | 80 | 202 | 6 | 250 | 50 | 25 | 61 | 126 |
| 19-X 16 h. | 80 | 204 | 9 | 250 | 52 | 26 | 64 | 127 |
| 20-X 7 h. | 80 | 106 | 6 | 250 | 57 | 25 | 61 | 128 |
| 20-X 17 h. | 84 | 201 | 7 | 250 | 60 | 26 | 65 | 130 |
| 21-X 9 h. | 82 | 211 | 4 | 250 | 56 | 25 | 65 | 131 |
| 22-X 9 h. | 80 | 211 | 4 | 250 | 49 | 25 | 63 | 126 |
| 22-X 5 h. | 81 | 211 | 5 | 250 | 50 | 25 | 63 | 128 |
| 23-X 8 h. | 70 | 201 | 1 | 250 | 41 | 24 | 63 | 123 |
| 23-X 12 h. | 79 | 211 | 6 | " | 40 | 25 | 65 | 125 |

14.2.6.- Correspondencia entre parámetros de la extracción del pozo B

Para poder fijar la influencia de los diferentes parámetros medidos en la extracción del caudal y viceversa, representamos en un gráfico conjunto, los valores de éstos, de acuerdo a las fechas de las tomas de datos.

No se han considerado los datos obtenidos durante las pruebas en que la presencia de agua condicionaba la extracción.

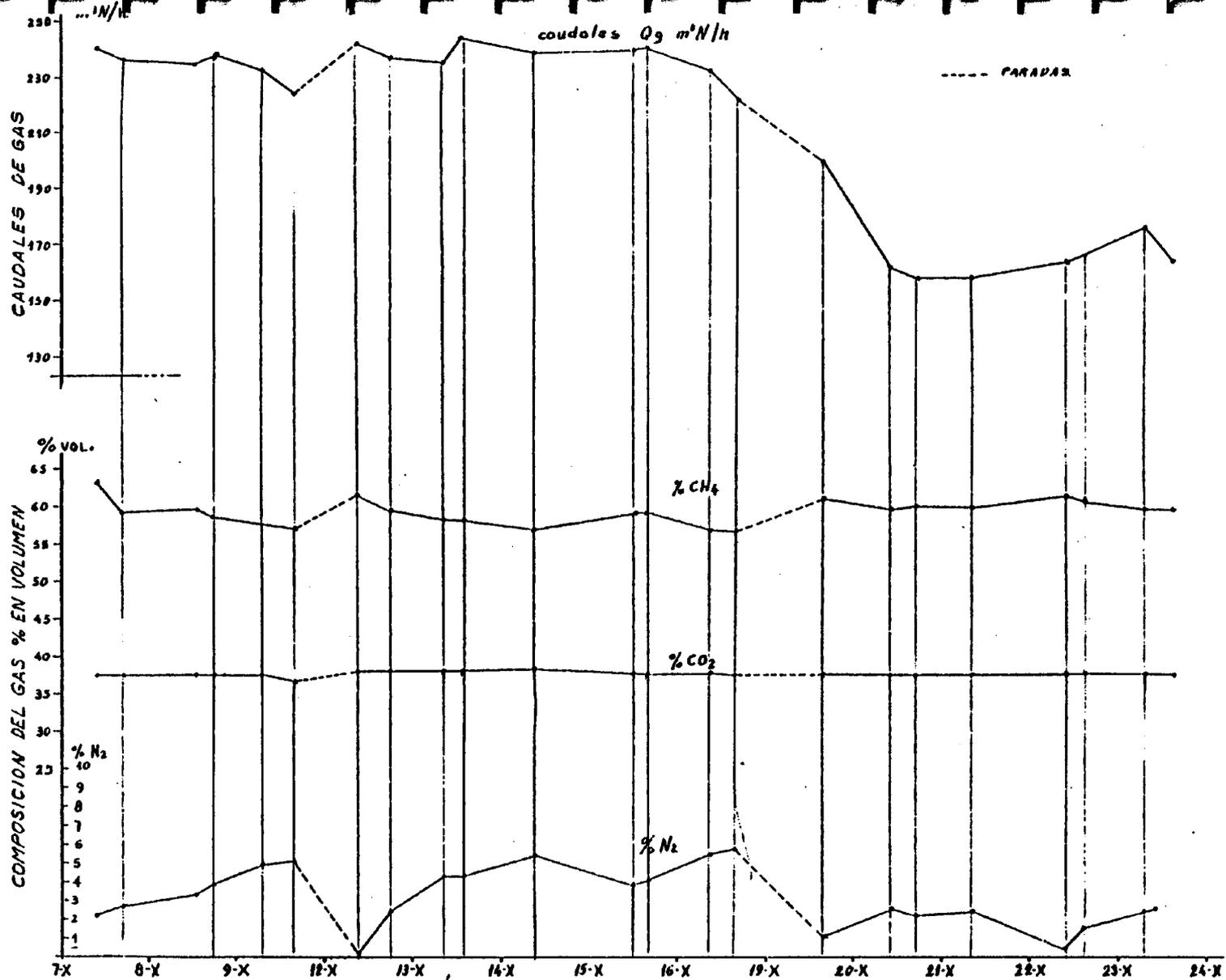
Los valores que se representan en la gráfica corresponden prácticamente a una prueba en continuo de 256 horas realizada en un mes, con las paradas obligadas para realizar las mediciones de agua, vaciado de la instalación, montaje de equipos, etc.

Las paradas realizadas han ocupado tiempos cortos frente a los tiempos de extracción, por lo que prácticamente no se considera recuperación alguna de gas en el almacenamiento en el interior del vertedero que fuese susceptible de modificar la composición del gas.

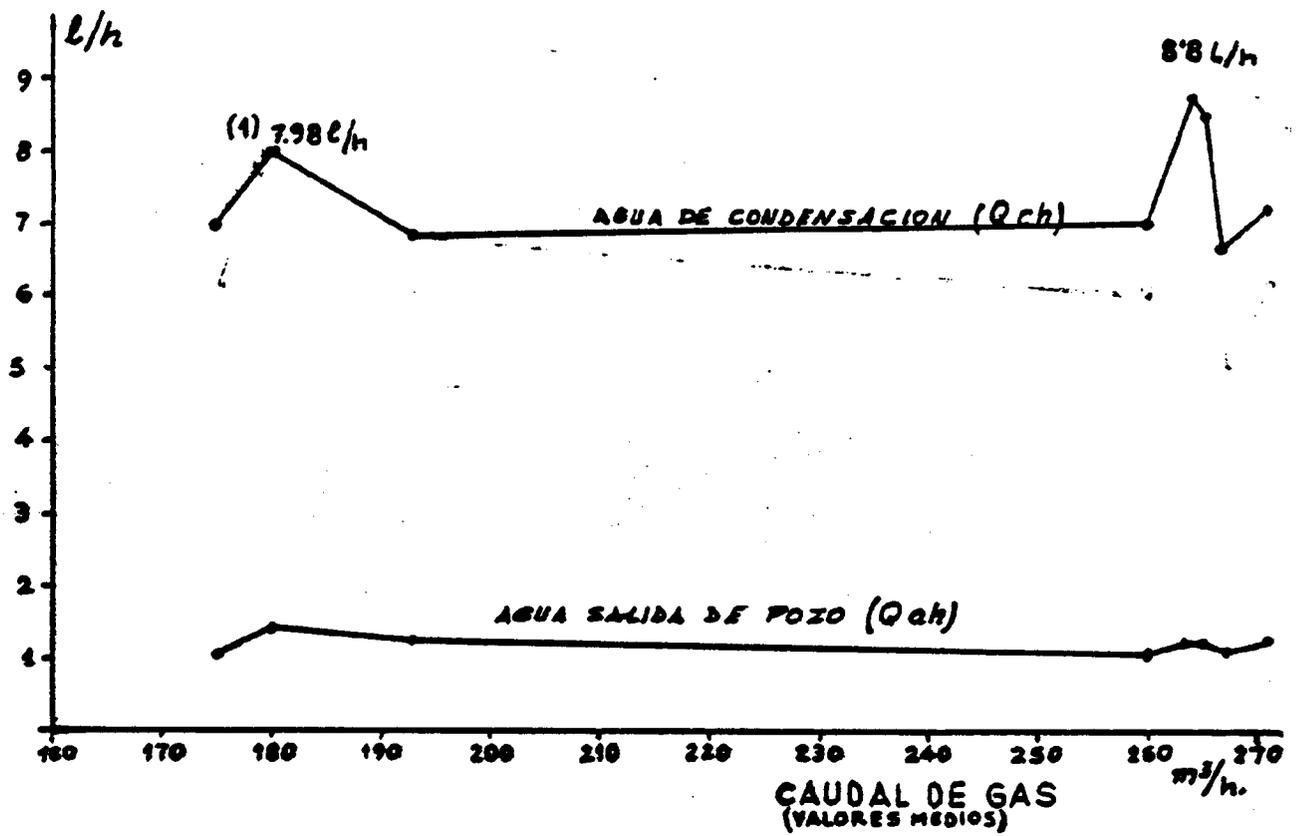
Las curvas de las composiciones del gas, se han indicado los valores reducidos sin aire, ya que éste no corresponde al gas del vertedero, sino a posibles entradas, tomamuestras, etc.

Se han obtenido dos gráficos:

- Caudales composicionales (F-37)
- Caudales medios-Agua eliminada (F-38)



PRUEBAS DE CAUDAL EN CONTINUO DEL POZO PPB : CAUDALES-COMPOSICIONES FIG-38



(1) Se ha dispuesto dos condensadores en serie a la entrada de la planta lo que detecta mayor cantidad de condensados

FIG-39 CAUDALES MEDIOS (GAS)-AGUA ELIMINADA

14.3.- PRUEBAS EN CONTINUO DE CAUDAL DEL POZO C

Ya se ha indicado en capítulo anterior, al tratar de las pruebas previas de caudal, de la dificultad para la extracción de gas de este pozo en las condiciones actuales, por lo que se desiste de realizar el ensayo mientras no se disponga de dispositivos de capacidad y eficacia suficientes para eliminar el agua (ver apartado 13.2.3. y fotografías FT-16 y FT-17).

15.- CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos y según se indica en los apartados anteriores, podemos aceptar las siguientes conclusiones:

15.1.- CONCLUSIONES GENERALES

- 1) En la zona del vertedero investigado, la composición del gas indica que la fermentación del material orgánico, está en fase estabilizada.
- 2) La cantidad de agua acumulada en el vertedero favorece la producción de gas y el aumento del % de CH₄.
- 3) Los resultados obtenidos a niveles comprendidos entre 9 y 15 metros (presencia de agua) no permiten de forma general definir conclusiones ya que los datos presentan valores muy dispares en estos niveles.
- 4) Coincidiendo con los ensayos realizados en digestores, se confirmó lo relativo a la influencia de humedad y compactaciones. Ambos aspectos, la compactación y la humedad favorecen la producción de gas y fermentación anaerobia (pese a que en este caso la acumulación de agua es debida, en principio, a zonas menos compactadas).

15.2.- CAUDALES

- 5) Los caudales varían de forma irregular según temperatura ambiente, agua en la tubería, etc., pero se puede admitir que producciones en torno a los $200 \text{ m}^3/\text{h}$ se obtienen sin dificultad por pozo.
- 6) Caudales por encima de los $200-225 \text{ m}^3/\text{h}$ por pozo, exigen presiones de aspiración en boca de pozo en torno a los 85 mba lo que, según como están contruídos los pozos, permiten entrada de aire por el entorno del mismo, modificando la composición del gas.
- 7) Para aumentar producciones deberá aspirarse a partir de profundidades de más de 8 metros, para evitar la entrada de aire.

15.3.- COMPOSICIONES

- 8) Las composiciones son función del caudal. Para caudales en torno a los $200 \text{ m}^3/\text{h}$ se pueden mantener composiciones de:

| | |
|-------------------------|------|
| - CH ₄ | 59% |
| - CO ₂ | 37% |
| - N ₂ | 3,5% |
| - otros | 0,5% |

- 9) Para caudales por encima de los $200-225 \text{ m}^3/\text{h}/\text{pozo}$, la entrada de aire por la superficie provoca un aumento de N₂ y una disminución de CH₄, con la consiguiente pérdida de poder calorífico.

- 10) Aspiraciones a más baja profundidad que las realizadas en este trabajo permiten admitir aumento de caudales con disminución de N_2 .

15.4.- TEMPERATURA

- 11) La temperatura de producción de gas en el interior del vertadero es del orden de 37-42°C, lo que es correcto para la reacción anaerobia.

15.5.- ELIMINACION DE AGUA

- 12) El agua eliminada en el separador tiene dos procedencias: agua en forma de gotas (líquida) que es arrastrada por el gas al aplicarle una depresión y agua producida por condensación en los conductos.
- 13) Los caudales de agua a eliminar dependen del caudal de gas extraído, habiéndose obtenido los siguientes valores:
- Agua de condensado de 7 a 9 l/h para caudales de gas de hasta 270 m^3/h , repartido en varios separadores a lo largo de la red.
 - El agua a eliminar de salida de pozos se ha mantenido prácticamente constante en torno a 1,5 l/h para caudales de gas de hasta 250 m^3/h , habiéndose notado cierta tendencia a aumentar para caudales superiores.
- 14) Para el caso de la zona del pozo PPC, las presiones y presencia de agua, no se ha podido medir por la cantidad excesiva de ésta.

15.6.- EQUIPOS

- 15) Las presiones de gas permiten pensar en la posibilidad de trabajar en futuras investigaciones con equipos de aspiración de constitución más simple (tipo ventiladores centrífugos) lo que permitirá la regulación de caudales por simple manejo de válvulas, eliminando los problemas que producen en el interior de las máquinas la humedad y las partículas de sólidos, al menos hasta un determinado grado.
- 16) El gas deberá llegar a la planta lo más seco posible, ya que ataca a los rodetes y engrase de las soplantes, modificando sustancialmente el caudal de aspiración.
- 17) En aquella investigación en que el uso del gas obligue a emplear equipos como los utilizados en esta investigación, (soplantes Roots), los rodetes deben ser de acero inoxidable.
- 18) Las sondas para detectar la presencia de oxígeno en los conductos deberá de llevar precámara para evitar su oxidación.
- 19) No se hace necesaria la captación de ambiente explosivo en instalaciones al aire libre, pudiéndose utilizar dispositivos portátiles para revisiones periódicas.

15.7.- PODERES CALORIFICOS

- 20) Los poderes caloríficos del gas obtenido están en torno a las 5.500 kc/m^3 .

15.8.- MODIFICACION DEL TERRENO

- 21) La extracción de gas ha motivado asentamientos de terreno produciendo desniveles pronunciados y la presencia de grietas que facilitan la entrada de aire en el vertedero.

15.9.- SONDAS TESTIGO

- 22) La utilización de sondas para muestras testigo realizadas con PVC, cabe pensar que se pueden romper al producirse asentamientos de terreno o bien desplazarse verticalmente fuera de su zona de captación.
- 23) En futuros ensayos se puede reducir el número de toma de muestras (pozos testigo) a una por zona, para detectar valores previos.

15.10.- TRABAJOS COMPLEMENTARIOS

A la vista de los resultados obtenidos y las dificultades encontradas para su selección, se exponen una serie de trabajos, que no se han podido realizar dentro de los límites de tiempo y economía de este proyecto y cuya resolución es de vital importancia para la conclusión total de esta investigación.

- 24) Diseño de depósito separador de agua de condensado y de agua líquida de salida de pozo que permita la salida del agua acumulada en el mismo, al estar trabajando en depresión. Sin este requisito no se podrán realizar pruebas de caudal en el pozo C.

- 25) Realizar pruebas de caudal en los pozos PPD y PPE situados fuera del recinto de investigación, ya que su situación y características difieren del resto (la captación de gas se hace a partir de 4,5 m). Se podría determinar la influen
cia de la altura de aspiración y compararla con los valo
res obtenidos para el P.P.B.
- 26) Sellado de la zona circundante al pozo de aspiración para detectar la entrada de aire por la superficie.
- 27) Para ensayar el pozo A deberá desmontarse y volver a cons
truirse.

15.11.- CANALIZACIONES

- 28) La canalización de PVC-flex con fleje metálico es válida
si es reforzada y hasta 3" Ø.
- 29) La tubería de acero, exteriormente no ha presentado proble
mas de corrosión.
- 30) En trabajos futuros o ampliaciones se estima oportuno uti
lizar PVC rígido, dejando el PVC flex sólo para empalmes.

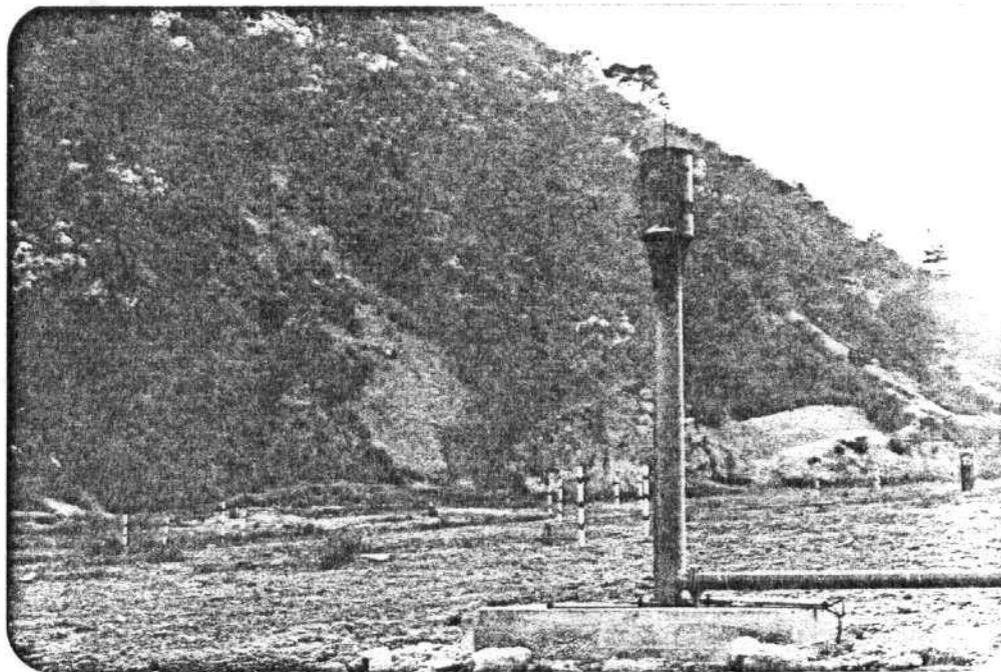
15.12.- RADIOS DE INFLUENCIA

- 31) En general los valores detectados no permiten asegurar nin
gún valor a este respecto.
- 32) La sonda BCC ha modificado su presión tanto en más como en menos según se aumentara la presión de aspiración del pozo PPB lo que admitiendo este dato como influencia, se puede considerar que la influencia del pozo PPB para caudales en torno a los 200 m³/h alcanzaría una distancia de 35 metros.

Teniendo en cuenta que en este pozo PPB el agua se mi
dió al final de la investigación y se encontraba a una pro
fundidad de 10 metros aproximadamente, equivale a una rela
ción de 3,5 veces la profundidad. Este valor es ligeramen
te superior a lo detectado en otros vertederos, donde gene
ralmente se sigue el criterio de tomar la relación 2-3 ve
ces.

15.13.- COMBUSTIBILIDAD DEL GAS

- 33) En todos los ensayos realizados, el gas es combustible sin necesidad de llama piloto, ardiendo instantáneamente ante la presencia de la chispa (Ver FT-27)



FT - 27

Combustión del gas

16.- EVALUACION DEL POTENCIAL ENERGETICO

La producción de gas por fermentación anaerobia se realiza de acuerdo a la ley teórica de:

$$G = 13,2 \times 10^{-0,03} t \text{ (m}^3\text{/t.a.)}$$

Esta producción comienza prácticamente a partir del momento de su deposición para alcanzar un máximo aproximadamente a los diez años.

El caudal a extraer depende de las características del vertedero y de la depresión que se realice para ello. Con el fin de poder estimar, someramente, la producción de gas que se puede obtener del vertedero de Garraf, partimos de los siguientes valores:

a) Datos teóricos:

| | |
|--|-----------------------|
| - Generación de gas máx. teórico | 437 m ³ /t |
| - Rendimiento de reacción anaeróbica | 0,5 |
| - Pérdidas (infiltraciones, etc.) | 20% |
| - Producción de gas: 437 x 0,5 x 0,8 | 175 m ³ /t |

b) Datos de vertido:

| | |
|---------------------------------------|------------------------|
| - Residuos depositados (actual) | 4 x 10 ⁶ t |
| - Capacidad del vertedero | 15 x 10 ⁶ t |
| - Deposición media diaria | 2.000 t/d |
| - Marcha de deposición | 300 d/año |

- Vida actual de los residuos 6 años
- Deposición anual: 2.000 x 300 $0,6 \times 10^6$ t/a

c) Producciones:

- Generación anual máxima teórica $37,5 \text{ m}^3/\text{t/a}$
- Generación anual mínima teórica $6,2 \text{ m}^3/\text{t/a}$
- Potencial de gas actual: $4 \times 10^6 \times 175$ $700 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Potencial total de gas (vertedero completo): $15 \times 10^6 \times 175$ $2.625 \times 10^6 \text{ m}^3$

La producción no se realiza por igual en todos los años sino que partiendo de cero al comienzo del vertido, alcanza el máximo aproximadamente a los diez años.

En el caso del vertedero del Garraf habría que ir sumando las producciones anuales de los residuos ya depositados con las que se fueran produciendo en los años sucesivos.

Para realizar un cálculo estimativo, admitimos la producción anual mínima de $6,2 \text{ m}^3/\text{t/a}$. de acuerdo a esto tendríamos:

- Producción anual de gas: $6,2 \times 0,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a} = 3,72 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{a}}$
- Producción total de gas (Residuos de un año):
 $0,6 \times 10^6 \times 175$ $105 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Tiempo de producción 28 años

Aunque se han considerado que el residuo fermente durante 28 años a una producción de $3,72 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, esto no es cierto ya que la producción cumple una ley de tipo exponencial,

resultando tiempos de hasta 80 o más años, pero esto lo hemos considerado en el rendimiento de la reacción anaerobia.

- Vida del vertedero: $\frac{15 \times 10^6}{0,6 \times 10^6} = 25$ años, de los que han transcurrido 6. ←

Como hemos considerado que la fermentación dura 28 años resulta que las producciones para los vertidos de años sucesivos serán múltiplos de $3,72 \times 10^6 \text{ m}^3$, resultando:

- 1^{er} año $3,72 \times 10^6 \text{ m}^3$
- 2° año $7,44 \times 10^6 \text{ m}^3$
-
- 25° año $93 \times 10^6 \text{ m}^3$

Lo que tomando un promedio podemos considerar una producción anual de: $48,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

A partir del año 25 y hasta el año en que la degradación del primer vertido sea total (hemos considerado 28 años), es decir tres años, la producción se mantendría en el valor máximo de $93 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, para luego descender a un ritmo aproximado del 6%, durante 28 años.

Según los datos obtenidos en la investigación, podemos admitir una extracción por pozo de $200 \text{ m}^3 \text{ N/h}$. Lo que según los parámetros fijados a priori, supondría una producción por pozo de:

$$200 \text{ m}^3 \text{ N/h} \times 24 \text{ h/d} \times 300 \text{ d/a} = 1.44 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ N/a}$$

Lo que supondrían una instalación de 34 pozos de similar forma a los actuales (20 m de profundidad y 1 m de \emptyset con tubería de 4"-6" de \emptyset).

ANEXO
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL
VERTEDERO DEL GARRAF

I N D I C E

| | <u>PAGS</u> |
|---|-------------|
| 1.- INTRODUCCION | 1 |
| 2.- DESCRIPCION DEL EMPLAZAMIENTO DEL VERTEDERO | 3 |
| 3.- EL VERTIDO | 9 |
| 4.- RECOMENDACIONES PARA EL DRENAJE DEL VERTIDO | 20 |
| 5.- CONCLUSIONES | 22 |
| 6.- RECOMENDACIONES | 25 |

* * * * *

1.- INTRODUCCION

- 1.1.- Recientes sondeos mecánicos realizados en el vertedero de basuras de Garraf, con objeto de investigar la explotación del gas procedente de la fermentación de los residuos, encontraron niveles de agua entre 3 y 11 m de profundidad.
- 1.2.- El objeto de este informe es hallar el origen de la presencia del agua, sea a partir de los terrenos adyacentes o por origen en el propio vertedero, y de esta forma establecer los mejores criterios para su drenaje.
- 1.3.- El vertedero de Garraf, situado en los términos municipales de Gava y Begues (Barcelona), recibe desde 1974 los residuos sólidos del municipio barcelonés. Su capacidad máxima se ha establecido en 12 millones t, ocupando una superficie de 17 ha en el valle conocido como Vall de Mas Joan.
- 1.4.- Previamente al inicio de los vertidos la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental realizó en 1973 para el Ayuntamiento de Barcelona el "Estudio de las afecciones hidrológicas del vertedero controlado de basuras en el macizo de Garraf", al que se adicionó un Informe Complementario en 1974. De ambos estudios se ha obtenido la información sobre las aguas subterráneas del área en la que

está enclavado el vertedero. Los datos relativos propiamente al vertedero se han obtenido del proyecto "Acondicionamiento del Vertedero" del Ayto. de Barcelona, 1973, así como de la compañía explotadora TIRSSA.

- e) Jurásico (J_1). Brechas calcáreas y dolomíticas rojizas y grises. Nivel de gran variación lateral, con un espesor medio de 5 a 10 m. Permeable.
- f) Jurásico (J_2). Dolomías negras masivas y brechoides, con carácter cárstico. Espesor de 170 a 190 m. Permeables.
- g) Jurásico (J_3). Calizas y dolomías laminadas. Espesor medio 20 m. Permeable.
- h) Cretácico (C_1). Calizas micríticas en bancos gruesos 350 m. Permeable.
- i) Cuaternario (Q). Material aluvial. Moderadamente permeable.

2.3.- La estructura en la que se presentan estos terrenos es la de un complejo mosaico de bloques fracturados, con un buzamiento general de 20-30° al WSW. El salto normal producido por las fracturas es de unos 20 m.

2.4.- Las características climáticas del área del vertedero cuya cota está entre 225 y 510 m s.n.m., se obtienen a partir de las estaciones meteorológicas de Begues (360 m) y del Prat de Llobregat (≈ 10 m).

| Periodo 1945-1972 | Pluviometría | Excedentes (pluviometría menos evapotranspiración potencial) |
|-------------------|--------------|--|
| Begues | 704 mm/año | 272,9 mm/año |
| Prat de Llobregat | 560 mm/año | 91,3 mm/año |

De acuerdo con estos datos la pluviometría media se estima en unos 650 mm/año, mientras que los excedentes pueden cifrarse en 200 mm/año, variando entre 100 y 400 mm/año.

- 2.5.- La red de drenaje superficial es insuficiente, produciéndose escorrentía superficial solamente en ocasión de tormentas. Puede producirse también escorrentía superficial por lluvias sobre terrenos impermeables, aunque en cantidad desdeñable, dado lo reducido de sus afloramientos. - Los excedentes que no escurren superficialmente (aproximadamente un 85%) se infiltran en los acuíferos.
- 2.6.- En el margen izquierda de la Vall de Mas Joan dominan las formaciones triásicas arcillosas y calcáreas, alternando formaciones permeables e impermeables; debido al buzamiento regional al SW, en la cabecera y margen derecha del valle afloran el Jurásico dolomítico y el Cretácico calcáreo, permeables.
- 2.7.- El Triás inferior constituye la base impermeable general, que no aflora en la Vall de Mas Joan. El papel de los niveles poco permeables del Muschelkalk medio y parte alta del Muschelkalk superior es discontinuo, debido al gran número de fracturas y grietas. El Keuper falta aparentemente bajo el vertedero. Las formaciones del Muschelkalk superior, Jurásico y Cretácico pueden considerarse como un único conjunto acuífero, desarrollado propiamente en la cabecera y margen derecha del valle, continuándose hacia el SW.
- 2.8.- Los materiales calcáreos y dolomíticos (Muschelkalk superior, Jurásico, Cretácico) están fuertemente carstificados en los alrededores del vertedero (fondo del valle, - margen derecha) hasta una profundidad entre 50 y 100 m.- Las minas y cuevas están secas -incluso son visitadas - ocasionalmente por espeólogos- y sólo algunas conducen o

vierten aguas ocasionalmente, sin formar sin embargo - una zona saturada.

2.9.- El inventario de pozos y manantiales realizado en 1973 - puso de manifiesto que a 500 m al E del vertedero, se ha lla un manantial de caudal muy reducido. A distancia de unos 2 km al E y SE de la base del vertedero se encuentran tres puntos de agua cuyo caudal varía entre 0,1 y 3 l/s (pozo). Areas con mayor densidad de pozos se encuentran a distancias de 3 km o más del vertedero, en las áreas de Castelldefels, costa entre Castelldefels y Garraf, y área de Bruguers-Begues.

2.10.- En la Vall de Mas Joan y durante el período de explotación del vertedero se ha puesto de manifiesto la presencia de cuatro manantiales, situados en los puntos marcados 1 a 4 en el plano 1, cuyo caudal conjunto no supera los 0,3 l/s y se muestra relacionado con períodos de lluvia; debé anotarse además que tres manantiales (n^{os} 2, 3 y 4) están situados sobre el afloramiento del Muschelkalk medio (M₂), poco permeable, y uno (n^o 1) sobre terrenos jurásicos, aunque es probable la presencia del Keuper impermeable a escasa profundidad. El régimen de estos manantiales no ha variado sensiblemente desde los inicios del proyecto del vertedero.

2.11.- Como apoyo al estudio realizado por CAPO se ejecutaron 2 sondeos de investigación ubicados en la margen izquierda de la Vall de Mas Joan a 1 km al SE de la base del vertedero. El primer sondeo (S.2), atravesó los siguientes terrenos:

| | | | |
|-------|---|-------|---|
| 0 | - | 6 m | acarreos |
| 6 | - | 38,2 | Keuper |
| 38,2 | - | 106 | Muschelkalk superior. Carácter cárstico |
| 106 | - | 201,6 | Muschelkalk medio |
| 201,6 | - | 220 | Muschelkalk inferior. Carácter cárstico |

El sondeo puso de manifiesto la existencia de dos niveles de agua, uno de ellos a 80-85 m (cota s.n.m. + 70 m aproximada), y el segundo a 145,70 m (cota 8,1 m s.n.m.) relacionados respectivamente con los acuíferos Muschelkalk superior y Muschelkalk inferior. El sondeo 2', ubicado a 10 m del anterior, con una profundidad de 95 m, dio una litología idéntica al n° 2, situándose inicialmente el nivel de agua a 77 m de profundidad y posteriormente a 83 m (cota 69 m s.n.m.). La permeabilidad de ambos tramos acuíferos se estimó entre 0,1 y 1 m/día. No existen otros datos sobre la hidrología profunda de la Vall de Mas Joan.

- 2.12.- De lo anterior se deduce la existencia de un acuífero regional conectado al mar, en calizas del Muschelkalk inferior al SE de la Vall de Mas Joan, y en calizas y dolomías del Muschelkalk superior, Jurásico y Cretácico al SW del vertedero. No se tienen medidas directas del nivel de agua de este acuífero en la zona del vertedero, aunque por extrapolación a partir de la piezometría regional puede aceptarse un nivel de agua entre las cotas 10 y 50 m, es decir a un mínimo de 175-210 m de profundidad bajo el vertedero (Plano 3). Cabe incluso en este área que el nivel regional saturado no exista, ya que la base impermeable se presume por encima de la cota 0 m.
- 2.13.- Asimismo se ha señalado la existencia a 1 km al SE del vertedero de un acuífero presuntamente colgado* en el Muschelkalk superior, con nivel de agua a 80-85 m de -

* Zonas saturadas de agua sobre intercalaciones poco permeables, situadas sobre el nivel regional saturado y desconectadas de él; su naturaleza es de extensión limitada, discontinua y sus descargas suelen ser reducidas y no permanentes.

profundidad. Hacia el vertedero este nivel calizo acenta su carácter colgado, dando lugar a los exiguos manantiales existentes. La circulación horizontal capaz de dar pequeños manantiales sólo puede concebirse a distancias entre 500-1.000 m del vertedero; con recorridos mayores es casi segura la infiltración a niveles más profundos, aprovechando la débil permeabilidad de los materiales considerados como impermeables o las discontinuidades tectónicas.

- 2.14.- La descarga máxima de 0,3 l/s de los pequeños niveles colgados, ya existente antes de instalarse el vertedero, es el único caudal que el terreno aporta al vertido, ya que el resto de los terrenos adyacentes se hallan secos, por estar por encima de la zona saturada. El aporte del caudal referido no dió origen a una zona saturada de agua en el vertido durante la primera etapa de explotación del mismo.
- 2.15.- Se admite que del 50% de los excedentes de agua que corresponden a la infiltración en los acuíferos, una parte se drena como escorrentía rápida directamente al mar a través del sistema cárstico superficial durante o inmediatamente después de las grandes tormentas; por otra parte existe una infiltración profunda con descarga subterránea lenta al mar, por un sistema cárstico de mayor permeabilidad (acuífero regional).

3.- EL VERTIDO

- 3.1.- Para el drenaje de la eventual escorrentía superficial - por la Vall de Mas Joan, se dispusieron en el fondo del valle unos drenes de un diámetro de 2.13 m (valle central) y 1,60 - 1,80 m en las vaguadas laterales. El fondo del valle fue recubierto por arcilla compactada sobre la que se dispuso un lecho de material filtrante. Las paredes del vertedero fueron recubiertas directamente por gunitado dispuesto sobre un mallazo, y por una capa de bituflex, material impermeabilizante.
- 3.2.- La basura se dispone en capas de 2-3 m, se compacta, y es recubierta por una capa de 0,10 a 0,20 m de tierra. Para ello en principio se utilizaron terrenos arcillosos - (triásicos) de un área cercana; posteriormente se ha utilizado material de rebaje de variadas procedencias, que aparentemente es de baja permeabilidad. Diariamente vienen a verterse 1.570 t de residuos (tabla 1); La utilización de material de recubrimiento es de unos 400-500 m³/día. No se realizó compactación durante 1976-1977, de forma que en la base del vertedero hay unos 12 m de material compactado, sobre los que se disponen unos 8 m de residuos sin compactar, sobre los cuales se han dispuesto 10-15 m de residuos compactados; la compactación reduce el volumen de los residuos en un 50%. Como se indica, el espesor del vertido es en la parte central del verte

RESIDUOS SOLIDOS TRANSPORTADOS AL VERTEDERO (t)

| | | |
|---|--------|-----------------------|
| <u>1978</u> | | Total: <u>538.702</u> |
| <u>1979</u> | | |
| Enero | 55.498 | |
| Febrero | 42.120 | |
| Marzo | 42.691 | |
| Abril | 49.477 | |
| Mayo | 49.338 | |
| Junio | 50.887 | |
| Julio | 41.585 | |
| Agosto | 39.355 | |
| Septiembre | 48.425 | |
| Octubre | 56.350 | |
| Noviembre | 54.375 | |
| Diciembre | 54.675 | Total: <u>584.723</u> |
| <u>1980</u> | | |
| Enero | 64.375 | |
| Febrero | 45.100 | |
| Marzo | 68.576 | |
| Abril | 56.600 | |
| Mayo | 53.646 | |
| Junio | 46.600 | |
| Julio | 35.700 | |
| Agosto | 23.263 | |
| Septiembre | 46.429 | |
| Octubre | 28.792 | |
| Tonelaje vertido desde Enero 1978 a Octubre 1980: 1.570 t/día | | |

Tabla 1

dero de 30-40 m, con una pendiente longitudinal del 8,5%. El frente del vertedero está acondicionado con terrenos de escollera a cada 10 m de altura, separados por recubrimiento de tierra de 1,5 m de espesor.

EL AGUA EN EL VERTIDO

- 3.3.- En el lugar marcado como EX en el plano 1, se realizó en 1977 una excavación, levantando la basura compactada, que no mostró la presencia de un nivel de agua. Esta observación, sin embargo, no es concluyente acerca de la existencia o no de agua en zonas topográficamente más bajas de la correspondiente sección del vertedero.
- 3.4.- Se ha realizado recientemente un total de 13 perforaciones de investigación en el vertido (tabla 2, plano 1) con profundidades entre 12 y 20 m. Todas ellas mostraron presencia de agua, con niveles que se hallaban entre 3 y 11 m de profundidad; la profundidad media del agua en la zona central del vertido es de 7,5 m; aparentemente es menor en las zonas laterales. La superficie freática de esta masa de agua parece tener una pendiente longitudinal bastante uniforme del 9%, en el mismo sentido que la pendiente del terreno. La descarga de esta masa de agua se realiza fundamentalmente como lixiviado, que se recoge en la base del vertido. Por el frente del vertido, a unos 10 m por debajo de la coronación y bajo una de las zonas de escollera, se tiene una pequeña filtración de agua. La fuerte pendiente hidráulica de la masa de agua pone de relieve una baja permeabilidad en la masa de vertidos y recubrimientos terrígenos.
- 3.5.- Se estima que la humedad en la basura corresponde a un

| Perforación | Cota aproximada boca perforación (m) (1) | Profundidad (m) | Profundidad nivel agua (m) | | Cota aproximada nivel agua 14.10.80 (m) |
|-------------|--|-----------------|----------------------------|----------|---|
| | | | al perforar | 14.10.80 | |
| A | 326 | 20,0 | 8,0 | 6,2 | 319,8 |
| B | 334 | 20,0 | 8,0 | 8,4 | 325,6 |
| C | 342 | - | 6,8 | 7,0 | 335,0 |
| D | 346 | 12,0 | 4,9 | 4,4 | 341,6 |
| E | 354 | 12,5 | 5,1 | 6,8 | 347,2 |
| F | 330 | 20,0 | 7,8 | 7,2 | 322,8 |
| G | 313 | 15,1 | 11,2 | 10,5 | 302,5 |
| H | | 14,8 | 8,2 | | |
| I | | 10,0 | 9,1 | | |
| J | | 12,3 | - | | |
| P3 | 278 | 18,0 | 10,0 | | 268 (2) |
| C.3.2 | 282 | 15,0 | 8,0 | | 274 (2) |
| C.3.3. | 283 | 15,0 | 3,0 | | 280 (2) |

TABLA 2

- (1) Estimada a partir de perfiles topográficos del vertedero
(2) Niveles de agua de la perforación

50-60% de su peso húmedo; los valores más altos corresponden a las épocas de verano. Suponiendo una media de 1.570 t/día de residuos y un 50% en peso de agua, la basura está aportando un volumen medio de agua de $785 \text{ m}^3/\text{día}$ al vertedero, parte de la cual se drenará como lixiviado.

3.6.- Cabe distinguir dos tipos de aportaciones de agua al vertedero que se recogen como lixiviados en la base del mismo: una fracción de la humedad de los propios residuos y la infiltración relacionada directa o indirectamente con la lluvia. El agua generada por los propios residuos comprende la humedad que aportan las basuras y que se elimina como lixiviado por gravedad o compactación, así como el agua que se genera en los procesos de fermentación de los residuos; se considera que el volumen de lixiviados así producido será proporcional al aporte de residuos al vertedero. El agua aportada por la lluvia será la fracción que de la lluvia se infiltre, o bien el agua que se drene del terreno en el entorno del vertedero e ingrese en el mismo; se considera que si existe aportación de la lluvia, deberá haber una fracción de lixiviados que sea proporcional a las precipitaciones.

3.7.- Los volúmenes de lixiviados recogidos entre enero y septiembre de 1980 en la base del vertedero (tabla 3) varían entre $2.569 \text{ m}^3/\text{mes}$ (1,3 l/s) y $10.347 \text{ m}^3/\text{mes}$ (4 l/s), con una media de $7.063 \text{ m}^3/\text{mes}$ (2,7 l/s). Hay que calificar estas cifras como aproximadas, ya que no se refieren directamente al drenaje de lixiviados, sino al volumen de lixiviados tomados por las cubas de la balsa de almacenamiento para su evacuación.

| | Aportación de residuos (t/mes) | Precipitaciones (Gavá, mm) | Producción de lixiviados (m ³ /mes) |
|-------------|-----------------------------------|-------------------------------|---|
| <u>1980</u> | | | |
| Enero | 64.375 | 13 | 8.872 |
| Febrero | 45.100 | 25 | 2.569 |
| Marzo | 68.576 | 19 | 6.596 |
| Abril | 56.600 | 36 | 8.178 |
| Mayo | 53.646 | 92 | 10.347 |
| Junio | 46.600 | 58 | 7.363 |
| Julio | 35.700 | 13 | 6.745 |
| Agosto | 23.263 | 41 | 3.381 |
| Septiembre | 46.429 | 65 | 9.517 |

TABLA 3

- 3.8.- Puede calificarse como buena la correlación existente entre el volumen de lixiviados tanto con los residuos aportados, como con la distribución de lluvias (tabla 3, gráficos 1, 2 y 3). Debe aceptarse por tanto que los lixiviados contienen aportaciones tanto del agua contenida en los residuos como de la infiltración de las lluvias, aunque la aportación de éstas es menos importante dado su menor grado de correlación.
- 3.9.- Del análisis de la correspondencia entre aportación de residuos, lluvias y producción de lixiviados (tabla 3) resulta que alrededor de un 10% del peso húmedo de las basuras se drena como lixiviado. Esta aportación ha supuesto en término medio y durante el período Enero-Septiembre 1980, el 70% de la producción total de lixiviados (1,9 l/s, con una variación de 0,9 a 2,6).
- 3.10.- El 30% restante de los lixiviados (0,8 l/s) es atribuible a las lluvias (período enero-septiembre 1980). Esta cifra es un término medio, ya que los porcentajes reales dependen de las precipitaciones: desde un 15% de los lixiviados (0,3 l/s) en períodos de baja lluvia, al 50% (2,0 l/s) en épocas de fuertes lluvias. La influencia de las lluvias en el lixiviado se observa de 3 a 24 horas tras iniciarse las tormentas, y posiblemente en el plazo de unos días después de producirse. Por las consideraciones efectuadas en 2.14.. se supone que estos caudales proceden en su mayor parte de infiltración de la lluvia sobre el vertido y en menor cuantía de las aportaciones exteriores al vertedero. La infiltración sobre los vertidos se considera al rededor del 30% de las precipitaciones.

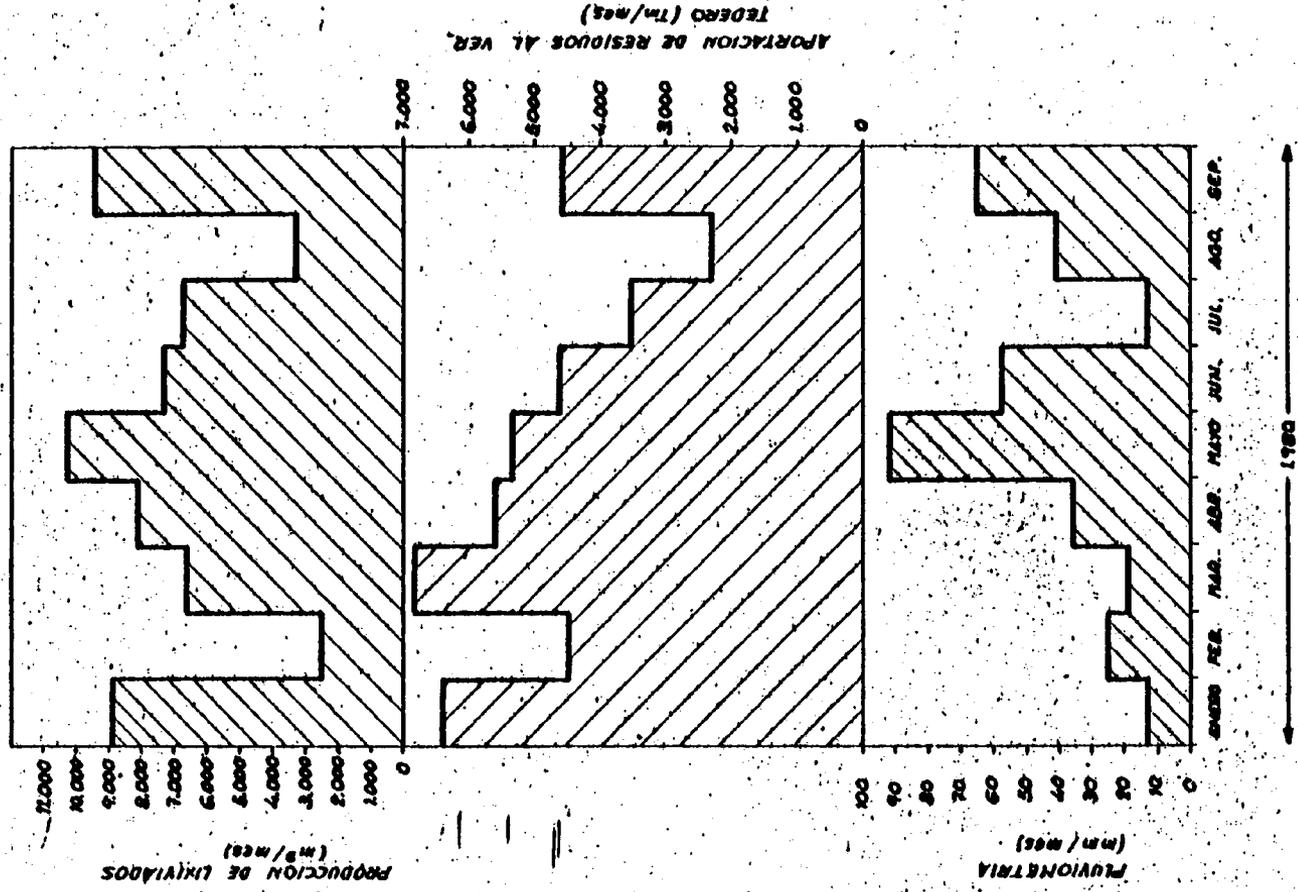
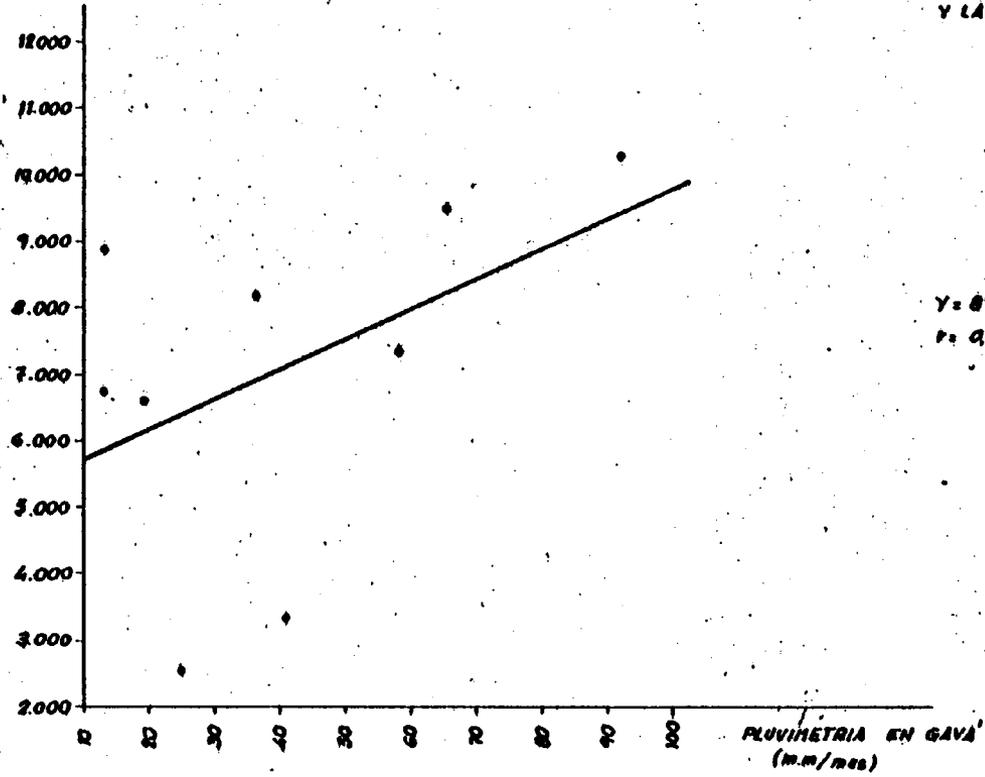


GRAFICO-1

PRODUCCION LIXIVIADOS
(m³/mes)

CORRELACION ENTRE LA PRODUCCION DE LIXIVIADOS
Y LA PLUVIOMETRIA (ENERO-SEPTIEMBRE 1990)

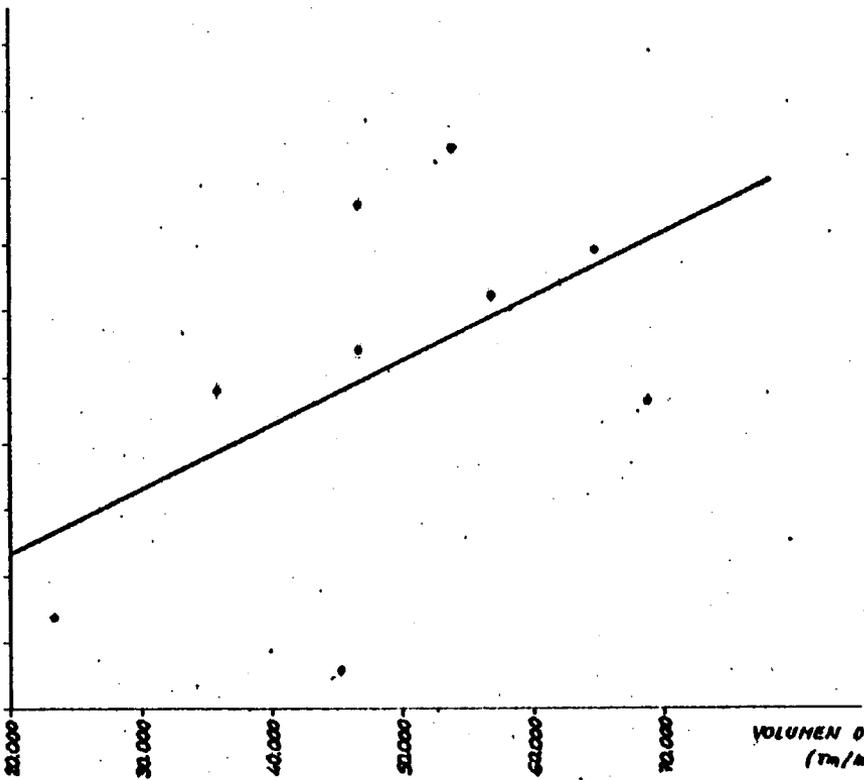


$Y = 8912,09 + 45,97x$
 $r = 0,88$

GRAFICO - 2

PRODUCCION LIXIVIADOS
(m³/mes)

12.000
11.000
10.000
9.000
8.000
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000



-CORRELACION ENTRE LA PRODUCCION DE LIXIVIADOS Y EL VOLUMEN DE RESIDUOS APORTADO AL VERTEDERO (ENERO - SEPTIEMBRE 1980)

$Y = 2315,5 + 0,097X$
 $r = 0,95$

GRAFICO - 3

- 3.11.- Las consideraciones precedentes, así como los resultados de los sondeos citados en 3.4. ponen de relieve que el vertedero se comporta como un terreno acuífero dotado de una baja permeabilidad, evaluable preliminarmente en 0,1 -1,7 m/d*, y de una cierta capacidad de almacenamiento, las variaciones de la cual producen demoras en el lixiviado de las lluvias infiltradas. Se supone que este comportamiento de la masa de residuos está favorecido por la ausencia de drenaje entre las distintas capas de basura, ya que el drenaje en la base del vertedero es insuficiente para drenar rápidamente el agua acumulada. Por su parte la ausencia de compactación en una parte de los residuos determinó probablemente un aumento de la porosidad y por tanto de la capacidad de almacenamiento.
- 3.12.- Podría suponerse que en el principio de la operación del vertedero el drenaje de la base del mismo era suficiente para eliminar las aportaciones de agua, manteniendo en seco los residuos; sin embargo la acumulación de basuras y recubrimientos de tierra junto con unas aportaciones crecientes de agua han tenido como efecto la acumulación de agua en el vertedero, hasta que el aumento del flujo subterráneo ha llegado a equilibrar el aumento de las aportaciones de agua.
- 3.13.- Por tanto, muy probablemente se ha establecido ya un equilibrio entre las aguas aportadas con los residuos y la capacidad de drenaje del vertedero, y se hayan estabilizado los niveles de agua. La influencia de las lluvias registradas en el período enero-septiembre 1980 no debería suponer variaciones importantes en los niveles. Sin embargo estos extremos sólo podrían confirmarse mediante la comprobación directa.

(*) A partir de los datos de $Q = 2,7$ l/s y gradiente hidráulico = 0,09 mediante aplicación de la Ley de Darcy. $Q = s.k.i$. donde s es la sección mojada, i el gradiente, k la permeabilidad

4.- RECOMENDACIONES PARA EL DRENAJE DEL VERTIDO

- 4.1.- El abatimiento del nivel de agua vendrá favorecido por el hecho de que el ingreso de agua en el vertedero desde los terrenos colindantes es de poca importancia.
- 4.2.- El sistema de drenaje que se considera más conveniente es mediante pozos perforados en el vertedero, entubados, dotados de rejilla filtrante, así como de empaquetado de grava para evitar colmataciones. Se estima la profundidad de pozo en 30-35 m, según sea el espesor de vertidos, y el diámetro del tubo de revestimiento de unos 15 cm. El caudal que podría bombearse con un descenso de 10 m del nivel de agua se cifra en 0,15-2 l/s. Dado que por insuficiente alimentación el caudal podría no mantenerse de forma continua, debería instalarse un interruptor automático de la bomba de forma que se disparase si el agua subía de un determinado nivel. El número de pozos necesario se establecerá según su radio de influencia, para lo cual deberá seleccionarse el abatimiento requerido; el cuadro adjunto muestra la disminución de abatimiento que se estima se tendría radialmente a partir de cada pozo.

| Abatimiento. (m) en el nivel de agua | 10 | 5 | 3 | 2 | Caudal bombeado l/s | rango per meabilidad m/día |
|--|----------------------------|---|----|----|---------------------------|----------------------------------|
| distancias del pozo de bombeo a las que se produce el abati- miento indicado (m) (*) | en el pozo de bombeo | 7 | 40 | 95 | 2 | 1,7 |
| | | 3 | 15 | 30 | 0,15 | 0,1 |

(*) Calculado mediante la fórmula de Jacob $s = \frac{2.3Q}{4\pi k.m} \log \frac{2.25kmt}{r^2S}$

siendo Q = caudal, k = permeabilidad del acuífero, s = abati-
miento, t = tiempo de bombeo, r = distancia al pozo, S =
coeficiente de almacenamiento, m = espesor saturado.

5.- CONCLUSIONES

- 5.1.- El vertedero del Garraf está enclavado en un área de geología compleja, sobre terrenos calcáreos y arcillosos - que abarcan del Triásico al Cretácico y que están afectados por una frecuente fracturación.
- 5.2.- La cabecera y margen derecha de la Vall de Mas Joan están constituidas por un potente paquete de calizas y dolomías permeables (más de 600 m), que pueden considerarse conjuntamente con un único acuífero. Estos terrenos están fuertemente carstificados hasta una profundidad entre 50 y 100 m, hallándose secas las simas y cuevas. Este acuífero tiene un carácter regional, está conectado con el mar, y se supone que su nivel de agua en el área del vertedero está a un mínimo de 175-210 m de profundidad.
- 5.3.- La margen izquierda de la Vall de Mas Joan está constituida por una alternancia de terrenos calcáreos permeables y de terrenos arcillosos impermeables, dando lugar a la existencia de pequeños acuíferos colgados y de pequeños manantiales. La descarga máxima conjunta de estos manantiales, estimable en 0,3 l/s, es el único caudal - que el terreno puede aportar al vertido, ya que el resto de terrenos subyacentes y adyacentes se hallan por encima de la zona saturada.

- 5.4.- El agua hallada en los sondeos efectuados en el vertedero así como el análisis del drenaje de lixiviados ponen de manifiesto que el vertedero se comporta como un terreno - acuífero de baja permeabilidad y dotado de una cierta capacidad de almacenamiento de agua. Su alimentación se produce a partir del agua contenida en las propias basuras u originada en el proceso de fermentación, y por infiltración de las lluvias en el vertido o por aporte subterráneo de los terrenos adyacentes; su descarga se realiza por la base del vertedero en forma de lixiviados.
- 5.5.- Las medidas aproximadas de producción de lixiviado entre Enero y Septiembre de 1980 proporcionan un caudal de 2,7 l/s (variando entre 1,3 y 4,0 l/s).
- 5.6.- Las pérdidas de agua que experimentan los residuos supone un 10%* de su peso húmedo; representan una aportación media a los lixiviados de 1,9 l/s (variando entre 0,9 a 2,6 l/s).
- 5.7.- Las lluvias contribuyen a los lixiviados con un caudal medio de 0,8 l/s, variando entre 0,3 y 2,0 l/s. Estos caudales se adicionan a los producidos por pérdida de la humedad en los residuos, y proceden en su mayor parte de infiltración directa de la lluvia sobre el vertido (30% aproximado de las precipitaciones).
- 5.8.- El comportamiento acuífero del vertedero está favorecido por la ausencia de drenaje entre las diferentes capas de basura, ya que la capacidad de drenaje en la base del vertedero es insuficiente para drenar rápidamente el agua acumulada. Por su parte, la ausencia de compactación en una parte del vertido determinó probablemente un aumento de la porosidad y por tanto de la capacidad de almacenamiento de agua.

(*) Datos entre Enero y Septiembre de 1980

5.9.- Probablemente se ha establecido ya un equilibrio entre las aportaciones de agua al vertedero y su capacidad de drenaje, por lo que no deberían suponerse variaciones significativas del nivel de agua; sin embargo es tos extremos deberán ser objeto de confirmación.

6.- RECOMENDACIONES

- 6.1.- Convendrá realizar medidas semanales del nivel de agua en algunos de los sondeos perforados en el vertedero a fin de comprobar su variación con respecto a las lluvias.
- 6.2.- Se propone la realización de un estudio geotécnico del vertedero, y en particular acerca de si los niveles de agua y permeabilidad existentes pueden suponer un riesgo para su estabilidad mecánica.
- 6.3.- De ser necesario un abatimiento del nivel freático en el vertedero, se considera que el sistema más conveniente sería la extracción mediante bombeo de pozos perforados en el vertedero. Este sistema se considera de fácil construcción, del mayor rendimiento, sin problemas de colmatación y sin presentar dificultades para la extracción del gas.