

PRIMER ENSAYO DE GASIFICACIÓN SUBTERRÁNEA DE CARBÓN EN EL MARCO DE UNA COLABORACIÓN COMUNITARIA

CONTRATOS N°: SF - 369/91 - ES/BE/UK
 N°: SF - 543/92 - ES/BE/UK

INFORME TÉCNICO ENERO 1994 - JUNIO 1994

Grupo Directivo

- A. BAILEY (DIRECTOR)
- A. OBIS (DIRECTOR ADJUNTO - OPERACIONES)
- M. MOSTADE (DIRECTOR ADJUNTO - TÉCNICO)

Underground Gasification Europe (UGE), AEIE
Calle Hermanos Nadal, 27 - 1º
44550 Alcorisa (Teruel), España

ÍNDICE

- Resumen
- 1. Introducción
- 2. Sondeo Desviado de Inyección [IW (ET4)]
 - 2.1 Testificación Geofísica
 - 2.2 Permeabilidad / Test de Aceptación de Agua
 - 2.3 Prueba de la Fibra Óptica
- 3. Ingeniería
 - 3.1 Pozos [RW (ET5)] y [IW2 (ET6)] - Programa de Perforación
 - 3.2 Pozo de Recuperación [RW (ET5)] - Programa de equipamiento de Perforación
 - 3.3 Ingeniería de la Planta de Superficie
 - 3.4 Unidad de Análisis del Gas Producto.
 - 3.5 Adquisición de Datos/ Unidad de Sistema de Control.
- 4. Programa de Ayuda
- 5. Dirección del Proyecto
 - 5.1 Administración
 - 5.2 Problemas / Dificultades
 - 5.3 Cambios en la Estrategia Técnica
 - 5.4 Trabajos Futuros
 - 5.5 Conferencias, Publicaciones e Informes.

Resumen

Las actividades principales del periodo que cubre este informe fueron la testificación geofísica del pozo desviado de inyección [IW1(ET4)], la iniciación de la ingeniería de detalle/diseño de la planta de superficie, incluyendo las unidades de Análisis de Gases y el Sistema de Adquisición de Datos/Control, y la ingeniería de diseño adicional del pozo de recuperación [RW(ET5)].

La medición y la testificación geofísica del pozo desviado de radio medio de inyección [IW1(ET4)] se realizó para confirmar la trayectoria del pozo y localizar los puntos en los que el sondeo atravesaba el techo y el muro de la capa de carbón.

Se comprobó el funcionamiento de la fibra óptica instalada en el tubo/tubería, si bien su funcionamiento se había comprobado en York con anterioridad a su instalación. con el fin de confirmar si era adecuado para la medición de perfiles de longitudes y temperaturas en condiciones de altas presiones y temperaturas.

Se firmó con SERELAND en mayo de 1994 el contrato para llevar a cabo la Fase 2 de la Ingeniería de la planta de superficie, y en junio de 1994 se enviaron las solicitudes de ofertas para los elementos del camino crítico de la planta. Se seleccionaron los contratistas para el diseño de detalle de las unidades de Análisis de Gases y el Sistema de Adquisición de Datos/Control, que fueron DUMEZ COPISA SISTEMAS (Unidad de Análisis de Gases) y HONEYWELL (la Unidad de Adquisición de Datos/Control).

La compañía prevista para suministrar el THERMOCASE, KAWASAKI THERMAL SYSTEMS, tubería aislada prevista para el equipamiento del pozo de recuperación, informó de su intención de vender la compañía y que la disponibilidad futura de dicho producto dependería de los planes de la compañía compradora. Al no existir fecha definida de la venta de la compañía, se ideó y evaluó una alternativa para el equipamiento del pozo.

El proyecto continuó con el programa de apoyo: el INSTITUTO DE CARBOQUÍMICA terminó con las medidas del comportamiento a la pirólisis y reactividad del carbón de "El Tremedal" e iniciaron los trabajos de modelización de las temperaturas de las zonas de reacción. TU DELFT de Holanda continuó con los trabajos del comportamiento termodinámico de los estratos encajantes y con la modelización del proceso de gasificación subterránea.

1. INTRODUCCIÓN

Este informe es el quinto informe técnico del proyecto de Gasificación subterránea que se está llevando a cabo en el norte de Teruel, España, con la ayuda financiera del Programa THERMIE de CEE .

Para marcar el objetivo del Pozo de Recuperación [RW(ET5)], se necesitaba conocer con precisión la trayectoria del pozo desviado de

inyección [IW1(ET4)], y localizar los puntos en los que dicho pozo cruzaba el techo y el muro de la capa de carbón, así como para determinar la localización óptima del "CRIP" para la ignición/inyección. Ésta información se obtuvo vía un giroscopo para una localización geométrica precisa y la diagrafía de densidad para localizar el techo y el muro de la capa de carbón.

La prueba de la fibra óptica instalada en la tubería/tubo del ET4 se realizó en marzo de 1994. Con anterioridad a esta prueba, la fibra óptica se probó en las instalaciones de YORK con el fin de confirmar la aplicabilidad de este sistema a las condiciones de la gasificación subterránea de carbón (GSC).

El diseño final del equipamiento del pozo de recuperación [RW(ET5)], se retrasó a causa de la incertidumbre acerca de la disponibilidad de THERMOCASE, la tubería aislada de producción preferida. La probable incapacidad de suministro de este producto dentro del plano aceptable por el proyecto, condujo a la decisión de formular/diseñar una configuración alternativa de equipamiento del pozo producción (recuperación).

La ingeniería de detalle de la planta de superficie se inició mediante el contrato con SERELAND en mayo de 1994, y se seleccionaron los contratistas para el diseño y construcción de las unidades de Análisis de Gases y el Sistema de Adquisición de Datos/Control.

2. SONDEO DESVIADO DE INYECCIÓN [IW1(ET4)]

2.1 TESTIFICACIONES GEOFÍSICAS

En el pozo de inyección se corrieron dos tipos de diagrafías/mediciones. Las diagrafías neutrón/litodensidad/rayos gama para determinar los contactos del techo y el muro de la capa de carbón con las rocas encajantes para planificar la situación óptima del "CRIP", y una medición con giroscopo para obtener una mejor determinación de la trayectoria del pozo para poder definir mejor la posición geométrica del objetivo a alcanzar con el sondeo de recuperación (producción) [RW(ET5)].

En mayo de 1994 ADARO corrió los instrumentos BPB neutrón/litodensidad/rayos gama. Los instrumentos consiguieron situar con precisión los contactos techo y muro de la capa de carbón a ambos lados de la zapata 9 5/8" en la zona que por primera vez el pozo atraviesa la capa, no siendo posible detectar los contactos en la zona perforada en capa en el segundo punto en que el pozo atraviesa la capa de carbón antes de alcanzar la posición de la zapata 6 5/8", ello fue debido a que la sonda no pudo pasar más allá de los 570 m a causa de la fuerte inclinación del pozo (con respecto a la vertical).

Habiéndose recibido una propuesta para la medición de la trayectoria del pozo con un giroscopo de gran precisión, SCHLUMBERGER GCT, esta compañía comunicó posteriormente que el aparato no estaba disponible,. Tras la evaluación de otros aparatos, en junio de 1994 se corrió finalmente el giroscopo FINDER de SCIENTIFIC DRILLING CONTROLS hasta la profundidad de la zapata 6 5/8" en combinación con las sondas SCHULMBERGER CNL, GR, y CCL.

Con las diagrfías BPB neutrón/litodensidad/rayos gama y las sondas SCHLUMBERGER CNL, GR, y CCL fue posible confirmar que los primeros contactos del carbón atravesados lo fueron a los 510 y 562,5 m de pozo, identificándose asimismo una intercalación arcillosa entre los 515,5 - 519,5 m de pozo. La presencia de dos picos de rayos gama en los registros (de SCHLUMBERGER) lleva a una interpretación/confirmación más complicada de la segunda entrada del pozo en la capa carbón. Dependiendo de la selección/interpretación de los picos, el punto de reentrada en la capa de carbón se localiza a los 618 ó 621 m de longitud de pozo. Estos dos picos de rayos gamma, observados por primera vez en el muro de la capa (no identificados en los sondeos de exploración) puede interpretarse como una pequeña irregularidad/discontinuidad en el muro de la capa de carbón, viniendo amplificadas por el hecho de que la trayectoria de sondeo ET4 (en la capa) es casi paralela al buzamiento de los estratos. Posteriormente ésta discontinuidad/irregularidad será confirmada/comprobada en el futuro con los testigos del sondeo ET5.

El solape de las elipses de incertidumbre de las mediciones realizadas con "MWD" y con el giroscopo demuestran las compatibilidades de las mismas .En las figuras 1a y 1b se presentan las trayectorias del sondeo de inyección [IW1(ET4)], obtenidas por los mediciones. El Cuadro 1 muestra la trayectoria del pozo ET4 basada en las mediciones con giroscopo para la zona entubada y las realizadas con el "MWD" en la zona de pozo desnudo. El punto de despegue ("KOP"), la zapata 9 5/8" y la zapata 6 5/8" se han interpolado con los puntos adyacentes de medida.

El cuadro 2 presenta una comparación entre las medidas "MWD" (BAKER INTEQ) y las medidas con el giroscopo (SCIENTIFIC DRILLING CONTROLS) interpoladas con el método "cubic spline" a la profundidad de pozo correspondiente. La comparación muestra importantes diferencias en azimut en el intervalo vertical antes de llegar al punto de despegue ("KOP"). Esto se explica por la pobre precisión en azimut del sistema "MWD" por debajo de 1° de inclinación. En la zona desviada y en capa las medidas de azimut se correlacionan muy bien, con diferencias menores de 1°. Por debajo del intervalo vertical, aparecen dos zonas con diferencias en azimut mayores de 1°: (i) la zona en la que hubo que extraer los equipos de fondo y cambiar el ángulo "bent housing" y (ii) la zona tras la zapata 9 5/8" en la que la perforación se reinició con diferente equipo de fondo (fase de perforación 12 1/4" \Rightarrow 8 1/2").

Las medidas de inclinación se corresponden muy bien a lo largo de toda la trayectoria del pozo, con diferencias menores de 0,5°. En sólo tres zonas de la trayectoria dan diferencias en la inclinación mayores de 0,5°. Siendo: (i) la primera zona en la zona desviada en la que el Motor de Fondo tuvo problemas para deslizarse, (ii) la segunda zona en la zona desviada en la que el Motor de Fondo tuvo dificultades para deslizarse y el equipo de fondo tubo que extraerse y retirar el centralizador situado por encima del Motor de Fondo, y (iii) la zona en la caliza de muro en la que se supone que el equipo de fondo "rebotó".

2.2 ENSAYO DE PERMEABILIDAD/ ACEPTACIÓN DE AGUA.

En el pozo de inyección [IW1(ET4)] , se realizó el ensayo "water fall-off" con el objeto de obtener medidas adicionales de permeabilidad de los estratos que se atraviesan en la zona sin entubar del este pozo. La permeabilidad de este tramo es importante para estimar el flujo de agua que habría que inyectar en el pozo de inyección [IW1(ET4)] para alcanzar el equilibrio de presiones en la capa con el lodo de perforación del sondeo de producción [RW(ET5)] . En el caso de quedar muy próximos los sondeos de inyección y de producción durante la perforación de este segundo sondeo, este equilibrio de presiones podría evitar que materiales del pozo de producción pasaran al pozo de inyección. La confirmación de permeabilidades resulta también importante para el control en etapas posteriores de la gasificación.

El ensayo se realizó simplemente llenando el pozo con agua hasta la brida superior de la cabeza de pozo (1,72 m por encima del nivel del suelo) y medir el descenso (fall-off) del nivel de agua en el pozo en relación al tiempo. El equipo básico utilizado fue un tanque de agua de 6000 litros de capacidad y una sonda eléctrica continua KLL para la detención del nivel del agua.

Con el fin de confirmar la repetibilidad se realizaron dos ensayos. Los resultados del nivel del agua en relación al tiempo se presentan en la Figura 2. La permeabilidad se calculó según la fórmula de GILG-GAVARD para nivel variable, método considerado adecuado para estratos de baja permeabilidad.

La fórmula es:

$$k = 1,308 \frac{d^2 \Delta h}{A \cdot h_m \cdot \Delta t}$$

donde

k= permeabilidad del estrato(cm/s)

d= diámetro del pozo (m) Δt

Δh = descenso del nivel del agua (m) en el intervalo Δt (min.)

A= un coeficiente que depende de la longitud (L) de la zona permeable atravesada y del diámetro de la tubería ranurada - en este caso un pozo sin entubar

hm= altura media del nivel de agua en el intervalo $\Delta t(m)$

Para una longitud de zona permeable mayor de 6m, el coeficiente A se formula como sigue:

$$A = 1,032 L + 30d$$

Con el fin de aplicar el método, se necesita fijar una longitud (L) de zona permeable en la formula. Como la sección desnuda del pozo de inyección [IW1(ET4)] atraviesa tres zonas diferentes - calizas impermeables, carbón muy poco permeable y arenas poco permeables, pueden seleccionarse tres valores diferentes:

- a) La longitud (L = 124,1 m) desde la zapata 9 5/8" hasta el final del sondeo (longitud total de pozo desnudo).
- b) La longitud(L=69,1 m) pozo desnudo en carbón y arena
- c) La longitud (L= 45,0 m) sólo en arena.

La permeabilidad media de los dos ensayos se presentan en el Cuadro 3. Los resultados del caso c) se consideran que son los de la arena, los resultados de los casos a) y b) son medias disminuidas por el efecto de la más baja permeabilidad de la caliza y el carbón.

La permeabilidad media de los dos ensayos en relación con la longitud del pozo desnudo en arena solo, caso c) es 15,5 mD. Este valor está bastante de acuerdo con los 18 mD de permeabilidad para la arena determinados con el Drill Stem Test (DST) realizado anteriormente por GEOSERVICIOS en el pozo de exploración ET1 y confirma que la arena tiene una permeabilidad muy baja.

2.3 PRUEBAS DE LA FIBRA ÓPTICA

Antes de su instalación en el sondeo de inyección ET4, el sistema de medida con fibra óptica fue probado en las dependencias de YORK y UKAEA (HARWELL), con la línea de fibra óptica en condiciones de presión y temperatura similares a los se esperan exponer en la GSC.

Se realizaron tres ensayos: (i) ensayo de capacidad de medida de longitud/temperatura de la Fibra Óptica (FO) expuesta a una llama directa en su extremo,(ii) ensayo de capacidad de medida de longitud/temperatura de la Fibra Óptica (FO) calentada a 1100° y (iii) ensayo de capacidad de medida de longitud/temperatura de la Fibra Óptica(FO) presurizada a 200 bar.

Todas las pruebas confirmaron la capacidad/potencialidad del sistema de la fibra óptica para medir longitudes/temperaturas en las severas condiciones de la GSC. La mayor dificultad encontrada por YORK fue el filtrado de una señal saturada emitida por el extremo de la fibra óptica expuesto a una temperatura muy alta (llama directa). Esto obligó a YORK a desarrollar/adaptar su procedimiento de filtrado de señal a las

condiciones de alta temperatura de la GSC. La Figura 3 muestra la comparación entre la medida de temperaturas entre termopares y FO, con ambos sensores introducidos en horno a temperatura controlada.

Las fibras ópticas instaladas en la tubería 7 / tubo 6 5/8" del ET4 en noviembre de 1993, se comprobaron en el terreno en marzo de 1994. La Figura 4 muestra el perfil de temperaturas obtenido de una fibra óptica de un extremo simple instalada en el ET4. El perfil muestra claramente la discontinuidad provocada por las dos uniones de la fibra y el extremo de la misma.

Para finalizar la instalación de la fibra óptica en ET4, se instaló y probó un manifold para inyectar flujo de nitrógeno por dentro de la cubierta protectora de 1/8" de acero inoxidable de la fibra óptica. La alta presión a la que hay que inyectar el nitrógeno por el anular fibra óptica - cubierta protectora, requiere la instalación de una pieza en T sellada con goma. Aunque esta pieza en T fue probada previamente en el laboratorio de UKAEA(HARWELL), su capacidad de sellado no resultó totalmente satisfactoria durante la prueba de presión de campo, y su diseño/instalación será revisado/adaptado para la instalación de la fibra óptica en los sondeos ET5 Y ET2 antes de la operación de proceso.

3. INGENIERÍA

3.1 POZOS [RW(ET5)] E [IW2(ET6)] - PROGRAMAS DE PERFORACIÓN

La trayectoria final del pozo de inyección ET4 [IW1(ET5)] y las posiciones revisadas del CRIP, requerían cambios en las coordenadas geométricas del objetivo en la capa para el sondeo de recuperación [RW(ET5)] y en el segundo sondeo de inyección [IW2(ET6)]. El emboquille de los pozos no resultaban afectados en ninguno de ellos, pero ambos necesitaban un mayor desplazamiento desde el emboquille que el inicialmente previsto. Se propusieron nuevos perfiles para los pozos, y se recibió consejo de las compañías de perforación dirigida para la planificación y el control direccional. Los sondeos tendrían un perfil con trayectoria en "S" con deslizamientos horizontales desde el emboquille relativamente cortos. Las trayectorias revisadas no supondrían diferentes técnicas de perforación dirigida y los costes no se verían afectados, los sondeos originales también necesitaban control direccional.

3.2 POZO DE RECUPERACIÓN [RW(ET5)]-PROGRAMA DE EQUIPAMIENTO

En abril de 1994, KAWASAKI THERMAL SYSTEMS, el constructor del tubo aislado THERMOCASE preferido para este pozo, informó de su intención de vender la compañía y que la disponibilidad del producto dependería de los planes de los nuevos propietarios. No dio fecha definitiva para la venta de la compañía y de aquí que se inició el análisis/diseño de una alternativa de equipamiento.

La configuración propuesta al no - THERMOCASE se presenta en la figura 5. En esta configuración, la tubería THERMOCASE es remplazada por dos tuberías concéntricas, cuyo anular proporciona aislamiento al gas producto. durante la operación un pequeño flujo de gas pasará por el anular para evitar que el gas producto suba por anular.

Con el fin de obtener una estimación cualitativa del grado de aislamiento, se realizará en la UNIVERSIDAD DE LOVAINA -LA-NUEVA un análisis de simulación. El objetivo del éste análisis es determinar la posibilidad del sistema de mantener el gas producto en fase gaseosa a lo largo de todo el pozo.

Para esta alternativa de equipamiento se formularon las especificaciones geométricas y de materiales. Se inició el diseño de la cabeza de pozo así como se analizó en detalle la posibilidad de instalar termopares y fibra óptica para la medida de temperaturas. Se realizó una extensa búsqueda para investigar la disponibilidad de materiales y la posibilidad de fabricar aleaciones especiales para las especificaciones requeridas.

La imposibilidad de pedir el THERMOCASE hasta después de agosto de 1994

tendría importantes repercusiones en la programación y en los costos. La decisión de proceder a solicitud de los materiales para el equipamiento alternativo del pozo se tomaría en agosto de 1994 si la posibilidad de obtener el THERMOCASE todavía se presentara incierta en esa fecha.

3.3 INGENIERÍA DE LA PLANTA DE SUPERFICIE

En enero de 1994 se enviaron las solicitudes de oferta para las Fases 2 y 3 de la Ingeniería de la Planta de Superficie, con la idea de contratar la Fase 2 y considerar la Fase 3 como una extensión de la anterior.

La ingeniería de las unidades de Análisis de Gases y Adquisición/Control de Datos está fuera de la capacidad de un contratista general de ingeniería. Por esta razón, se decidió que el diseño y construcción de aquellas unidades se dirigiría directamente desde UGE a través de contratos separados fuera de cometido del principal contratista de Ingeniería de la Planta de Superficie.

Las siguientes compañías fueron invitadas para el diseño/ingeniería de detalle de la Planta de Superficie:

ECOLAIRE
FOSTER WHEELER
JOHN BROWN SENER
SERELAND
TECPLANT INGEST

FOSTER WHEELER declinó ofertar. Las ofertas se analizaron y el contrato para la Fase 2 se firmó con SERELAND en abril de 1994.

Se han generado los primeros planos , plano general de implantación, diagrama de proceso y los P & ID para los sistemas de alimentación, pozos de proceso , etapas de descompresión y servicios. Se han preparado las solicitudes de ofertas para la unidad Criogénica, quemador de gas y antorcha , intercambiador de calor, caldera de vapor y bombas dosificadoras. Se están preparando las especificaciones para las solicitud de oferta para Instrumentación y Control de Datos.

Se espera que la Fase 2 se termine a finales de 1994 principios de 1995. A esta seguirá el suministro de equipos y la instalación de la planta (Fase 3), proyectándose el comienzo la operación de gasificación en el verano de 1995. a SERELAND se le avisó de que podría haber un retraso entre la fase 2 y 3 en el caso del largo periodo de entrega de los materiales para el equipamiento de los pozos. La petición de los materiales para la planta de superficie de la Fase 3 se puede realizar independientemente de las operaciones de perforación, pero la construcción de la planta en las áreas de los sondeos deberá esperar a la finalización de las perforaciones para evitar conflictos de actividades.

Se firmó el contrato con la compañía ERSA para instalar la línea eléctrica que suministrará la potencia requerida por el ensayo. Se están solicitando los permisos para la instalación de los postes y la instalación quedará terminada en el otoño de 1994.

3.4 UNIDAD DE ANÁLISIS DEL GAS PRODUCTO.

Para el control del desarrollo y eficiencia del proceso se necesitará información de la composición del gas producto vía análisis. Se necesita una unidad de análisis continuo de la composición del gas producto durante las diferentes fases del ensayo.

El diseño de la unidad no resulta inmediata ya que la composición del gas no se puede predecirse con precisión y variará en gran medida con las fases del proceso. Otra complicación añadida es que el contenido agua/liquido en la corriente de gas puede ser muy alta en fases particulares del proceso, requiriendo una protección de corte para evitar la entradas de agua en los analizadores. Se debe prestar una atención especial a la corrosión debido a la alta concentración de ácido sulfúrico esperada debido al alto contenido de azufre en el carbón.

Se especificaron los análisis de gases y líquido requeridos y en mayo de 1994 se solicitaron ofertas para el diseño y construcción de la unidad de Análisis de Gases a las siguientes compañías:

COMSIP
DUMEZ COPISA SISTEMAS
MASA
MIESA
SAINCO

DUMEZ COPISA fue al empresa seleccionada para el diseño/ingeniería de detalle de la Unida de Análisis de Gases(Fase 1). El contrato cubre especificaciones de equipos, seguridad y una estimación del coste/precio de la Fase 2 en forma de llave en mano para el suministro de equipos y la construcción completa de la Unidad.

3.5 UNIDAD DE ADQUISICIÓN DATOS / SISTEMA DE CONTROL.

Las fases del proceso del ensayo dirigirán vía control del flujo de inyección, contrapresión del reactor y disminución de la presión, composición del gas y temperatura del fondo del pozo de producción. El Sistema de Adquisición de Datos recibirá, guardará, procesará y visualizara e imprimirá datos provenientes de un gran número de instrumentos de superficie y subterráneos para su seguimiento operacional. El Sistema de Control de Datos se encargará de un grupo de controladores, alarmas de puntos estratégicos y acciones de seguridad.

Se especificaron los requisitos para la Unidad de Adquisición de Datos/Control de Sistema y se solicitó oferta para el diseño y construcción de la Unidad a las siguientes compañías:

COMSIP	COSINOR
DUMEZ COPISA SISTEMAS	ELIOP
FISHER & PORTER	FISHER-ROSEMOUNT
HARTMANN & BRAUN	HONEYWELL
IST	LÍNEAS ELECTRÓNICAS
PD&C	SCAP EUROPA
SILICON	

Tras la evaluación de las ofertas se seleccionó a HONEYWELL para el diseño/ingeniería de detalle del sistema Adquisición de Datos y Control (fase 1). Mientras que la selección de otras ofertas se hicieron basándose solo en los méritos técnicos/comerciales de la oferta, en la selección del suministrador de la Unidad de Adquisición de Datos / Sistema de Control se tubo en cuenta para la decisión la arquitectura hardware/software del Sistema.

Las compañías invitadas a la sollicitación básicamente propusieron dos arquitecturas: (i) arquitectura basada en PC con un Director de Base de Datos propietario en MS-DOS/WINDOW o en sistema operativo UNIX y (ii) Una arquitectura con estación de trabajo con un Director de Base de Datos propietario o comercial sobre un sistema operativo UNIX.

Para una aplicación de tamaño pequeño a mediana de adquisición y control se reconoció que la arquitectura basada sobre PC de HONEYWELL utilizando un Director de Base de Datos propietario corriendo en sistema operativo UNIX resultaba el mejor compromiso entre coste y flexibilidad de utilización.

4. PROGRAMA DE APOYO

El INSTITUTO DE CARBOQUÍMICA terminó los trabajos de medición de pirólisis en laboratorio de los carbones de "El Tremedal ". Este trabajo proporciona valiosa información para el proceso acerca del comportamiento del carbón a la pirólisis así como análisis e interpretación de resultados. Se ha recibido un informe preliminar del comportamiento a la pirólisis.

En la Figura 6 se presenta el reactor de lecho fijo utilizado en los estudios de pirólisis. Los productos de la pirólisis se recogieron y analizaron, habiéndose obtenido a tres presiones (5,15 y 25 bar) y a cinco temperaturas (400,500,600,700 y 800 ° C) con una velocidad de calentamiento de 10 grados C / minuto manteniendo la temperatura constante al final de la pirólisis durante 30 minutos. El ensayo se realizó sin arrastre de gas con el fin de maximizar el tiempo de residencia de los volátiles dentro del lecho de carbón.

Para cada condición de presión/temperatura el comportamiento a la pirólisis se evaluó en términos del gas, alquitrán, semicoque y agua, composición del gas análisis del semicoque y distribución del azufre en los productos de la pirólisis. Los resultados del ensayo se muestran en la Figuras 7 a 10. En el Cuadro 4 se muestran las correlaciones empíricas de semicoque, gas, agua y alquitrán obtenido en función de la temperatura y presión. La figura 11 presenta la comparación entre los valores experimentales y los obtenidos con la correlación empírica.

En general, el comportamiento a la pirólisis del carbón Subbituminoso C/lignito de "El Tremedal" es el normal de los carbones de la cuenca de Teruel. El resultado más significativo para la interpretación del proceso de GSC es la gran influencia de la presión en la distribución de azufre en los productos de la pirólisis. En la Figura 10 se puede ver que casi el 100% del azufre se mantiene en el semicoque hasta los 600° C para presiones por encima de 25 bar.

La fase final del trabajo que está siendo llevado a cabo por INSTITUTO DE CARBOQUÍMICA, la predicción de las temperaturas máximas en la capa en la zona de combustión como una función de las condiciones de operación, está en ejecución y se está preparando el informe de la reactividad carbón/semicoque.

Continúan los trabajos sobre el comportamiento del proceso de GSC de la TU. DELFT. Trabajadores de la universidad visitaron UGE en junio de 1994 para recoger muestras de la roca de techo de la capa de carbón en una mina a cielo abierto cercana situada en Foz Calanda. Este estrato del techo se considera comparable al de la capa de "El Tremedal". y se utilizará para estudios de estabilidad termomecánica de los estratos de techo de la cavidad creada en la GSC.

En abril de 1994 se reunió el Grupo de Asesores Técnicos y Científicos. Se discutió con detalle el diseño/equipamiento alternativo para el pozo de producción y CARBOQUÍMICA presentó los resultados preliminares de los análisis y mediciones de la pirólisis.

5. DIRECCIÓN DEL PROYECTO

5.1 ADMINISTRACIÓN

En febrero de 1994 se incorporaron dos puestos a la plantilla para las actividades de Adquisición de Datos /Control uno y Coordinador de Campo el otro. La vacante en Control de Proceso/ Análisis permanece sin cubrir.

5.2 PROBLEMAS/DIFICULTADES

El problema técnico más importante fue la decisión de KAWASAKI THERMAL SYSTEMS de vender la compañía, con el resultado de la incertidumbre de la disponibilidad del tubo aislado THERMOCASE para el pozo de recuperación [RW(ET5)] .

5.3 CAMBIOS EN LA ESTRATEGIA TÉCNICA

La decisión de proceder con la alternativa de diseño del equipamiento del pozo de producción se tomará en agosto de 1994, si la incertidumbre de disponer del THERMOCASE no se ha disipado para ese tiempo.

5.4 TRABAJOS FUTUROS

Los dos pozos restantes de proceso [RW(ET5)] e [IW1(ET6)] se perforarán durante el segundo semestre del presente año. El suministro de tuberías de aleaciones especiales y otros componentes para el equipamiento de los pozos empezarán en agosto de 1994.

En julio /agosto se firmarán los contratos para el diseño/ingeniería de detalle de las unidades de Adquisición de Datos /Sistema de Control y Análisis de Gases. Se dará salida a la solicitud de ofertas para partes importantes de la planta de superficie (planta criogénica, quemador de gas y antorcha, bombas dosificadoras ,etc.)

Los trabajos de modelización de la temperatura de reacción serán terminados por INSTITUTO DE CARBOQUÍMICA antes de finales de 1994.

5.5 CONFERENCIAS, PUBLICACIONES E INFORMES

- "Perforación de un sondeo desviado de radio medio para la gasificación subterránea de carbón" por A.C. BAILEY, M. MOSTADE y A. OBIS
Comunicación presentada al 9º Congreso Internacional de Minería y metalurgia, León(España), 24-28 de mayo de 1994.

- “Ensayo de permeabilidad en el sondeo desviado de inyección [IW1(ET4)] (97/IN/95/S).Informe interno preparado por C. BARAT.
- “Estudio de pirólisis en los carbones de El Tremedal - Resultados preliminares”
Informe preliminar presentado por el INSTITUTO DE CARBOQUÍMICA

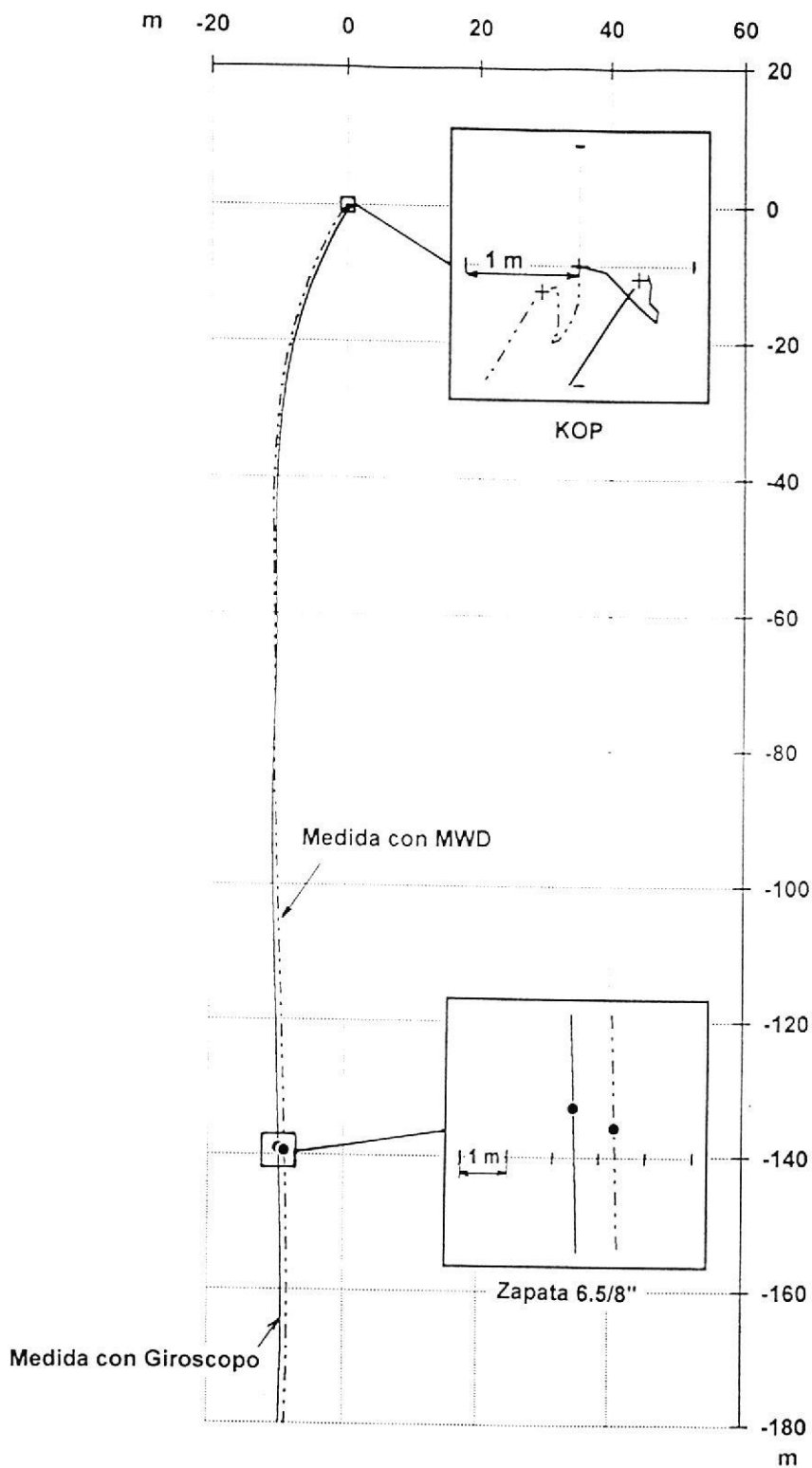
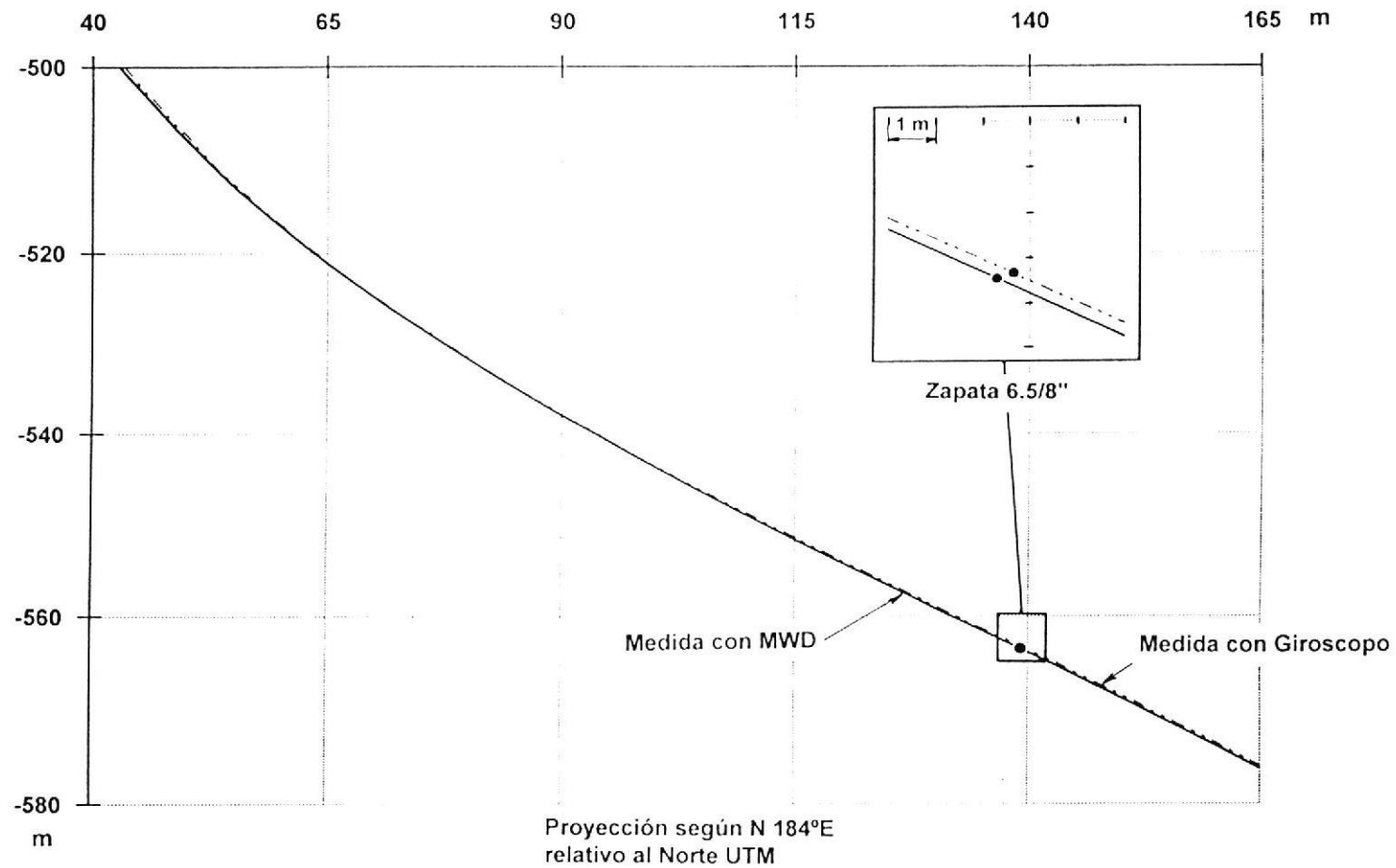


Figura 1a . Comparación entre las medidas con "MWD" y Giroscopo en el pozo ET4 (Sección Horizontal)



**Figura 1b . Comparación entre las medidas con "MWD" y Giroscopo
(Sección Vertical - Intervalo en capa)**

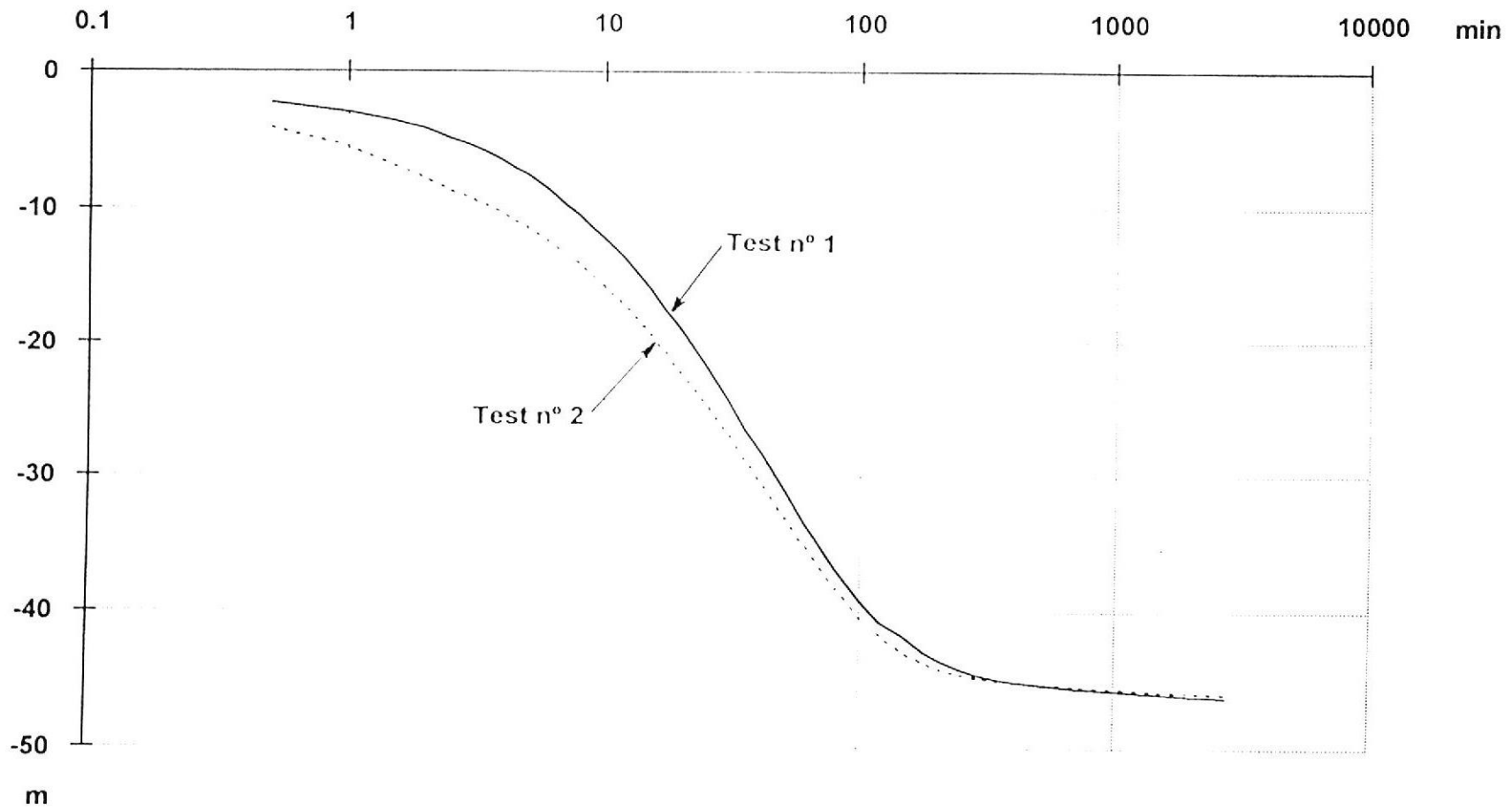


Figura 2 . ET4 "Water Fall-off" Tests (Nivel de agua frente a tiempo)

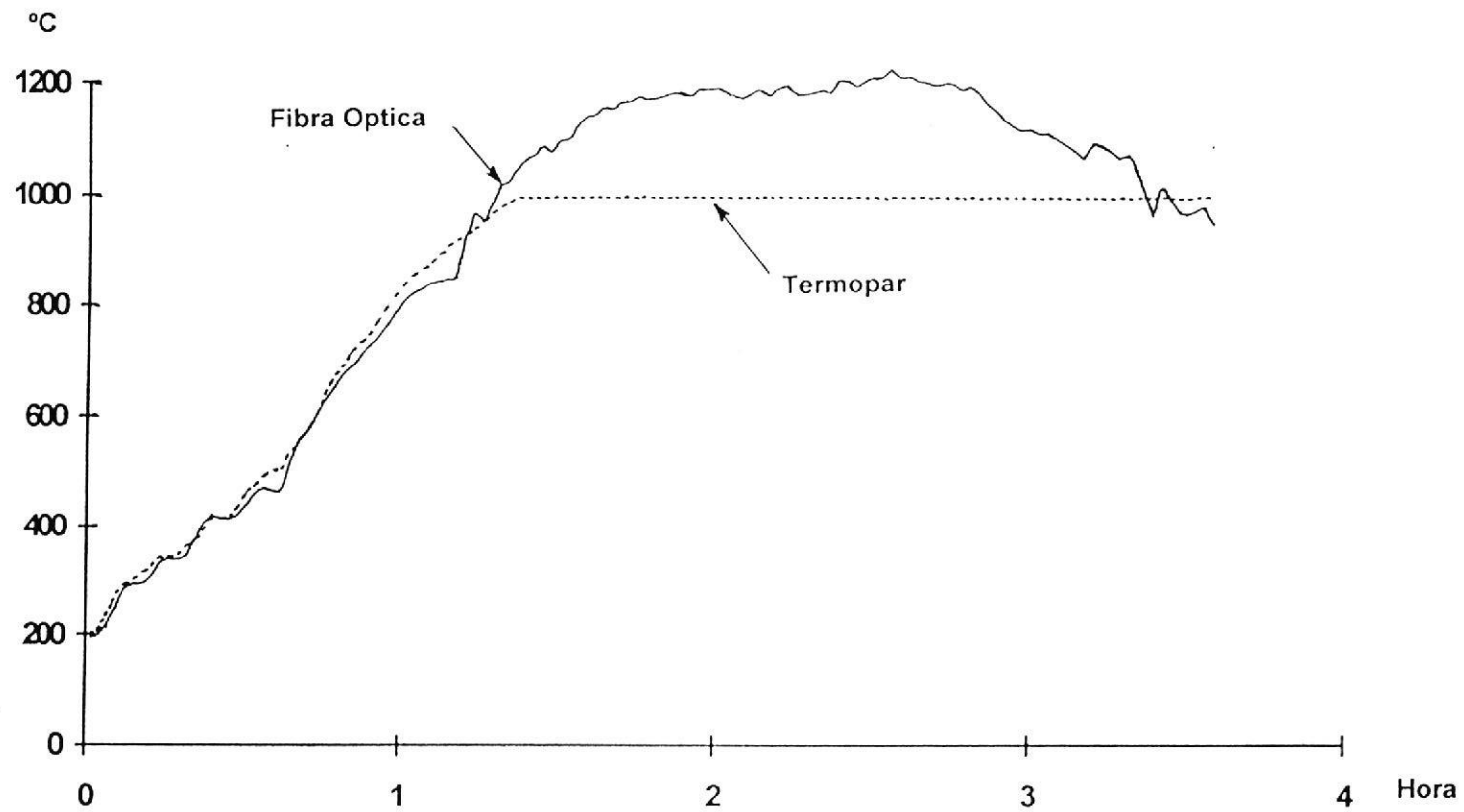


Figura 3 . Comparación entre las medidas con Termopar y Fibra Óptica
(Temperatura frente a tiempo - Horno con Control de Temperatura)

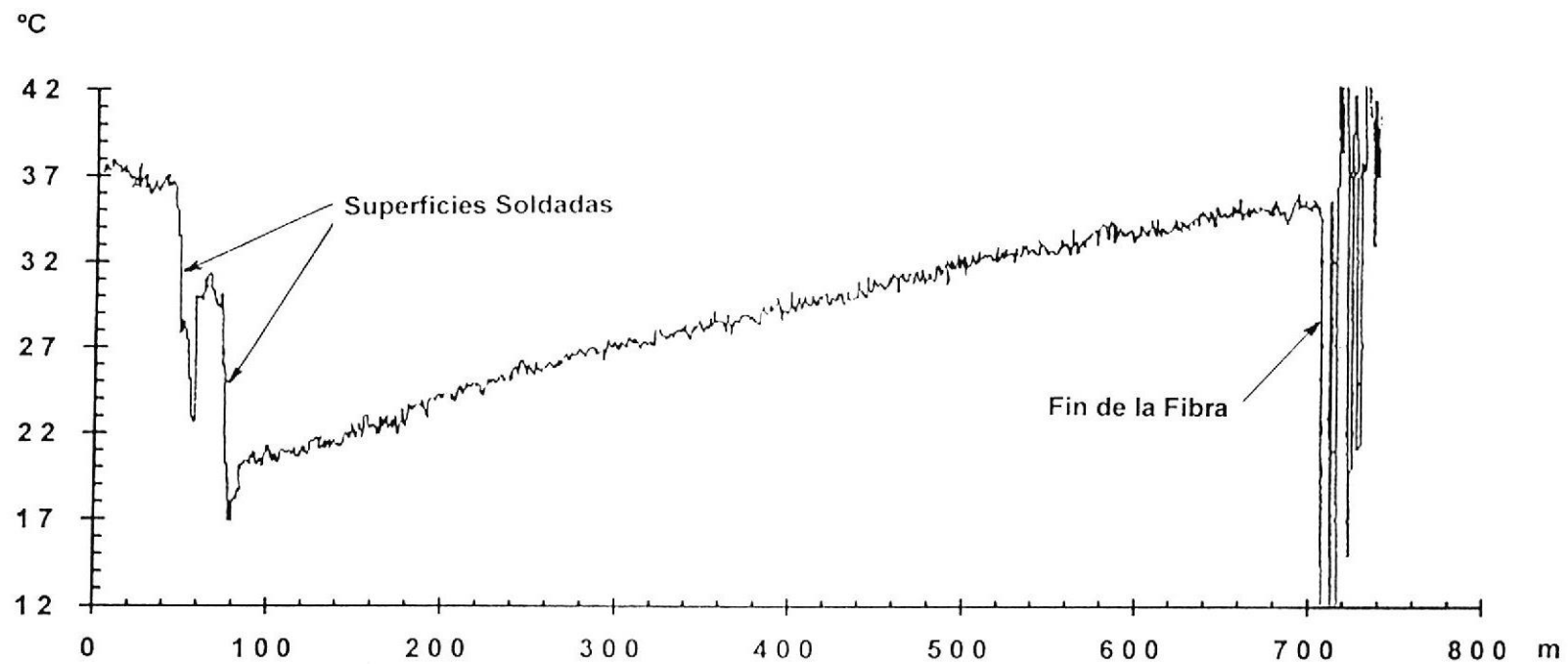


Figura 4 . Perfil de Temperatura a lo largo de un cable de Fibra Óptica de extremo simple instalado en ET4

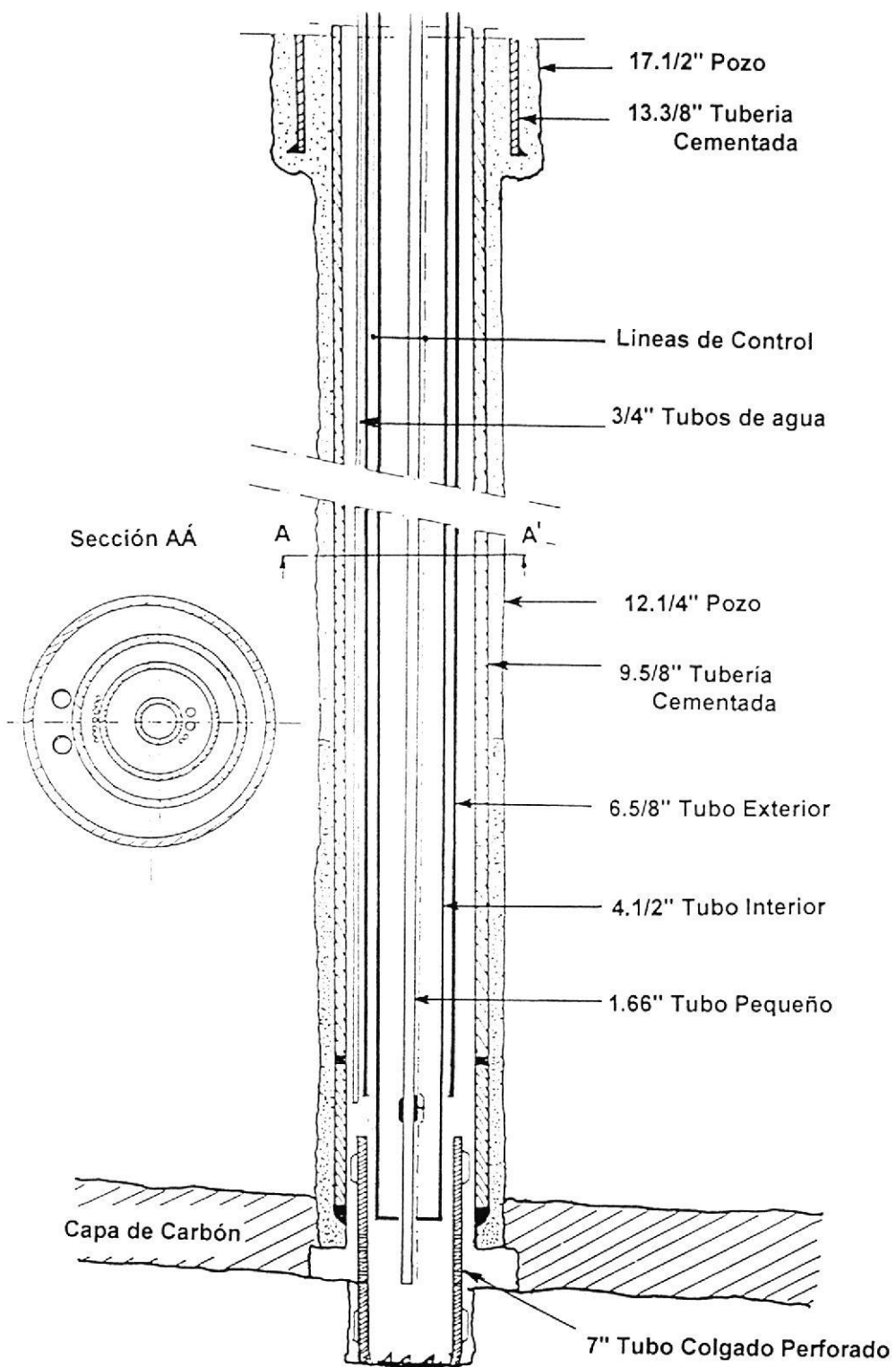


Figura 5 . Confrontación del doble anular propuesto para el pozo de Recuperación [RW (ET5)]

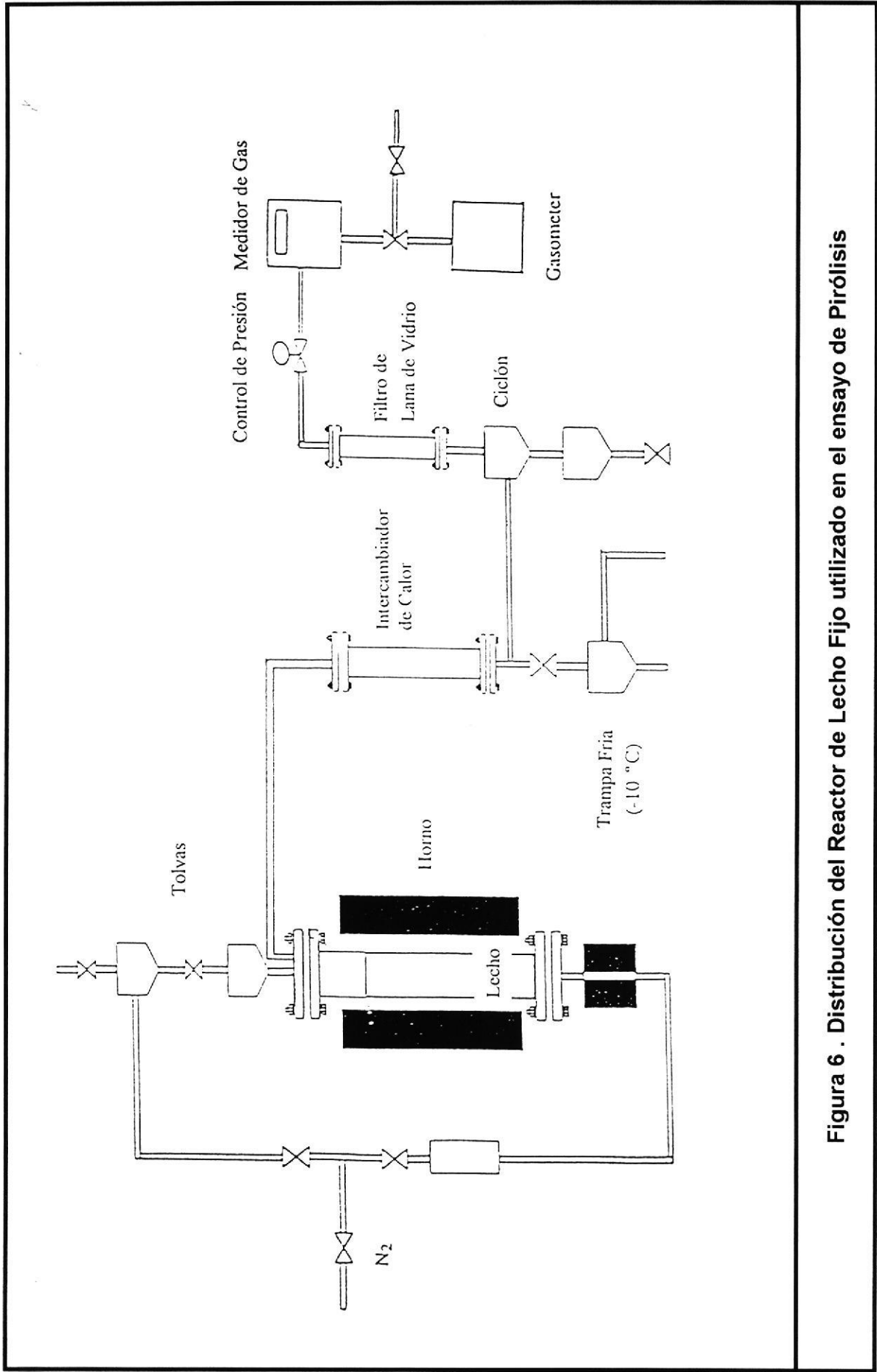


Figura 6 . Distribución del Reactor de Lecho Fijo utilizado en el ensayo de Pirólisis

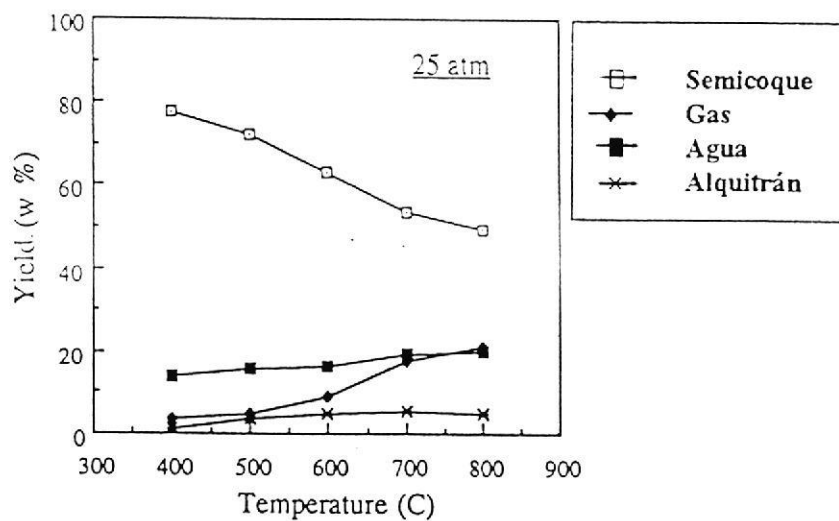
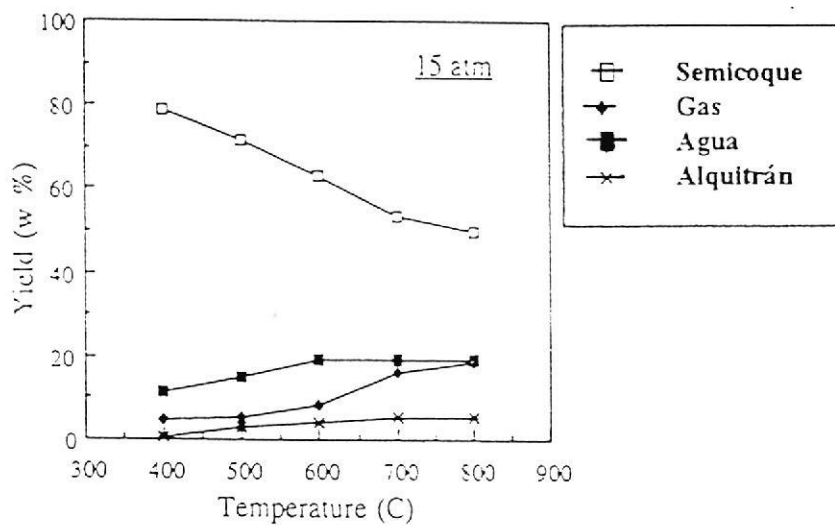
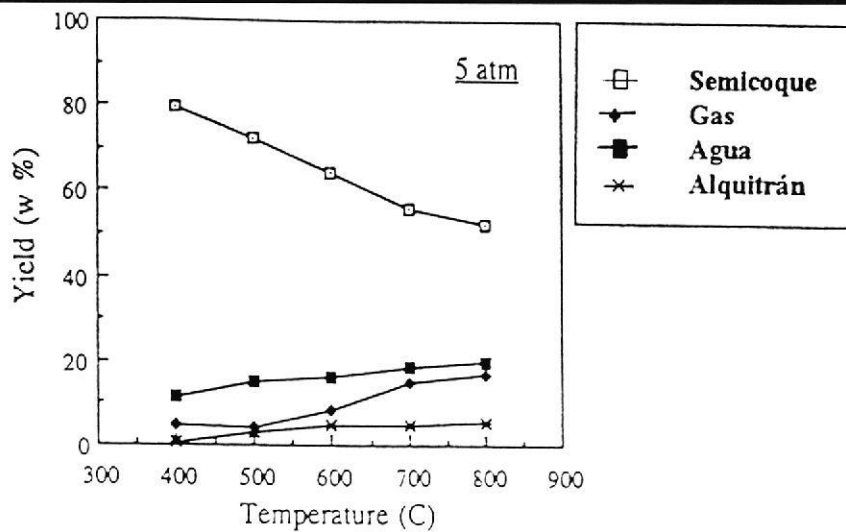


Figura 7 . Efecto de la Temperatura en la distribución de los productos de la Pirólisis

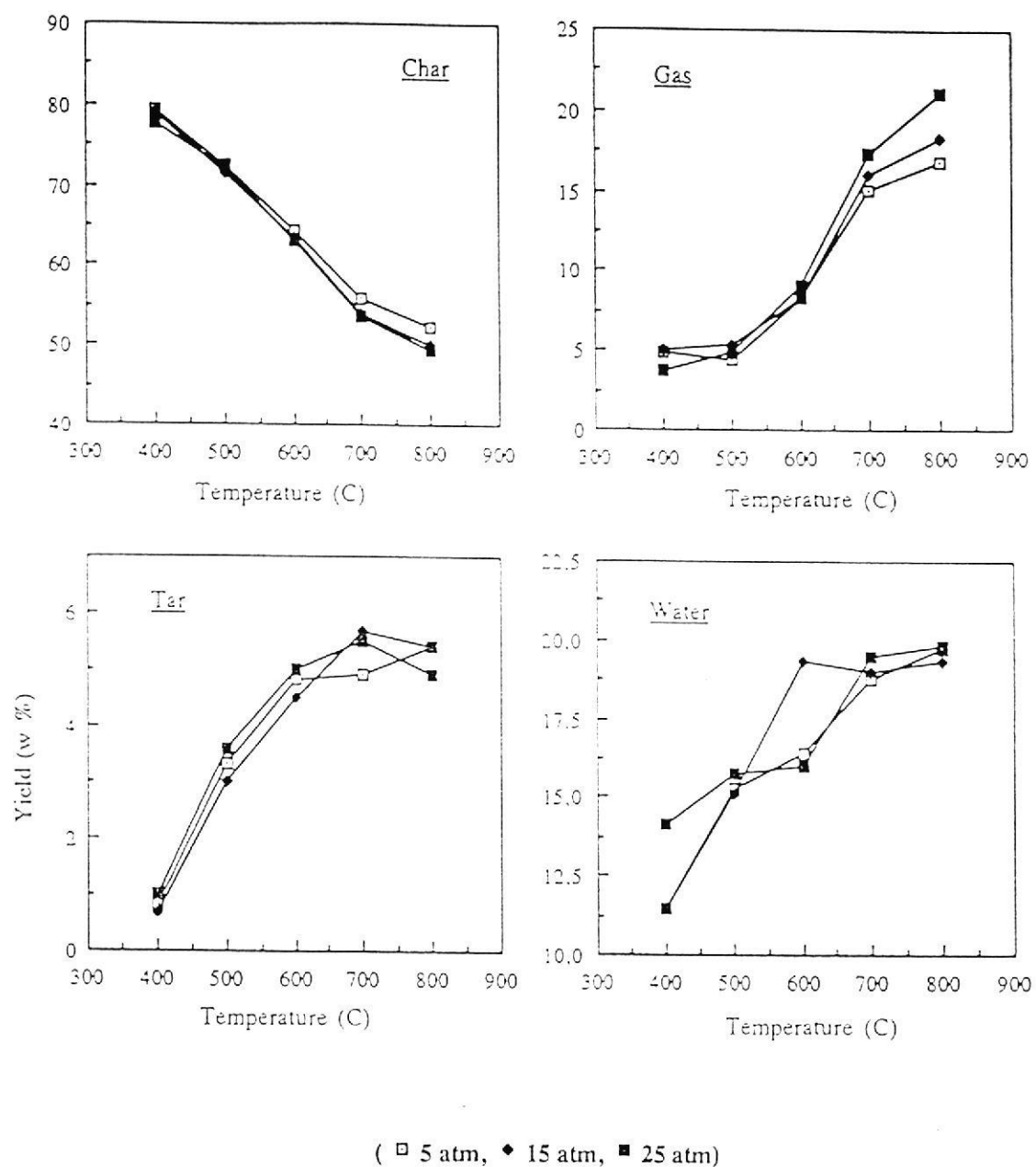


Figura 8 . Efecto de la Presión en la distribución de los productos de la Pirólisis

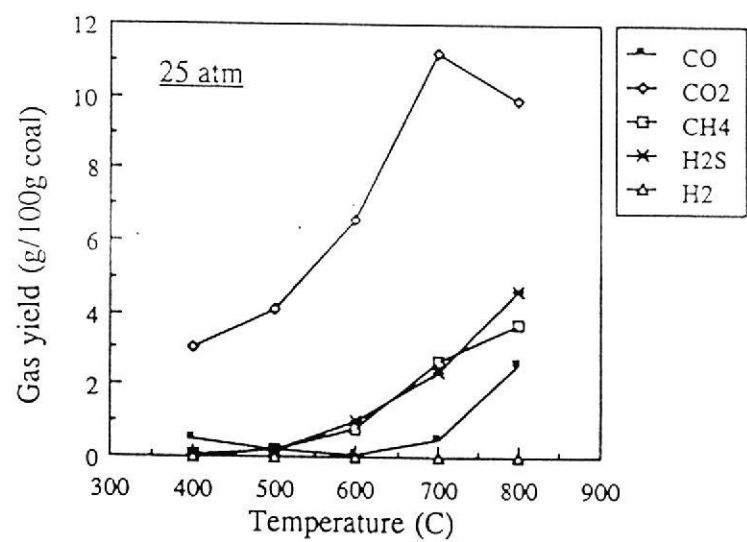
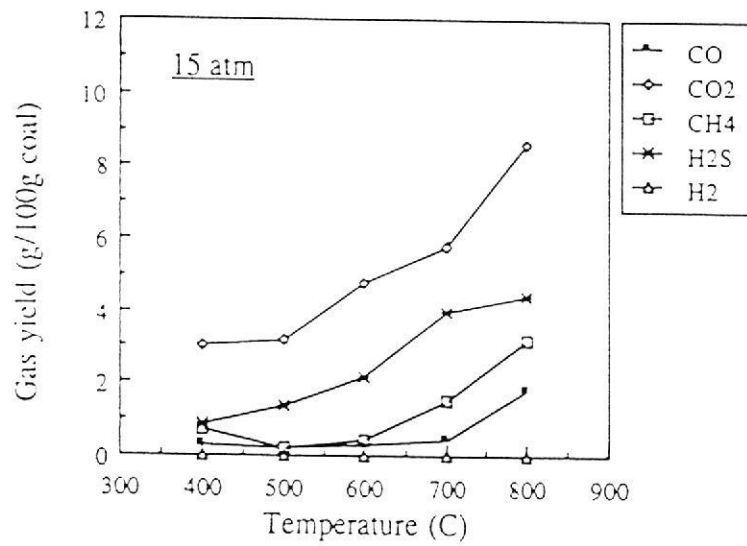
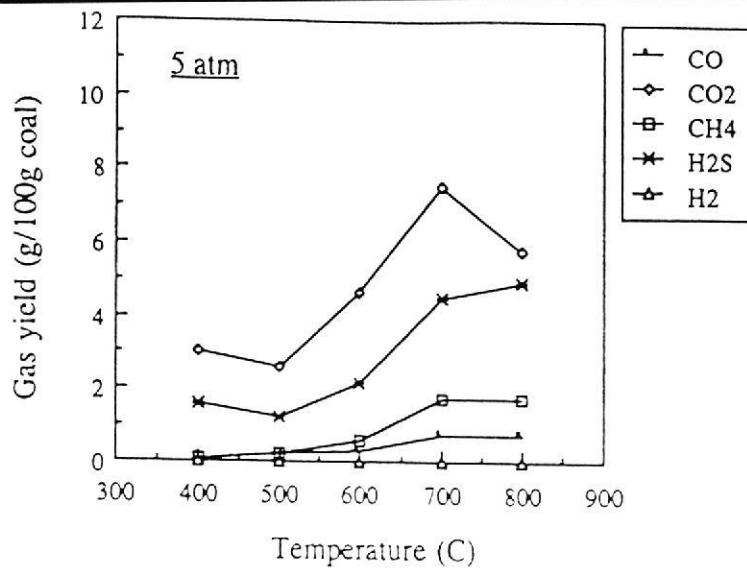


Figura 9 . Composición del Gas de Pirólisis

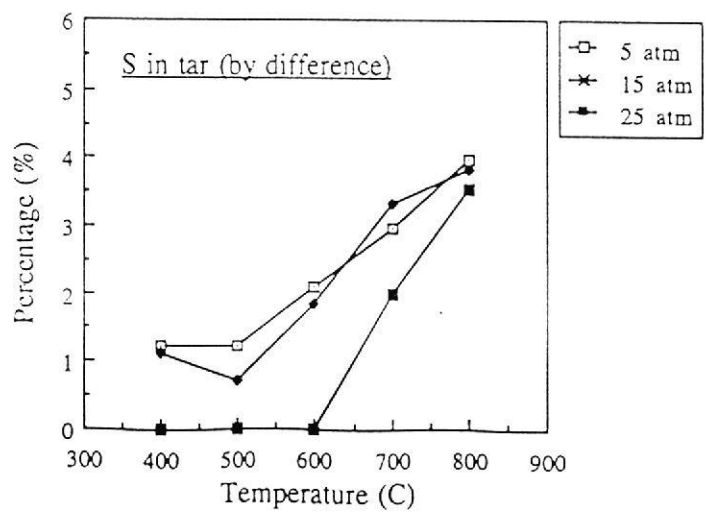
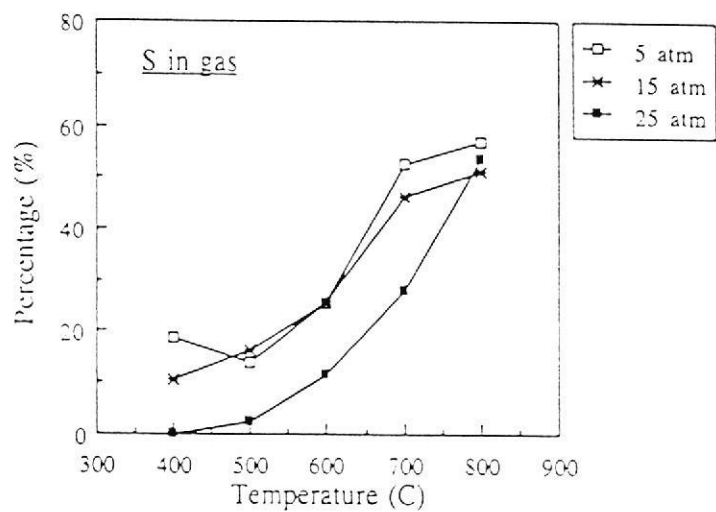
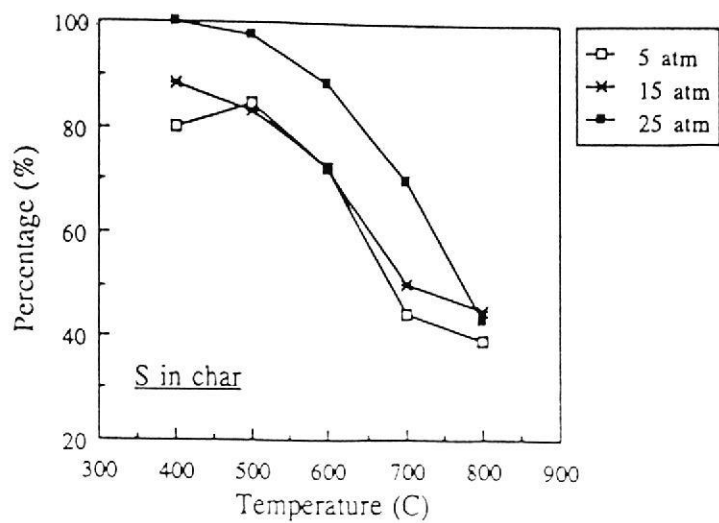


Figura 10 . Distribución del azufre en los Productos de la Pirólisis

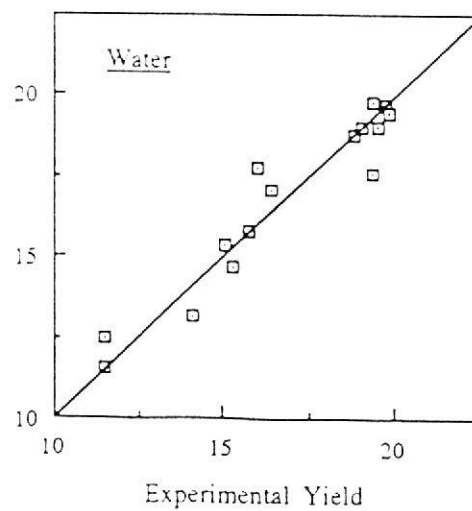
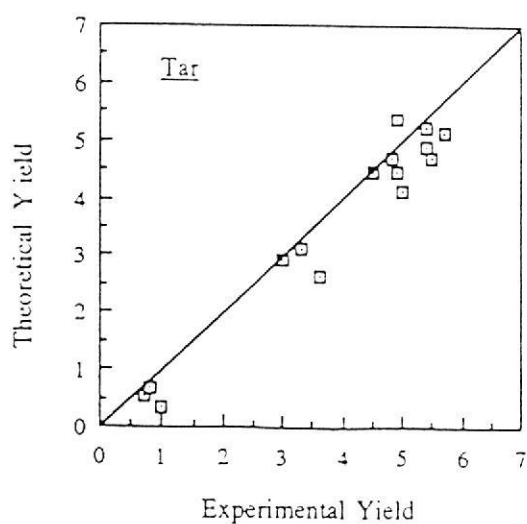
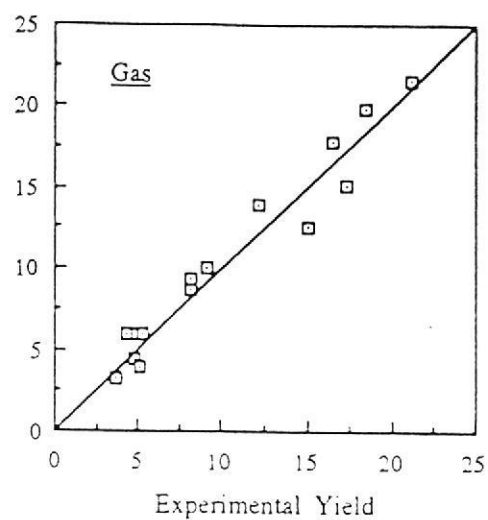
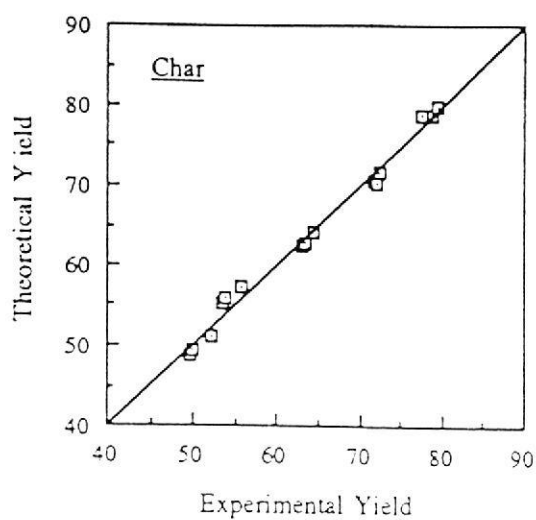


Figura 11 . Comparación entre los Datos Experimentales de los Productos de la Pirólisis y la Correlación Empírica.

Profundidad medida relativa al NC (m)	Inclinación (grad.)	Azimut rel. al N U.T.M. (grad.)	Profundidad Vertical real (m)	Desplazamiento Este - Oeste (m)	Desplazamiento Norte - Sur (m)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.80	0.30	180.72	15.80	0.00	-0.04
35.80	0.30	180.87	35.80	0.00	-0.15
55.80	0.30	179.18	55.80	0.00	-0.25
75.90	0.25	199.73	75.90	-0.02	-0.34
95.90	0.33	197.01	95.90	-0.05	-0.44
115.80	0.26	224.37	115.80	-0.10	-0.53
135.90	0.17	204.82	135.90	-0.14	-0.59
155.80	0.17	237.83	155.80	-0.18	-0.63
176.00	0.13	254.79	176.00	-0.23	-0.65
195.90	0.01	64.98	195.90	-0.25	-0.66
216.00	0.07	47.74	216.00	-0.23	-0.65
236.00	0.16	341.22	236.00	-0.23	-0.61
256.00	0.11	107.78	256.00	-0.23	-0.59
276.00	0.13	35.77	276.00	-0.19	-0.58
296.00	0.09	341.75	296.00	-0.19	-0.55
315.90	0.12	25.95	315.90	-0.18	-0.51
336.00	0.18	352.20	336.00	-0.18	-0.46
356.00	0.47	359.85	356.00	-0.18	-0.35
376.00	0.55	356.67	376.00	-0.19	-0.17
(KOP*) 393.00	1.22	226.17	392.99	-0.32	-0.22
395.70	1.94	214.18	395.69	-0.37	-0.27
405.80	6.27	212.83	405.76	-0.76	-0.88
415.80	10.20	211.83	415.65	-1.53	-2.09
425.80	13.39	207.20	425.44	-2.52	-3.87
430.80	15.17	205.52	430.28	-3.07	-4.98
435.80	17.10	204.22	435.08	-3.65	-6.24
440.80	18.82	203.64	439.84	-4.28	-7.65
445.90	20.40	202.90	444.64	-4.95	-9.22
450.80	21.80	201.50	449.21	-5.62	-10.85
455.80	23.45	199.69	453.83	-6.29	-12.65
460.80	25.04	197.87	458.39	-6.95	-14.60
465.80	26.81	196.12	462.88	-7.59	-16.69
470.80	28.91	194.31	467.30	-8.20	-18.94
475.80	31.04	192.32	471.63	-8.78	-21.37
480.80	33.13	190.35	475.87	-9.30	-23.98
485.80	34.88	188.25	480.01	-9.75	-26.73
490.80	36.48	186.07	484.08	-10.11	-29.63
495.80	38.13	184.25	488.05	-10.38	-32.65
500.90	39.47	183.13	492.03	-10.59	-35.83
505.90	40.20	182.50	495.87	-10.75	-39.03

Cuadro 1. trayectoria según medidas con Giroscopo en ET4

(*) interpolado entre puntos adyacentes

NS: nivel del suelo

Profundidad medida relativa al NC (m)	Inclinación (grad.)	Azimut rel. al N. U.T.M. (grad.)	Profundidad vertical real (m)	Desplazamiento Este-Oeste (m)	Desplazamiento Norte-Sur (m)
510.80	40.88	181.14	499.59	-10.85	-42.22
515.80	42.19	179.66	503.33	-10.87	-45.53
520.80	43.82	178.93	506.99	-10.83	-48.94
525.80	45.65	178.74	510.54	-10.75	-52.46
530.80	47.70	178.99	513.97	-10.68	-56.09
535.80	49.72	179.17	517.27	-10.62	-59.85
540.80	51.95	179.42	520.43	-10.58	-63.73
545.90	53.72	179.53	523.51	-10.54	-67.79
550.80	55.24	179.44	526.35	-10.50	-71.78
(9.5/8 *)	55.43	179.44	526.78	-10.50	-72.39
551.55	56.31	179.46	529.22	-10.46	-75.99
555.90	57.17	179.20	531.91	-10.41	-80.09
560.80	57.85	179.04	534.59	-10.35	-84.31
565.80	58.53	178.91	537.23	-10.27	-88.56
570.80	59.48	178.55	539.80	-10.18	-92.84
575.80	60.82	178.17	542.29	-10.05	-97.18
580.80	61.96	178.05	544.69	-9.91	-101.56
585.80	62.71	177.98	547.01	-9.76	-105.99
590.80	63.14	178.03	549.28	-9.60	-110.44
595.80	63.52	178.05	551.57	-9.44	-114.99
600.90	63.78	178.09	553.79	-9.29	-119.47
605.90	64.00	178.08	555.95	-9.15	-123.87
610.80	64.13	178.17	558.13	-9.00	-128.36
615.80	64.92	178.24	560.46	-8.85	-133.23
621.20	64.84	178.24	563.34	-8.66	-139.39
(6.5/8 *)	64.40	178.30	565.41	-8.53	-143.73
628.00	64.00	178.70	569.50	-8.30	-152.20
(**) 632.81	63.10	179.30	573.65	-8.16	-160.54
(**) 642.22	61.60	180.70	578.00	-8.16	-168.85
(**) 651.54	59.30	182.80	585.19	-8.54	-181.52
(**) 660.92					
(***) 675.50					

Cuadro 1 (cont.) . Trayectoria según medidas con Giroscopo en ET4

- (*) interpolado entre puntos adyacentes
- (**) según medidas con "MWD" (pozo desnudo)
- (***) extrapolado hasta el tricono

Profundidad medida relativa al NC (m)	Inclinación (grad.)			Azimut relativo al N. U.T.M. (m)		
	MWD	GYRO(*)	Δ	MWD	GYRO(*)	Δ
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65.00	0.00	0.27	0.27	182.20	189.43	7.23
120.47	0.50	0.23	-0.27	101.20	221.17	119.97
175.85	0.50	0.13	-0.37	168.10	253.97	85.87
231.90	0.30	0.15	-0.15	45.90	337.42	-68.48
278.17	0.20	0.13	-0.07	277.30	24.09	106.79
314.70	0.20	0.12	-0.08	359.30	24.94	25.64
350.90	0.30	0.38	0.08	2.50	352.11	-10.39
381.52	0.10	0.38	0.28	278.30	317.92	39.62
391.00	0.60	0.86	0.26	233.60	238.80	5.20
400.51	3.90	3.82	-0.08	212.80	208.48	-4.32
410.00	7.50	8.05	0.55	214.22	214.02	-0.20
419.09	11.20	11.27	0.07	210.95	210.13	-0.82
428.57	14.10	14.35	0.25	206.40	206.23	-0.17
438.10	17.40	17.92	0.52	205.40	203.90	-1.50
446.84	20.70	20.67	-0.03	204.10	202.68	-1.42
455.97	23.50	23.51	0.01	200.30	199.63	-0.67
465.10	26.90	26.54	-0.36	196.90	196.36	-0.54
474.40	30.60	30.44	-0.16	193.40	192.88	-0.52
484.12	34.20	34.33	0.13	189.90	188.98	-0.92
493.25	37.20	37.30	0.10	185.30	185.11	-0.19
503.05	40.20	39.84	-0.36	183.50	182.88	-0.62
512.18	40.90	41.18	0.28	180.30	180.69	0.39
520.54	44.00	43.73	-0.27	179.70	178.95	-0.75
529.71	47.70	47.26	-0.44	179.40	178.93	-0.47
539.03	51.40	51.19	-0.21	180.00	179.33	-0.67
542.60	52.60	52.63	0.03	180.30	179.49	-0.81
557.80	56.65	56.66	0.01	181.90	179.38	-2.52
567.50	58.05	58.07	0.03	180.70	179.01	-1.69
576.87	59.80	59.75	-0.05	179.60	178.46	-1.14
586.44	61.10	62.08	0.98	178.50	178.04	-0.46
595.57	63.10	63.12	0.02	178.10	178.03	-0.07
604.96	63.60	63.73	0.13	178.50	178.09	-0.41
614.19	64.30	64.00	-0.30	178.50	178.14	-0.36

Cuadro 2. Comparación entre medidas MWD y Giroscopo en ET4

(*) interpolado a las profundidades correspondientes a MWD según medidas adyacentes

	Caso a) Longitud total del pozo sin entubar (L = 124.1 m)	Caso b) Pozo sin entubar en carbón y arena (L = 69. 1 m)	Caso c) Arenas solo (L = 45.0 m)
Test nº 1	5.6	9.7	14.2
Test nº 2	6.6	11.4	16.8
Cuadro 3 . ET4 "Fall-off Tests" - Permeabilidades medidas (mD)			

Tipo de Producto	Coefficiente A	Coefficiente B	Coefficiente C	Coefficiente D	Coefficiente E	Coefficiente F
Semicoque	152.0	-0.0129	-0.049	$3.33 \cdot 10^{-5}$	$4.60 \cdot 10^{-3}$	$-1.95 \cdot 10^{-4}$
Pirólisis	28.5	-0.0771	-0.449	$6.17 \cdot 10^{-5}$	$-7.00 \cdot 10^{-3}$	$6.15 \cdot 10^{-4}$
Agua	-29.7	0.0845	0.289	$-3.59 \cdot 10^{-5}$	$-1.50 \cdot 10^{-3}$	$-2.40 \cdot 10^{-4}$
Alquitrán	-38.5	0.0874	0.038	$-4.33 \cdot 10^{-5}$	$0.60 \cdot 10^{-3}$	$-0.55 \cdot 10^{-4}$

Cuadro 4 . Rendimiento de los Productos de Pirólisis - Coeficiente para la Correlación Empírica:
Rendimiento = A + B T+ C P + D T² + E P² + F T P (*)

(*) Rendimiento en pozo % sobre carbón inicial, T en °C y P en bar