

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

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

**INFORME TÉCNICO
JULIO 1994 - DICIEMBRE 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. Pozo de Recuperación
 - 2.1 Objetivos - Parámetros direccionales
 - 2.2 Detalle del pozo - Diseño del equipamiento
 - 2.3 Programa de perforación, triconos y fluidos
 - 2.4 Contratistas de servicios
 - 2.5 Operaciones y equipamiento del pozo
- 3. Pozo de inyección transversal
 - 3.1 Objetivos - Parámetros direccionales
 - 3.2 Detalle del pozo - Diseño del equipamiento
 - 3.3 Programa de perforación , triconos y fluidos
 - 3.4 Contratistas de servicios
 - 3.5 Operaciones y equipamiento del pozo
- 4. Ingeniería
 - 4.1 Reacondicionamiento y equipamiento de pozo
 - 4.2 Planta de Superficie
 - 4.3 Unidad de Análisis del Gas producto
 - 4.4 Unidad de Adquisición de Datos y Sistema de Control
 - 4.5 Sistema de Fibra Óptica

5. Programa de Apoyo

6. Dirección del Proyecto

6.1 Administración

6.2 Problemas/Dificultades

6.3 Cambios en la estrategia técnica

6.4 Trabajos futuros

6.5 Conferencias, publicaciones e informes

Resumen

La actividad principal durante el periodo que cubre este informe fue el diseño del equipamiento y la perforación de los dos pozos de proceso que quedaban, el pozo de recuperación [RW(ET5)] y el pozo de inyección transversal [IW2(ET6)], y la ingeniería de detalle de la planta de superficie, incluyendo la Unidad de Análisis de Gas Producto, la Unidad de adquisición de Datos/Sistema de Control y la Unidad de Fibra Óptica.

KAWASAKI THERMAL SYSTEMS, el fabricante de THERMOCASE, el tubo aislado previsto para el pozo de recuperación, fue vendida en agosto a otra compañía en EEUU, que, en agosto de 1994 no estaba preparada para adquirir ningún compromiso para la fabricación del tubo requerido, por lo que se tomó la decisión de continuar con una configuración de equipamiento alternativa. La elección del diseño alternativo contó con la ayuda de un programa de simulación por ordenador del pozo de recuperación que fue efectuado en la Universidad de Lovaina (Bélgica).

Los dos pozos de proceso que faltaban, el pozo de recuperación [RW(ET5)] y el pozo de inyección transversal [IW2(ET6)], se perforaron en diciembre de 1994, habiendo seguido la perforación las trayectorias objetivo para estos pozos, aunque en el pozo de inyección [IW2(ET6)] registró la capa de carbón cinco metros por encima de la cota prevista, según la previsión realizada tomando como referencia los sondeos anteriores. Los dos sondeos quedaron parcialmente equipados con la instalación y cementación de la tubería de revestimiento a la profundidad requerida.

SERELAND continúa con la Fase II de la Ingeniería de la Planta de Superficie, se han pedido elementos de la planta que conforman el camino crítico (planta de oxígeno y nitrógeno, caldera, quemador de gas y antorcha y unidad de bombas dosificadoras). Con DUMEZ COPIA SISTEMAS y HONEYWELL se firmaron los contratos para las unidades de Análisis de Gas Producto y Adquisición de Datos/Sistema de Control respectivamente, continuándose con los trabajos al finalizar el periodo de referencia de este informe. Se definieron las últimas especificaciones del Sistema de Fibra Óptica, firmándose el pedido con YORK SENSORS, LTD(UK).

En lo que respecta al programa de ayuda, se continúa trabajando en dos proyectos. El INSTITUTO DE CARBOQUÍMICA continua con el desarrollo de un programa de simulación por ordenador para predecir las temperaturas máximas de en las zonas de reacción. TU DELFT de Holanda continua con los trabajos de comportamiento termomecánico de los estratos adyacentes, y con la modelización del proceso de gasificación

1. INTRODUCCIÓN

Este informe es el sexto informe técnico del proyecto de gasificación subterránea de carbón que se está llevando a cabo en el norte de Teruel, España, con la ayuda financiera del programa energético THERMIE de la UE.

Los puntos claves en el diseño y construcción de pozos fue la decisión de continuar con el pozo de recuperación [RW1(ET5)] sin THERMOCASE debido a la imposibilidad de recibir dentro de un periodo de tiempo aceptable esta tubería

aislada especial inicialmente prevista, y la perforación con éxito del pozo de recuperación [RW(ET5)] y el pozo de inyección transversal [IW2(ET6)]

Los dos pozos de proceso, el pozo de recuperación [RW(ET5)] y el pozo de inyección transversal [IW2(ET6)], se perforaron uno a continuación del otro con la misma máquina de perforar y los mismos contratistas de servicios, separados tan solo por el traslado del equipo de un emplazamiento al otro. La operación se planificó de forma que se incurriera en un solo coste de movilización/desmovilización para los dos sondeos.

La ingeniería de detalle continua vía el contrato con SERELAND, en paralelo con los contratos con DUMEZ COPISA SISTEMAS para el diseño de la Unidad de Análisis de Gases y con HONEYWELL para el diseño de la Unidad de Adquisición de Datos/Sistema de Control. Se pidieron elementos de la planta de superficie que estarían en el camino crítico (plantas de oxígeno y nitrógeno, caldera, quemador de gas y antorcha, unidad de bombas dosificadoras) y el Sistema de Fibra Óptica.

2. POZO DE RECUPERACIÓN [RW(ET5)]

*A menos que no se diga otra cosa, todas las profundidades anotadas en la Sección 2 de este informe son **Profundidades medidas a partir del nivel del suelo** (ej. desde la plataforma de cemento).*

2.1 OBJETIVOS - PARÁMETROS DIRECCIONALES

El objetivo del Pozo de Recuperación [RW(ET5)] se definió como un punto situado a un metro siguiendo la trayectoria del pozo de inyección desviado [IW1(ET4)] enfrente de la zapata 6 5/8", de forma que la perforación alcanzara la capa de carbón en posición vertical o muy cerca de la misma (ver Figuras 1a y 1b). La intención de este objetivo era minimizar la separación entre el pozo de inyección y el de recuperación, con el fin de maximizar las posibilidades de éxito de la fase subsecuente de conexión/unión entre los dos pozos, operación previa a la operación de gasificación en canal.

No se revisó la posición del emplazamiento de este sondeo, ya que los trabajos de obra civil previos al mismo lo impedían, por lo que la trayectoria del sondeo fue en "S".

Aunque esta trayectoria supuso una mayor desviación que el pozo "vertical" inicialmente previsto, los costes de la perforación desviada no fueron mayores, ya que el sondeo vertical del programa original requería una perforación dirigida. Se fijaron los siguientes objetivos para la perforación del pozo de recuperación [RW(ET5)]:

- Localización del objetivo a un metro en frente de la zapata 6 5/8" del pozo de inyección desviado [IW1(ET4)] .
- Precisión a +/- 2 metros de las coordenadas X e Y del objetivo.

• Tipo de perfil	en "S"
Punto de desviación ("KOP")	+/- 200m PM
Ratio de desviación	+/- 2.2 grados / 30 metros
Inclinación al final de la desviación	+/- 8 grados
Sección tangente (sostenida)	de +/- 309 m PM a +/- 431 m PM
Ratio de caída	+/- 2.2 grados / 30 metros
Final de la caída a	+/- 540 m PM
Inclinación al final de la caída	+/- 0 grados
Profundidad total (+/- 6 m bajo la capa)	+/- 584,5 m PM
Azimut del plano de la perforación	+/- 340,3° respecto al norte UTM
Desplazamiento horizontal	+/- 32.1 metros

- Las coordenadas UTM del objetivo (1 metro enfrente de la localización de la zapata del tubo colgado 6 5/8")

Emboquille X:718560,68 Y:4532575,70 Z:663,68 (rf. nivel del mar)

Objetivo X:718549,86 Y:4532605,93 Z:88,18

2.2 DETALLE DEL POZO - DISEÑO DEL EQUIPAMIENTO

En agosto de 1994, TUBE-ALLOY CORPORATION, el comprador de KAWASAKI THERMAL SYSTEMS, informó a UGE de su intención de desplazar su planta de fabricación a otro lugar de los EEUU, por que no estaba en disposición de suministrar a UGE los tubos dentro de los plazos requeridos. Se tomó la decisión de continuar con la configuración alternativa de no - THERMOCASE descrita en el informe técnico anterior.

El diseño final de la instalación de la tubería entre la cabeza de pozo y el pozo se muestra en las Figuras 2 y 3. En la UNIVERSIDAD DE LOVAINA se corrió varias veces por ordenador (ver Cuadro I) el modelo de la configuración seleccionada.

Los análisis revelaron que el diseño resultaba efectivo tanto para retrasar la condensación como reducir la superficie mojada del tubo de producción del pozo de recuperación. No obstante es imposible conseguir una ausencia total de condensación en todas las condiciones de flujo/fases. El estudio reveló también que el sistema del doble anular requerirá más agua de refrigeración para un mismo flujo de gas producto a alta temperatura, el agua de refrigeración llegará al fondo del pozo con una temperatura más alta.

Se pidieron todos los componentes, el periodo de entrega más largo será 9 - 10 meses correspondiente a los tubos de aleación especial, esperándose que su recepción se efectúe en junio - julio de 1995.

En vista del largo periodo de entrega para los materiales de equipamiento y ante la necesidad de conocer la posibilidad de perforar con precisión este importante pozo, se decidió perforar y entubar este pozo primeramente para equiparlo posteriormente cuando llegaran los materiales. Aún más, con el fin de minimizar los costes de las operaciones de perforación se decidió realizar el ET5 y el ET6

con el mismo equipo, teniendo que realizar tan solo el traslado de la máquina entre un pozo y otro para estas dos operaciones de perforación.

Según la práctica estándar, los pozos se diseñaron de fondo a superficie, el equipamiento fija el diámetro en el carbón y desde aquí los diámetros de perforación y equipamiento en los intervalos superiores.

Programa de entubación

Pozo (pulgadas)	Tubería (pulgadas)	Zapata PM(m)
17 1/2	13 3/8	60
12 1/4	9 5/8	576(+/- 0.3 m dentro de la capa)

Especificaciones de la tubería

13 3/8	54,5 PPF - K55 - BTC
9 5/8	40 PPF - N80 - BTC
	(Los últimos 2 tubos 40 PPF - INCONEL 625 - BTC)

La tubería debe introducirse con centralizadores, manguito con válvula antirretorno y zapatas. La zapata con válvula antirretorno 9 5/8" debe ser de INCONEL 625 y la tubería 9 5/8" cementada con THERMOCEMOIL, cemento de alta temperatura.

El programa de entubado es sólo parte del equipamiento, los elementos restantes se instalarán en operaciones posteriores (programa de equipamiento).

2.3 PROGRAMA DE PERFORACIÓN, TRICONOS Y FLUIDOS.

El programa de perforación fue el siguiente:

Perforación a 17 1/2"	A rotación
Zapata y tapón de la tubería 13 3/8"	A rotación
Perforación a 12 1/4" hasta el "KOP"	A rotación
Desviación/tangente/caída	8" "DHM/MWD" (orientado/rotación)
Testigo 8 1/2"	A rotación
Ensanche a 12 1/4"	A rotación
Reperforación tapón de cemento	A rotación.

Con el fin de localizar con precisión el techo de la capa de carbón para la colocación posterior de la tubería, se planificó parar la perforación en 12 1/4" unos 10 metros antes de alcanzar el techo de la capa, y desde ese punto iniciar la toma de testigo en 8 1/2" hasta atravesar la totalidad de la capa de carbón introduciéndose unos 6 m en el muro de la misma. (PT) el programa seguía con el ensanche a 12 1/4" hasta los 577.62m, colocación de un tapón de cemento y reperforar hasta unos +/- 40 cm dentro de la capa de carbón a partir del techo de la misma. Este procedimiento se empleó con el fin de proteger a la capa de carbón de presiones excesivas durante la cementación de la tubería.

Triconos

La herramienta de corte se seleccionó en base a la experiencia de la perforación del ET4. Se seleccionaron triconos convencionales con dientes estándar para la sección vertical hasta el punto de desviación ("KOP") y de insertos protegidos para la zona desviada. Se utilizó una corona de diamantes para la toma de testigo.

Fluidos

Para la perforación del ET4 se adoptó un programa similar al de la perforación del ET4.

Para la perforación del intervalo superficial de 0 - 60m a 17 1/2" se utilizó un lodo bentonítico.

Desde la zapata de 13 3/8", en la sección vertical y desviada se utilizó un lodo no dispersivo de Cl K / polímeros, con aditivos para la inhibición de las arcillas, control de pérdida de fluido, etc.. Las propiedades del lodo requerido eran:

Densidad	1,05 - 1,12 Kg/l
Punto de fluencia	20 - 25 lb / 100 ft ²
Filtrado	< 5 cm ³ / 30 min. API
Contenido de arena	< 2 %
k ⁺	45 - 55 g/l
pH	8 - 9

2.4 CONTRATISTAS DE SERVICIOS

•Obra Civil	MAURICIO VENTURA
Plataforma de cemento	
Antepozo y tubo guía	
Canales de drenaje de lodos	
•Perforación(Máquina y Equipo)	COFOR
Perforar 17 1/2"	
Entubación y Cementación 13 3/8"	
Perforar 12 1/4"	
Instalación tubería 9 5/8"	+ WEATHERFORD
Testigo 8 1/2"	+ BAKER HUGES
•Perforación dirigida y "MWD"	ANADRILL SCHLUMBERGER
•Fluidos (lodos)	MATRIX / MGA
Suministro de fluidos de perforación	
Ingeniero de Fluidos	

- Tuberías/tubos
 - Suministro tubería 13 3/8 y 9 5/8" VALLOUREC
 - Suministro tubería 9 5/8" (Inconel 625) INCO ALLOY
 - Suministro zapata 9 5/8" (Inconel 625) HALLIBURTON
- Cementación tubería 9 5/8" HALLIBURTON
 - + Suministro manguito y zapata con válvulas antirretorno
- Diagrafías SCHLUMBERGER
 - "Cement Bond Log" ("CBL")
- Triconos SMITH / BAKER HUGES

2.5 OPERACIONES

2.5.1 Preparación del terreno, Suministros y Movilización

El terreno se preparó para recibir la misma máquina sobre trailer MASSARENTI 7000 MR con la que se perforó el sondeo de inyección desviado [IW1(ET4)], con doble varilla, 300.000 libras de tiro y bombas Triplex.

UGE pidió a COFOR que mejorara el sistema de lodos de la máquina con respecto al utilizado en la perforación del sondeo ET4 con el fin de evitar los problemas de desbordamiento de los lodos sobre las cribas que se experimentaron en aquel pozo, a tal efecto la máquina se equipó con una criba de doble piso Brandt (anteriormente se utilizó Sweco LM3) y la capacidad del "mud-cleaner" se duplicó instalándose una segunda fila de 8 conos.

Aunque el equipo estaba preparado desde octubre 1994, el retraso en la fabricación de las tuberías de Inconel a colocar en la parte inferior del pozo obligó a posponer la orden de movilización de la máquina hasta finales de noviembre. Además, aunque ANADRILL había propuesto la utilización de su motor "steerable" Powerpack A800 para el trabajo, al sufrir problemas en la aduana de Argelia para su retirada en el momento de iniciarse las operaciones del ET5, obligó a ANADRILL a alquilar dos motores "steerable" 7 3/4" F2000S equivalentes a HALLIBURTON para reemplazar a los suyos.

2.5.2 Operaciones con la máquina

La máquina llegó al emplazamiento el 30 de noviembre de 1994 iniciándose la perforación el 6 de diciembre de 1994. Las operaciones se desarrollaron como sigue:

- Perforación	17 1/2"	0- 68,3 m	6 dic.- 7 dic.
- Entubación/cementación	13 3/8 "	0 -68,3 m	8 dic.
- Perforación	12 1/4"	68,3 - 570.0 m	9 dic.-14 dic.
- Toma de testigo	8 1/2"	570,0 - 582,3 m	15 dic.
- Ensanche	121/4"	570,0 - 582,3 m	15 dic.
- Colocación tapón de cemento		552,0 - 582,3 m	16 dic.

- Reperforación	12 1/4"	hasta 577,06 m	16 dic.
- Entubación/cementación	9 5/8"	hasta 576,90 m	17 dic.
- Perforar tapones	8 1/2"	hasta 575,5 m	18 dic.
- CBL		PT hasta superficie	18 dic.

En la Figura 4 se compara el avance profundidad/tiempo real con el estimado antes de iniciar la perforación. En la tabla 2 se presenta la distribución del tiempo de operación. El tiempo total para completar la operación fue de 13 días (aprox. 3 días más de lo previsto). El tiempo adicional se debió a fallos en el sistema MWD, y generalmente a la lentitud del trabajo debido a la falta de entendimiento entre los perforadores franceses y los miembros del equipo de operarios españoles contratados por COFOR en España.

2.5.3 Intervalo vertical 0 - 68,3 m "MD", diámetro 17 1/2" .

Este intervalo se perforó a rotación con una configuración de sarta estándar tipo "péndulo".

Tricono 17 1/2"
 Soporte tricono
 Estabilizador 17 1/2"
 Manguito reductor
 Lastrabarrenas 8" de Monel
 Estabilizador 17 1/2"
 Lastrabarrenas hasta la superficie 8"

Los parámetros de perforación fueron:

PST("WOB")	1 - 7 toneladas
Velocidad de rotación	100 - 110 RPM
Caudal	1600 - 1700 l/min.
Presión de inyección	35 Kg/cm ²

El intervalo se perforó sin dificultad, la criba de doble piso trabajó mucho más eficazmente que la Sweco de movimiento lineal utilizada en la perforación del sondeo desviado de inyección [IW1(ET4)], la inclinación con la vertical medida con TOTCO fue de 1/4 °. La tubería 13 3/8" se instaló y cementó.

2.5.4 Intervalo vertical 68,3 m - 194,9 m "MD", diámetro 12 1/4"

La sarta que se utilizó para perforar los tapones y el intervalo vertical hasta los 194,4m de sondeo fue:

Tricono 12 1/4"
 Estabilizador cerca del tricono de 12 3/16"
 Pieza de encaje para el TOTCO
 Lastrabarrenas de Monel de 8" con "MWD"
 Estabilizador 12 3/16"
 4 Lastrabarrenas de 8"
 "Flex Joint" DE 7 3/4"
 "Jar " de 7 3/4"

Lastrabarreras de 8"
 Manguito reductor
 12 varillas pesadas de 5"
 Varillaje de 5" hasta la superficie

Parámetros de perforación:	Tapones	Fuera tubería 13 3/8"
Peso sobre tricono	3 - 4 toneladas	6 - 7 toneladas
Velocidad de rotación	60 - 70 RPM	100 - 110 RPM
Caudal	1600 - 1700 l/m	1800 - 2200 l/m

Las mallas de las cribas eran de 30 mesh cuadradas (las superiores) y 20 por 40 mesh (equivalente a 60 mesh) rectangular (las inferiores). El desbordamiento de los lodos en las cribas apareció al poco de empezar la perforación, a aproximadamente 77m de profundidad medida (PM), punto a partir del que la viscosidad al embudo se redujo de 60 a 47 sec./qt. No volvió a presentarse el desbordamiento.

El intervalo se perforó sin dificultad, variando el ratio de perforación entre 4 y 7 m/h, el ratio más bajo se presentaba al atravesar rocas duras.

Se tomaron medidas con el "MWD" cada 2 varillas, el último registro se tomó a 177m PM, indicando una inclinación de 0,4° con la vertical.

2.5.5 Intervalo direccional del tipo en "S" desde 194,9 - 570,0 m, con diámetro de 12 1/4"

Para conseguir la desviación con el gradiente (ratio) requerido, el "bent housing" del motor "steerable" se fijó en 1°, configurándose la sarta de perforación de la forma siguiente:

Tricono 12 1/4"
 Motor de Fondo (MF) "steerable" de 7 3/4" ajustado a 1°
 Varilla corta de Monel de 8"
 Manguito flotante
 Estabilizador no magnético de 12 1/8"
 Manguito de 8"
 Lastrabarreras de Monel de 8" con el MWD
 4 Lastrabarreras de 8"
 "Flex Joint" de 7 3/4"
 "Jar " de 7 3/4"
 Lastrabarreras de 8"
 Manguito reductor
 12 varillas pesadas de 5"
 Varillaje de 5" hasta la superficie

Parámetros de perforación:	Orientando	Rotando
Peso sobre tricono	5 - 8 toneladas	3 - 12 toneladas
Velocidad de rotación		50 - 70 RPM

Velocidad del motor	120 RPM	120 RPM
Caudal	1800 - 2200 l/m	1800 - 2200 l/m

La perforación desde el punto de desvío "KOP" a 194,9 m PM se realizó en modo orientación (deslizando) con el Ángulo de la Herramienta ("Tool Face") apropiado para conseguir el azimut requerido. La intención era realizar una medición al final de cada varilla, no siendo posible realizar la medición al final de las dos primeras varillas, la señal venía afectada por interferencias. Los registros se realizaron posteriormente (desde los 228,9 m PM) mediante el apagado de una de las bombas de lodos durante el periodo del registro.

La perforación continuó, parte en modo orientado y parte con rotación, hasta alcanzar el ratio medio de desviación, no hubo dificultades en las mediciones hasta los 259,6 m PM punto en el que no se recibían los datos del "MWD", sospechándose un fallo en el sistema de transmisión del "MWD". Tras esfuerzos infructuosos con el cabrestante de cuchareo no se pudo recuperar la herramienta "MWD", por lo que tomó la decisión de extraer la sarta para cambiar el "MWD".

Los registros "MWD" se volvieron a tomar y la perforación se reinició sin dificultades hasta el final de la perforación de la sección en "S" a 570 m PM (incluyendo una maniobra de acondicionamiento a 381,0 m PM, quedando el fondo de pozo a 455,9 m PM). El final de la zona desviada se encontraba a 381,0 m PM, el inicio de la sección de caída a 427,4 m PM y el final de la caída a 530,4 m PM.

El Cenomaniense se alcanzó exactamente a la profundidad esperada, 413,5 m PM, registrándose una reducción en el avance de perforación. El Albiense se cortó a los 464,5 m PM igualmente a la profundidad esperada; detectándose mediante una brusca subida en la velocidad de perforación, desde +/- 1 m/h en la parte inferior del Cenomaniense a +/- 13 m/h en el Albiense.

La totalidad del intervalo desde el punto de desvío se realizó con un mismo tricono, que al ser inspeccionado al extraer la sarta al finalizar la perforación de esta sección se encontró en buenas condiciones con una ligera pérdida de diámetro.

Se consiguió una excelente precisión en el control direccional, la situación en coordenadas X-Y a la profundidad final se encontraba a 0,5 m del objetivo (ver Figuras 5a y 5b)

2.5.6 Intervalo con testigo 570,0 - 582,3 m PM con diámetro 8 1/2". Ensanche a 12 1/4" y operaciones finales.

Como se mencionó anteriormente, el objeto de la toma de testigo era la localización más precisa posible del techo de la capa de carbón para la posterior colocación de la tubería.

Durante la perforación con testigo y operaciones siguientes, se estuvo inyectando agua en el sondeo ET4 con el fin de impedir la entrada de restos carbonosos y lodos en este sondeo, la presión en el sondeo ET5 durante la toma de testigo,

ensanche y cementación es superior a la presión hidrostática en la capa de carbón. En la cabeza del pozo ET4 se inyectó un caudal de 700 a 900 l/h.

La perforación se realizó sin dificultades, se recuperaron 11,84 m de testigo de los 12,18 m perforados, la pérdida de testigo 0,34m, pudo registrarse como más probable en la zona de contacto, muro de la capa techo de la caliza intermedia. El estudio del testigo muestra:

Techo de la capa de carbón	576,66 m PM
Muro de la capa de carbón	578,58 m PM
Techo de la caliza	578,92 m PM

La sección en carbón fue de 1,92 m, espesor menor de lo esperado, aunque a muro de la capa aparece materia carbonosa de baja calidad.

La erosión de la parte superior de la capa de carbón por arena se confirmó con la presencia de inclusiones de carbón en la capa de techo y una evidencia visual clara del contacto erosivo arena - carbón.

Se consiguió una correlación excelente entre las posiciones de la capa en los sondeos ET4 y ET5.

En el momento en el que la herramienta de corte de la batería toma testigo atravesaba la capa, en la cabeza de pozo de ET4 se observó un incremento de presión de 9 -10 bar (aprox. la diferencia de presión entre los dos pozos - densidad del lodo más diferencia de nivel entre los pozos), lo que indica que entre los sondeos ET4 y ET5 se estableció alguna forma de conexión. Ante esta observación de subida de presión y con el fin de mantener una buenas condiciones de limpieza en la zapata del ET4 e impedir que el agua inyectada en el ET4 contaminara el lodo del sondeo ET5, se creó un "by-pass" retornando el agua por el anular del sondeo ET4.

El pozo se ensanchó a 12 1/4" hasta 577.62m PM, aprox. 1m por debajo del techo del carbón, y tras circular, se colocó un tapón de cemento (suponiendo que no existen cavidades, la parte alta del tapón se situaría a los 554 m PM). Posteriormente el tapón se perforó hasta los 577,06 m PM, 0,40 m por debajo del techo de la capa de carbón.

La tubería 9 5/8" con centralizadores se instaló a 576,9 m PM, a 0,16 m por encima de la profundidad total del pozo, los últimos tubos requirieron circulación. El Cuadro III presenta los componentes de la tubería y su posición /altura en el pozo.

La tubería fue cementada por HALLIBURTON, con una lechada de cabeza de 1,77 Kg/l en la parte superior del pozo y una lechada de fondo de 1,8 Kg/l. El cemento THERMOCEMOIL se utilizó en ambas secciones superior e inferior. El cemento se perforó hasta los 575,5 m PM, seguidamente se circularon 8 m³ de agua viscosa y 25 m³ de "packer fluid" (agua más sosa cáustica). SCHLUMBERGER corrió el registro CBL (*), que indicó una buena ligazón con el cemento en toda la sección excepto en los intervalos 0 - 80 m y 405 - 427 m MD.

3 POZO DE INYECCIÓN LATERAL [(IW2(ET6))]

3.1 OBJETIVOS. PARÁMETROS DIRECCIONALES

El punto objetivo pozo de inyección lateral [(IW2(ET6))] se encuentra situado a 30m de separación lateral de un punto situado aproximadamente hacia el centro del canal de gasificación que se desarrollará dentro de la capa de carbón a lo largo del intervalo en capa del sondeo [IW1(ET4)], y entrando en la capa de carbón verticalmente o cerca de la vertical (ver Figuras 6a y 6b).

Como ocurrió con el pozo de recuperación [RW(ET5)], no se revisó la posición del emplazamiento de este sondeo con respecto a la inicialmente planificada, cuyos trabajos de obra civil se habían realizado previamente, por lo que la trayectoria del sondeo fue en "S".

La trayectoria de sondeo lateral de inyección [(IW2(ET6))], tenía los siguientes objetivos:

- Objetivo a 30m de separación lateral de un punto situado aproximadamente hacia el centro del canal de gasificación que se desarrollará dentro de la capa de carbón a lo largo del intervalo en capa del sondeo [IW1(ET4)].
- Precisión en las coordenadas X-Y del objetivo +/- 5 m.

Tipo de perfil	en "S"
Punto de desviación ("KOP")	+/- 201m PM
Ratio de desviación	+/- 2.2 grados / 30 metros
Inclinación al final de la desviación	+/- 8 grados
Sección tangente (sostenida)	de +/- 310 m PM a +/- 416 m PM
Ratio de caída	+/- 2.2 grados / 30 metros
Final de la caída a	+/- 525 m PM
Inclinación al final de la caída	+/- 0 grados
Profundidad total (+/- 5 m bajo la capa)	+/- 558,0 m PM
Azimut del plano de la perforación	+/- 330,5° respecto al norte UTM
Desplazamiento horizontal	+/- 30 metros

- Las coordenadas UTM del objetivo (a 30m en la normal del punto medio del canal gasificado)

Emboquille	X:718532,54	Y:4532621,19	Z:660,26 (rf. nivel del mar)
Objetivo	X:718517,81	Y:4532647,25	Z:112,30

3.2 DETALLE DEL POZO - DISEÑO DEL EQUIPAMIENTO

Este pozo es el más corto y simple de los tres pozos de proceso en lo que respecta al diseño del equipamiento. La cabeza de pozo y el conjunto de tuberías del pozo de inyección lateral [IW2(ET6)], se presentan en la Figuras 7 y 8.

Como se mencionó en la Sección 2.2 de este informe, ET5 y ET6 se perforarían con el mismo equipo, solo el traslado del equipo de un emplazamiento al otro separaría ambas operaciones. Como para el sondeo ET5, se decidió perforar y revestimiento el pozo para completar el equipamiento del mismo posteriormente.

Programa de entubación

Pozo (pulgadas)	Tubería (pulgadas)	Zapata PM(m)
8 1/2	7	60
6 1/2	4 1/2	558(+/- 5 m baja la capa)

Especificaciones de la tubería

7"	26 PPF - N80 - NEW VAM Manguito especial ("SC")
4 1/2"	12,6 PPF - N80 - NEW VAM ("SC") (Los últimos 2 tubos 11,6 PPF - VS 22- NEW VAM ("SC"))

Las tuberías deben introducirse con centralizadores, manguito con válvula antirretorno y zapatas. La tubería 4 1/2" cementada con THERMOCEMOIL, cemento de alta temperatura.

El programa de entubado es solo parte del equipamiento, los elementos restantes se instalarán en operaciones posteriores (programa de equipamiento).

3.3 PROGRAMA DE PERFORACIÓN, TRICONOS Y FLUIDOS.

El programa de perforación fue el siguiente:

Perforación a 8 1/2"	A rotación
Zapata y tapón de la tubería 7"	A rotación
Perforación a 6 1/8" hasta el "KOP"	A rotación
Desviación/tangente/caída 6 1/8"	"DHM/MWD"(orientado/rotación)
Testigo 5 7/8"	A rotación
Ensanche a 6 1/8"	A rotación
Reperforación tapón de cemento	A rotación.

Triconos

Se seleccionaron triconos convencionales con dientes estándar para la sección vertical hasta el punto de desviación ("KOP") y de insertos protegidos para la zona desviada. Para la toma de testigo se utilizó una batería de diamantes.

Fluidos

Las especificaciones para el lodo de perforación fueron las del ET4.

3.4 CONTRATISTAS DE SERVICIOS

Los contratistas de equipos y servicios fueron los mismos que los del sondeo ET5.

3.5 OPERACIONES

3.5.1 Preparación del terreno, Suministros y Movilización

El terreno se preparó para recibir la máquina de COFOR, que se trasladó de un emplazamiento a otro, de ET5 a ET6 en 3 días. Durante la recolocación del equipo, ANADRILL reemplazó el equipo de perforación direccional utilizado en ET5, por otro equipo de menor diámetro tal como requería el ET6. Se suministró un motor Schoeller Bleckmann (SBS) de 4 3/4" Serie 150 Perforación Flexible ("Flex Drill Series")

3.5.2 Operaciones con la máquina

La perforación se inició el 22 de diciembre de 1994. Las operaciones se desarrollaron como sigue:

- Perforación	8 1/2"	0- 60,80 m	22 dic.
- Entubación/cementación	7 "	0 -60,80 m	23 dic.
- Perforación	6 1/8"	60,8 - 545.30 m	23-27 dic.
- Toma de testigo	5 7/8"	545,3 - 552,85 m	28 dic.
- Ensanche	6 1/8"	545,3 - 552,85 m	28 dic.
- Diagrafías		fondo a 236,53 m	29 dic.
- Entubación/cementación	4 1/2"	hasta 554,29 m	29 dic.
- Perforación de tapones	3 3/4"	hasta 552,60 m	30 dic.
- Diagrafía CBL		fondo a superficie	30 dic.

En la Figura 9 se compara el avance profundidad/tiempo real con el estimado antes de iniciar la perforación. En el Cuadro IV se presenta la distribución del tiempo de operación. El tiempo total para completar la operación fue de 9 días (lo previsto).

3.5.3 Intervalo vertical 0 - 60,8 m "MD", diámetro 8 1/2"

Este intervalo se perforó a rotación con una configuración de sarta estándar tipo "péndulo".

Tricono 8 1/2"
 Soporte tricono
 Estabilizador 8 1/2"
 Lastrabarrenas 6 1/2"
 Estabilizador 8 1/2"
 3 Lastrabarrenas de 6 1/2"

Manguito reductor
Varillas de 5" hasta la superficie

El intervalo se perforó sin dificultad, aunque hacia los 27 m PM se empezaron a registrar pérdidas de lodos a un ritmo de 1,5 a 3 m³ hora. Se añadió mica de tamaño medio con lo que controló la pérdida hacia la formación que alcanzó unos 22 m³ en este intervalo. La tubería 7" se instaló y cementó.

3.5.4 Intervalo vertical 60,8 m - 197,8 m "MD", diámetro 6 1/8"

La sarta que se utilizó para perforar los tapones y el intervalo vertical hasta los 197,8 m de sondeo fue:

Tricono 6 1/8"
Soporte del tricono
Estabilizador 6 1/8"
Lastrabarreras 4 3/4"
Estabilizador 6 1/8"
19 Lastrabarreras de 4 3/4"
Varillaje de 5" hasta la superficie

Parámetros de perforación:	Tapones	Fuera tubería 13 3/8"
Peso sobre tricono	1 tonelada	4 toneladas
Velocidad de rotación	60 - 70 RPM	90 - 120 RPM
Caudal	500 - 900 l/m	500 - 900 l/m

El intervalo se perforó sin dificultad, variando el ratio de perforación entre 4 y 10 m/h, el ratio más bajo se presentaba al atravesar rocas duras.

3.5.5 Intervalo direccional del tipo en "S" desde 197,8 - 545,3 m, con diámetro de 6 1/8"

Para conseguir la desviación con el gradiente (ratio) requerido, el "bent housing" del motor "steerable" se fijó en 1,15°, configurándose la sarta de perforación de la forma siguiente:

Tricono 6 1/8"
Motor de Fondo (MF) "steerable" de 4 3/4" ajustado a 1°
Manguito reductor
Estabilizador de 5 7/8"
Varilla de con sistema orientación de 4 3/4"
Varilla corta de Monel de 4 3/4"
Lastrabarreras de Monel de 4 3/4" con el MWD
8 Lastrabarreras de 4 3/4"
"Flex Joint" de 4 3/4"
"Jar" de 4 3/4"
Lastrabarreras de 4 3/4"
15 varillas pesadas de 3 1/2"

Varillaje de 3 1/2" hasta la superficie

Parámetros de perforación:	Orientando	Rotando
Peso sobre tricono	5 - 6 toneladas	2 - 6 toneladas
Velocidad de rotación		50 - 60 RPM
Velocidad del motor	180 RPM	180 RPM
Caudal	700 - 900 l/m	700 - 900 l/m

Aunque la prueba en superficie del "MWD" no resultó totalmente satisfactoria, se decidió continuar con el ensamblaje de la sarta para probar el sistema "MWD" fuera de la zapata de 7". Esta prueba falló, por lo que se extrajo la sarta y reemplazó el emisor y equipo electrónico asociado del "MWD".

La prueba en superficie realizada con el sistema nuevo resultó satisfactoria, pero el "MWD" volvió a fallar fuera de la zapata de 7", la señal llegaba invertida. Se tomó la decisión de cambiar el sistema "MWD" entero y volver a bajar la sarta.

El tercer intento de medida con el "MWD" tuvo éxito, reiniciándose de nuevo la perforación con una pérdida de 8 horas debido a los fallos del "MWD".

Se tomaron medidas con el "MWD" en la bajada de la sarta hasta el "KOP", la inclinación con la vertical variaba entre 0,6° a los 70,0 m PM a 1.0° a los 191,0 m PM. La perforación desde el "KOP" a los 197,8 m PM se realizó en modo orientado, con un ángulo de la herramienta orientado de forma que se lograra el azimut buscado y una medición "MWD" al final de cada varilla. La perforación continuó sin dificultad hasta el final de la zona desviada (deslizamiento más rotación) y parte de la zona sostenida (rotación) hasta los 354,8 m PM en los que se realizó una maniobra de acondicionamiento de pozo desde los 200m PM ya que se había estado perforando durante 18 horas. No se detectó ningún sobretiro durante la extracción de la sarta, lo que indicaba que el pozo estaba en buenas condiciones.

Se reinició la perforación en rotación hasta el final de la sección sostenida (en el Cenomaniense), la velocidad de avance de las últimas varillas en esta sección era muy baja que junto a un par muy bajo sugería un deterioro del tricono.

Se decidió examinar el tricono y el motor, por lo que se extrajo la maniobra. Los rodamientos del motor parecían estar en buenas condiciones pero el tricono estaba parcialmente desgastado por lo que se cambió y volvió a introducir la maniobra. La perforación continuó en modo orientado hasta el final de la sección de caída. El final de la desviación se encontraba a 290 m PM, el inicio de la caída a 430,4 m PM y el final de la caída a 519,8 m PM.

Se consiguió también una excelente precisión en el control direccional de este pozo, el fondo del pozo se encontraba a 1 m del objetivo (ver Figuras 10a y 10b).

3.5.6 Intervalo con toma de testigo 545,30 a 552,85 m PM con diámetro 5 7/8". Reperforación a 6 1/8" y operaciones finales.

La toma de testigo se realizó con el fin de situar los límites de la capa de carbón para su posterior entubado y perforación. La recogida de detritos carbonosos desde el inicio de la perforación con toma de testigo indicaba que la capa de carbón se había atravesado antes de lo previsto, situación que se confirmó al aparecer caliza (muro de la capa de carbón) con un bajo avance de perforación a solo 547,8 m PM.

La toma de testigo finalizó a los 552,85 m PM procediéndose a la extracción de la maniobra. Durante la extracción se localizó un estrechamiento del pozo a los 522,3 m PM. Al examinar el testigo se observó que empezaba en carbón a los 545,3 m PM (¿probablemente más carbón por encima del punto de inicio de toma de testigo?), indicando que el techo del carbón se encontraba 5,3 m por encima de lo previsto según la previsión realizada con los resultados de los sondeos anteriores (ver Figura 10b).

Se recuperaron 7,29 m de un testigo de 7,55 m, la pérdida de testigo se pudo producir, lo más probable, en la sección entre la base del carbón y la caliza de muro (arcilla carbonosa) y al inicio de la toma de testigo (techo de la capa). El testigo dio:

Inicio del testigo:	545,30 m PM
Techo del carbón: a profundidad menor que	545,30 m PM
Muro del carbón:	547,47 m PM
Techo de la caliza.	547,83 m PM

Debido a la dificultad de poder interpretar con precisión la información del testigo, se tomó la decisión de diagrafiar el sondeo hasta el fondo para confirmar la presencia y extensión de la capa de carbón. La zona en la se tomó testigo se ensanchó hasta 6 1/8" de diámetro, continuándose con la perforación hasta alcanzar los 554,85 m PM, 7 m bajo el muro de la capa de carbón, con el fin de poder realizar la testificación geofísica de la totalidad de dicha capa con la sonda combinada litodensidad/neutrón. La testificación fue realizada por SCHLUMBERGER, dando:

Techo del carbón:	+/- 545,6 m PM
Muro del carbón:	+/- 548,4 m PM

La comparación entre los datos de los testigos y los de la diagrafía mostraba una mayor potencia para la capa de carbón (carbón + arcilla carbonosa; 2,80 m en vez de los 2,53 m obtenidos del testigo) y una profundidad mayor para el techo de la caliza de muro (548,4 m PM en vez de 547,83 m PM según la medida de las varillas de perforación).

La diferencia en espesor de la capa de carbón (+/- 0,30 m) podría explicarse por la pérdida de carbón (tal como se mencionó con anterioridad). La diferencia encontrada en la medida de profundidad puede provenir probablemente por la inexactitud en la medida (longitud acumulada de varillas) y la propia inexactitud de las medidas del "wire line" en un pozo en "S".

La tubería de 4 1/2" con centralizadores se instaló a 554,29 m PM (0,56 m por encima del fondo del pozo (FP) ("TD")). Al descender la tubería las abrazaderas de los centralizadores no trabajaron satisfactoriamente por lo que tomó la decisión de utilizar los manguitos como puntos de fijación. En el cuadro V se presentan los componentes de la tubería 4 1/2" y su cota/posición en el pozo. La tubería fue cementada por HALLIBURTON con una lechada de 1,8 Kg/l de cemento THERMOCEMOIL a lo largo de todo el pozo.

Se perforaron los tapones de cementación con un "Economill" de 3 3/4" y varillaje 2 3/8" hasta los 552,30 m PM, seguidamente se circularon 8 m³ de agua viscosa y 25 m³ de "packer fluid" (agua más sosa cáustica). SCHLUMBERGER corrió el registro CBL, que indicó una buena ligazón con el cemento en toda la sección.

El pozo se cerró. Las operaciones de equipamiento final se realizarán más tarde.

4. INGENIERÍA

4.1 REACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO DE POZOS

El reacondicionamiento y equipamiento de los pozos MW1(ET1), MW2(ET2), IW1(ET4), RW(ET5) Y IW2(ET6) se realizarán con anterioridad a la operación de gasificación como sigue:

- ET1: Instalación de termopares sujetos a la tubería y cementación (ver Figura 11)
- ET2: Prolongación del pozo mediante perforación con radio pequeño (reacondicionamiento) seguido de la instalación de un tubo enrollable equipado con termopares y fibra óptica y cementación (ver Figura 12)
- ET4: Instalación de un tubo pequeño equipado con quemador/cabeza de inyección, "macarrones" y termopares, seguido por la instalación de un tubo enrollable (permitiendo el movimiento en superficie) y accesorios (cabeza de inyección, cuello de oca, seccionador, preventivo de explosiones, etc.) (ver Figura 13).
- ET5: Reperforación del tapón de cemento a la profundidad requerida, operación de apertura/unión con agua, limpieza/ensanche del fondo del pozo seguida de la instalación de tuberías (3 en total) equipadas con termopares, fibra óptica macarrones y quemador (ver Figuras 2 y 3)
- ET6: Perforación de la tubería enfrente de la capa de carbón, seguida de la instalación de una tubería de pequeño diámetro equipado con termopares, macarrones y quemador (ver Figuras 7 y 8).

El diseño del tubo enrollable para el ET2 se terminará a principio de 1995 y el momento de la instalación dependerá de la fecha de fabricación de cable compacto de instrumentación así como de la disponibilidad de la máquina de perforar adecuada y del equipo y servicios de perforación direccional.

Los trabajos en el ET1 se realizarán con un equipo pequeño, con anterioridad a los del ET2, con el fin de realizar la cementación de los dos pozos al mismo tiempo (solo un coste de movilización/desmovilización para ambas operaciones de cementaciones).

El reacondicionamiento de los pozos ET4, ET5 y ET6, y las operaciones de equipamiento se realizarán una vez que se hayan recibido la tubería de aleación especial, componentes para el equipamiento, protectores/ centralizadores, abrazaderas y quemadores. La entrega se espera para el verano de 1995.

4.2 PANTA DE SUPERFICIE

4.2.1 Distribución

El diseño básico de la distribución de la planta que fue realizado por JOHN BROWN SENER ya fue descrito en los cuatro informes técnicos (julio 1993 - diciembre 1993). Desde el primer diseño se han realizado muy pocas modificaciones de los principios básicos/especificaciones. La última distribución realizada por SERELAND se presenta en la Figura 14.

El área comprende 3 plataformas con niveles que aumentan en altura de norte a sur, en las que la planta y el equipo se agruparán según la localización de los pozos de proceso y actividades. Se construirá una línea de tuberías principal de norte a sur que proveerá a todas las plataformas de fluidos para el proceso y servicios. Se construirán también ramales este-oeste para realizar la conexión con los pozos y equipos. La localización exacta de los componentes está controlada por factores de seguridad, medioambientales y logísticos, incluyendo requerimiento de áreas clasificadas.

La situación de la planta y de los equipos en las plataformas es la que sigue:

Área de Inyección /Servicios (plataforma inferior - zona sur)

Pozo desviado de inyección [IW1(ET4)]	Distribuidor de Inyección del Pozo ET4
Pozo Vertical de Seguimiento [MW1(ET1)]	Planta de oxígeno y nitrógeno
Unidad de Análisis de Argón	Unidad de Agua de Refrigeración
Unidad de bombeo de Agua de Proceso	Unidad de Bombeo Agua
	Contraincendio
Unidad de Control del Tubo Enrollable	Unidad de Bombeo de Agua de Servicios
Unidad de Tubo Enrollable de Inyección	Unidad de Bombeo de Espumógeno
Almacenaje de Propano/Calentadores	Planta Generadora de Vapor
Almacén de Equipos/Taller	Tanques de Agua (Proceso/ Incendios)
Unidad de Aire para Instrumentación	Transformador
Grupo de Emergencia	Tanques de Inyección de Helio

Área de Control/Oficinas (plataforma intermedia - central)

Pozo de Inyección Transversal [IW2(ET6)]	Distribuidor de Inyección del Pozo ET6
Pozo Desviado de Seguimiento [MW2(ET2)]	Unidad de adquisición de Datos/Control
Caseta de Servicios del Personal	Aparcamiento

Análisis del Gas Producto/Área de Vertidos(plataforma superior - zona sur)

Pozo de Recuperación [RW(ET5)]	Distribuidor de Inyección del Pozo ET5
Estación de Descompresión	Unidad de Análisis del Gas Producto
Unidades de Medición de Flujos	Intercambiador de Calor
Quemador de Gas	Antorcha
Tanque de Agua Sucia	

4.2.2 Planta de Proceso y Servicios/Descripción de las Unidades

La planta de superficie, diseñada primeramente por JOHN BROWN SENER (diseño básico - fase 1) y posteriormente por SERELAND (diseño de detalle - fase 2), se construirá de forma que permita un grado máximo de cambio y flexibilidad en las fases del proceso del ensayo descrito con detalle en el Apéndice B del primer informe técnico (enero 1993 - junio 1993).

El diagrama de proceso, mostrado en la Figura 15, indica los cuatro grandes bloques del proceso: (i) las instalaciones de inyección incluyen las plantas de oxígeno y nitrógeno, la unidad del analizador de argón, las unidades de agua para el proceso y espumógeno y el distribuidor de inyección (ii) los pozos de proceso y el reactor subterráneo, (iii) las instalaciones para el gas producto/líquidos incluyendo la estación de descompresión, la antorcha, el quemador de gas y los tanques de agua sucia y (iv) la unidad de bombeo de agua de refrigeración.

El nitrógeno y el oxígeno se almacenarán en la planta en tanques de almacenamiento de oxígeno y nitrógeno líquido, bombeado en estado líquido antes de ser vaporizado con vapor suministrado a través de un Intercambiador de calor. El control de las presiones de oxígeno y nitrógeno en los pulmones se mantendrá mediante bombas de acción arranque/parada. En la Figura 16 se presenta el diagrama de flujo de las unidades de suministro de oxígeno y nitrógeno.

El nitrógeno, oxígeno y espumógeno se suministrarán a las cabezas de los dos pozos de inyección [IW1(ET4)] y [IW2(ET6)] con el fin de inyectar los fluidos para las distintas fases del proceso incluyendo la gasificación. Al pozo de recuperación [RW(ET5)] se le suministrará nitrógeno, oxígeno y agua de refrigeración para cubrir las necesidades específicas de las distintas fases del proceso tales como refrigeración del fondo del pozo, elevación del agua/gas y contrapresión durante la ignición en la retrocombustión.

El nitrógeno y el oxígeno se transfieren desde los pulmones a las áreas de las cabezas de pozo (distribuidores de inyección) donde los flujos se controlan mediante válvulas. El agua y el espumógeno se controlan desde las unidades mediante bombas dosificadoras ajustables. Las válvulas de control y las bombas dosificadoras se diseñaron para conseguir estabilidad y un alto control del flujo.

Del pozo de recuperación [RW(ET5)], los líquidos y gases producidos se dirigen a un quemador de gas o a una antorcha y en fases especiales a un tanque de agua sucia a través de una estación de despresurización y un Intercambiador de calor. El Intercambiador de calor se instalará en las líneas de producción de alto y bajo flujo para asegurar que los productos se mantienen en fase gaseosa para el análisis de gases.

La Figura 17 muestra los diagramas de flujo de las diferentes líneas de producto de gas y líquidos. El diagrama muestra igualmente los tamaños y materiales de las distintas líneas, material que se seleccionó teniendo en cuenta los distintos requerimientos de resistencia a la corrosión a las temperaturas y presiones previstas.

El quemador de gas asegurará la combustión completa de los productos del pozo de recuperación y se diseñará de forma que asegure que la dilución y dispersión de los productos de la combustión cumplan las reglamentaciones de inmisión. Los resultados de los estudios de emisión/depósito se recogen en el informe preparado por el CENTRO POLITÉCNICO SUPERIOR de la UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. La antorcha se utilizará para quemar los productos de alta calidad del gasificador y en caso de fallo en el quemador de gas.

4.2.3 Ingeniería de Detalle(Fase 2). Situación.

SERELAND continuó durante todo el periodo que cubre este informe con el diseño de ingeniería de detalle de la planta de superficie(Fase 2). Aunque la finalización de estos trabajos se preveía para principio de 1995, se esperan retrasos causados por la dificultad de encontrar ofertas competitivas y en la selección de equipos para áreas difíciles tales como instrumentación de proceso y control e intercambiadores de calor. No obstante y debido a otros retrasos (obtención de los materiales para el equipamiento de los pozos y el tiempo necesario para el diseño de la unidad de análisis del gas producto), la ingeniería de detalle de la planta de superficie y los suministros no son el camino crítico del proyecto.

Lo encargado a SERELAND se compone de dos tareas: (i) la ingeniería y diseño de detalle de las instalaciones incluyendo la preparación de las especificaciones de toda la planta de superficie y equipos y (ii) la selección de equipos y obtención de ofertas competitivas para la planta y equipos para el suministro a UGE. La construcción de las instalaciones (Contrato de Ingeniería - Fase 3) seguiría inmediatamente a la Fase 2 cuando la mayoría del equipo se haya pedido.

El progreso al final del periodo de este informe es como sigue:

i) Preparación de los planos, especificaciones y hojas de datos

• Planos

<u>Tema</u>	<u>Progreso</u>
P & ID	80 %
Plano de Planta	100 %
Plano Maestro	80 %
Planos de Tuberías	0 %
Planos de Distribuidores	50 %
Planos Mecánicos	0 %
Plano Contraincendios	80 %
Plano Eléctrico	0 %
Plano de Zonas clasificadas	80 %
Detalle de Instrumentación	0 %
Plano de instrumen./control	0%

• Especificaciones. Listas y Hojas de Datos

<u>Tema</u>	<u>Progreso</u>
Espec. de equip. para licitación	65 % (ver progreso en licitación)
Lista de Planos	30 %
Lista de Líneas	60 %
Lista de Equipos	20 %
Especific. de Tuberías	20 %
Lista de Cables Eléctricos	0 %
Lista de Cables de Instrum.	0 %
Lista de Instrumentos	40 %

ii) Progresos en las licitaciones y selección de equipos.

• Equipos pedidos

<u>Tema</u>	<u>Compañía</u>	<u>Fecha recepción</u>
Transformador	ERSA	Diciembre 1994
Quemador de Gas Antorcha	PROYCE	Abril 1995
Caldera de vapor	GEVAL	Abril 1995
Planta de O2 y N2	CARBUROS METÁLICOS	Junio 1995
Bombas dosif. H ₂ O/espum.	BRAN / LUEBBE	Junio 1995

• Equipos en evaluación de ofertas

Aparatos Medición Caudal	Transmisores de Presión y Temperatura
Sistema Contraincendios	Válvulas de Alta Presión de Control y Manuales
Analizador de O2	Válvulas de Seguridad y Automáticas de Corte
Intercambiador de Calor	Grupo de Presión para Agua de Servicios
Válvulas de Control	Almacenaje de Propano/ Calentadores

- Equipos/Servicios para licitación

Analizador de argón	Distribuidores de Ignición e Inyección
Obra Civil	Indicadores de Presión y Temperatura
Instalación Eléctrica	Instalación de Instrumentación
Construcción de Tuberías	Grupo de Emergencia

SERELAND evaluó globalmente el progreso en la fase de ingeniería de detalle al final del periodo de este informe en un 52 %.

4.3 UNIDAD DE ANÁLISIS DEL GAS PRODUCTO

Como se mencionó en el anterior informe técnico de enero 1994 - junio 1994, DUMEZ COPISA SISTEMAS fue la seleccionada para el diseño de detalle (Fase 1) de la Unidad de Análisis del Gas Producto, firmándose el contrato en julio de 1994.

El contrato cubre las especificaciones de equipos, requerimientos de seguridad y el coste estimado para la Fase 2, a proponer como contrato llave en mano para el suministro de equipos y la construcción de la unidad completa. El trabajo de la Fase 1 contratado con DUMEZ COPISA SISTEMAS se extendió a lo largo del periodo de este informe, quedando a finales de diciembre de 1994 muy cerca de su finalización.

El trabajo que queda por realizar en la Fase 1 comprende el diseño y distribución mecánica y eléctrica que se finalizara en febrero 1995. El suministro de componentes y la construcción de la Unidad completa (Fase 2) se iniciará tras la aceptación de las especificaciones de diseño finales.

La Unidad de Análisis de Gas Producto se necesita para obtener una medida continua de la composición analítica de la corriente de gas producto y recolección continua del liquido producido durante las distintas fases del proceso para el control del proceso y realizar un calculo preciso del balance de masas.

Para el control del proceso de GSC se requiere un análisis continuo del metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno, ácido sulfídrico, oxígeno y de la proporción gas/líquido.

Para el cálculo preciso del balance de masas se requiere el análisis de componentes adicionales, tales como el argón, nitrógeno, etano, propano, hidrocarburos pesados, amoniaco, carbonato/bicarbonato, sulfato/sulfito y fenoles (incluyendo algunos análisis de laboratorio posteriores).

Se inyectará helio y se medirá su contenido en el gas producto para el análisis de la distribución del tiempo de residencia en el gasificador subterráneo.

En la Figura 18 se presenta un bloque diagrama del Sistema de Análisis de Gases completo desde las líneas de flujo del producto hasta los analizadores. La mayor parte del sistema corresponde al acondicionamiento de las muestras antes de entrar en los analizadores de gas seco.

Las muestras de gas producto se tomarán con sondas retráctiles en la corriente del gas producto y las partículas se retirarán con ciclones y filtros colocados en cajas calientes cerca del punto de toma de muestras.

Tras enviarlo a través de líneas calientes a la Unidad de Análisis principal, el flujo húmedo se medirá antes de limpiar el gas ya que el enfriamiento/condensación afectará al análisis de la proporción gas/líquido. El líquido condensado dentro de la botella de condensación (se medirá su nivel) se muestreará de vez en cuando para el posterior análisis de la proporción agua/líquido y el contenido líquido.

Tras la retirada adicional de hidrocarburos pesados, la corriente del gas limpio y seco de la sección de limpieza se medirá antes de su distribución a los analizadores individuales vía sus respectivos sistemas (adicionales) de acondicionamiento de muestra. El sistema completo de acondicionamiento desde el punto de muestreo a las medidas de corriente seca se duplicará para permitir el análisis durante el mantenimiento o reparación de elementos debido a bloqueo o fallo.

La decisión de analizar el sulfídrico después del condensador agua/líquido (base seca) se debe a los resultados de los cálculos de la composición de gas/líquido realizados en la UNIVERSIDAD DE LIEJA.

Los analizadores propuestos para el control de proceso son: (i) un analizador paramagnético para el oxígeno, (ii) un analizador de infrarrojos multibanda para monóxido de carbono, dióxido de carbono y metano, (iii) un analizador ultravioleta para sulfídrico y (iv) un cromatógrafo de gases para hidrógeno.

Un espectrómetro de masas servirá de redundancia para el control de proceso así como medir las concentraciones de argón, helio, nitrógeno, etano, propano, amoníaco, e hidrocarburos pesados (C_4, C_5, C_6^+) para cálculo del balance de masas e interpretación de la prueba con trazadores.

La proporción gas/líquido se medirá por diferencia entre el flujo húmedo (antes del enfriador/condensador) y el flujo seco (después del enfriador/condensador). Las muestras líquidas se enviarán a laboratorios especializados para el análisis de la proporción agua/ líquido y contenido del líquido.

Se instalarán detectores de temperatura y humedad para proteger a los analizadores y otros componentes del sistema del acondicionamiento impropio del gas producto en términos de contenido de partículas/líquido ej. en el proceso de arranque, otras fases frías/sucias y para avisar de condiciones de análisis no válidas.

Con la excepción de las cajas locales, todos los elementos de la Unidad de Análisis de Gases se construirán en una unidad móvil con la posibilidad de almacenarse y transportarse a otros sitios. El laboratorio o caseta tendrá aproximadamente 4 m de largo, 3 de ancho y 2 de alto.

La caseta estará dotada con sistema de ventilación forzada redundante y detectores de gas explosivo/tóxico (CO/SH_2). Esto prevendrá contra riesgos de

explosividad/ toxicidad impidiendo la entrada de muestra y apagando los aparatos eléctricos ante la detección positiva.

4.4 UNIDAD DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL

4.4.1 Requerimientos

Las fases del proyecto se dirigirán directamente vía control de los flujos de inyección, contrapresión y disminución de la presión del reactor y temperatura de base del pozo de inyección.

La composición del gas producto y balances de masas y energía simples se utilizarán indirectamente para dirigir las fases del proceso (eficiencia de la gasificación, control del ingreso de agua y/o pérdida de gas, pérdida de calor).

La información de la prueba con trazador y las medidas de la fibra óptica se utilizarán para el control del crecimiento de la cavidad subterránea.

El sistema de Adquisición de Datos / Control representa una simple ventana a la planta de operación, adaptada de acuerdo con las fases del proceso y dirigirá las siguientes funciones básicas:

- Control e indicación de las variables del proceso
- Mostrar en pantalla y vigilar los puntos de alarma
- Ajuste de los lazos de control
- Proceso de datos, almacenaje e informes.

El Sistema de Control será modular con una unidad de campo de control de entrada/salida incluyendo todo el equipo necesario para captar, enviar, controlar y digitalizar los datos de entrada y salida desde/hacia los instrumentos de campo (transmisores e instrumentos de control) ej. suministro de energía, controladores, convertidores analógico/digital, relés multiplexores, interfase entrada/salida con el procesador, etc.

La estrategia de control se basa en los clásicos lazos cerrados. A los flujos se les aplicarán correcciones por presión y temperatura, conjuntamente con el control del ratio de flujo y control de la purga anular adaptándose los puntos de consigna como una función de la variación de la presión del pozo ($\text{Flujo} = \text{Flujo}_{\text{consignado}} + c^{\text{cte}} \times dp/dt$).

En el Intercambiador de calor y control de temperatura del pozo de recuperación, se utilizarán Estrategias de Control avanzadas (tal como "feedforward", cascada), que se consideran necesarias debido a la incertidumbre de los parámetros del gas producto (flujo, temperatura y composición).

El Sistema de Adquisición de Datos recibirá, almacenará, procesará, visualizará e imprimirá los datos provenientes de una gran cantidad de instrumentos de superficie y subterráneo. Su tarea primaria es rastrear/almacenar datos de los sensores y presentarlos en pantalla /actualizarlos en grupos para las operaciones de seguimiento.

La capacidad de rastreo/almacenaje del sistema le permite actualizarse cada minuto, pudiendo dar la media horaria y diaria de cada uno de los puntos de medida.

El Sistema de Adquisición de Datos se suministrará con todos los programas necesarios para captar y digitalizar los datos de entrada y además del programa básico, tal como el Sistema Operativo, "drivers" de comunicaciones /interfases, compiladores, etc. incluye como mínimo los siguientes programas:

- Base de Datos- Almacenaje jerarquizado de todos los datos de entrada y posibilitación/organización de acceso para su posterior proceso, visualización e impresión.
- Rastreo- Inicialización/coordinación de las tareas de rastreo con la unidad de entrada del campo, controlador para la fibra óptica de temperatura distribuida y controlador de análisis de gases.
- Alarmas - Introducción de alarmas bajas/altas, manejo de los mensajes de alarma.
- Cálculos - Cálculos tales como balances de masa/energía, compensación de flujos, tiempo de residencia.
- Gráficos - Presentación por pantalla/impresora de datos en tiempo real /base histórica.
- Red - Acceso a la Base de Datos desde la red.

4.4.2 Selección del Sistema /Contratista.

Se recibieron un total de 13 ofertas para el diseño y construcción de la Unidad. Para el Controlador ocurrió otro tanto, pero para la base de datos/interfase usuario, se distinguían dos categorías fundamentales, las que se apoyaban en un sistema PC y las que utilizaban una estación de trabajo RISC.

La solución estación de trabajo confiere mayor potencia/resolución que una solución con PC pero tiene la desventaja de quedar ligado al constructor en programas y máquinas. El sistema con PC es menos potente pero ofrece mayor flexibilidad y puede usar un mayor rango de programas de aplicaciones.

Las ofertas comprenden un amplio rango de sofisticación en las estructuras de los sistemas y precios. Un análisis de la adaptabilidad/capacidad de las ofertas reveló que una estructura con PC resultaba adecuada para las tareas requeridas, y como se mencionó en el informe técnico anterior (enero 94 - junio 94) se seleccionó la propuesta sobre PC de HONEYWELL.

El contrato para el diseño/ingeniería de detalle de la Adquisición de Datos y Control de Sistema (Fase 1) se firmó en julio de 1994.

4.4.3 Ingeniería de Sistemas

El Sistema se basa en el Programa Base HONEYWELL SCAN 3000 que opera con sistema Operativo UNIX, con dos máquinas Dell 486DX/66 PC's como estaciones Maestra y Operadora respectivamente unida vía Ethernet a dos Controladores 9000.

El sistema se unirá vía módem a una terminal remota y un ordenador para modelización en las oficinas de UGE (ver Figura 19)

La Unidad completa se encerrará en una caseta/contenedor móvil para almacenar o transportar a otros lugares, provista de aire acondicionado para operar óptimamente en todas las condiciones climáticas esperables. Para mantener el control del proceso y seguridad en caso de fallos del transformador del suministro eléctrico, se instalará una unidad de Suministro Eléctrico Continuo ("UPS").

El diseño de ingeniería de detalle de la Unidad de Adquisición de Datos y Control, se encontraba a finales de diciembre de 1994 muy cerca de su finalización por HONEYWELL.

4.5 SISTEMA DE FIBRA ÓPTICA

Los pozos [IW1(ET4)] , [IW2(ET6)] y [RW(ET5)] se equiparán con fibra óptica utilizando un sistema de Sensores de Temperatura Distribuida ("DTS") y medida de longitud desarrollado por YORK SENSORS, LTD.

En los pozos [IW1(ET4)] y [MW2(ET2)], el Sistema se utilizará para obtener información de avance lateral y axial de la cavidad, vía medición de la temperatura y la longitud de los sensores de fibra óptica cuando se vayan consumiendo por combustión.

En el pozo [RW(ET5)] el sistema proveerá de información de la temperatura a lo largo del tubo de producción para prevenir un aumento excesivo de la temperatura en el fondo del pozo, confirmar la extensión del efecto refrigerante del agua inyectada y avisar de las condiciones de corrosión húmeda a baja temperatura en la sección superior.

El Sistema YORK se basa en el sistema Óptico de Reflectometría en el Dominio del Tiempo utilizando sensores de fibra óptica multimodo. El sistema tiene la capacidad de dar información de temperatura versus distancia con una resolución menor de un 1 ° C y una resolución espacial menor de 1 metro.

El Sistema comprende el cable de fibra óptica, la interfase con la fibra óptica (fuente láser y receptor), el convertidor de información óptica en digital y la interfase con el ordenador. Los datos del Sistema se introducirán en la Unidad de Adquisición de Datos y Control de HONEYWELL.

En septiembre de 1994 se pidieron los cables de fibra óptica para los tres pozos (incluyendo los programas de interfase con la Unidad de Adquisición de Datos y Control)

5. PROGRAMA DE AYUDA

El INSTITUTO DE CARBOQUÍMICA terminó los trabajos sobre el carbón de "El Tremedal" consistentes en la determinación de la reactividad del carbón y un modelo predictivo de la temperatura máxima en la zona de combustión en la capa como una función de los parámetros de operación. Se recibieron los resultados experimentales de la combustión del semicoque y gasificación con CO_2 , H_2O y H_2 .

Estos resultados así como los resultados de la pirólisis se introdujeron en el modelo predictivo para obtener la estimación del efecto de la proporción oxígeno/agua con las temperaturas de combustión/gasificación en las paradas del gasificador subterráneo y las condiciones óptimas de conversión.

El informe final del INSTITUTO DE CARBOQUÍMICA se recibió comprendiendo los tres elementos de trabajo realizado, los trabajos de modelización arriba mencionados y las medidas previas de laboratorio de pirólisis y reactividad del semicoque del carbón de "El Tremedal".

Las conclusiones de los informes pueden resumirse como siguen:

• Experimentos de Pirólisis.

- Temperaturas de hasta 800 °C favorecen la formación de agua, gas y semicoque
- La mayor cantidad de semicoque (+/- 5 %) se produce alrededor de los 600 - 700 °C
- La presión favorece la retención del azufre en el semicoque

• Reactividad

- El carbón de "El Tremedal" muestra una gran reactividad (normal para los carbones de las cuencas de Teruel).

• Modelización

- El agua proveniente del secado y la pirólisis es suficiente para mantener una "autogasificación" del carbón de "El Tremedal".
- No se espera reblandecimiento de las cenizas del carbón durante la combustión/gasificación.
- La presión es un parámetro importante en el mecanismo de reacción (especialmente en la formación de metano).
- El comportamiento termomecánico del carbón será el factor dominante en el crecimiento de la cavidad.

El trabajo de TU. DELFT en el comportamiento del proceso de la GSC continuó, habiéndose recibido un número de publicaciones acerca del trabajo del grupo. A principios de 1995 se mantendrá una reunión para discutir el estado de los análisis de estabilidad termomecánica y modelización del proceso.

6. DIRECCIÓN DEL PROYECTO

6.1 ADMINISTRACIÓN

Durante el periodo de este informe no se tomó más personal. La vacante en Control de Proceso/Análisis quedó sin cubrir. El personal actual se compone de 13 personas de dedicación plena.

6.2 PROBLEMAS/DIFICULTADES

Los problemas técnicos más importantes resultaron de la venta de KAWASAKI THERMAL SYSTEM, con la consiguiente decisión de continuar con una alternativa sin THERMOCASE menos satisfactoria para el diseño del pozo de recuperación [RW(ET5)].

La aparente divergencia entre la situación del carbón en ET6 y la prevista pudiera deberse a la presencia de una pequeña falla entre el sondeo ET6 y la línea del ET4. Se realizarán más análisis para estimar la escala de dicha falla y su impacto en los procesos de diseño/operaciones.

Se esperan retrasos en la obtención de ofertas competitivas para la selección de equipos en áreas con dificultades en la planta de superficie tales como instrumentación de proceso y control e intercambiadores de calor.

Se esperan retrasos en el suministro del equipamiento de pozos en aleaciones especiales. El camino crítico puede llegar a ser el suministro de equipo de pozo en aleaciones especiales. Se espera su recepción para el verano de 1995.

6.3 CAMBIO EN LA ESTRATEGIA TÉCNICA

El cambio principal en la estrategia técnica involucra la decisión de proceder con la alternativa de diseño del pozo de recuperación mencionado en Problemas/Dificultades arriba mencionadas.

6.4 TRABAJOS FUTUROS

Las operaciones de reacondicionamiento en los pozos ET1, ET2, ET4, ET5 y ET6 se realizarán tras la recepción de las tuberías, componentes de los tubos, termopares y el diseño y suministro de los componentes de tubo enrollable del ET2 y ET4.

Los contratos para la construcción de las Unidades de Análisis de Gases y Sistema de Adquisición de Datos/Control se firmaran tan pronto estén terminados los contratos de diseños de detalle de los mismos.

Los pedidos de los componentes restantes de la planta de superficie se realizarán tras la confirmación de sus especificaciones de diseño a realizar por el contratista de ingeniería SERELAND y la aceptación de UGE.

6.5 CONFERENCIAS, PUBLICACIONES E INFORMES.

- "Informe Final de los Trabajos realizados por el INSTITUTO DE CARBOQUIMICA en apoyo al ensayo de El Tremedal" por J. Adánez, F. García-Labiano y R. Moliner (INSTITUTO DE CARBOQUIMICA).
(UGE ref. 54)
- "Estudio Impacto Ambiental Inmisiones - Quemador".
Informe realizado por PROYCE sobre las bases de los cálculos realizados por el CENTRO POLITÉCNICO SUPERIOR de la Universidad de ZARAGOZA
(UGE ref. 55 y 56)
- "Pérdidas de calor y cambios de presión en el pozo de recuperación"
Informe realizado por Dr. de Ro y Prof. J. Patigny(IDGS)
(UGE ref. 44, 48, 49 y 51).
- "Informe Final de Pozo de la Perforación y Medidas de "MWD" en los pozos ET5 y ET6".
Informe preparado por ANADRILL SCHLUMBERGER
(UGE ref 62)
- Informe Final de Lodos de los pozos ET5 y ET6"
Informe preparado por MGA
(UGE ref. 62)
- "Ensayo de Campo de Gasificación Subterránea de Carbón de UNDERGROUND GASIFICATION EUROPE, Teruel, España"
Segundo informe de progresos preparado por ETSU
- "El fenómeno del transporte canalizado en la GSC "
por R.A. Kuiper (TU. DELFT)
(UGE ref. 52)
- Exhibición THERMIE, Berlín. UGE, Sesión de Presentación de Poster

Casos estudiados			Flujos(kg/h)				Temperatura(°C)						Condensación	
			Gas producto de la GSC	Agua de Refrigeración	Nitrógeno de Purga	Gas Mezcla de Salida	Gas producto de la GSC	Agua de Refrigeración		Nitrógeno de Purga		Gas Mezcla de Salida		
								Fondo	Cabeza	Fondo	Cabeza	Fondo		Cabeza
TUBERIA AISLADA	Flujo Alto	1,2 días	12240	4014	126	16380	800	58	25	216	25	309	288	NO
	Caso Alta Temper.	11,6 días	12240	4014	126	16380	800	61	25	220	25	310	290	NO
	Flujo Medio	1,2 días	4320	0	126	4446	250	-	-	234	25	245	214	NO
	Caso Baja Temper.	11,6 días	4320	0	126	4446	250	-	-	241	25	245	226	NO
DOBLE ANULAR	Flujo Alto	1,2 día	12240	4536	72	16848	800	123	25	235	25	302	236	NO
	Caso Alta Temper.	11,6 días	12240	4536	72	16848	800	133	25	247	25	309	245	NO
	Flujo Medio	1,2 día	4320	0	72	4392	250	-	-	234	25	250	206	SI FracciónLiq=0,3 long. húmeda= +/- 222 m
	Caso Baja Temper.	11,6 días	4320	0	72	4392	250	-	-	244	25	250	226	NO

Cuadro I . Resultados del modelo del pozo de Recuperación realizado por la UNIVERSIDAD DE LOVAINA

Días	Perforar / Testigo	Parar/Mantenimiento	Prep. Lodos/Circulación	Instalación de tubería	Cementación/España	Tap./Zap. Perforación + Ensanche	Medidas + Diagrafias	Maniobras del Equipo	Otras
1	V		3,00					3,00	8,00
2	E		1,75				0,25	2,25	
3	R			6,25	16,50			1,25	
4	T		4,00			4,25		6,25	
5	I		0,75				1,00	7,75	0,75
6	C	3,25					1,75	4,50	
7	U		1,00					2,50	
8	R	1,00	1,00				1,00	1,25	
9	V		1,50			0,75	0,75	5,75	
10	A	0,25	0,25			3,50		12,50	2,50
11			3,00		11,00	3,25		6,75	
12			1,00	10,25	10,00			2,75	
13			0,75		8,00	3,25	0,75	9,75	1,50
14							3,25	1,00	
Total	124,00	4,50	18,00	16,50	45,50	15,00	8,75	67,25	12,75

Cuadro II . Distribución del tiempo de operación del sondeo ET5 (en horas)

Nº	Descripción	Longitud(m)	Profundidad desde la Boca al Fondo(m)
46	Tubo(N80) (*) (cortado 50 cm sobre el NS)	13,04 (6,94)	- 6,44
45	Tubo(N80) (*)	13,34	- 19,78
44	Tubo(N80) (*)	13,13	- 32,91
43	Tubo(N80) (*)	13,31	- 46,22
42	Tubo(N80) n° 44	13,67	- 53,89
41	Tubo(N80) n° 42	11,25	- 71,14
40	Tubo(N80) n° 40	13,50	- 84,64
39	Tubo(N80) n° 39	13,47	- 98,11
38	Tubo(N80) n° 38	13,67	- 111,78
37	Tubo(N80) n° 37	13,38	- 125,16
36	Tubo(N80) n° 36	13,41	- 138,57
35	Tubo(N80) n° 35	13,66	- 152,23
34	Tubo(N80) n° 34	13,64	- 165,87
33	Tubo(N80) n° 33	13,66	- 179,53
32	Tubo(N80) n° 32	13,62	- 193,15
31	Tubo(N80) n° 31	13,64	- 206,79
30	Tubo(N80) n° 30	13,66	- 220,45
29	Tubo(N80) n° 29	13,64	- 234,09
28	Tubo(N80) n° 28	12,09	- 246,18
27	Tubo(N80) n° 27	13,63	- 259,81
26	Tubo(N80) n° 26	13,67	- 273,48
25	Tubo(N80) n° 25	13,64	- 287,12
24	Tubo(N80) n° 24	13,29	- 300,41
23	Tubo(N80) n° 23	13,36	- 313,77
22	Tubo(N80) n° 22	13,66	- 327,43
21	Tubo(N80) n° 21	13,68	- 341,11
20	Tubo(N80) n° 20	13,66	- 354,77
19	Tubo(N80) n° 19	13,33	- 368,10
18	Tubo(N80) n° 18	13,68	- 381,78
17	Tubo(N80) n° 17	13,67	- 395,45
16	Tubo(N80) n° 16	13,60	- 409,05
15	Tubo(N80) n° 15	13,68	- 422,73
14	Tubo(N80) n° 14	13,61	- 436,34
13	Tubo(N80) n° 13	13,66	- 450,00
12	Tubo(N80) n° 12	13,59	- 463,59
11	Tubo(N80) n° 11	13,68	- 477,27
10	Tubo(N80) n° 10	13,40	- 490,67
9	Tubo(N80) n° 9	12,22	- 502,89
8	Tubo(N80) n° 8	13,64	- 516,53
7	Tubo(N80) n° 5	13,63	- 530,16
6	Tubo(N80) n° 4	13,59	- 543,75
5	Tubo(N80) n° 3	12,26	- 556,01
4	Tubo Flotante (N80)	0,41	- 556,42
3	Tubo(Inconel 625) n° 2	10,01	- 566,43
2	Tubo(Inconel 625) n° 1	10,01	- 576,44
1	Zapata Flotante(Inconel 625)	0,46	- 576,90

Cuadro III . Composición de la tubería de entubación 9,5/8" del pozo ET5
(Profundidad relativa al nivel del suelo)

(*) Instalación de tubos sobrantes de la instalación de la tubería del pozo ET4

Días	Perforar / Testigo	Parar/Mantenimiento	Prep. Lodos/Circulación	Instalación de tubería	Cementación/Espera	Tap./Zap. Perforación + Ensanche	Medidas + Diagrafías	Maniobras del Equipo	Otras
1	V E R T .		0,50	0,50				2,50	4,00
2			0,50	1,00	16,00	2,75		2,00	
3			0,50					7,50	
4	C U R ,						0,50	8,50	
5			1,25				1,00	3,25	
6			1,50				0,25	9,25	1,75
7			1,25			1,75		12,50	0,25
8			0,75	5,25	12,00		4,00	0,50	1,50
9			0,50		4,00	9,50		7,25	2,75
10							4,50	1,00	0,50
Total	87,25	0,00	6,75	6,75	32,00	14,00	10,25	54,25	10,75

Cuadro IV . Distribución del tiempo de operación del sondeo ET6 (en horas)

Nº	Descripción	Longitud(m)	Profundidad desde la Boca al Fondo(m)
47	Cabeza de Tubería	0,14	0,26
46	Manguito BT macho - BT macho	0,32	-0,06
45	Manguito Reductor New Vam/BT (*)	0,88	- 0,94
44	Tubo(N80) nº 41 (*)	13,13	- 14,07
43	Tubo de Ajuste (N80) (*)	2,98	- 17,05
42	Tubo(N80) nº 40 (*)	13,52	- 30,57
41	Tubo(N80) nº 39 (*)	13,54	- 44,11
40	Tubo(N80) nº 38 (*)	13,53	- 57,64
39	Tubo(N80) nº 37 (*)	13,48	- 71,12
38	Tubo(N80) nº 36 (*)	13,54	- 84,66
37	Tubo(N80) nº 35 (*)	13,52	- 98,18
36	Tubo(N80) nº 34 (*)	13,36	- 111,54
35	Tubo(N80) nº 33 (*)	13,53	- 125,07
34	Tubo(N80) nº 32 (*)	13,51	- 138,58
33	Tubo(N80) nº 31 (*)	13,53	- 152,11
32	Tubo(N80) nº 30 (*)	13,47	- 165,58
31	Tubo(N80) nº 29 (*)	13,52	- 179,10
30	Tubo(N80) nº 28 (*)	13,42	- 192,52
29	Tubo(N80) nº 27 (*)	13,45	- 205,97
28	Tubo(N80) nº 26 (*)	13,52	- 219,49
27	Tubo(N80) nº 25 (*)	13,22	- 232,71
26	Tubo(N80) nº 24 (*)	13,49	- 246,20
25	Tubo(N80) nº 23 (*)	13,50	- 259,70
24	Tubo(N80) nº 22 (*)	13,51	- 273,21
23	Tubo(N80) nº 21 (*)	12,46	- 285,67
22	Tubo(N80) nº 20 (*)	13,50	- 299,17
21	Tubo(N80) nº 19 (*)	13,53	- 312,70
20	Tubo(N80) nº 18 (*)	13,26	- 325,96
19	Tubo(N80) nº 17 (*)	13,22	- 339,18
18	Tubo(N80) nº 16 (*)	13,51	- 352,69
17	Tubo(N80) nº 15 (*)	13,51	- 366,20
16	Tubo(N80) nº 14 (*)	13,42	- 379,62
15	Tubo(N80) nº 13 (*)	13,48	- 393,10
14	Tubo(N80) nº 12 (*)	13,50	- 406,60
13	Tubo(N80) nº 11 (*)	13,49	- 420,09
12	Tubo(N80) nº 10 (*)	13,49	- 433,58
11	Tubo(N80) nº 9 (*)	13,45	- 447,03
10	Tubo(N80) nº 8 (*)	13,52	- 460,55
9	Tubo(N80) nº 7 (*)	13,50	- 474,05
8	Tubo(N80) nº 6 (*)	13,54	- 487,59
7	Tubo(N80) nº 5 (*)	13,34	- 500,93
6	Tubo(N80) nº 4 (*)	13,32	- 514,25
5	Tubo(N80) nº 3 (*)	13,47	- 527,72
4	Tubo Flotante	0,36	- 528,08
3	Tubo(VS22) nº 2 (*)	12,98	- 541,06
2	Tubo(VS22) nº 1 (*)	12,83	- 553,89
1	Zapata Flotante	0,40	- 554,29

**Cuadro V . Composición de la tubería de entubación 4 1/2" del pozo ET6
(Profundidad relativa al nivel del suelo)**

(*) Tubos y Manguito reductor, los no utilizados en el programa de contingencias de pozo ET4

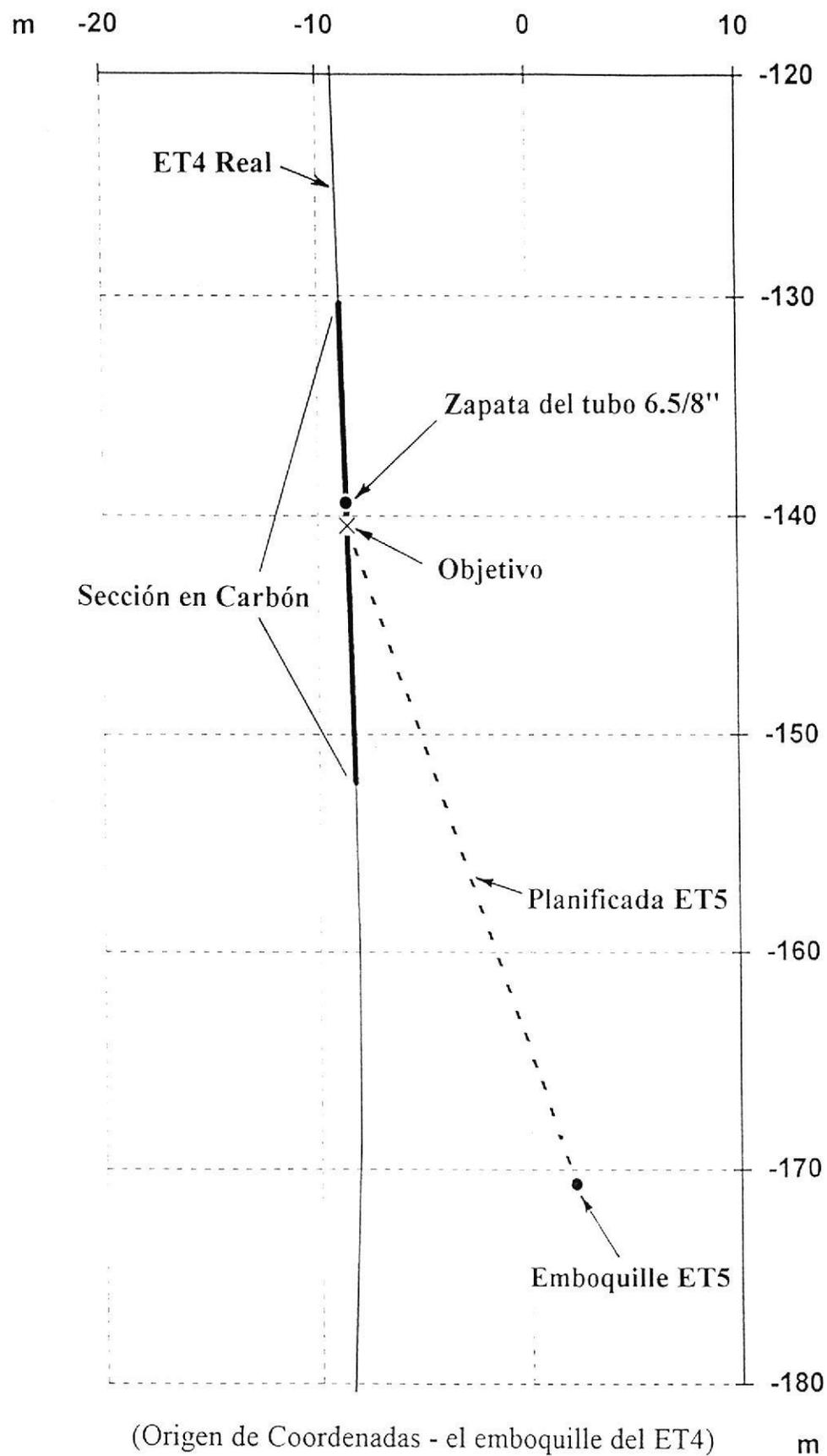


Figura 1a . Trayectoria real del ET4 y prevista del ET5
 (Proyección horizontal de la zona de la zapata 6.5/8" del pozo ET4)

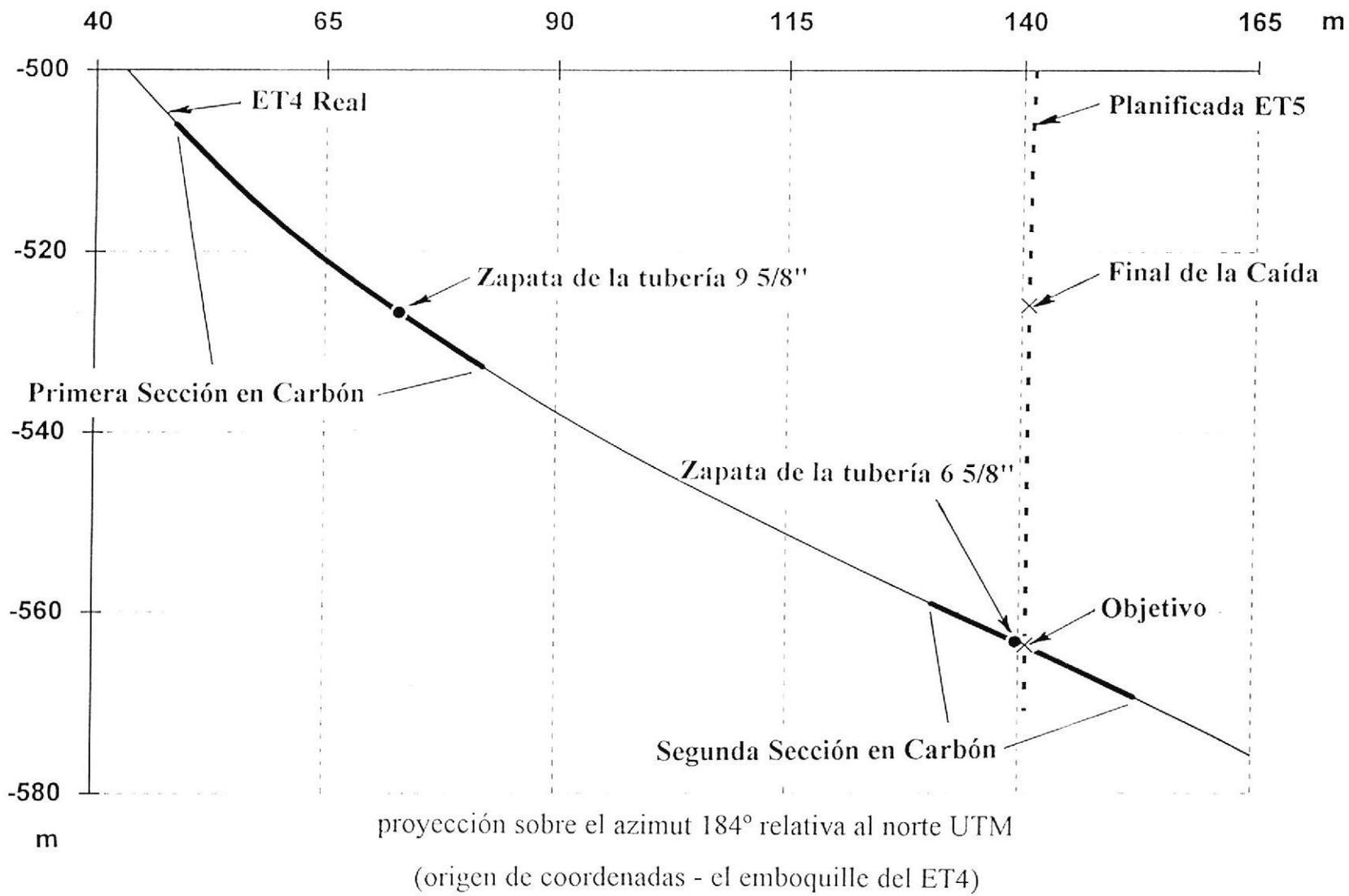


Figura 1b . Trayectoria real del ET4 y prevista del ET5
(Sección vertical en la zona del pozo ET4. Intervalo en capa)

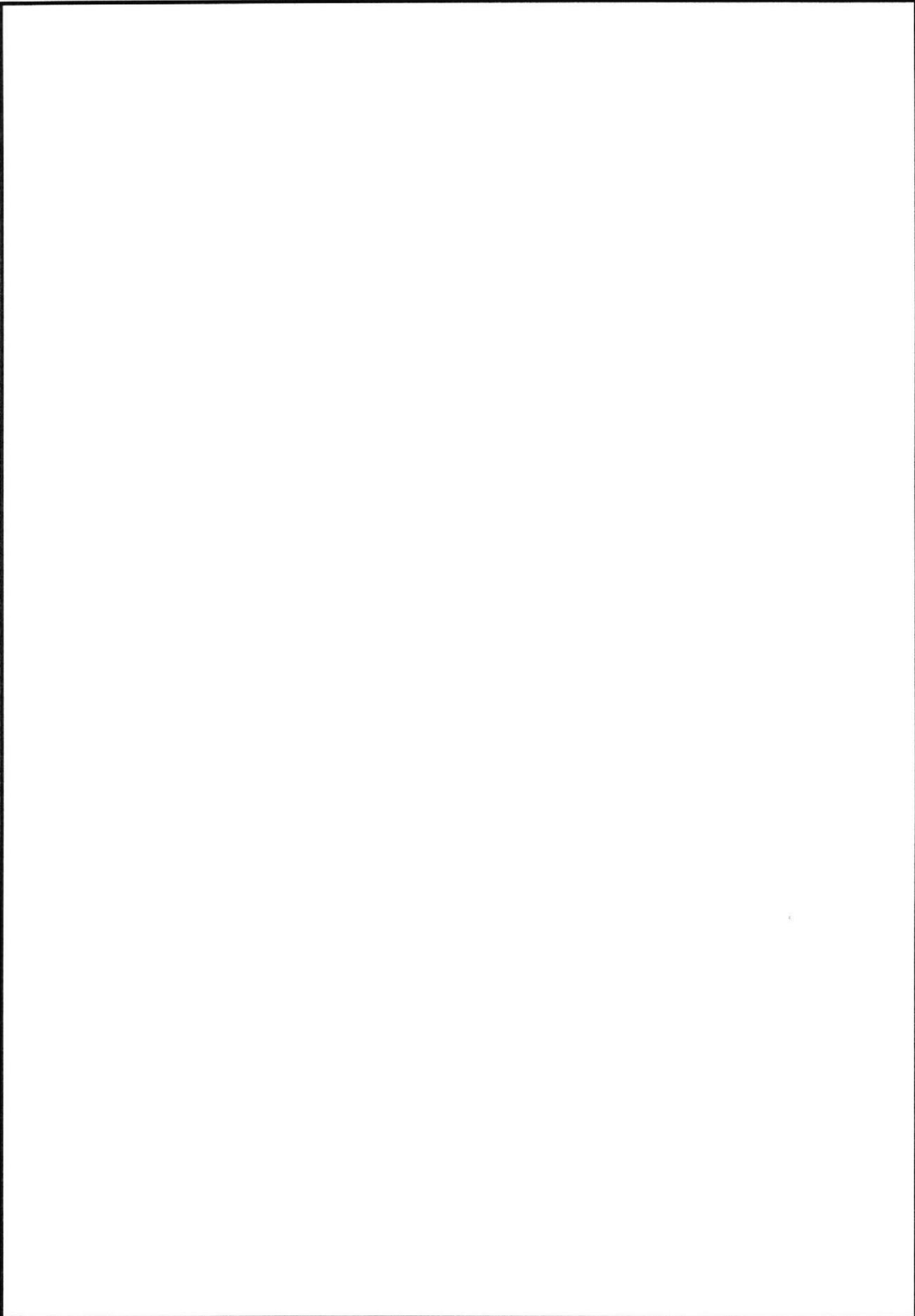
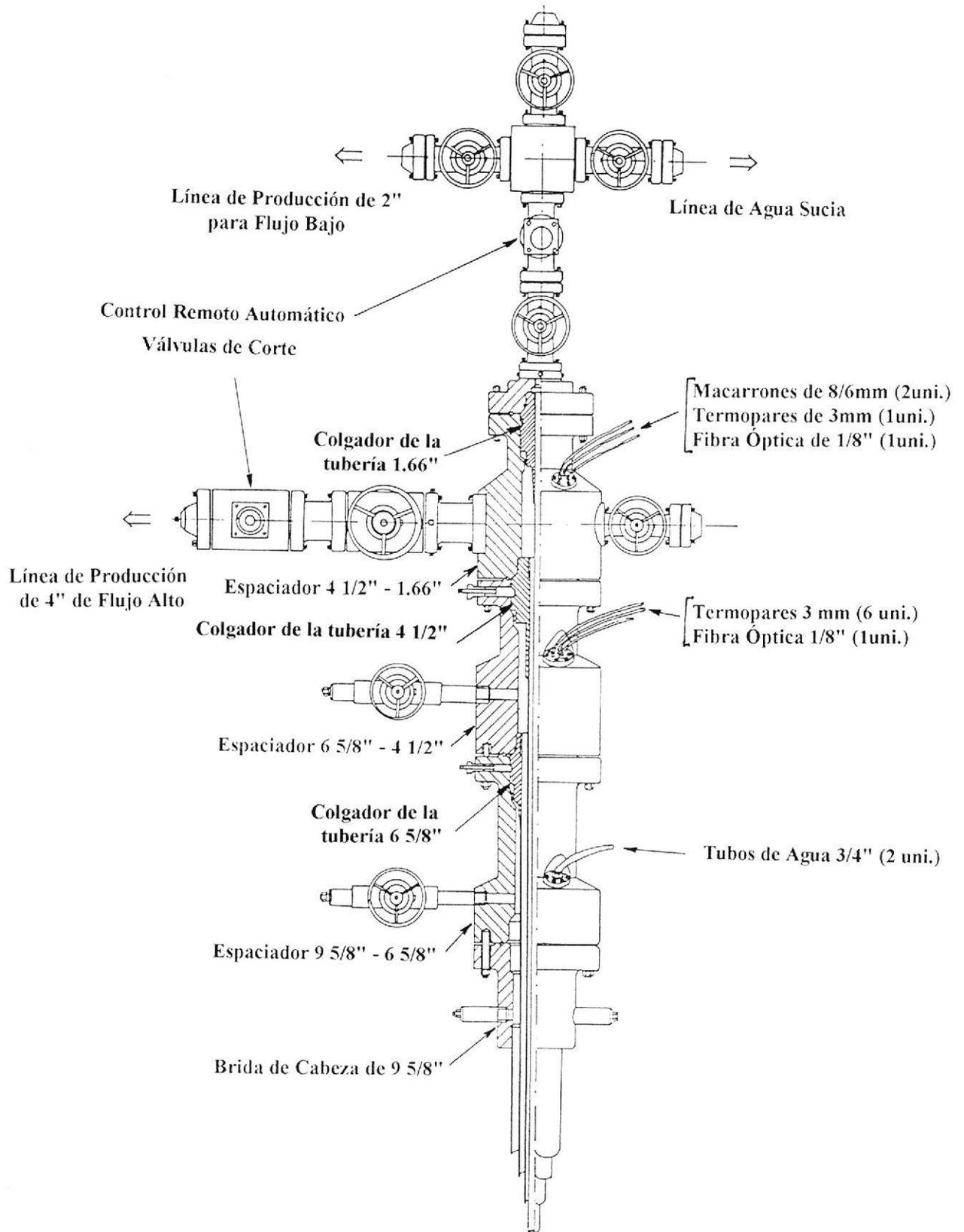


Figura 2 . Conjunto de la Cabeza de Pozo del ET5



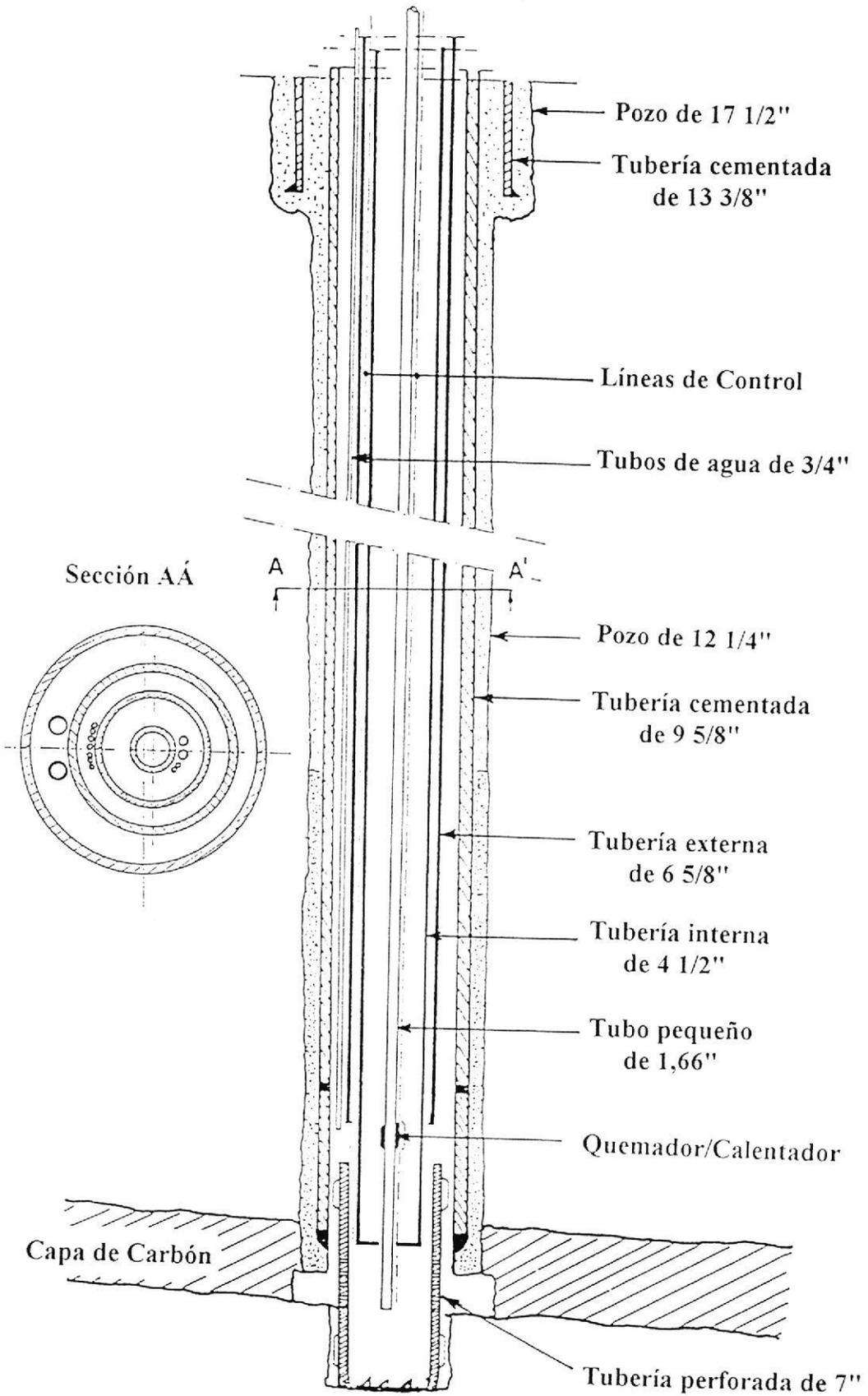
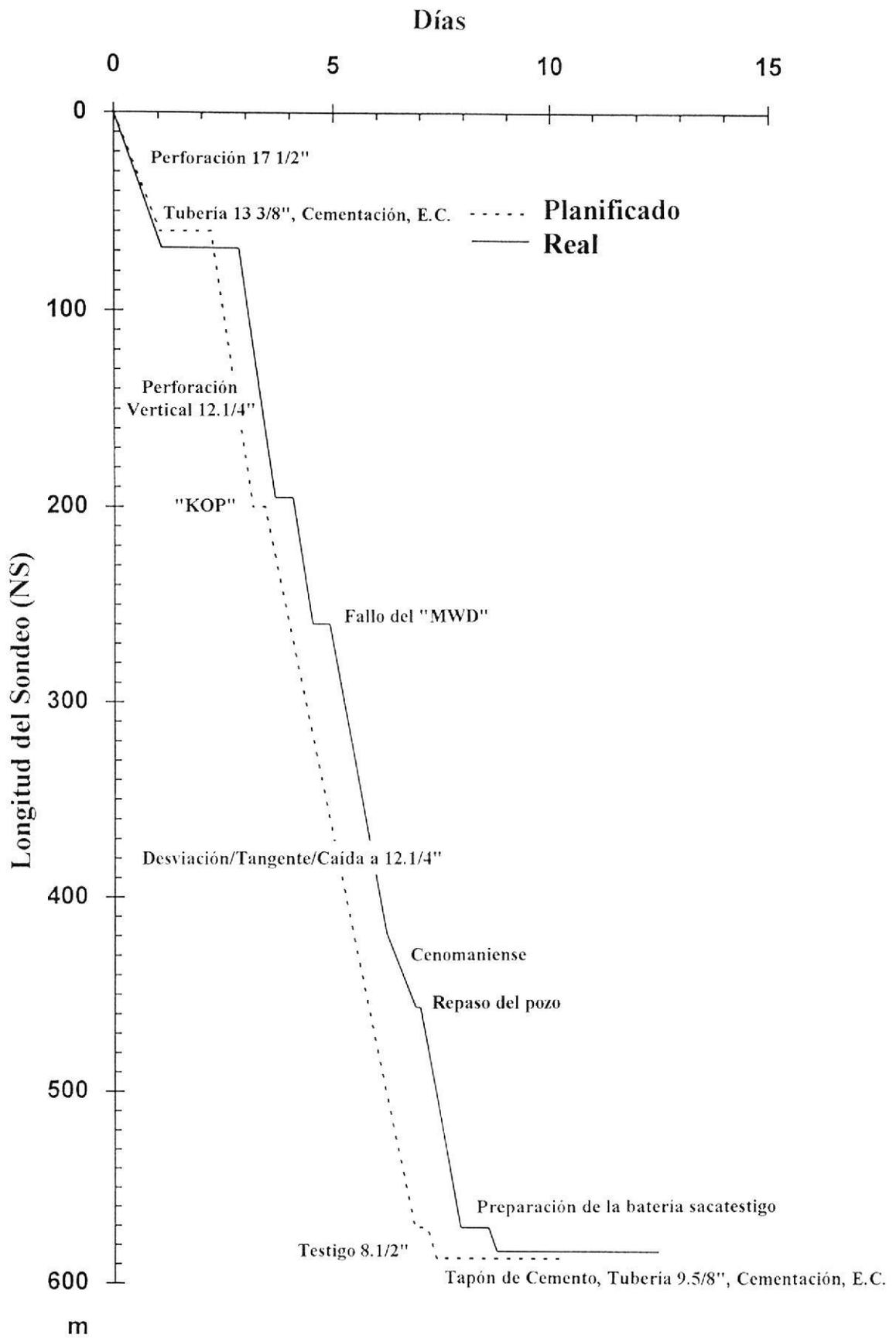


Figura 3 . Equipamiento del pozo ET5

Figura 4. Comparación de las curvas de profundidad/tiempo previstas y reales (para el sondeo ET5)



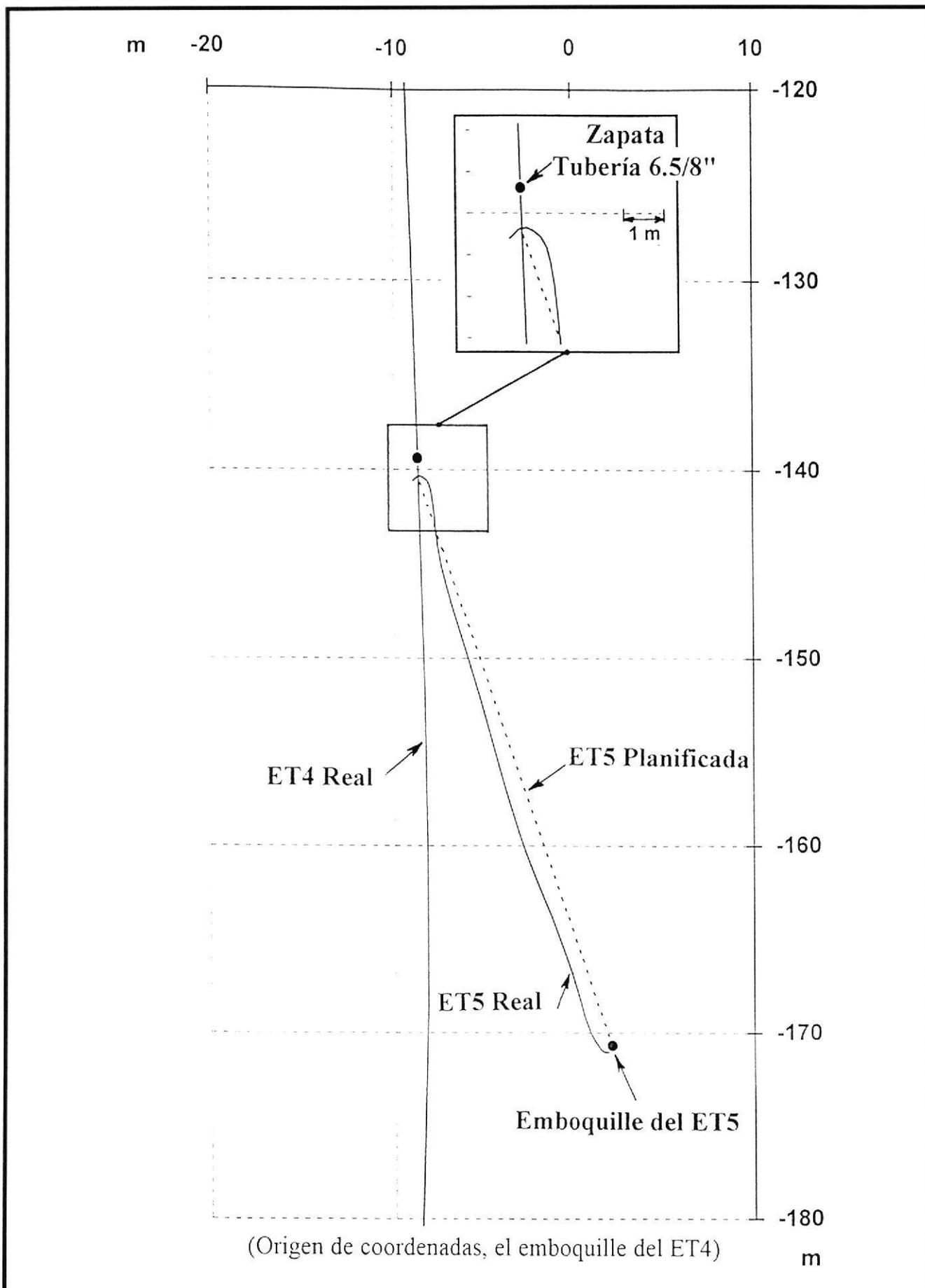


Figura 5a . Comparación entre las trayectorias previstas y reales del pozo ET5 (Proyección horizontal de la zona de la zapata 6.5/8" del pozo ET4)

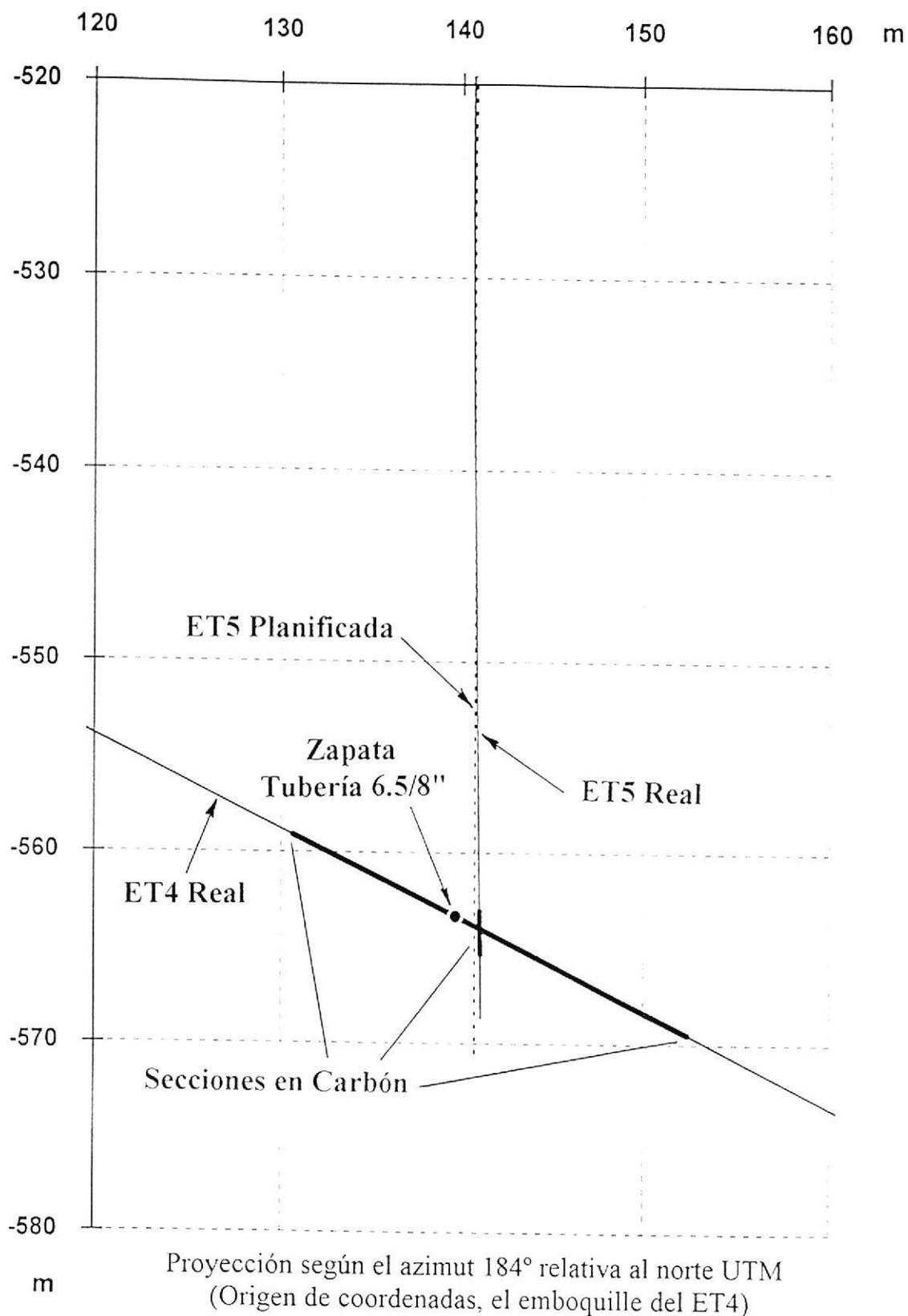


Figura 5b. Comparación entre las trayectorias previstas y reales del pozo ET5 (Sección vertical en la zona de la zapata 6.5/8" del pozo ET4)

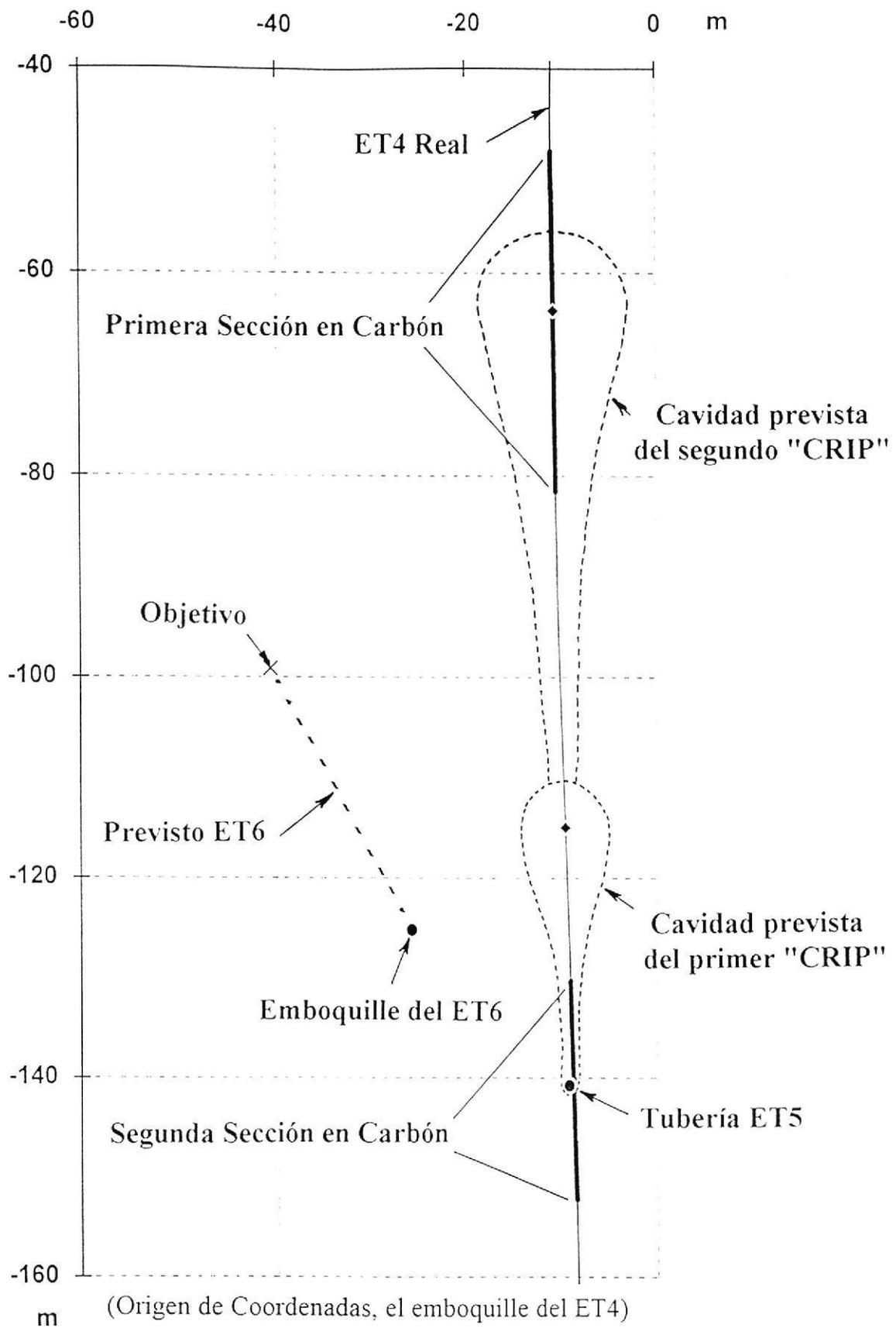


Figura 6a. Trayectoria real del ET4 y prevista del ET6
 (Proyección horizontal de la zona de la zapata 6.5/8" del pozo ET4)

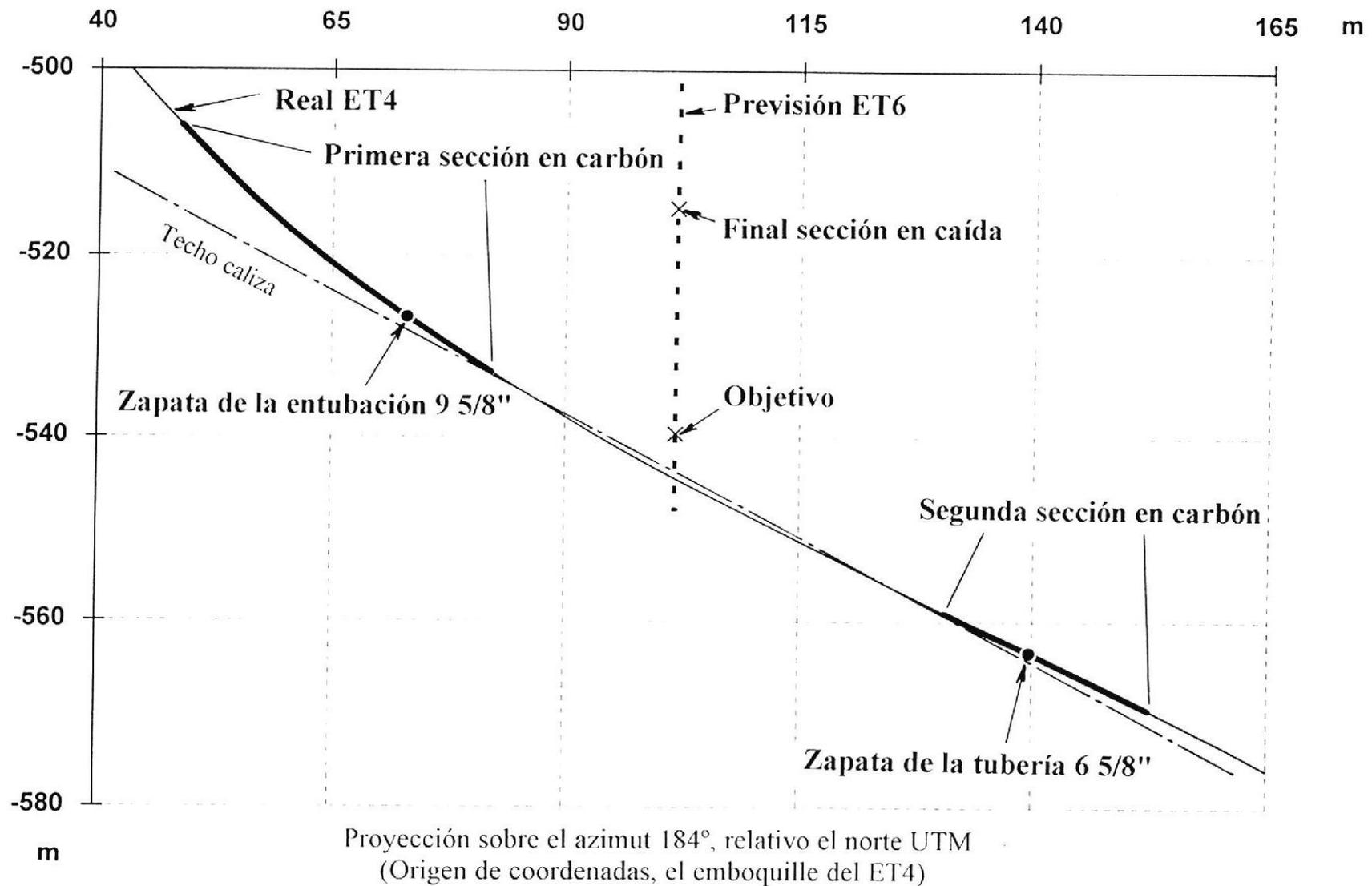


Figura 6b . Trayectoria real del ET4 y prevista del ET6
(Sección vertical en la zona del pozo ET4. Intervalo en capa)

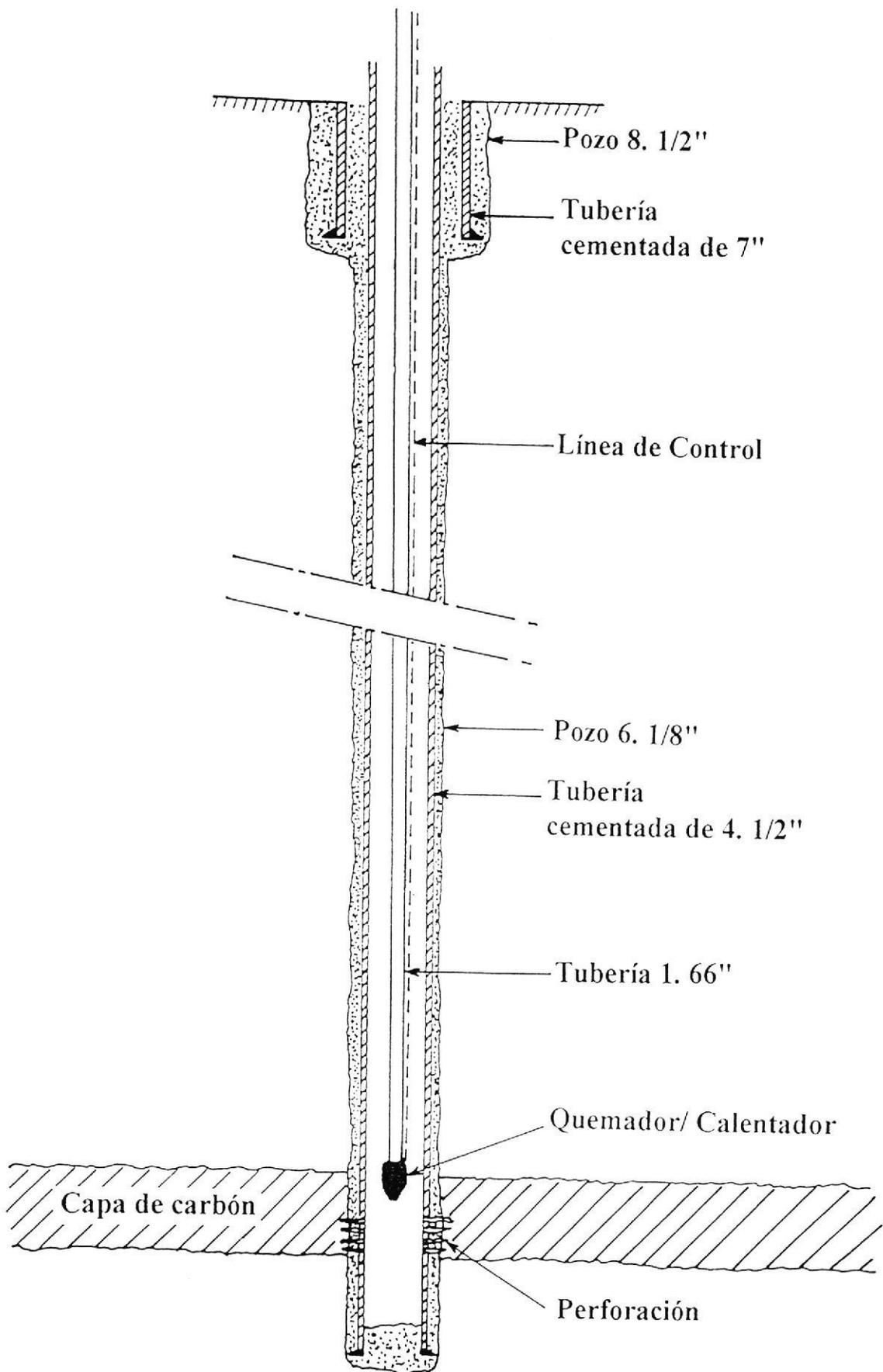


Figura 7 . Equipamiento del pozo ET6

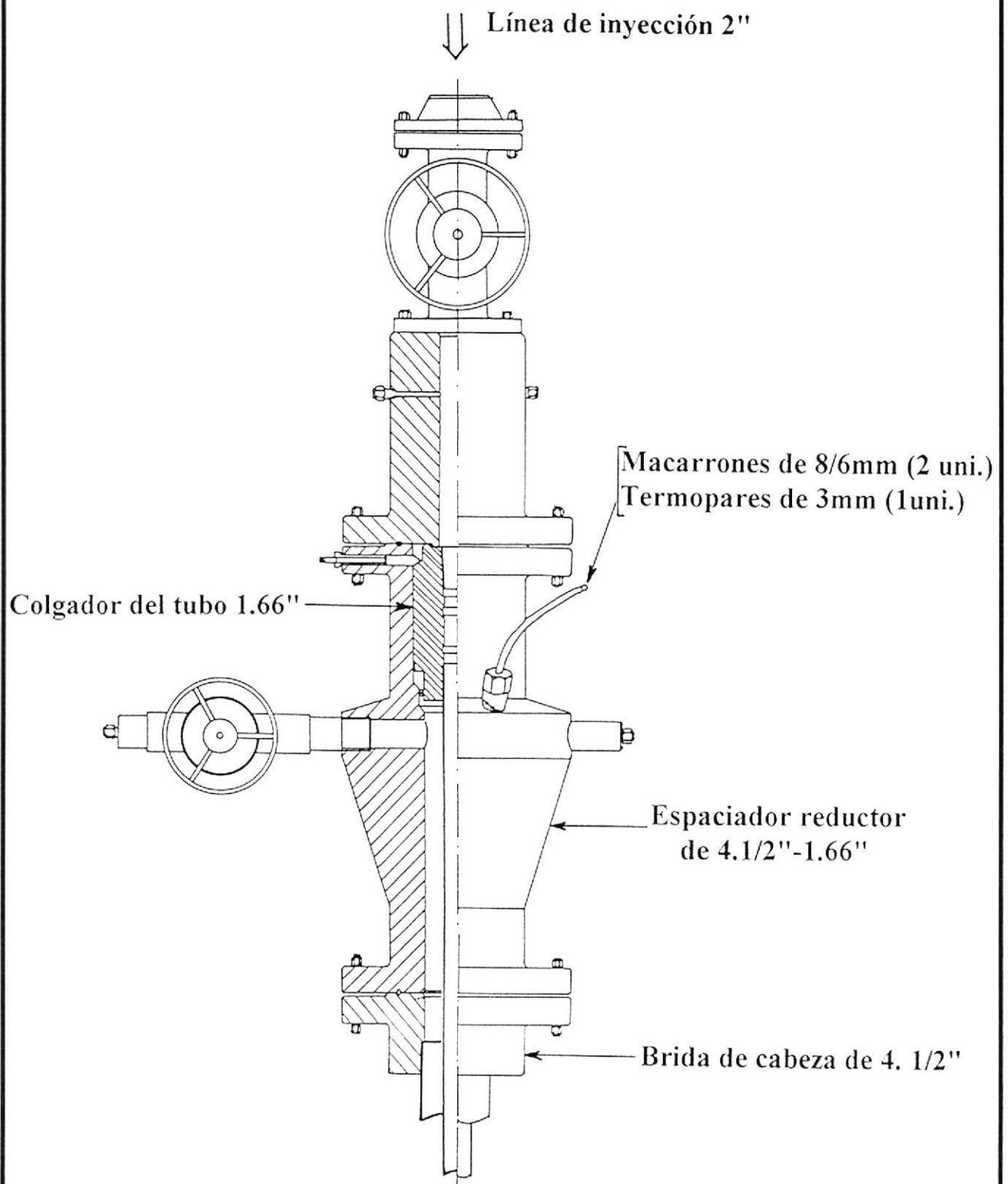


Figura 8 . Conjunto de la Cabeza de Pozo del pozo ET6.

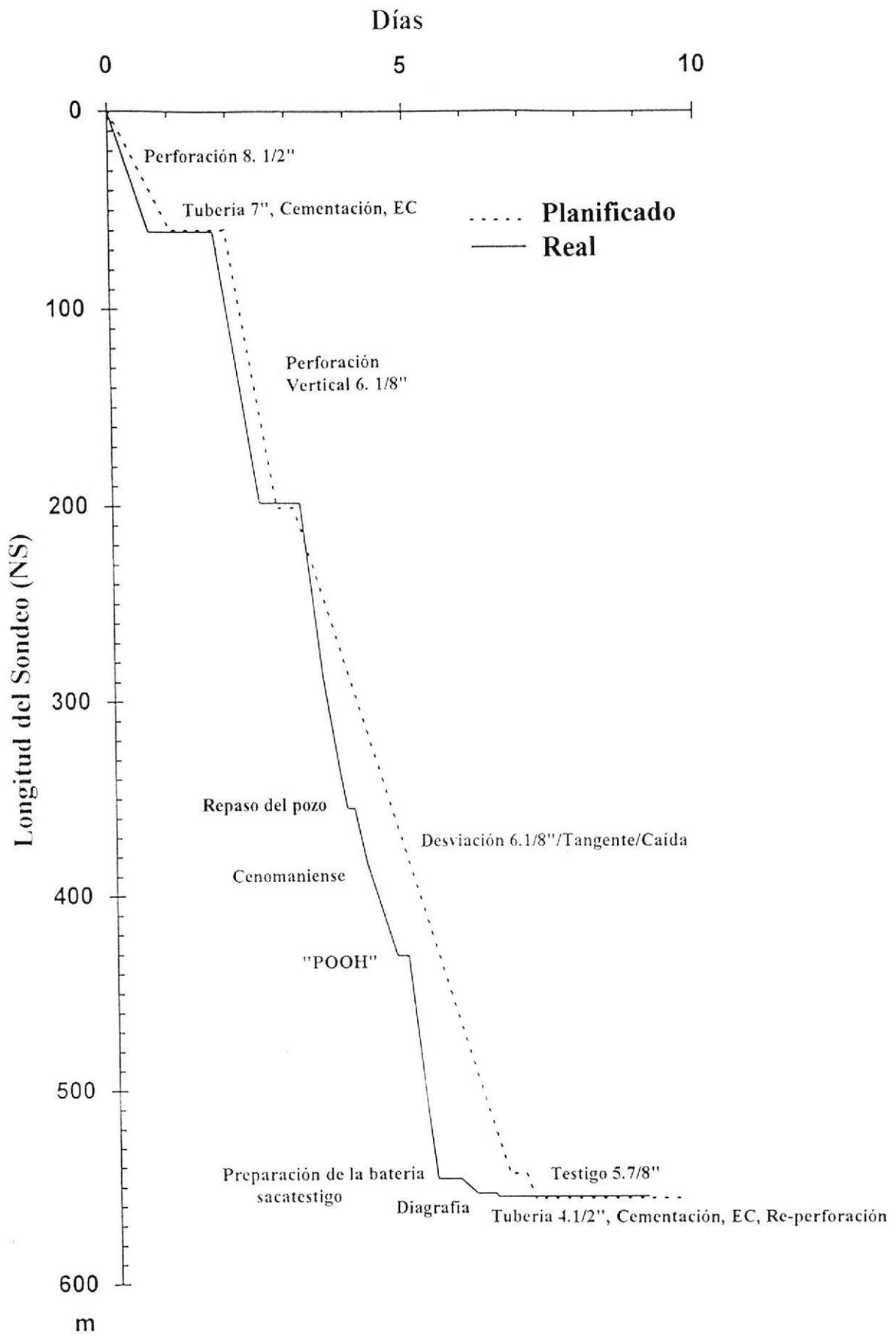


Figura 9 . Comparación de las curvas de profundidad/tiempo previstas y reales (para el sondeo ET6)

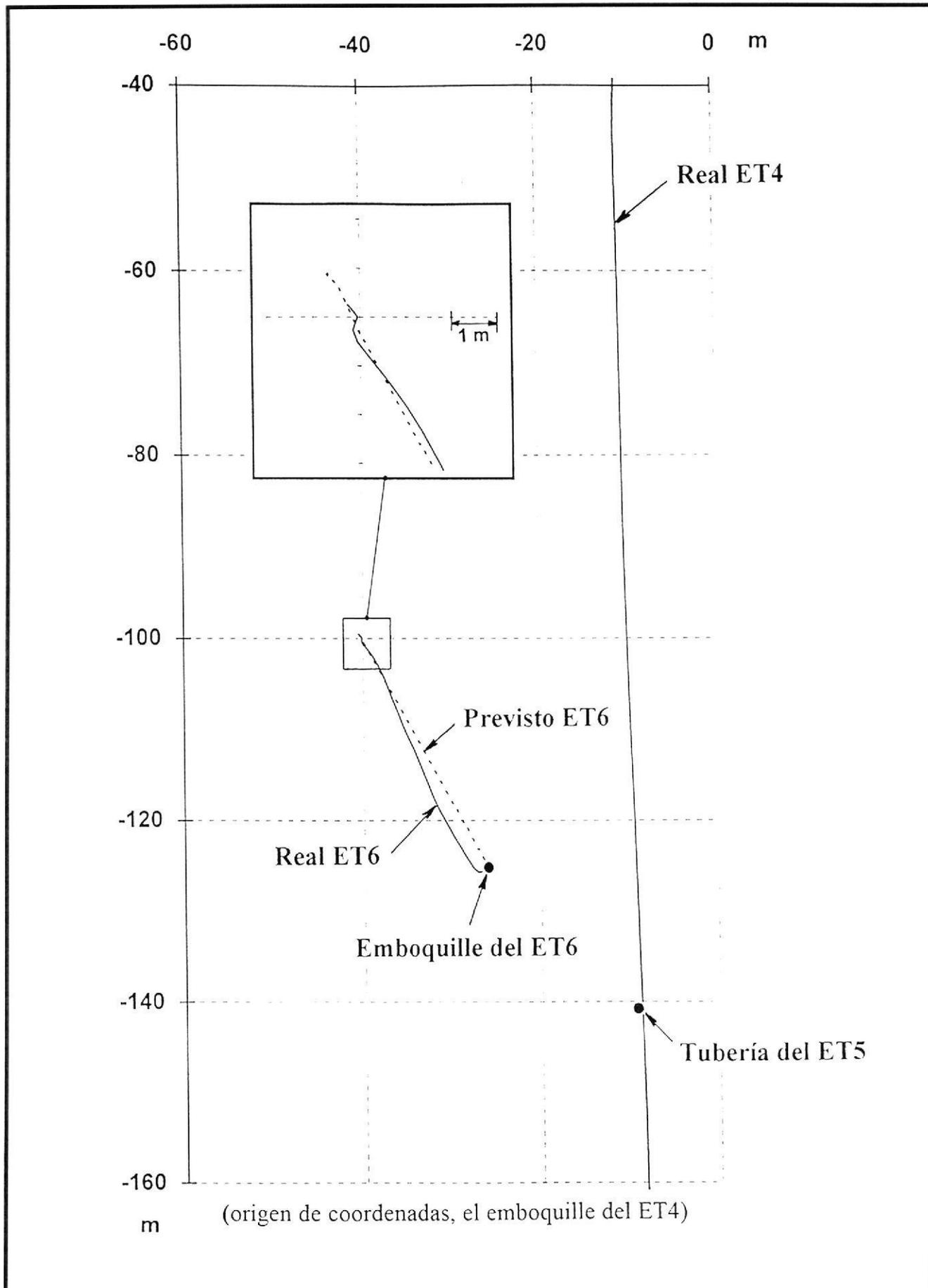


Figura10a. Comparación entre las trayectorias previstas y reales del pozo ET6 (Proyección horizontal de la sección en capa del pozo ET4)

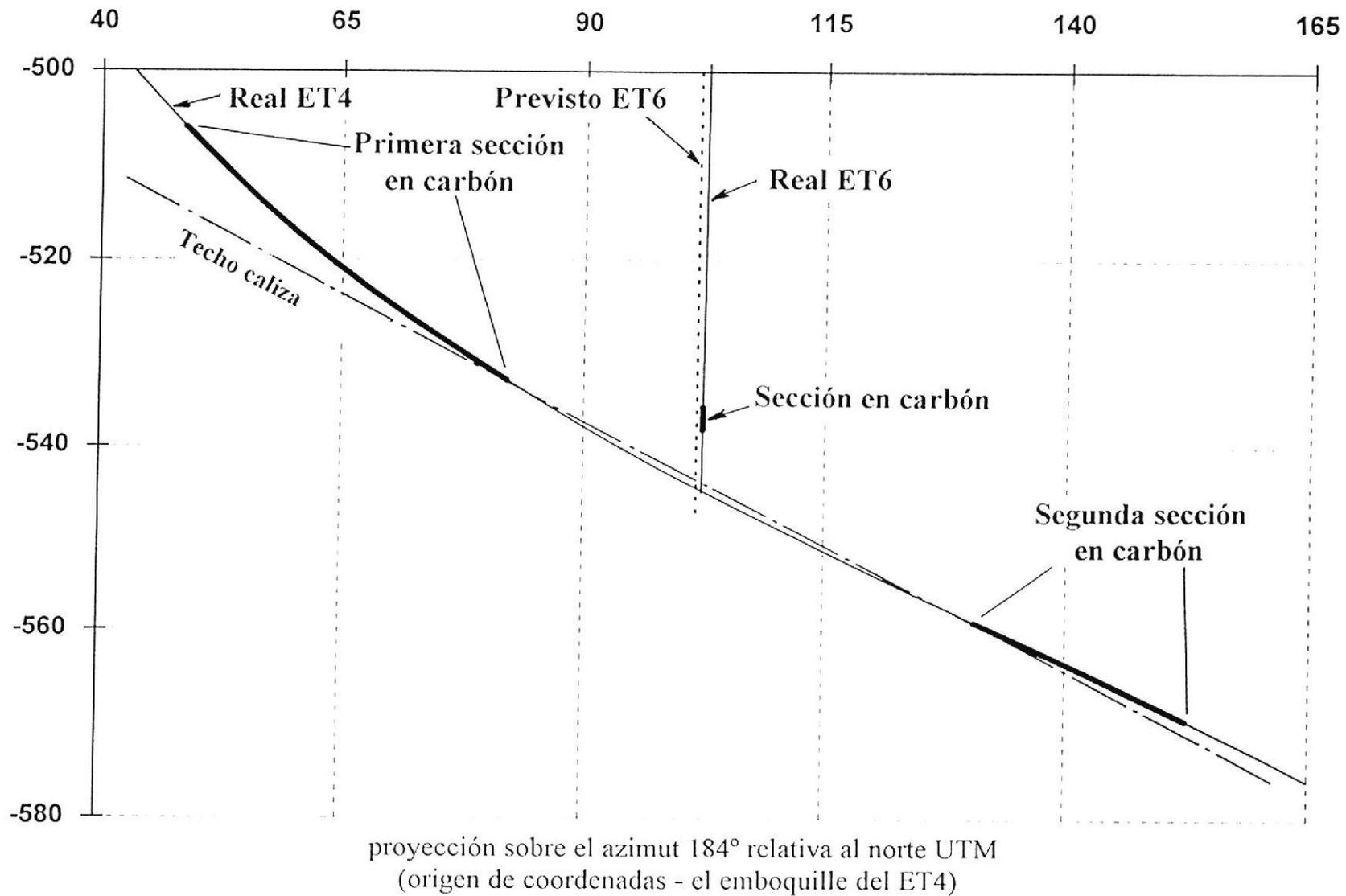


Figura 10b . Comparación entre las trayectorias previstas y reales del pozo ET6
(Sección vertical de la zona en capa del pozo ET4)

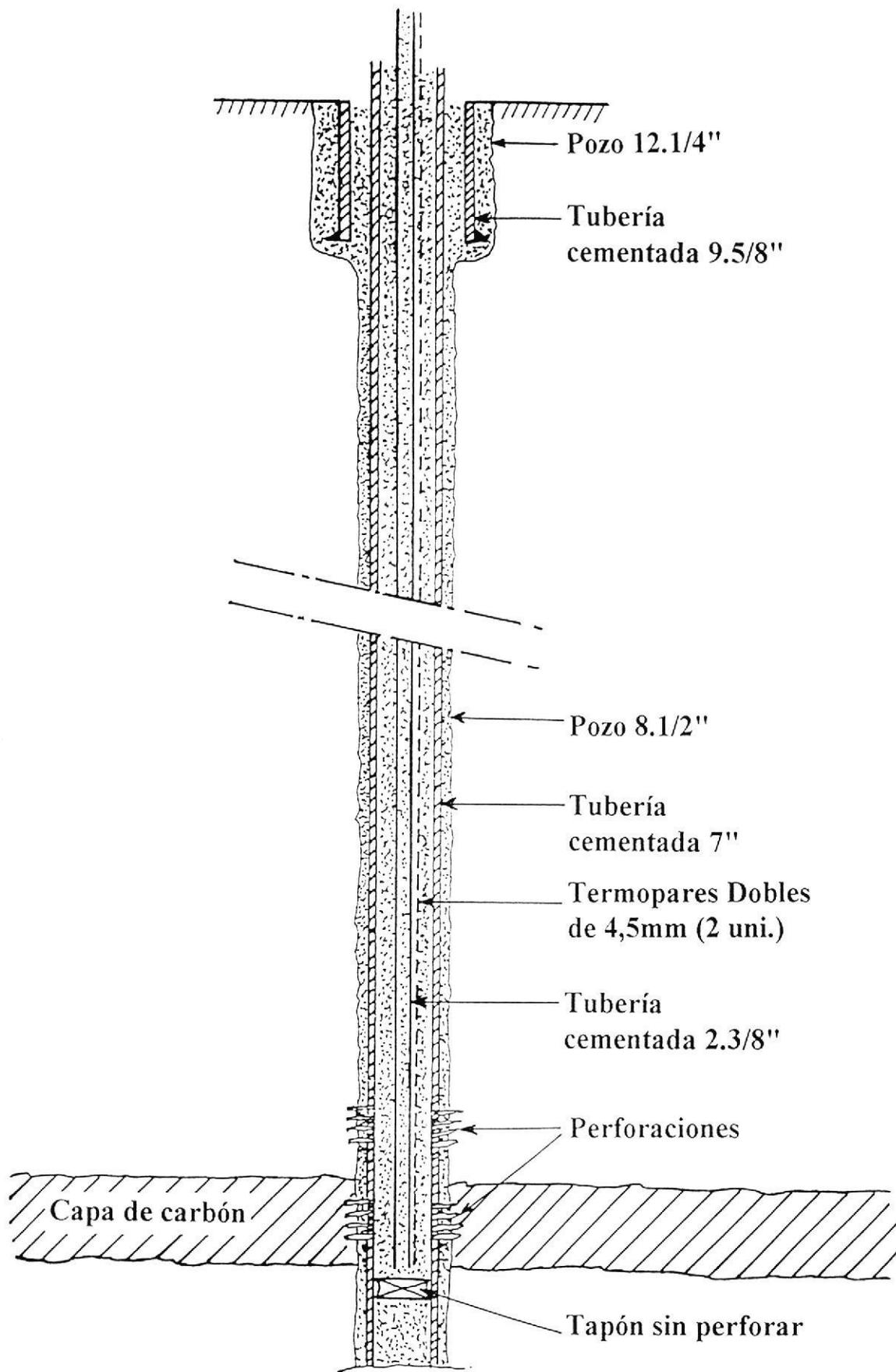


Figura 11 . Equipamiento del pozo vertical de seguimiento [W1(ET1)]

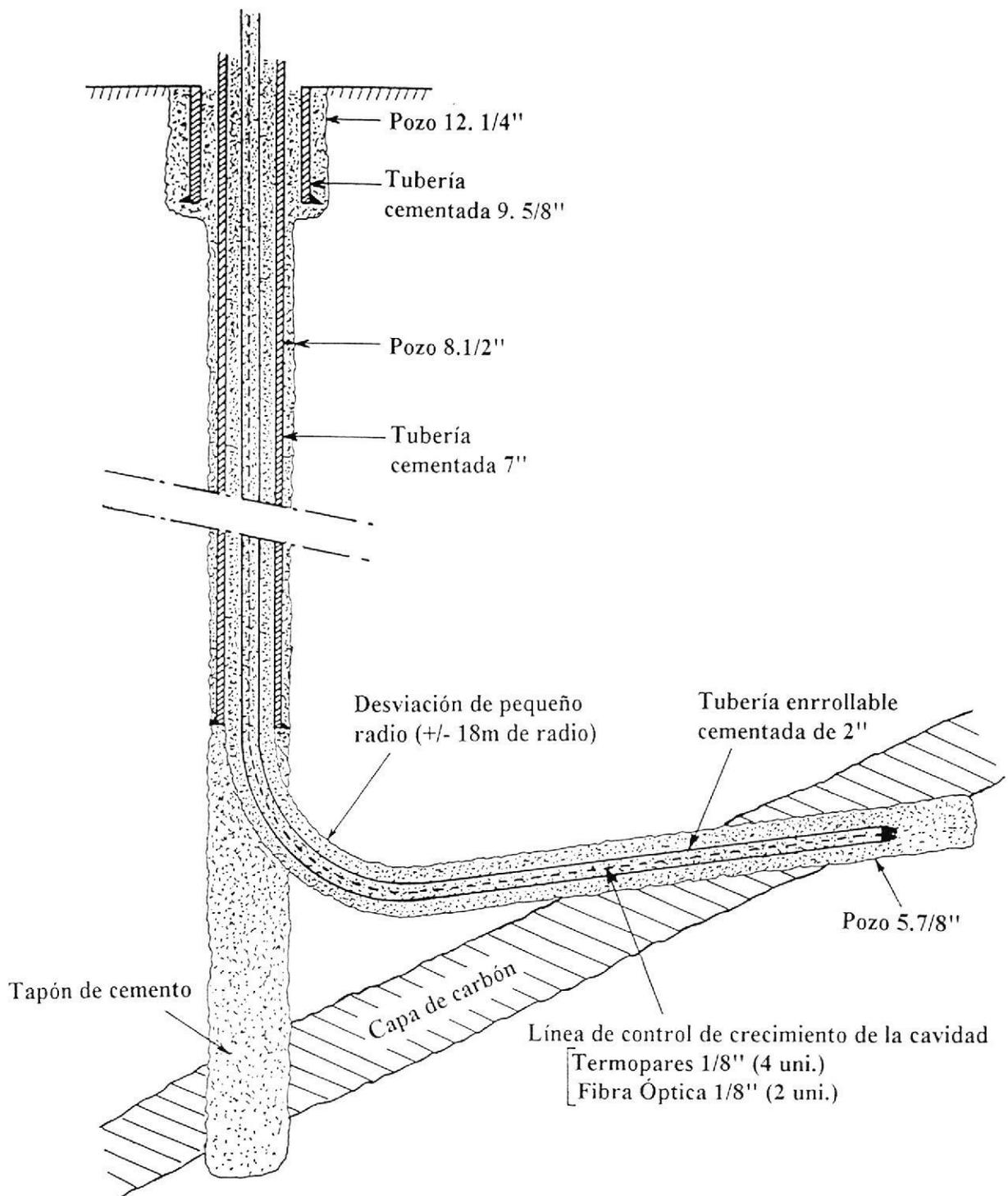


Figura 12 . Equipamiento del pozo desviado de seguimiento [MW2(ET2)]

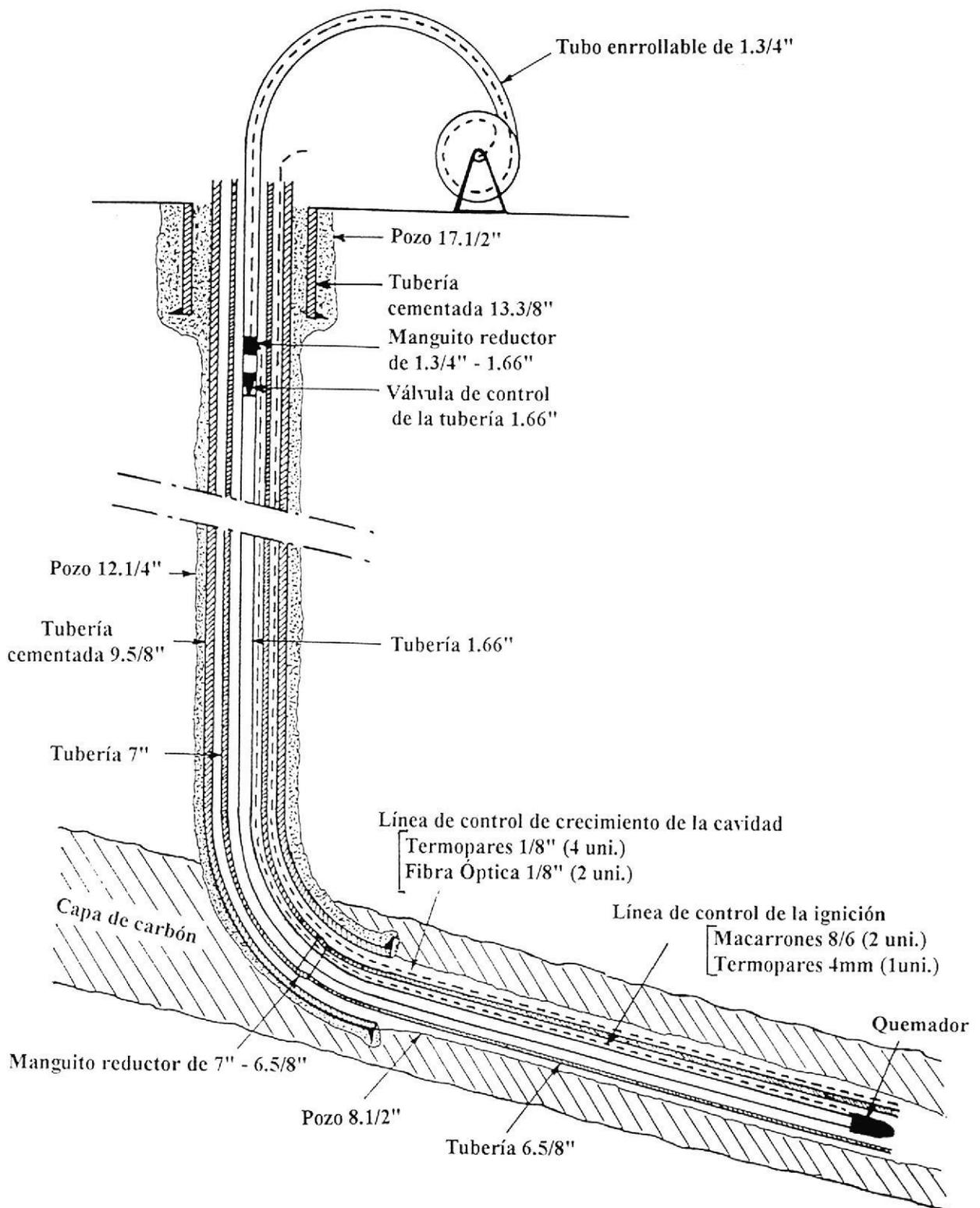


Figura 13 . Equipamiento del pozo desviado de inyección [IW1(ET4)]

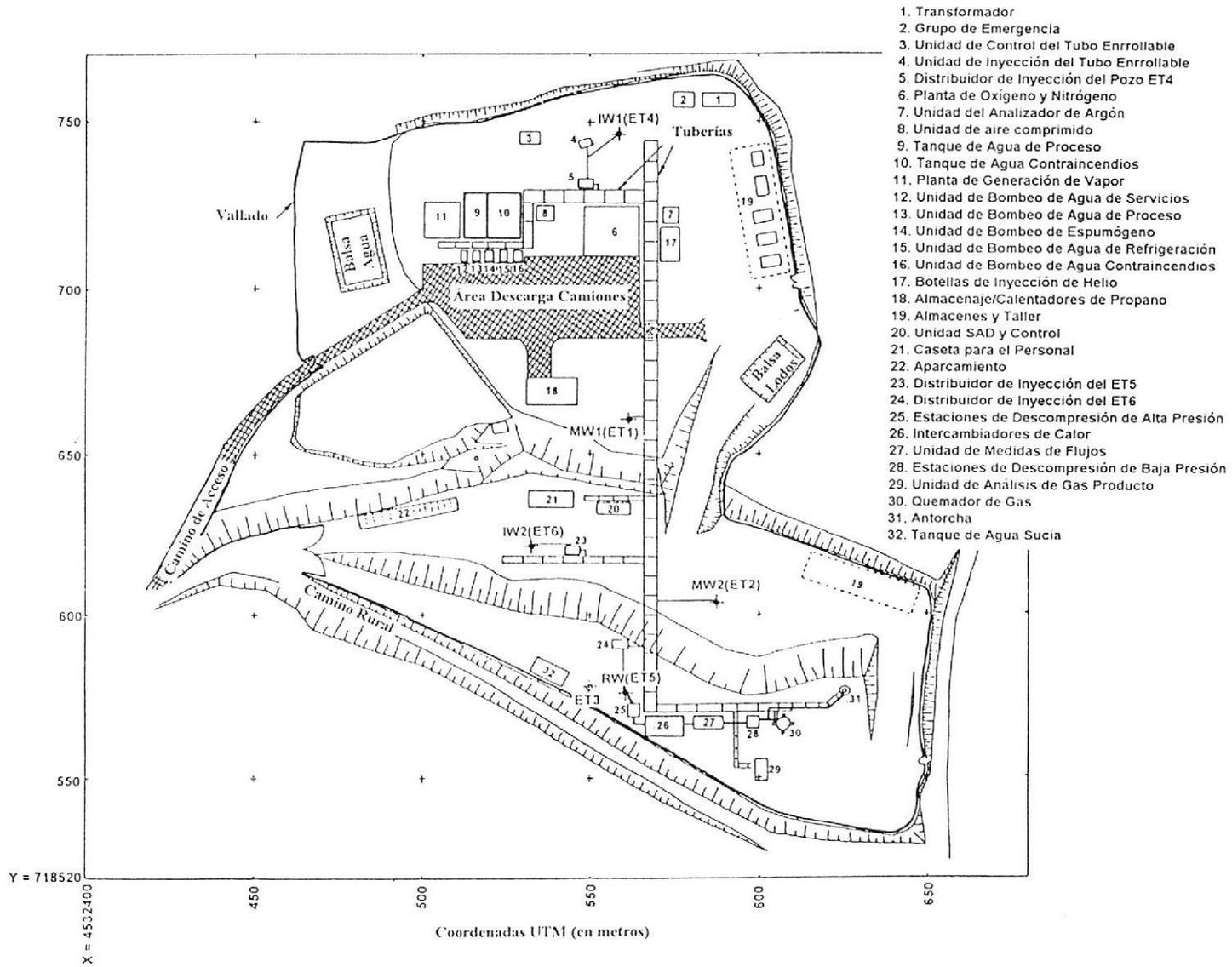


Figura 14 . Distribución en planta de "El Tremedal"

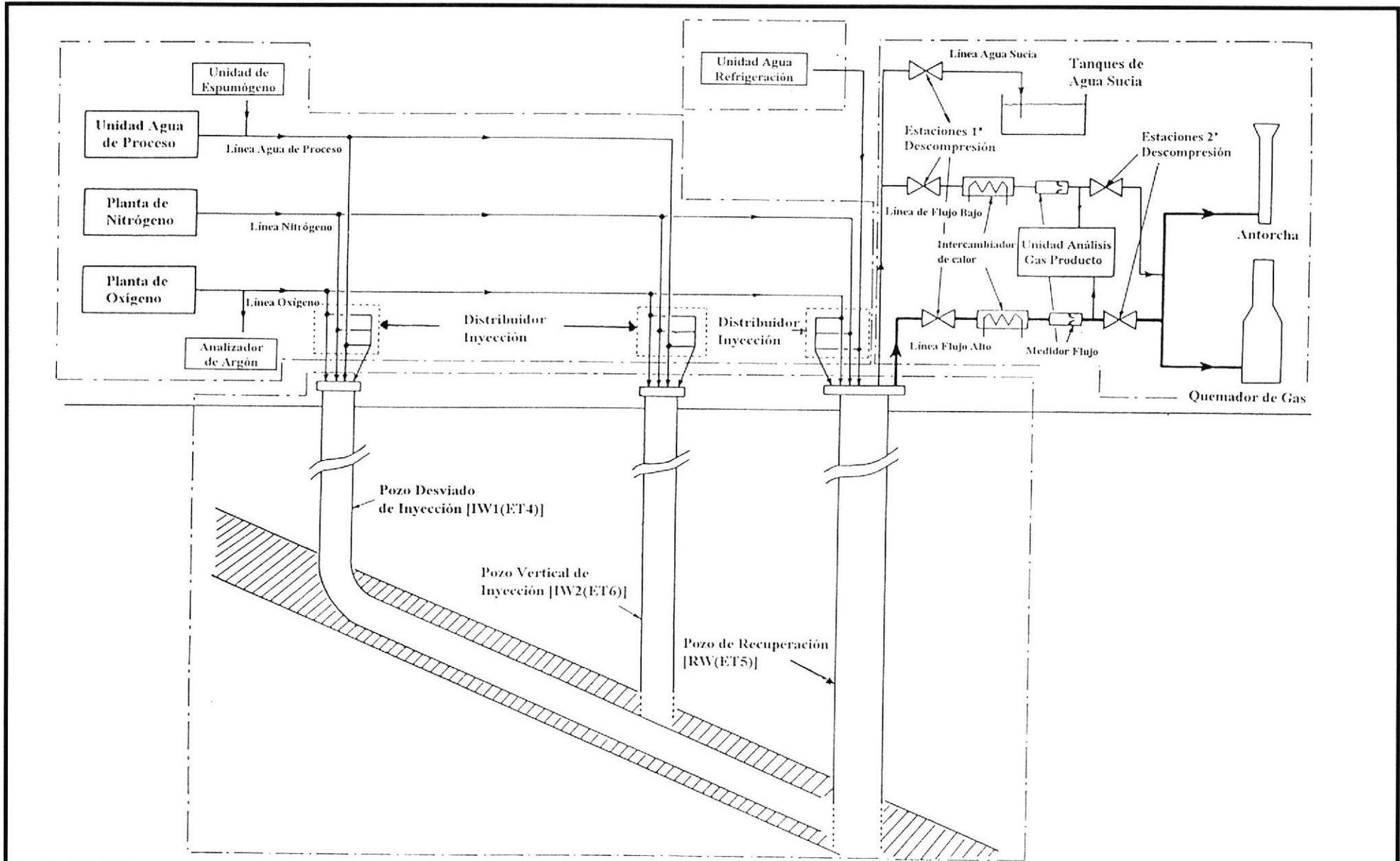


Figura 15 . Diagrama de Flujo del ensayo de GSC en "El Tremedal"

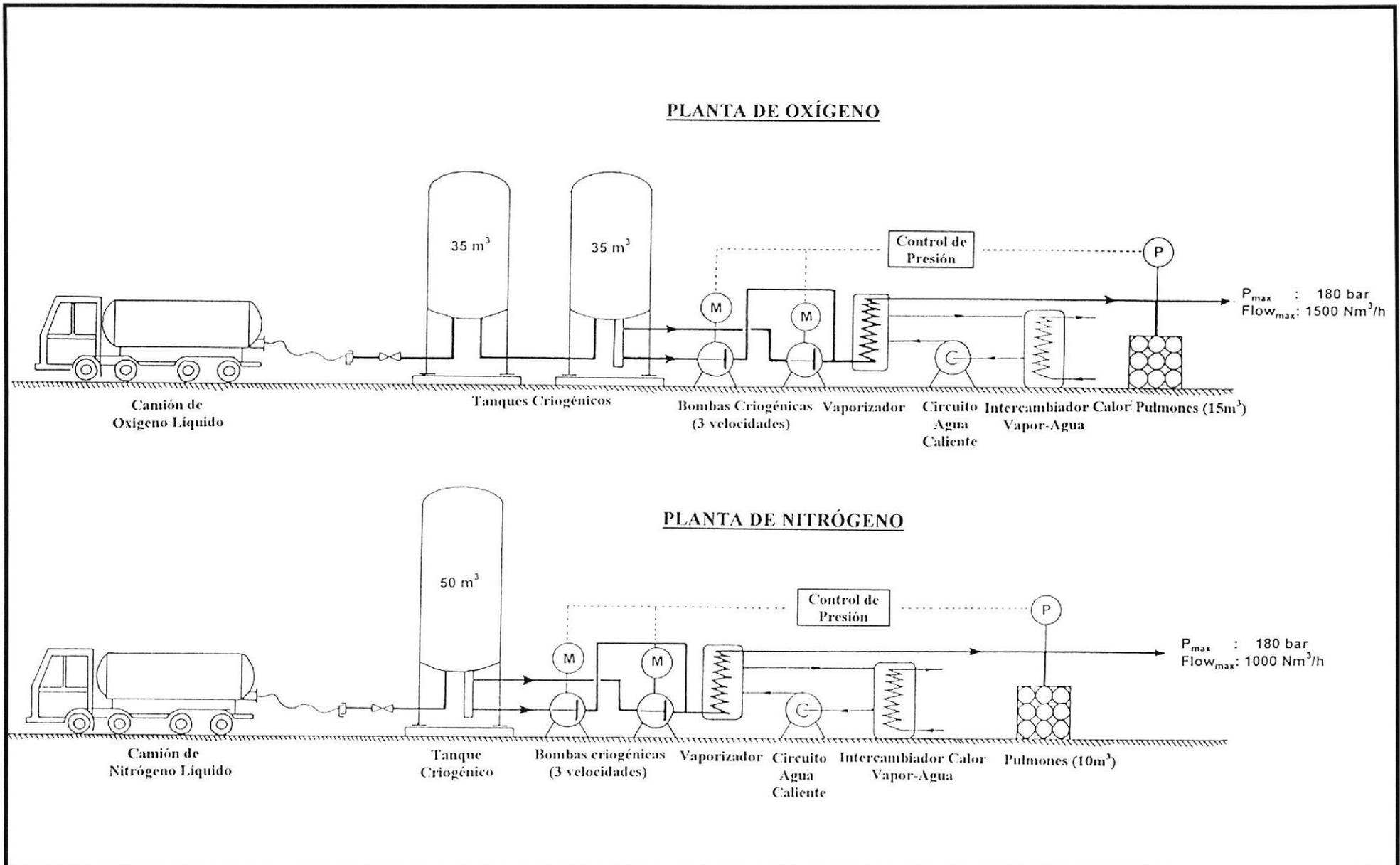


Figura 16 . Planta de oxígeno y nitrógeno del ensayo de GSC en "El Tremedal"

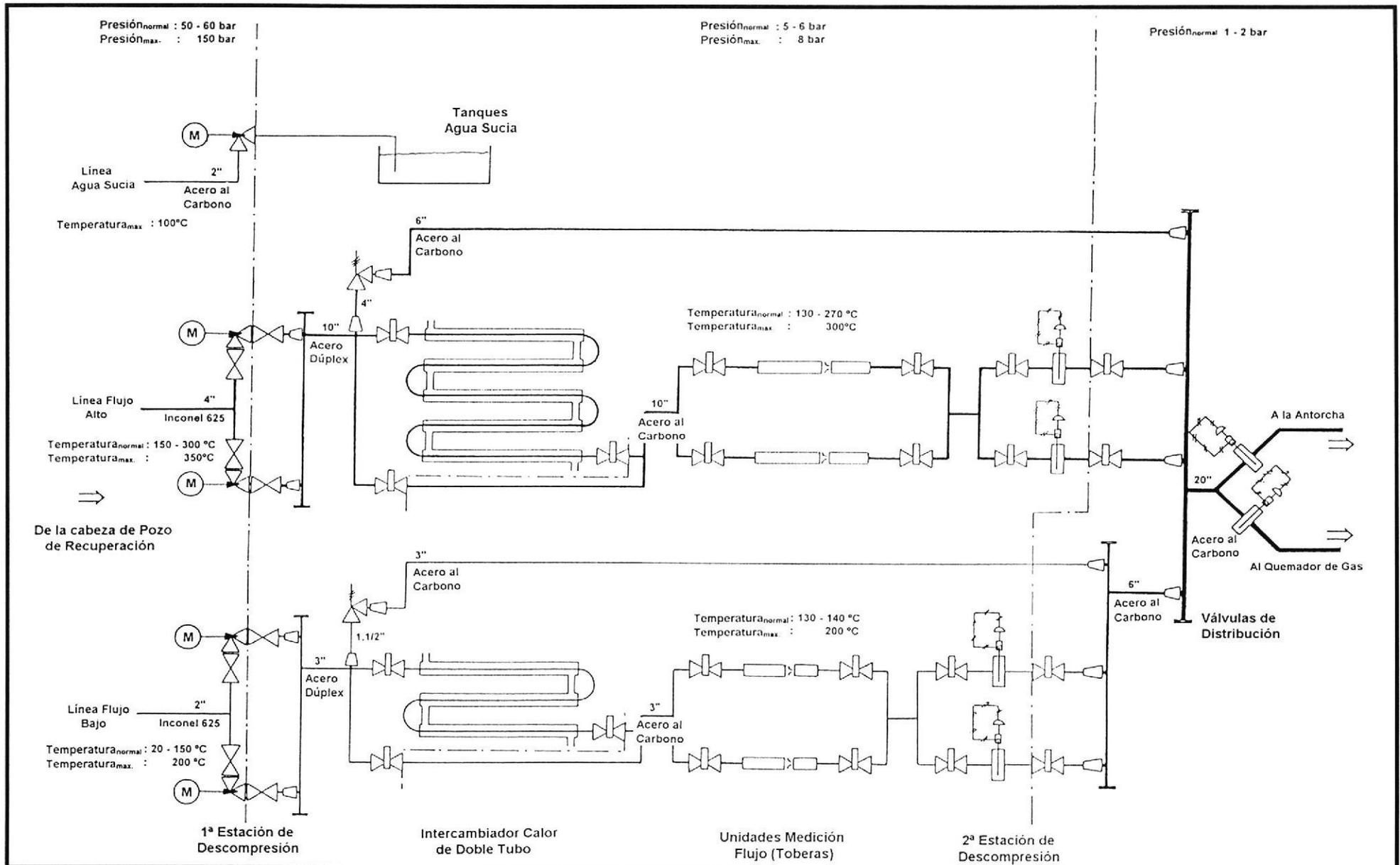


Figura 17 . Ensayo de GSC en "El Tremedal". Diagrama de Flujo de la Línea de Producción

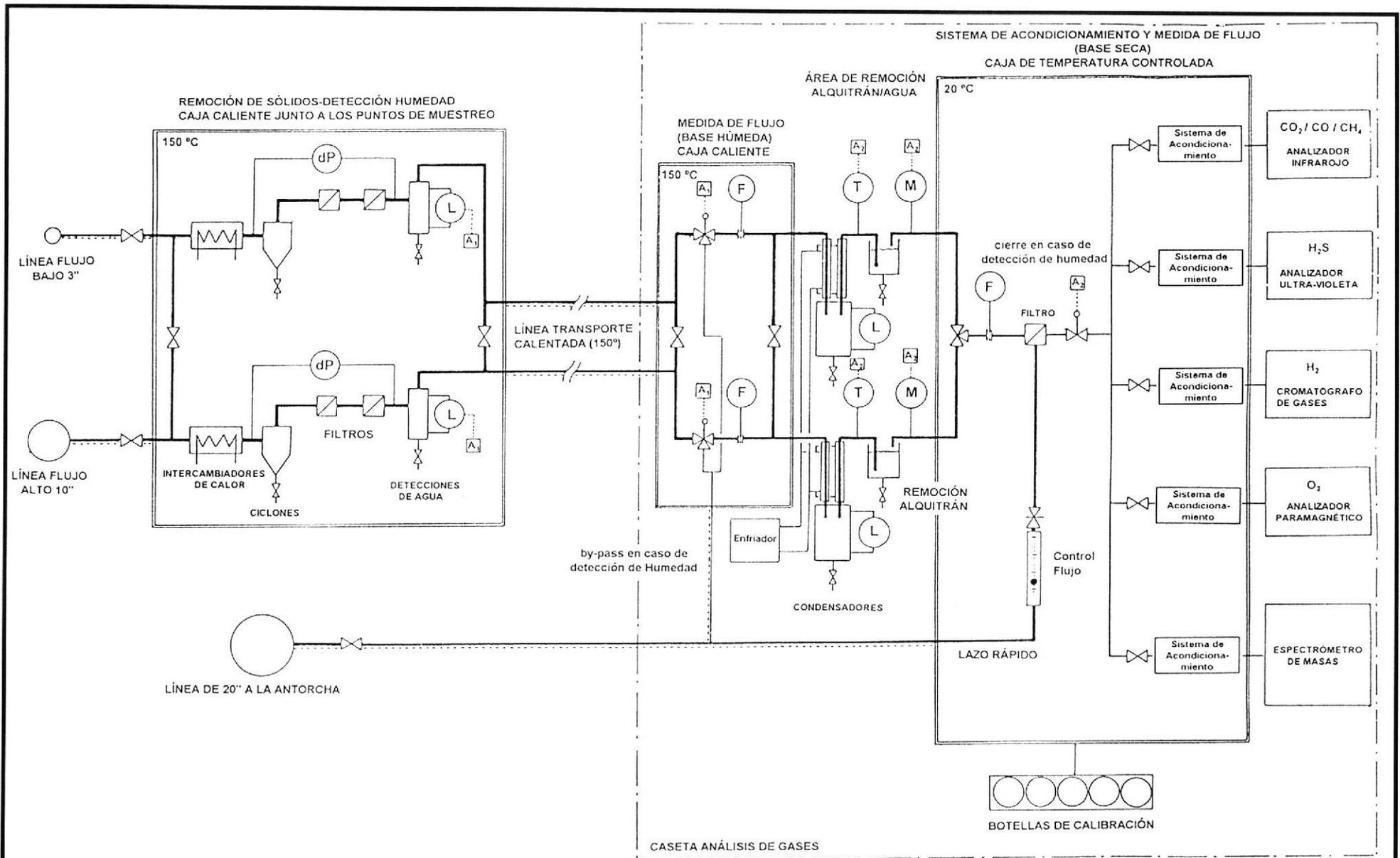


Figura 18 . Ensayo de GSC en "El Tremedal". Diagrama de Flujo del Sistema de Análisis de Gases

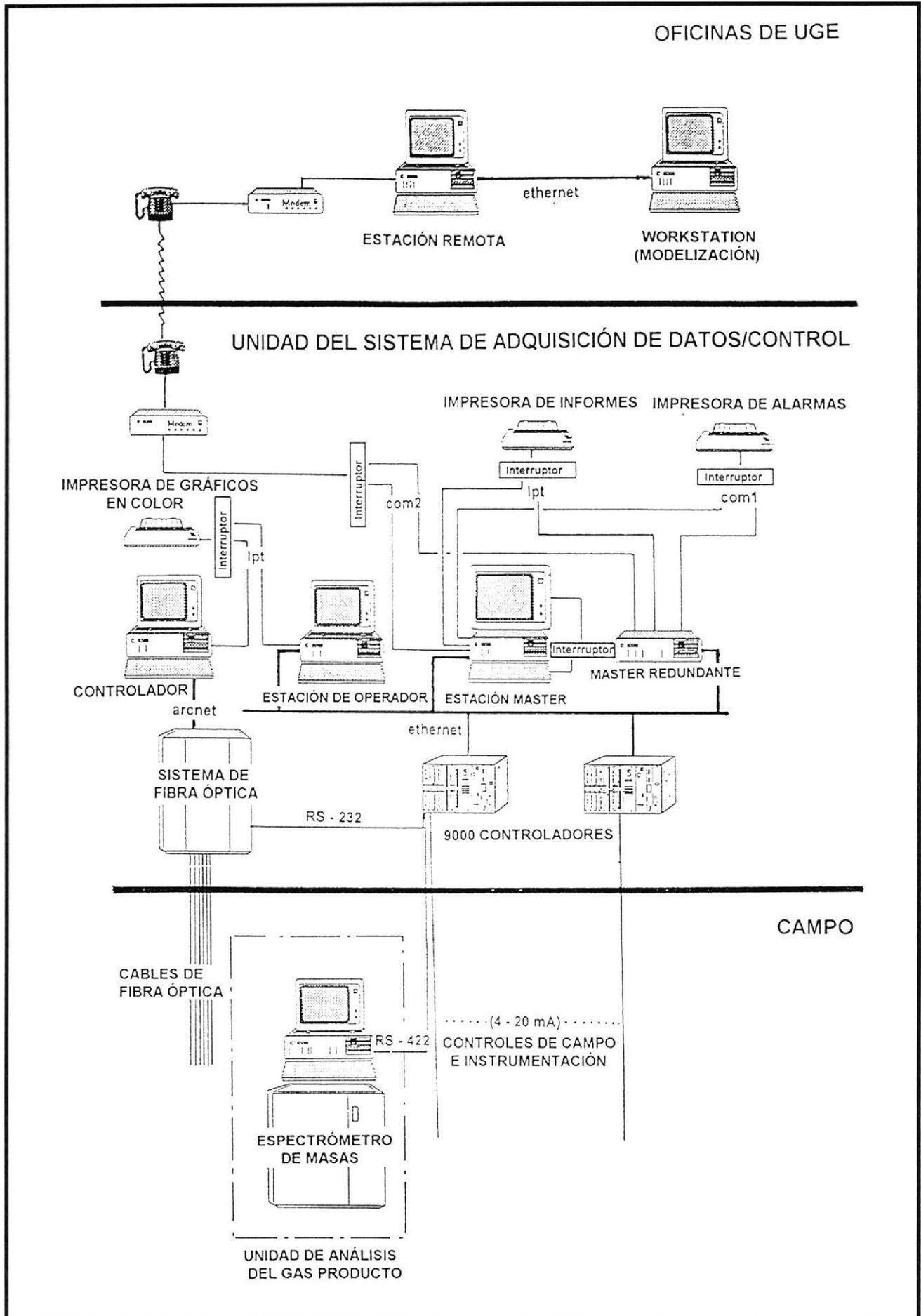


Figura 19 . Arquitectura del Sistema de Adquisición de Datos y Control