



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**INFORME ANUAL SOBRE LA EVOLUCIÓN DE
HUNDIMIENTOS Y DEFORMACIONES HORIZONTALES
DEL TERRENO EN LA ZONA DE BOO, EN RELACIÓN
CON LAS EXPLOTACIONES DE HUNOSA, A JULIO DE
1996**



Secretaría de Estado de Aguas y Costas
Ministerio de Medio Ambiente

01319



ÍNDICE

Pág

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- OBJETIVO	1
3.- DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE Y SU ANÁLISIS	2
4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	3
4.1. Hundimientos y su evolución	3
4.2. Estudio comparativo de las cubetas real y teórica	4
4.3. Determinación de desplazamientos y deformaciones horizontales	7
4.4. Estudio de los desplazamientos horizontales	7
4.5. Estudio de las deformaciones horizontales	9
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	11

ANEJOS

A.- GRÁFICOS

B.- CUADROS

C.- CALCULO POR ORDENADOR DE DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES
HORIZONTALES Y HUNDIMIENTOS



INFORME ANUAL SOBRE LA EVOLUCIÓN DE HUNDIMIENTO Y DEFORMACIONES HORIZONTALES DEL TERRENO EN LA ZONA DE BOO. EN RELACIÓN CON LAS EXPLOTACIONES DE HUNOSA. A JULIO DE 1996

1.-INTRODUCCIÓN

Los antecedentes de este trabajo pueden examinarse en el "Informe sobre los hundimientos del terreno en la zona de Boo, en relación con las explotaciones de HUNOSA, a Mayo de 1994", realizado por el Área de Infraestructura del Espacio Subterráneo del ITGE y fechado el 17.08.94, constituyendo el presente documento una continuación del mismo, que se viene actualizando con periodicidad aproximadamente anual.

2.-OBJETIVO

El presente informe tiene por finalidad el análisis de las medidas topográficas de control realizadas en 57 hitos instalados en la zona de Boo y su entorno (nº 101 a 150, 10, 21, 75, 76, 78 y 79), cubriendo un período de tiempo comprendido entre el mes de Enero de 1994 y el mes de Julio de 1996.

Las explotaciones en marcha a las que se refiere el análisis que aquí se recoge corresponden a las capas Molino (3ª a 5ª) y Marlana (3ª a 4ª), a las cuales se ha añadido la explotación de la capa "7ª Molino Oeste Atrás", de cuyos efectos teóricos en superficie se emitió un informe el 12.02.96 titulado "Estudio de la subsidencia minera relacionada con la explotación del taller "7ª Molino Oeste Atrás de HUNOSA, en la zona de Boo (Asturias)",



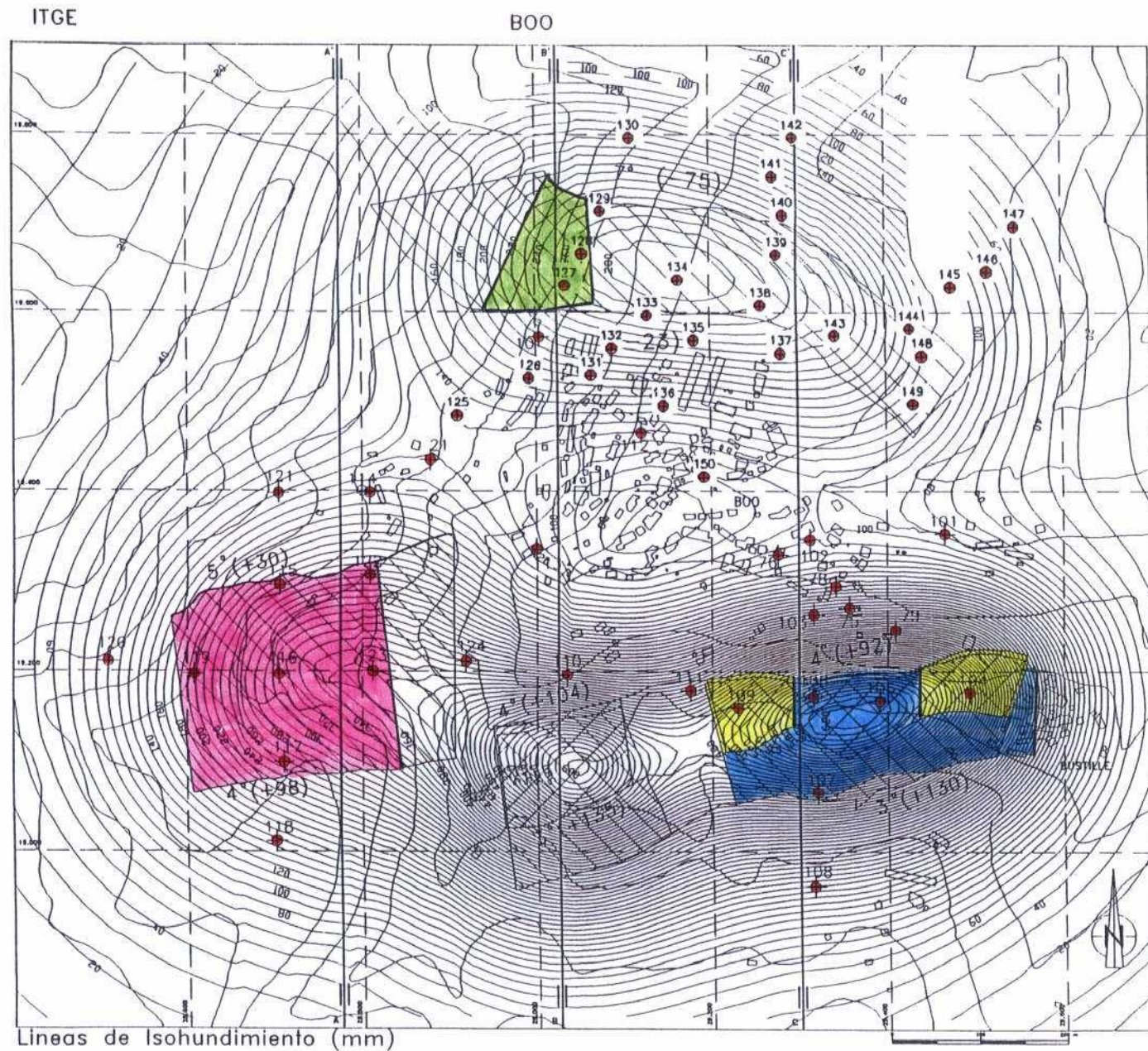
en el que se tuvo en cuenta la pre-cubeta de hundimiento definida por la explotación de las capas anteriores (Molino entre la 3ª y 5ª y Mariana entre 3ª y 4ª).

En la figura 1, se representa el plano de labores, con el estado del avance en el mes de Julio de 1996 de las explotaciones en marcha, la situación de los hitos de control y la cubeta teórica de subsidencia.

3.- DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE Y SU ANÁLISIS

Se ha dispuesto para este trabajo de los informes siguientes de HUNOSA, que han sido proporcionados por la Dirección Regional de Industria de la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias, a cuya petición se realiza este informe del ITGE:

- Plano de labores con situación de los hitos de control y estado de las explotaciones en Enero de 1996. Escala 1:2000. Pozo Santiago-Aller.
- Plano de labores con situación de los hitos de control y estado de las explotaciones en Abril de 1996. Escala 1:2000. Pozo Santiago-Aller.
- Plano de labores con situación de los hitos de control y estado de las explotaciones en Julio de 1996. Escala 1:2000. Pozo Santiago-Aller.
- Listado de mediciones efectuadas en los hitos de control colocados en superficie, en Enero de 1996.
- Listado de mediciones efectuadas en los hitos de control colocados en superficie, en Abril de 1996.
- Listado de mediciones efectuadas en los hitos de control colocados en superficie, en Julio de 1996.



LEYENDA

Capas		Pot(m)
	Molino (3' a 4')	1,50
	Molino (4' a 5')	1,10
	Molino (7' Alrds)	1,30
	Mariana (3' a 4')	1,30

Zonas explotadas (Julio 1996)

115
● Hito de control

PLANO DE LABORES CORRESPONDIENTE A LAS CAPAS MOLINO Y MARIANA. CUBETA TEÓRICA DE SUBSIDENCIA
ZONAS EXPLOTADAS E HITOS DE CONTROL

FIGURA 1



De esta documentación de HUNOSA, puede resaltarse:

- Se han realizado tres nuevas nivelaciones y tres nuevos itinerarios de planimetría en el período comprendido entre Octubre de 1995 y Julio de 1996. Con estos nuevos trabajos de medición, los datos registrados de hundimientos, abarcan un período de aproximadamente dos años y medio, mientras que los datos registrados sobre deformaciones horizontales abarcan sólo un período de un año, ya que los trabajos de planimetría se vienen realizando únicamente desde Julio de 1995.
- No se incluyen en los análisis el hito nº 120, al haber desaparecido en Mayo de 1995.
- Con motivo del comienzo de la explotación de la capa "7ª Molino Oeste Atrás", en Abril de 1996 se colocaron, en su zona de influencia, una serie de hitos nuevos numerados del 125 al 150, con el fin de poder realizar el seguimiento y control de la subsidencia que origine la explotación del nuevo taller.

4.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Hundimientos y su evolución

Con los datos, de los hundimientos acumulados en mm para los distintos itinerarios, deducidos de los listados sobre nivelación de HUNOSA, se ha continuado con la elaboración de los gráficos de evolución de hundimientos para cada uno de los 30 hitos ya existentes en el informe anterior, exceptuando los que se encuentran desaparecidos por diferentes causas, por no disponer de sus datos de nivelación, estos gráficos pueden verse



en el ANEJO A. Además, se incorporan los correspondientes a los hitos comprendidos entre los nº 125 al 150.

En el cuadro nº 1 (ANEJO B) se expresa, para cada uno de estos hitos su hundimiento real (período de Enero de 1994 a Julio de 1996), el hundimiento teórico previsto (según el estudio del 12.02.96, referenciado en el apartado 2) y la evolución de los hundimientos reales, a la vista de los gráficos antes reseñados.

En el ANEJO C, se expone el cálculo de estos hundimientos reales con la ayuda del Programa CONTSUB (Control de subsidencias), en función de las coordenadas de los hitos en su posición inicial y en la determinada en el itinerario 10. Este programa ha sido desarrollado especialmente por el ITGE para la realización de estos estudios.

Con estos resultados se han confeccionado las figuras 2 y 3, que suponen una síntesis de los mismos y que se pasan a analizar.

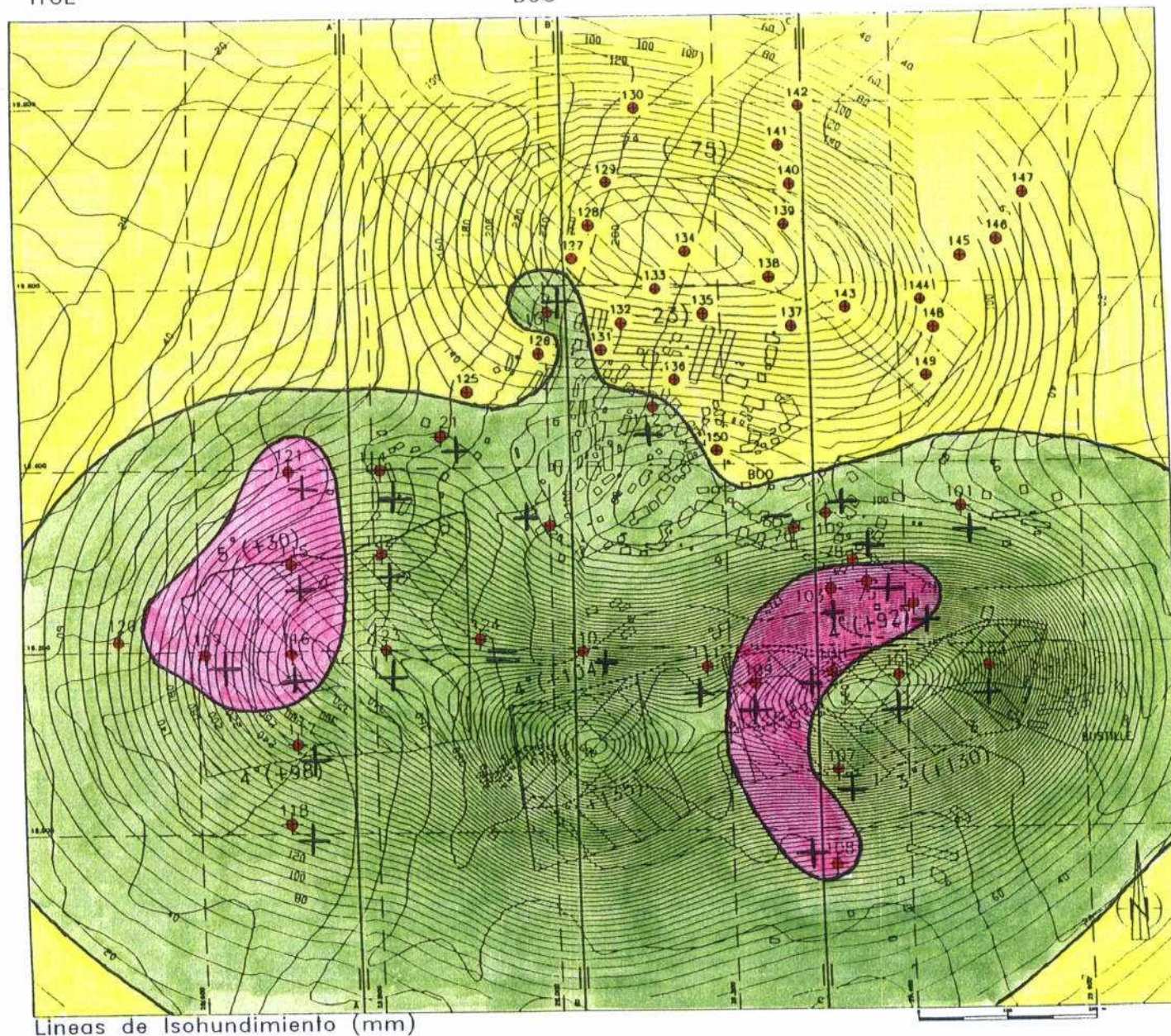
4.2 Estudio comparativo de las cubetas real y teórica

En la figura 2 se ha establecido la comparación de los valores obtenidos en las mediciones del hundimiento, de los distintos hitos de control, con los correspondientes en el plano de isolíneas de hundimiento (mm) del modelo teórico de subsidencia, ya indicado, correspondiente a la simulación de la explotación de las capas Molino (3ª a 5ª), Mariana (3ª a 4ª) y 7ª Molino Oeste Atrás.

En la figura 3, se ha representado la cubeta real de subsidencia, mediante las isolíneas de hundimiento, con intervalos de 50 mm, deducidas de los valores finales de hundimiento de

ITGE

BOO



LEYENDA

Capas	Pol(m)
Mollno (3' a 4')	1,50
Mollno (4' a 5')	1,10
Mollno (7' Alrds)	1,30
Marlana (3' a 4')	1,30

- 400 - Isolinea de hundimiento de la cubeta teórica

115 Hito de control

1- MEDICIONES DE HUNDIMIENTO EN HITOS DE CONTROL (Enero 1994 - Julio 1996)

Prácticamente nulas

Inferiores a las teóricas

Superiores a las teóricas (1)

2- EVOLUCIÓN DE HUNDIMIENTOS

En fase de crecimiento

Tendencia a la estabilidad

Estabilizado

HITO	Hundimientos (mm)		(1)
	Real	Teórico	
75	300	245	
79	512	330	
103	340	260	
106	672	575	
108	186	160	
109	535	485	
115	255	230	
116	398	310	
119	370	195	
121	182	130	

MEDICIONES DE HUNDIMIENTOS EN HITOS DE CONTROL Y SU EVOLUCIÓN EN LA ZONA DE BOO Y BUSTILLE
COMPARACIÓN CON EL MODELO TEÓRICO DE SUBSIDENCIA.

FIGURA 2



los distintos hitos, en el período comprendido entre Enero de 1994 y Julio de 1996. Para esta representación se ha utilizado el Programa SURFER para Windows de Golden Software, Inc.

Del estudio de los resultados obtenidos y su comparación con los resultados del Informe anterior, se observa que la cubeta de hundimientos, en el período de tiempo comprendido entre Octubre de 1995 y Julio de 1996, ha tenido un aumento notable en cuanto al hundimiento, pasándose de un valor máximo, en el Informe anterior, de 553 mm en el hito 106, a un hundimiento máximo de 672 mm en el mismo hito, lo cual supone un crecimiento del 21,5%, observándose también, un incremento mayor en aquellos hitos situados próximos a las capas explotadas, y siendo estos incrementos de menor magnitud en los hitos que se encuentran más alejados de las capas en explotación.

Esta situación ha provocado que se obtenga una cubeta de hundimientos, que ha crecido, más notablemente en profundidad que en extensión superficial, produciéndose únicamente una cierta ampliación en superficie de la zona de influencia en la parte Norte como consecuencia de la explotación de la capa 7ª Molino Oeste Atrás.

Según se desprende del cuadro nº1 y del estudio de estas figuras, se deduce que los hitos 75, 79, 103, 106, 108, 109, 115, 116, 119 y 121 presentan valores reales superiores a los teóricos.

Puede observarse, si se tiene en cuenta además la figura 1, que la cubeta real que se va generando está en total acuerdo con la cubeta teórica, produciéndose dos zonas de máximos hundimientos, una al Oeste, con un hundimiento máximo de 398 mm, en el hito 116, y otra en la zona Centro-Este, con una mayor profundidad que la anterior y donde se



alcanzan una profundidad de 672 mm en el hito 106.

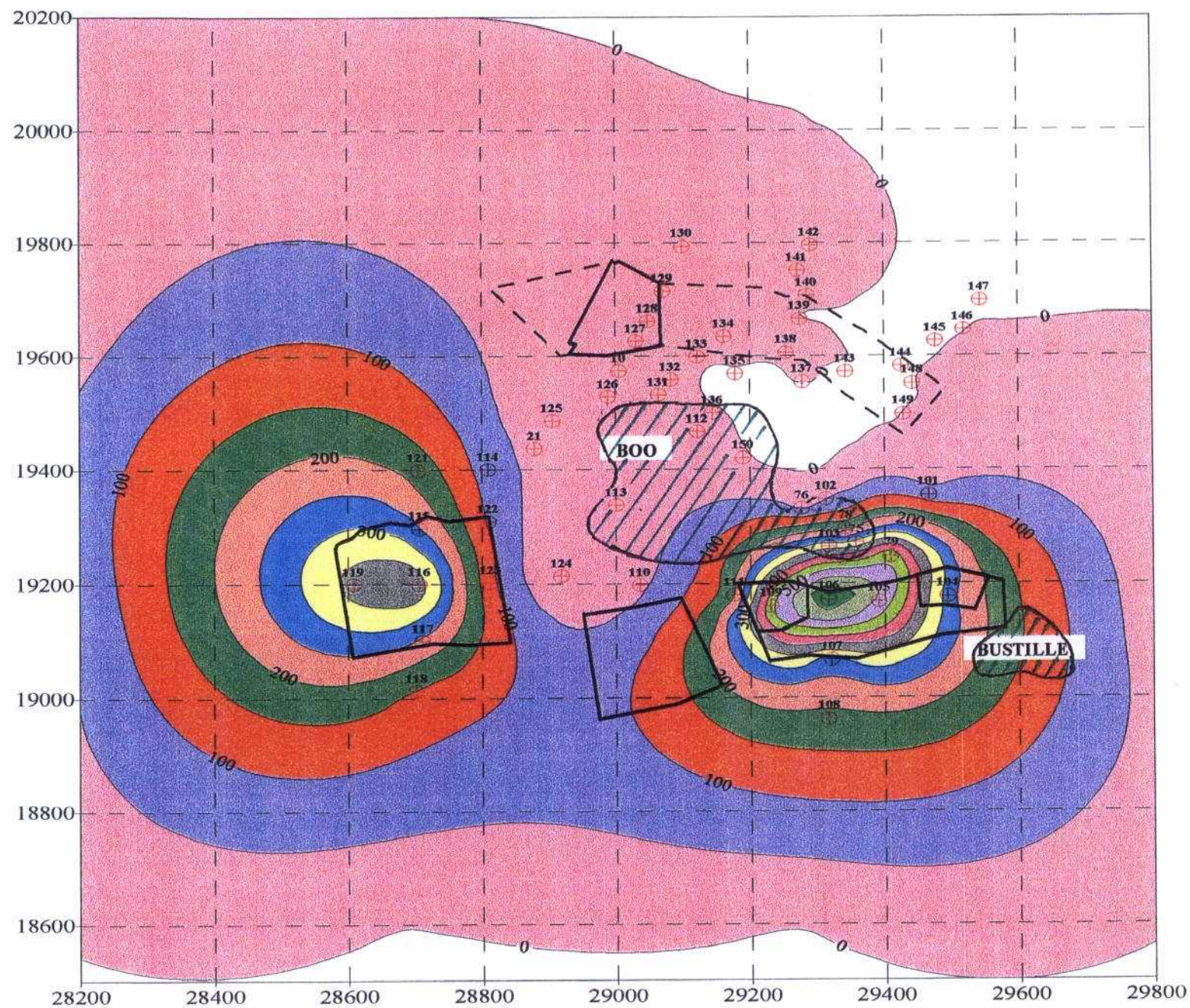
El hundimiento medio diferencial por hito, en el período comprendido entre la 7ª y 10ª nivelación (270 días), ha sido de 67.5 mm, con una velocidad media de 0.25 mm/día inferior en un 19% a la del período anterior. En estos cálculos no han sido tenidos en cuenta los nuevos hitos del nº 125 al 150, ya que en el momento de redactar este informe y con los datos que en él se utilizan (hasta julio de 1 966), prácticamente no han sido afectados por la explotación siendo sus hundimientos cero, o valores muy pequeños, del orden de 1 a 5 mm.

Los valores del hundimiento diferencial superiores a la media corresponden a los hitos nº 75, 79, 103, 104, 105, 106, 115, 116 y 119, situados todos ellos bajo las explotaciones en avance y en el entorno inmediato. Los hitos que han sufrido mayores incrementos porcentuales en sus hundimientos han sido los nº 10 (145%), 79 (180%), 101 (129%) y el 123 (102%), situados todos ellos en la zona de influencia del avance de las diferentes capas en explotación.

Los hundimientos en la localidad de Boo están comprendidos en su mayoría entre 0 y 100 mm, excepto una pequeña parte situada al suroeste, en la cual los hundimientos quedan comprendidos entre los 100 y los 450 mm (figura 3).

En la localidad de Bustillé, los hundimientos quedan comprendidos entre los 150 y 200 mm en su zona Oeste, mientras que en la zona Este los hundimientos varían entre los 100 y 150 mm (figura 3).

ITGE. Área de Infraestructura del Espacio Subterráneo

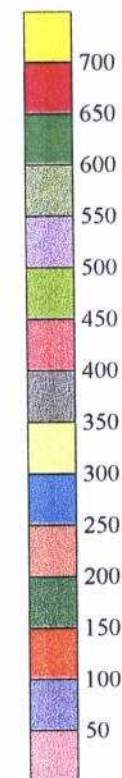


LEYENDA

124
⊕ Hitos de control

HUNDIMIENTOS (mm)

(Julio de 1996)



HUNDIMIENTOS EN LA ZONA DE BOO Y BUSTILLE. CUBETA REAL DE SUBSIDENCIA

FIGURA 3



De estos datos y de la figura 2 se deduce, que la mayor parte de la localidad de Boo está sometida a hundimientos reales inferiores a los teóricos previstos, a excepción de la zona sureste que está sometida a hundimientos reales superiores a los teóricamente previstos, mientras que en la localidad de Bustillé los hundimientos reales a que está sometida son inferiores a los teóricamente esperados.

4.3. Determinación de desplazamientos y deformaciones horizontales

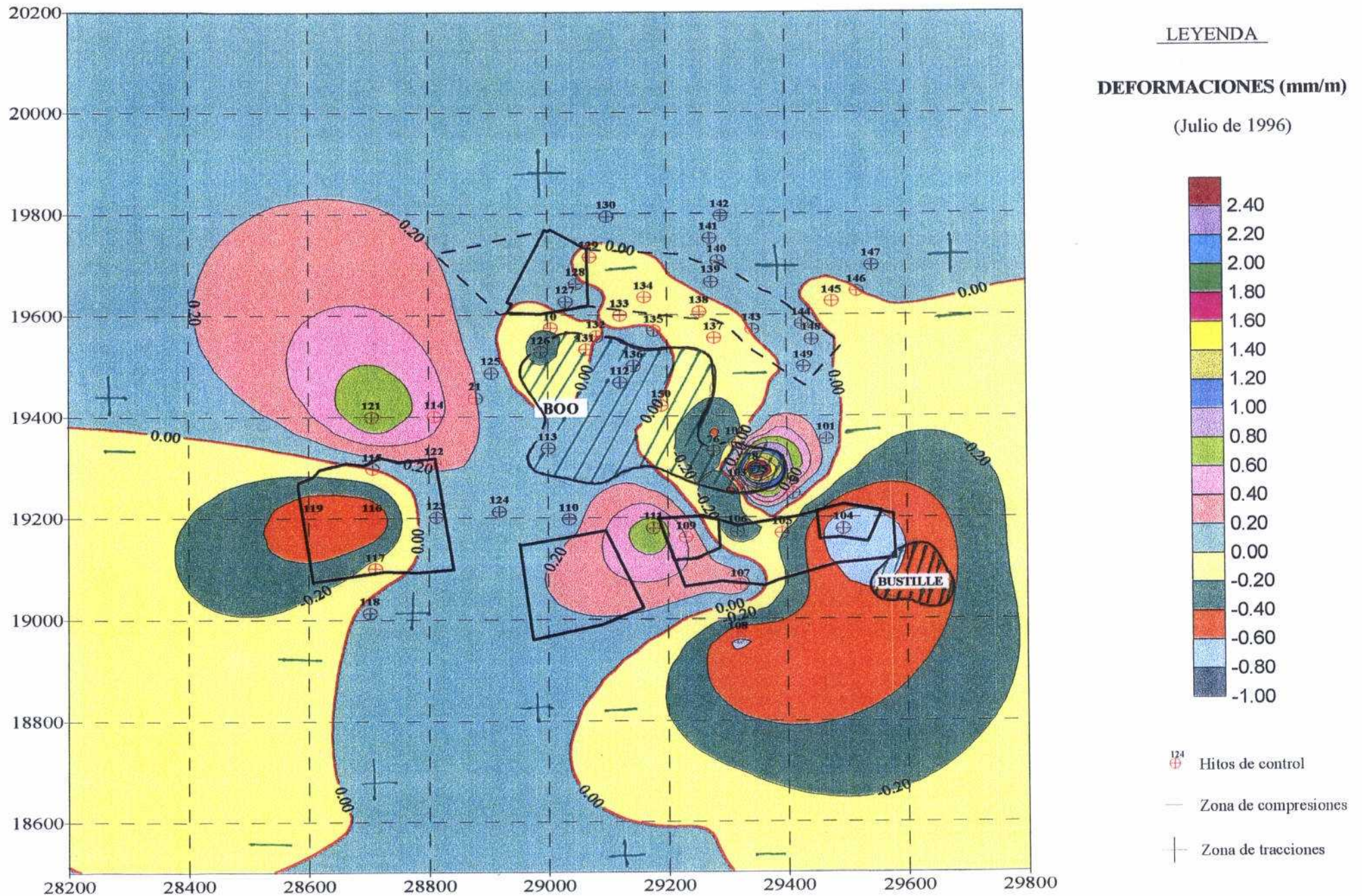
Los desplazamientos y deformaciones se han calculado mediante la utilización del programa CONTSUB (Control de Subsidiencias), ya reseñado anteriormente, y cuyos resultados se pueden ver en el ANEJO C. Para la realización de los cálculos, se ha partido de las coordenadas UTM de los hitos en su posición original y en sus posiciones desplazadas (itinerario 10).

El método seguido en el programa para el cálculo de las deformaciones horizontales del terreno tiene en cuenta la deformación que se produce en un hito en relación a los tres hitos más cercanos a él, ponderando cada valor obtenido por un coeficiente (la inversa de la distancia de cada hito), y considerando con deformaciones nulas los asignados al contorno. En la figura 4, con la ayuda del Programa SURFER para Windows, han quedado zonificadas estas deformaciones horizontales del terreno. A continuación se analizan todos estos resultados.

4.4 Estudio de los desplazamientos horizontales

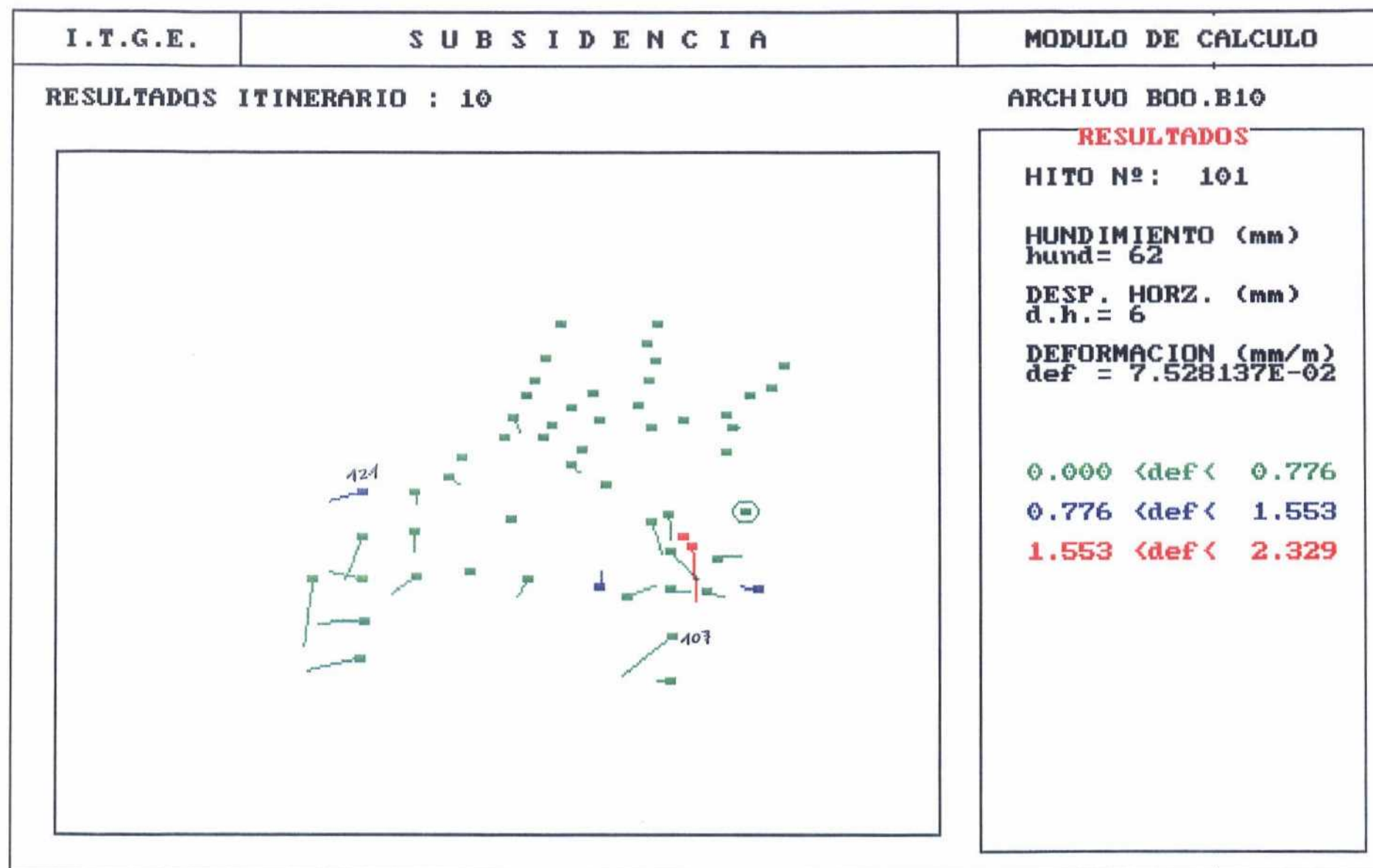
Del estudio de los resultados obtenidos con relación a los desplazamientos horizontales acumulados hasta este momento, por los diferentes hitos, se observa que el valor máximo

ITGE. Área de Infraestructura del Espacio Subterráneo



DEFORMACIONES HORIZONTALES (mm/m) DEL TERRENO EN LA ZONA DE BOO Y BUSTILLE

FIGURA 4



Orientación de los desplazamientos horizontales de los distintos hitos (Programa Contsub-ITGE, Versión 3.0)



se ha registrado en el hito nº 119 con 213 mm, mientras que el mínimo desplazamiento se produce en el nº 78 con un valor de 1 mm, a pesar de lo cual, resulta que este hito es el que presenta una mayor deformación, con un valor de 2,32 mm/m, esto es debido al hecho de que aunque este hito permanece prácticamente inamovible, los que le rodean sufren desplazamientos bastante grandes, además de que la distancia de estos al nº 78 es relativamente pequeña.

La media de los desplazamientos es de 75,12 mm, lo que supone un incremento del desplazamiento horizontal medio del 39% con respecto al informe anterior; como en el caso de los hundimientos, en el cálculo de este valor medio no se han tenido en cuenta los desplazamientos sufridos por los nuevos hitos (nº 125 a 150). Los valores superiores a la media corresponden a los hitos nº 103, 107, 109, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 123, 75 y 76, situados todos ellos bajo las explotaciones en avance y en su entorno de influencia.

Los desplazamientos de los hitos están representados por sus vectores desplazamiento que han quedado reflejados en la figura 5, para su contraste con la cubeta real de subsidencia. En un aspecto general y salvo pequeñas anomalías, se observa que las direcciones de vectores desplazamiento horizontal concuerdan básicamente (exceptuando los hito nº 107 y 121) con la configuración de la cubeta real creada, determinada en base a los hundimientos verticales del terreno.

Estos vectores desplazamientos deben orientarse en dirección aproximadamente normal a las isólineas de hundimiento. En el caso del hito nº 107, la orientación del vector desplazamiento horizontal que puede parecer anómala a la que teóricamente debería tener, concuerda con la situación de la cubeta de hundimiento, que con valores superiores a los teóricos (figura.2), se ha generado en su proximidad.



Por lo que respecta al hito nº 121, la orientación de su vector desplazamiento se estima debe ser consecuencia de movimientos ajenos al proceso de subsidencia.

4.5. Estudio de las deformaciones horizontales

Finalmente, en cuanto a las deformaciones horizontales (figura 4), se ha establecido la comparación con su modelo teórico, correspondiente al estudio referenciado en el apartado 2. Una mayoría de los valores calculados (el 71%) no sobrepasan, siempre en términos absolutos, los 0.6 mm/m.

Las deformaciones calculadas superiores a este valor (0.6 mm/m), son las relacionadas con los hitos nº 104 (0.83 mm/m), 108 (0.66 mm/m), 111 (0.81 mm/m), 116 (0.64 mm/m), 119 (0.62 mm/m), 121 (0.86 mm/m), 75 (1.69 mm/m) y 78 (2.33 mm/m); los hitos nº 104, 108, 111, 75 y 78 están situados al sureste de Boo y al oeste de Bustillé, bajo la influencia de la capa Molino (3ª a 4ª), mientras que los hitos 116, 119 y 121 se encuentran ubicados al suroeste de Boo, afectados por la capa Molino (4ª a 5ª)

La zonificación de estos valores muestra, en primer lugar, que se ha producido un notable aumento de la zona que está sometida a deformaciones de compresión en relación con el informe anterior. Así, en la situación actual existen dos zonas sometidas a compresión: una al suroeste de Boo y otra al sureste, en el entorno de Bustillé, la cual se extiende hacia el centro, entre Boo y Bustillé.

Por lo que respecta a las zonas de tracción, éstas se sitúan : en el noroeste (oeste de Boo), la mayor zona del centro y una pequeña zona situada al sur de Boo.



Con las salvedades que a continuación se indican, la mayoría del área de estudio, incluyendo la localidad de Bustillé y la práctica totalidad de Boo, está sujeta a deformaciones inferiores a 0.6 mm/m.

Existen sólo dos pequeñas zonas con valores superiores a este último valor, una al oeste de Bustillé con deformaciones comprendidas entre 0.6 y 0.8 mm/m y otra al sureste de Boo con deformaciones comprendidas entre 0.6 y 2.40 mm/m, que incide muy ligeramente en esta localidad.

En cualquier caso, con los valores de las deformaciones obtenidos los daños máximos que pueden aparecer, en esta fase de las explotaciones, serán a lo sumo muy ligeros o despreciables, tanto en las edificaciones de Bustillé como en las de Boo. En el caso de esta última localidad, con el fin de analizar con más detalle la zona sureste donde se concentran las mayores deformaciones lineales, se realizó una ampliación de la misma observándose que los edificios de mayor longitud, que son los que podrían tener algún problema, se encuentran situados en zonas donde las deformaciones están comprendidas entre los 0 y 0.6 mm/m, lo cual no representa ningún problema en cuanto a daños que puedan producirse en esos edificios.

En la situación actual, la localidad de Bustillé se haya sometida a compresión, mientras que Boo se haya sometida a esfuerzos de tracción a excepción del sureste y de una zona que parte del suroeste y se extiende hacia el norte, abarcando la mayor parte del centro de la localidad.



5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) Se ha dispuesto para este informe de los resultados obtenidos en las mediciones sobre los 30 hitos, existentes en el informe anterior, realizadas hasta Julio de 1996, abarcando los registros un período de aproximadamente 2 años y medio, además se ha dispuesto de las medidas obtenidas en los 26 nuevos hitos (nº 125 a 150), implantados en Abril de 1996, abarcando sus registros un período de tres meses.
- 2) El hito nº 120 no ha sido incluido en el análisis como consecuencia de encontrarse oculto desde Mayo de 1995, por lo que no se disponen de sus registros.
- 3) Los valores de las mediciones de hundimiento de los distintos hitos han sido comparados con los correspondientes, en el plano de isolíneas de hundimiento, de la cubeta teórica de subsidencia, de las explotaciones de la capa Molino (3ª a 5ª y 7ª Oeste Atrás) y Mariana (3ª a 4ª), de cuyos efectos en superficie se emitió Informe el 12.02.96

Estos valores, que se detallan en el cuerpo del informe, son en su mayor parte inferiores a los teóricos, aunque se observa un notable aumento, con respecto al anterior informe, del número de hitos cuyo hundimiento real supera al teórico. Los hundimientos reales en la localidad de Boo quedan comprendidos entre 0 y 450 mm y en la zona de Bustillé entre 50 y 250 mm, en esta fase de la explotación.

- 4) Los hitos que han sufrido mayores desplazamiento horizontales resultantes (máximo 213 mm), se corresponden precisamente con las áreas de las explotaciones de capas en avance y sus zonas de influencia.



- 5) Calculadas las deformaciones horizontales del terreno, en mm/m, para su comparación con el modelo teórico de deformaciones, correspondientes al Informe referenciado en el punto 3) de estas conclusiones, todos sus valores, así como su zonificación, se adaptan globalmente a dicho modelo teórico.
- 6) De todo lo anterior se concluye que la evolución de los hundimientos se viene desarrollando de modo normal y controlado por las previsiones teóricas, con una cubeta real de subsidencia, envuelta en líneas generales por la cubeta teórica prevista y analizada. Las deformaciones horizontales producidas en el terreno por los esfuerzos de tracción y compresión, generados por los desplazamientos horizontales de la superficie, en el movimiento general convergente de subsidencia, se vienen desarrollando dentro de los límites de las previsiones teóricas.
- 7) Según los valores obtenidos en los análisis de las deformaciones en la actual fase de las explotaciones, los daños máximos que pueden aparecer, como consecuencia de las deformaciones, no han de pasar de muy ligeros o despreciables tanto en las edificaciones de Boo como en la de Bustillé. Ahora bien, en el caso de la de la localidad de Boo, como consecuencia del aumento y concentración de tensiones que se produce en su zona sureste, se recomienda que se vigile atentamente la evolución de éstas por si en algún momento fuesen lo suficientemente grandes para producir algún tipo de daño en los edificios.
- 8) Debe continuarse con las mediciones en los hitos de control mientras sigan las explotaciones y no se constate la estabilización de los movimientos. Con los resultados que se obtengan por mediciones tanto de nivelación como planimétricas que se fechen hasta el próximo 1 de Enero de 1998, deberá ser realizado un nuevo



informe anual en el que se analicen las nuevas incidencias, sin descartar los posibles análisis parciales, en la medida que se vayan obteniendo los resultados de las mediciones de control.

- 9) Se hace necesario indicar, que en base a la información que obra en poder del ITGE, relativa al itinerario nº 11 (no incluidos sus datos en el presente informe), y que fue remitida por el Jefe del Servicio de Seguridad de la Dirección Regional de Industria del Principado de Asturias, en febrero de 1 997, las siguientes circunstancias:

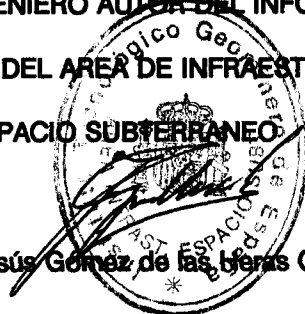
- * No se han llevado a cabo trabajos de planimetría.
- * Los valores de hundimiento correspondientes a los hitos 144 a 149, que son los más alejados hacia el este de la zona en explotación hasta enero de 1 997, de la capa Molino 7ª Atrás, son sustancialmente superiores, e incluso el nº 145 tiene un valor negativo (se eleva en vez de hundirse), a los que se encuentran en el entorno del taller de avance de la explotación.

Sobre estas circunstancias debe informarse a HUNOSA, al objeto de que sean tenidas en cuenta a la hora de llevar a cabo los trabajos correspondientes al itinerario nº 12.

Madrid, 15 de Abril de 1 997

EL INGENIERO AUTOR DEL INFORME
Y JEFE DEL AREA DE INFRAESTRUCTURA
DEL ESPACIO SUBTERRANEO

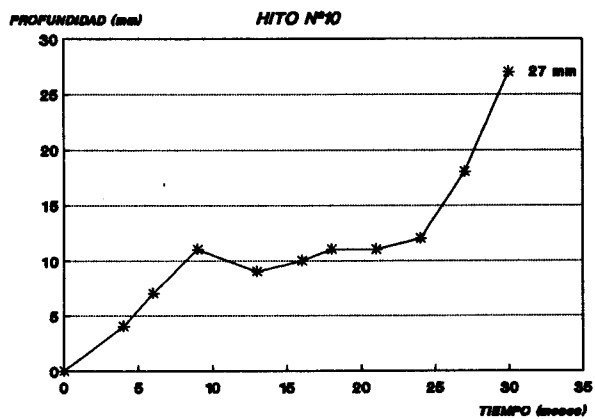
Fdo. Jesús Gómez de las Heras Gandullo



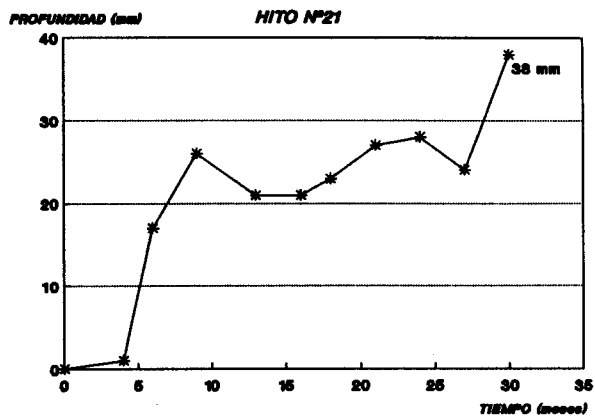
ANEJOS

A-GRÁFICOS

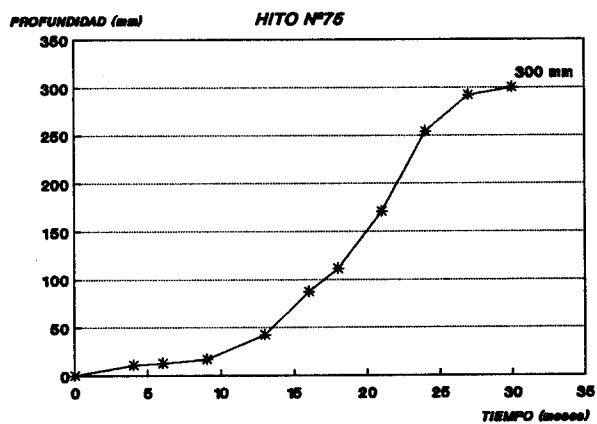
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



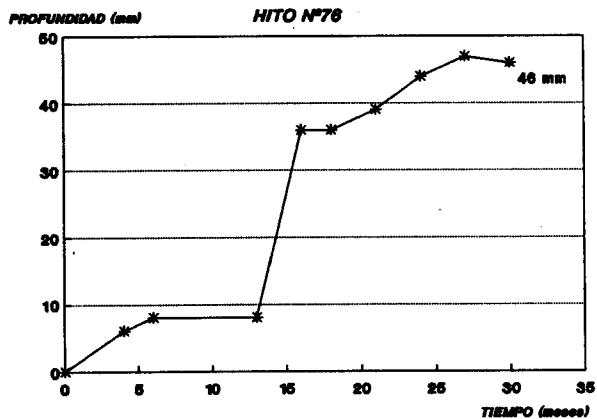
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



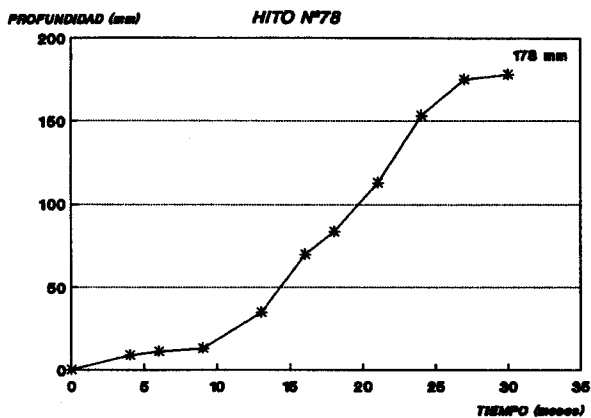
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



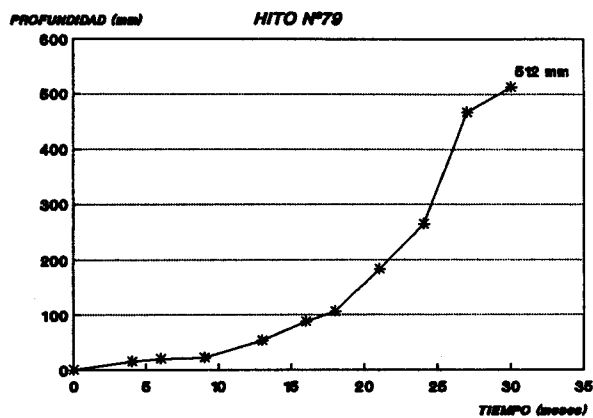
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



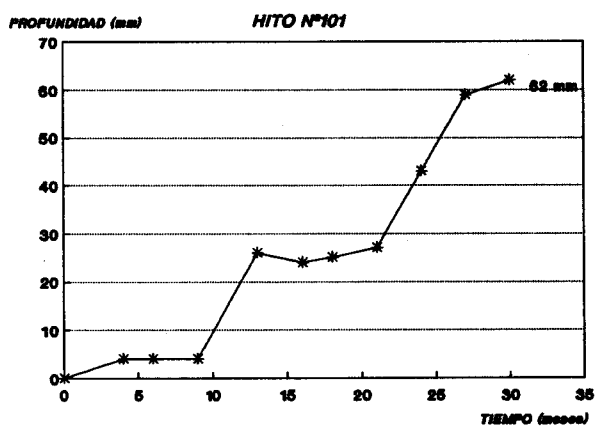
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



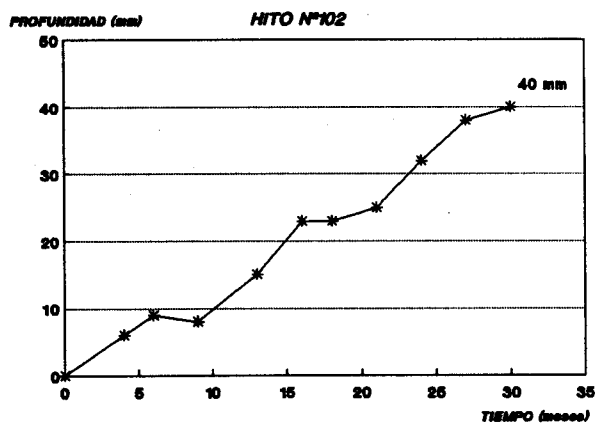
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



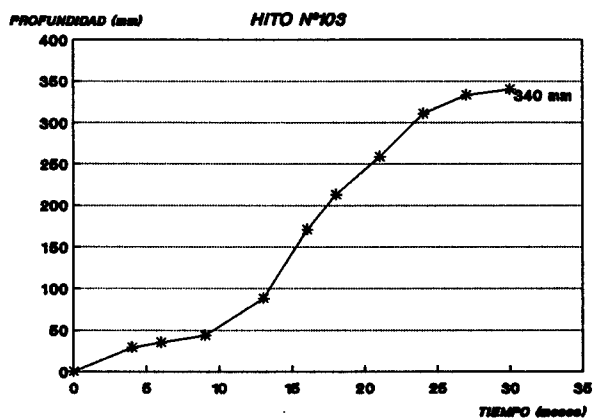
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



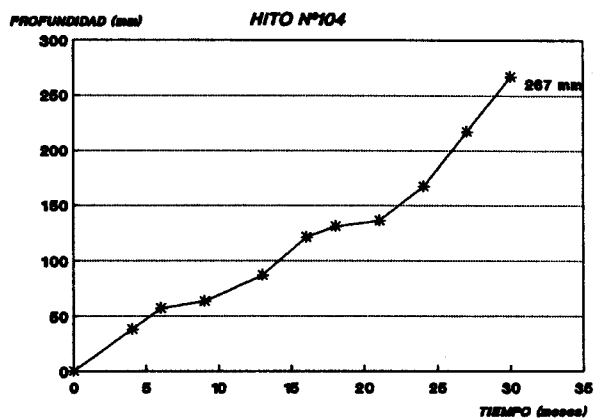
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



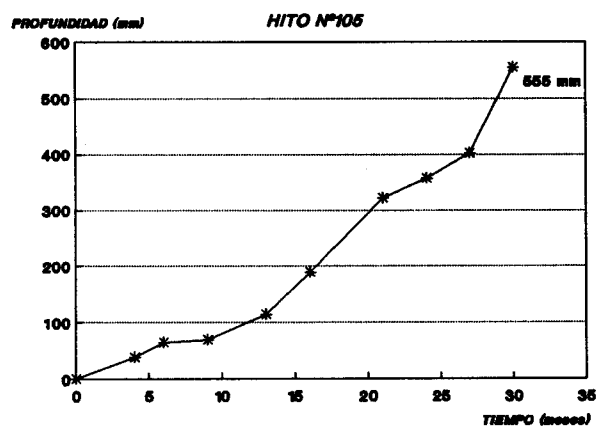
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



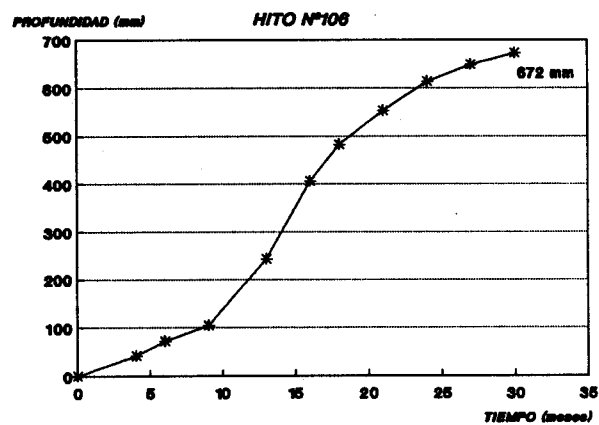
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



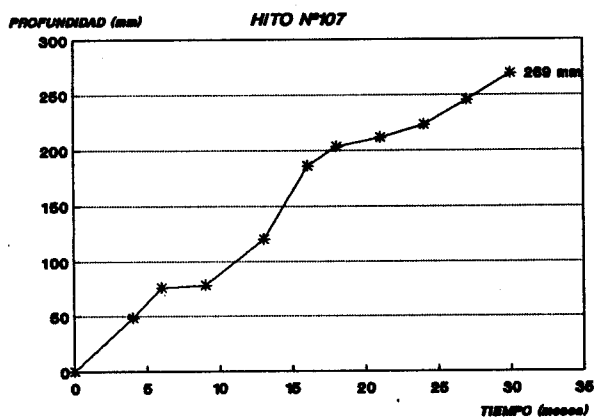
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



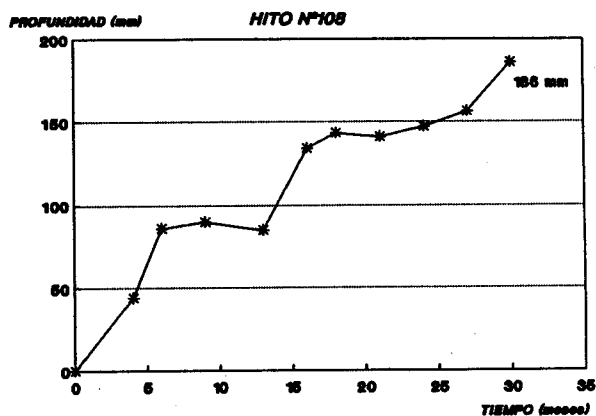
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



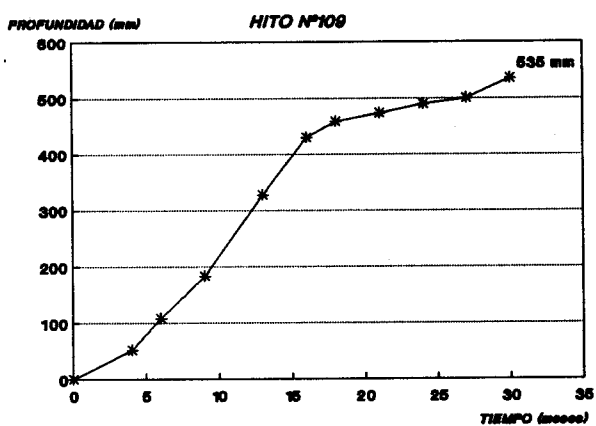
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



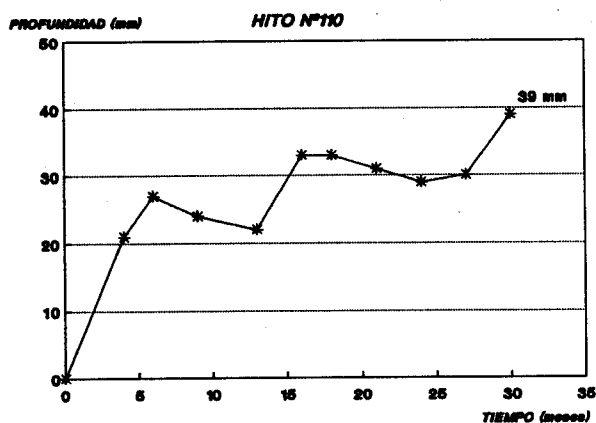
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



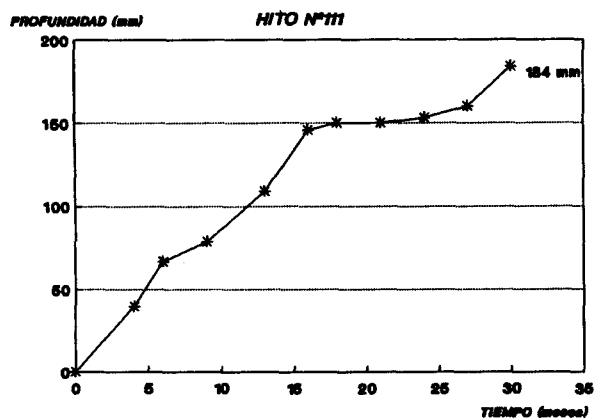
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



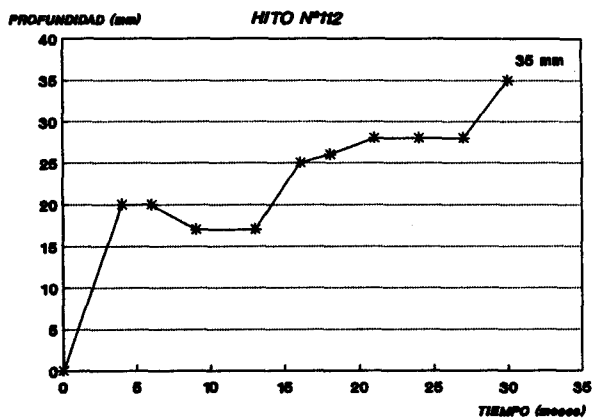
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



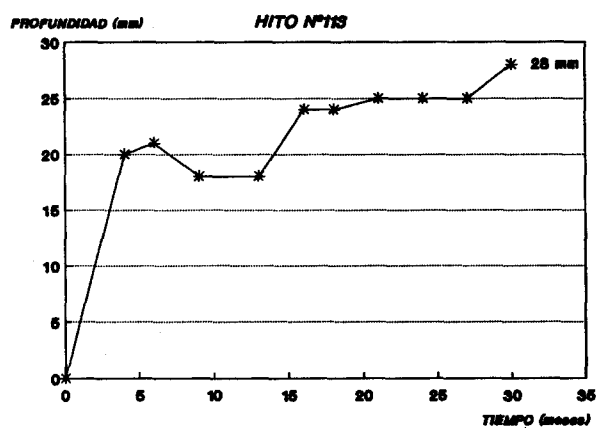
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



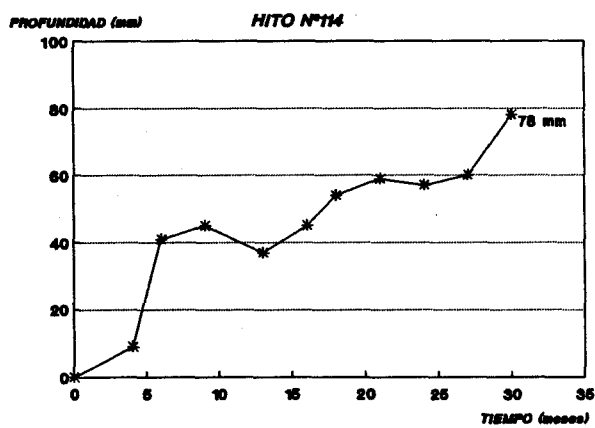
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



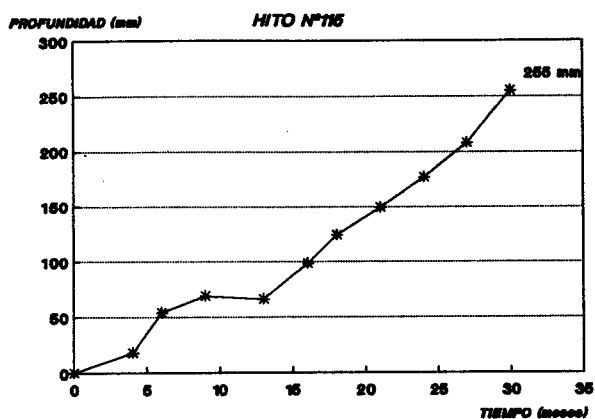
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



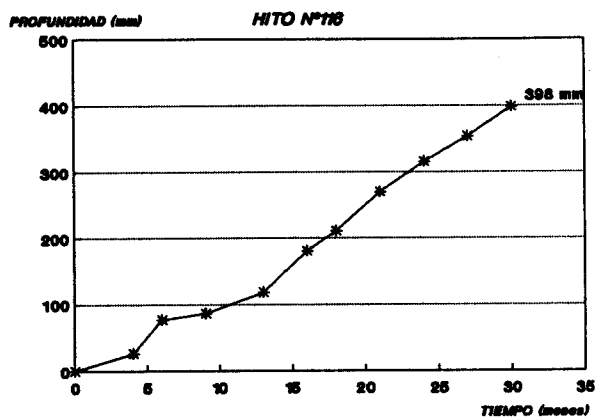
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



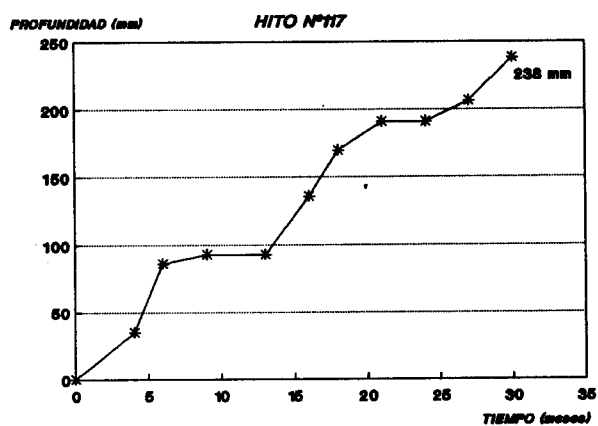
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



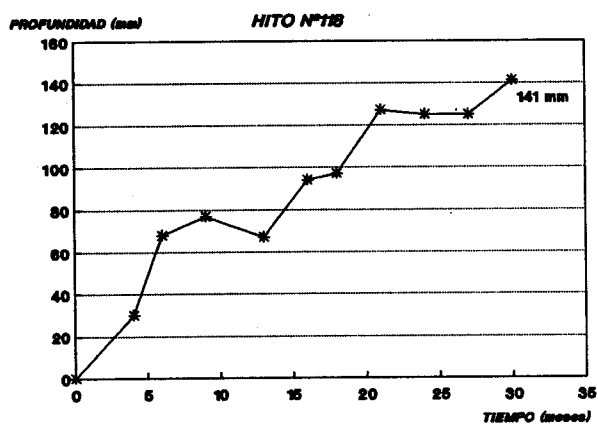
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



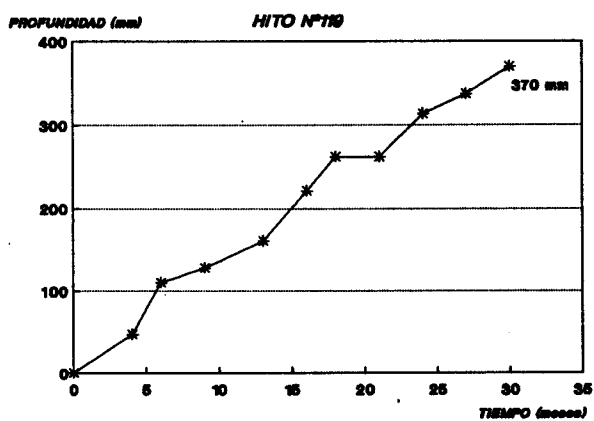
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



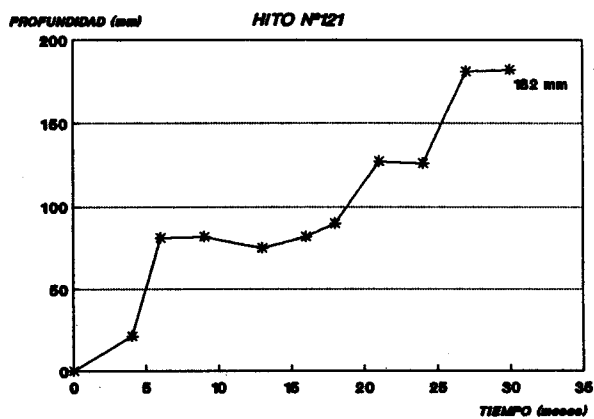
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



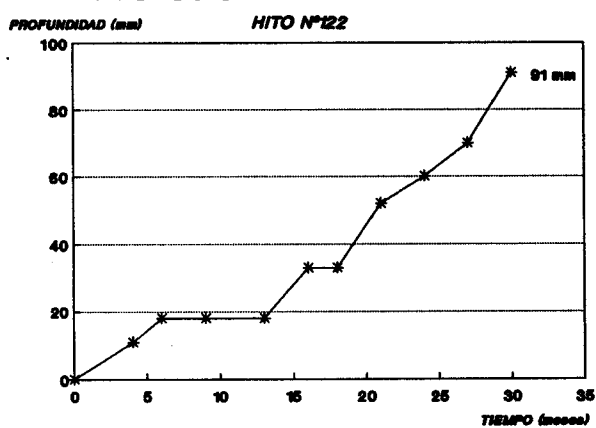
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



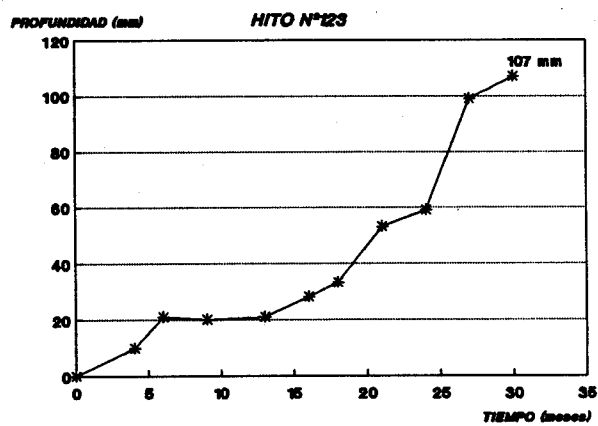
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



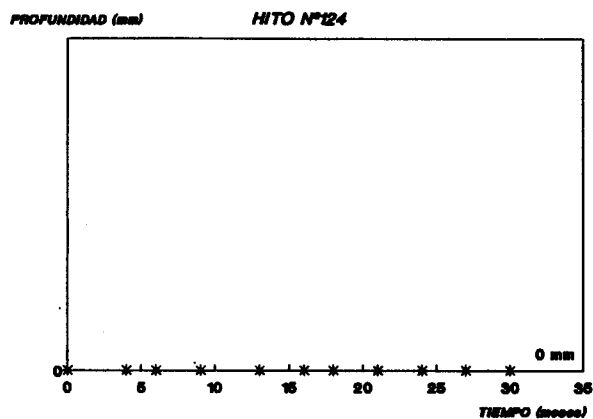
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



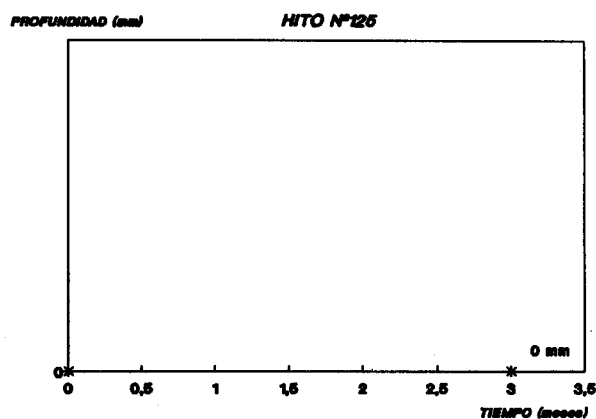
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



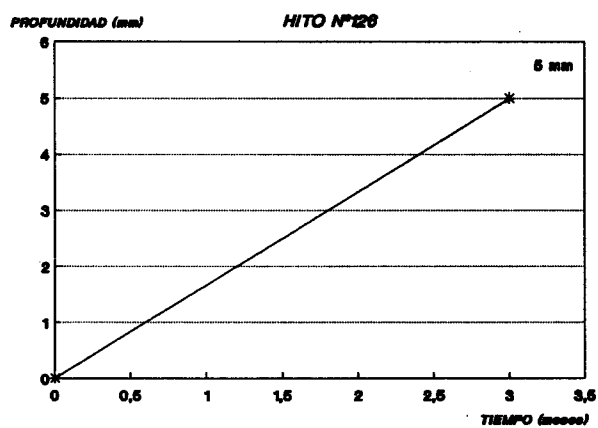
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



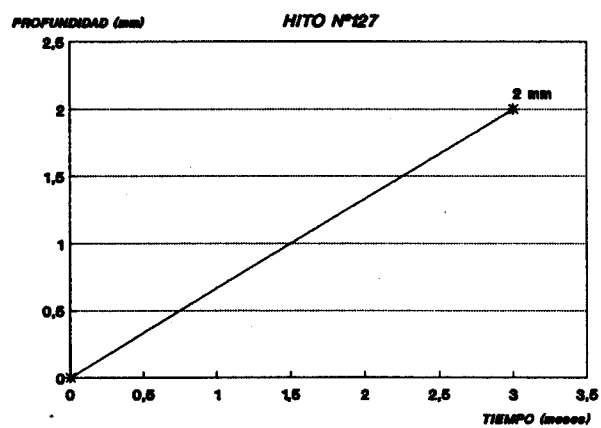
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



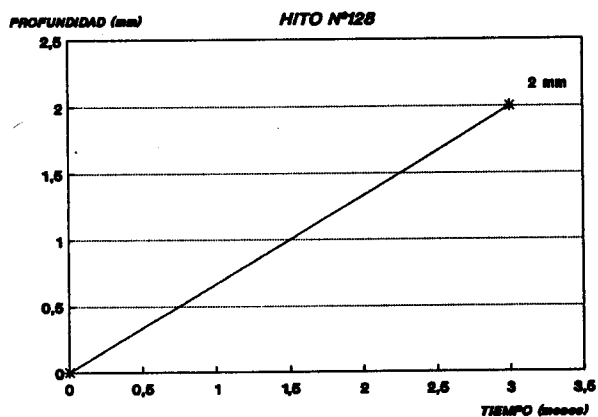
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



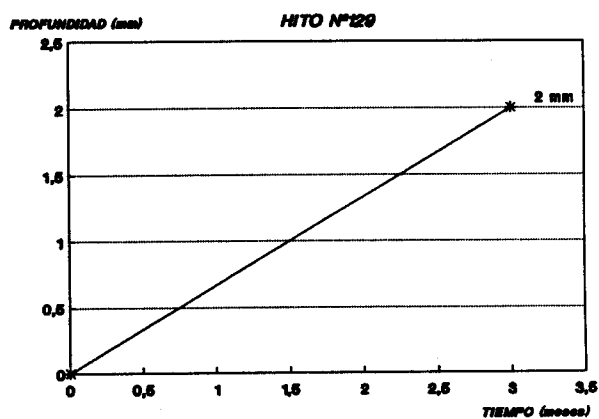
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



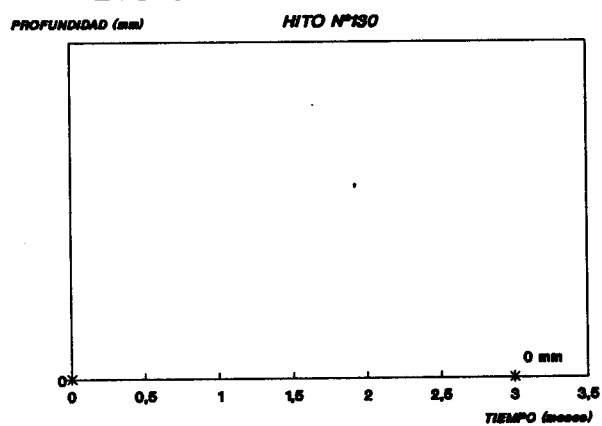
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



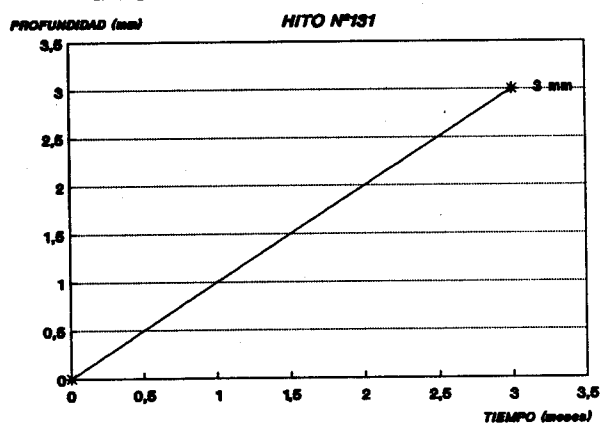
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

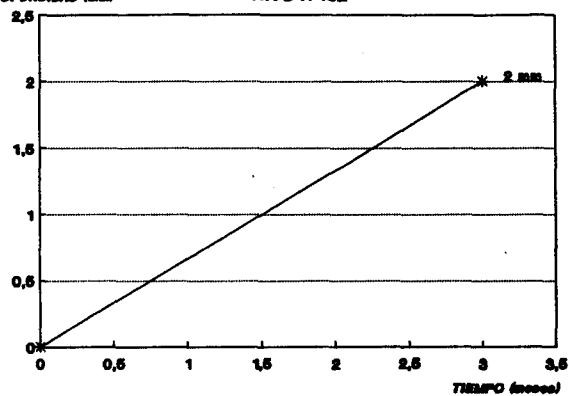


EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS



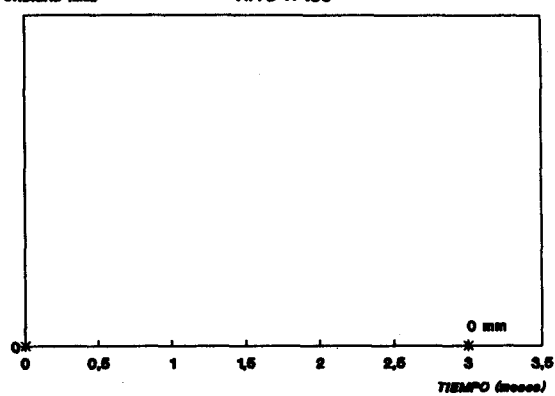
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm) HITO N°132



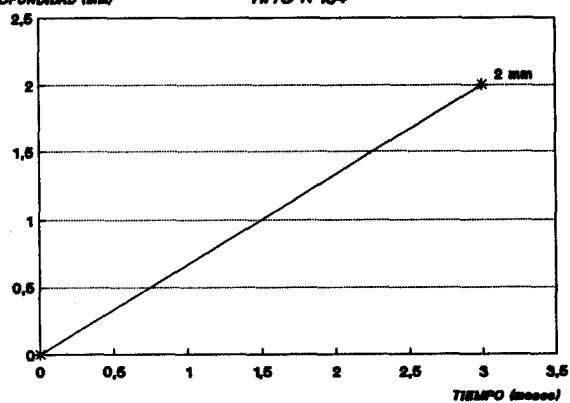
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm) HITO N°133



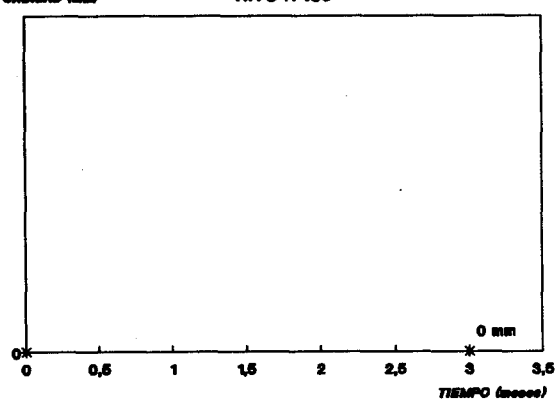
EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm) HITO N°134



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

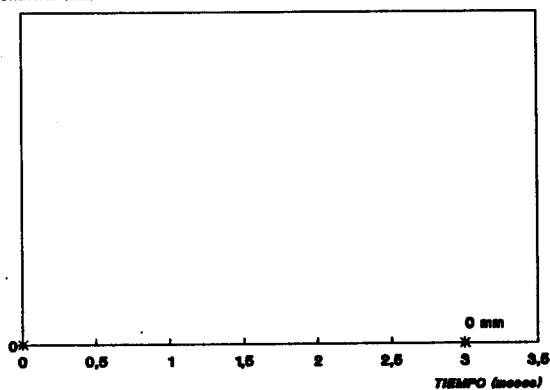
PROFUNDIDAD (mm) HITO N°135



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

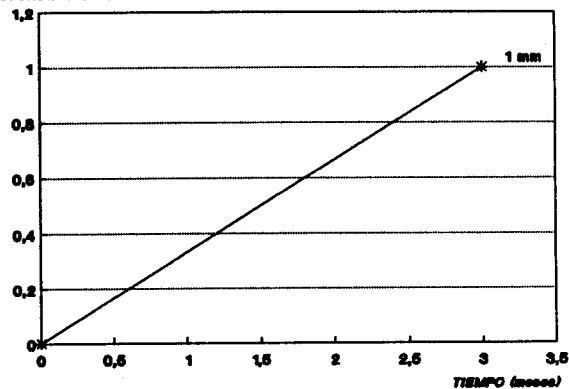
HITO Nº136



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

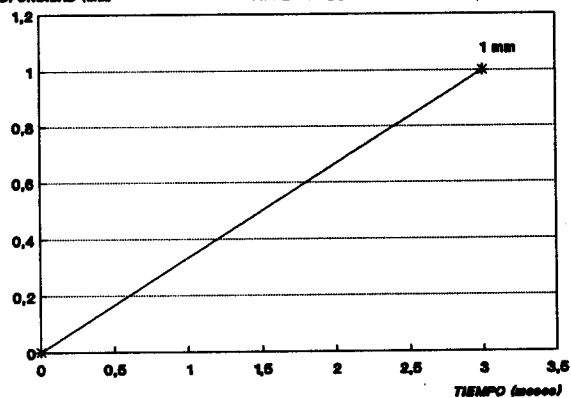
HITO Nº137



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

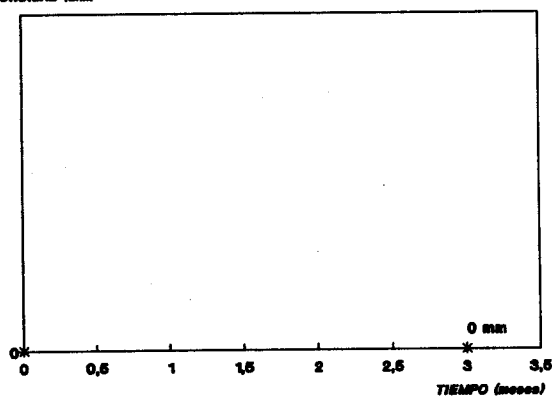
HITO Nº138



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

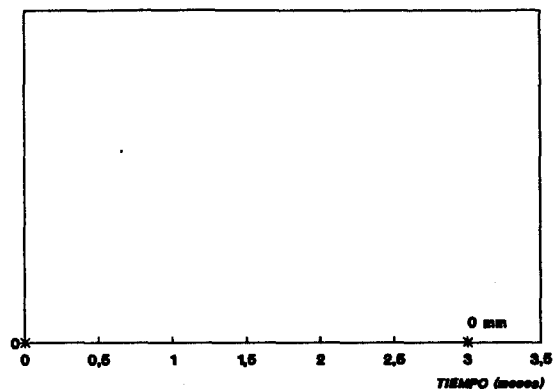
HITO Nº139



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

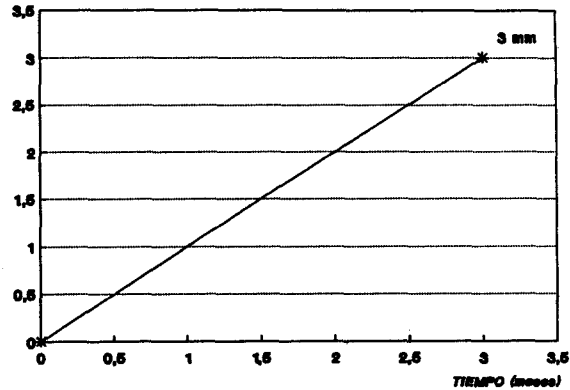
HITO N°140



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

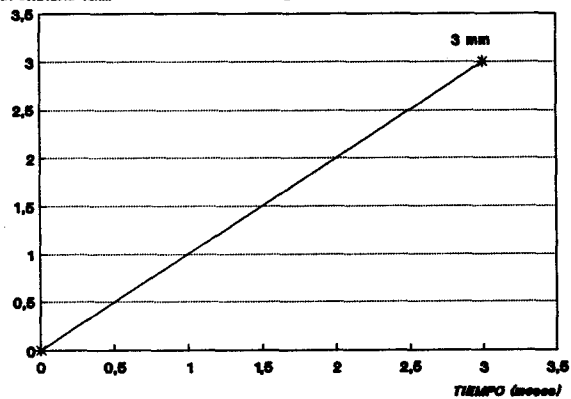
HITO N°141



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

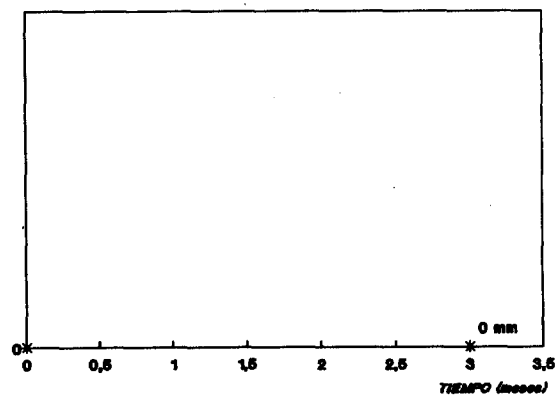
HITO N°142



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

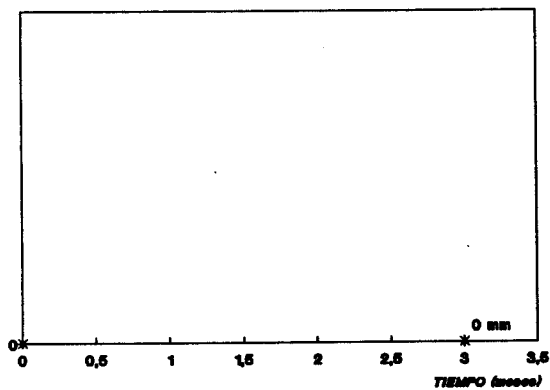
HITO N°143



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

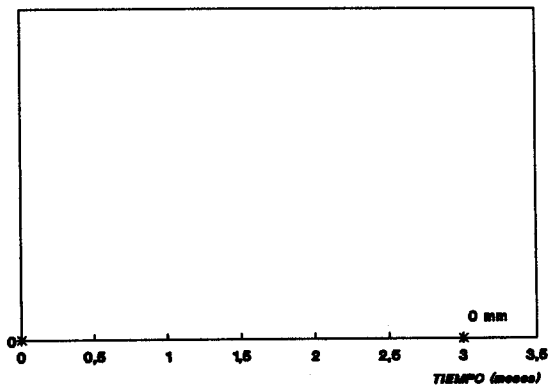
HITO N°144



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

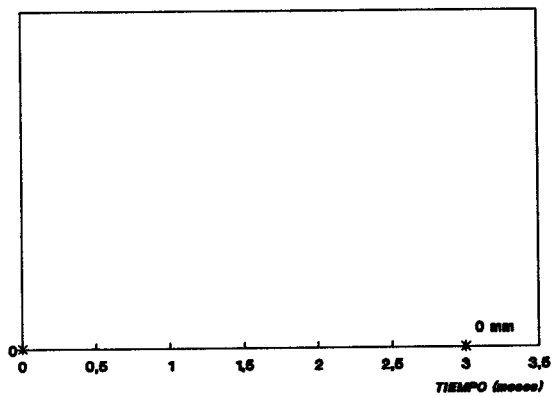
HITO N°145



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

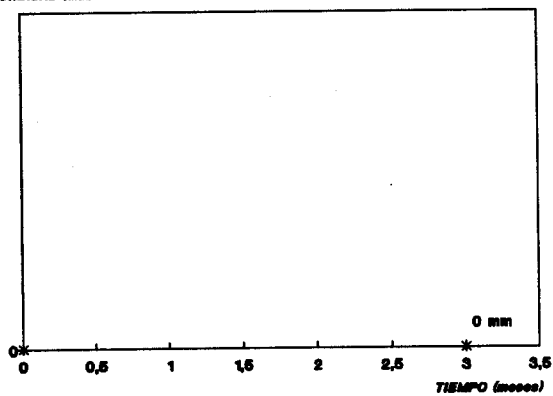
HITO N°146



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

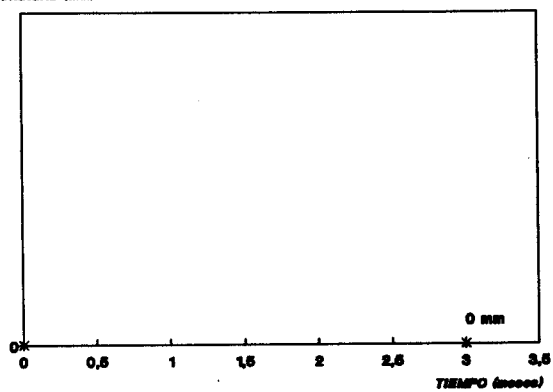
HITO N°147



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

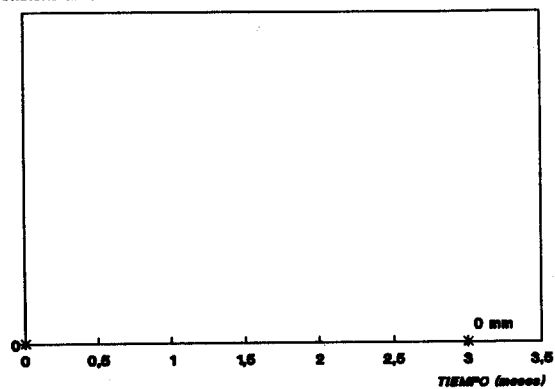
HITO N°148



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

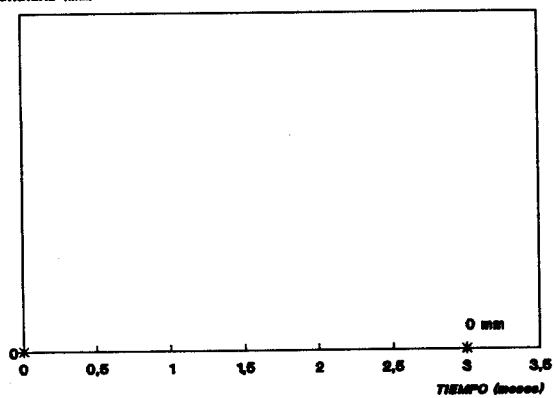
HITO N°149



EVOLUCION DE HUNDIMIENTOS

PROFUNDIDAD (mm)

HITO N°150



B.- CUADROS

CUADRO Nº1

Hundimientos y su evolución en Julio de 1996

HITO Nº	HUNDIMIENTO (mm)		EVOLUCIÓN HUNDIMIENTOS REALES	OBSERVACIONES
	Real	Teórico		
10	27	210	FC	Desaparecido en Mayo/95
21	38	130	FC	
75	300	245	FC	
76	46	115	TE	
78	178	180	FC	
79	512	330	FC	
101	62	90	FC	
102	40	110	FC	
103	340	260	FC	
104	267	450	FC	
105	555	610	FC	
106	672	585	FC	
107	269	430	FC	
108	186	160	FC	
109	535	485	FC	
110	39	335	FC	
111	184	375	FC	
112	35	120	FC	
113	28	115	FC	
114	78	150	FC	
115	255	230	FC	
116	398	310	FC	
117	238	250	FC	
118	141	150	FC	
119	370	195	FC	
120	—	110	—	
121	182	130	FC	
122	91	245	FC	
123	107	365	FC	
124	-22	340	I	
125	0	130	I	
126	5	170	FC	
127	2	255	FC	
128	2	265	FC	
129	2	250	FC	
130	0	170	I	
131	3	180	FC	
132	2	220	FC	
133	0	270	I	
134	2	285	FC	
135	0	240	I	
136	0	150	I	
137	1	230	FC	
138	1	270	FC	
139	0	255	I	
140	0	210	I	
141	3	170	FC	

CUADRO Nº1 (Continuación)

Hundimientos y su evolución en Julio de 1996

HITO Nº	HUNDIMIENTO (mm)		EVOLUCIÓN HUNDIMIENTOS REALES	OBSERVACIONES
	Real	Teórico		
142	3	115	FC	
143	0	255		
144	0	165		
145	0	110		
146	0	75		
147	0	40		
148	0	160		
149	0	150		
150	0	90		

I = Inamovible

E = Estabilizado

TE = Tendencia a la estabilización

FC = En fase de crecimiento

C.- CALCULO POR ORDENADOR DE DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES

HORIZONTALES Y HUNDIMIENTOS

INFORME DEL ESTUDIO DE SUBSIDENCIA : BOO

ITINERARIO : 10 (Julio 1996)

FECHA : 03-16-1997

HORA: 05:32:35

COORDENADAS DE LA VENTANA :

ESQUINA INFERIOR IZQUIERDA :

X = 28100

Y = 18600

ESQUINA SUPERIOR DERECHA :

X = 29850

Y = 20200

COORDENADAS INICIALES DE LOS HITOS

NO.HITO	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
101	29465.564	19352.615	397.711
102	29312.61	19346.26	418.489
103	29316.715	19262.945	439.908
104	29493.22	19176.06	459.512
106	29315.945	19171.613	472.873
107	29320.58	19065.26	499.768
108	29316.265	18961.31	527.792
109	29229.501	19159.264	481.383
110	29034.345	19195.781	454.537
111	29175.402	19178.383	471.554
112	29120.378	19464.737	447.383
113	28999.777	19336.033	446.97
114	28808.645	19398.377	566.068
115	28705.852	19295.5	572.197
116	28705.301	19196.892	573.569
117	28710.519	19098.581	600.618
118	28701.438	19010.987	612.289
119	28607.46	19196.941	589.512
121	28704.712	19397.613	615.49
122	28808.643	19307.111	539.168
123	28811.775	19200.227	533.727
124	28917.661	19211.619	482.652
10	29004.033	19571.348	510.989
21	28877.809	19434.412	544.316
75	29357.118	19270.578	431.729
76	29276.296	19329.704	424.069
78	29341.707	19294.695	429.623
79	29409.411	19246.096	435.534
105	29390.667	19167.668	472.423
125	28904.236	19483.992	536.455
126	28987.878	19525.473	513.167
127	29029.755	19623.964	510.553
128	29047.183	19659.274	510.132
129	29069.516	19712.058	509.129
130	29098.976	19791.959	508.128
131	29063.038	19529.481	477.051
132	29081	19555.869	471.523

133	29120.626	19596.528	464.17
134	29160.567	19632.145	456.253
135	29176.922	19566.27	445.307
136	29142.988	19497.05	444.573
137	29277.623	19551.951	441.087
138	29253.461	19603.504	441.118
139	29273.739	19663.249	439.881
140	29284.56	19704.636	436.032
141	29271.014	19748.925	434.495
142	29289.84	19793.566	433.407
143	29342.125	19569.4	438.455
144	29425.099	19580.012	431.206
145	29475.945	19623.736	421.593
146	29517.806	19643.829	408.175
147	29542.892	19695.091	397.808
148	29441.974	19549.52	422.665
149	29428.2	19495.193	407.201
150	29189.067	19418.602	428.215

COORDENADAS DE LOS HITOS EN EL ITINERARIO 10

NO.HITO	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
101	29465.564	19352.609	397.649
102	29312.612	19346.186	418.449
103	29316.789	19262.855	439.568
104	29493.173	19176.065	459.245
106	29315.995	19171.608	472.201
107	29320.45	19065.132	499.499
108	29316.233	18961.308	527.606
109	29229.578	19159.288	480.848
110	29034.316	19195.727	454.498
111	29175.41	19178.429	471.37
112	29120.4	19464.713	447.348
113	28999.772	19336.03	446.942
114	28808.648	19398.337	565.99
115	28705.8067	19295.367	571.942
116	28705.215	19196.917	573.171
117	28710.402	19098.57	600.38
118	28701.302	19010.946	612.148
119	28607.44	19196.729	589.142
121	28704.631	19397.589	615.308
122	28808.645	19307.047	539.077
123	28811.714	19200.175	533.62
124	28917.655	19211.619	482.674
10	29004.053	19571.308	510.962
21	28877.835	19434.391	544.278
75	29357.131	19270.41	431.429
76	29276.324	19329.601	424.023
78	29341.706	19294.695	429.445
79	29409.475	19246.104	435.022
105	29390.711	19167.652	471.868
125	28904.238	19483.995	536.455
126	28987.874	19525.474	513.162
127	29029.757	19623.964	510.551
128	29047.185	19659.278	510.13
129	29069.518	19712.055	509.127
130	29098.981	19791.963	508.128
131	29063.036	19529.48	477.048
132	29081.003	19555.873	471.521
133	29120.622	19596.525	464.17
134	29160.564	19632.141	456.251

135	29176.926	19566.273	445.307
136	29142.991	19497.052	444.573
137	29277.62	19551.955	441.086
138	29253.46	19603.501	441.117
139	29273.743	19663.245	439.881
140	29284.561	19704.638	436.032
141	29271.017	19748.924	434.492
142	29289.843	19793.568	433.404
143	29342.127	19569.4	438.455
144	29425.096	19580.01	431.206
145	29475.947	19623.732	421.593
146	29517.802	19643.827	408.175
147	29542.89	19695.095	397.808
148	29441.986	19549.523	422.665
149	29428.201	19495.195	407.201
150	29189.064	19418.6	428.215

DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES HORIZONTALES Y HUNDIMIENTOS

NO.HITO	DESP.HORZ. (mm)	HUNDIMIENTO (mm)	DEF. HORZ. (mm/m)
101	6	62	7.528137E-02
102	74	40	-.4316523
103	116.5	340	-.4346489
104	47.3	267	-.8337673
106	50.2	672	-.4242535
107	182.4	269	.3897821
108	32.1	186	-.6580579
109	80.7	535	.4360154
110	61.3	39	.0976816
111	46.7	184	.8059355
112	32.6	35	.1287077
113	5.8	28	2.835035E-02
114	40.1	78	.4623652
115	140.5	255	-2.080818E-02
116	89.6	397.9	-.6409397
117	117.5	238	-9.298977E-02
118	142	141	6.122566E-02
119	212.9	370	-.6227854
121	84.5	182	.8599268
122	64	91	.2265273
123	80.2	107	.2167179
124	6	-22	7.667033E-02
10	44.7	27	-.2436335
21	33.4	38	.1990373
75	168.5	300	1.694021
76	106.7	46	-.3635716
78	1	178	2.329094
79	64.5	512	6.695966E-02
105	46.8	555	-.1427559
125	3.6	0	.1133464
126	4.1	5	-.2997807
127	2	2	.1869024
128	4.5	2	6.566404E-03
129	3.6	2	-3.051485E-02
130	6.4	0	5.117189E-02
131	2.2	3	-1.005334E-02
132	5	2	-5.889198E-03
133	5	0	-3.874841E-02
134	5	2	-2.080078E-02
135	5	0	3.381294E-03
136	3.6	0	.1421995

137	5	1	-4.847879E-02
138	3.2	1	-6.718536E-02
139	5.7	0	6.554671E-02
140	2.2	0	2.068468E-02
141	3.2	3	-3.723222E-04
142	3.6	3	.0387743
143	2	0	7.823596E-03
144	3.6	0	.0394015
145	4.5	0	-6.436028E-02
146	4.5	0	-5.168418E-03
147	4.5	0	7.183515E-02
148	12.4	0	3.352007E-02
149	2.2	0	1.236736E-02
150	3.6	0	4.097763E-02
