



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**ESTUDIO DE LA SUBSIDENCIA MINERA RELACIONADA
CON AMPLIACIÓN Y NUEVA EXPLOTACIÓN SOBRE LA
CAPA 30 DE MINAS DE FIGAREDO, S.A., EN SANTA
CRUZ DE MIERES (ASTURIAS)**





INDICE

	<u>Pág.</u>
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- OBJETIVOS	1
3.- DOCUMENTACIÓN	2
4.- METODOLOGÍA DE CALCULO	2
4.1. Desarrollo del método	2
4.2. Hipótesis de cálculo	3
4.3. Reajuste paramétrico de la pre-cubeta de hundimiento	5
5.- ANALISIS DE RESULTADOS	6
5.1. Cubeta de hundimiento	7
5.2. Deformaciones por movimientos verticales del terreno	8
5.3. Deformaciones por movimientos horizontales del terreno	9
5.4. Desplazamientos del terreno	11
6.-EFECTOS DE LA SUBSIDENCIA EN LAS ANTIGUAS LABORES DE VANGUARDIA	12
6.1. Introducción	12
6.2. Deformaciones a cota de planta 5ª de la zona de Vanguardia	13
7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	14

ANEJOS

A.- FIGURAS

B.- RESULTADOS DEL PROGRAMA DE SUBSIDENCIA



ESTUDIO DE LA SUBSIDENCIA MINERA RELACIONADA CON AMPLIACIÓN Y NUEVA EXPLOTACIÓN SOBRE LA CAPA 30 DE MINAS DE FIGAREDO, S.A. EN SANTA CRUZ DE MIERES (ASTURIAS)

1.- INTRODUCCIÓN

Por la Dirección Regional de Minería y Energía de la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias fue solicitada en fecha 30.09.93, registro de salida, la asistencia técnica del ITGE, en relación con los fenómenos de subsidencia que se pueden producir por la ampliación del campo de explotación entre 6ª y 7ª plantas de la capa 30 y la nueva explotación entre 4ª y 5ª plantas sobre la misma capa, que MINAS DE FIGAREDO, S.A., se propone emprender, así como con la posible irrupción de aguas colgadas en estas explotaciones, al objeto de que por parte del ITGE, Area de Seguridad Minera, sea realizado el estudio correspondiente.

2.- OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo vienen definidos, en primer lugar, por el estudio de las posibles repercusiones en superficie a que podrían dar lugar la explotación de un nuevo panel de la capa 30 entre 4ª y 5ª plantas, de unos 1050 m de longitud, y la correspondiente a la prolongación hacia el O., unos 580 m, del panel entre 6ª y 7ª plantas actualmente explotado de la misma capa de MINAS DE FIGAREDO, S.A., teniendo en cuenta la precubeta de hundimiento originada por la explotación de la capa 23 (5ª a 6ª), sólo en un avance de 400 m desde el recorte de 23 x 6ª, la capa 27 (4ª a 7ª), la capa 30 (5ª a 7ª) y Carbonero de la 30 (5ª a 6ª).



En segundo lugar, el estudio de la posible irrupción en estas explotaciones, de agua proveniente de las antiguas labores de la Zona de Vanguardia, actualmente inundadas y cuyo piso más profundo se encuentra situado a la cota 114.

3.- DOCUMENTACIÓN

La documentación disponible es la consignada en el último estudio realizado sobre la zona titulado "Estudio de la subsidencia minera relacionada con la explotación de las capas 23, 27, 30 y Carbonero de la 30 de Minas de Figaredo, S.A., en Santa Cruz de Mieres (Asturias)", de fecha 28.09.92 y cuyas explotaciones estudiadas originan la actual precubeta de hundimiento, así como el siguiente estudio, proporcionado por el Servicio de Minas de la Dirección Regional de Minería y Energía y realizado por GEOCONTROL, S.A.:

- * "Subsidencia producida por la explotación de la capa 30, entre 4ª y 5ª plantas y entre 6ª y 7ª plantas de Minas de Figaredo, S.A." (16.07.93)

cuyo contenido es el estudio del tema, ahora solicitado al ITGE.

4.- METODOLOGÍA DE CÁLCULO

4.1. Desarrollo del método

El método de cálculo utilizado es el teórico-experimental, ya empleado en estudios anteriores y que está basado en las Funciones de Influencia, que modeliza la cubeta de hundimiento como resultante de la superposición de las cubetas asociadas a partes infinitesimales del área de extracción.



Todos los trabajos de modelización y sensibilidad paramétrica han sido realizados utilizando el programa ITGESUB (programa de subsidencia minera del ITGE).

Los métodos de predicción de la subsidencia basados en las Funciones de Influencia unen a su flexibilidad de aplicación una relativa rapidez en los cálculos, pero necesitan para una estimación más real de los resultados una determinación de los parámetros que las controlan y caracterizan, mediante mediciones del terreno, a través de la implantación de hitos topográficos para control de los movimientos subsidentes, con toma de medidas tanto altimétricas como planimétricas.

Por lo anterior, se han realizado estudios de sensibilidad del programa, estableciendo las correspondientes correlaciones entre los parámetros de la Función de Influencia utilizada y las características de mayor relieve de la cubeta de hundimientos teórica calculada. Estas características han sido:

- Hundimiento máximo de la cubeta.
- Apertura de la cubeta, definida por sus ángulos límites (sección transversal a las capas), considerando delimitada la zona de influencia por la isólinea de hundimiento de 1 mm.

4.2. Hipótesis de cálculo

A los efectos de funcionamiento del Programa, resultan indispensables los Planos de Labores y los topográficos, juntamente con los datos relativos a la potencia de las capas y los métodos de tratamiento post-taller.



Los datos estrictamente geológicos y geotécnicos sólo son útiles en lo referente a la interpretación de los resultados y, en particular, al análisis de la correspondencia entre los cálculos efectuados y las observaciones y mediciones en superficie que se realicen.

El estudio ha sido efectuado en dos fases. En la primera fase se ha reajustado la pre-cubeta de hundimiento (la definida en los apartados 2 y 3. Ver además, figura 1), redefiniendo los valores paramétricos de la Función de Influencia, según la evolución de los últimos movimientos de los hitos de control.

En la segunda fase, con los valores redefinidos de los parámetros, se ha hecho la simulación conjunta de la subsidencia que originaría la nueva explotación (apartado 2) y la correspondiente a la pre-cubeta de hundimiento (figura 2).

A continuación se expresan los datos utilizados para las potencias medias de las distintas capas, así como para las cotas generales de las plantas en las que se sitúan sus correspondientes guías de cabeza y de base:

CAPAS	POTENCIA MEDIA (m)
23 (5ª a 6ª)	0,80
27 (4ª a 5ª)	1,50
27 (5ª a 7ª)	1,50 y 1,80
30 (4ª a 6ª)	1,50
30 (6ª a 7ª)	1,20
Cbro. 30 (5ª a 6ª)	1,00



PLANTAS	COTA GENERAL
4ª	-66,00
5ª	-118,30
6ª	-173,30
7ª	-241,00

4.3. Reajuste paramétrico de la pre-cubeta de hundimiento

Como ya se ha indicado, el método de simulación de la subsidencia utilizado, exige una determinación o ajuste de los parámetros internos que controlan la Función de Influencia elegida, para adaptar o acomodar en lo posible la cubeta teórica que se calcula con la cubeta real de hundimiento a producirse.

El ajuste paramétrico es posible hacerlo cuando se tienen datos experimentales del punto o zona de trabajo, los que normalmente se adquieren a través de las mediciones en superficie haciendo uso del control de hitos topográficos, estratégicamente situados.

En el estudio de fecha 28.09.92 (apartado 3) se habían obtenido para los parámetros a , K y n que controlan la Función de Influencia del programa utilizado ITGESUB, los valores de 0,16; 0,30 y 0,25 respectivamente, con un hundimiento máximo de 465 mm para la cubeta (actual pre-cubeta) teórica calculada.

Para el estudio actual se ha reajustado la pre-cubeta, tomando como valor incrementado del hundimiento máximo un orden de 650 mm y teniendo en cuenta además los



últimos valores reales de hundimiento medidos en los hitos al 14.09.93 (vigésimosegunda nivelación efectuada por GEOCONTROL), particularmente considerando los hitos situados en los extremos de la pre-cubeta, para poder encajar lo más correctamente posible la apertura de la misma y consiguientemente sus ángulos límites y hundimiento máximo.

Después de múltiples pasadas de ordenador, obteniendo distintas correlaciones entre los parámetros "a (variabilidad entre 0,2 y 0,75), K y n", se pasó a efectuar hasta un total de 15 simulaciones de subsidencia para distintos valores escogidos de a, K y n, habiéndose seleccionado finalmente los siguientes valores paramétricos: $a = 0,25$, $K = 0,35$ y $n = 0,3$ (ver ANEJO B).

En las figuras 3 a 8 inclusive se representan las isolíneas de hundimiento, pendiente, deformación, desplazamientos según OX y OY y corte BB' de la pre-cubeta para los nuevos valores paramétricos. Como resumen se tiene:

Hundimiento máximo: 668 mm

Pendiente máxima: 0,0037

Deformación máxima (en compresión): 0,66 mm/m

Máximo desplazamiento según OX: -45 mm

Máximo desplazamiento según OY: 61 mm

5.- ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación, se analizan los resultados para la simulación conjunta de la subsidencia que originarían las explotaciones correspondientes a las nuevas labores y a la pre-cubeta de hundimiento, con los valores paramétricos seleccionados indicados en el apartado anterior (ver ANEJO B).



5.1. Cubeta de hundimiento

La cubeta de hundimiento teórica calculada es la representada en la figura nº 9. Es muy importante señalar que el programa utilizado, a diferencia de otros, está concebido para tener en cuenta en el cálculo de los hundimientos la topografía del terreno.

La zona de influencia de esta cubeta (hundimientos a partir de 1 mm) abarca prácticamente toda la zona edificada de Santa Cruz de Mieres, Grilleró y Sovilla, extendiéndose de SO. a NE. por todo el área del dibujo en una franja de 1100 m de anchura. El hundimiento máximo previsto en la zona, con el ajuste realizado, se cifra en unos 710 mm (GEOCONTROL obtiene 680 mm), correspondiendo a un punto aproximadamente situado a media distancia entre los hitos nº 4 y 5.

Se expone a continuación, a título de información, para cada hito topográfico de la zona los hundimientos teóricos calculados que le corresponderían:



HITO Nº	HUNDIMIENTO (mm)	HITO Nº	HUNDIMIENTO (mm)
1	125	15	110
2 bis	220	16	340
3	355	17 bis	470
4	600	18	337
5	690	19	80
6	615	20	178
7 bis	460	21	440
8	18	22	390
9	140	23	210
10	380	24	130
11	520	25	610
12	320	26	160
13	370	27	107
14	610	28	32

5.2. Deformaciones por movimientos verticales del terreno

Para el conocimiento de los posibles daños que las deformaciones pueden producir en las estructuras, como consecuencia de los movimientos verticales del terreno (hundimientos) no uniformes que dan lugar a los asentamientos diferenciales, se parte para su estudio del análisis de las isolíneas que definen las pendientes en la zona correspondiente a la cubeta de hundimiento (figura 10 y cortes en las figuras 14, 15 y 16).



A la vista de las figuras anteriores, se han considerado las pendientes 0,002; 0,003 y 0,0034 (como valor máximo), efectuándose su zonificación tal y como queda reflejada en la figura nº 10. En las edificaciones situadas en la zona con pendiente superior a 0,002 podría ser previsible la aparición de pequeños agrietamientos. Esta zona se extiende de SO. a NE. en el área centro-oriental de la figura, afectando a bastantes edificaciones tanto de Santa Cruz de Mieres (incluida la barriada nueva al sur de la subcentral) como de Grilleró.

Estos agrietamientos podrían incrementarse muy ligeramente en las tres pequeñas áreas con pendiente comprendida entre 0,003 y 0,0034, pero en las mismas apenas existen edificaciones.

Los posibles agrietamientos en la barriada nueva al sur de la subcentral podrían quedar minimizados debido a estar construida, al parecer, sobre terreno de relleno.

El lavadero de Sovilla no quedará afectado por los agrietamientos. En cuanto a la subestación de VIESGO, la zona de posibles agrietamientos alcanza claramente al parque de intemperie.

5.3. Deformaciones por movimientos horizontales del terreno

Para el conocimiento de los posibles daños que las deformaciones, bien a tracción o a compresión, pueden producir en las estructuras, como consecuencia de los movimientos horizontales del terreno, se parte para su estudio del análisis de las isolíneas que definen las deformaciones en la zona de influencia, indicada antes, con expresión de las áreas sujetas a tracción o a compresión (figura 11 y cortes en las figuras 14, 15 y 16).



Se puede observar que prácticamente en toda la zona de influencia las deformaciones, tanto en compresión como en tracción, serán inferiores a 0,5 mm/m. En un pequeño isleo al oeste del hito nº 5, y que apenas alcanza a edificación, se alcanza el máximo de deformación (en compresión) calculada: 0,6 mm/m (GEOCONTROL obtiene 0,9 mm/m).

Haciendo uso de la clasificación de la N.C.B. (1975) de daños por hundimiento y que relacionan estos daños con las deformaciones y longitudes de las estructuras se puede llegar a establecer:

- a) Zona con deformaciones inferiores a 0,0002 (aplicable de modo particular a la subestación de VIESGO, lavadero de Sovilla y barrada nueva al sur de la subestación)

Longitud total de la estructura, normal a isolíneas de deformación	Daños previsibles máximos, según la zona
Hasta 150 m	Muy ligeros o despreciables

En la subestación de VIESGO (edificio y parque de intemperie) los daños previsibles, por los esfuerzos de tracción no pasarían de muy ligeros o despreciables. Por tanto, los daños actualmente existentes no se verían agravados.

Igualmente, en el lavadero de Sovilla los daños previsibles por los esfuerzos de tracción no pasarían de muy ligeros o despreciables.

En la barrada nueva al sur de la subestación los daños que podrían ocasionarse por los esfuerzos de compresión no pasarían de muy ligeros o despreciables.



- a) Zona con deformaciones comprendidas entre 0,0002 y 0,0006 (máximo calculado en la zona)

Longitud total de la estructura, normal a isolíneas de deformación	Dafios previsibles máximos, según la zona
---	--

Hasta 50 m

Muy ligeros o despreciables

Los daños que podrían aparecer en los edificios de viviendas de la zona serían como máximo muy ligeros o despreciables.

Se recuerda que la N.C.B. describe en el caso de daños tipificados como muy ligeros o despreciables, a fisuras muy finas en la escayola y posibles grietas pequeñas y aisladas en el edificio, no visibles por fuera.

5.4. Desplazamientos de terreno

En las figuras 12 y 13 y cortes en las figuras 14, 15 y 16 se representan las líneas de isodesplazamiento según 0X (máximo -40 mm) y según 0Y (máximo 56 mm).

En la figura 13 se han representado los vectores desplazamiento de los 28 hitos implantados en la zona. En cuanto a la magnitud y orientación de estos vectores, son los siguientes:



HITO Nº	MAGNITUD (mm) Y ORIENTACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO	HITO Nº	MAGNITUD (mm) Y ORIENTACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO
1	12 SE.	15	34 SE.
2 bis	28 E.	16	50 SE.
3	35 E.	17 bis	45 SE.
4	29 SE.	18	56 NO.
5	13 NO.	19	31 NO.
6	33 NO.	20	43 SE.
7 bis	50 NO.	21	47 SE.
8	7 SE.	22	55 NO.
9	36 SE.	23	51 NO.
10	45 SE.	24	42 NO.
11	49 N.	25	14 O.
12	55 N.	26	45 NO.
13	56 N.	27	37 NO.
14	43 NO.	28	16 NO.

6.- EFECTOS DE LA SUBSIDENCIA EN LAS ANTIGUAS LABORES DE VANGUARDIA

6.1. Introducción

Se trata de comprobar si por efecto de la subsidencia en las antiguas labores de la Zona de Vanguardia, que se encuentran actualmente inundadas, podría existir el riesgo de una irrupción del agua en las nuevas explotaciones que se encuentran bajo aquellas labores (ver figura 17).



La extracción de carbón bajo el lecho del mar está regulada en el Reino Unido por la norma "Production Department Instruction, PI/1968/8" (NCB, 1968), avalada por muchos años de experiencia. En la misma se indica, para la explotación por tajo largo, que el recubrimiento entre el fondo del mar y el techo de la capa de carbón debe ser como mínimo 60 veces la potencia total de carbón extraída, de los que, al menos 60 m han de ser en terrenos carboníferos. Esta condición viene tabulada para distintos recubrimientos, entre 105 m para una potencia máxima que puede ser extraída de 1,7 m y 240 m de recubrimiento para una potencia máxima que puede ser extraída de 4 m.

Adicionalmente, esta norma señala que la explotación ha de ser proyectada de modo que la deformación a tracción en el fondo del mar no exceda de 10 mm/m, bien se trate de la explotación de una o de varias capas. Esta segunda condición es una limitación sobre la potencia máxima de carbón a extraer y anchura de la explotación.

La primera condición, queda cumplida para las nuevas explotaciones. Considerando que el piso más profundo de las antiguas labores de la Zona de Vanguardia, 5ª planta, está a la cota 114 y que la planta más alta de las nuevas explotaciones de la capa 30, la 4ª, está a la cota de -66, se tiene un recubrimiento mínimo de 180 m, que permitiría una potencia máxima de extracción de 3 m, muy superior a la que corresponde a la ampliación y nueva explotación sobre la capa 30, en estudio.

6.2. Deformaciones a cota de planta 5ª de la Zona de Vanguardia

Para el cálculo de estas deformaciones se ha efectuado la simulación de la subsidencia que originaría al nivel de la planta 5ª de la Zona de Vanguardia, cota 114, las



explotaciones correspondientes a las nuevas labores y a la pre-cubeta de hundimiento (ver ANEJO B).

En la figura 17 se presenta el resultado correspondiente a las isolíneas de deformación. Puede observarse que la Zona de Vanguardia se encuentra sometida toda ella a tracción. El valor máximo de las deformaciones a tracción es de 0,4 mm/m.

En cuanto al total de la zona de influencia, el máximo de deformación en compresión es de 0,7 mm/m y en tracción 0,5 mm/m.

El coeficiente de seguridad para el caso más desfavorables, según criterio de la British Coal, sería de:

$$F = \frac{10 \text{ mm/m}}{0,5 \text{ mm/m}} = 20$$

Por consiguiente, resulta más que improbable el riesgo de una irrupción de las aguas colgadas en las labores antiguas de la Zona de Vanguardia en las nuevas explotaciones.

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) Para el estudio de las posibles repercusiones que podrían ser originadas por la ampliación del campo de explotación entre 6ª y 7ª plantas de la capa 30 y la nueva explotación entre 4ª y 5ª plantas sobre la misma capa, se ha tenido en cuenta la pre-cubeta de hundimiento originada por la explotación de las capas 23 (5ª a 6ª), 27 (4ª a 7ª) y 30 (5ª a 7ª) y Carbonero de la 30 (5ª a 6ª), simulándose dicha pre-cubeta de hundimiento conjuntamente con las nuevas explotaciones.



- 2) Se ha efectuado un reajuste paramétrico de la pre-cubeta de hundimiento para adaptar lo más posible la cubeta teórica a la cubeta real, teniendo en cuenta para ello los últimos valores reales de hundimiento medidos en los hitos topográficos de control al 14.09.93 (vigésimosegunda nivelación efectuada por GEOCONTROL).

- 3) Aplicando el programa ITGESUB (programa de subsidencia minera del ITGE basado en el método de las Funciones de Influencia), una vez redefinidos sus parámetros según lo indicado en lo anterior, se ha efectuado la simulación de la subsidencia de todo el área de explotación, obteniéndose como resultado una cubeta de hundimiento cuya zona de influencia abarca prácticamente toda la zona edificada de Santa Cruz de Mieres, Grillero y Sovilla, cifrándose el hundimiento máximo en la zona, con el ajuste realizado, en unos 710 mm, correspondiendo a un punto aproximadamente situado a media distancia entre los hitos nº 4 y 5.

- 4) Los resultados obtenidos en cuanto a daños que podrían producirse como consecuencia de los movimientos verticales del terreno, no uniformes, con variaciones de la pendiente, indican que los mismos podrían limitarse como máximo, y según las zonas cartografiadas, a la aparición de agrietamientos pequeños o no considerables (pendientes comprendidas entre 0,002 y 0,003).

La zona de afección de estos posibles, pero pequeños agrietamientos, alcanzaría a bastantes edificaciones tanto de Santa Cruz de Mieres (incluida la barriada nueva al sur de la subestación y el parque de intemperie de ésta) como de Grillero. No obstante, en la subestación los agrietamientos ya aparecieron y en la barriada nueva podrían quedar minimizados, al estar construida, al parecer, sobre terreno de relleno.



- 5) Los resultados obtenidos en cuanto a los posibles daños en las estructuras por las deformaciones horizontales podrían quedar clasificados, como límite máximo, de muy ligeros o despreciables, siguiendo el criterio de clasificación del National Coal Board (1975), al ser estas deformaciones horizontales unitarias inferiores a 0,6 mm/m, en general, y a 0,2 mm/m, en particular, en la zona de la subestación de VIESGO y lavadero de Sovilla, sometidos a esfuerzos de tracción, y en la de la barriada nueva al sur de la subestación sujeta a esfuerzos de compresión.
- 6) Los desplazamientos del terreno serán como máximo de -40 mm según la dirección del eje de las X y de 56 mm según la de las Y.
- 7) No existe, prácticamente, probabilidad de riesgo de irrupción de las aguas colgadas en las antiguas labores de la Zona de Vanguardia, en las nuevas explotaciones, suponiendo condiciones geológicas normales dado que no se tienen datos estructurales de esta zona. El máximo esfuerzo de tracción en la Zona de Vanguardia se cifra en 0,4 mm/m.
- 8) Estos resultados, comparados con el estudio efectuado por GEOCONTROL, avalan el mismo a los efectos de la posibilidad de iniciación de las nuevas explotaciones, objeto de este estudio.
- 9) No obstante, el debido control de los movimientos de los hitos topográficos implantados en la zona, permitirá la vigilancia de la evolución de la cubeta real, dentro de los márgenes de la cubeta teórica analizada y la realización de los ajustes paramétricos correctores necesarios, si hubiera lugar.



- 10) A los efectos anteriores, resulta muy conveniente la implantación de cinco nuevos hitos en las nuevas áreas de subsistencia, hitos que se han numerado de 34 a 38 inclusive (ver figura 9) y cuyas coordenadas UTM serían aproximadamente las siguientes:

HITO Nº	COORDENADAS UTM	
	X	Y
34	273.385	4.786.330
35	273.655	4.786.385
36	273.600	4.786.710
37	273.765	4.786.275
38	274.545	4.786.190

Madrid, 10 de Enero de 1994

EL INGENIERO AUTOR DEL ESTUDIO,

Vº Bº

EL INGENIERO JEFE DEL AREA
DE SEGURIDAD MINERA



Fdo.: Arturo Ochoa Bretón

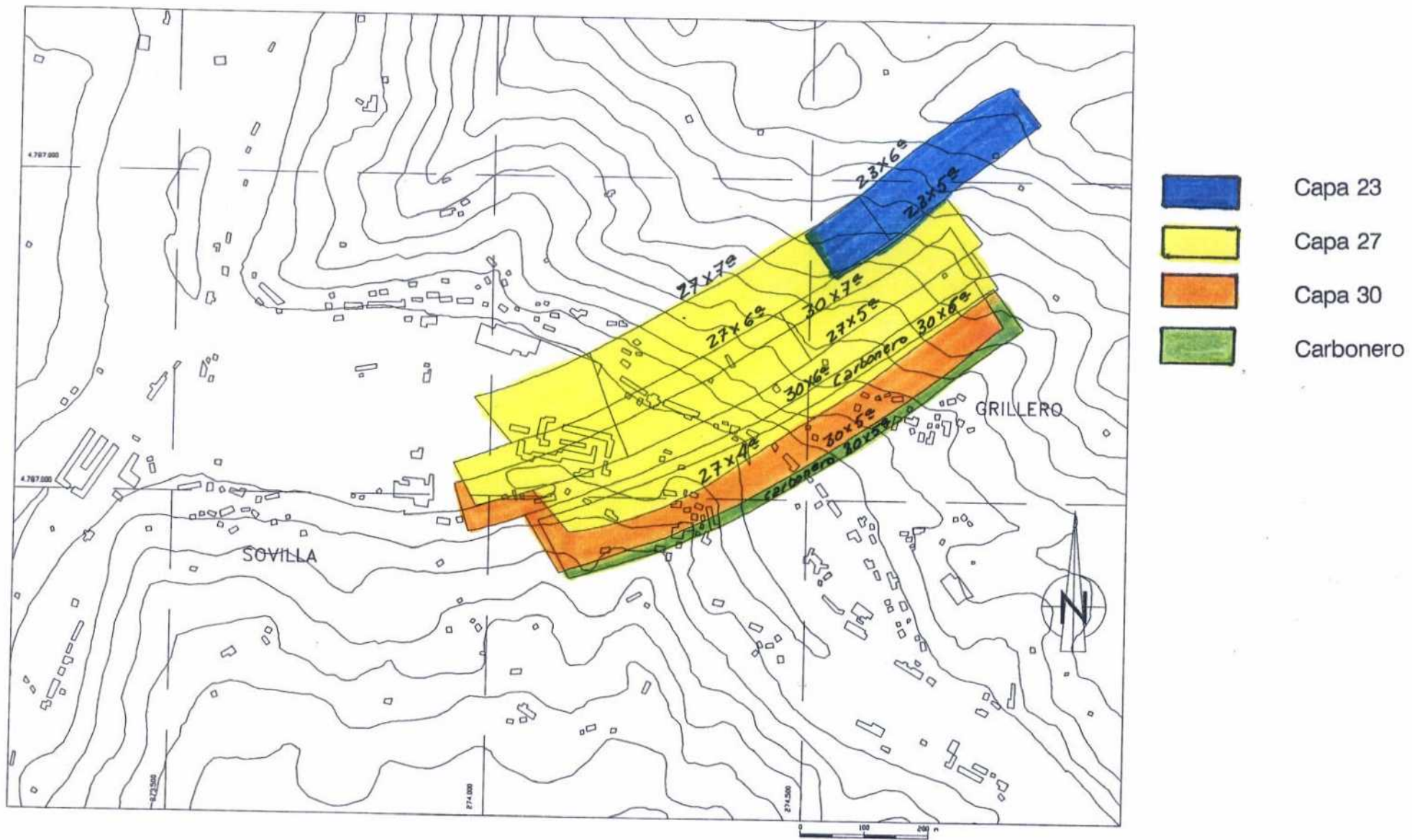
Fdo.: Jesús Gómez de las Heras Gandullo



ANEJOS

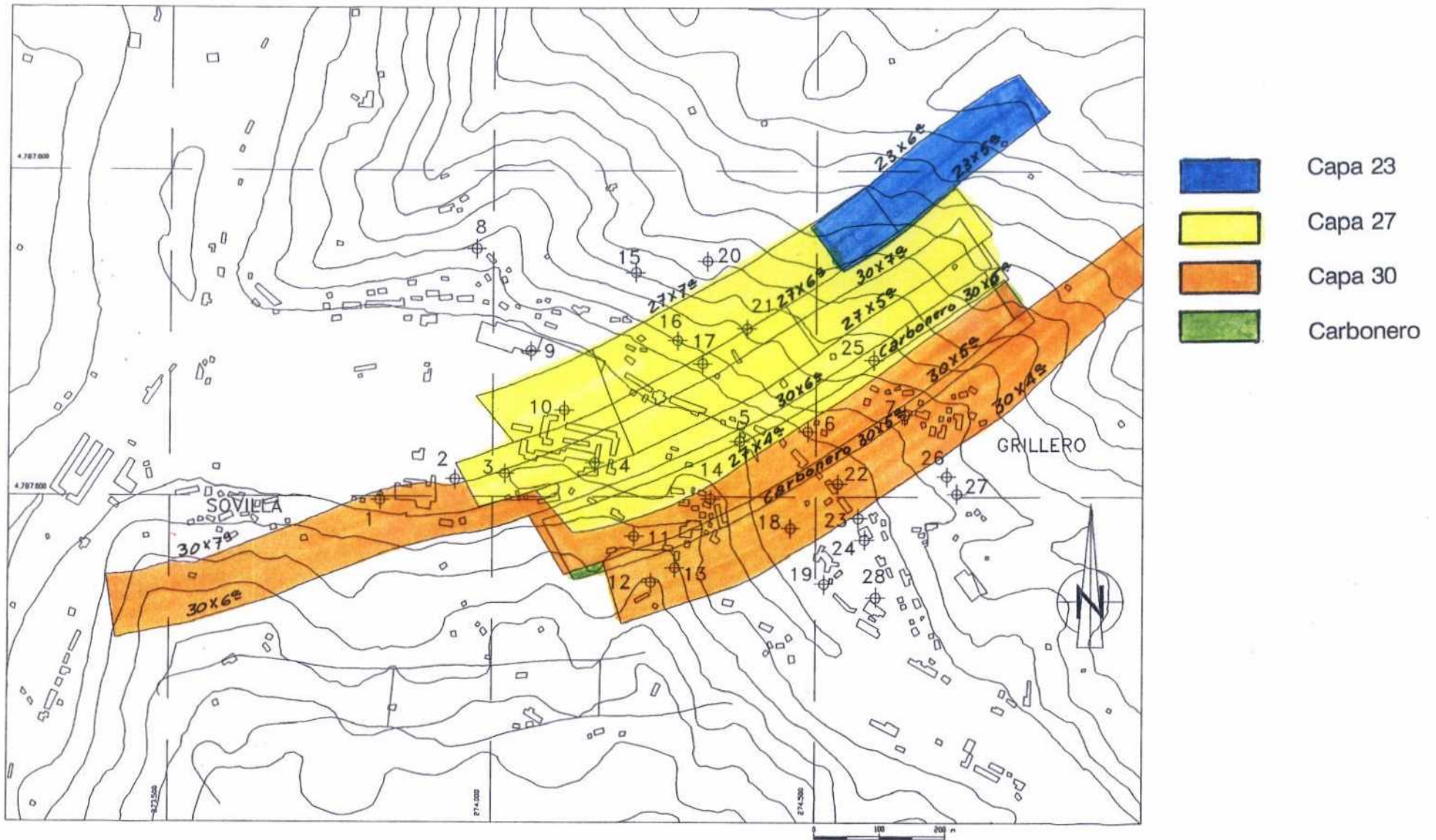


A-FIGURAS



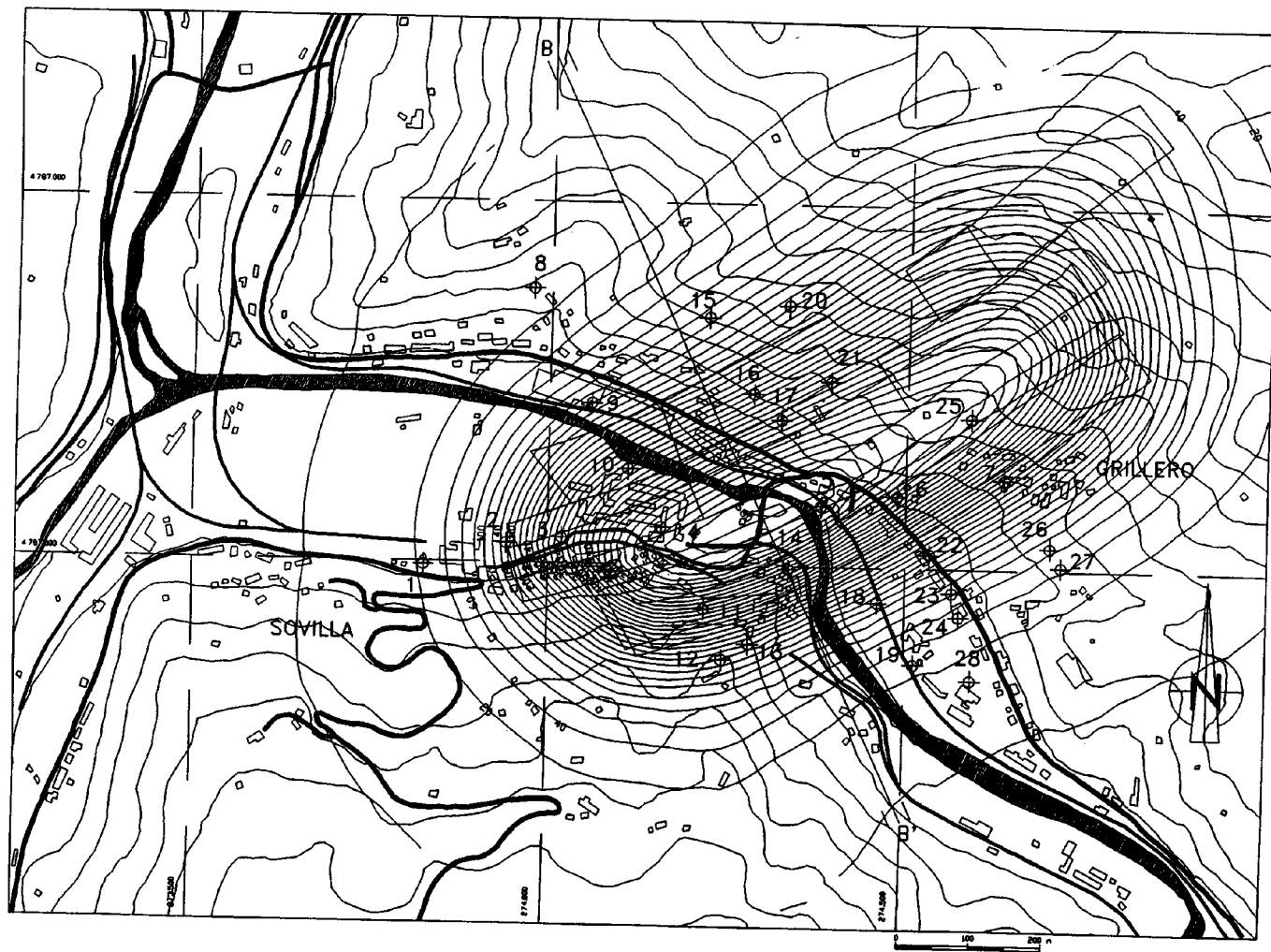
Explotaciones correspondientes a la pre-cubeta de hundimiento.

FIGURA 1



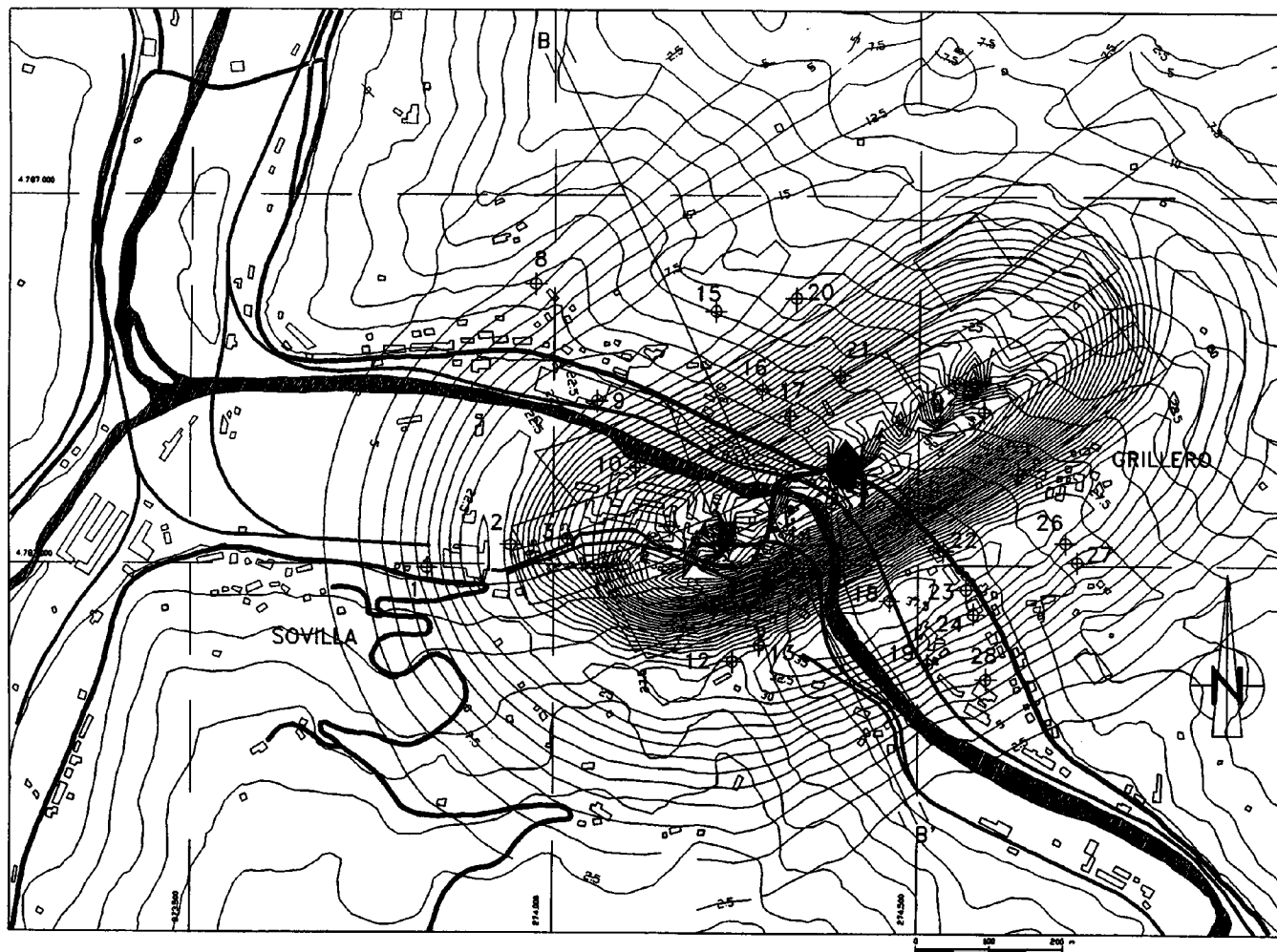
Explotaciones correspondientes a las nuevas labores y a la pre-cubeta de hundimiento.

FIGURA 2



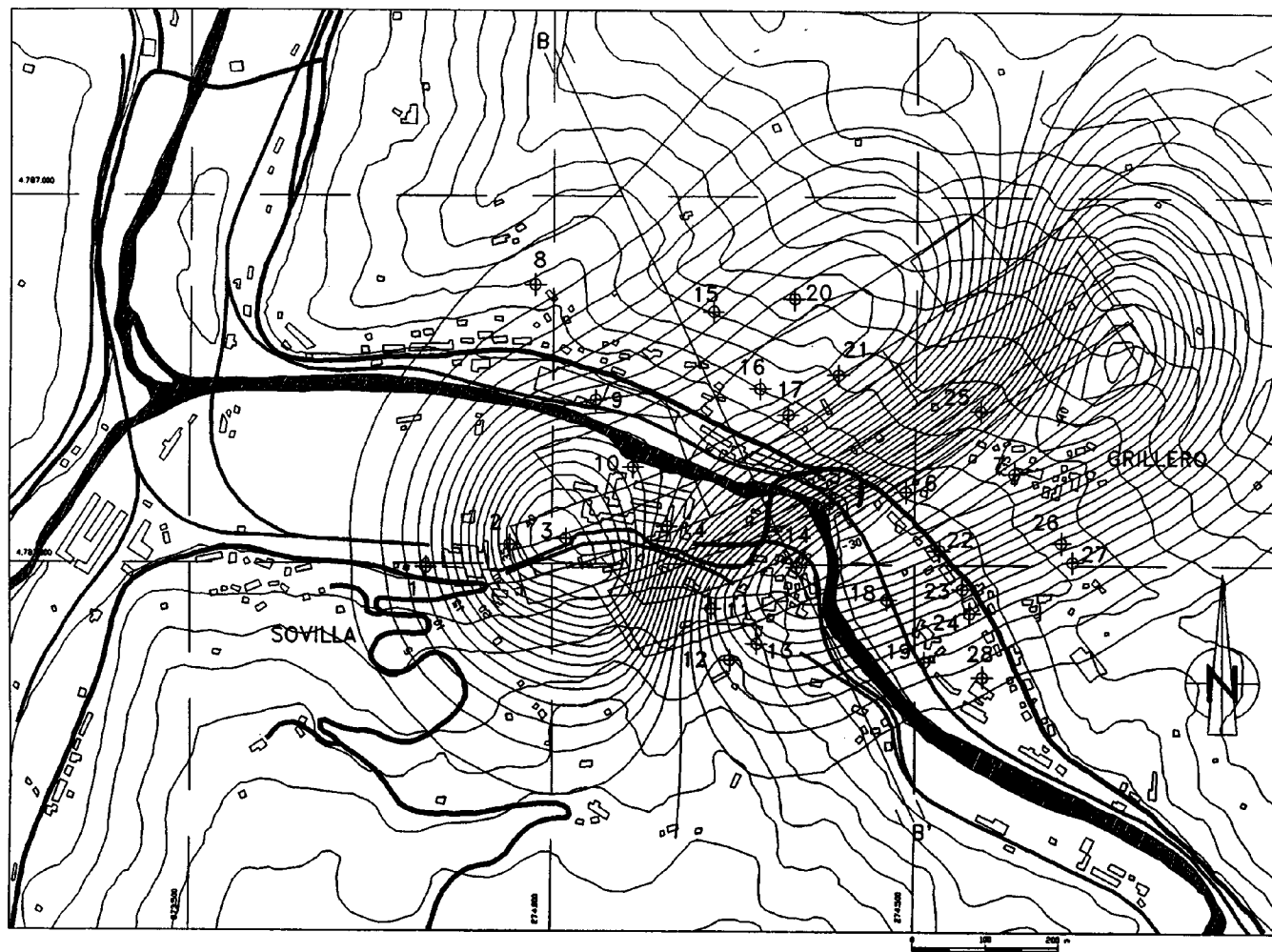
Pre-cubeta de hundimiento. Isolíneas de hundimiento (mm).

FIGURA 3



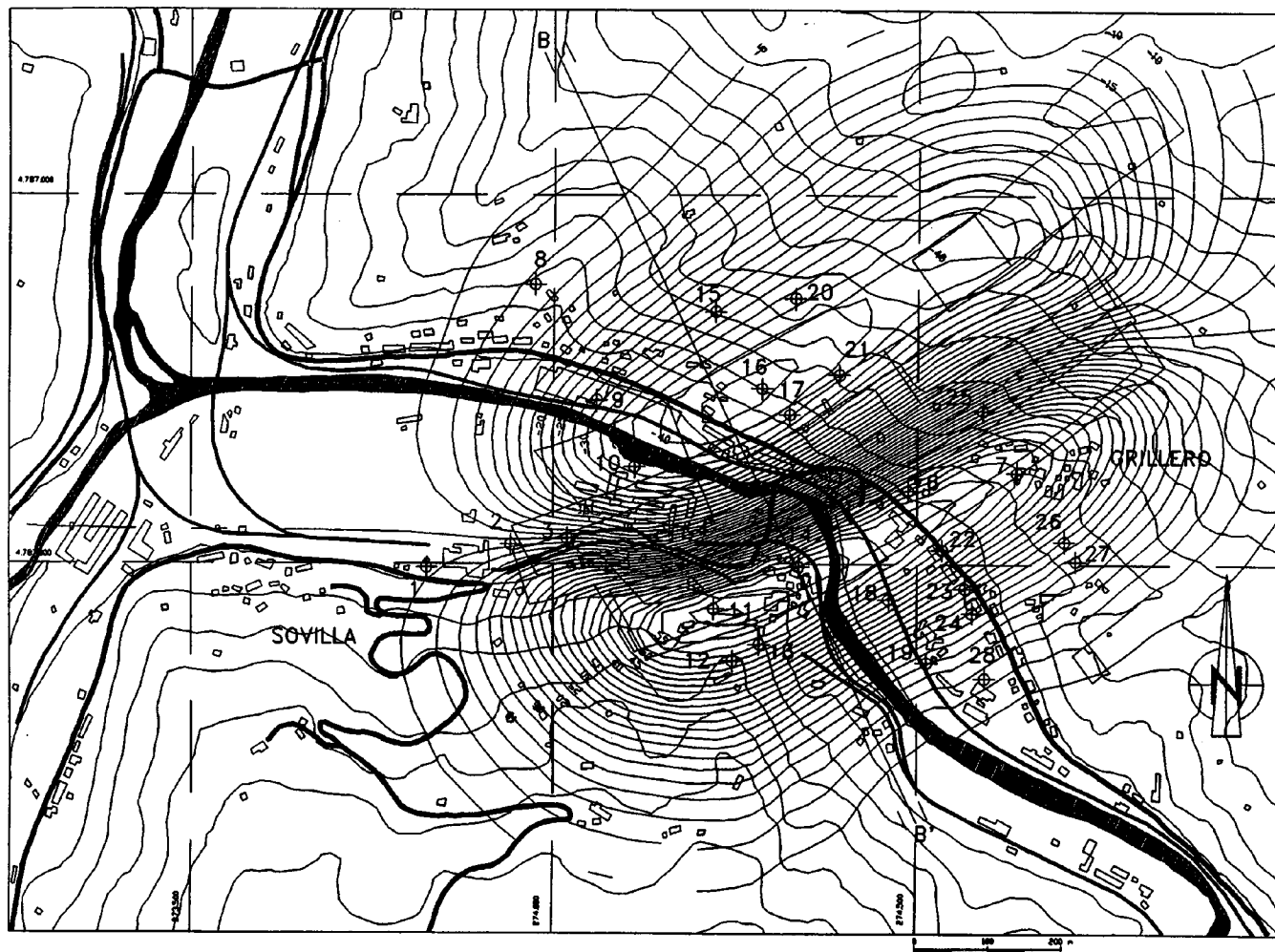
Pre-cubeta de hundimiento. Isólines de deformación ($\text{mm/m} \cdot 10^{-2}$).

FIGURA 5



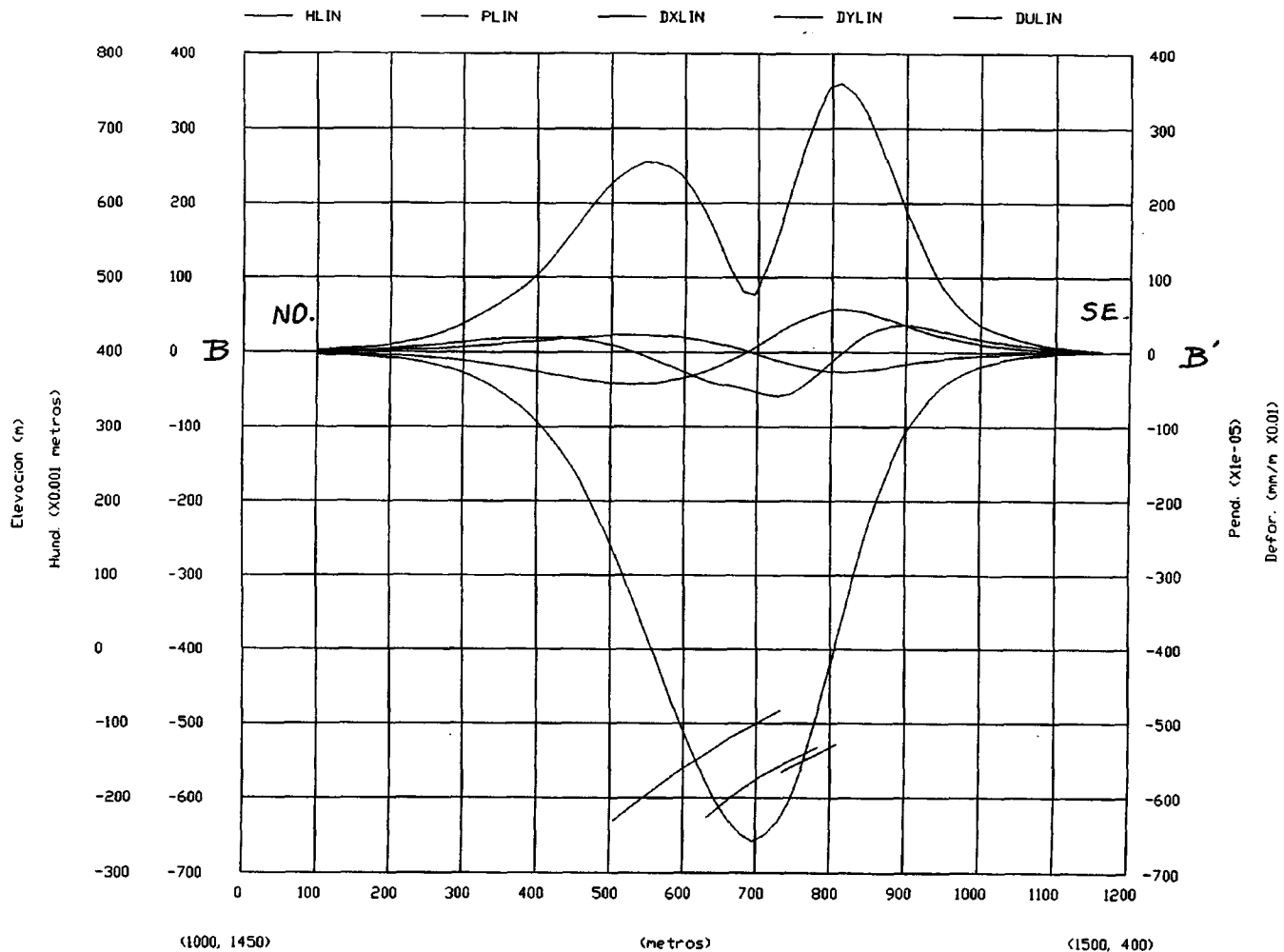
Pre-cubeta de hundimiento. Isolíneas de desplazamiento según OX (mm).

FIGURA 6



Pre-cubeta de hundimiento. Isolíneas de desplazamiento según OY (mm).

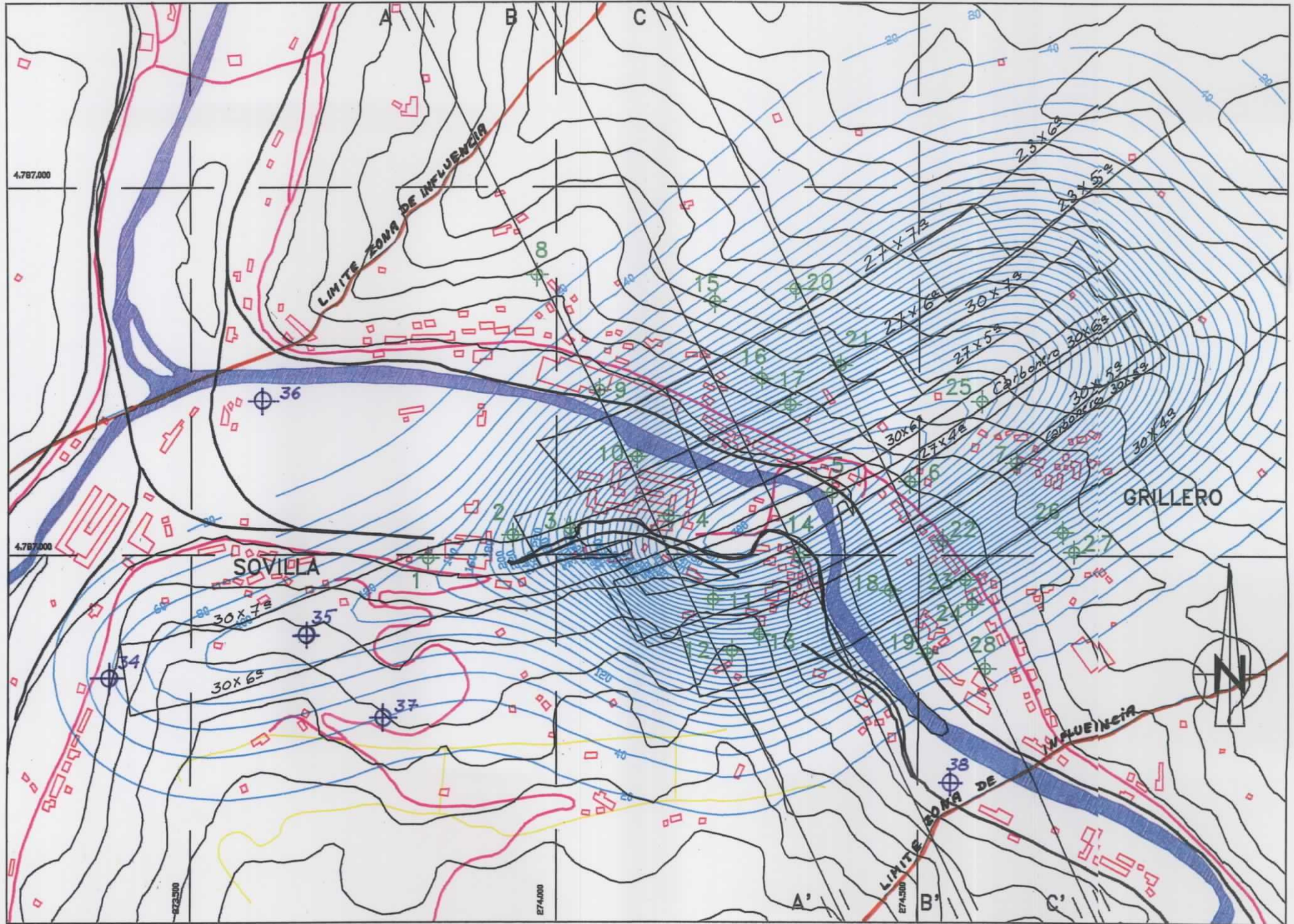
FIGURA 7



Pre-cubeta de hundimiento. Corte BB'.

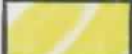

FIGURA 8

 Hito nuevo recomendado

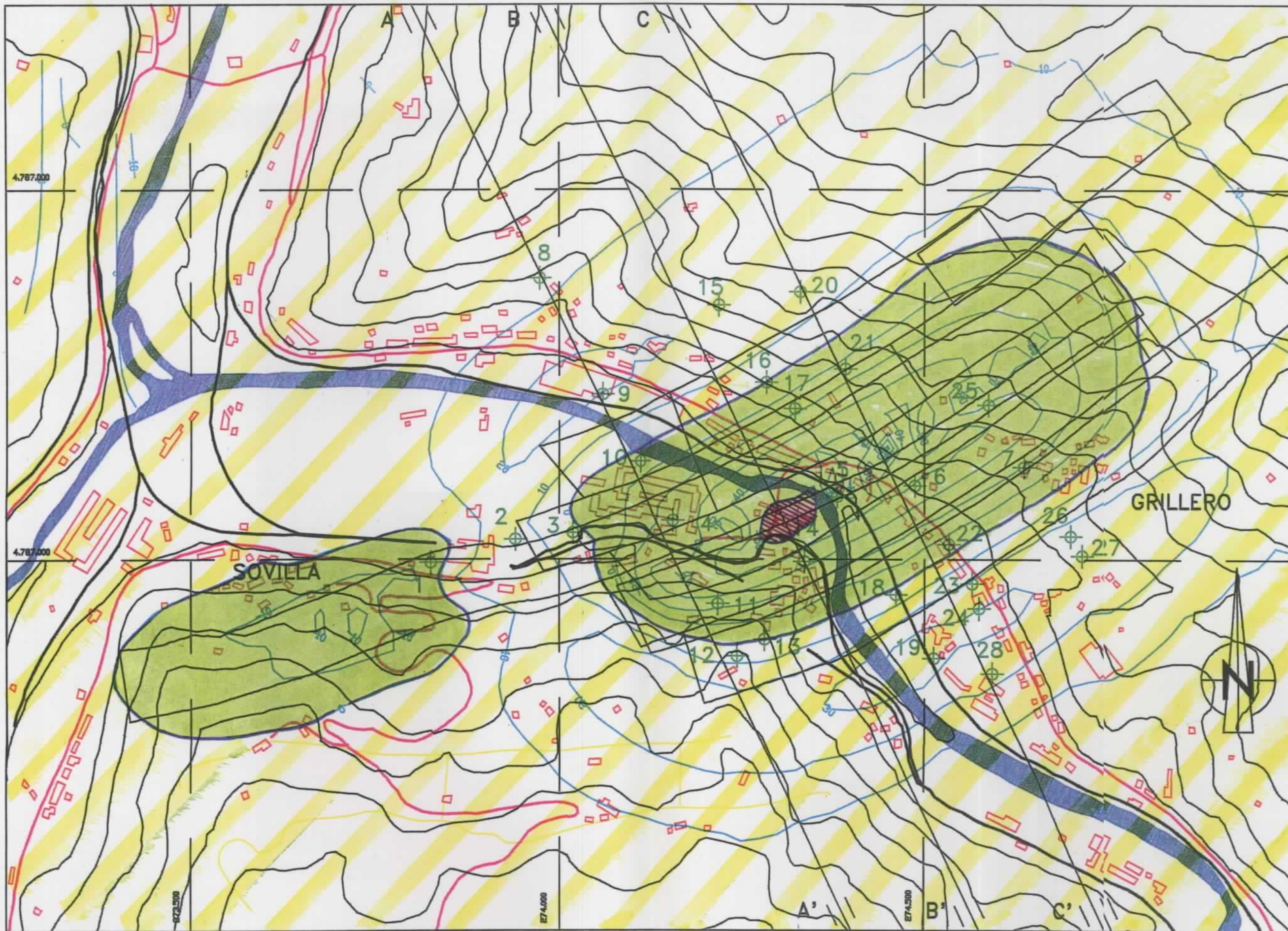


Lineas de Isohumbientes (mm)

FIGURA 9

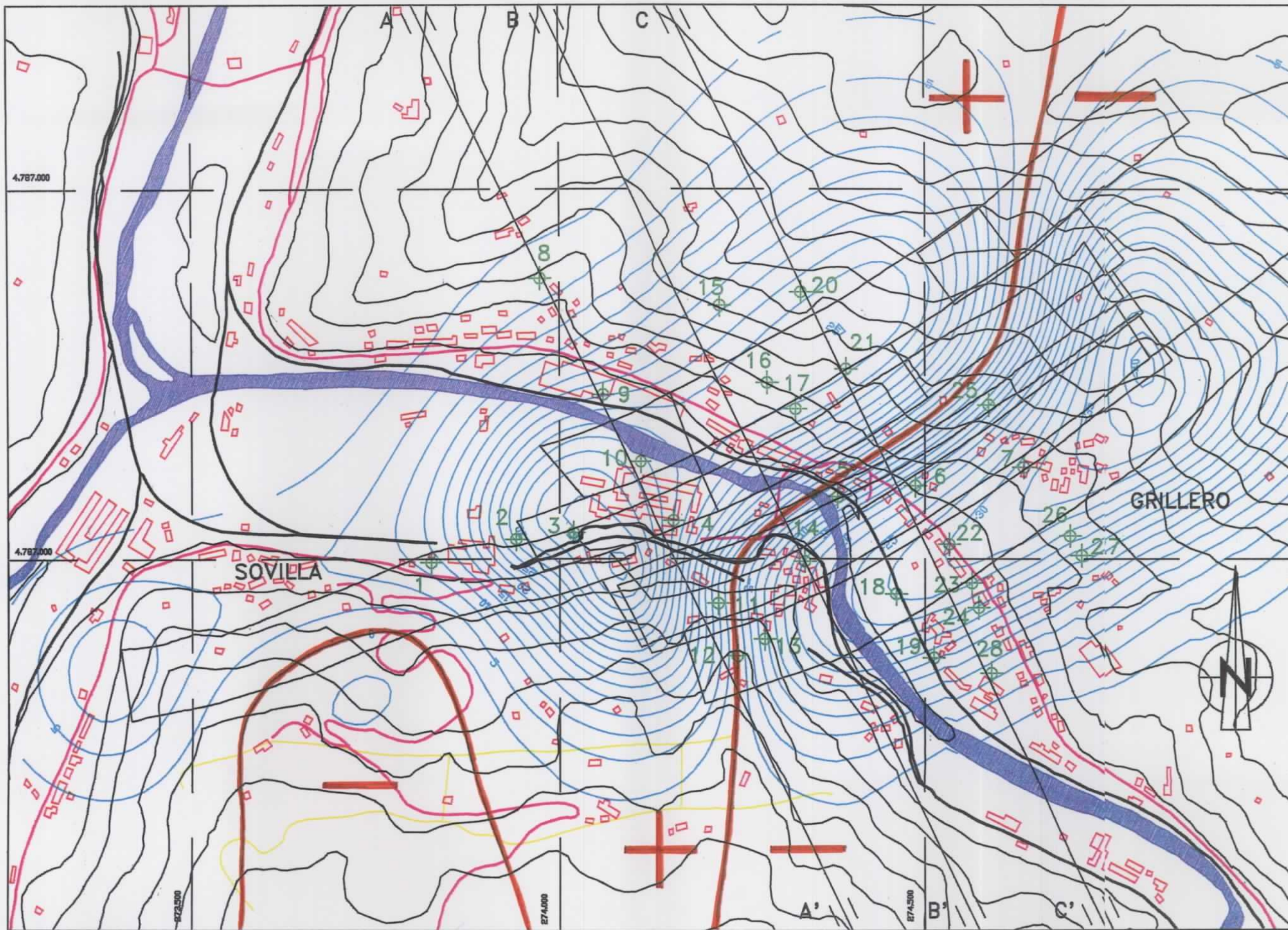
	Zona de Tracciones
	Zona de Compresiones

DEFORMACIONES (mm/m)	
0,5 < 	< 0,6
Resto	< 0,5



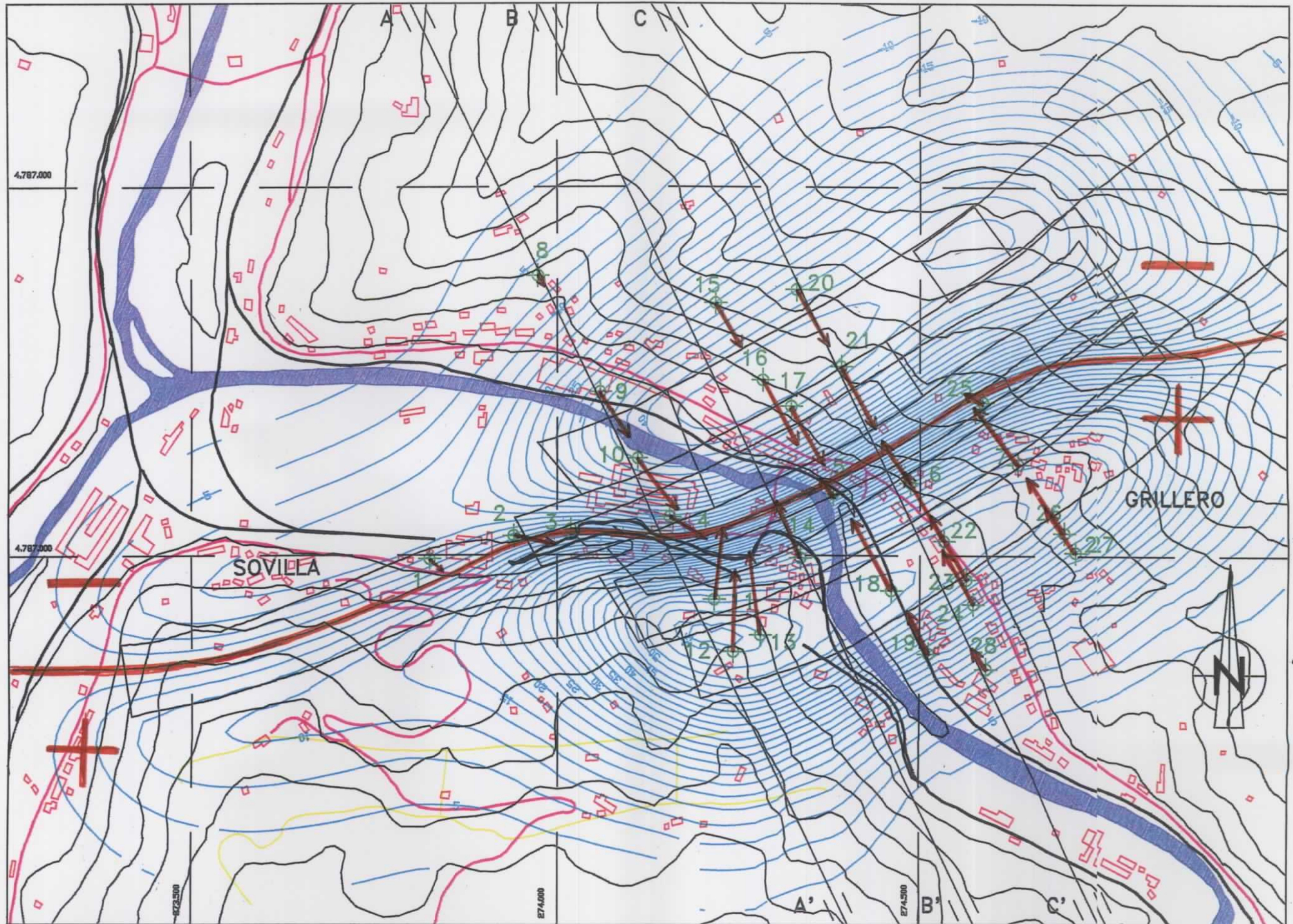
Líneas de isodeformación (mm/m *1e-2)

FIGURA 11



Líneas de isodesplazamiento según OX (mm)

FIGURA 12



←
vector
desplazamiento

0 50
100 200 m

Líneas de isodesplazamiento según OY (mm)

FIGURA 13

Pendientes
 0,002 < < 0,003
 0,003 < < 0,0034

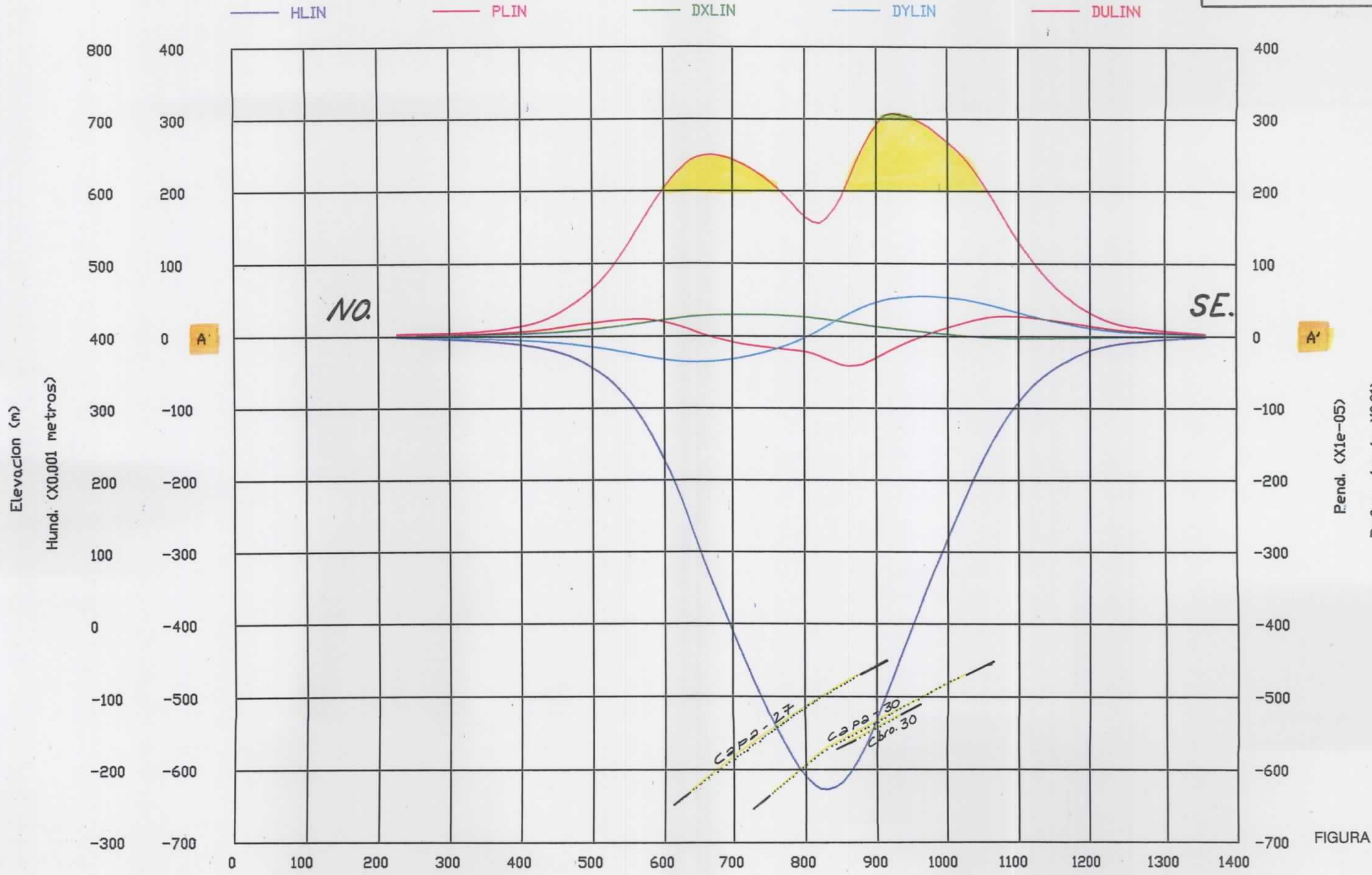


FIGURA 14

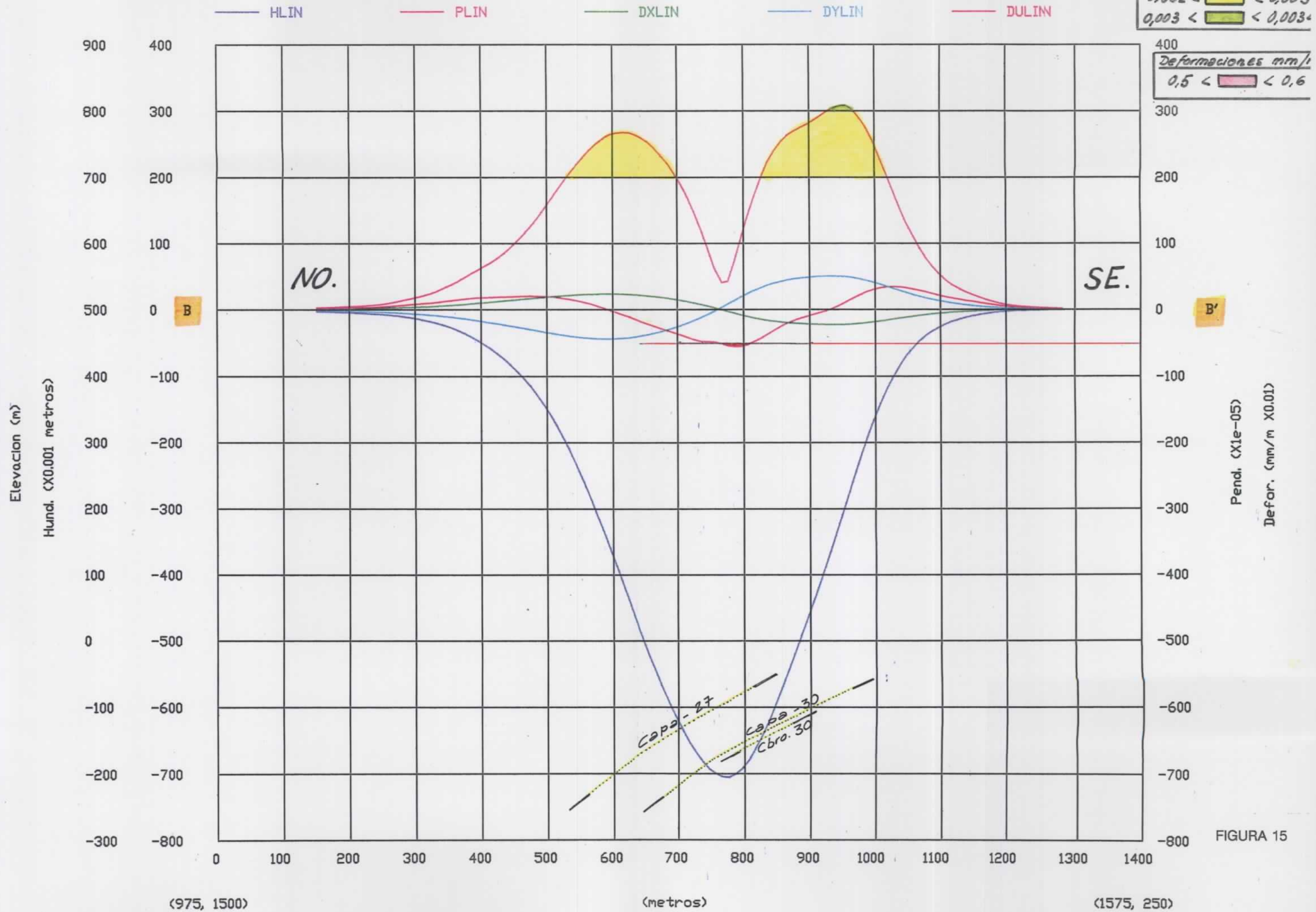


FIGURA 15

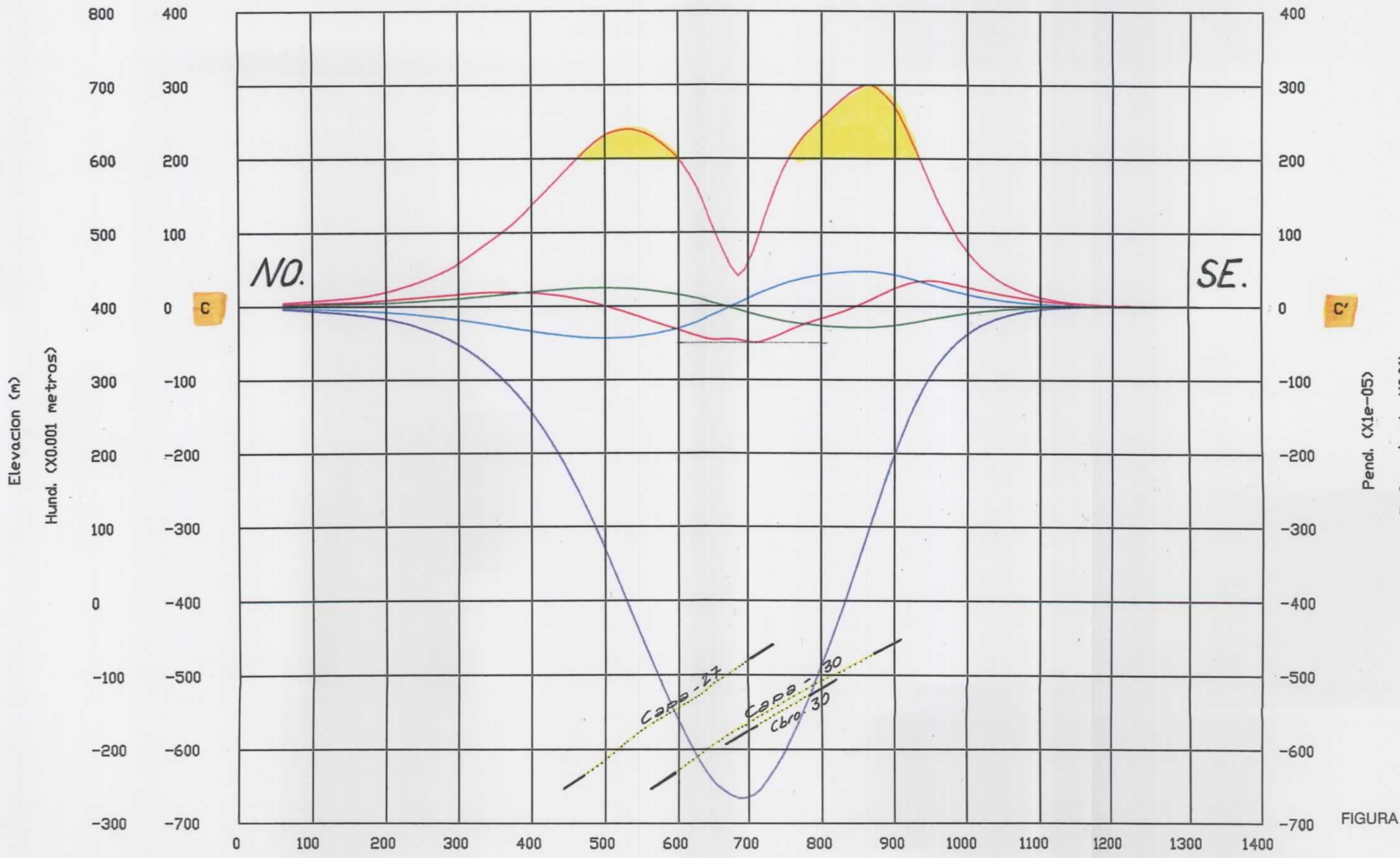
(975, 1500)

(metros)

(1575, 250)

Pendientes
 $0,002 < \text{[Yellow Box]} < 0,003$

HLIN PLIN DXLIN DYLIN DULIN

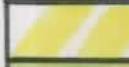



(1150, 1500)

(metros)

(1750, 250)

FIGURA 16

	Zona de Tracciones
	Zona de Compresiones

 Zona de Vanguardia

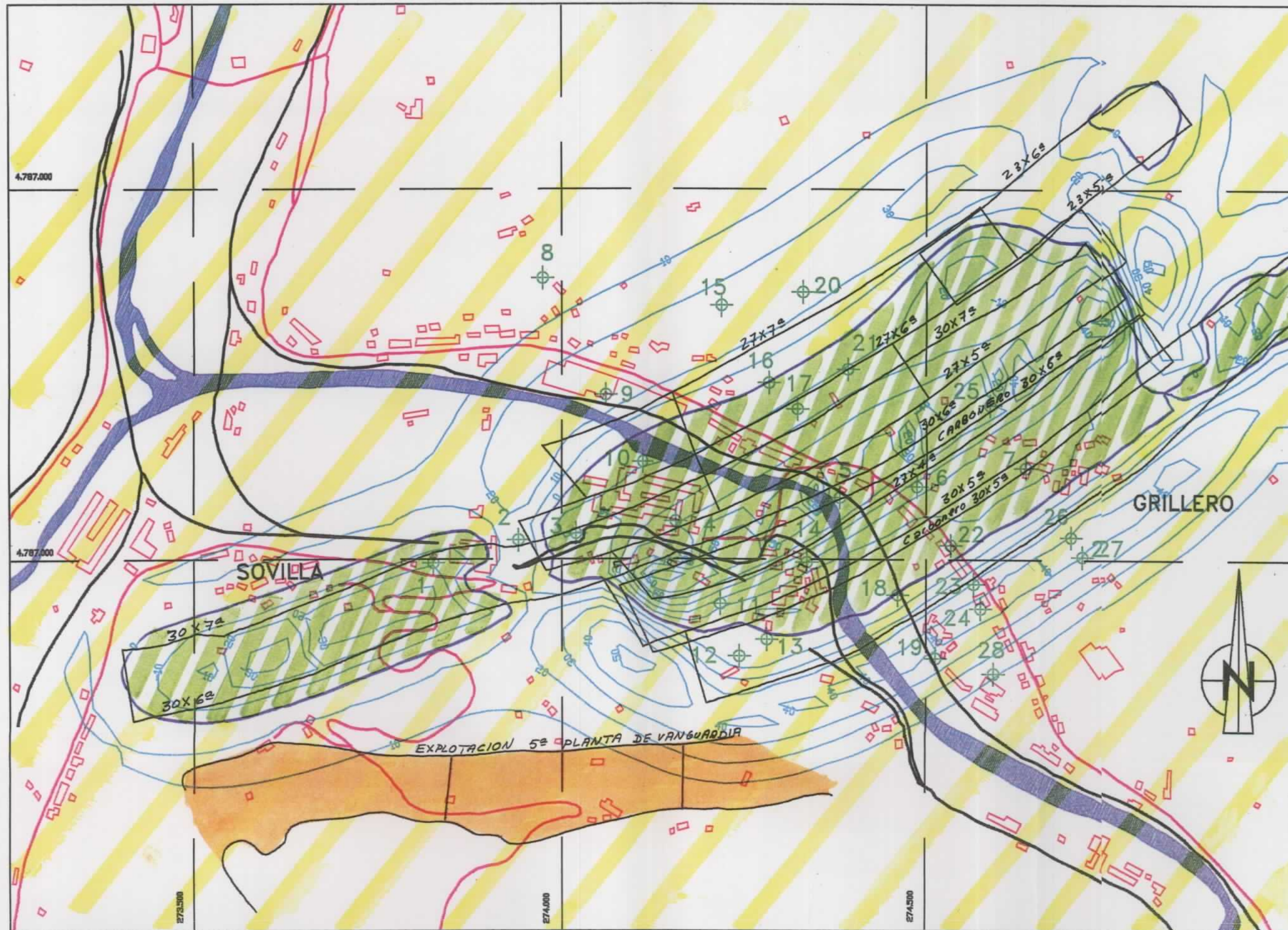


FIGURA 17

Lineas de isodeformacion (mm/m *10⁻²)



B.- RESULTADOS DEL PROGRAMA DE SUBSIDENCIA

PRE-CUBETA DE HUNDIMIENTO

Fichero que contiene las constantes de las funciones de influencia empleadas
por el programa itgesub

Funcion de Influencia.

$$dz = \frac{Pot * a}{(1+4n) (Kh)^2} \left[\exp \left(- \frac{r}{K * h} \right)^2 + n \exp \left(- \frac{r}{2Kh} \right)^2 \right]$$

Los valores de estos parametros son los que se asignan por defecto a
aquellas capas cuyos parametros caracteristicos no hayan sido definidos
en el fichero de entrada

Disposicion de las constantes:

#	a	K	n	Pdef
#	0.25	0.35	0.3	1.0

Pdef: Potencia por defecto de las capas cuyas zonas explotadas no han sido
definidas dentro del correspondiente layer ZUP#

Ampliacion de los desplazamientos

Tamano del texto relativo a la dimesiones maximas del dibujo

150. 0.0075

Separacion entre las isolneas.

Se indica tambien cada cuantas lineas se desea una linea maestra, y el
tipo de valores que se van a representar (0-Positivos 1-Negativos).

Nota: Las columnas 3 y 4 no podran ser modificadas generalmente.

El ultimo valor de cada linea indica el factor de escala con el que se
generan los numeros que identifican las isolneas.

HLIN (m) Los valores en milimetros.

PLIN

DXLIN (m)

DYLIN (m)

UDEF

0.02000	1	0	0.001
0.000200	1	0	0.00001
0.002500	2	1	0.001
0.002500	2	1	0.001
0.000025	1	1	0.00001

Identificamos los planos verticales segun los cuales se realizaran los
distintos cortes de la cubeta de subsidencia. Para cada plano se genera
un fichero independiente.

Num. Planos

1

Par de puntos por los que pasa la traza horizontal de cada plano

En la columna 5 se indica el nombre con extension .dxf del fichero donde
se recogeran los resultados graficos.

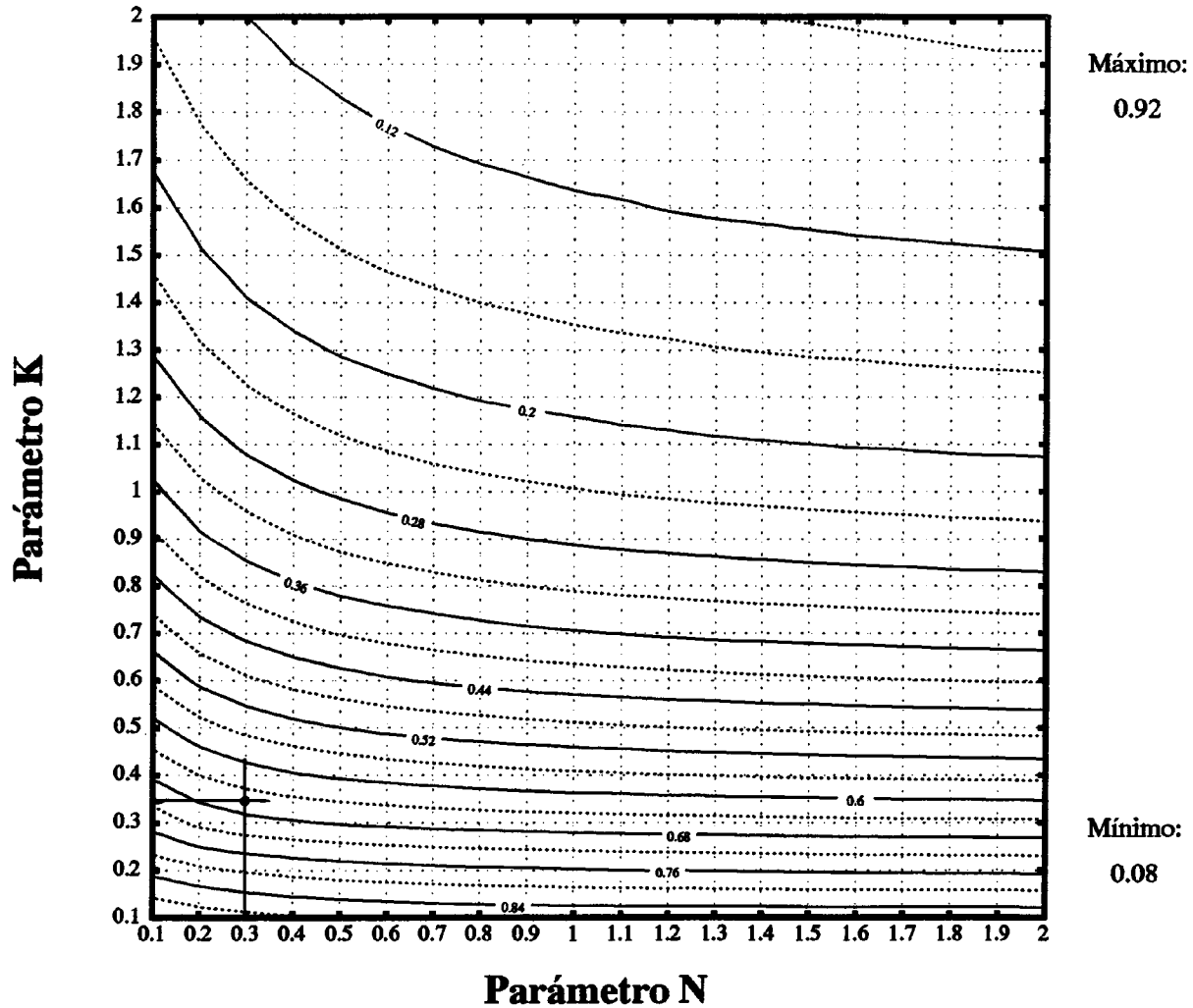
En la ultima columna se indica si las lineas generadas deben ser
convertidas a Splines (1) o no (0)

#	x0	y0	x1	y1	nom_fich	SPLINE
#	1000.0	1450.0	1500.0	400.0	corteBB.dxf	1

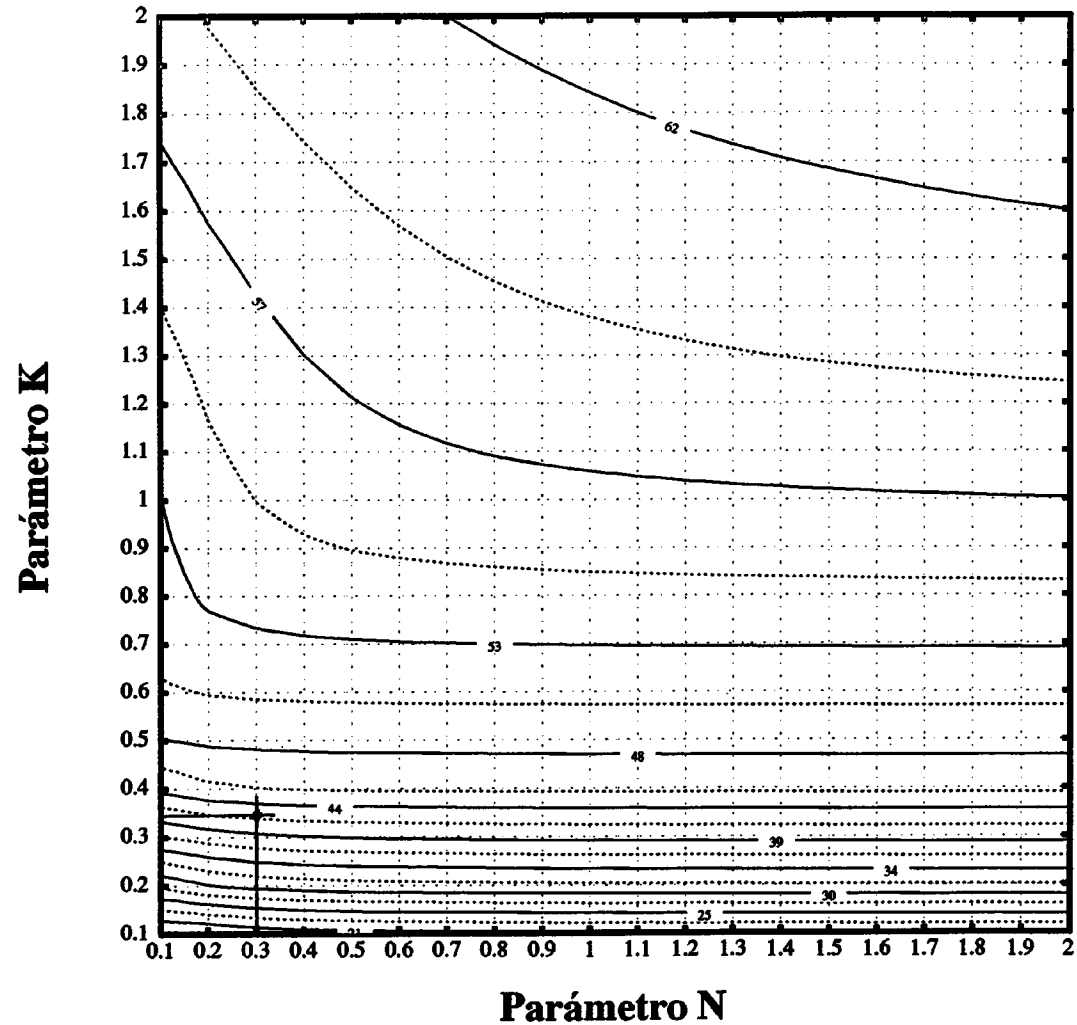
#

Max. Hund. :	0.056	Pos. [X,Y,Z]:	1650.000	1218.981	450.000
Max. Desp.X:	0.005	Pos. [X,Y,Z]:	1500.000	1184.300	437.500
Max. Desp.Y:	0.006	Pos. [X,Y,Z]:	1650.000	1114.218	400.000
Max. Hund. :	0.056	Pos. [X,Y,Z]:	1640.492	1225.000	456.250
Max. Desp.X:	0.005	Pos. [X,Y,Z]:	1488.267	1175.000	428.125
Max. Desp.Y:	0.006	Pos. [X,Y,Z]:	1629.544	1100.000	400.000
Max. Hund. :	0.380	Pos. [X,Y,Z]:	1300.000	882.180	250.000
Max. Desp.X:	0.027	Pos. [X,Y,Z]:	1000.000	846.572	250.000
Max. Desp.Y:	0.036	Pos. [X,Y,Z]:	1200.000	712.050	275.000
Max. Hund. :	0.378	Pos. [X,Y,Z]:	1264.935	875.000	250.000
Max. Desp.X:	0.027	Pos. [X,Y,Z]:	979.672	825.000	250.000
Max. Desp.Y:	0.036	Pos. [X,Y,Z]:	1260.017	725.000	250.000
Max. Hund. :	0.600	Pos. [X,Y,Z]:	1350.000	866.195	250.000
Max. Desp.X:	-0.041	Pos. [X,Y,Z]:	1775.000	1041.332	400.000
Max. Desp.Y:	0.055	Pos. [X,Y,Z]:	1275.000	708.236	275.000
Max. Hund. :	0.600	Pos. [X,Y,Z]:	1318.479	850.000	250.000
Max. Desp.X:	-0.041	Pos. [X,Y,Z]:	1762.159	1050.000	400.000
Max. Desp.Y:	0.055	Pos. [X,Y,Z]:	1311.504	725.000	250.000
Max. Hund. :	0.668	Pos. [X,Y,Z]:	1325.000	826.285	250.000
Max. Desp.X:	-0.045	Pos. [X,Y,Z]:	1775.000	1041.332	400.000
Max. Desp.Y:	0.060	Pos. [X,Y,Z]:	1225.000	667.792	300.000
Max. Hund. :	0.668	Pos. [X,Y,Z]:	1300.271	825.000	250.000
Max. Desp.X:	-0.045	Pos. [X,Y,Z]:	1775.000	1041.332	400.000
Max. Desp.Y:	0.061	Pos. [X,Y,Z]:	1218.564	675.000	275.000
Max. Pend.:	0.003791	Pos. [X,Y,Z]:	1350.000	711.804	256.250
Max. DefU.:	-0.000667	Pos. [X,Y,Z]:	1325.000	826.285	250.000
Ang.Lim.Inf. [B-B']:		44.5050 (505.639,-230.291)			(33.5762,250)
Ang.Lim.Sup. [B-B']:		41.0966 (809.023,-127.767)			(1138.53,250)

Máximo Hundimiento $a=0.25$



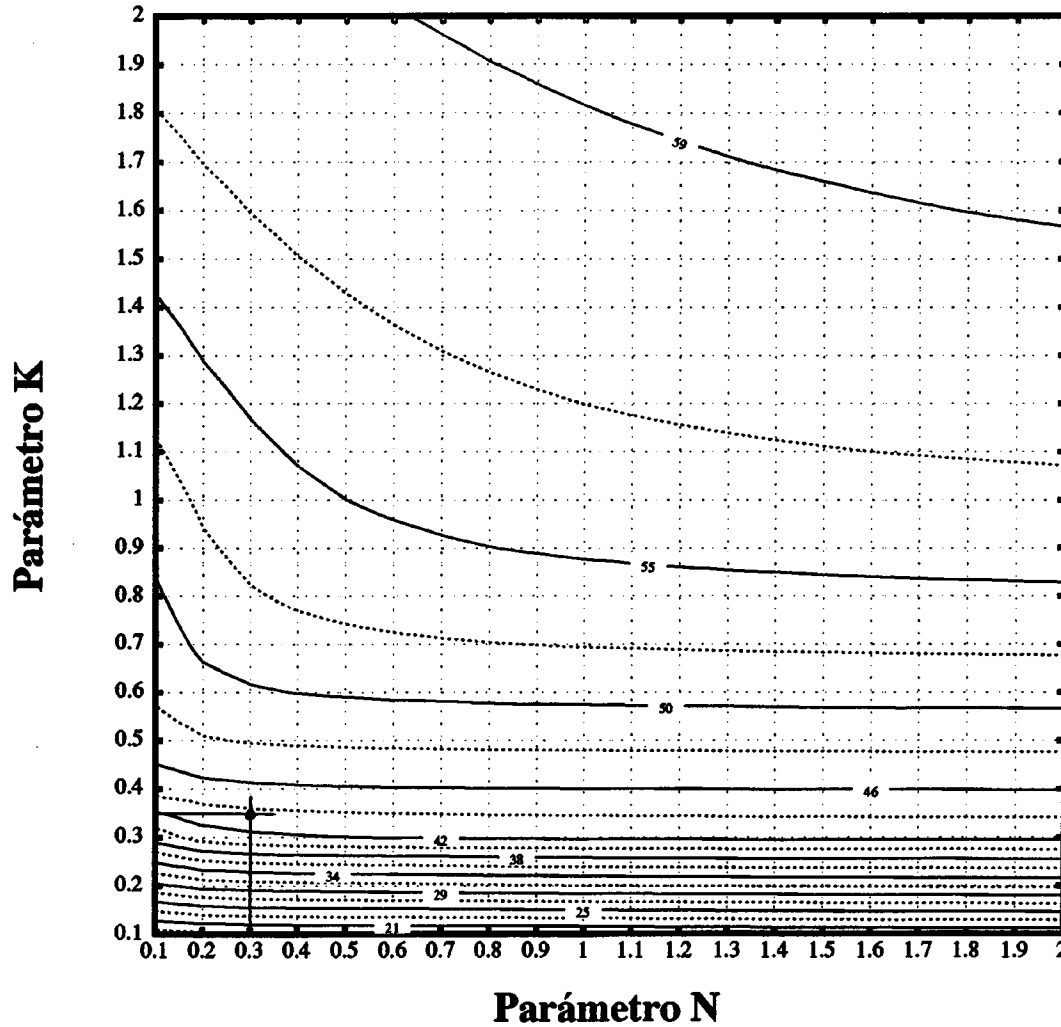
Ángulo Límite Superior $a=0.25$



Máximo:
63.83

Mínimo:
17.73

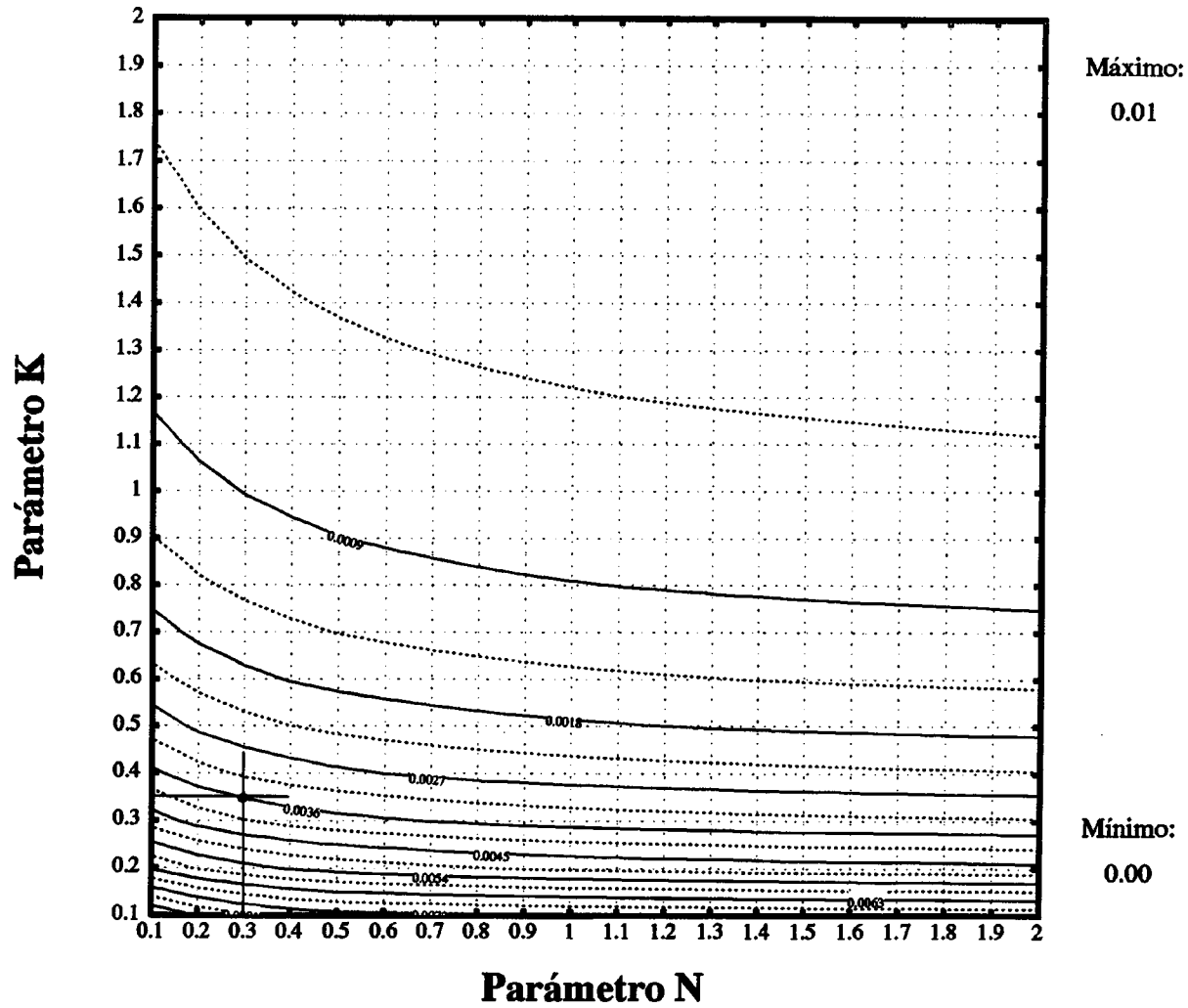
Ángulo Límite Inferior $a=0.25$



Máximo:
59.73

Mínimo:
17.79

Máxima Pendiente $a=0.25$



EXPLORACIONES CORRESPONDIENTES A LAS NUEVAS LABORES Y A LA PRE-CUBETA

Fichero que contiene las constantes de las funciones de influencia empleadas
por el programa itgesub

Funcion de Influencia.

$$dz = \frac{Pot * a}{(1+4n) (Kh)^2} \left[\exp \left(- \frac{r}{K * h} \right)^2 + n \exp \left(- \frac{r}{2Kh} \right)^2 \right]$$

Los valores de estos parametros son los que se asignan por defecto a
aquellas capas cuyos parametros caracteristicos no hayan sido definidos
en el fichero de entrada

Disposicion de las constantes:

a	K	n	Pdef
---	---	---	------

0.25	0.35	0.3	1.0
------	------	-----	-----

Pdef: Potencia por defecto de las capas cuyas zonas explotadas no han sido
definidas dentro del correspondiente layer ZUP#

Ampliacion de los desplazamientos

Tamano del texto relativo a la dimesiones maximas del dibujo

150.	0.0075
------	--------

Separacion entre las isolineas.

Se indica tambien cada cuantas lineas se desea una linea maestra, y el
tipo de valores que se van a representar (0-Positivos 1-Negativos).

Nota: Las columnas 3 y 4 no podran ser modificadas generalmente.

El ultimo valor de cada linea indica el factor de escala con el que se
generan los numeros que identifican las isolineas.

HLIN (m) Los valores en milimetros.

PLIN

DXLIN (m)

DYLIN (m)

UDEF

0.02000	1	0	0.001
0.000200	1	0	0.00001
0.002500	2	1	0.001
0.002500	2	1	0.001
0.000025	1	1	0.00001

Identificamos los planos verticales segun los cuales se realizaran los
distintos cortes de la cubeta de subsidencia. Para cada plano se genera
un fichero independiente.

Num. Planos

3

Par de puntos por los que pasa la traza horizontal de cada plano

En la columna 5 se indica el nombre con extension .dxf del fichero donde
se recogeran los resultados graficos.

En la ultima columna se indica si las lineas generadas deben ser

convertidas a Splines (1) o no (0)

#	x0	y0	x1	y1	nom_fich	SPLINE
800.0	1500.0	1400.0	250.0	250.0	corteAA.dxf	1
975.0	1500.0	1575.0	250.0	250.0	corteBB.dxf	1
1150.0	1500.0	1750.0	250.0	250.0	corteCC.dxf	1

Max. Hund. :	0.057	Pos. [X,Y,Z]:	1650.000	1218.981	450.000
Max. Desp.X:	0.005	Pos. [X,Y,Z]:	1485.000	1186.032	437.500
Max. Desp.Y:	0.006	Pos. [X,Y,Z]:	1605.000	1091.496	387.500
Max. Hund. :	0.057	Pos. [X,Y,Z]:	1626.603	1215.000	450.000
Max. Desp.X:	0.005	Pos. [X,Y,Z]:	1490.595	1185.000	429.688
Max. Desp.Y:	0.006	Pos. [X,Y,Z]:	1605.000	1091.496	387.500
Max. Hund. :	0.381	Pos. [X,Y,Z]:	1305.000	881.507	250.000
Max. Desp.X:	-0.026	Pos. [X,Y,Z]:	1755.000	1068.303	412.500
Max. Desp.Y:	0.036	Pos. [X,Y,Z]:	1245.000	725.828	262.500
Max. Hund. :	0.381	Pos. [X,Y,Z]:	1292.262	885.000	250.000
Max. Desp.X:	-0.026	Pos. [X,Y,Z]:	1748.875	1080.000	409.375
Max. Desp.Y:	0.037	Pos. [X,Y,Z]:	1218.082	720.000	250.000
Max. Hund. :	0.624	Pos. [X,Y,Z]:	1335.000	847.321	250.000
Max. Desp.X:	-0.035	Pos. [X,Y,Z]:	1785.000	1046.412	400.000
Max. Desp.Y:	0.047	Pos. [X,Y,Z]:	1170.000	661.024	293.750
Max. Hund. :	0.625	Pos. [X,Y,Z]:	1332.279	840.000	250.000
Max. Desp.X:	-0.035	Pos. [X,Y,Z]:	1785.000	1046.412	400.000
Max. Desp.Y:	0.047	Pos. [X,Y,Z]:	1167.054	675.000	275.000
Max. Hund. :	0.708	Pos. [X,Y,Z]:	1305.000	807.884	250.000
Max. Desp.X:	-0.040	Pos. [X,Y,Z]:	1800.000	1024.360	387.500
Max. Desp.Y:	0.056	Pos. [X,Y,Z]:	1215.000	635.181	312.500
Max. Hund. :	0.709	Pos. [X,Y,Z]:	1290.566	795.000	250.000
Max. Desp.X:	-0.040	Pos. [X,Y,Z]:	1800.000	1024.360	387.500
Max. Desp.Y:	0.056	Pos. [X,Y,Z]:	1209.852	630.000	300.000
Max. Pend.:	0.004266	Pos. [X,Y,Z]:	420.000	1499.248	250.000
Max. DefU.:	-0.000599	Pos. [X,Y,Z]:	1320.000	803.387	250.000
Ang.Lim.Inf.[A-A']:	40.8589	(632.987,-234.347)	-	(214.041,250)	
Ang.Lim.Sup.[A-A']:	48.0367	(1024.84,-69.6362)	-	(1380.28,250)	
Ang.Lim.Inf.[B-B']:	44.2959	(557.631,-233.207)	-	(86.1566,250)	
Ang.Lim.Sup.[B-B']:	41.8806	(964.551,-70.5292)	-	(1251.95,250)	
Ang.Lim.Inf.[C-C']:	44.2510	(467.205,-237.948)	-	(-8.15021,250)	
Ang.Lim.Sup.[C-C']:	41.3279	(874.125,-70.2276)	-	(1155.73,250)	

SUBSIDENCIA A LA COTA 114 CORRESPONDIENTE A LAS NUEVAS LABORES Y A LA PRE-CUBETA

```
#
# Fichero que contiene las constantes de las funciones de influencia empleadas
# por el programa itgesub
#
# Funcion de Influencia.
#
#          Pot * a                r                r
# dz = ----- [ exp (- PI * (---)^2) + n exp (- PI * (---)^2) ]
#          (1+4n) (Kh)^2          K*h                2Kh
#
# Los valores de estos parametros son los que se asignan por defecto a
# aquellas capas cuyos parametros caracteristicos no hayan sido definidos
# en el fichero de entrada
# Disposicion de las constantes:
#          a                K                n                Pdef
#
#          0.25    0.35    0.3    1.0
#
# Pdef: Potencia por defecto de las capas cuyas zonas explotadas no han sido
# definidas dentro del correspondiente layer ZUP#
#
# Ampliacion de los desplazamientos
# Tamano del texto relativo a la dimesiones maximas del dibujo
#
#          150.    0.0075
#
# Separacion entre las isolineas.
# Se indica tambien cada cuantas lineas se desea una linea maestra, y el
# tipo de valores que se van a representar (0-Positivos 1-Negativos).
#
# Nota: Las columnas 3 y 4 no podran ser modificadas generalmente.
#
# El ultimo valor de cada linea indica el factor de escala con el que se
# generan los numeros que identifican las isolineas.
#
#          HLIN (m) Los valores en milimetros.
#          PLIN
#          DXLIN (m)
#          DYLIN (m)
#          UDEF
#
#          0.02000  1    0    0.001
#          0.000200 1    0    0.00001
#          0.002500  2    1    0.001
#          0.002500  2    1    0.001
#          0.0001  1    1    0.00001
#
# Identificamos los planos verticales segun los cuales se realizaran los
# distintos cortes de la cubeta de subsidencia. Para cada plano se genera
# un fichero independiente.
#
# Num. Planos
#
#          0
#
# Par de puntos por los que pasa la traza horizontal de cada plano
# En la columna 5 se indica el nombre con extension .dxf del fichero donde
# se recogeran los resultados graficos.
# En la ultima columna se indica si las lineas generadas deben ser
# convertidas a Splines (1) o no (0)
#          x0 y0  x1 y1  nom_fich                SPLINE
#
```


Max. Hund. :	0.126	Pos. [X,Y,Z]:	1650.000	1226.562	114.000
Max. Desp.X:	-0.011	Pos. [X,Y,Z]:	1850.000	1343.750	114.000
Max. Desp.Y:	0.012	Pos. [X,Y,Z]:	1575.000	1109.375	114.000
Max. Hund. :	0.126	Pos. [X,Y,Z]:	1617.188	1200.000	114.000
Max. Desp.X:	-0.011	Pos. [X,Y,Z]:	1850.000	1343.750	114.000
Max. Desp.Y:	0.012	Pos. [X,Y,Z]:	1575.000	1109.375	114.000
Max. Hund. :	0.434	Pos. [X,Y,Z]:	1275.000	875.000	114.000
Max. Desp.X:	-0.034	Pos. [X,Y,Z]:	1775.000	1109.375	114.000
Max. Desp.Y:	0.041	Pos. [X,Y,Z]:	1125.000	718.750	114.000
Max. Hund. :	0.434	Pos. [X,Y,Z]:	1289.062	875.000	114.000
Max. Desp.X:	-0.034	Pos. [X,Y,Z]:	1775.000	1109.375	114.000
Max. Desp.Y:	0.043	Pos. [X,Y,Z]:	1125.000	700.000	114.000
Max. Hund. :	0.702	Pos. [X,Y,Z]:	1325.000	835.938	114.000
Max. Desp.X:	-0.053	Pos. [X,Y,Z]:	1775.000	1109.375	114.000
Max. Desp.Y:	0.055	Pos. [X,Y,Z]:	1125.000	679.688	114.000
Max. Hund. :	0.700	Pos. [X,Y,Z]:	1343.750	850.000	114.000
Max. Desp.X:	-0.053	Pos. [X,Y,Z]:	1775.000	1109.375	114.000
Max. Desp.Y:	0.055	Pos. [X,Y,Z]:	1125.000	700.000	114.000
Max. Hund. :	0.799	Pos. [X,Y,Z]:	1300.000	796.875	114.000
Max. Desp.X:	-0.054	Pos. [X,Y,Z]:	1775.000	1109.375	114.000
Max. Desp.Y:	0.060	Pos. [X,Y,Z]:	1125.000	679.688	114.000
Max. Hund. :	0.799	Pos. [X,Y,Z]:	1289.062	775.000	114.000
Max. Desp.X:	-0.055	Pos. [X,Y,Z]:	1781.250	1100.000	114.000
Max. Desp.Y:	0.060	Pos. [X,Y,Z]:	1125.000	675.000	114.000
Max. Pend.:	0.006031	Pos. [X,Y,Z]:	1100.000	679.688	114.000
Max. DefU.:	-0.000723	Pos. [X,Y,Z]:	1150.000	718.750	114.000