



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**ESTUDIO DE LA SUBSIDENCIA MINERA
EN LA ZONA DE BOO (ASTURIAS) EN
RELACION CON LAS EXPLOTACIONES
DE HUNOSA**





I N D I C E

	<u>Pág.</u>
1.- INTRODUCCION	1
2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
3.- DOCUMENTACION DISPONIBLE	1
4.- SITUACION GEOGRAFICA	1
5.- BOSQUEJO GEOLOGICO	3
6.- METODOLOGIA DE CALCULO	4
6.1. Desarrollo del método	4
6.2. Hipótesis de cálculo	6
6.3. Ajuste paramétrico	7
6.4. Hitos topográficos de control	8
6.5. Salidas del Programa	8
7.- ANALISIS DE RESULTADOS	8
7.1. Cubeta de hundimiento	8
7.2. Deformaciones por movimientos verticales del terreno	9
7.3. Deformaciones por movimientos horizontales del terreno	10
8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	11

ANEJO

FIGURAS



ESTUDIO DE LA SUBSIDENCIA MINERA EN LA ZONA DE BOO (ASTURIAS) EN RELACION CON LAS EXPLOTACIONES DE HUNOSA

1.- INTRODUCCION

En el último trimestre del pasado año y por la Dirección Regional de Minería y Energía de la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias, se solicitó la asistencia técnica del ITGE al objeto de conocer la posible incidencia que las explotaciones de las capas Molino y Mariana del pozo Santiago-Aller de la Empresa Nacional Hulleras del Norte, S.A. (HUNOSA), podrían tener en superficie, particularmente sobre el poblado de Boo.

Circunstancias derivadas de la necesaria disponibilidad por parte del ITGE de los resultados de la aplicación del cálculo numérico (programa) a la obtención de la cubeta teórica de subsidencia, no habían permitido hasta ahora la realización del informe solicitado.

2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos del presente trabajo vienen definidos por el estudio de las posibles repercusiones en superficie a que podrían dar lugar las próximas explotaciones de las capas Molino, entre 4ª y 5ª plantas, y Mariana, entre 3ª y 4ª plantas, del Grupo Aller-Turón de HUNOSA en la zona de Boo, con particular atención a la localidad de este nombre (figuras nºs 1 y 2).

3.- DOCUMENTACION DISPONIBLE

Para el Estudio se ha dispuesto de la documentación local y específica siguiente, proporcionada por el



Servicio de Minas de la Dirección Regional de Minería y Energía, además de la propia del ITGE:

- * Planos topográficos H-II y H-III, a escala 1:5.000, incluidos en la Hoja del Mapa Nacional a escala 1:50.000 nº 53 (Mieres), del Servicio Hidroeconómico de la Excm. Diputación Provincial de Oviedo.
- * Planos topográficos 78-2-A y 78-3-A, a escala 1:5.000, incluidos en la Hoja del Mapa Nacional a escala 1:50.000 nº 53 (Mieres), de la Dirección General de Acción Territorial y Urbanismo del MOPU.
- * "Nota sobre los estudios de subsidencia minera realizados para los talleres próximos al poblado de Boo". Mayo de 1.991. Pozo Santiago-Aller, HUNOSA.
- * "Proyecto de explotación del taller Molino 5ª planta". Julio de 1.991. Pozo Santiago-Aller, HUNOSA.
- * "Proyecto de instalación de un conjunto mecanizado, compuesto de una rozadora sobre Panzer, K.V.S.-6A". Octubre de 1.991. Pozo Santiago-Aller, HUNOSA.
- * "Red de mojones de Boo. Toma del 16.07.91". Grupo Aller-Turón, HUNOSA.
- * "Plano geológico a escala 1:25.000 (Zona Asturias II Cuenca Central, Subzona Sur) del Proyecto "Actualización del inventario de recursos nacionales de carbón, 1982" del ITGE.



4.- SITUACION GEOGRAFICA

La zona de Boo se encuentra situada al E. de Pola de Lena y al S. de la carretera de Ujo a Moreda, distando de esta última localidad, con la que queda unida por carretera, aproximadamente 1,5 Km. El valle del río Aller, a una distancia de 800 m, limita la zona por su parte NE.

5.- BOSQUEJO GEOLOGICO

Geológicamente la zona en estudio está enmarcada en el Westphaliense de la Cuenca Carbonífera Central Asturiana, unidad de Aller-Nalón. En la serie estratigráfica carbonífera de esta zona se distinguen el Segundo y Tercer Tramo Productivos, comprendiendo el primero de los dos los paquetes Caleras, Generalas y San Antonio con una potencia media de 950 m y el segundo los paquetes María Luisa y Sotón, con una potencia de 750 m. Este Tercer Tramo Productivo es el que realmente interesa el área del estudio. Lo componen materiales procedentes de una sedimentación en la que se han sucedido alternativamente los episodios marinos y continentales, estando constituidos los materiales continentales por numerosas capas de carbón, entre otros, y los marinos por pizarras que alternan con areniscas calcáreas (fig. nº 1).

Tectónicamente, la unidad de Aller-Nalón se dispone en forma de sinclinorio, en el que las direcciones de los pliegues mayores se alinean arqueándose después. En el valle del río Aller y a lo largo del río Caudal, los rumbos son preferentemente N-S y NNE-SSO. Como unidades estructurales más importantes en el área de estudio pueden destacarse el anticlinal de Revallinas de dirección NE-SO, el sinclinal de Cobertoria de rumbo N-S, el anticlinal de Lavayos, sinclinal de Desquite y el



anticlinal de San Antonio, de direcciones NE-SO, y el sinclinal de Moreda de rumbo aproximadamente N-S; la falla de desgarre de Caborana de dirección E-O, la falla de Desquite de rumbo NE-SO y una falla inversa subparalela al eje sinclinal de Cobertoria.

Los depósitos cuaternarios se reducen a los aluviones y terrazas de los ríos Caudal y Aller.

6.- METODOLOGIA DE CALCULO

6.1. 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. Fijado un punto P de la superficie del terreno, su hundimiento S será la suma de los hundimientos individuales debidos a cada área elemental.

Esta contribución de un elemento de extracción al hundimiento de un punto de la superficie se expresa como el producto de su área, dA , por un valor p que indica la magnitud de la influencia de dA sobre P. El valor de p depende de la distancia horizontal r , entre el punto P y el elemento dA . La función $f = f(r)$ se conoce como la "Función de Influencia", y la experiencia la concreta como una función de tipo paramétrico-exponencial, no entrando este estudio en más detalles teóricos del método, desarrollados, por otra parte, en los textos especializados.

En base a ello, y como consecuencia de la estrecha colaboración técnica existente entre el Area de Seguridad Minera del ITGE y el Departamento de



Explotación y Prospección de Minas de la E.T.S.I. Minas de Oviedo, se ha hecho uso del programa de cálculo denominado sub-dxf.

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 hundimiento 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 isolínea de hundimiento de 1 mm.

6.2. 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.

De las capas Molino entre 4ª y 5ª plantas y Mariana entre 3ª y 4ª plantas, se han tomado del Plano de Labores todos los datos geométricos que las definen (fig. nº 2). Para la capa Molino estos datos son:

- Cota guía de cabeza: 98
- Cota guía de base: 30
- Potencia media: 1,10 m
- Longitud aproximada del taller: 220 m
- Longitud de corrida: 285 m
- Tratamiento del post-taller: hundimiento controlado.

Y para la capa Molino los siguientes:

- Cota guía de cabeza: 135
- Cota guía de base: 104
- Potencia media: 1,30 m
- Longitud aproximada del taller: 50-110 m
- Tratamiento del post-taller: hundimiento controlado.

Los planos de labores utilizados, con sistema cartesiano de coordenadas orientado de S. a N. y de E. a O. y subdivisión de 200 m de lado, están todos correlacionados con el sistema coordenado nacional (coordenadas U.T.M.) de la cartografía de superficie.



6.3. Ajuste paramétrico

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 producir.

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 mediciones en superficie haciendo uso del control de hitos topográficos, estratégicamente situados.

Dado que el ITGE no dispone de datos experimentales propios de subsidencia minera de la zona de Boo, se ha considerado de interés tener en cuenta los aportados por los estudios de HUNOSA (ver apartado 3), en cuanto a hundimientos máximos y apertura de cubeta, en esta zona de Boo, adoptados para el cálculo de la cubeta teórica de subsidencia originada por las próximas explotaciones de las capas Molino (4a a 5a) y Mariana (3a a 4a).

De esta forma, los parámetros K y n que controlan la Función de Influencia del programa utilizado sub-dxf, se han ajustado para hacer compatible la cubeta teórica calculada, con los valores de los hundimientos máximos facilitados por HUNOSA (unos 300 mm en la zona correspondiente a la capa Molino y unos 200 mm en la de la capa Mariana). Los valores de los parámetros consiguientemente escogidos han sido: $K = 0,75$ y $n = 0,45$.



6.4. Hitos topográficos de control

Para los necesarios ajustes futuros, en la medida en que se vaya produciendo la subsidencia, se recomienda la instalación inmediata de una pequeña red de hitos topográficos, selectivamente situados (en total 10) y que se han representado en la figura nº 2, así como la iniciación de un control del movimiento de los mismos, mediante mediciones altimétricas y planimétricas.

6.5. Salidas del Programa

Las salidas del Programa han sido planos de isolíneas de hundimiento, pendientes y deformaciones, con intervalos entre curvas, de 25 mm para las isolíneas de hundimiento, de $20 \text{ mm/m} \times 10^{-2}$ para las de pendiente y de $10 \text{ mm/m} \times 10^{-2}$ para las de deformaciones (figuras nº 2, 3 y 4). Se han efectuado tres cortes de S. a N. de estos planos de isolíneas, a lo largo de la zona, representándose también los desplazamiento en x e y, en mm (figuras nº 5, 6 y 7).

7.- ANALISIS DE RESULTADOS

7.1. Cubeta de hundimiento

La cubeta de hundimiento teórica calculada es la representada en la figura nº 2. La zona de influencia de esta cubeta (hundimientos a partir de 1 mm) abarca toda la zona edificada de las localidades de Boo y Bustiello y prácticamente todo el área del dibujo.

En la localidad de Boo los hundimientos previstos variarán, desde el borde de la cubeta hacia su centro, desde 25 hasta 250 mm y en la de Bustiello desde 25 hasta 150 mm.



El hundimiento máximo previsto en la zona, con el ajuste realizado, se cifra en 305 mm, en las cercanías de las posiciones de los hitos nº 2 y 3 y fuera de las zonas edificadas.

7.2. 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 nº 3 y cortes en las figuras nº 5, 6 y 7).

Como puede observarse, en todas las zonas edificadas de Boo y Bustiello las pendientes son menores de $0,002 = \frac{1}{500}$ y, por consiguiente, no son previsibles.

la aparición de agrietamientos por asentamientos diferenciales. Existe únicamente una pequeña y estrecha franja de terreno, en la zona de montaña occidental, bajo la capa Molino, donde la pendiente queda comprendida entre 0,002 y 0,003.

Por otra parte, cabe destacar la menor incidencia de la cubeta de hundimiento sobre la ladera situada al oeste de la localidad de Boo, dada la pequeña pendiente originada por la subsidencia minera en esta zona y su particular sentido con respecto a la pendiente original topográfica del terreno (líneas de isopendientes prácticamente normales).



7.3. 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 nº 4 y cortes en las figuras nº 5, 6 y 7).

Se puede observar que prácticamente en toda la zona de influencia las deformaciones serán inferiores a 0,5 mm/m (en cuatro pequeños isleos, quedan comprendidas entre 0,5 y 0,77 mm/m).

En las zonas urbanizadas de Boo y Bustiello las deformaciones son todas inferiores a 0,3 mm/m, pudiéndose establecer de modo general, 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, lo siguiente:

- Zona con deformaciones inferiores a 0,3 mm/m

Longitud total de la estructura, normal a isolíneas de deformación	Daños previsibles máximos
---	---------------------------

Hasta 100 m.

Muy ligeros o despreciables

Los daños que podrían aparecer en los edificios de Boo y Bustiello serían como máximo muy ligeros o despreciables.



En estas dos localidades los esfuerzos de deformación que puedan originarse, serán en todo caso de tracción.

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.

8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1) Para el estudio de las posibles repercusiones en superficie que podrían ser originadas por las explotaciones de HUNOSA en la zona de Boo, se han considerado en el presente trabajo las explotaciones de las capas Molino entre 4ª y 5ª plantas, con una longitud de corrida de 285 m, y Mariana entre 3ª y 4ª plantas, con una longitud de corrida total de 480 m (dos paneles).

2) La simulación de la subsidencia para obtención de la cubeta teórica de hundimiento, se ha hecho aplicando el método de las Funciones de Influencia que exige una determinación paramétrica basada en la experiencia.

El ITGE, al no disponer de datos propios experimentales de los parámetros que definen el modelo de cubeta utilizado para la zona, se ha basado en los proporcionados por HUNOSA, particularmente en lo que se refiere al hundimiento máximo previsible.

3) Sentado lo anterior, se obtiene como resultado de la simulación de la subsidencia de las capas Molino y Mariana, una cubeta de hundimiento cuya zona de influencia alcanza a la totalidad de las localidades de Boo y Bustiello.



- 4) Los hundimientos previsibles en las anteriores localidades, desde el borde de la cubeta a su centro, variará en Boo de 25 hasta 250 mm y en Bustiello desde 25 hasta 150 mm.

El hundimiento máximo en la zona se cifra en aproximadamente 300 mm.

- 5) Los resultados obtenidos en cuanto a daños que podrían producirse como consecuencia de los movimientos verticales del terreno, no uniformes, con variaciones de las pendientes, indican que no son previsibles la aparición de agrietamientos por asentamientos diferenciales (pendientes menores de 0,002).
- 6) Cabe destacar la menor incidencia en la superficie topográfica de la ladera situada a occidente de la localidad de Boo, de la cubeta de subsidencia, por los razonamientos efectuados en el cuerpo del informe.
- 7) Los resultados obtenidos en cuanto a los posibles daños en las estructuras por las deformaciones horizontales podrían quedar clasificados de muy ligeros a despreciables, siguiendo el criterio de clasificación del National Coal Board (1975), al ser estas deformaciones horizontales inferiores a 0,3 mm/m en las zonas urbanizadas de Boo y Bustiello.
- 8) Se recomienda la rápida implantación de, al menos, los diez hitos topográficos que se reseñan en el cuerpo del estudio, con la finalidad de realizar mediciones de control tanto altimétricas como planimétricas.



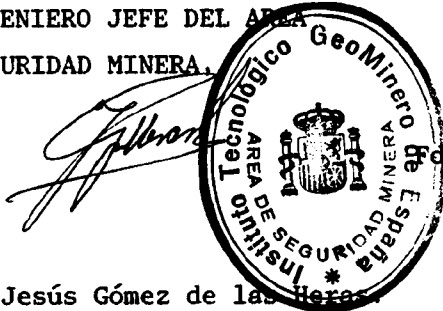
9) Es de suma importancia para ir calando adecuadamente el modelo utilizado, que las mediciones se inicien al comienzo mismo de las explotaciones y no después, ya que podrían producirse movimientos como consecuencia de las explotaciones, que quedarían incontrolados, dificultando el ajuste paramétrico del modelo.

Madrid, 6 de Julio de 1.992.

EL INGENIERO AUTOR DEL ESTUDIO,

VO Bº

EL INGENIERO JEFE DEL AREA
DE SEGURIDAD MINERA.



Fdo.: Arturo Ochoa Bretón.

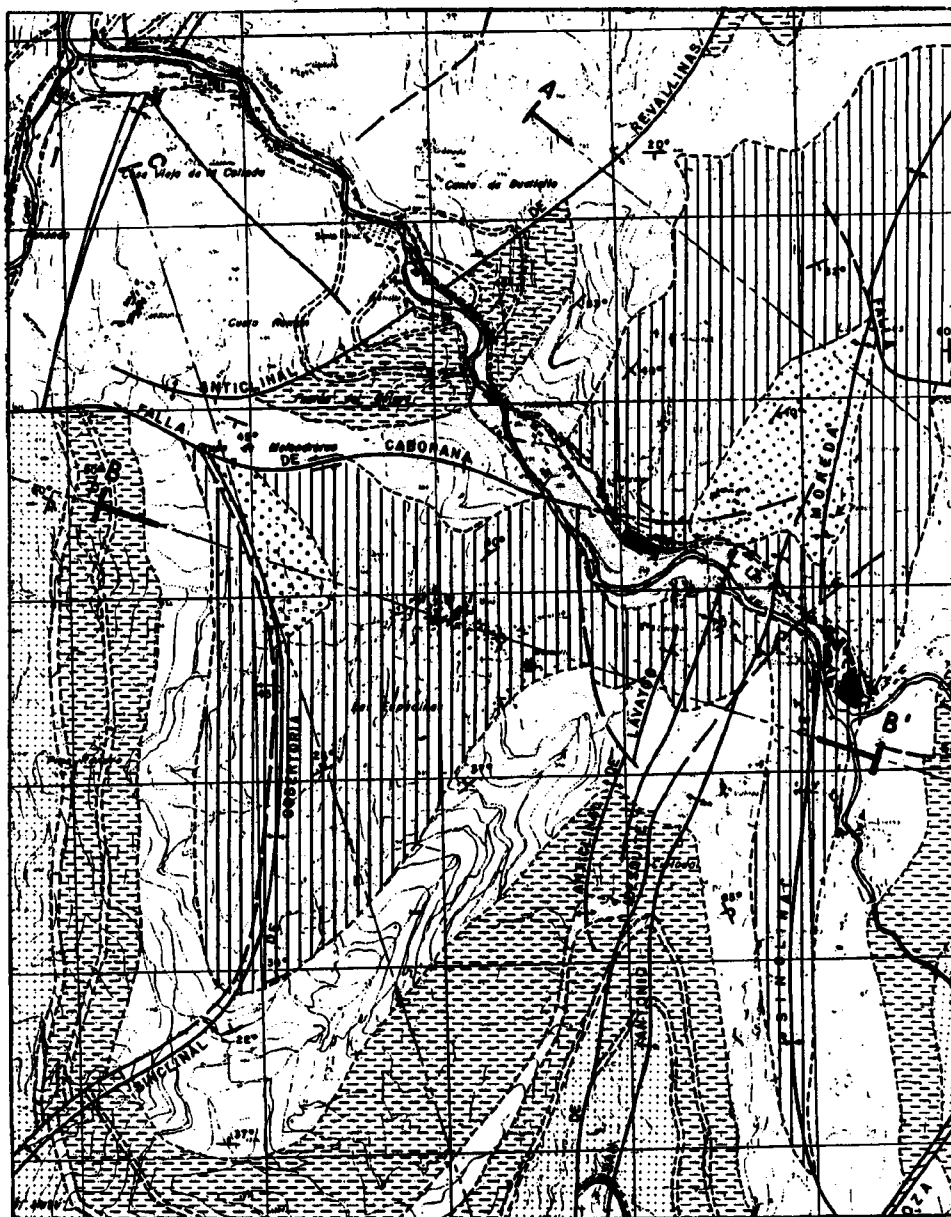
Fdo.: Jesús Gómez de las Heras.



A N E J O



F I G U R A S



LEYENDA

RECUBRIMIENTO

CUATERNARIO

CARBONIFERO PRODUCTIVO

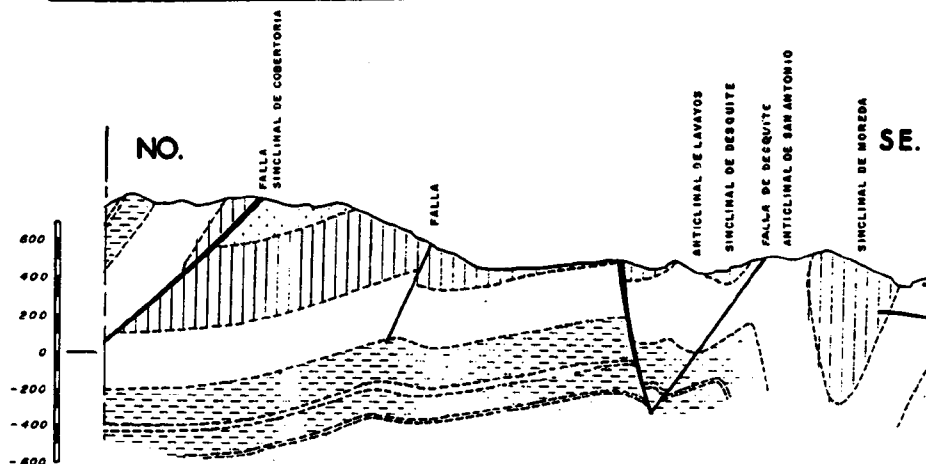
- ENTREQUEGUAS
- SOTO
- M. LUMA
- S. ANTONIO
- GENERALAS
- GALERAS

INFRAYACENTE

SIMBOLOGIA

- 30° Buzamiento normal
- 30° Buzamiento invertido
- Sendeo
- Corte geológico
- Contacto entre formaciones
- Anticlinal
- Sinclinal
- Falla supuesta
 - Falla normal
 - Falla inversa
 - Falla reconocida
- Pudings
- Celizas

- COORDENADAS LAMBERT -



CORTE B-B'

NOTA: PLANO REDUCIDO AL 64% DEL ORIGINAL A E. 1:25.000

FUENTE : I.T.G.E. . "Actualización del Inventario de Recursos Nacionales de Carbón 1982 "

PLANO GEOLOGICO

Hito recomendado



Capa Molino (4° a 5°)

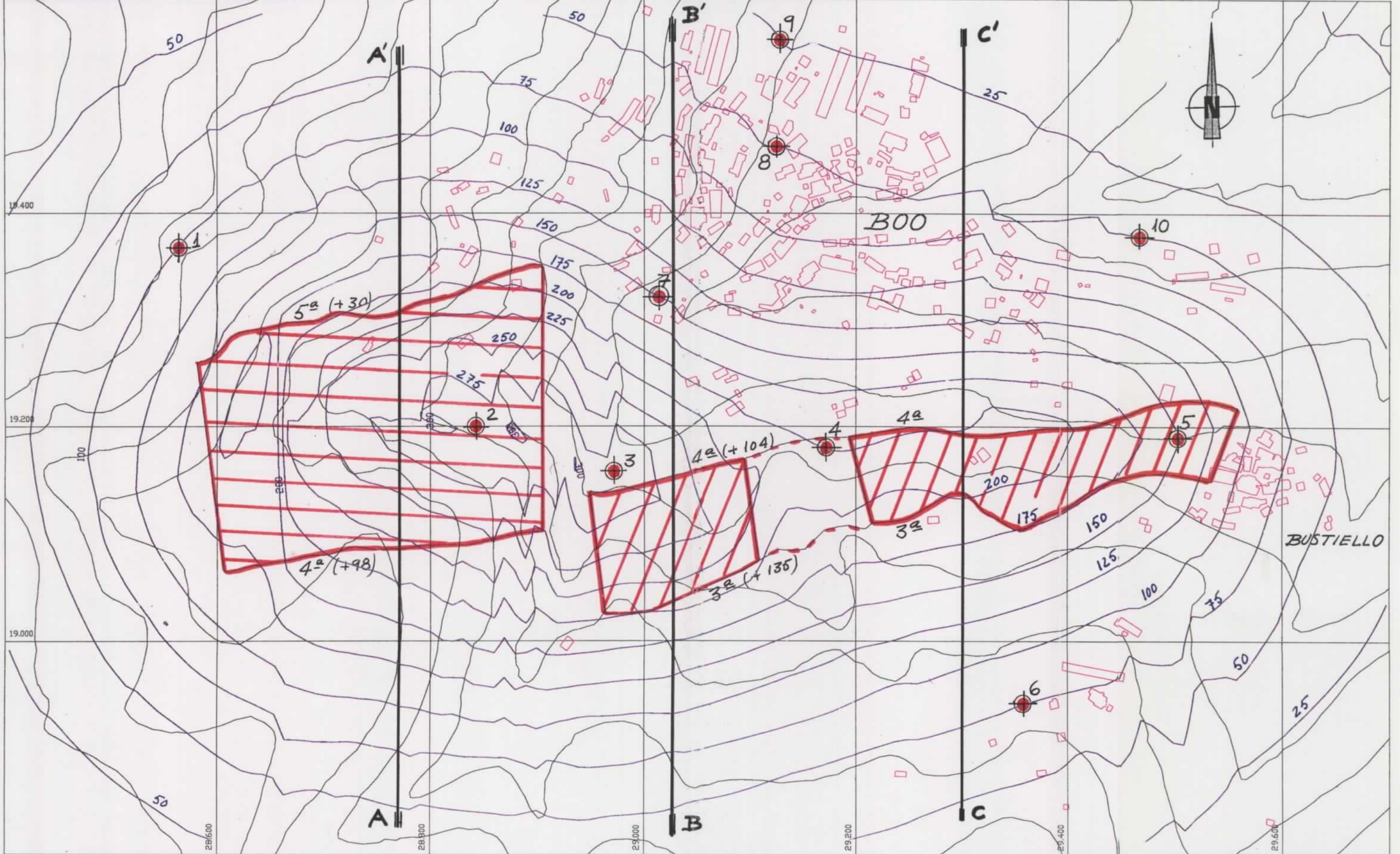


Capa Mariana (3° a 4°)

Lineas de Isohundimiento (mm)

B00 - CAPAS (4°-5°) MOLINO Y (3°-4°) MARIANA

ETSIMO



BUSTIELLO

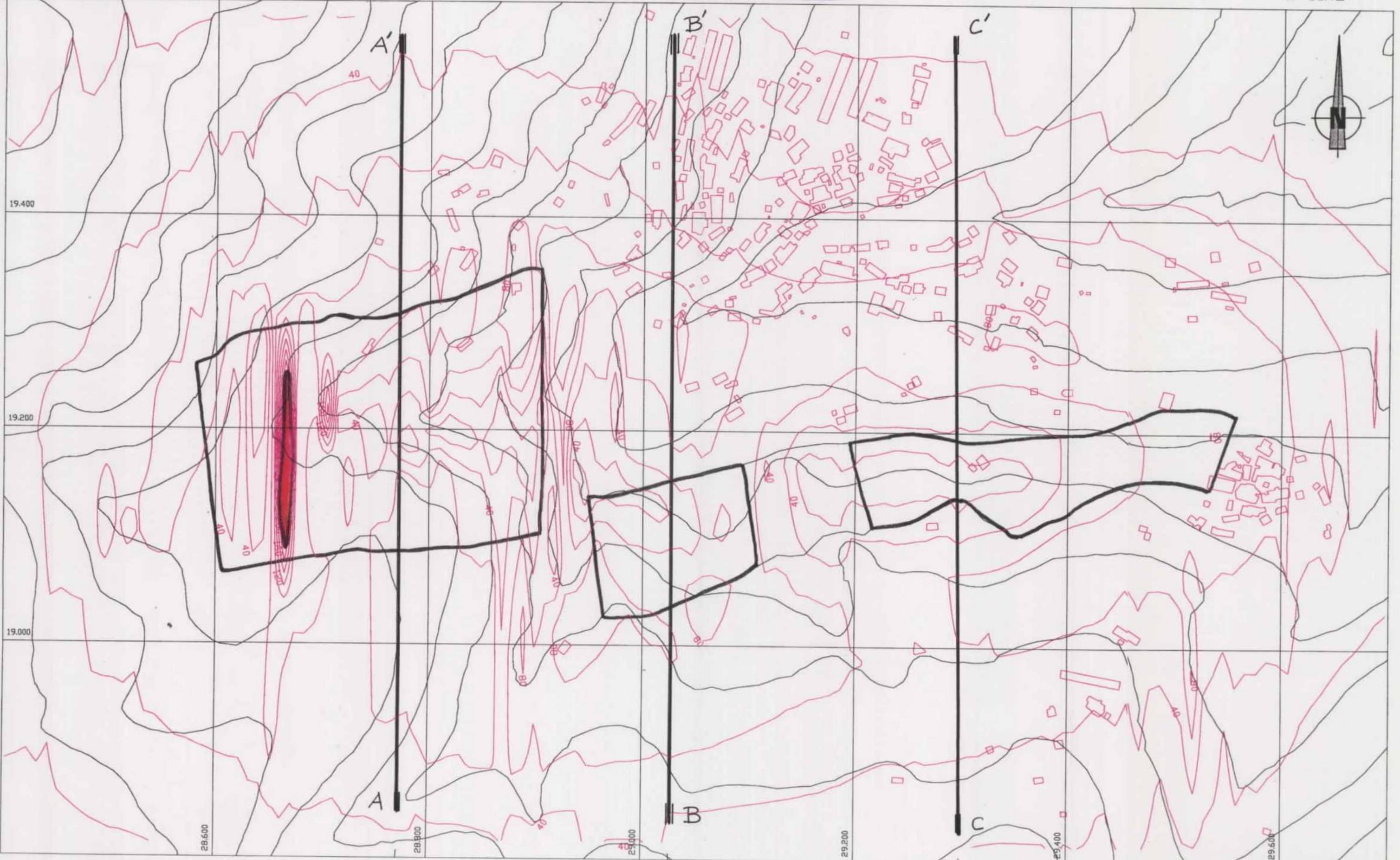
0 100 200 m

PENDIENTES
 0,002 < < 0,0033
 RESTO < 0,002

Lineas de Isopendiente ($\times 10^{-5}$)

BOP - CAPAS (4^a-5^a) (3^a-4^a)
 MOLINO Y MARIANA

ETSIMO



Zona de tracciones +

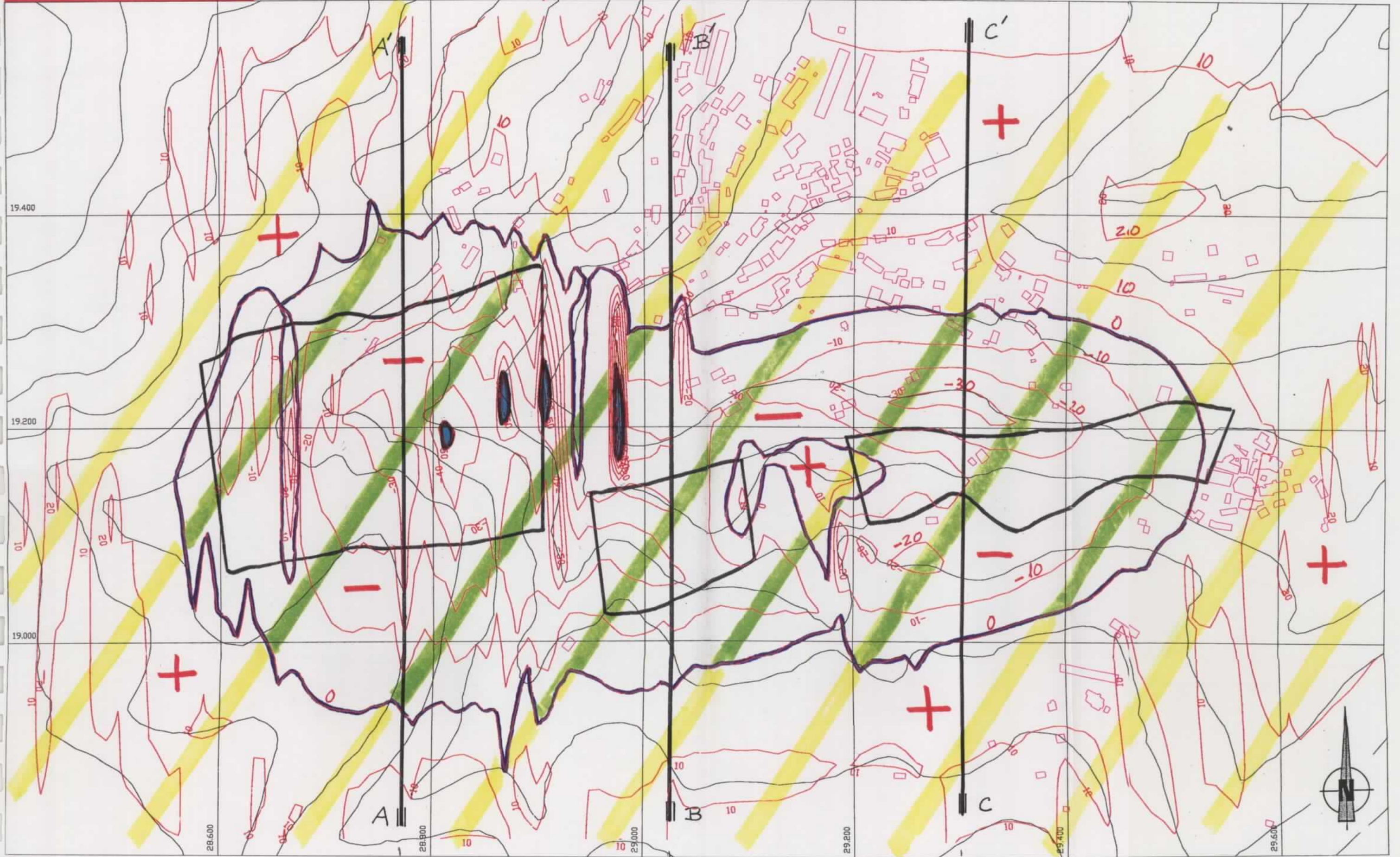
DEFORMACIONES (mm/m)
0,5 < 0,77
Resto < 0,5

Zona de compresiones -

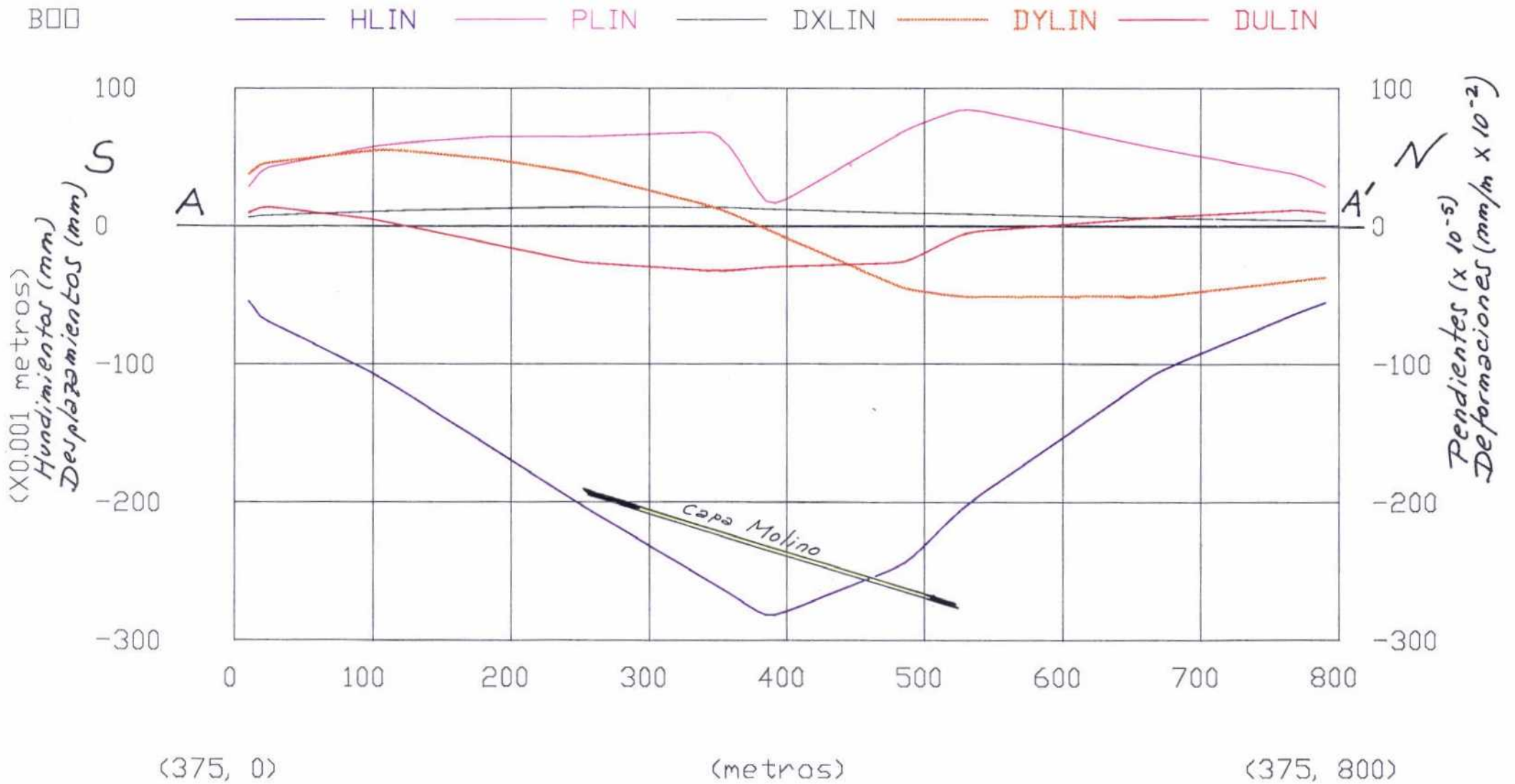
BOO - CAPAS (4ª-5ª) Y (3ª-4ª) MOLINO Y MARIANA

(mm/m x 10⁻²)
Lineas de Isodeformacion

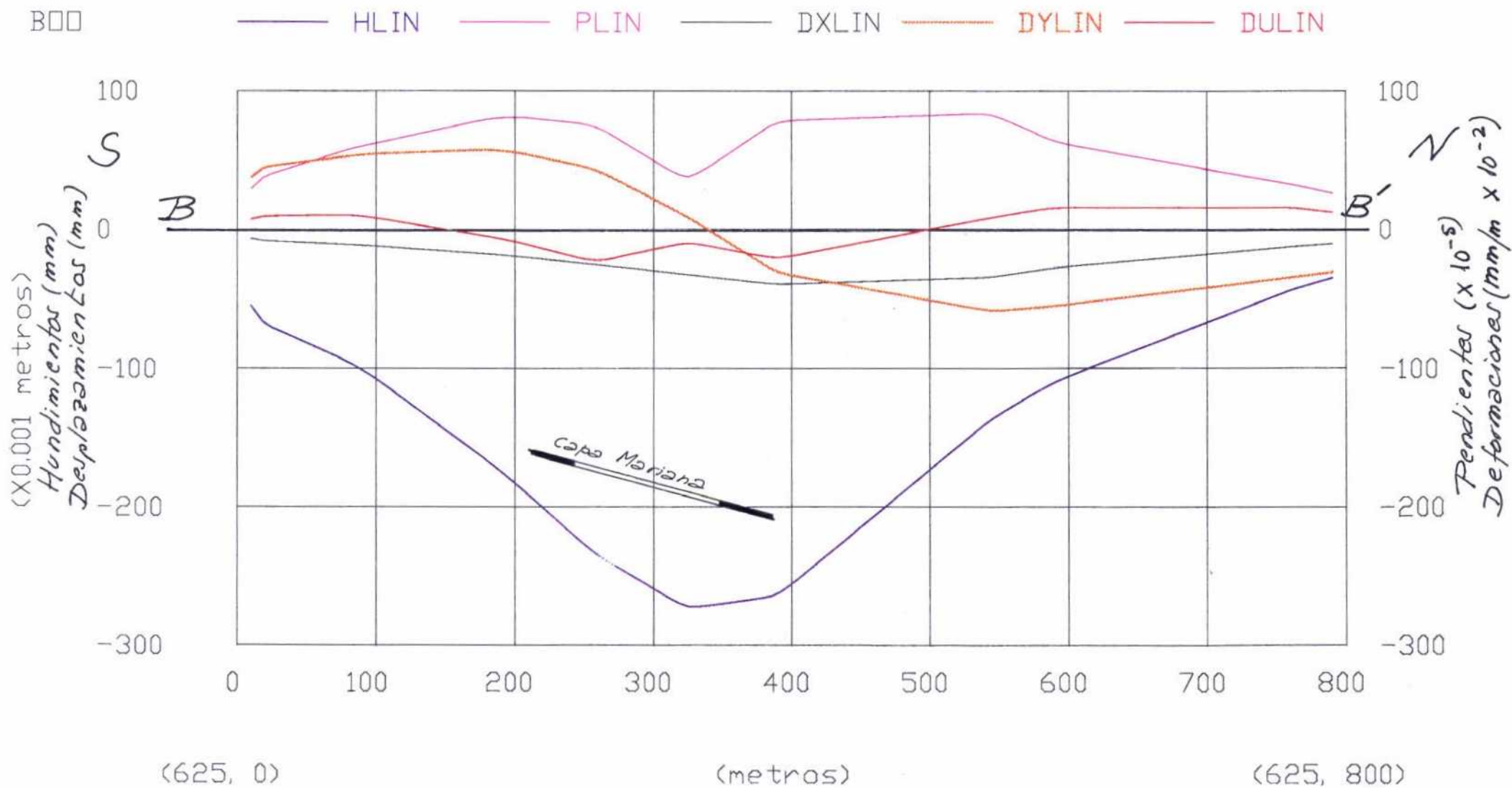
ETSIMO



Corte AA'



Corte BB'



Corte C-C'

