



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

ESTUDIO DE LA SUBSIDENCIA MINERA EN
LA ZONA DEL VALLE DEL RIO ALLER, EN
RELACION CON LAS EXPLOTACIONES DE
MINAS DE FIGAREDO, S.A.

Primera Parte



I N D I C E

	<u>Pág.</u>
1.- ANTECEDENTES.....	1
2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
3.- DOCUMENTACION RECOPIADA DISPONIBLE	3
4.- ANALISIS DE LOS DATOS	5
4.1. Base topográfica	5
4.2. Planta de la subestación de VIESGO	6
4.3. Características geológico-mineras de la zona	6
4.4. Explotación del yacimiento	8
4.5. Otros	9
5.- METODOLOGIA DE CALCULO	9
5.1. Desarrollo del método	9
5.2. Hipótesis de cálculo	12
6.- ANALISIS DE RESULTADOS	13
7.- CONCLUSIONES	17

ANEJOS

- I.- Figuras.
- II.- Tablas.
- III.- Planos.

ESTUDIO DE LA SUBSIDENCIA MINERA EN LA ZONA DEL VALLE DEL
RIO ALLER, EN RELACION CON LAS EXPLOTACIONES DE MINAS DE
FIGAREDO, S.A.

Primera Parte

1.- ANTECEDENTES.

En la primera quincena del pasado mes de Enero y por la Dirección Regional de Minería y Energía de la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias, fue solicitada la asistencia técnica del ITGE en relación con la aparición de fisuras y grietas en la subestación de Santa Cruz de Mieres, propiedad de ELECTRA DE VIESGO, S.A., e investigación de las posibles causas de las mismas.

En cumplimiento de esta solicitud, el ITGE, tras una visita de reconocimiento a la zona, realizó un informe previo fechado el 2.2.90 y titulado "Informe sobre la visita realizada a Oviedo los días 18 y 19 de Enero de 1.990 en relación con la aparición de grietas en la subestación de Santa Cruz de Mieres".

Como resultado de este informe previo, se indicaba la necesidad de estudiar detenidamente los potenciales efectos, en la subestación, de la subsidencia minera producida por las explotaciones de MINAS DE FIGAREDO, S.A., ya que distintas evidencias apuntan a esta posibilidad: coincidencia del paso del taller de la capa 27 (panel entre 5ª y 6ª planta) con la percepción de los primeros daños (Agosto de 1.989); características de la capa explotada; método de explotación empleado; cubeta de hundimiento cuyos límites de deformación del terreno en su zona de tracción podrían haber alcanzado a la subestación; tipo de daños producidos y cierta concordancia entre la orientación de las fracturas causadas en el hormigón con la corrida de los paneles explotados, etc.

Con este fin y a los efectos de una evaluación teórica, lo más ajustada posible a la realidad, sobre los efectos en superficie de las explotaciones de MINAS DE FIGAREDO, S.A., se señalaba también en el informe la documentación necesaria que debía ser facilitada para su análisis y posterior tratamiento informático.

El Servicio de Minas de la Dirección Regional de Minería y Energía, vistos los problemas que esta posible subsidencia podría generar en la zona, amplió su solicitud de asistencia técnica del ITGE, haciendo extensiva la misma al estudio no sólo de la incidencia que la explotación de la capa 27 entre 5ª y 6ª planta haya tenido en la subestación, sino también a la previsión de efectos en superficie que pueden esperarse de la explotación de la capa 30 entre 5ª y 6ª planta, que acaba de iniciarse, con una autorización condicionada hasta el 30.4.90, y la de la capa 27 entre 6ª y 7ª a explotarse próximamente.

2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

Los objetivos del presente trabajo se centran en el estudio detenido de los potenciales efectos en superficie de las explotaciones de MINAS DE FIGAREDO, S.A., el cual comprenderá tres partes: en esta primera se estudian los efectos de la capa 27 (panel entre 5ª y 6ª planta), ya explotada, en la subestación de ELECTRA DE VIESGO, S.A., ya que, como se acaba de señalar, distintas evidencias apuntan hacia la posibilidad de que la explotación de esta capa haya sido causante de los daños sufridos en la misma. En la segunda parte se hará un estudio de la previsión de las repercusiones en superficie de la explotación recientemente iniciada de la capa 30 (panel entre 5ª y 6ª planta). Por último, en la tercera parte se realizará el estudio de las repercusiones en superficie a que dará lugar la proyectada explotación de la capa 27 (panel entre 6ª y 7ª planta).

Cada parte tendrá el mismo tratamiento metodológico, por lo que en lo que sigue se aplicará indistintamente a cada una de ellas.

Para la consecución de los objetivos señalados, se parte de una documentación lo más amplia posible que ha podido recogerse en relación con el yacimiento, geología de la zona y métodos de explotación, que se describe en el punto siguiente. Recopilada y analizada la información correspondiente, se define el modelo de cubeta de subsidencia por un método teórico-experimental, basado en las Funciones de Influencia, mediante la utilización de un Programa informático, que permite determinar el hundimiento, las pendientes y los desplazamientos horizontales, y su reflejo en la cartografía mediante las isolíneas correspondientes.

Se analizarán finalmente los resultados de la simulación de la subsidencia, determinando áreas de influencia y la predicción y control de los posibles daños estructurales.

3.- DOCUMENTACION RECOPIADA 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 y MINAS DE FIGAREDO, S.A., además de la propia del ITGE:

- * Planos topográficos G-II y G-III, a escalas 1:5.000, incluidos en la Hoja del Mapa Nacional a escala 1:50.000 Nº 53 (Mieres), del Servicio Hidroeconómico de la Excma. Diputación Provincial de Oviedo.
- * Planta de la subestación de Santa Cruz de Mieres, a escala 1:1.000. Año 1.960. ELECTRA DE VIESGO, S.A.

- * Planta de la subestación de Santa Cruz de Mieres, escala no determinada, con expresión de las grietas a Enero/90. ELECTRA DE VIESGO, S.A.
- * Plano geológico a escala 1:25.000 (Zona Asturias II Cuenca Central, Subzona Centro) del Proyecto "Actualización del Inventario de Recursos Nacionales de Carbón 1.982" del I.G.M.E.
- * Plano de concesiones y labores mineras a escala 1:25.000, id. anterior.
- * "Estudio del sector Aller. Corte Nº 2 N.52º O, a escala 1:10.000. Año 1.972". Empresa Nacional Adaro.
- * "Pozo San Inocencio. Plano de situación a escala 1:5.000. Año 1.989". MINAS DE FIGAREDO, S.A.
- * "Pozo San Inocencio. Labores próximas a Central Eléctrica de VIESGO en Santa Cruz. Escala 1:2.000". MINAS DE FIGAREDO, S.A.
- * "Pozo San Inocencio. Plano General de tajos y cuarteles. Escala 1:2.000". MINAS DE FIGAREDO, S.A.
- * "Pozo San Inocencio y Pozo San Vicente. Plano de Labores del año 1.981-82. Escala 1:2000". MINAS DE FIGAREDO, S.A.
- * "Pozo San Vicente. Plano general de tajos y cuarteles. Escala 1:2.000". MINAS DE FIGAREDO, S.A.
- * Corte horizontal del yacimiento a escala 1:10.000. Año 1.980. MINAS DE FIGAREDO, S.A.

- * Corte estratigráfico por capa 27 (a muro), capa 28, capa 30 y capa María. Litotipo A. Escala 1:200. MINAS DE FIGAREDO, S.A.

- * "Diseño del sostenimiento de las galerías de infraestructura de la 6ª planta del Pozo San Inocencio". MINAS DE FIGAREDO, S.A.

- * "Estudio de las posibles influencias en superficie de la capa 27 de Minas de Figaredo, S.A. Enero 1.990". MINAS DE FIGAREDO, S.A.

4.- ANALISIS DE LOS DATOS.

En este apartado se realiza un análisis de los datos de partida, a efectos de la elaboración del cuerpo del estudio.

4.1. Base topográfica.

La primera cuestión que se planteó fue el poder disponer de una base topográfica que se correspondiera con los distintos Planos de Labores, ya que ello permitiría conocer de una forma precisa la localización y alcance en las distintas zonas de la superficie de los efectos de la subsidencia.

MINAS DE FIGAREDO, S.A. (en adelante FIGAREDO), dispone para sus labores de un sistema cartesiano de coordenadas orientado de N. a S. y de E. a O. con subdivisión de cuadrantes en una malla cuadrada de 200 m. de lado, estando situado su centro coordinado (0,0) en la vertical del Pozo San Inocencio. Este sistema no se halla ligado al sistema coordinado Nacional, bien por coordenadas geográficas o U.T.M., por lo que no fue posible establecer su correlación directa con los planos topográficos disponibles 1:5.000 de la Diputación Provincial de Oviedo.

Por ello, fue necesario efectuar una superposición de estos planos 1:5.000, previamente digitalizados y a escala 1:2.000, con los planos de labores donde figuraban levantamientos taquimétricos de superficie, llegando a obtenerse una buena aproximación, válida para los objetivos del estudio.

Como resultado de este encaje, se constató que la subestación de ELECTRA DE VIESGO, S.A. (en adelante VIESGO), se hallaba mal posicionada en los planos de FIGAREDO, incluidos en el informe previo de este Instituto (fig. nº 2). Puede observarse que el macizo de protección de esta subestación queda desfavorablemente desplazado.

4.2. Planta de la subestación de VIESGO.

Del examen de la planta de la subestación, con definición cartográfica realizada por VIESGO de las fisuras y grietas aparecidas hasta el mes de Enero del presente año (fig. nº1), se ha podido establecer una clara zonificación de la zona donde aparecen aquéllas.

Esta zonificación ha sido expresada en la figura nº 2, para su contraste con la zona correspondiente a las labores de la capa 27. Puede observarse con claridad que la parte afectada se corresponde en situación y orientación con la corrida de los paneles explotados.

4.3. Características geológico-mineras de la zona.

Se ha dispuesto como información general de partida la contenida en el proyecto titulado "Actualización del Inventario de Recursos Nacionales de Carbón. 1.982" del ITGE. La zona de estudio se enmarca en el Westphaliense de la Cuenca Carbonífera Central Asturiana, unidad Aller-Nalón, distinguiéndose en la serie estratigráfica carbonífera de esta zona el Segundo y Tercer Tramo

Productivos. Este último es el que realmente interesa el área de estudio y comprende los paquetes María Luisa y Sotón, con una potencia de 750 m. 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.

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 Figaredo de rumbo N-S que sigue al anterior, la falla de las Cuchaes de dirección NO-SE y una falla inversa subparalela al eje del sinclinal de Figaredo.

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

Como información de detalle no se ha podido disponer de sondeos verticales desde superficie. En cuanto a perfiles geológicos y litológicos según transversales, se ha dispuesto sólo de un corte estratigráfico a muro de la capa 27 que interesa a las capas 28, 30 y María, todo él dentro del paquete María Luisa y parte, al final, de San Antonio, distinguiéndose tramos alternativos marinos y continentales, con litologías a base de pizarras generalmente arenosas, areniscas de grano fino a medio, carboneros y algunas lutitas, y un espesor total de 175 m. Las pizarras y areniscas alternantes están en una proporción aproximada de 60 a 40.

En cuanto a características geomecánicas se ha dispuesto de un estudio para el diseño del sostenimiento de las galerías de infraestructura de la 6ª planta del Pozo San Inocencio, en el que se hizo uso de la clasificación de Bieniawski para caracterizar geomecánicamente los macizos.

4.4. Explotación del yacimiento.

FIGAREDO lleva a cabo su explotación a partir de dos pozos separados 90 m. uno de otro, el Pozo San Inocencio y el Pozo San Vicente, habiéndose dispuesto para el estudio de la subsidencia de los correspondientes Planes de Labores. La explotación a partir del Pozo San Inocencio comprende siete plantas, entre las cotas 75,70 y -242,86, con una separación media de aproximadamente 53 m. Actualmente se lleva a cabo la explotación de las capas 27 y 30.

El sistema de explotación por testeros en dirección, y con relleno, con una dimensión de testeros de 6 o 9 m., ha sido sustituido últimamente, para la explotación de las capas 27 y 30 entre 5ª y 6ª planta, por el de frente largo con una longitud de tajos de 80-100 m. y hundimiento controlado, efectuándose el arranque con cepillo Reissshaken y mamposta hidráulica (anteriormente martillo picador y mamposta de fricción), proporcionando un avance medio de 1,50 a 1,80 m/día.

El cambio de sistema se debe, por una parte, a que conforme se profundiza en la explotación las capas van siendo menos tumbadas (entre 30° y 35°), por acercamiento al sinclinal de Figaredo y, por otra, a los nuevos procedimientos de mecanización del arranque.

La capa 27 tiene un buzamiento en la zona de estudio de unos 32°-34° al NO. y su dirección es aproximadamente ENE-OSO. Su potencia es de 1,50 m. y la profundidad al nivel de la 6ª planta (cota aproximada de -173,34) es de

unos 420 m. desde el nivel de referencia de la subestación.

4.5. Otros.

No se poseen datos reales de subsidencia ya que FIGAREDO no ha realizado ninguna medida en tal sentido. En Enero del presente año presentó ante el Servicio de Minas de la Dirección Regional de Minería y Energía un estudio de las posibles influencias en superficie de la capa 27.

5.- METODOLOGIA DE CALCULO.

5.1. Desarrollo del método.

Para el estudio se ha utilizado un método de cálculo teórico-experimental, 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 $p=f(r)$ se conoce como la Función de Influencia, y la experiencia la concreta como una función de tipo paramétrico-exponencial, no entrando en este estudio en más detalles teóricos del método, desarrollados, por otra parte, en los textos especializados.

En base a ello, se ha dispuesto de un Programa de simulación de la subsidencia, que se fundamenta, efectivamente, en el método de las Funciones de Influencia, generalizándolo al poder considerar modelos tridimensionales de paquetes carboníferos formados por múltiples capas de geometría cualesquiera.

Desde el punto de vista clásico, el Programa combina los métodos gráficos, que utilizan rejillas de integración y los métodos numéricos, caracterizados por el empleo de valores funcionales, respetando íntegramente los seis principios admitidos tradicionalmente como simplificadores del cálculo y soportes, a su vez, de la aplicación general del método, a saber:

*** Principio del ángulo límite.**

La anchura de la cubeta de hundimientos está delimitada por líneas rectas de inclinación constante y que se inician en los bordes del área de extracción, independientemente de la profundidad y extensión de la zona de extracción.

*** Principio de equivalencia.**

La influencia en un punto P, de la superficie de todos los elementos de área que estén en la misma dirección desde P, es idéntica si la extensión de tales elementos de área varía linealmente con el cuadrado de la distancia a P.

*** Principio de simetría central.**

En una masa rocosa estratificada horizontal e isotrópica, la influencia de un elemento de extracción es la misma en toda dirección horizontal.

*** Principio de superposición.**

Todo elemento de extracción interior al cono límite actúa sobre la superficie sin interferencias de ningún otro elemento.

*** Principio de la constancia de volumen.**

El volumen de la cubeta de hundimiento ha de ser igual al volumen de la convergencia.

Esto se consigue asumiendo una función de convergencias uniforme, a lo ancho del panel explotado, y que el hundimiento en la vertical del borde de tajo, punto de inflexión del perfil de la cubeta, es la mitad del hundimiento máximo y, finalmente, que las curvaturas de máxima concavidad y de máxima convexidad de la cubeta son iguales.

*** Principio de transitividad.**

El perfil de una cubeta crítica debe poder partir de los perfiles de cubetas subcríticas y recíprocamente.

Dado que la formulación empleada por el Programa proporciona el hundimiento de un punto del terreno provocado por la extracción de un elemento diferencial y que, además, se cumplen todas las bases teóricas del método, resulta la consideración de los efectos de capas inclinadas, de la simple suma de las cubetas elementales generadas por cada elemento de área del panel de extracción.

Se ha estimado que los valores del hundimiento máximo calculado, pueden requerir una reducción máxima del 50% para ser coincidentes con los valores del hundimiento máximo medido en el centro de la cubeta. Lateralmente,

este porcentaje de reducción va decreciendo de modo aproximadamente lineal para situarse en el intervalo 5-10% en el borde de la cubeta.

5.2. Hipótesis de cálculo.

A los efectos del 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 realizados y las observaciones y mediciones en superficie.

Para el estudio se ha simulado la explotación de la capa 27 entre 5ª y 6ª planta y entre 4ª y 5ª planta, tramo este último que ya se había explotado con anterioridad. De esta capa 27 entre 4ª y 6ª planta, se han tomado del Plano de Labores todos los datos geométricos que la definen, si bien a las guías de cabeza y de base se les ha asignado en todos sus respectivos puntos igual cota, a saber, -66, -118,3 y -173,3.

La potencia considerada ha sido de 1,5 m. constante en toda la capa, si bien fue reducida en un 10% para considerar la convergencia en el caso de hundimiento post-taller entre 5ª y 6ª planta y en un 30% entre 4ª y 5ª planta, para considerar la menor convergencia del techo, dado que, según informó FIGAREDO en su día, el tratamiento post-taller de este último tramo se hizo con relleno manual.

Para la capa 27 entre 5ª y 6ª planta se consideraron tres estadios de avance: en Mayo/89, en Agosto/89 y en el avance final, en el presente año.

Para reducir los tiempos de pasada del ordenador, los paneles explotados se dividieron, tan sólo, en nueve subpaneles o elementos de extracción y se tomó una rejilla de integración de 16 x 24 puntos.

Las salidas del Programa fueron, en su caso, planos de isolíneas de hundimiento y de pendientes, limitadas en una zona que ha comprendido a la subestación de VIESGO y su entorno, con intervalos entre curvas, de 25 mm. o 50 mm. para las isolíneas de hundimiento y de 50 mm./m. x 10⁻¹ para las pendientes.

6.- ANALISIS DE RESULTADOS.

Independientemente del análisis detallado de los efectos en la subestación de la explotación de la capa 27/4ª a 6ª planta en su estadio de avance final en el presente año, se ha simulado a modo ilustrativo la subsidencia en los estadios de avance en Mayo/89 y Agosto/89 mediante la presentación de las correspondientes cubetas de hundimiento (planos n^{os} 1 y 2, de isolíneas de hundimiento).

En el plano nº 1 (Mayo/89) se observa que las isolíneas de hundimiento de 50 mm. y 100 mm. alcanzan ya el parque de intemperie de la subestación, con orientación normal a la misma que es la más favorable para la producción de daños provocados por las deformaciones del terreno. Si se considera un ángulo límite en dirección de 20º (distancia aproximada de 152 m., en superficie), utilizado por FIGAREDO para sus macizos de protección, toda la instalación de intemperie queda ya bajo los efectos de la subsidencia.

En el plano nº 2 (Agosto/89), las isolíneas de hundimiento de 25 mm. a 150 mm. afectan a todo el parque de intemperie, y si se considera un ángulo límite inferior, perpendicular a la capa, de 28° (distancia en superficie de 223 m.), utilizado por FIGAREDO para sus macizos de protección, la zona de influencia de los efectos de la subsidencia rebasa con amplitud todo el edificio de la subestación.

Se analiza ahora en detalle los efectos en la subestación de la explotación de la capa 27/4ª a 6ª planta, simulando la subsidencia en el estadio final del avance en el presente año (planos nº 3 de isolíneas de hundimiento y nº 4 de isolíneas de pendiente).

Se ha efectuado la interpretación de estos planos mediante el corte AA' transversal a la capa 27 (figura nº 3), dibujando a escala ampliada los perfiles de hundimientos y de pendientes que interesan el área de la subestación, deduciéndose de los mismos las isolíneas de 25 mm. de hundimiento y $25 \text{ mm./m.} \times 10^{-1}$ de pendiente que se han pasado a los respectivos planos.

En una primera vista del perfil transversal, puede verse que se trata de un área de extracción subcrítica (obsérvese el punto de inflexión N desplazado a la izquierda de la vertical de la base del área de extracción). Del análisis de este perfil se comprueba de modo fehaciente que la subestación queda dentro del borde de la cubeta de hundimiento, en su zona de tracciones, a una distancia de unos 190 m. del punto de máximo hundimiento (punto P) y de aproximadamente 50 m. del punto de máxima tracción (punto M, ángulo de rotura 10°). A mayor abundamiento, si se dibuja un ángulo límite inferior abarcando la subestación y la carretera, donde efectivamente se reconocieron grietas recientes (informe

previo), éste resulta de sólo 26°, inferior al utilizado por FIGAREDO para sus macizos de protección (28°) y al adoptado por HUNOSA (35°) para capa de buzamiento 30°, según su experiencia en las explotaciones del "Campo de La Moral".

Visto en lo precedente que la subestación se halla dentro de la cubeta de hundimiento en su zona de borde, se pasa a continuación a analizar los efectos de la subsidencia. Para ello, se consideran 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.

En la tabla nº 1 se dan valores límites de la "distorsión angular" para estructuras de edificios y muros de carga, según varios autores, bien para daños estructurales o bien para agrietamientos en paredes y roturas. Como se indica en la figura adjunta a dicha tabla, siendo $\rho_{\max.}$ el asentamiento máximo y $\rho_{\min.}$ el mínimo, el asentamiento diferencial ($\Delta\rho$) entre dos puntos viene definido por la diferencia entre el asentamiento máximo y el mínimo. Este asentamiento diferencial se caracteriza por la "distorsión angular $\frac{\delta}{\rho}$ " que es el asentamiento diferencial entre dos puntos dividido por la distancia horizontal entre ellos. En la tabla nº 2 se desarrolla el criterio de daños, muy utilizado, de Bjerrum (1.963) y en la nº 3 el de Sowers (1.962), pudiendo exponerse otros más.

De las isolíneas de hundimiento (plano nº 3) en la zona que afecta propiamente a la subestación (incluido su parque de intemperie) y de borde a centro de la cubeta, se han obtenido para las distintas pendientes entre las isolíneas de 25 mm. y 250 mm. los siguientes valores de la distorsión angular:

l (m)	δ (cm)	Distorsión angular $\frac{\delta}{l}$
18	2,5	0,0014 = 1/714
24	5	0,0021 = 1/476 > 1/500
16	5	0,0031 = 1/323 > 1/500
10	5	0,0050 = 1/200 > 1/250

A la vista de los anteriores valores se llega al conocimiento de que en el área ocupada por la subestación y a partir de un determinado punto desde el borde de la cubeta, las deformaciones verticales caracterizadas por el ángulo de distorsión superan el valor límite 1/500, a partir del cual son presumibles agrietamientos en los edificios, llegando incluso a alcanzar el valor 1/200 en la zona más extrema oriental del parque de intemperie, que señala el límite a partir del cual pueden producirse daños estructurales (tablas nº^s 1, 2, y 3).

A mayor abundamiento, si se consideran las pendientes de la curva de hundimientos, y se efectúa su análisis por sus isolíneas correspondientes (plano nº 4) que interesan el área definida por la subestación, tal y como se ha hecho para el análisis de las isolíneas de hundimiento, se tienen los siguientes valores:

0,005 = 5×10^{-3} - Edificio de la subestación
0,010 = 10×10^{-3} - Parque de intemperie
0,015 = 15×10^{-3} - " " "
0,020 = 20×10^{-3} - " " "

que son superiores a los indicados en la tabla nº 4 como deformaciones permisibles en el terreno, en distintas cuencas carboníferas extranjeras.

Del reconocimiento "de visu" de las fisuras y grietas de la subestación efectuado en Enero del presente año y como resultado de este estudio, podrían clasificarse los daños de ligeros según la tabla nº5, de clasificación de la N.C.B. (National Coal Board, 1.975), con unas deformaciones unitarias del orden de 0,0005 para una longitud de estructura de 100 m. (gráfico adjunto a la tabla).

No se han considerado las deformaciones horizontales del terreno, cuyos efectos vendrían a incrementar los ya estudiados.

7.- CONCLUSIONES.

1) El sistema de coordenadas utilizado por MINAS DE FIGAREDO, S.A., para sus planos de labores no está relacionado con el sistema de coordenadas geográficas o U.T.M. usados en la cartografía y topografía oficiales de superficie.

Para este estudio se ha llegado a establecer una buena correlación entre dichos planos de labores, y su sistema de coordenadas, con el plano topográfico empleado de la Excma. Diputación Provincial de Oviedo (E. 1/5.000).

2) Como consecuencia de esta correlación, se ha constatado que la configuración y la posición de la subestación de ELECTRA DE VIESGO, S.A., con respecto a las labores de explotación de la capa 27, que figuraban en los planos de MINAS DE FIGAREDO, S.A., proporcionados para el informe previo de este Instituto, eran incorrectos.

El resultado de la situación incorrecta de la subestación, incide desfavorablemente en la posición del macizo de protección proyectado por MINAS DE FIGAREDO, S.A., con respecto a la posición real de la subestación y las labores de la capa 27.

3) De los trabajos realizados, se ha podido constatar que en la zona de influencia y en los efectos de la subsidencia producida por la explotación de la capa 27/5ª a 6ª planta, ha tenido gran importancia la pre-cubeta de hundimiento creada por la explotación anterior de esta misma capa, entre 4ª y 5ª planta, la cual se ha simulado en este estudio conjuntamente con el tramo entre 5ª y 6ª planta, independientemente de la posible existencia de minados antiguos, cuya información se desconoce.

4) Del estudio de simulación de la subsidencia originada por la explotación de la capa 27, se deduce que su influencia ha alcanzado a todo el área de la subestación, quedando ésta dentro del borde de la cubeta de hundimiento, en su zona de tracciones.

Teóricamente, en el estadio de avance del taller en Mayo/89 (tres meses antes de aparecer las primeras fisuras y grietas), la influencia de la subsidencia alcanzaba ya el parque de intemperie.

5) En cuanto a los efectos de la subsidencia, se deduce también del estudio que en el área de la subestación las deformaciones como consecuencia de los movimientos verticales del terreno, no uniformes, que dan lugar a los asentamientos diferenciales, han superado los valores límites a partir de los cuales son de esperar agrietamientos en los edificios.

6) Se ha podido establecer una clara zonificación en la planta del edificio de la subestación de la zona afectada por las grietas hasta Enero/90 (además del propio parque de intemperie), comprobándose que la misma se corresponde en situación y orientación con la corrida de los paneles explotados.

7) De acuerdo con los resultados del estudio y conforme a la clasificación de la N.C.B., los daños producidos por la subsidencia en la subestación podrían clasificarse de ligeros.

Madrid, 9 de Abril de 1.990.

EL INGENIERO AUTOR DEL INFORME,

Vº Bº

EL INGENIERO JEFE DEL
AREA DE SEGURIDAD MINERA

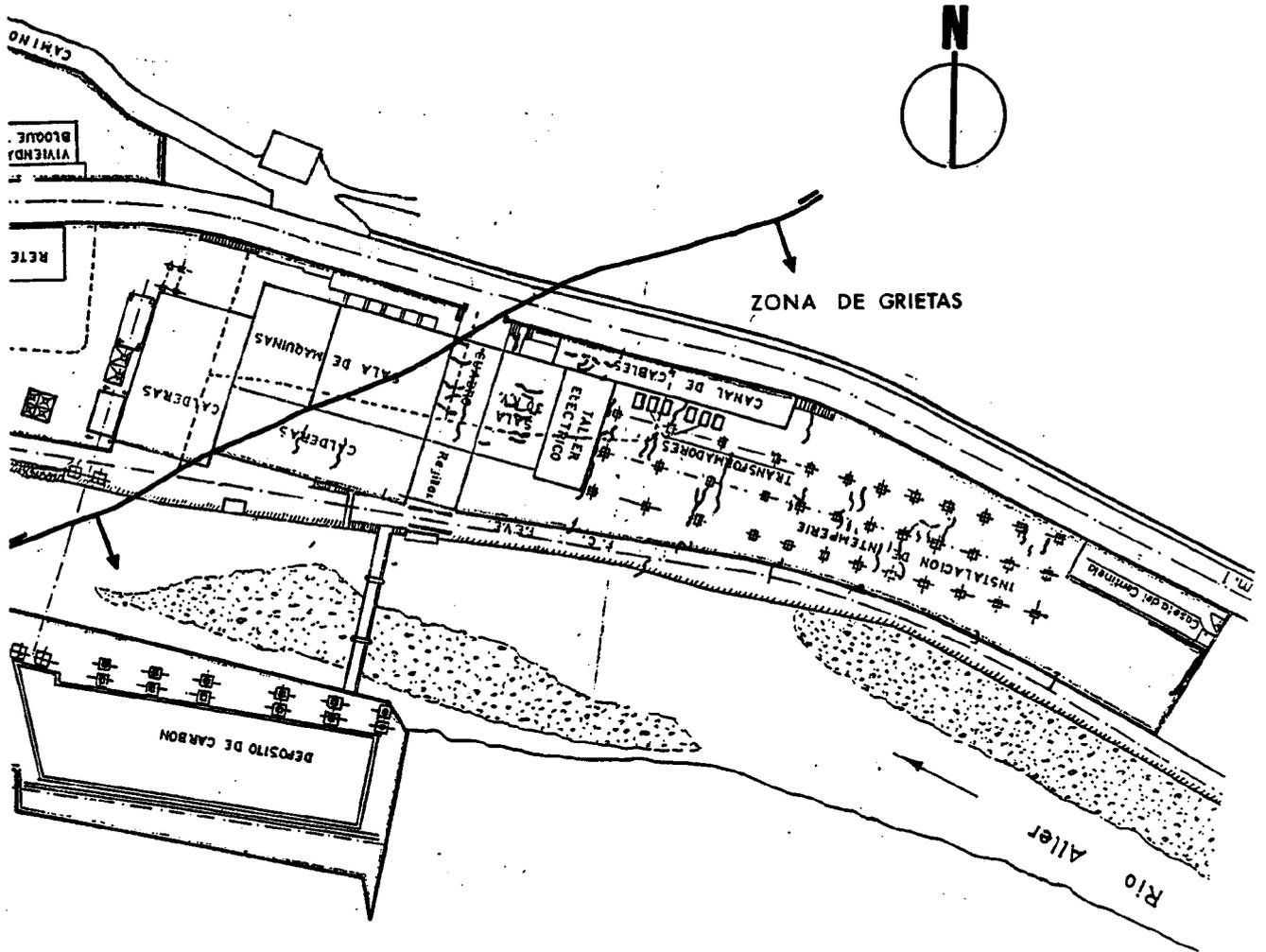


Fdo.: Arturo Ochoa Bretón

Fdo.: Jesús Gómez de las Heras

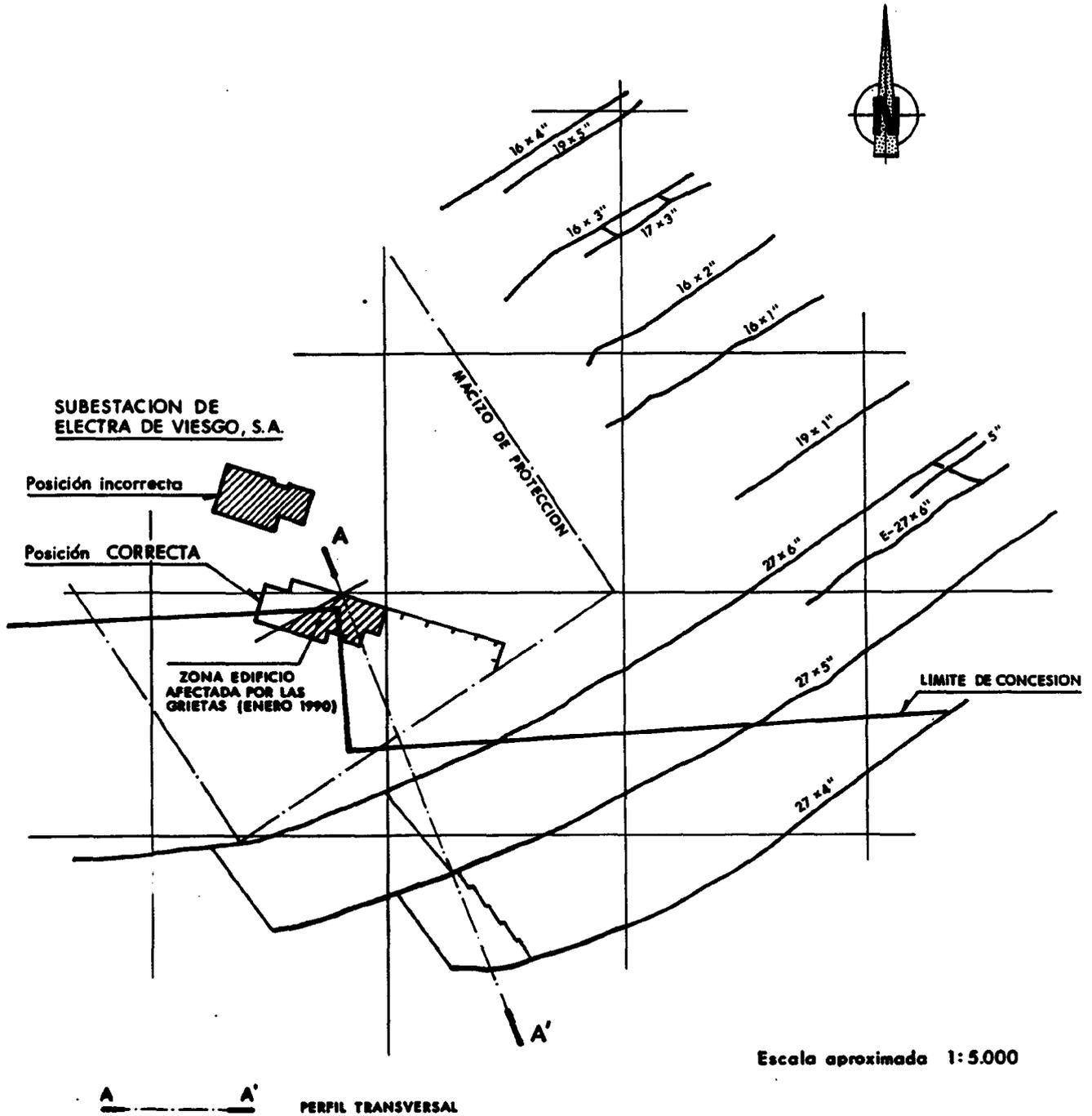
A N E J O S

I.- FIGURAS



NOTA : PLANO REDUCIDO AL 65 % DEL ORIGINAL A E, 1:1000
FUENTE : ELECTRA DE VIESGO, S.A.

PLANTA DE LA SUBESTACION DE ELECTRA DE VIESGO, S.A.,
CON EXPRESION DE GRIETAS A ENERO / 90



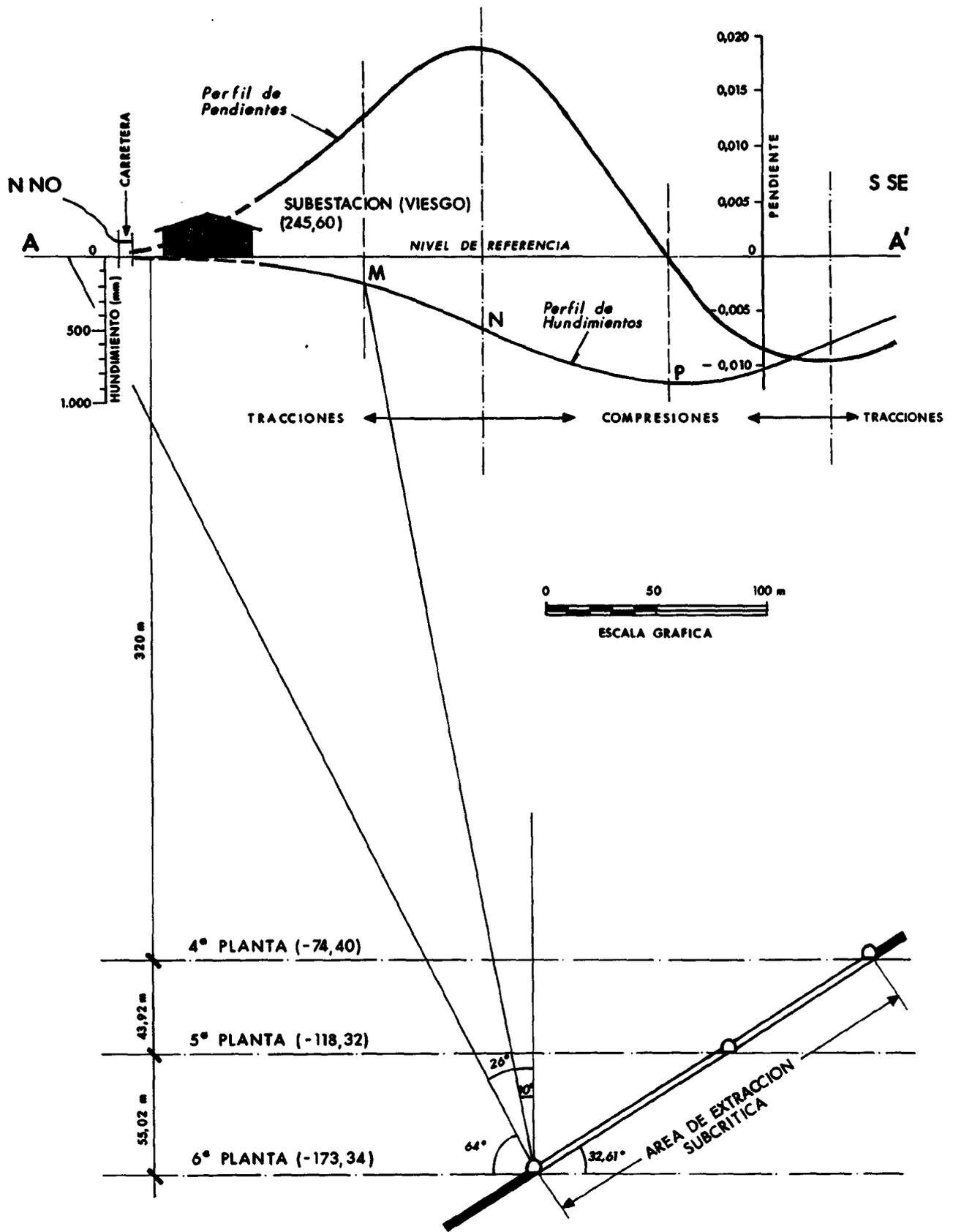
Escala aproximada 1:5.000

A ——— A' PERFIL TRANSVERSAL

NOTA: PLANO REDUCIDO AL 40% DEL ORIGINAL A E. 1:2000

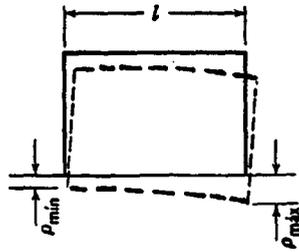
FUENTE: Minas de Figaredo, S. A.

PLANO DE LABORES EN ZONA CORRESPONDIENTE
A LA CAPA 27



PERFIL AA' TRANSVERSAL A LA CAPA 27

II.- T A B L A S



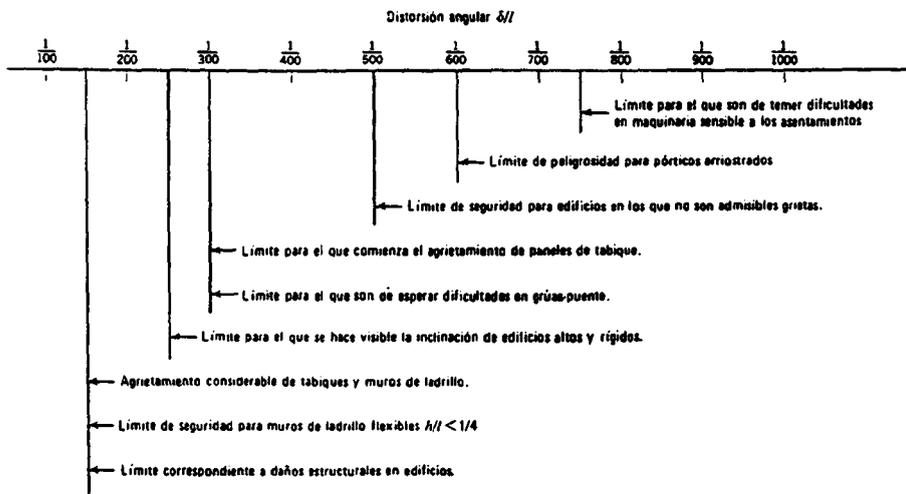
$$\Delta\rho = \rho_{\text{máx}} - \rho_{\text{mín}}$$

$$\text{Distorsión angular} = \frac{\Delta\rho}{l} = \frac{\delta}{l}$$

VALORES LIMITES DE LA ROTACION RELATIVA (DISTORSION ANGULAR) PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS Y MUROS DE CARGA ARMADOS (Tomlinson, 1980)

ESTADO	SKEMPTON Y MACDONALD	MEYERHOF	POLSHIN Y TOKAR	BJERRUM
Daños estructurales	1/150	1/250	1/200	1/150
Agrietamiento en paredes y roturas	1/300 (pero 1/500 recomendado)	1/500	1/500	1/500

TABLA N° 1



Distorsiones angulares límites (Según Bjerrum, 1963a).

TABLA N° 2

Asentamiento admisible		
Tipo de movimiento	Factor limitativo	Asentamiento máximo
Asentamiento total	Drenaje	6-12 plg.
	Acceso	12-24 plg.
	Probabilidad de asentamiento no uniforme	
	Estructuras con muros de mampostería	1-2 plg.
	Estructuras reticulares	2-4 plg.
	Chimeneas, silos, placas	3-12 plg.
Inclinación o giro	Estabilidad frente al vuelco	Depende de la altura y el ancho
	Inclinación de chimeneas, torres	0.004/
	Rodadura de camiones, etc.	0.01/
	Almacenamiento de mercancías	0.01/
	Funcionamiento de máquinas - telares de algodón	0.003/
	Funcionamiento de máquinas - turbogeneradores	0.0002/
	Carriles de grúas	0.003/
	Drenaje de soleras	0.01-0.02/
	Muros de ladrillo continuos y elevados	0.0005-0.001/
	Asentamiento diferencial	Factoría de una planta, fisuración de muros de ladrillo
Fisuración de revocos (yeso)		0.001/
Pórticos de concreto armado		0.0025-0.004/
Pantallas de concreto armado		0.003/
Pórticos metálicos continuos		0.002/
Pórticos metálicos sencillos		0.005/

$$\Delta\rho = \frac{\delta}{l} \cdot l$$

Según Sowers, 1962.

Nota. l = distancia entre columnas adyacentes con asentamientos diferentes o entre dos puntos cualesquiera con asentamiento diferencial. Los valores más elevados son para asentamientos homogéneos y estructuras más tolerantes. Los valores inferiores corresponden a asentamientos irregulares y estructuras delicadas.

TABLA N° 3

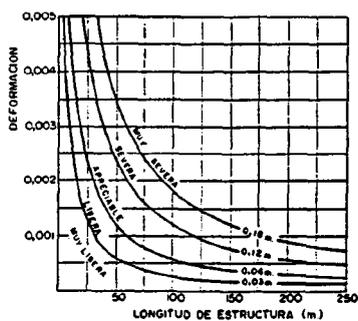
DEFORMACIONES PERMISIBLES DEL TERRENO

CUENCA CARBONIFERA	COMPRESION	TRACCION	PENDIENTE	RADIO DE CURVATURA	COEFICIENTE SEGURIDAD	APLICACION ESPECIFICA
Inglaterra	1×10^{-3} para 30 m de estructura		--	--	---	
Francia	$1 \text{ a } 2 \times 10^{-3}$	$0,5 \times 10^{-3}$	--	--	---	tuberías
Alemania	$0,6 \times 10^{-3}$	$0,6 \times 10^{-3}$	$1 \text{ a } 2 \times 10^{-3}$ para casas y $0,5 \times 10^{-3}$ para máquinas.			
Polonia	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$			
Donets (URSS)	2×10^{-3}	2×10^{-3}	4×10^{-3}	20 Km	400-550	
Karanga (")	4×10^{-3}	4×10^{-3}	6×10^{-3}	3 Km	250-300	
Cheianbinsky	--	--	--	--	300-400	
Japón	$0,5 \times 10^{-3}$	$0,5 \times 10^{-3}$	--	--	--	Edificios de hormigón
	1×10^{-3}	1×10^{-3}	--	--	--	Edificios de madera

(ITGE, "Hundimientos mineros", 1986)

TABLA N° 4

CLASIFICACION DE LA NATIONAL COAL BOARD (1975) DE DAÑOS POR HUNDIMIENTOS

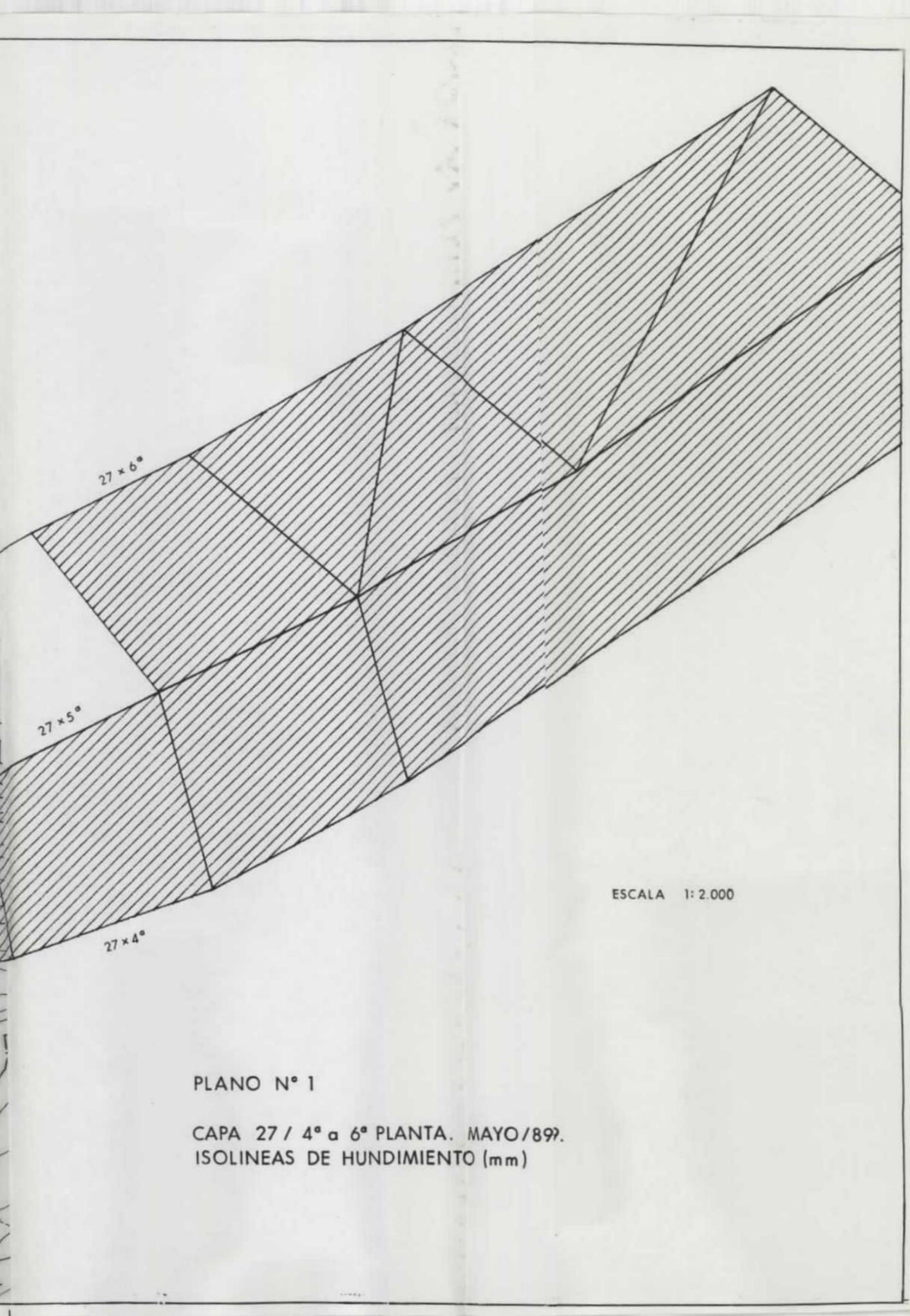
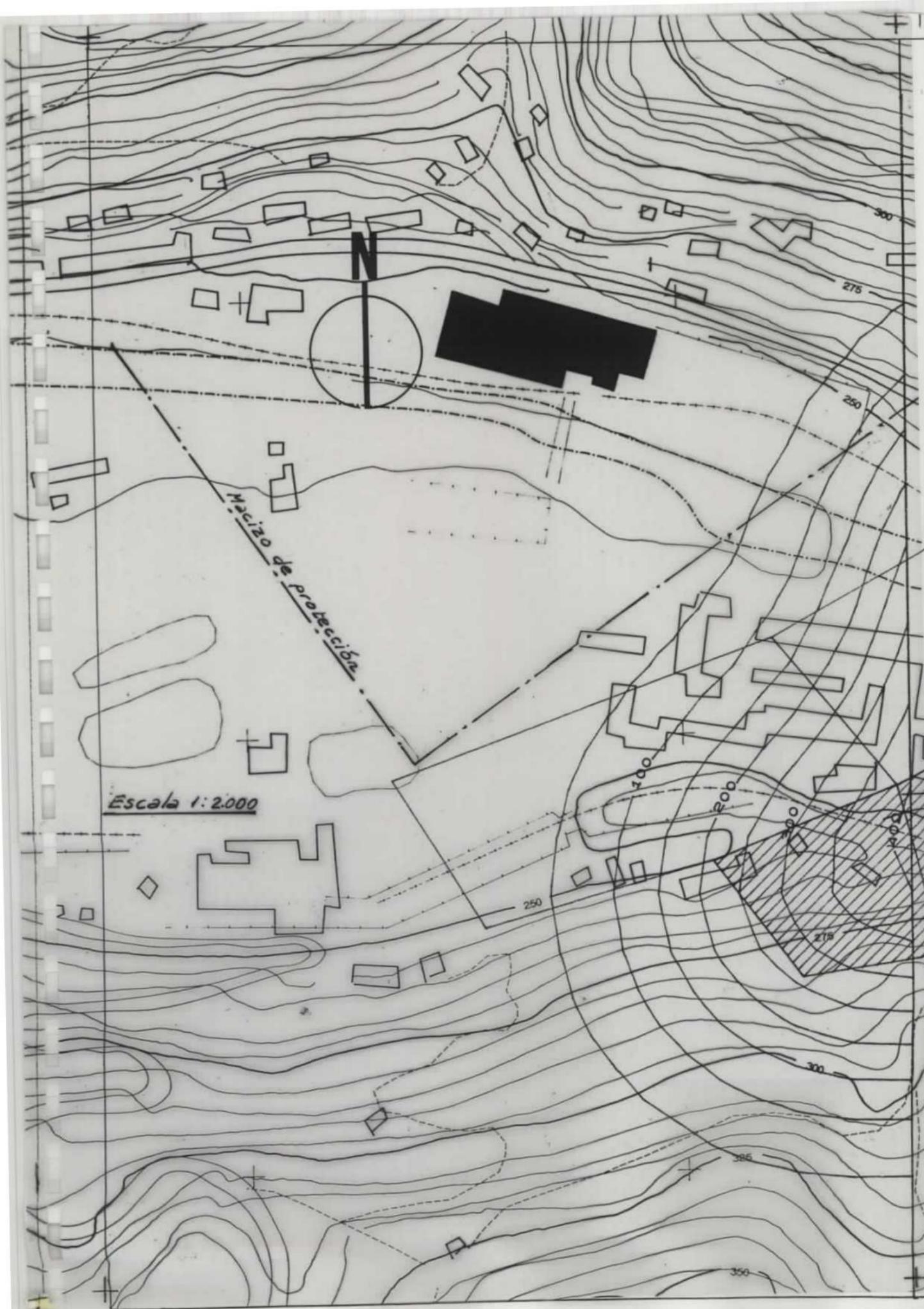


Relación de los daños con las deformaciones y longitudes de las estructuras (NCB, 1975).

VARIACION EN LA LONGITUD DE LA ESTRUCTURA (m)	CLASE DE DAÑOS	DESCRIPCION DE DAÑOS TÍPICOS
Menos de 0.03	1. Muy ligeros o despreciables	Fisuras muy finas en la escayola. Posibles grietas pequeñas y aisladas en el edificio, no visibles por fuera.
0.03-0.06	2. Ligeros.	Vanas grietas pequeñas visibles dentro del edificio. Las puertas y ventanas pueden trabarse ligeramente. Probablemente sean necesarias reparaciones en la ornamentación.
0.06-0.12	3. Apreciables.	Ligero agrietamiento visible en el exterior del edificio (o una grieta principal). Puertas y ventanas se traban; las tuberías de servicios pueden agrietarse.
0.12-0.18	4. Severos	Tuberías de servicios rotas. Grietas abiertas requiriendo recomposición y comunicando la estructura con el ambiente exterior. Marcos de puertas y ventanas deformados; suelos sensiblemente desnivelados; paredes sensiblemente inclinadas o abombadas. Cierta pérdida de portancia en las vigas. Si hay daños por compresión, solape de las juntas de techo y levantamiento de la obra de ladrillo con grietas horizontales abiertas.
Más de 0.18	5. Muy severos.	Como el caso anterior, pero peor, y requiriendo reconstrucción parcial o total. Las vigas de techo y suelo pierden la portancia y precisan apuntalarse. Rotura de ventanas con deformación. Fuertes inclinaciones en los suelos. Si hay daños por compresión, fuerte combamiento y abombamiento de techo y paredes.

TABLA N° 5

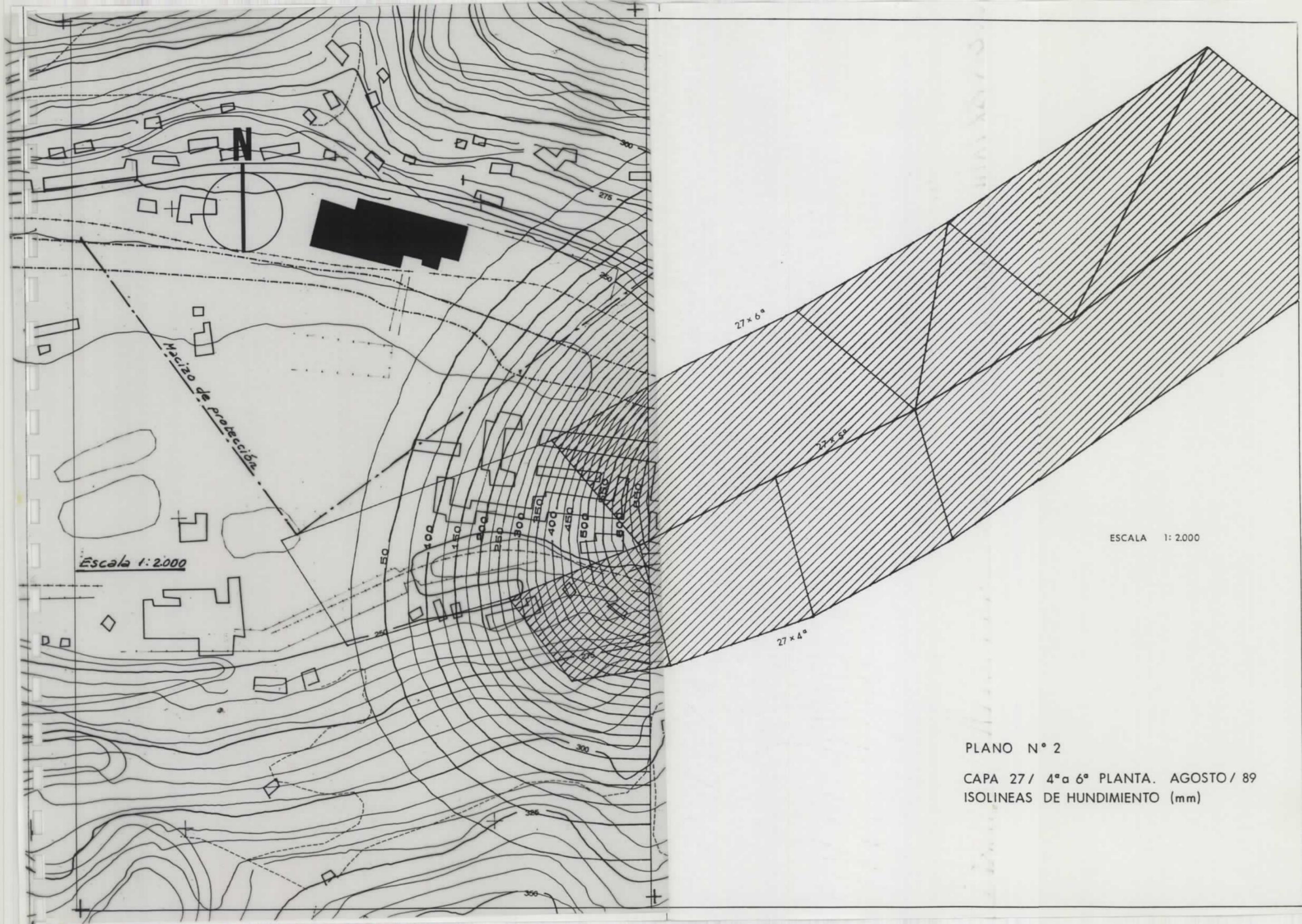
III.- PLANOS



PLANO N° 1

CAPA 27 / 4° a 6° PLANTA. MAYO/897.
ISOLINEAS DE HUNDIMIENTO (mm)

ESCALA 1:2.000

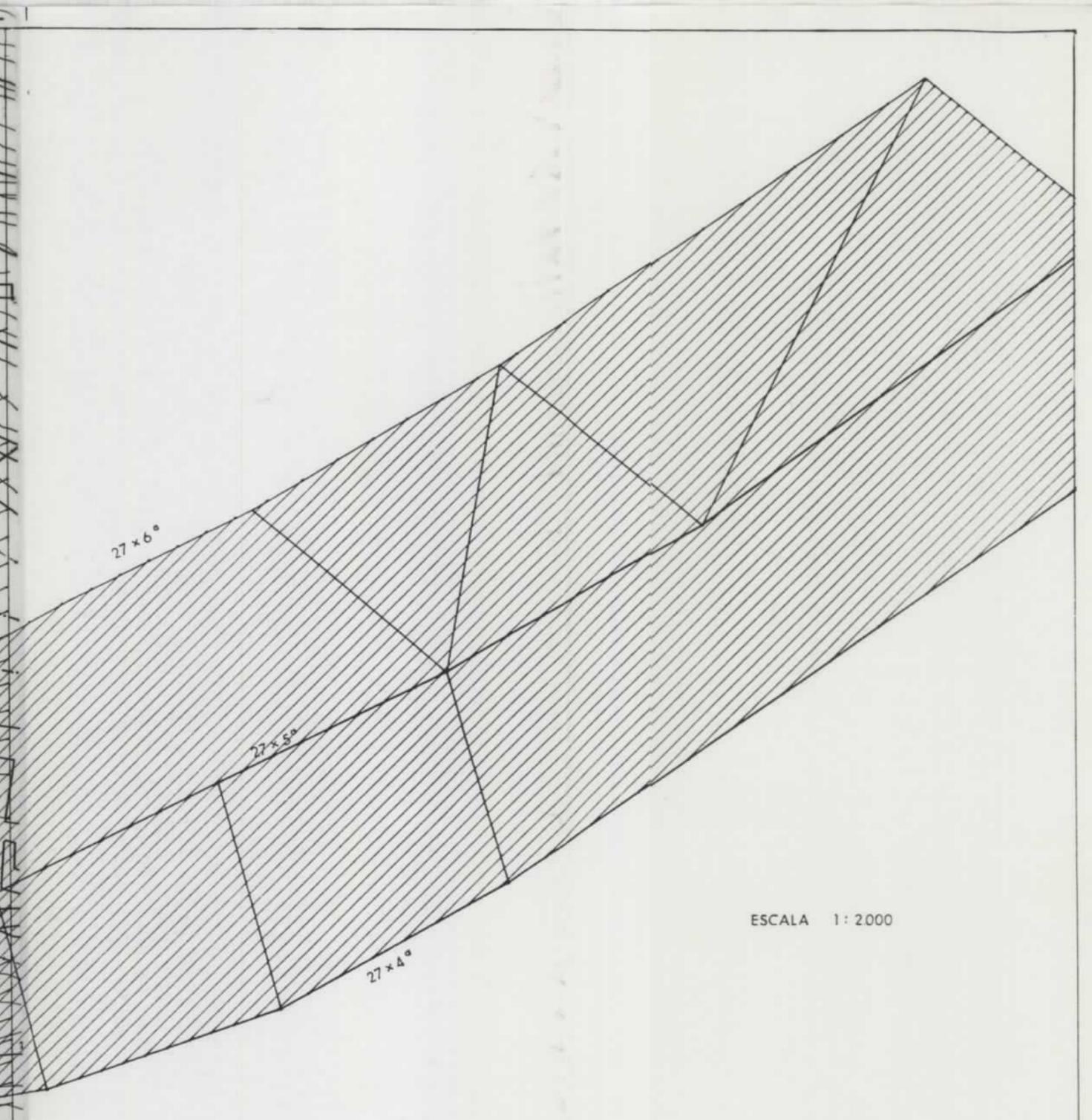
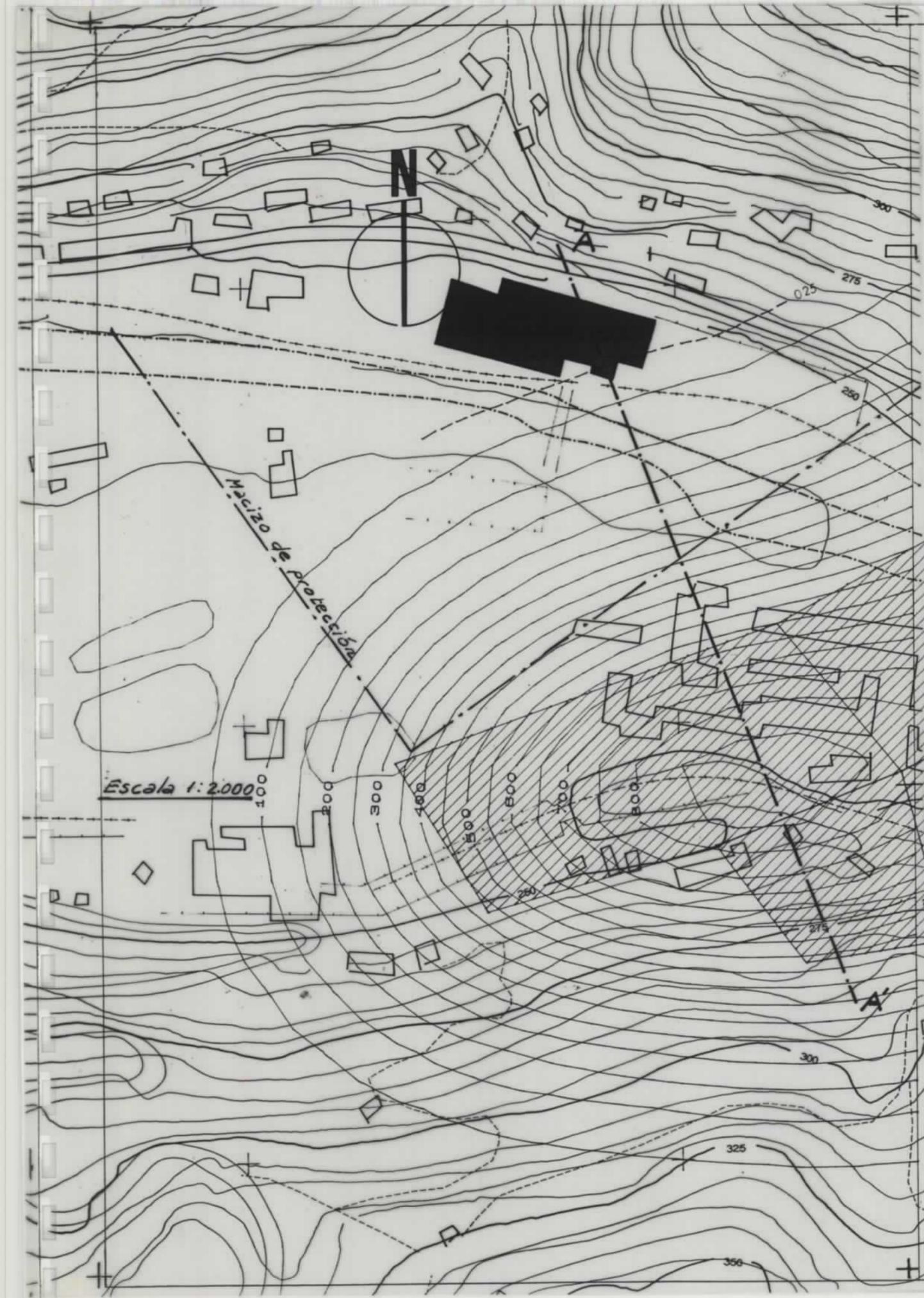


Escala 1:2000

Macizo de protección

ESCALA 1:2000

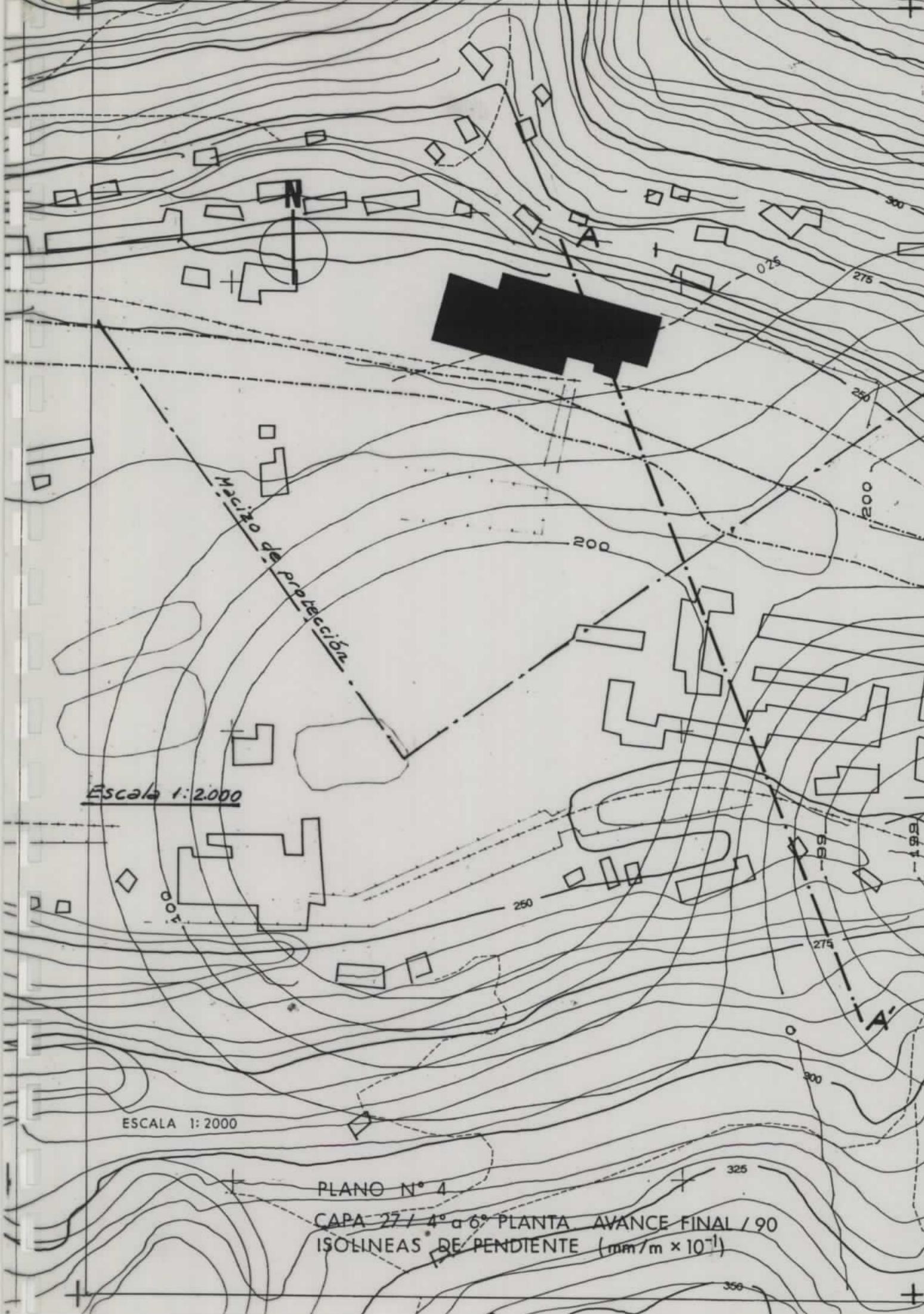
PLANO N° 2
CAPA 27 / 4ª a 6ª PLANTA. AGOSTO / 89
ISOLINEAS DE HUNDIMIENTO (mm)



ESCALA 1:2000

PLANO N° 3

CAPA 27 / 4ª a 6ª PLANTA . AVANCE FINAL / 90
ISOLINEAS DE HUNDIMIENTO (mm)



Macizo de protección

Escala 1:2000

ESCALA 1:2000

PLANO N° 4
CAPA 27 / 4° a 6° PLANTA AVANCE FINAL / 90
ISOLINEAS DE PENDIENTE (mm/m × 10⁻¹)