

---

**LAS MAQUETAS Y LOS MODELOS TRIDIMENSIONALES COMO AUXILIARES DIDÁCTICOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA TOPOGRAFÍA Y EL RIESGO.**

---

**Óscar Paz Gómez:** M.Sc. Oscar Paz Gómez Universidad de Ciego de Avila Cuba. E-mail: [opaz55cu@yahoo.com](mailto:opaz55cu@yahoo.com)

**Raimundo. Márquez Gurri**

**Oscar Brown Manrique**

**Larisa Semionovna Babiy.**

**Resumen:** *Las maquetas constituyen excelentes medios didácticos para la enseñanza de diferentes disciplinas y asignaturas técnicas, pues nos brindan una representación muy aproximada a la realidad objetiva, pudiéndose hacer sus representaciones a través de planos y en un ordenador como elemento simulador a través de su representación en modelos tridimensionales del terreno, los cuales ofrecen la posibilidad de llevarnos a través del empleo de novedosas tecnologías que nos permiten adentrarnos en el amplio mundo de la informatización de la ciencia (Pérez, López y González, 1998). En el presente trabajo damos a conocer la utilización de las maquetas en la enseñanza de la Topografía y el Riesgo con el empleo de ambas técnicas.*

### **Introducción**

La superficie de la tierra ofrece los más variados aspectos de difícil clasificación, representación e interpretación. Conocer el relieve del terreno es de vital importancia no sólo para ejecutar cualquier obra de ingeniería, sino también en muchas otras ramas de la ciencia.

Muchos de los problemas que en la práctica debe resolver el ingeniero agrónomo (Gómez y Aparicio, 1989), tales como los cultivos, en contornos, sistemas de riego y drenaje, etc. tienen íntima relación con el conocimiento que posee de las formas del terreno. El arquitecto necesita conocer el relieve del terreno para ubicar el lugar adecuado para proyectar sus construcciones. También le es útil conocerlo, a los geólogos, economistas, etc., y a toda persona interesada en el estudio de los recursos naturales de un país.

Con la introducción de nuevas tecnologías y el empleo de las herramientas auxiliares de la informática se hace necesario en el desarrollo de una nueva visión al estudiantado y los especialistas, es por ello que se introducen los Modelos Digitales del Terreno (en lo adelante MDT), de manera tal que seamos capaces de llevar a los ordenadores los conjuntos de datos con el objetivo de formarlos y obtener digitalmente un producto desarrollable y útil en los ordenadores personales que es donde finalmente se procesan y se concretan los resultados de los estudios con fines productivos, investigaciones, etc. y como forma de mostrar los mismos, así como, la de representar gráficamente su interpretación y uso práctico.

### **Desarrollo**

Los planos topográficos muestran las características de un lugar como son: cañadas, ríos, áreas

de cultivo, caminos, etc, en sus posiciones planimétricas correctas, utilizando para la situación de los mismos, mediciones de ángulos y distancias horizontales con las cuales se obtiene la precisión y cantidad de datos que se deseen.

Cuando se quiere obtener en el plano el elemento vertical o relieve del terreno es necesario utilizar algún artificio que permita conseguir el objetivo propuesto.

El sistema que se utilice para mostrar el relieve, debe cumplir dos misiones fundamentales: debe mostrar la figura del terreno en forma adecuada al que utiliza el plano, es decir construir un modelo del terreno fácil de interpretar y debe suministrar la información necesaria para conocer la altura o elevación de cualquier punto que aparezca en el plano.

De acuerdo a (Benitez, 1978) el método que nos ofrece de una forma clara y precisa no solo el relieve del terreno sino también la elevación de cualquier punto perteneciente al mismo es el método de curvas de nivel. Sobre los planos de curvas de nivel es que nos basamos para proyectar las obras ingenieriles.

Hemos podido comprobar a través de los años que llevamos impartiendo docencia que a los estudiantes no les resulta fácil la lectura e interpretación de los planos de curvas de nivel después de haber recibido la información necesaria de parte del profesor. Por tales razones nos vimos en la necesidad de crear un nuevo método de enseñanza para resolver esta problemática y recurrimos a las maquetas como medio didáctico. Hemos creado un modelo del relieve del terreno en una maqueta y a ese modelo le construimos el plano de curvas de nivel lo que da la posibilidad al estudiante de leer las diferentes formas del relieve en el plano y compararlos en la maqueta obteniéndose resultados altamente positivos.

[\(Fig. 1\)](#)

[\(Fig. 2\).](#)

Además confeccionamos una maqueta que representa el modelo de un sistema intermitente del riego por surcos. Nueva tecnología del riego poco conocida en el país de la cual se dan los primeros pasos para su introducción y empleo a gran escala.

[\(Fig.3\).](#)

Esto permite que los estudiantes puedan relacionarse con esta nueva tecnología de la forma más objetiva posible al no existir actualmente otras posibilidades.

### **Obtención de los MDT**

La era de la informatización nos ha obligado a modificar la concepción actual del mundo de la enseñanza y del procesamiento de los datos, permitiendo de esta manera hacer llegar a otros la posibilidad de elegir entre las variantes tan amplias que se ofrecen a partir de simples datos como base del resultado de los análisis. (Manual de usuario del Sufer y Help On LINE).

La aplicación de los métodos entre los que se pueden incluir el desarrollo de los MDT y la introducción de los mismos en el proceso de enseñanza. En su concepción básica se puede clasificar en tres tipos por su forma de entrada de los datos para su simulación virtual y funciona bajo el principio (elementalmente hablando) de la aplicación de funciones matemáticas complejas para la conformación de una malla tridimensional del área o territorio que se representa en función de tres ejes matemáticos (X,Y,Z) permitiéndose así la visualización en diferentes ángulos e interactuar con la misma en dependencia de la aplicación para la manipulación del elemento en 3D.

[\(Fig.4\).](#)

Para mejor comprensión de la clasificación dada anteriormente podemos exponer las clasificaciones de forma independiente:

- a. Entrada de datos numéricos:

El creador del software o aplicación de manejo de datos es quien decide, como en todos los casos la estructura de datos numéricos que eventualmente se alterna desde los formatos básicos del tipo ASCII o texto hasta las formas de bases de datos ACCESS, pero siempre con alguna variantes no

muy significativas, se forma una matriz de base tres formada por valores x,y,z en su diseño de filas y columnas en la cual a cada posición determinada, por supuesto por sus valores x,y corresponde un valor determinado z que denota la altura a la cual este punto se encuentra sobre el nivel medio del mar, a continuación exponemos un ejemplo:

X	Y	Z
749109.240	302347.218	31.30
749200.201	302349.487	35.15
749201.175	302274.842	36.40
749197.187	302129.377	39.48

Ejemplo de entrada de datos.

b) Entrada de datos gráficos:

Esta modalidad se produce de forma digital cuando con el auxilio de una mesa digitalizadora se introducen los datos de las curvas de nivel que conforman el territorio mapificado a la microcomputadora, para luego ser manipulado por el software de la forma matricial descrita anteriormente como dato numérico, con la particularidad que la altura de la curva de nivel se introducirá a través del cambio en las propiedades de la entidad, mientras que el valor posicional de cada uno de los puntos está determinado por el trazado gráfico de este elemento conformado por los puntos que conforman los arcos con el valor constante de la Z, como hemos dicho.

[\(Fig. 5\)](#)

c) Entrada de datos estereofotogramétricos:

Como su nombre lo indica se trata de la medición estereofotogramétrica a través de pares estereoscópicos definidos del terreno en cuestión, de fotografías aéreas en plataforma digital con determinados parámetros técnicos muy importantes para la solución de esta tarea por este método. (Teoría del par estereoscópico,1978)

La restitución estereofotogramétrica digital tiene muchas variantes y tecnologías y podemos afirmar a nuestro modo de ver que es la más precisa y permite dar como formato de salida los métodos de entrada de datos expuestos anteriormente; así como los resultados de forma análoga a lo anteriormente expuesto y nos brinda amplias posibilidades de análisis:

**Validación de los datos de entrada**

Este importante proceso de depuración de los datos iniciales en este tipo de software o aplicación se realiza internamente, permitiendo la visualización, a voluntad del ejecutor para su corrección o no, mostrando además estadísticas de los datos procesados, o sea que los datos finalmente serán validados antes, durante o después de su procesamiento de acuerdo a la apreciación del especialista al cumplir las exigencias del mismo.

Es importante señalar que en dependencia de la forma de entrada de los datos, la aplicación realizará la validación del conjunto de datos, aunque siempre para el procesamiento en cualquier formato se llevará a la forma numérica con el desarrollo de una malla de datos que cubre de forma rectangular lograda a partir de los valores posicionales ( X,Y) inferior izquierdo y superior derecho.

**Procesamiento de los datos**

Se realiza de forma casi análoga en las aplicaciones de procesamiento en las que se tiene en cuenta por la distribución de los datos el método matemático que se empleará; por esto es necesario conocer con profundidad al efecto " distribución de datos – método matemático," para obtener una correcta interpolación de las curvas de nivel. Los principales métodos empleados son los que siguen:

a) Distancia inversa

- b) Kriging Cokriging
- c) Curvatura Mínima
- d) Vecino Próximo
- e) Regresión Polinomial
- f) Funciones Radiales Básicas
- g) Triangulación con Interpolación Lineal

El resultado de la aplicación de estos métodos es una malla (grid) que se almacena en un fichero (generalmente con extensión .grd) con las cuales se pueden desarrollar toda una serie de trabajos que forman parte del formato de salida.

Las complejas operaciones matemáticas que se emplean en la aplicación de estos métodos permiten en relación con la distribución de los datos formular variantes o combinaciones de métodos y hacerlos relacionar a voluntad, en directa concordancia con los resultados que se obtienen y la consideración de éstos por parte del especialista si cubren las expectativas.

### **Resultado final**

Los resultados finales de forma general se pueden apreciar en el mismo mediante las opciones sugeridas por el fabricante de las aplicaciones y son posible conformarlas a partir de los resultados que se manejan por los pasos anteriores, los cuales de forma apreciativa en su formato de salida puedan observarse, así pues, un dato de altura que tenga en un determinado valor posicional 300.4 donde su valor real es 30.04 se manifestará gráficamente como un pico, si no es detectada durante el proceso de validación, pudiendo este valor discordante ser corregido desde los datos de entrada exclusivamente y formando todos los demás pasos en el orden descrito anteriormente.

La malla tridimensional es solo uno de los formatos de salida y su densidad entre líneas se escoge a voluntad, así como la forma de representación con colores en las gamas para los valores máximos y mínimo, permitiendo de forma interactiva seleccionarlos.

La salida raster no es mas que la asignación de un valor entre el 0 y el 1 (negro y blanco) o sea en tonos de grises, para los valores máximos y mínimos determinados a todos los valores numéricos de Z.

Este aspecto de representación del terreno tiene aplicaciones prácticas muy diversas y puede constituir base para los modelos de simulación interactiva, entre los que se pueden a partir de esos datos primarios suministrados hacer evaluaciones de áreas inundables, etc. Forma parte además de la modelación y obtención de datos iniciales globales de la Realidad Virtual en este campo.

### **Conclusiones**

- Las maquetas constituyen un eficiente medio didáctico para la lectura e interpretación del relieve del terreno en el plano de curvas de nivel.
- Los M.D.T tienen entre otras muchas ventajas la de constituir un elemento de introducción a la ingeniería gráfica en la enseñanza y las investigaciones aplicadas y asociadas al proceso docente-educativo.
- Las maquetas nos brindan la posibilidad de conocer tecnologías que no están introducidas todavía en el país.

## Referencias Bibliográficas

Pérez Romero, Miguel Antonio; López Gordillo, Miguel y Gonzáles Mediero Angel. "Aplicación de Maquetas en el Aprendizaje de la Topografía". *Actas del X Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Dpto. de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos. Málaga, España, Tom. 1, (pág. 489- 492), 1998.

Benitez Olmedo, Raúl. *Topografía para Ingenieros Civiles*. La Habana, Cuba: Pueblo y Ed Educación, Tom.1, 1978.

Gómez Quesada, José M. y Aparicio Rodríguez Gustavo. *Topografía para Ingenieros Agrónomos*. La Habana, Cuba: Científico-Técnica, 1980.

*I.T.M. Teoría del par estereoscopio*. . La Habana, Cuba: Pueblo y Educación, 1978.

*Surfer V. 6.4. Manual de usuario del Surfer y HELP On LINE. s/f.*

### [Maqueta](#)

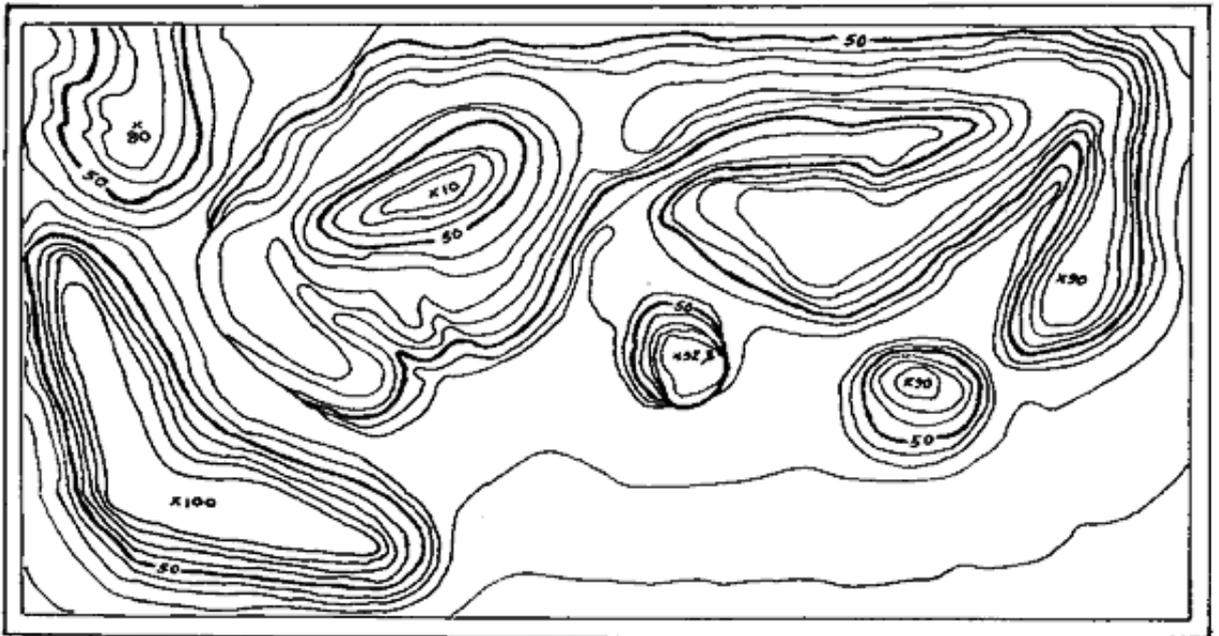


Figura No.1

Fuente: \*Maqueta tallada en poliespuma por el A. A. Raúl Ricardo Ricardo (1986).

\*Fotografía tomada por Raimundo Márquez Gurri (1999).

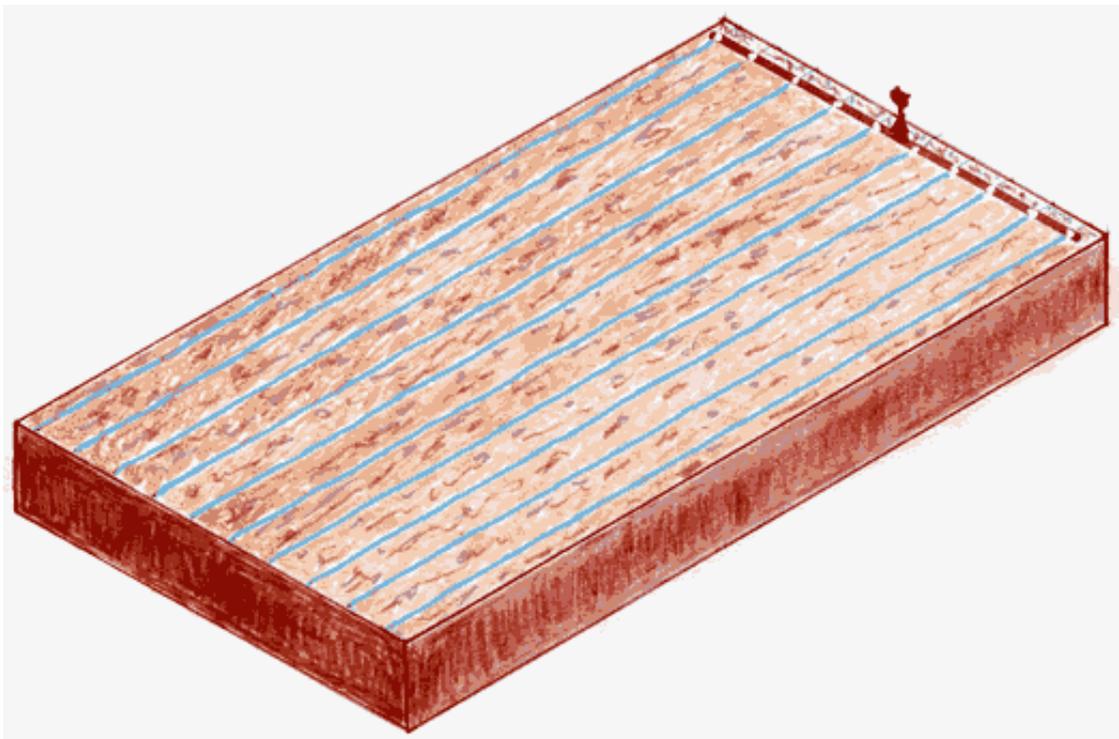
### [Figura N° 2](#)



Plano topográfico de la maqueta. Esc. 1:1.

Fuente: Dibujo a mano alzada realizado por: Oscar Paz Gómez (1986)

[Figura N° 3](#)

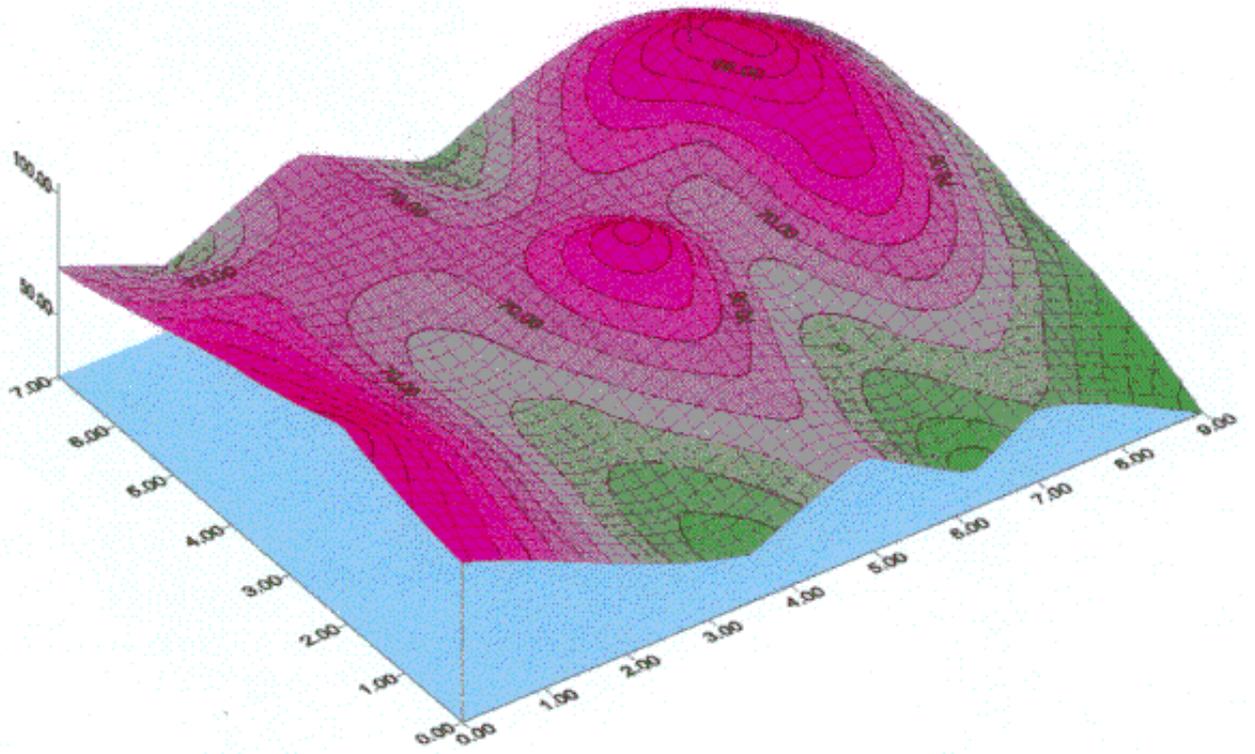


Maqueta: Sistema de Riego intermitente por surcos.

Fuente: \*Maqueta tallada en poliespuma por: Larisa Semionovna Babiy y Oscar Brown Manríquez.

\* Dibujo realizado y escaneado por: Oscar Paz Gómez (1999).

[Figura No. 4](#)



Modelo tridimensional del terreno

[Figura No.5](#)

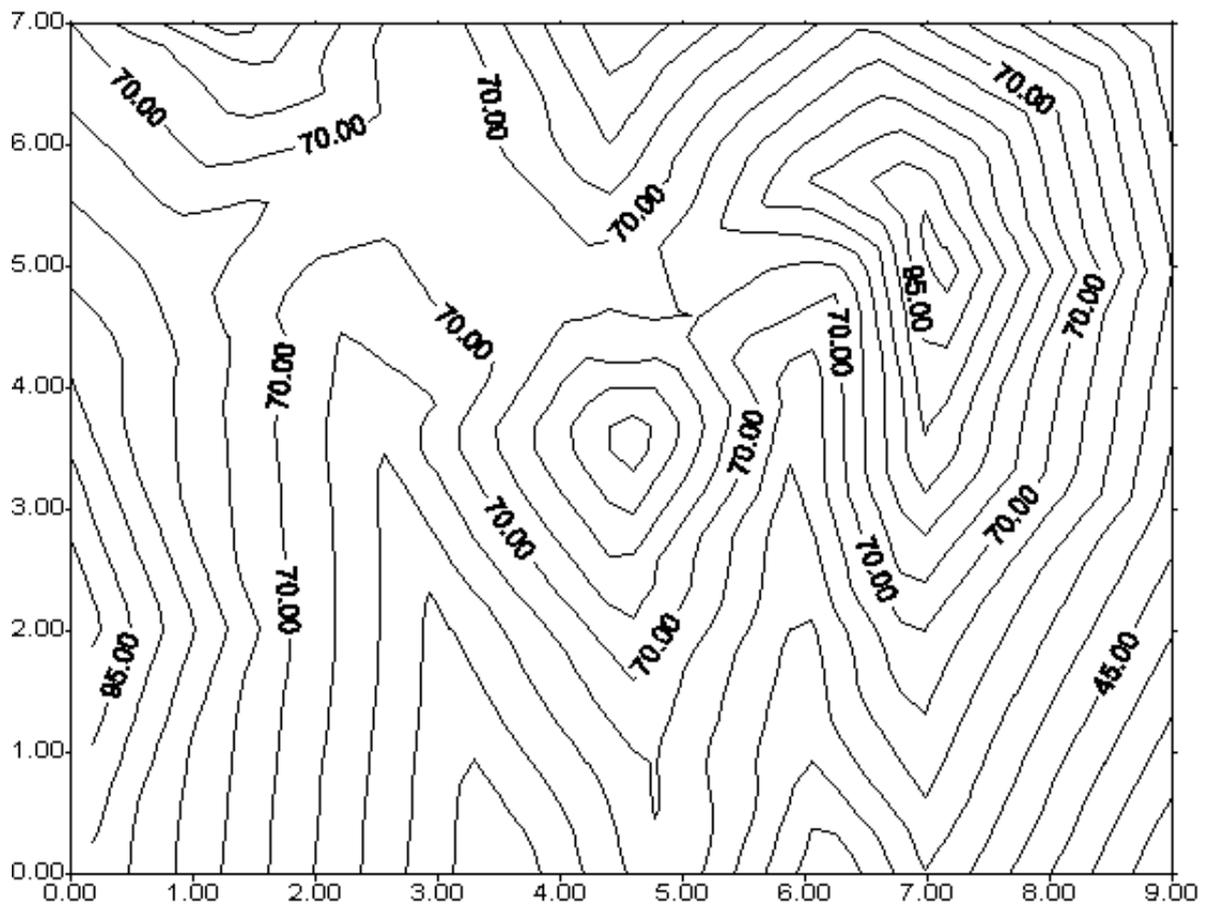


Fig.5.- Ejemplo de representación digital del relieve

ENTER">

[Figura No.5](#)

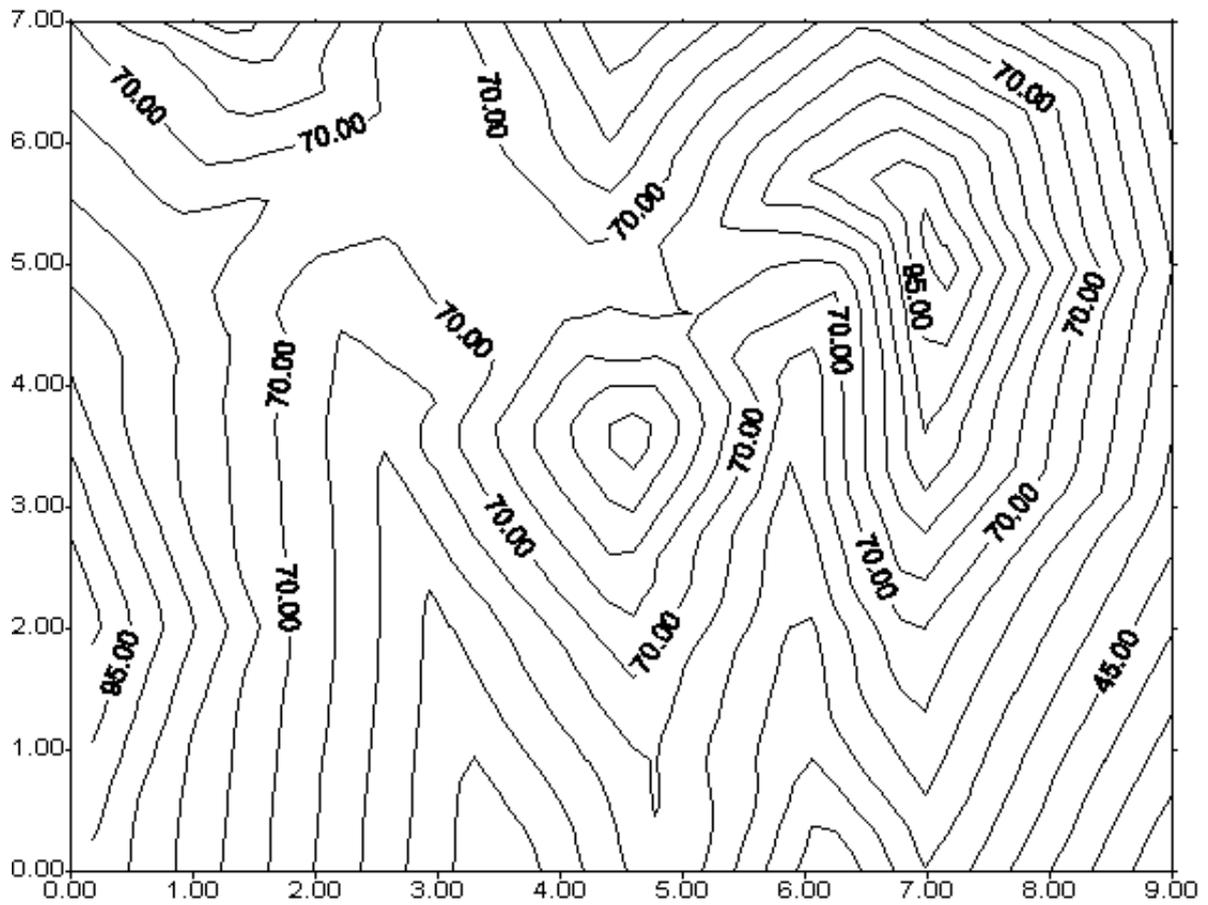


Fig.5.- Ejemplo de representación digital del relieve