

# “SIMULACIÓ AMB ORDINADOR D’UNA PRÀCTICA DE LABORATORI”

per ÀNGEL VÁZQUEZ ALONSO,  
Catedràtic de Física i Química  
de l'I. B. Ramon Llull

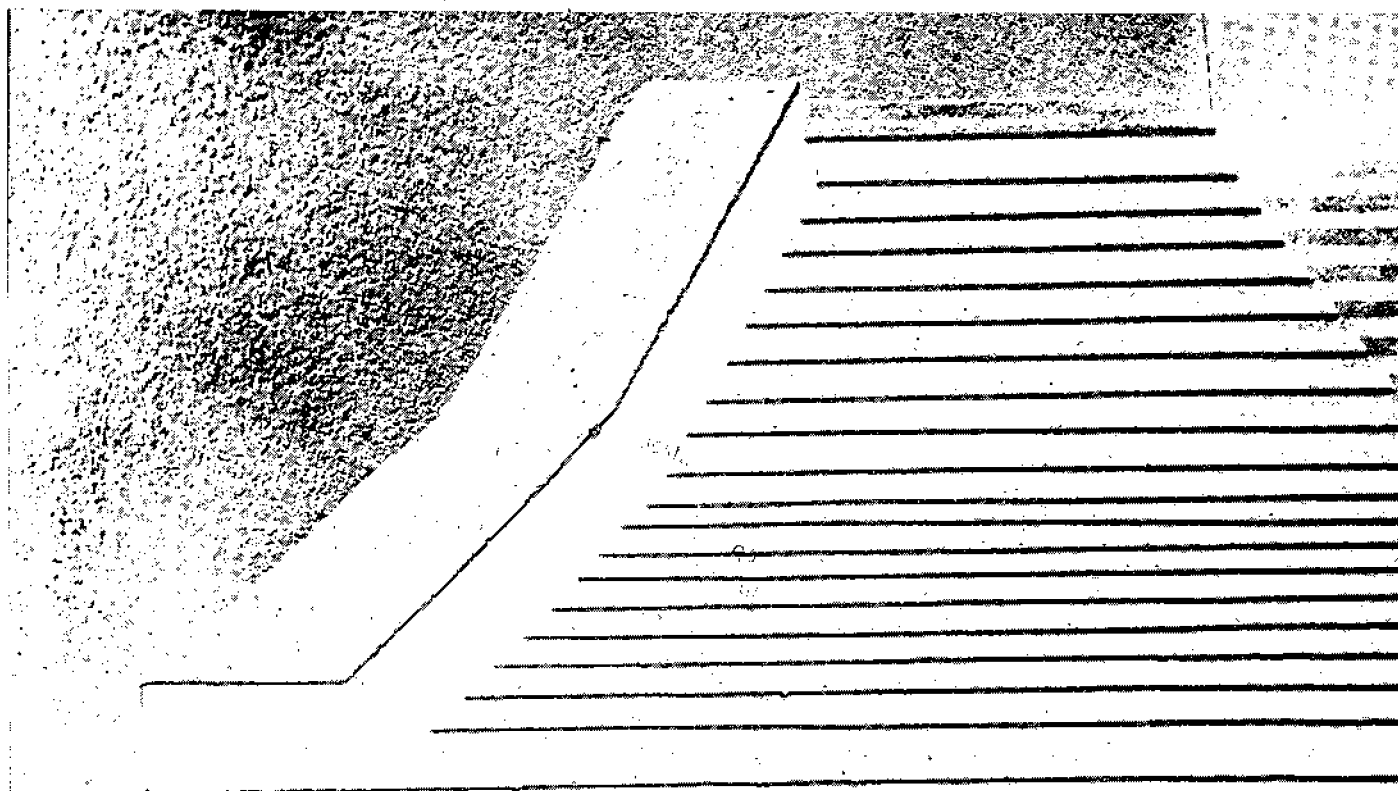
## 1. ORDINADORS I EDUCACIÓ

Dins l'educació, els ordinadors es poden fer servir amb vista a aplicacions variades, que hom sol agrupar en dues grans àrees:

i) Com a mitjà d'instrucció agafaria les diverses modalitats d'ensenyament amb l'ajut d'ordinadors: màquines d'ensenyar, resolució de problemes, emmagatzematge i recuperació d'infor-

mació, simulacions..., que en el món anglo-saxó s'anomenen amb les sigles C.A.I. (Computer Assisted Instruction) o Ensenyament Assistit per Ordinador.

ii) Com a objecte d'instrucció inclou totes les coneixences relacionades amb els ordinadors i que avui s'usa denominar Informàtica: programació, sistemes, llenguatges...



L'experiència que ací es presenta s'emmarca dins el grup i) corresponent a simulacions mitjançant l'ordinador. Les tècniques de simulació són un poderós instrument en els mètodes experimentals, car posseeixen, en general, els següents avantatges:

- Forneixen una gran quantitat d'informació, ràpidament, sobre qualque model real o realitzable, o sobre el control d'algun sistema per mitjà del model corresponent.

- Possibiliten el maneig de fenòmens que posseeixen alguna dificultat en la realitat.

- Representen un estalvi del material que interviendria en l'experiment real.

En aquesta experiència didàctica s'empra l'ordinador com a ajuda per a simular una pràctica de laboratori força comuna entre els nostres estudiants: l'estudi dels moviments rectilinis, uniforme (M.U.) i uniformement accelerat (M.U.A.)

Per als qui estan convençuts del valor absolut i exclouent de la tasca de laboratori per als alumnes dins l'aprenentatge de les ciències, pot semblar fatu l'ús de l'ordinador com a substitut de les pràctiques. Tanmateix, he de fer avinent ací que, des d'una perspectiva purament pedagògica, el laboratori és un mitjà més, entre d'altres possibles, com els àudio-visuals, la natura, l'entorn... o l'ordinador. És ver que la seva importància es troba molt condicionada per la tradició empirista i tecnològica que ha tingut el desenvolupament de la ciència entre nosaltres. No és menys ver que avui en dia l'ordinador es troba incorporat com una eina fonamental a tots els centres d'investigació; introduir-lo en la didàctica de les ciències no és sinó actualitzar aquesta didàctica als models d'investigació ara vigents, tot continuant aquesta via que la tradició històrica ha marcat.

Per altre cantó, l'ús del laboratori com a mitjà d'aprenentatge no es troba franc d'algunes crítiques raonables que puntualitzen la seva valua real com a mitjà didàctic. Breument, en resumiré ací qualcunes, que hom pot veure a la referència (5) més ampliades i documentades bibliogràficament. Primerament s'assenyala que els diversos estudis d'investigació realitzats sobre el valor de l'ús del laboratori no han demostrat concloentment la seva relació amb la millora en l'aprenentatge de conceptes, la comprensió del mètode científic o per estimular l'interès envers la ciència. En se-

gon lloc, no hi ha raons adduïbles per a elevar el paper del laboratori per damunt d'altres ajudes disponibles per al professor de ciències.

Bé, no és el propòsit d'aquesta breu comunicació aprofundir en tots aquests problemes: el laboratori i l'ordinador, així com tots altres mitjans, han de ser utilitzats pel professor amb un sentit pragmàtic i no pas dogmàtic, tot relativitzant llur paper dins el marc de la instrucció.

Nogensmenys, no podem ignorar que la importància de l'ús de l'ordinador en totes les activitats augmenta, i també en l'ensenyament. Si repassam qualque bibliografia sobre ordinadors ens n'adonarem.

## 2. L'EXPERIÈNCIA

Essencialment, l'experiència que es presenta consisteix a subministrar a l'ordinador els models de moviment rectilini uniforme i uniformement accelerat, per mitjà de les seves equacions horàries. L'ordinador calcula les posicions i els temps corresponents als paràmetres inicials (posició inicial, velocitat inicial i acceleració) elegits; una subrutina d'aleatorització transforma els valors de les posicions, obtinguts exactament, en valors aleatoris entorn del valor exacte. L'ordinador ofereix en pantalla els resultats i si l'operador assent, els impressiona damunt paper. Un diagrama de flux corresponent a aquestes operacions s'ofereix a la figura 1.

La idea d'aquesta simulació ja havia estat executada fa un grapat d'anys mitjançant un calculador molt senzill (6), Hewlett-Packard 98 30-A, la pantalla del qual és d'una sola línia. La possibilitat de disposar d'un microordinador més versàtil SHARP MZ 80B va permetre d'abonar aquella idea original en la versió que ací es presenta.

En els treballs pràctics de laboratori sobre moviments rectilinis els alumnes obtenen resultats de temps i posicions del mòbil estudiant. La manera com s'obtenen canvia segons el muntatge que es dugui a terme; el més planer és el que consisteix a mesurar directament el temps per a diversos espais recorreguts; la referència (1) presenta un muntatge totalment anàleg a la simulació que realitza l'ordinador: un pinzell fa marques damunt una cinta telegràfica que rellisca a sota, arrossegada pel mòbil. El resultat és **3**

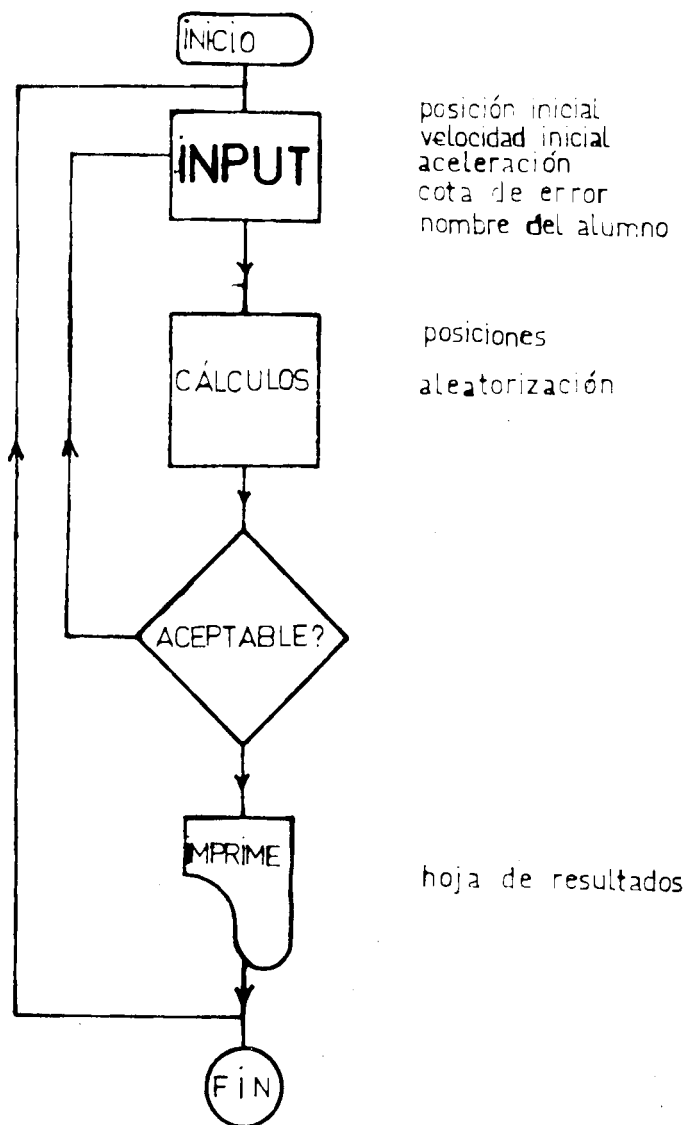


Fig. 1 Diagrama global de la simulación

una cinta, els traços de la qual s'han realitzat a intervals regulars, en què, tot amidant les distàncies entre traços, hom obté els espais recorreguts pel mòbil. L'ordinador, en la simulació, ofereix a l'alumne una llenca de paper on hi ha impresa una sèrie de traços (doble ratlleta vertical), espaiats entre ells segons el model aleatori calculat, dalt de cadascun dels quals figura l'instant a què corresponen. L'alumne ha d'amidar les distàncies entre els traços per obtenir les dades d'espais que calen i deduir-ne els paràmetres del moviment simulat, ben igual que en qualsevol pràctica de laboratori.

La figura 2 repròduex la plana impresa per l'ordinador per a un moviment simulat; la part superior, una tira estreta de devers dos centímetres, es talla de la resta del full i es dona a l'alumne, el nom del qual hi figura, per tal que realitzi la tasca.

Com es veu, la part inferior del full imprès per l'ordinador conté molta més informació, i el professor la guarda per facilitar la correcció del treball de l'alumne. Aquesta part inferior del full, sota l'epígraf, MOVIMENT ESTROBOSCÒPIC, conté:

- i) Una còpia exacta de la matriu que rep l'alumne.
- ii) Una taula de valors del moviment simulat, on hi ha:
  - els instants de temps corresponents a cada posició (TEMPS).
  - per a cada instant, el valor *exacte* de l'espai recorregut (ES-

4 PAI).

-per a cada instant, els valors de l'espai generats aleatòriament mitjançant la funció RANDOM, entorn dels valors exactes calculats, limitats per la fita d'error emprada en l'aleatorització (EXPTAL).

-per a cada instant, els valors aleatoris de l'espai expressats en mil·límetres (EXP (MM)).

-l'error relatiu, expressat en percentatge, entre el valor exacte dels espais i el valor generat aleatòriament.

-la mitjana aritmètica dels errors relatius emprats.

-la fita d'error usada com a límit en el càlcul dels espais aleatoris.

iii) El pendent, l'ordenada a l'origen i l'acceleració deduïda del pendent, expressada en  $\text{mm} \cdot \text{s}^{-2}$ . Aquests valors s'han calculat per l'ordinador mitjançant una subrutina de regressió lineal pel mètode de mínims quadrats per als punts obtinguts experimentalment.

iv) L'espai inicial, la velocitat inicial i l'acceleració subministrats com a dades d'entrada a l'ordinador.

v) Les mateixes dades anteriors expressades en mil·límetres.

vi) La representació gràfica espai-temps, que per a un M.U.A. és una rama de paràbola.

vii) La representació gràfica espai-temps al quadrat, que per a un M.U.A. es distribueixen linealment; la recta traçada a la figura és la recta calculada pel mètode de mínims quadrats que apropa linealment la distribució de punts obtinguda.

Per al cas d'un moviment uniforme el programa de simulació només imprimeix, òbviament, la gràfica espai-temps juntament amb la recta de regressió lineal obtinguda pel mètode de mínims quadrats.

L'alumne rep la matriu superior del full imprès per l'ordinador, a nom seu; hi figuren els temps assignats a les successives posicions del mòbil (doble ratlleta vertical). tot amidant amb un regle es calculen les distàncies recorregudes per a cada temps, i s'obté la corresponent taula de posicions i temps, com en qualsevol tasca de laboratori; el tractament matemàtic subsegüent és ben igual que l'acostumat en aquests casos.

La figura tres recull sintèticament els resultats obtinguts per l'alumne a qui va correspondre el full reflectit a la figura 2, la recta de regressió (traçada a bell ull) i el valor obtingut per a l'acceleració.

### 3. CONCLUSIONS

Amb la simulació de moviments mitjançant computador que hem presentat s'aconsegueixen els següents objectius:

i) Individualització del treball pràctic de laboratori. Aquesta circumstància no es pot atènyer sempre (potser mai) per la manca d'espai a l'hora d'allotjar tots els alumnes o per la insuficiència d'equips que permetin a tots els alumnes de disposar del material necessari. la rapidesa de càlcul de l'ordinador permet de preparar simuladament aquesta experiència de laboratori d'una manera individualitzada per a cada alumne, fins i tot emprant més poc temps del que cal per a muntar-la realment al laboratori. Cada alumne disposa de la seva pràctica de laboratori simulada i diferent a les de tots altres. El professor pot graduar la dificultat o l'amplitud dels errors aleatoris segons el tipus d'alumne a qui s'adreça.

ii) Facilitat en la correcció dels treballs dels alumnes, ja que l'ordinador forneix al professor tots els càlculs i representacions gràfiques fets exactament. Sense aquesta circumstància, la simulació mancava d'avantatges pràctics; amb la solució en la mà, el professor assenyalarà tot d'una a l'alumne els errors comesos, facilitant una ràpida avaluació dels resultats per part de tots dos, professor i alumne.

Los numeros indican los instantes y || las posiciones de un movil. Estudia el movimiento y calcula los parametros del mismo.

CLAVE= 0.072032832

ALUMNO= ABRIL DOVALO J.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

\*\*\*\*\* MOVIMIENTO ESTROBOSCOPICO \*\*\*\*\*

CLAVE= 0.072032832

ALUMNO= ABRIL DOVALO J.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

TIEMPO :	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ESPACIO :	0	1.25	5	11.25	20	31.25	45	61.25	90	101.25
EXPTAL :	0	1	5	12	20	30	44	63	71	97
EXP (MM) :	0	1.48	7.4	17.76	29.6	44.4	65.12	93.24	105.08	143.56
ERROR R %	85.53	20	0	-6.67	0	4	2.22	-2.86	11.25	4.19

MEDIA DEL ERROR RELATIVO % : 5.7 %

COTA DE ERROR EMPLEADA : 15 %

PENDIENTE = 1.178 U/S.

ORDENADA EN EL ORIGEN = 0.72 U/S.

Pendiente + ACELERACION (MM/S<sup>2</sup>): 3.487

ESPACIO INICIAL (U.) = 0

VELOCIDAD INICIAL (U/S) = 0

ACELERACION (U/S<sup>2</sup>) = 2.5

ESPACIO INICIAL (MM) = 0

VELOCIDAD INICIAL (MM/S) = 0

ACELERACION (MM/S<sup>2</sup>) = 3.7

ESPACIO (U.) 200

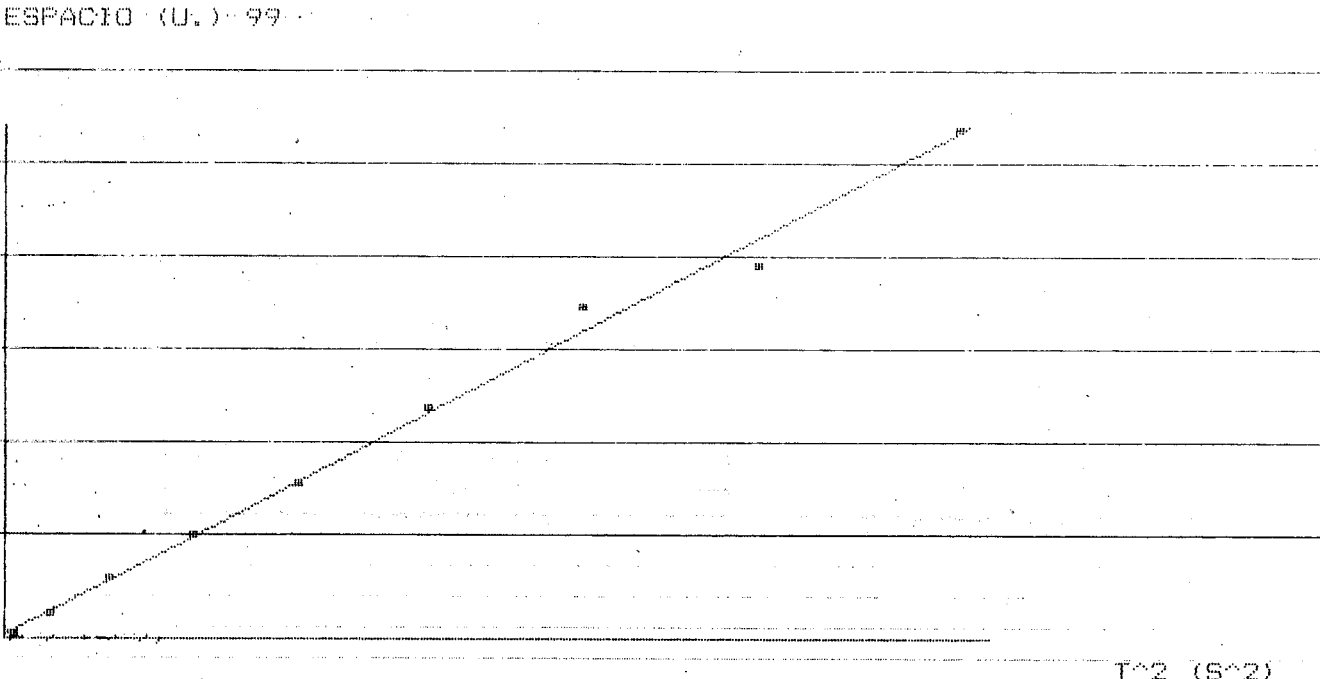
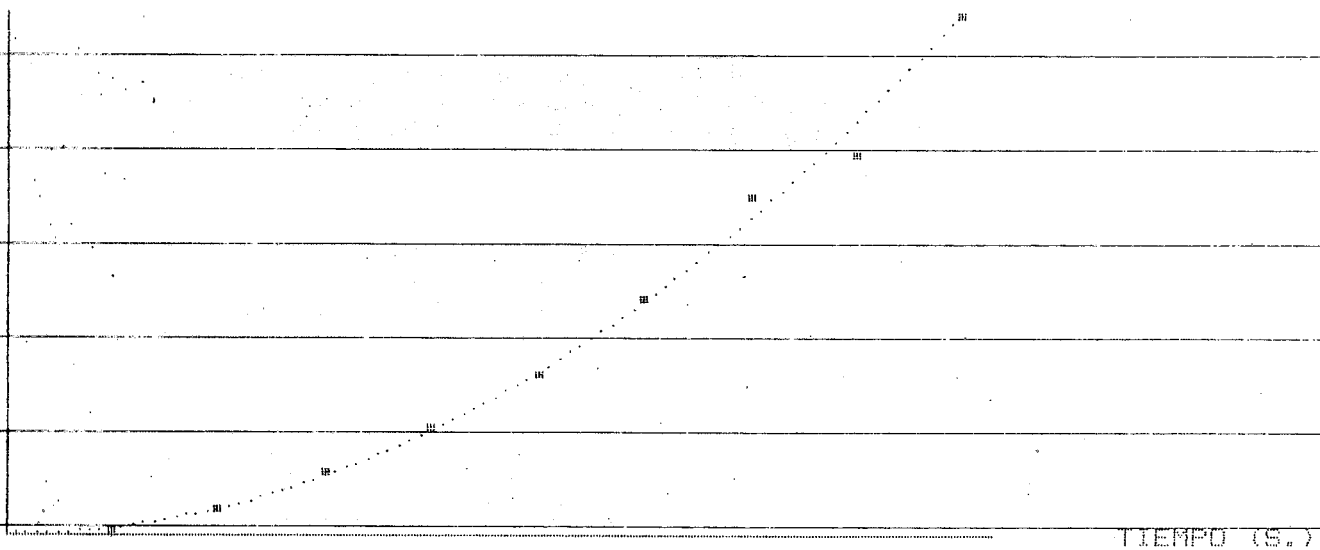


Fig. 2 Movimiento uniformemente acelerado

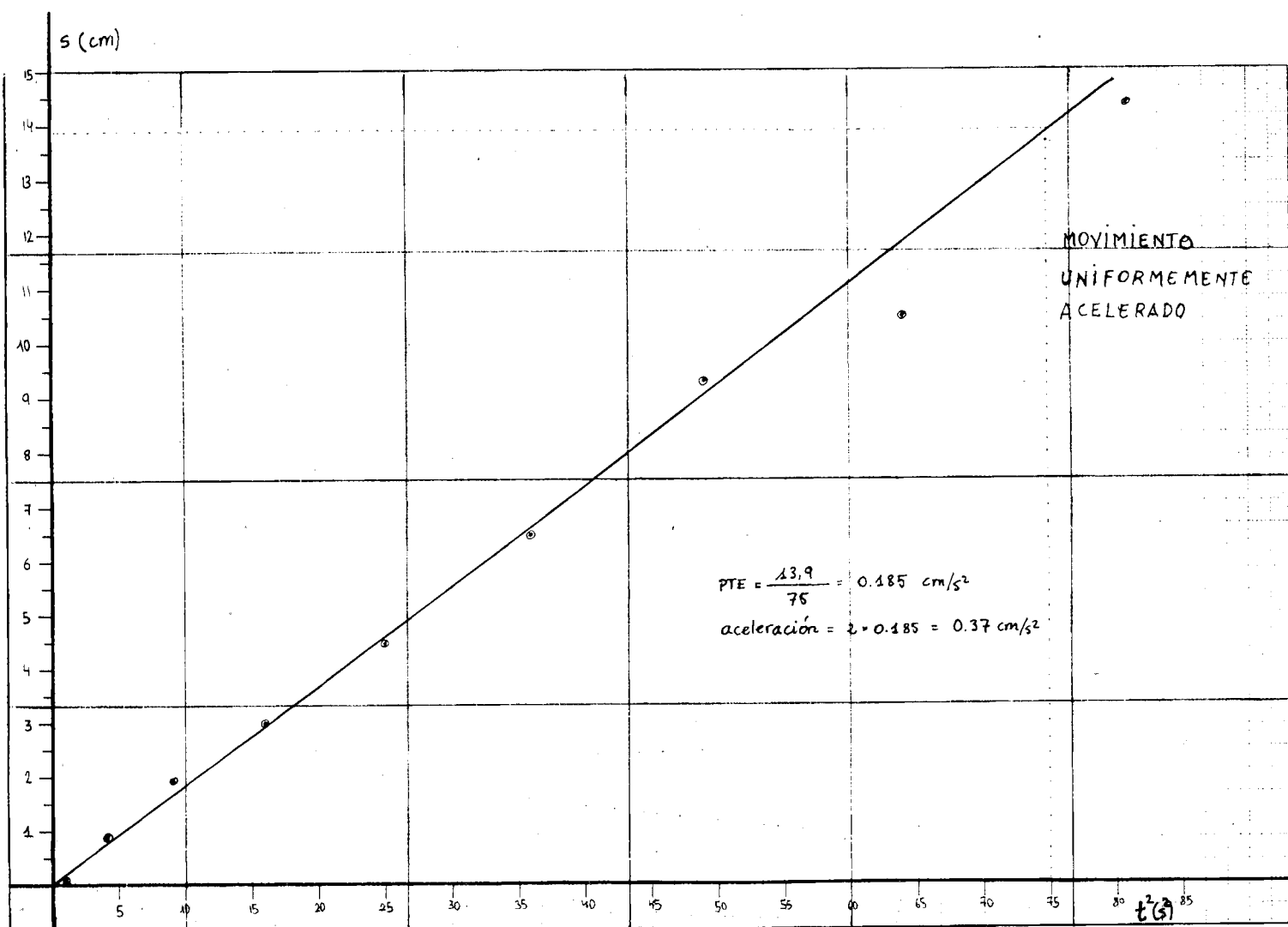
iii) Simulació dels errors experimentals. La principal virtualitat didàctica que poden tenir els treballs pràctics (deixant de banda els objectius concrets de cada experiència) consisteix a posar l'alumne en contacte amb la realitat variable i inexacta, amb els resultats imprecisos de les mesures. Aquesta qualitat es realitza perfectament en la simulació presentada: hi apareixen els errors accidentals típics de qualsevol tasca experimental, que es generen aleatòriament en la simulació, i hi existeix també un error sistemàtic, introduït pel *software* de la màquina en realitzar la impressió de les posicions del mòbil, ja que la impressora només imprimeix en valors enters de les posicions, amb la qual cosa tindrem un error sistemàtic sempre d'una unitat (fitat), en arrodonir la xifra de la posició on realitza la impressió al nombre enter més acostat al del valor de l'espai calculat aleatòriament, que, en general, serà un nombre real.

De més a més, la possibilitat d'elegir la fita d'error que s'ha d'utilitzar amb cada alumne permet al professor de graduar la dispersió de les dades experimentals resultants i, conseqüentment, de graduar la dificultat de la simulació segons l'alumne a qui s'adreça.

Ras i curt: baldament la simulació del laboratori mitjançant l'ordinador pugui semblar inadequada, se n'obtenen importants avantatges, no gens menyspreables.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) E.N.O.S.A., Mecánica de sólidos, Madrid.
- (2) F.U.N.D.E.S.C.O., El ordenador y la educación, Madrid, 1976.
- (3) F.U.N.D.E.S.C.O., Informe sobre el estado actual de investigación y desarrollo de la C.A.I. en el Reino Unido, Madrid, 1976.
- (4) LEWIS, R./E.D. TAGG (ed), Computers in education, North-Holland.
- (5) MOORE, J.L./THOMAS, F.H., Computers simulation of experiments: a valuable alternative to traditional laboratory work for secondary school science teaching. *School Science Review*, June 1983. V.64, 229: 641-655.
- (6) VÁZQUEZ ALONSO, A., Aplicaciones didácticas de un calculador electrónico, en *Publicaciones de la Nueva Revista de Enseñanzas Medias*, V. 3. La técnica en la enseñanza: 177-187, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y ciencia, Madrid, 1984.



6 Fig. 3 M. u. a.: Realización del alumno