

## Caiguda lliure i velocitat límit



### Objectius

---

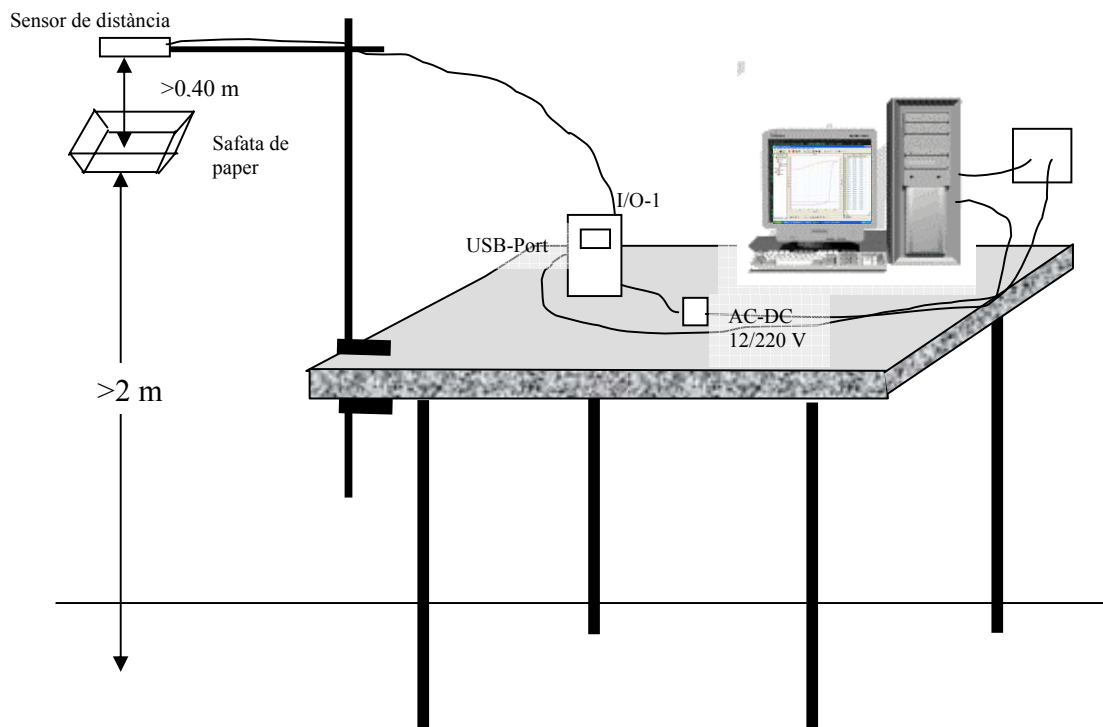
- Realitzar un estudi del moviment de caiguda de dues safates d'igual forma i diferent massa.
- Determinar els paràmetres característics d'aquests moviments i donar una equació que ens permeti descriure'ls.
- Estudiar i comparar els moviments rectilini uniforme i uniformement accelerat.

### Introducció

---

Us heu fixat mai com cau una pedra dins l'aigua? I com cau a l'aire?. Us heu fixat en el moviment d'un paracaigudista amb el seu paracaigudes obert? Creieu que el seus moviment serien diferents si caiguessin en el buit? Si deixem caure un cos a l'aire augmenta la seva velocitat permanentment o arriba un moment en que va a velocitat constant (Velocitat límit)? Fins quan augmentarà aquesta velocitat?

La figura ens mostra el muntatge necessari per observar al laboratori "*El descens d'unes safates de paper de diferents masses i igual forma*".



## Material i Equipament

Material de laboratori	Elements de l'equip Multilog
<p><b>Material i Equipament</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Safata de paper de densitat coneguda. 5 CDs</li> <li>• Mordassa, 2 barres metàl·liques, pinça i 2 nous</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consola amb cable USB o sèrie i adaptador AC-DC (el sensor de distància no funciona amb la pila de la consola)</li> <li>• Sensor de distància 2m-10m <b>ATENCIÓ: Aquest sensor no mesura a distàncies inferiors a 40 cm</b></li> <li>• Cable per connectar el sensor</li> </ul>

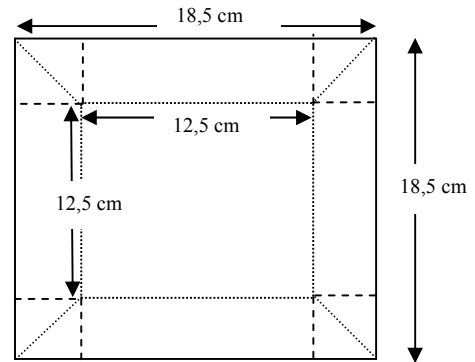
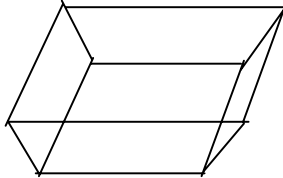
Heu de preparar el muntatge de la figura. Per fer-ho:

- Uniu la barreta llarga a la taula mitjançant una mordassa.
- Uniu una barreta més curta a la llarga, mitjançant una nou.
- Poseu una nou al final de la barreta curta i situeu el sensor de distància mirant cap avall.

Hi ha una manera molt més senzilla de fer-ho. Consisteix en que un de vosaltres subjecti el sensor a una altura de 3 m aproximadament (cal pujar a una cadira evidentment) i altre deixi caure la safata, recordant que no pot estar a menys de 0,40 m del sensor.

La safata té les següents dimensions:

Les línies discontinues representen plecs. Una vegada fets tots aquests plecs, la safata ha de quedar de tal manera que la superfície superior, sigui més gran que la inferior, tal i com es veu en la següent figura:



Aquesta safata, per les seves dimensions permet posar dins un CD, de manera que queda encaixat en el fons de la safata.

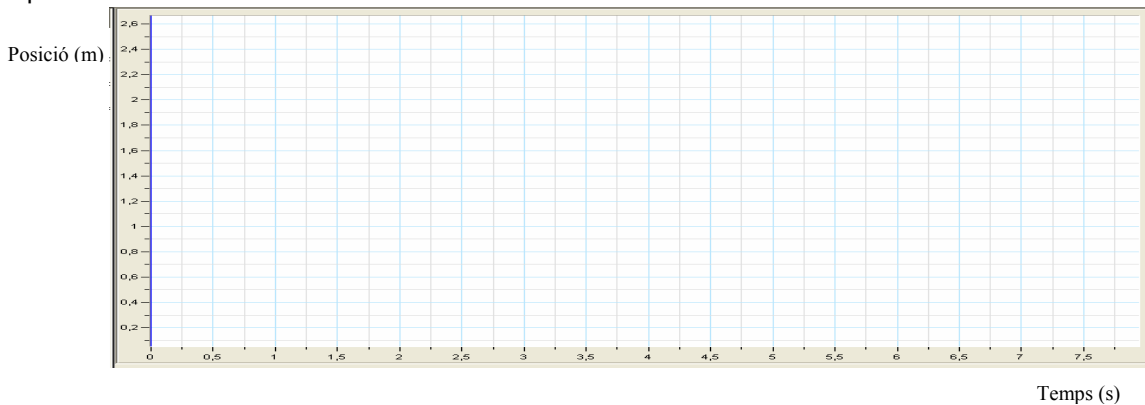
### Plantejament d'hipòtesis i disseny de l'experiment

1. Com creieu que serà el moviment de caiguda de la safata?
2. Deixeu caure la safata, i expliqueu, amb dues frases, com a mínim, i amb paraules vostres, com creieu que és aquest moviment.
3. Escolliu del grup de paraules següent, la o les que més s'ajusten al concepte de moviment que heu explicat en les frases anteriors:

Accelerat Periòdic Uniforme Variat Circular Rectilini El·líptic Oscil·latori

4. Com creieu que serà el moviment de caiguda de safata amb cinc CDs col·locats en el seu interior.
5. Deixeu caure la safata amb els CDs dins , i responeu, amb dues frases, com a mínim, i amb paraules vostres, la pregunta següent:  
Com creieu que és aquest moviment?
6. Expliqueu i compareu les vostres hipòtesis corresponents als punts 3 i 5.
7. Dibuixeu com creieu que seran els gràfics posició-temps que obtindreu en la caiguda de la safata de paper i en la de la safata amb els CDs a dins:




La vostra resposta és una hipòtesi sobre el tipus de moviment que segueixen les safates de diferent massa en el seu descens a través del tub i per comprovar-ho hem dissenyat aquesta experiència.




8. Dibuixeu com creieu que seran els gràfics velocitat-temps que obtindreu en la caiguda de la safata de paper i en la de la safata amb els CDs a dins:



### Configuració de l'equip


Feu totes les connexions necessàries, obriu la consola Multilog , obriu el programa Multilab  i configureu el sistema d'enregistrament amb els  següents paràmetres:

Magnituds a mesurar (Pas 1 de 3)	Entrada 1 Distància 2m/10m  <input checked="" type="checkbox"/> Distància [sortida] (m) <input checked="" type="checkbox"/> Velocitat [sortida] (m/s)
Freqüència	25 mostres/s
Temps de mesura	8 segons

### Enregistrament i transformació de dades

Ara procedireu a l'enregistrament de les dades i a la selecció de tros de gràfic corresponent al moviment.

*Penseu que quan el sistema enregistra, tot el gràfic que resulta no correspon únicament al moviment de la safata, ja que hi ha un bon tros de la gràfica en la qual la safata està parada a dalt o en el terra.*



- Abans de posar en marxa el sistema d'enregistrament, practiqueu deixant caure la safata de paper des de l'altura adient, de manera que caigui horitzontalment.
- Poseu en marxa la recollida de dades  i quan comenci a sortir per pantalla el senyal del sensor de posició (notareu també que aquest emet un so) deixeu caure la safata de paper. Repetiu el procés si cal, fins a obtenir unes bones gràfiques.
- Elimineu totes les gràfiques que no siguin necessàries. En el mapa de dades ha de quedar un únic experiment amb una gràfica de posició i una de velocitat.

4. Aneu al menú **Arxiu/Guardar com...**, doneu el nom *Caiguda - nombre de grup de treball* a l'arxiu, per exemple *Caiguda-3*, i guardeu-lo a la vostra carpeta.
5. Torneu a fer l'enregistrament de dades amb la safata que conté a dins els cinc CDs. Elimineu els experiments que no us siguin útils. Al final us han de quedar dos experiments amb els dos gràfics de posició i velocitat. Guardeu els dos experiments corresponent a les safates amb diferent massa amb el mateix nom que abans.

## Modificació dels gràfics inicials.

### 1. Gràfic posició-temps de la caiguda de la safata de paper.

Heu de seleccionar el tros de gràfica posició-temps corresponent a la caiguda de la safata

- Deixeu en pantalla únicament el gràfic posició-temps.
- Seleccioneu amb els botons de commutació de cursors:  i , el tros de gràfic adient i retalleu-lo posteriorment

### 2. Gràfic velocitat-temps de la caiguda de la safata de paper

Heu de seleccionar el tros de gràfic velocitat-temps corresponent a la caiguda de la safata. Seguiu els mateixos passos que en el cas anterior

### 3. Gràfics de la caiguda de la safata amb els CDs

Feu el mateix que en els dos gràfics anteriors pel moviment de la safata amb els cinc CDs.

4. Finalment guardeu de nou l'arxiu *Caiguda-n*.

## Anàlisi de les dades


---

Ara cal analitzar les dades que heu obtingut, comparar-les amb les hipòtesis, obtenir les gràfiques del moviment, fer càlculs a partir de les gràfiques, calcular el valor dels diferents paràmetres.

Per fer l'anàlisi partireu de les gràfiques retallades, i començareu per la safata de paper.

### Safata de paper

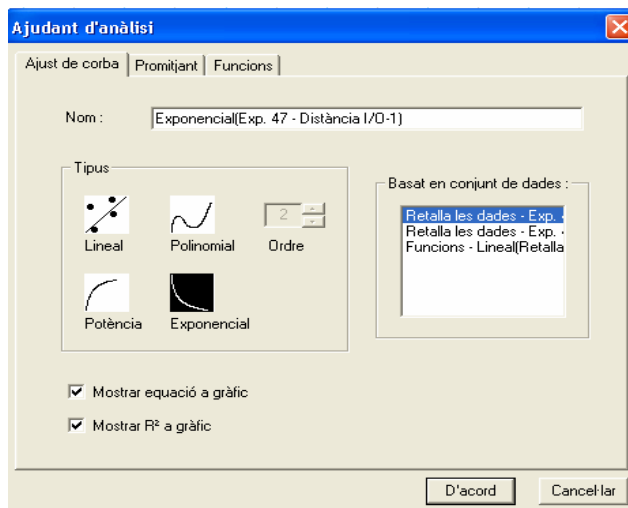
1. Compareu els retalls amb les gràfiques posició-temps i velocitat-temps de la vostra predicció i feu una descripció per escrit de semblances i diferències.
2. Descompongueu la gràfica del moviment en les parts que considereu diferents, i expliqueu en cadascuna d'aquestes parts les característiques d'aquest. Cal dir si el moviment és rectilini i uniforme, o rectilini i uniformement accelerat o simplement rectilini i accelerat, etc.
3. De la observació de la gràfica v-t, podeu dir si la safata ha arribat a una velocitat constant, quan val aquesta velocitat, en quin temps l'assolit i a quina distància del punt de partida?.
4. Ara determinaràs l'equació de posició corresponent al moviment o a part d'ell de la safata de paper i a partir d'aquesta gràfica obtindràs també la velocitat límit en el cas que s'hagi arribat. Per tal de fer aquest càlcul cal saber.
  - a) Quins tipus de gràfics i quines equacions generals de posició i de velocitat corresponent al moviment rectilini i uniforme que és el que porta la safata quan arriba a la velocitat límit i quines corresponen al MRUA.

- b) Seleccionar amb les dues fletxes , el tros de gràfic posició-temps que correspongui al MRU en el cas que la safata hagi arribat a la velocitat límit. (Cal observar a la vegada que es fa la selecció en el gràfic posició-temps, el corresponent de velocitat-temps).
- c) Ajustar-li la funció matemàtica adient. Cal anar a l'opció del menú: **Anàlisi | Ajudant d'anàlisi** i en la finestra que surt, seleccionar la corba, (Lineal, polinomial, exponencial, etc.,...) que millor s'ajusti al conjunt de punts seleccionat.

En la part de sota de la pantalla apareixerà la funció matemàtica que correspon a la gràfica seleccionada pel conjunt de punts, per exemple:

$$f(x) = 1.27x + 0.12$$

Tingueu en compte que el millor grau d'ajustament és el corresponent a  $R^2 = 1$



S'ha de tenir en compte que  $f(x)$  representa la magnitud que hi ha en l'eix d'ordenades, en el nostre cas la posició  $y$  i  $x$  representa la magnitud que hi ha en l'eix d'abscisses, en el nostre cas el temps  $t$ . Si es compara l'equació general del MRU amb la funció matemàtica obtinguda, es pot calcular la velocitat límit.

- Compara els resultats de velocitat límit obtingut per aquest sistema i els obtinguts a partir del gràfic velocitat-temps, i digues en quin dels dos casos es cometrà menys error.

### Safata amb els cinc CDs

Feu per la safata de més massa, el mateix anàlisi que en el cas anterior. Cal obtenir també **l'equació de la velocitat** en funció del temps.

## Conclusions experimentals

Amb els gràfics que heu obtingut i les corresponents equacions responeu i justifiqueu les preguntes següents:

1. Com és el moviment de la safata de paper ? Expliqueu les diferents parts.
2. Quina és l'equació matemàtica que relaciona el desplaçament de la safata de paper quan va a velocitat constant i el temps transcorregut? I la de la velocitat?.
3. Què significa cada terme de l'equació?
4. Com és el moviment de la safata amb els CDs?
5. Quina és l'equació matemàtica que relaciona el desplaçament de la safata amb els CDs i el temps transcorregut? I la de la velocitat?.
6. Què significa cada terme de l'equació?
7. A partir de l'equació anterior digueu tot el que pugueu sobre el moviment de la safata amb els CDs.

8. Quines diferències s'observen entre els gràfics (posició-temps i velocitat-temps) del moviment de caiguda de les dues safates?

### Solució i interpretació teòrica

---

Defenseu o negueu la hipòtesi inicial sobre el moviment de les dues safates

A què creieu que són degudes les diferències entre els dos moviments?

### Comunicació

---

A partir del guió de la pràctica redacteu un informe de l'experiència, tot seguint les instruccions en cursiva, que consti de:

- Títol. *D'acord amb el fenomen que estudiieu.*
- Introducció. *De què parlarem i per què?*
  - Problema. *Preguntes que es volen respondre amb l'experiència*
  - Hipòtesis. *Resposta provisional a les preguntes - problema.*
- Disseny de l'experiència.
  - Muntatge de l'experiència. *Materials i aparelles que heu fet servir i com els heu disposat*
  - Configuració de l'equip. *Com heu de preparar l'equip de captació de dades.*
- Procediment. *Quins passos seguïu per arribar a captar les dades?*
- Registre i transformació de dades. *Quines dades enregistreu i com les transformeu ja sigui gràficament i /o analíticament?*
- Conclusions experimentals. *A partir de la transformació de dades responeu les preguntes plantejades i defenseu o negueu les hipòtesis inicials.*

Lliureu-ho el dia.....

Poseu-vos d'acord amb el professor/a per a resoldre a casa vostra l'apartat següent.

### Aplicació dels resultats i ampliació de coneixements

---

Llegiu el text sobre les forces d'arrossegament que hi ha a continuació i responeu les preguntes que es plantegen al final.

Coneixes que un objecte quan cau en absència de fregament es veu sotmès a la força de la gravetat  $m \cdot g$ , i per tant cau amb una acceleració constant de valor  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Ara bé quan un objecte cau en un fluid com l'aire hi ha una força de fregament que no és una força constant, és una força que depèn del quadrat de la velocitat del cos.

Un paracaigudista quan cau per tant és veu sotmès a dues forces, el seu pes i la força de

fregament amb l'aire. Aquesta força té la següent expressió:  $F = \frac{C_d \cdot A \cdot \rho}{2} \cdot v^2$ , on:

$C_d$ : és un coeficient de forma que depèn de la forma de l'objecte com es pot veure en la següent taula:

Forma de l'objecte	Valor aproximat de $C_d$
Esfera	0,4
Placa rectangular	1
Disc circular	1,2
Avió	0,06

$A$  :és l'àrea de la secció transversal frontal exposada a l'aire.

$\rho$ : és la densitat de l'aire,  $1,23 \text{ kg/m}^3$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  i a nivell del mar.

Per tant si suposem que la forma de l'objecte no canvia en la caiguda, ni tampoc la densitat de l'aire, tot el que hi ha

davant de  $v^2$  és constant  $K = \frac{C_d \cdot A \cdot \rho}{2}$  i per tant la segona

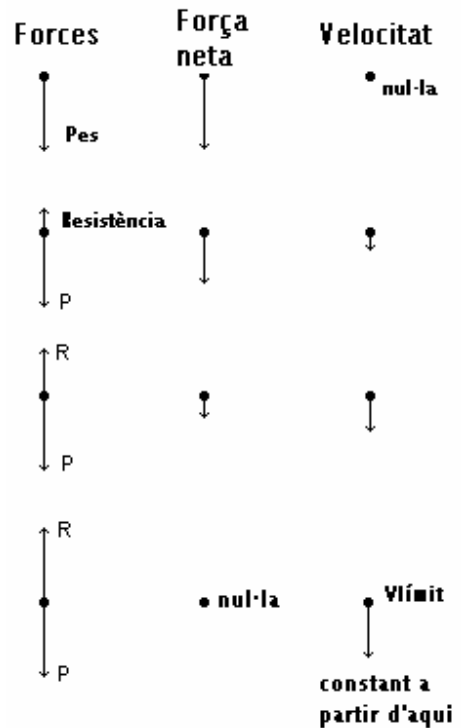
lleï de Newton en aquest cas quedarà:

$$m \cdot a = m \cdot g - kv^2.$$

Quan creix la velocitat, l'acceleració i per tant la força neta va disminuint, fins arribar al valor zero, a partir d'aquest moment la força neta és zero, l'acceleració és zero i per tant la velocitat és constant. El cos que cau portarà a partir d'aquest instant un moviment rectilini i uniforme, a la velocitat en aquest instant se li anomena **velocitat límit**.

En l'esquema del costat és pot observar aquest procés.

Tots els cossos que cauen en un fluid com l'aire arriben a la velocitat límit si tenen l'espai suficient. En la taula de sota és poden observar velocitats límits de diferent objectes:



Velocitats límit de varis objectes	
Objecte	Velocitat(m/s)
Paracaigudista amb paracaigudes tancat	60
Pilota de tennis	42
Pilota de bàsquet	20
Granís	14
Pilota de ping pong	9
Gota de pluja	7
Paracaigudista amb paracaigudes obert	5

**Preguntes:**

1. Per què baixa a velocitat constant la safata de paper a partir d'un cert instant?
2. Quina és la seva velocitat límit?
3. La safata amb CDs arriba a assolir la seva velocitat límit?
4. A quin moviment dels estudiats s'assembla cadascuna de les fotografies?






Dues pilotes, una de golf i una altra de plàstic, cauen en l'aire. La resistència de l'aire és negligible per a la pilota de golf, que cau amb una acceleració bàsicament constant. La pilota de plàstic, més lleugera, assoleix ràpidament la seva velocitat límit, com es veu per l'espaiat gairebé idèntic al final.



Intenteu millorar la vostra resposta a la pregunta:

A què creieu que són degudes les diferències entre el moviment de les dues safates?

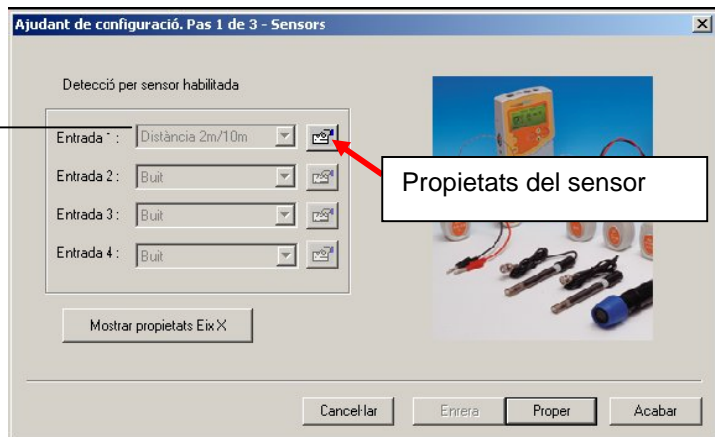
## Annex. Configuració del sistema

### Configuració de l'equip

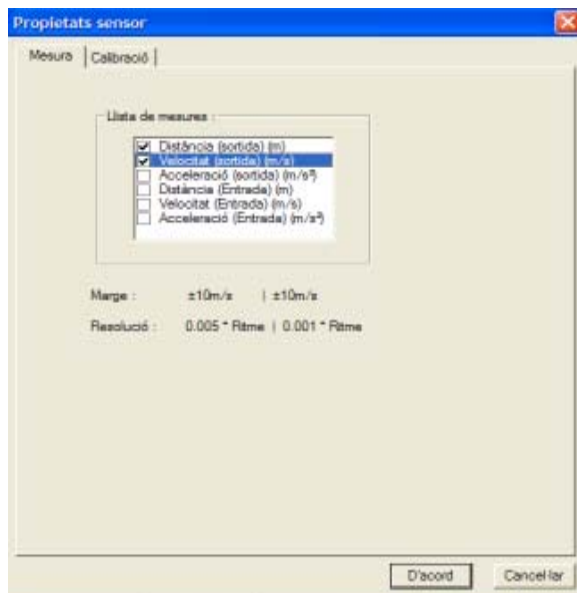
1. Obriu el consola. 
2. Connecteu-la al port USB o al sèrie de l'ordinador i a la font d'alimentació. Connecteu el sensor de distància al port I/O-1 de la consola.

3. Obriu el programa Multilab 
4. Aneu a configuració 

Distància 2/10 m



5. Feu clic a propietats del sensor . marqueu les caselles Distància (sortida)(m) i Velocitat (sortida) (m/s). Feu clic en d'acord i després en proper



Ajudant de configuració. Pas 2 de 3 - Ritme


25 mostres per segon

Escolir freqüència:  
25 mostres per segon

Mode d'estalvi d'energia


Escolir mode d'escalat:  
 Escala completa  
 Desplaçar

Escolir mode gravació:  
Substituir



Cancel·lar Enrera Proper Acabar

Ajudant de configuració. Pas 3 de 3 - Gravant temps

 Gravarà 200 Mostres

Temps  
 Per temps  Per mostres

8s

Disparant

Esborrar memòria



Cancel·lar Enrera Proper Acabar