

# Ingeniería de Sistemas Espaciales

## Aplicado a una misión CanSat

- Diseño de paracaídas.



# Introducción

**Paracaídas:** dispositivo que durante la caída libre, permite que la carga este en posición vertical y disminuye la velocidad de impacto en tierra.



# Caída libre

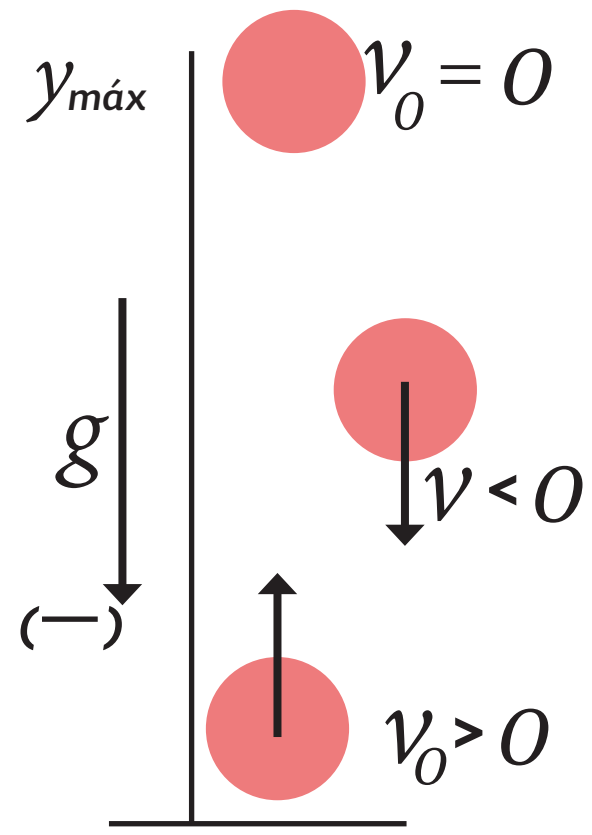
De la definición de aceleración en la componente vertical,  $y$ :

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} \Rightarrow \int_{v_0}^v dv' = \int_{t_0}^t a_y dt'$$

Si suponemos que la aceleración es constante, por ejemplo  $a_y = -g$ , tenemos

$$v - v_0 = g \int_0^t dt'$$

$$v = v_0 - gt$$



## Caída libre

Para obtener la altura que deberá recorrer el objeto en caída libre se parte de:

$$v = v_0 - gt$$

$$v = \frac{dy}{dt} \Rightarrow \frac{dy}{dt} = v_0 - gt$$

$$\int_{y_0}^y dy = \int_0^t (v_0 - gt) dt$$

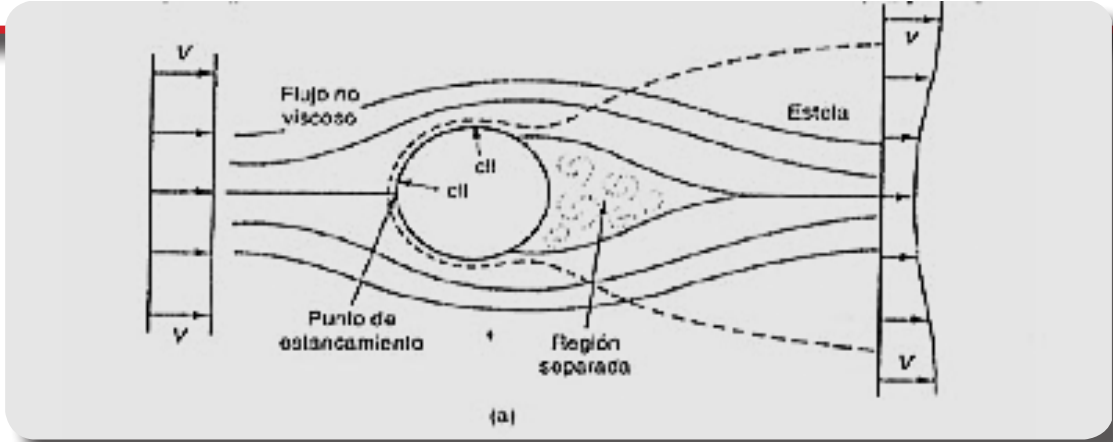
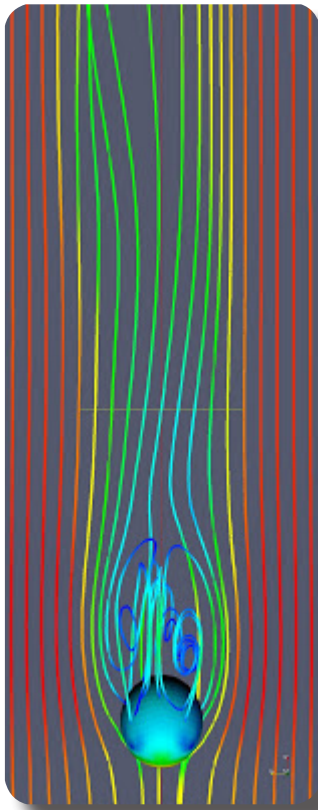
Al resolverse se tiene:

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$$



# Fuerzas de resistencia o arrastre

De acuerdo a la expresión de caída libre, ésta sólo es valida cuando no hay nada que se oponga al movimiento, como por ejemplo el aire.



$$D = \frac{1}{2} \rho C_D A v^2$$

D= Fuerza de arrastre  
 $\rho$  = densidad del aire  
 $C_D$ = Coeficiente de arrastre  
A=área transversal del objeto  
v= velocidad

**Coeficiente de arrastre:** es una cantidad adimensional que se usa para cuantificar el arrastre o resistencia de un objeto en un fluido como el aire o el agua y de la geometría del objeto.

# Fuerzas de arrastre

## Aerodinámica de un paracaídas

La velocidad de descenso de cualquier objeto equipado con un paracaídas, depende del arrastre que genere el paracaídas para contrarrestar la fuerza de la gravedad.

Por lo que se debe cumplir:

La presión dinámica, generada por el aire en movimiento al golpear el paracaídas, este deberá abrirse.

El diámetro del paracaídas, determina el área sobre la que actúa la presión dinámica.

La fuerza de arrastre del paracaídas debe ser mayor que la presión dinámica.

La presión dinámica es una función de la velocidad y la densidad del aire, que a su vez depende de la altitud y de la temperatura.

La razón de descenso vertical depende de la geometría del paracaídas

$$V_e = \sqrt{\frac{2W_t}{S_0 C_D \rho}}$$

Donde:

$V_e$  = velocidad de descenso vertical

$W_t$  = peso total del objeto y el paracaídas

$S_0$  = superficie del domo o paracaídas

$C_D$  = coeficiente de arrastre

$\rho$  = densidad del aire

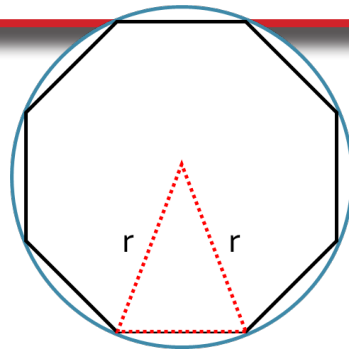
Para determinar el caso del coeficiente de arrastre para un paracaídas se deben de tener el cuenta otros factores

# Aerodinámica de un paracaídas

## Coefficiente de arrastre

Depende de varios factores:

- Área de la superficie del domo.
- Características de planeo
- Patrones de flujo alrededor del domo.
- Forma del domo.
  - semiesférico
  - cruz
  - hexagonal
  - plano
  - Ram air
- La permeabilidad de la tela (fábrica).
- Velocidad de descenso.



# Aerodinámica de un paracaídas

El coeficiente de arrastre de cualquier cuerpo se obtiene normalmente mediante el ensayo (por ejemplo, en un túnel de viento o por la prueba de gota) y se determina mediante la medición de la fuerza de arrastre a cierta velocidad o presión dinámica.

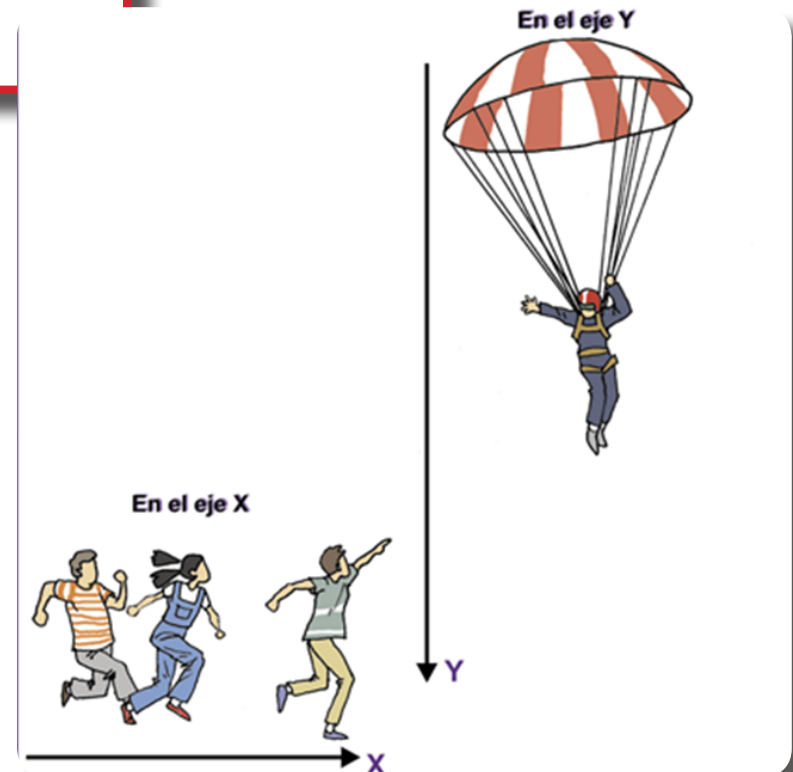
$$C_D = \frac{F_D}{A\rho} \approx 1.75$$

Donde:

$F_D$  = fuerza de arrastre

$A$  = área de la sección transversal del objeto

$\rho$  = presión dinámica sobre el cuerpo



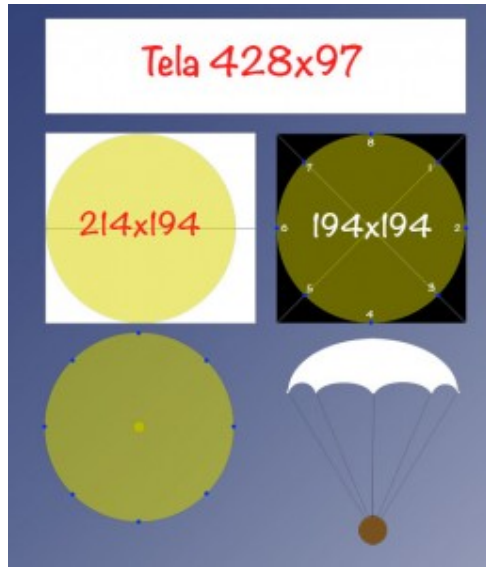


# Aerodinámica de un paracaídas

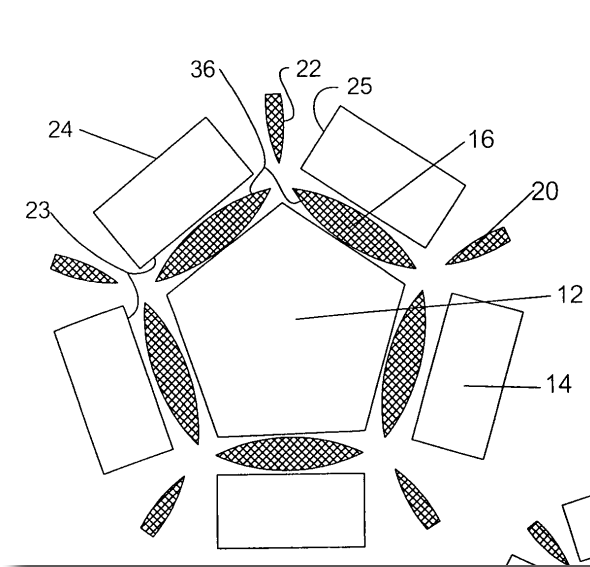
## **Coefficiente de arrastre**

- *El paracaídas no cae solamente, también planea, por lo que utilizar el  $C_D$  como medida de efectividad no es necesariamente adecuado.*
- *El aire que fluye alrededor del paracaídas genera arrastre y sustentación.*
- *El coeficiente de arrastre medido en caída libre puede ser mayor que aquel medido en un túnel de viento.*

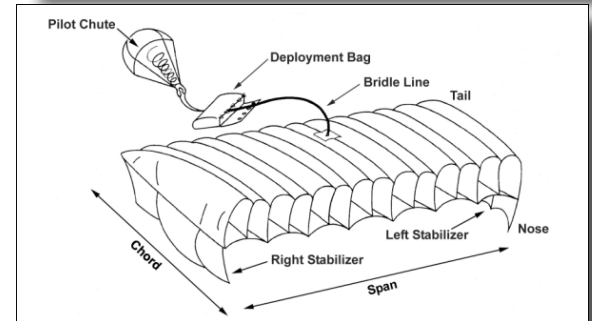
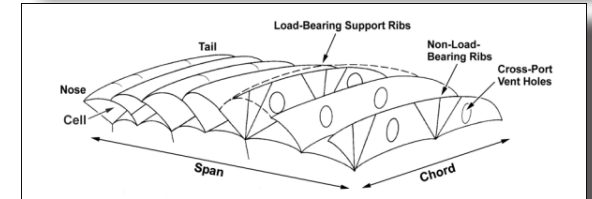
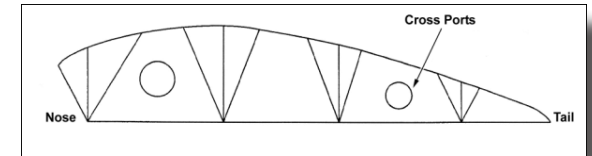
Velocidad de descenso	Modo de descenso	$C_D$
23ft/s	NORMAL	1.26
20 ft/s	OSCILANDO	1.6
16ft/s	PLANEANDO	2.4



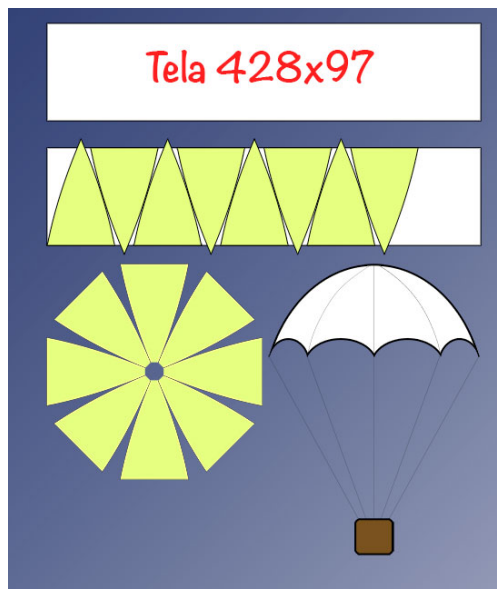
**PLANO**  
**SEMIESFÉRICO**



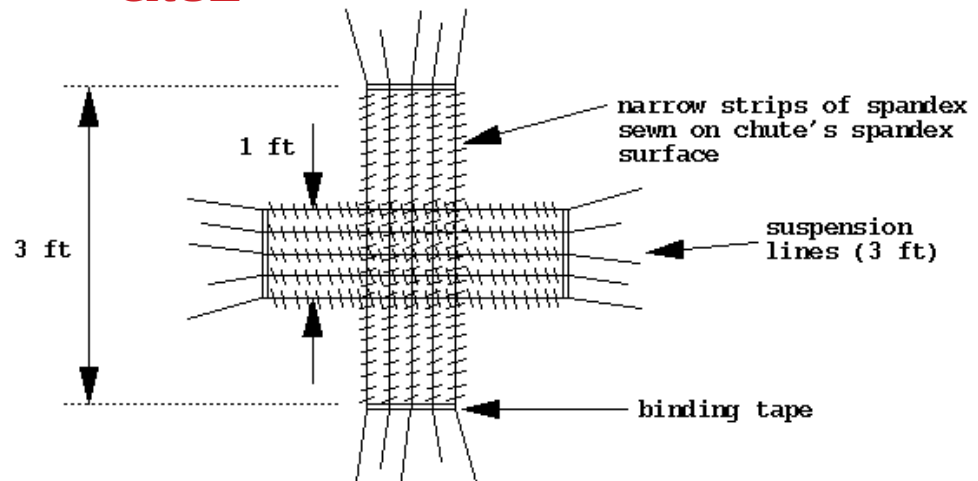
**ESFÉRICO**



**RAM AIR**



**CRUZ**



# Conclusión

**Para el paracaídas Cansat, es necesario conocer las condiciones climáticas. Debido al poco peso, porque puede suceder que el aire caliente ( $>39^{\circ}\text{C}$ ) atrape el paracaídas y este comience a planear y a elevarse, caso contrario en clima frío y húmedo. ( $<15^{\circ}\text{C}$ ).**

