

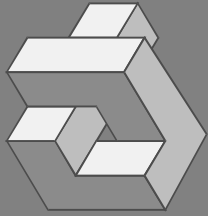
# Control Cinemático

---

Funciones de control cinemático

Tipos de trayectorias

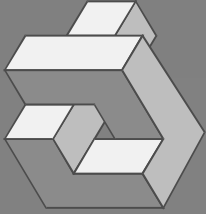
Interpolación de trayectorias



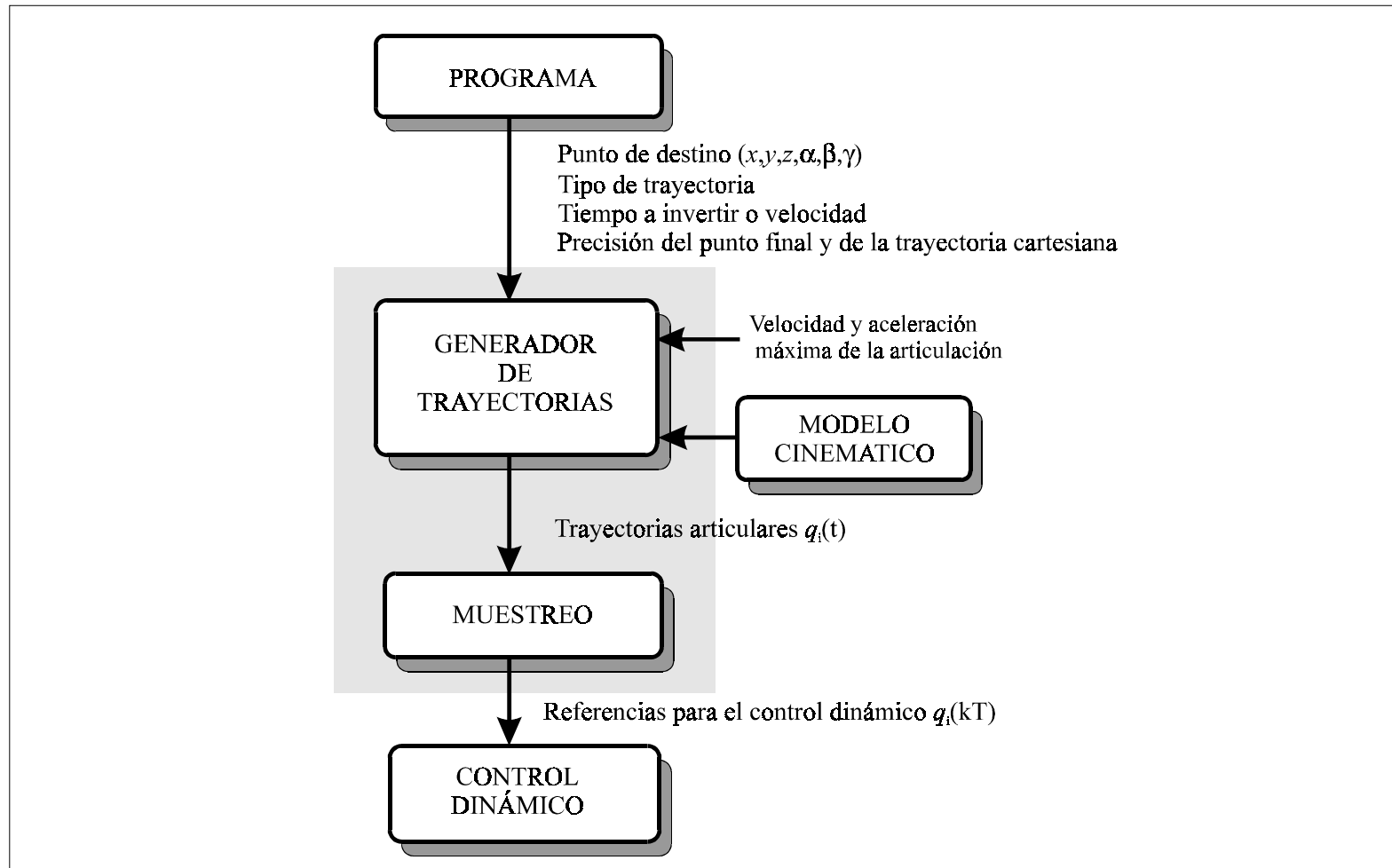
# Objetivos del control cinemático

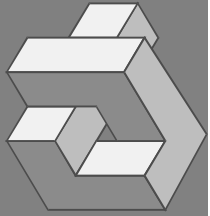
---

- Establecer cuales son las trayectorias que debe seguir cada articulación del robot a lo largo del tiempo para conseguir los objetivos fijados por el usuario:
  - Punto de destino
  - Tipo de trayectoria del extremo
  - Tiempo invertido
  - etc..
- Es necesario atender a las restricciones físicas de los accionamientos y criterios de calidad (suavidad, precisión...)



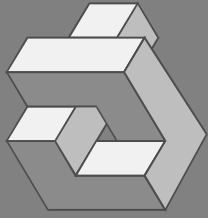
# Funciones de control cinemático (I)



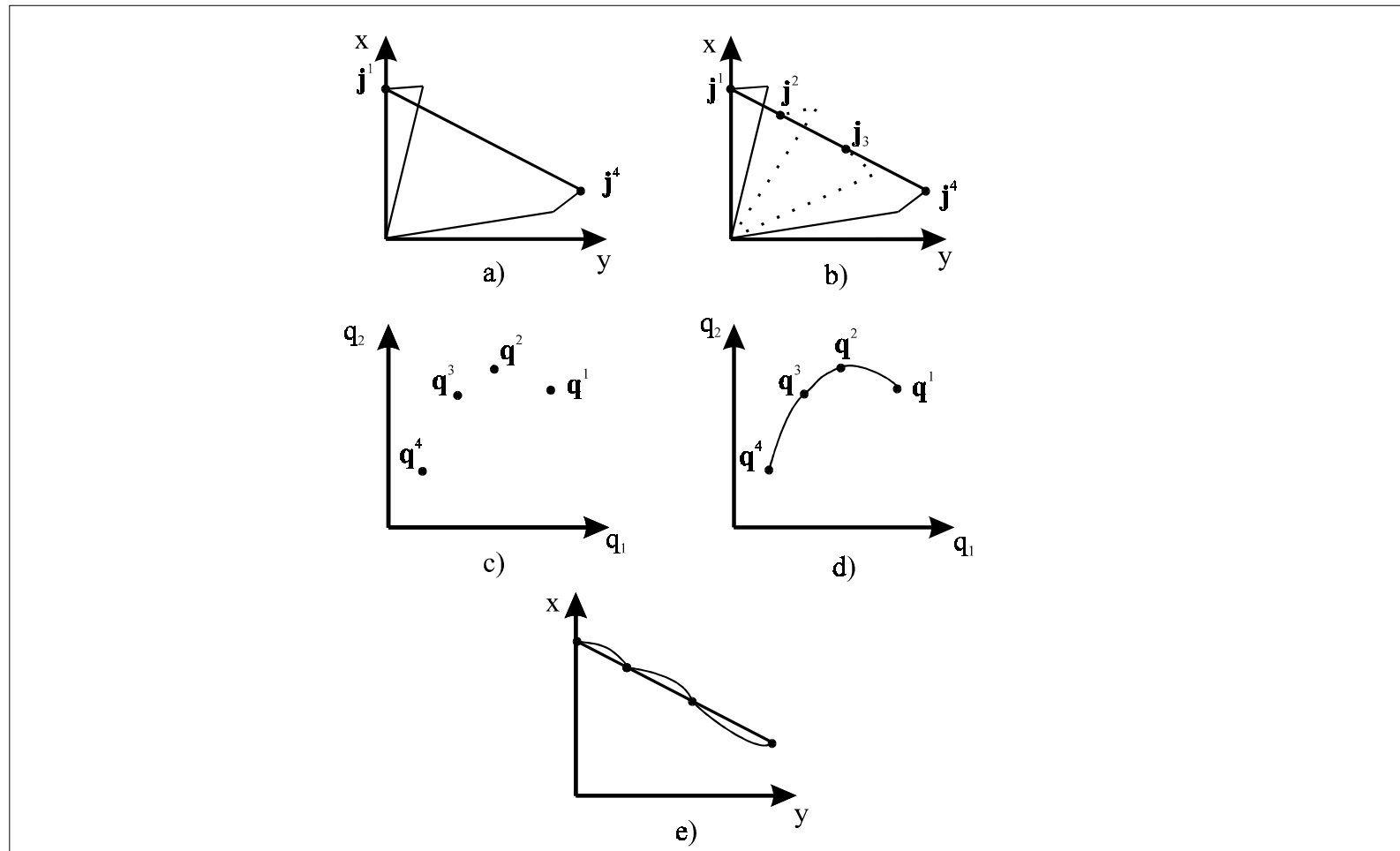


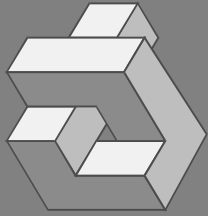
# Funciones de control cinemático (II)

- ➊ Convertir la especificación del movimiento dada en el programa en una trayectoria analítica en espacio cartesiano (evolución de cada coordenada cartesiana en función del tiempo).
- ➋ Muestrear la trayectoria cartesiana obteniendo un número finito de puntos de dicha trayectoria  $(x, y, z, \alpha, \beta, \gamma)$ .
- ➌ Utilizando la transformación inversa, convertir cada uno de estos puntos en sus correspondientes coordenadas articulares  $(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6)$ . Debe tenerse en cuenta la posible solución múltiple, así como la posibilidad de ausencia de solución y puntos singulares.
- ➍ Interpolación de los puntos articulares obtenidos, generando para cada variable articular una expresión  $q_i(t)$  que pase o se aproxime a ellos, siendo una trayectoria realizable, cartesiana lo más próxima a la especificada por el usuario (precisión, velocidad, etc.).
- ➎ Muestreo de la trayectoria articular para generar referencias al control dinámico.



# Ejemplo de control cinemático de un robot de 2 GDL

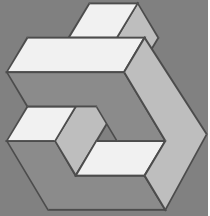




# Tipos de trayectorias

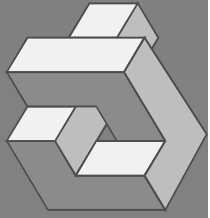
---

- ①** Trayectorias punto a punto
  - Movimiento eje a eje
  - Movimiento simultáneo de ejes
  
- ②** Trayectorias coordinadas o isocronas
  
- ③** Trayectorias continuas



# Trayectorias punto a punto

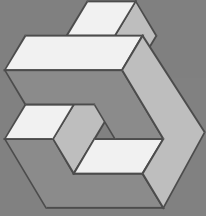
- Cada articulación evoluciona desde la posición inicial a la final sin considerar el estado o evolución de las demás articulaciones
- Tipos:
  - ① Movimiento eje a eje: sólo se mueve un eje cada vez (aumento del tiempo de ciclo)
  - ② Movimiento simultáneo de ejes: los ejes se mueven a la vez acabando el movimiento cuando acabe el eje que más tarde (altos requerimientos inútiles)
- Sólo en robots muy simples o con unidad de control limitada



# Trayectorias coordinadas o isocronas

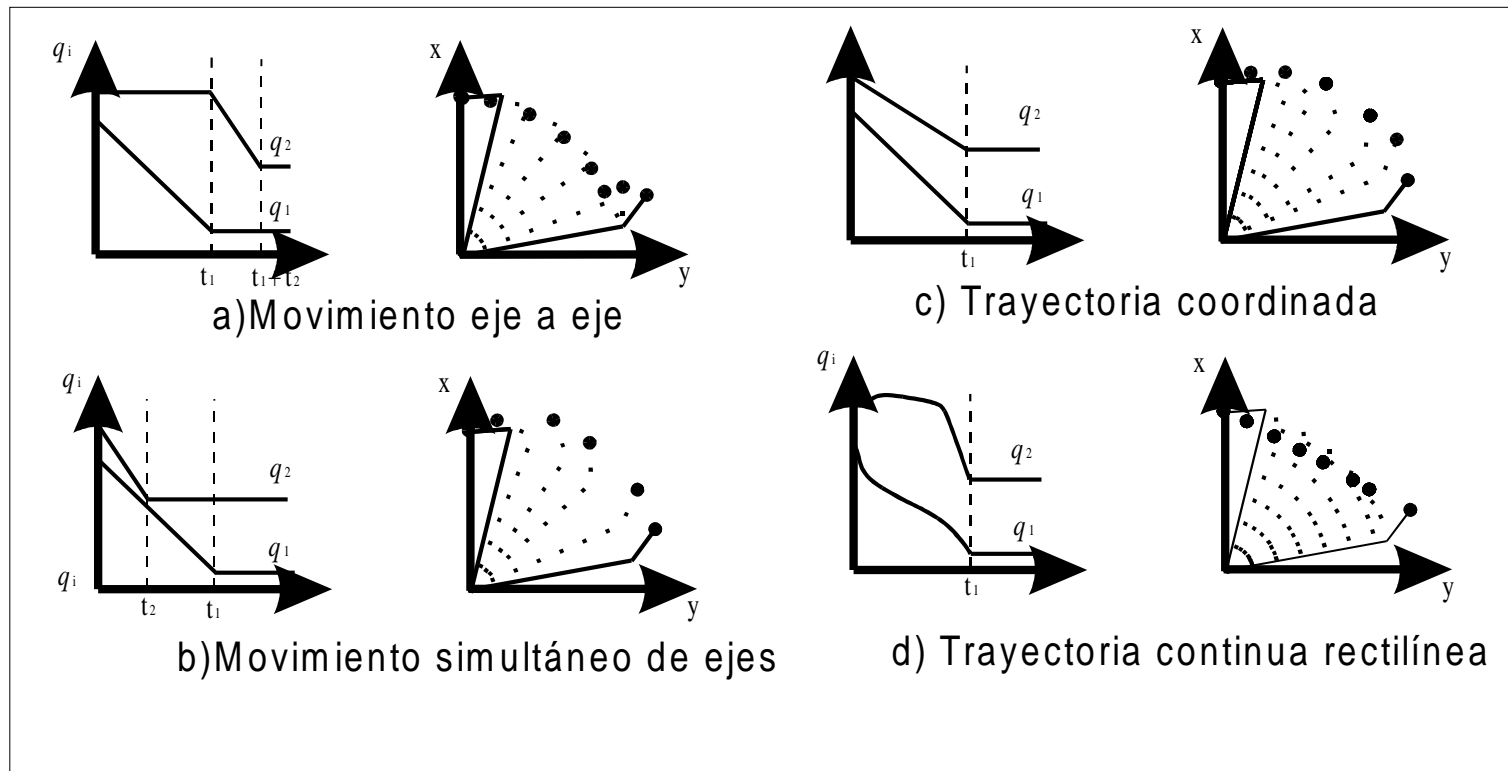
- Los ejes se mueven simultáneamente ralentizando las articulaciones más rápidas de forma que todos los ejes acaben a la vez.
- Tiempo total = menor posible
- Se evitan exigencias inútiles de velocidad y aceleración

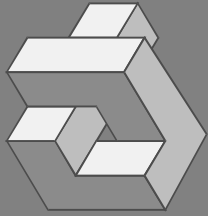




# Trayectorias continuas

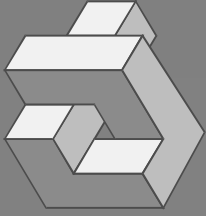
- La trayectoria del extremo es conocida (cartesiana)
- Trayectorias típicas: Línea recta, Arco de círculo





# Interpolación de trayectorias

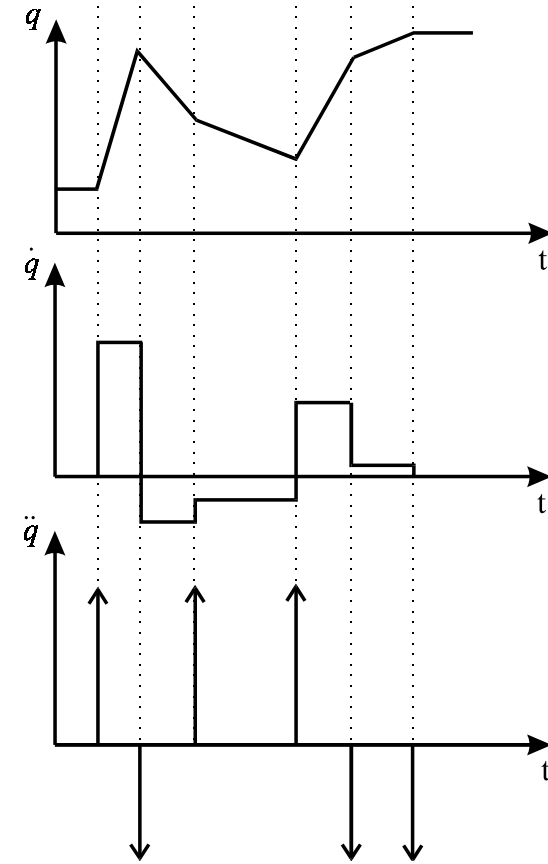
- Unión de una sucesión de puntos en el espacio articular por los que han de pasar las articulaciones del robot en un instante determinado
- Necesidad de respetar restricciones
- Utilización de funciones polinómicas cuyos coeficientes se ajustan según restricciones
- Tipos de interpoladores utilizados:
  - Interpoladores lineales
  - Interpoladores cúbicos (splines)
  - Interpoladores a tramos
  - Otros interpoladores

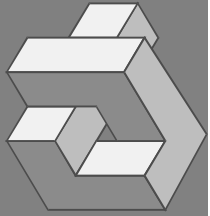


# Interpoladores lineales

$$q(t) = (q^i - q^{i-1}) \frac{t - t^{i-1}}{T} + q^{i-1} \quad t^{i-1} < t < t^i$$

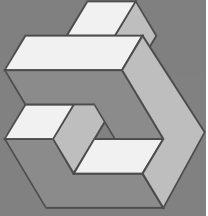
$$T = t^i - t^{i-1}$$



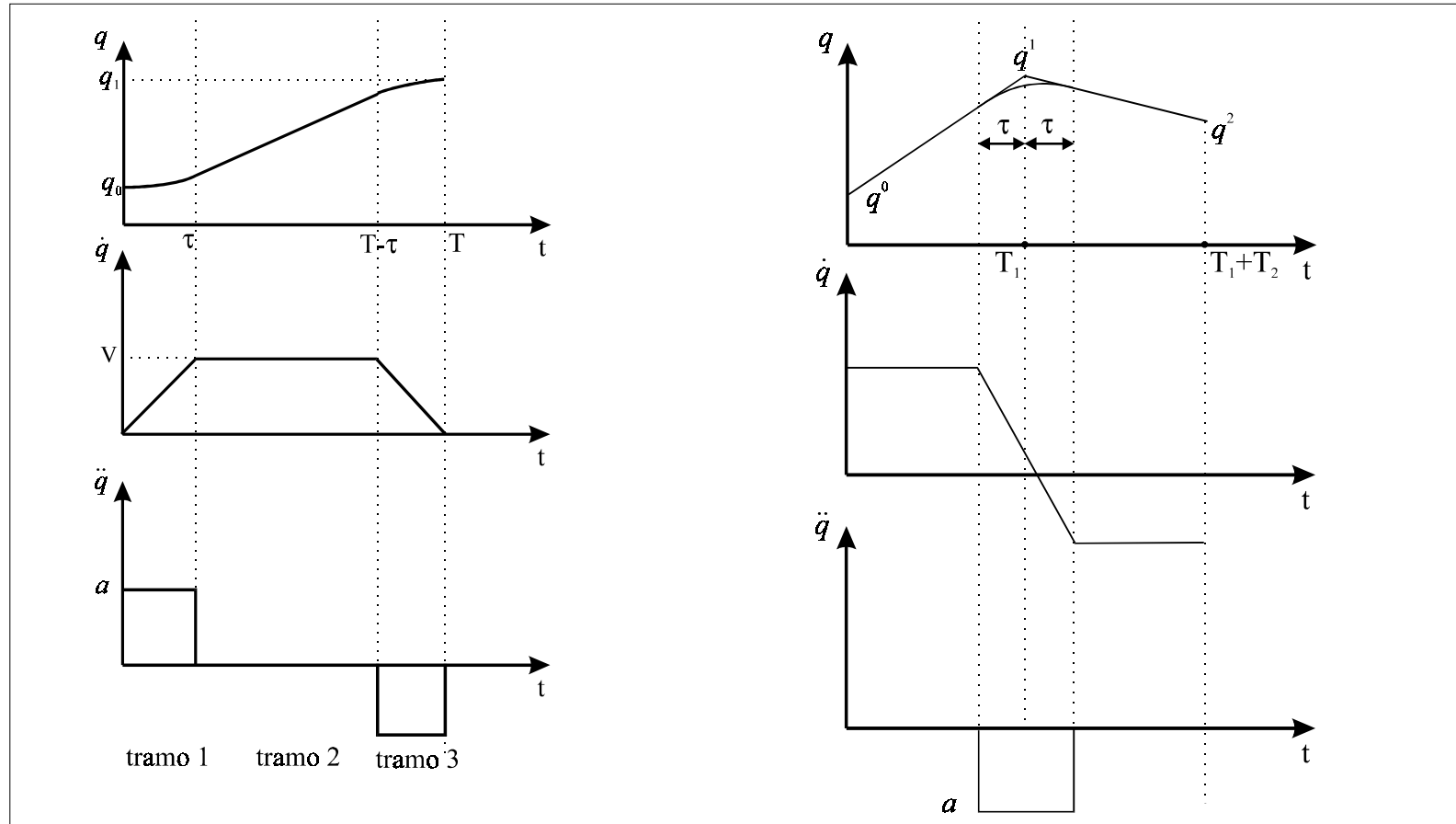


# Interpoladores cúbicos

- Utilización de polinomios de grado 3 para unir cada pareja de puntos
- Posibilidad de imponer 4 condiciones de contorno al usar 4 parámetros (2 de posición y 2 de velocidad)
- Trayectoria = serie de polinomios cúbicos concatenados escogidos de forma que exista continuidad en posición y velocidad, denominados *splines*



# Interpoladores a tramos



Interpolador con 3 tramos

Interpolador con ajuste parabólico