

# **VISUALIZACIÓN DE CAMPOS VECTORIALES 3D**

# Campos Vectoriales

---

- Los campos vectoriales representan un tensor de orden 1 o una función del tipo  $g(f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x))$ . Una forma típica de obtener dicha información es a través del gradiente de un campo escalar.

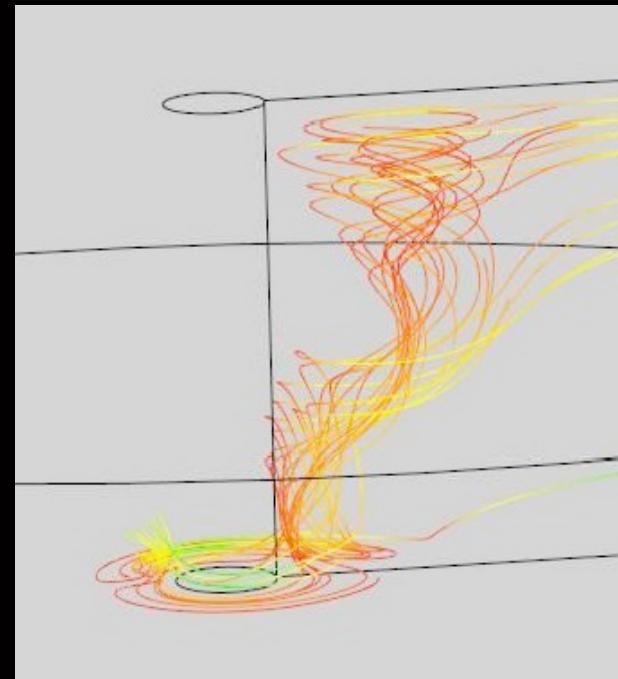
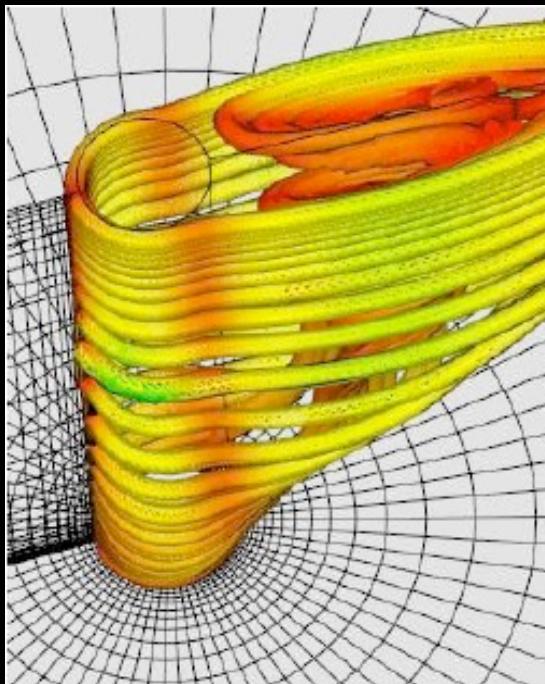
# Visualización de Campos Vectoriales

---

- Existen dos métodos de visualización de campos vectoriales:
  - Con respecto a un punto fijo (usando glyphs para ver localmente el sentido, dirección y magnitud).
  - Con respecto a un punto global (viendo las partículas transportadas por el flujo).

# Diferentes Circunstancias

- Hay que tomar en cuenta si los datos a visualizar son fijos en el tiempo o variables. En el primer caso se ven los datos como una fotografía y se pueden utilizar líneas de flujo para visualizar los datos. En el caso de tener un flujo inconstante se tiene que usar una técnica para ver su cambio a través del tiempo, por ejemplo animación o streaklines.



# Visualización Local

---

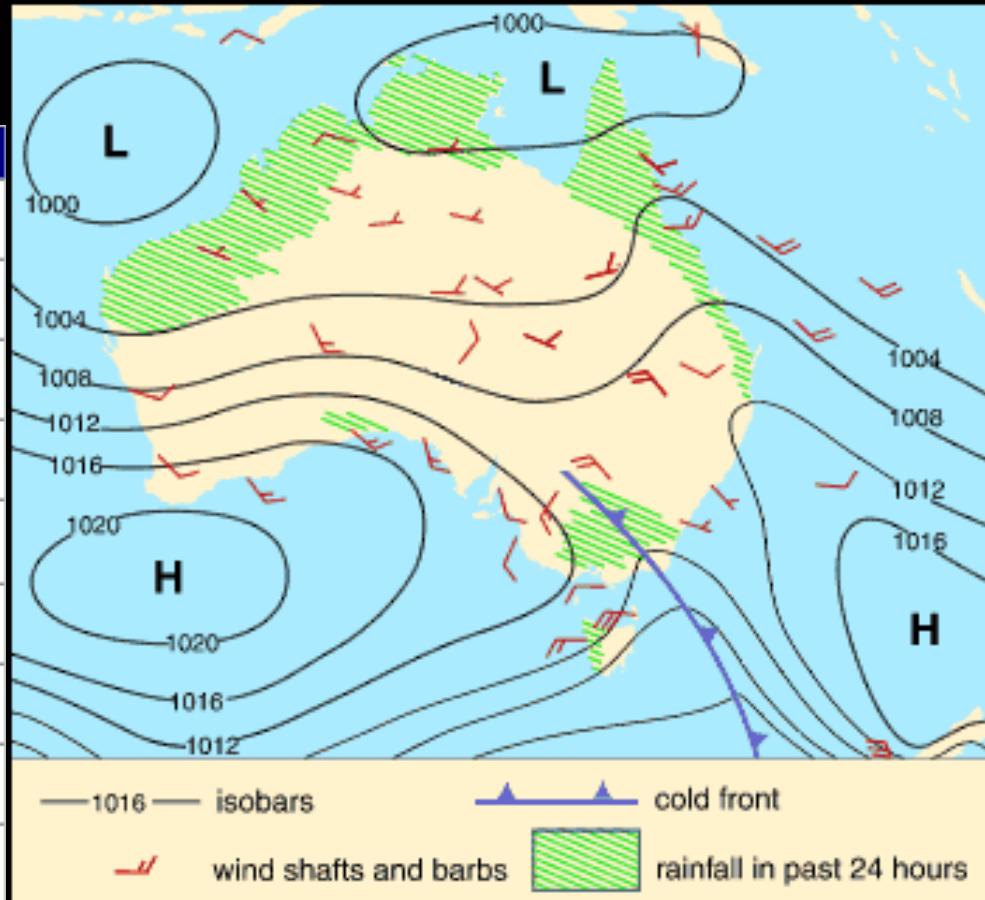
- Para mostrar los datos desde un punto de vista local se pueden utilizar glyphs que representen las propiedades de los vectores.
- Estos glyphs son de los siguientes tipos:
  - Líneas orientadas
  - Puercoespinas.
  - Flechas.

# Líneas

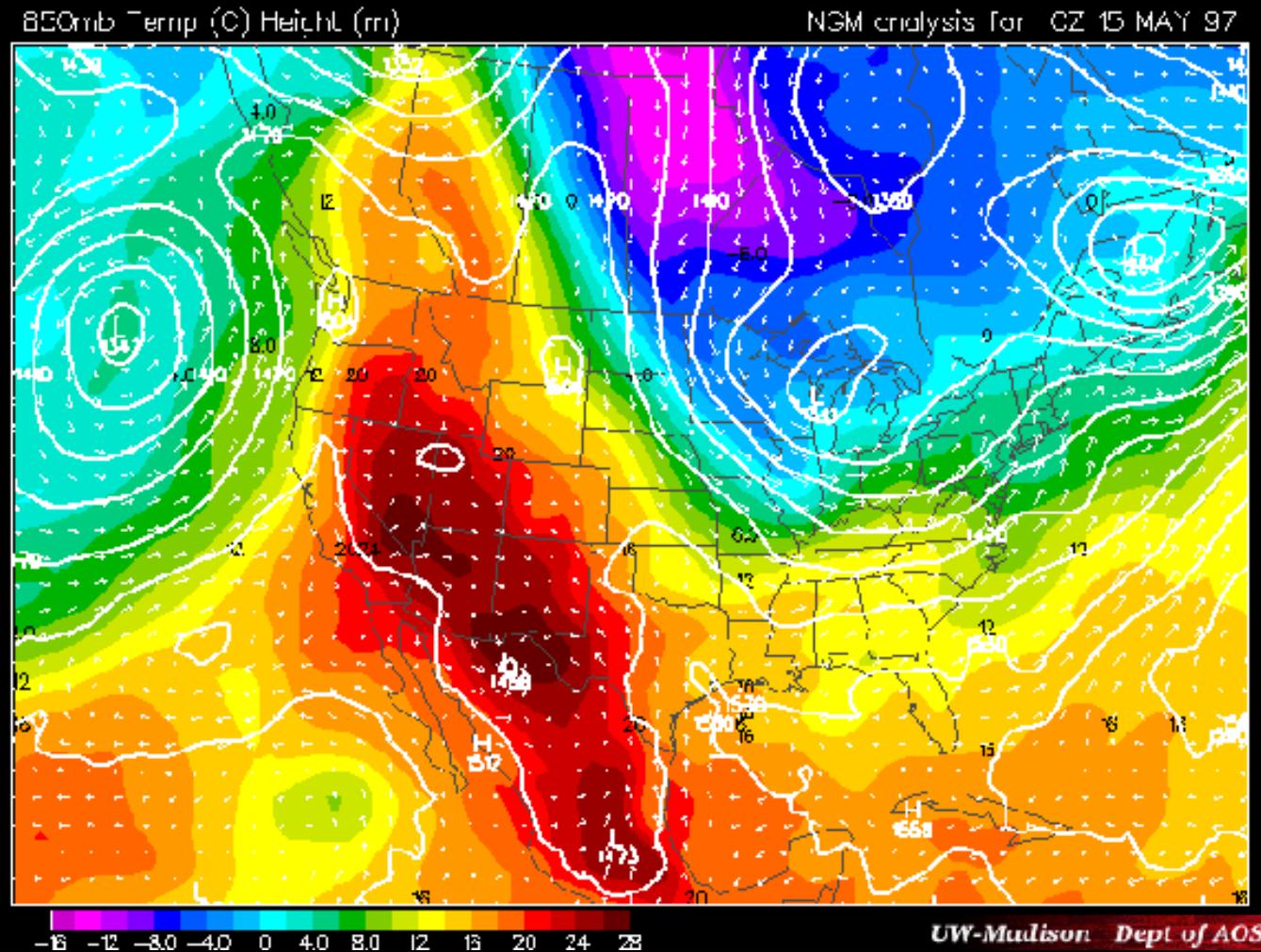
- Para visualizar vectores se pueden utilizar líneas cuyas longitudes y orientaciones representen las magnitudes y orientaciones de los vectores.
- Con líneas, el espaciado no es uniforme y por lo tanto puede causar problemas de visualización.
- Los problemas son que con líneas es difícil observar fenómenos como la velocidad. Para solucionar este problema se utilizan “barbs” (proyecciones hacia atrás cuyas formas representan ciertas cantidades), que se conocen como puercoespinas.

# Ejemplo Gráfico I

Symbol	Description
↗	Rising, the falling
↖	Rising, then steady; or rising, the rising more slowly
↙	Rising steadily, or unsteadily
↙✓	Falling or steady, then rising; or rising, then rising more quickly
—	Steady, same as 3 hours ago
↙✓	Falling, then rising, same or lower than 3 hours ago
↖↙	Falling, then steady; or falling, then falling more slowly
↖↙	Falling steadily, or unsteadily
↗	Steady or rising, then falling; or falling, then falling more quickly



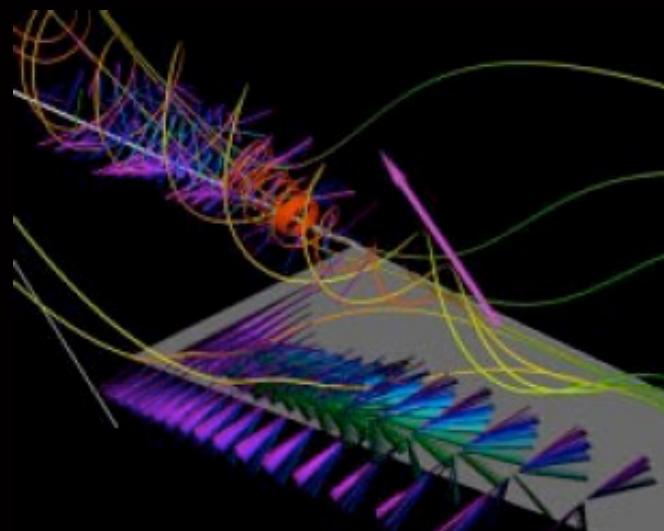
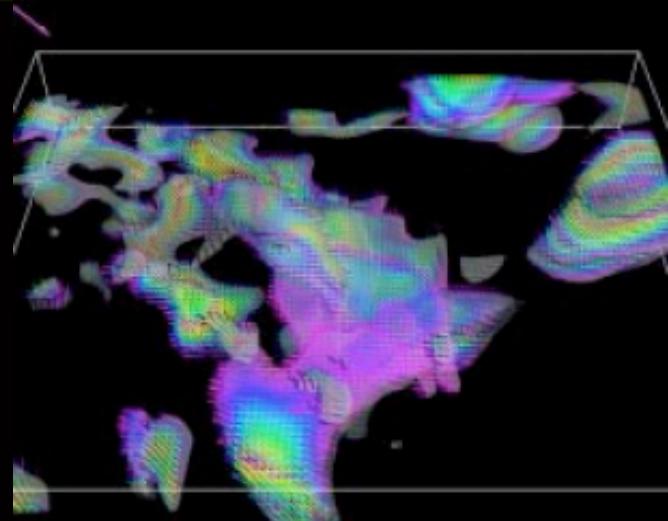
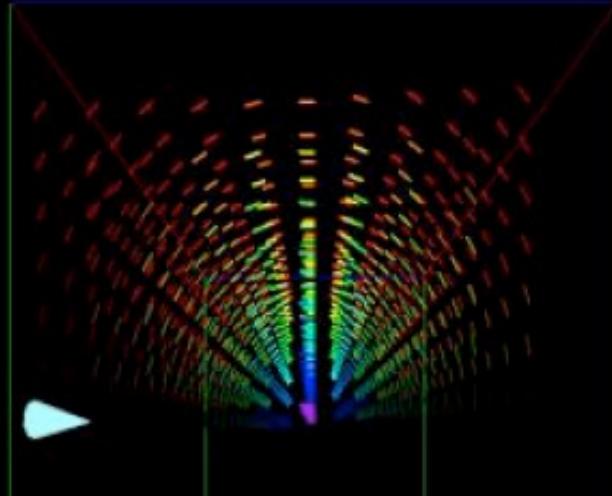
# Ejemplo Gráfico II



# Flechas

- Es posible utilizar flechas para visualizar campos vectoriales. Sin embargo, al igual que las líneas se tienen problemas con obstrucción y con un muestreo no uniforme.
- Una posible solución para mejorar la visualización es utilizar colores que representen magnitudes u otras cualidades de los vectores (tales como sus componentes usando RGB).

# Ejemplos

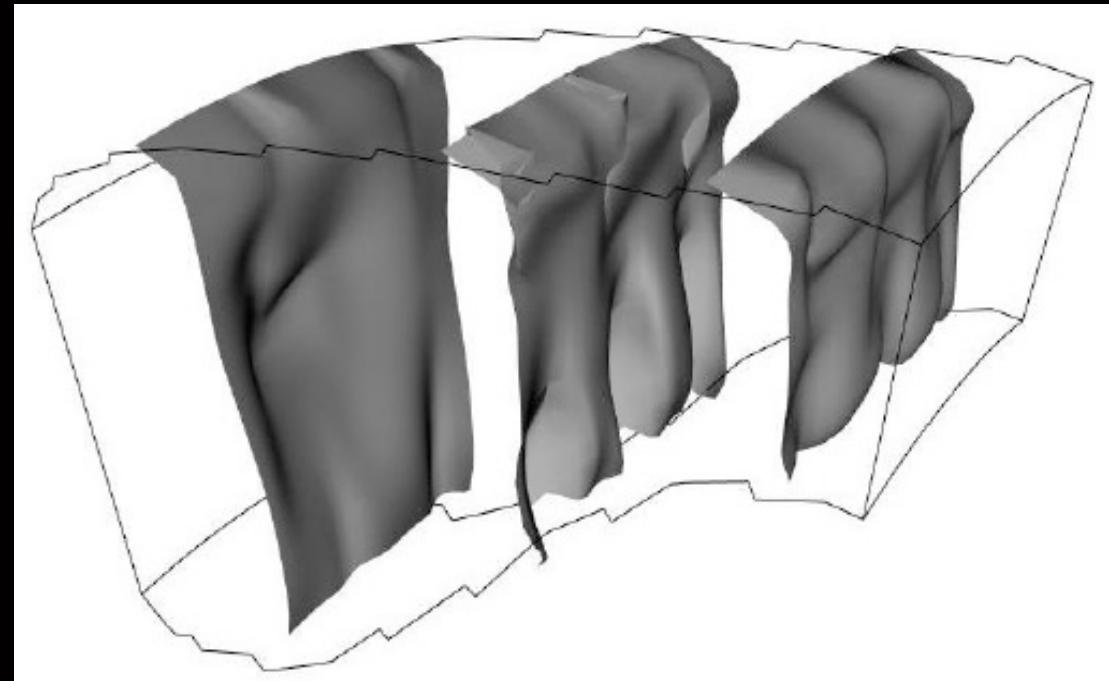
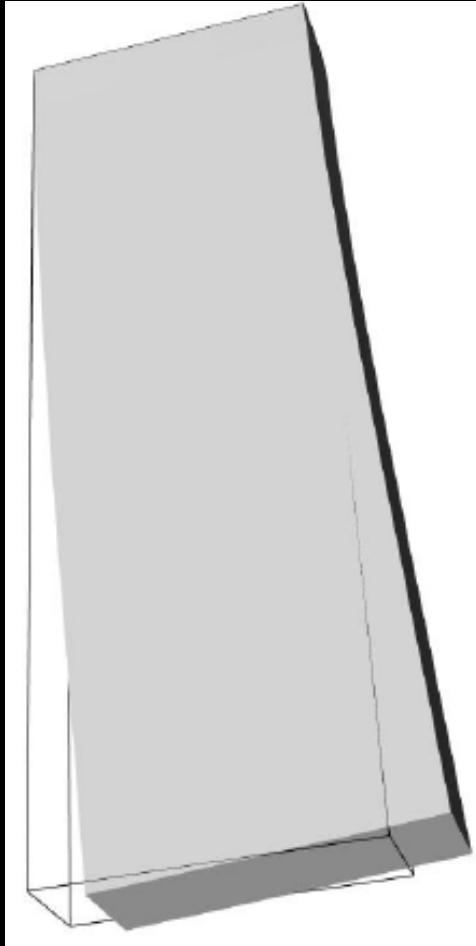


# Deformaciones y Traslaciones

---

- Los datos originales se pueden visualizar utilizando visualización directa de volúmenes o por superficies y luego deformar la visualización dependiendo de la magnitud y dirección de los vectores del campo vectorial.

# Ejemplos



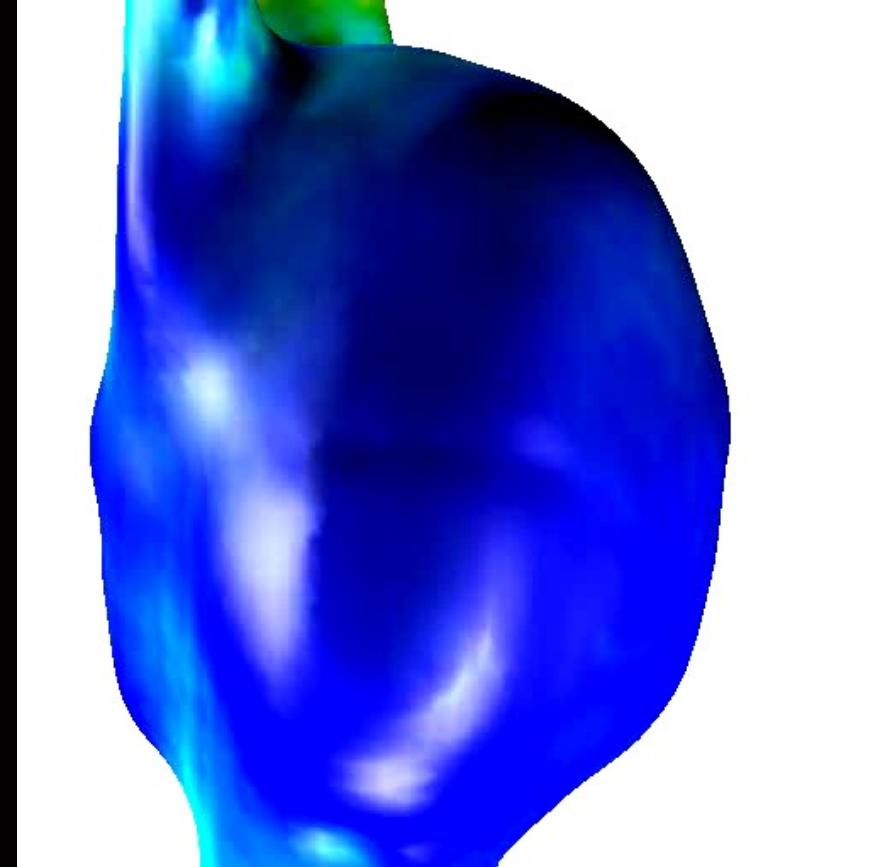
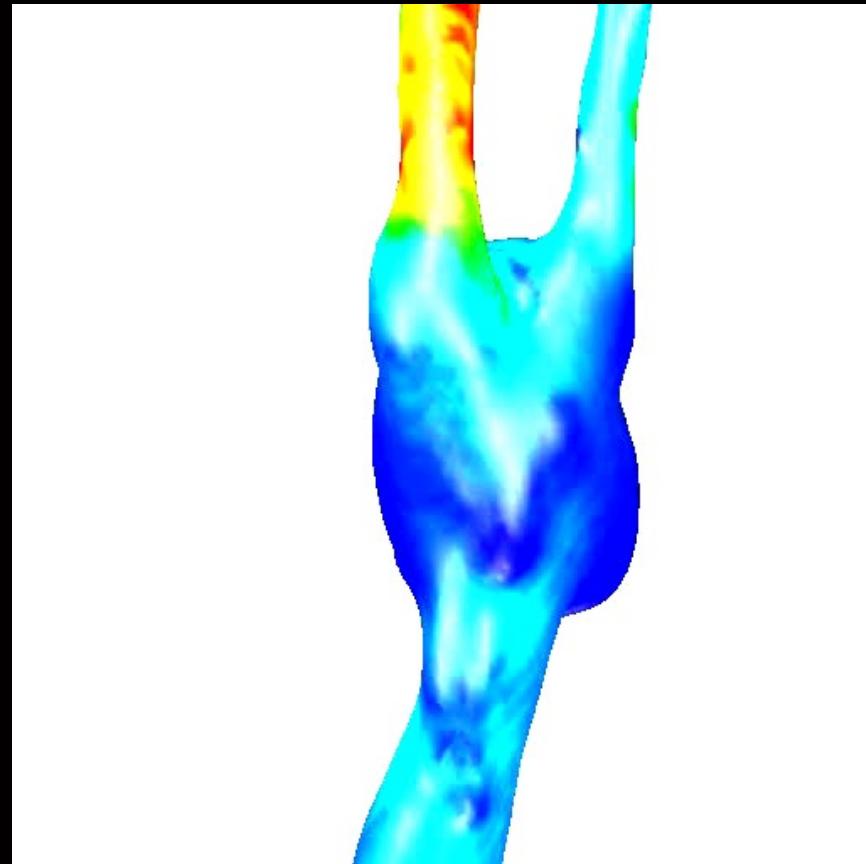
Tener cuidado de sobre poblar la pantalla con Deformaciones y crear obstrucciones.

# Animación

---

- Debido a que los campos vectoriales son variables con el tiempo es posible hacer uso de la animación para poder ver el comportamiento de los objetos en el tiempo.
- Sin embargo, también es posible visualizar campos vectoriales estáticos por medio de animación asociando usando las deformaciones antes mencionadas para crear animaciones.

# Animaciones



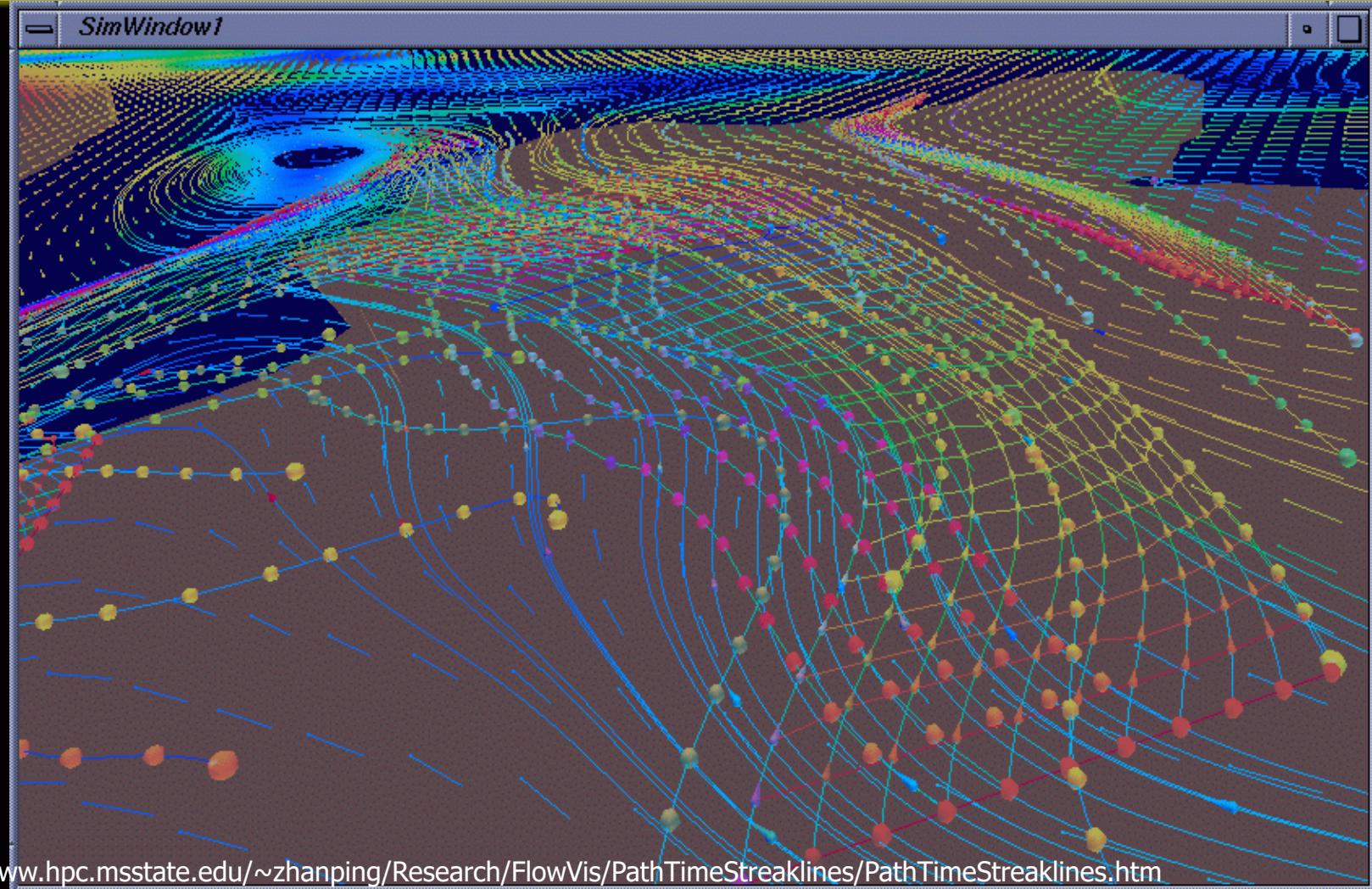
<http://medvis.vrvis.at/projects/bloodFlow/>

# Líneas

---

- Desde el punto de vista local se utilizan los glyphs que se han visto antes. Pero para realizar una visualización global, se pueden utilizar líneas de flujo. Existen dos tipos de líneas de flujo. La primera es streaklines, que son líneas en un campo vectorial estático. La segunda es streamlines, que son líneas de integración a través del tiempo.

# Straklines I

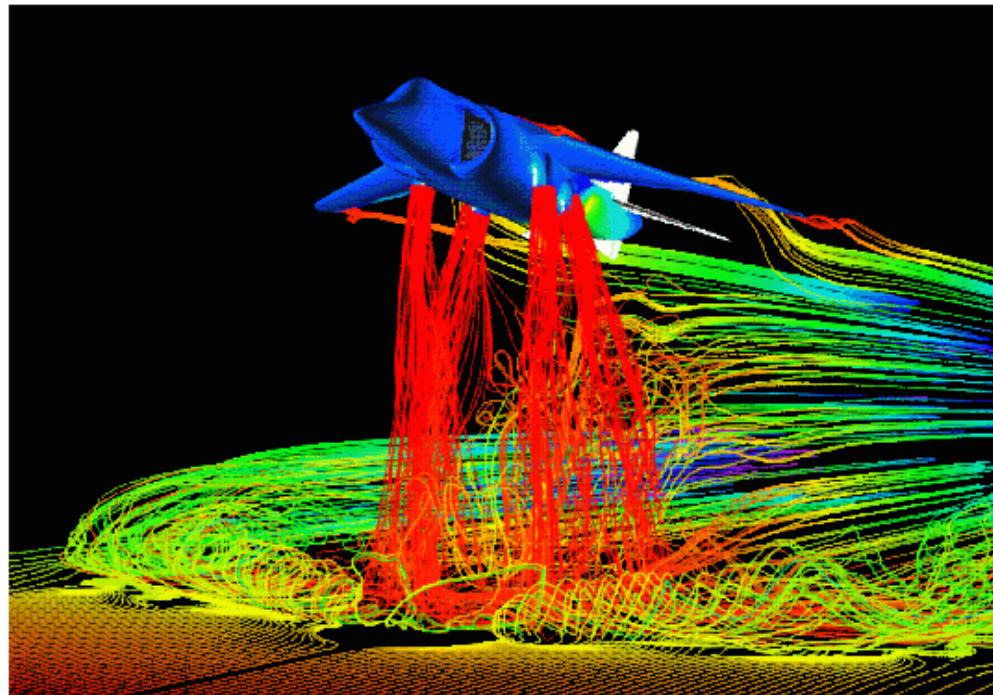


<http://www.hpc.msstate.edu/~zhanping/Research/FlowVis/PathTimeStreaklines/PathTimeStreaklines.htm>

# Streaklines II

## Streaklines near nozzle of harrier aircraft

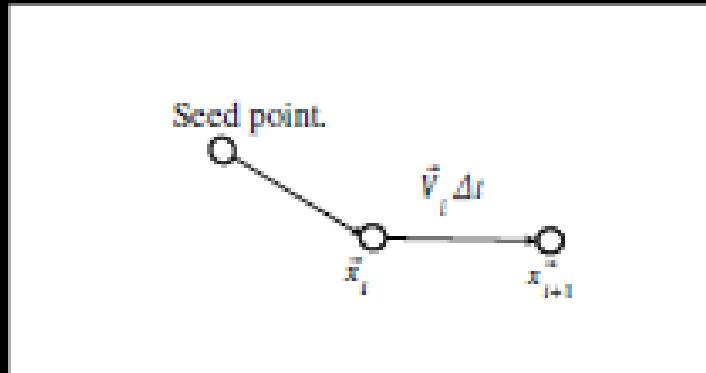
(courtesy W. VanDalsem, NASA Ames)



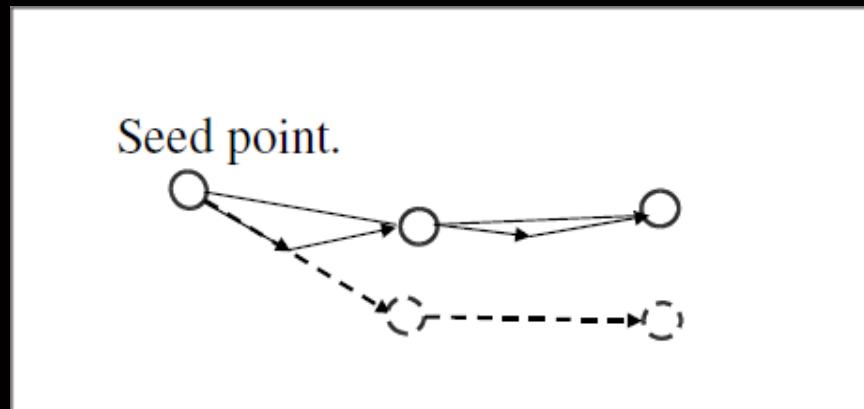
Winner of 1999 Gordon Bell Award for Performance Dec. 6, 1999 mirin10

# Integración

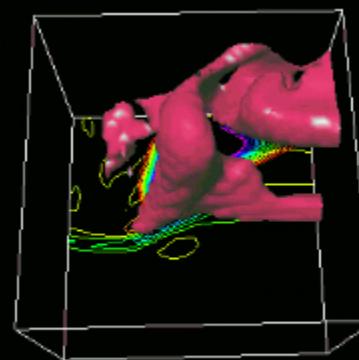
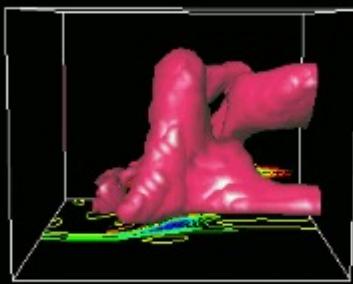
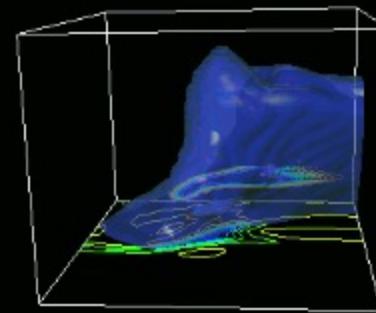
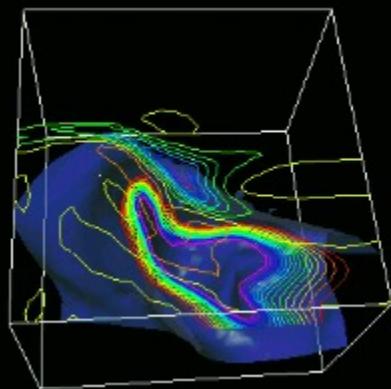
- Métodos numéricos tales como Euler:



- o Runge-Kutta



# Ejemplos



# Campos Vectoriales

---

- La velocidad de un flujo es un campo vectorial, y cualquier campo vectorial se puede integrar para obtener un flujo.
- Por lo tanto, un campo vectorial y un flujo son equivalentes para los propósitos de visualización.
- El uso de flechas para visualizar vectores puede producir oclusión y confusión.
- Para llevar a cabo una buena visualización, se utilizan métodos que simulan las técnicas que se usan en experimentos físicos: uso de rastreadores tales como humo en gases, tintas en fluidos, o partículas para ver movimiento.

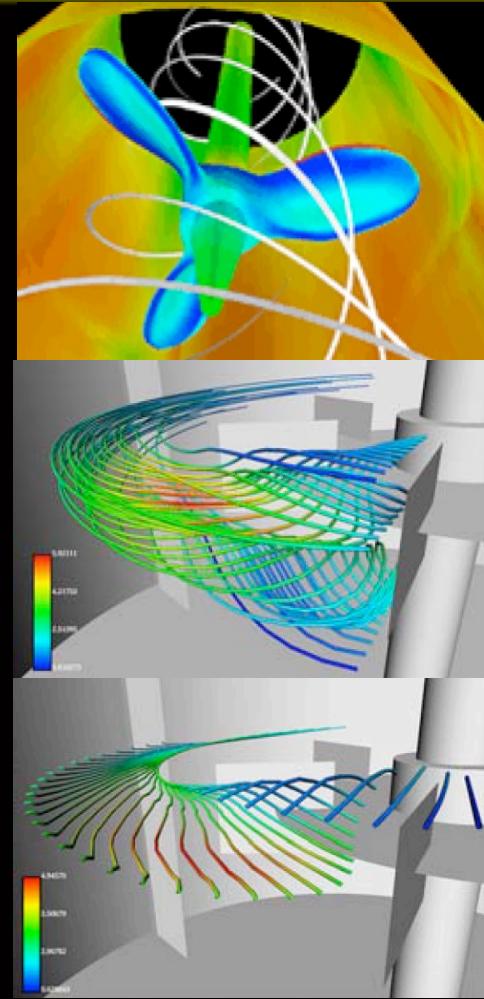
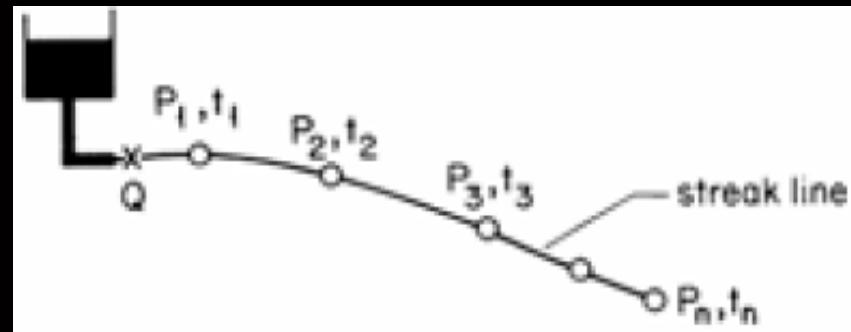
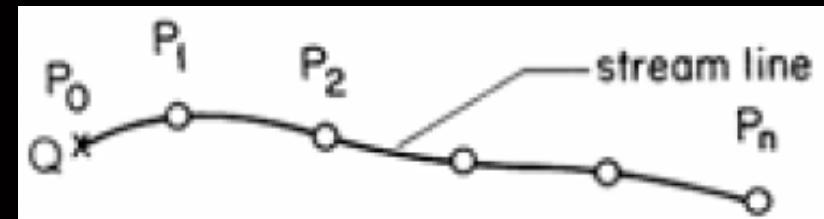
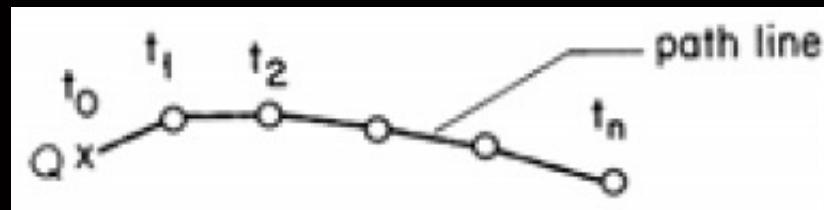
# Líneas

- Cuando se mide variaciones de la velocidad con el tiempo, su rastreo por medio tintas o humo continuamente emitido desde un punto se conoce como streakline.
- El rastro dejado por una partícula en una exposición se conoce como línea de trayectoria.
- Para un flujo constante, estos rastros son lo mismo y se les conoce como streamlines.
- Las líneas de flujo son fáciles de dibujar en 3D, pero si todas se originan a cada punto de una rejilla regular, se tiene que tener cuidado en su colocación para evitar oclusión.
- Si las líneas de flujo se dibujan a cada punto de un segmento de línea, pueden representarse con un listón que permite visualizar la rotación o movimiento de un flujo.
- Un tubo de flujo (stream tube) se forma a partir de todas las líneas que pasan a través de una curva cerrada (un tubo cuyo diámetro varía).
- La unión de líneas de flujo que pasan a través del interior de un polígono rellena un volumen de flujo, que se puede visualizar a través de la proyección de un poliedro.

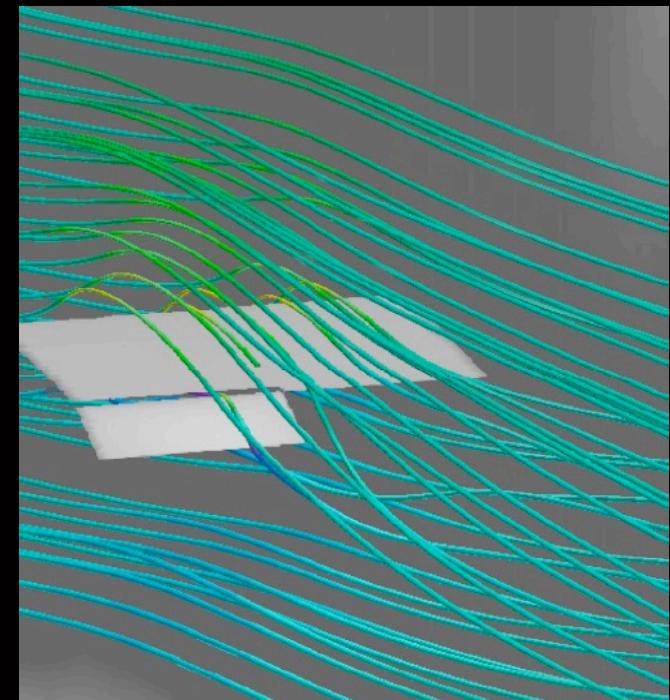
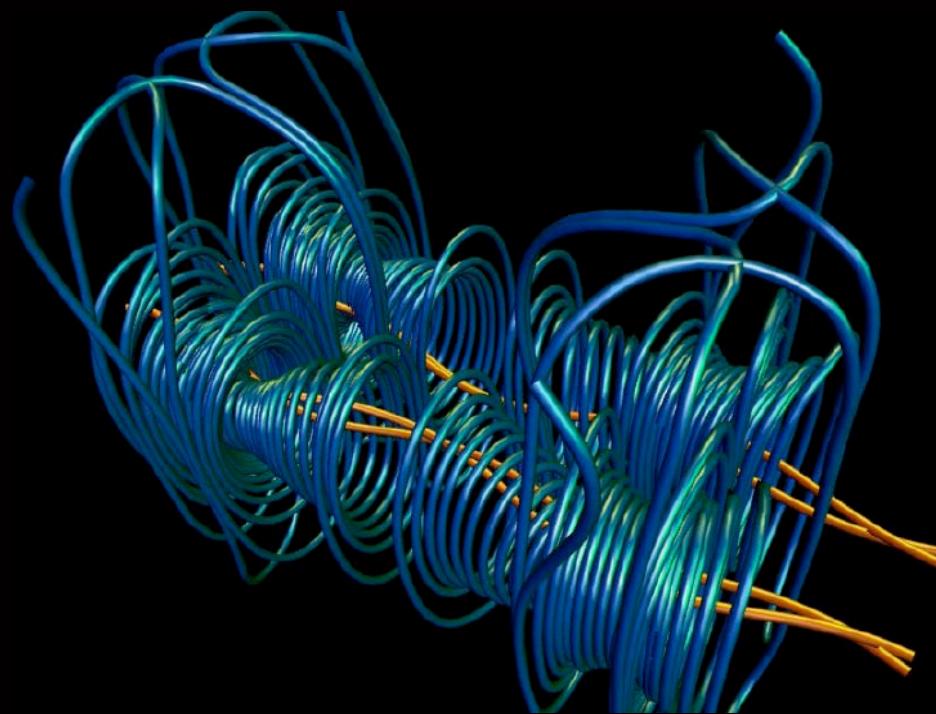
# Líneas

- Líneas de Trayectoria: Trayectoria de partículas (puntos) en el tiempo. Exposición prolongada de un rastreador de partículas dentro de un campo vectorial.
- Streaklines (Líneas de surco): Un conjunto de partículas que pasan, o han pasado, a través de un punto P (típicamente una fuente). La posición simultánea de un conjunto de partículas emitidas continuamente de una o mas fuentes. (Fotografía.)
- Streamlines (Líneas de flujo): Trayectoria a través del campo vectorial que es tangente a los vectores en todo el campo. (Integral sobre el tiempo.)
- Líneas de Tiempo: La conexión de varias partículas a un tiempo dado después de ser emitidas por una fuente (una frente de onda) y en 3D se refiere a una superficie.

# Líneas



# Streamlines



# Complicaciones con Partículas

---

- El cálculo del rastro de partículas es caro ya que se requiere de interpolación de la velocidad y del tiempo (flujo inconstante). También se requiere de búsquedas para localizar a las partículas. Finalmente se necesita transformar de coordenadas globales a locales para hacer el trazado.

# Líneas de Flujo

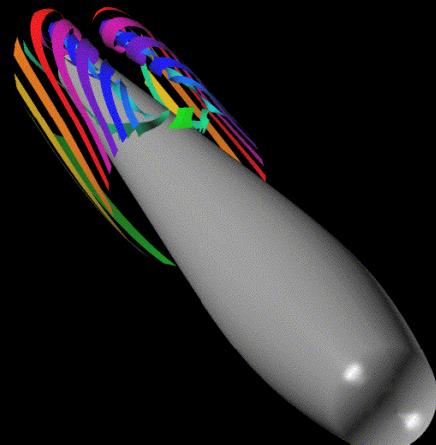
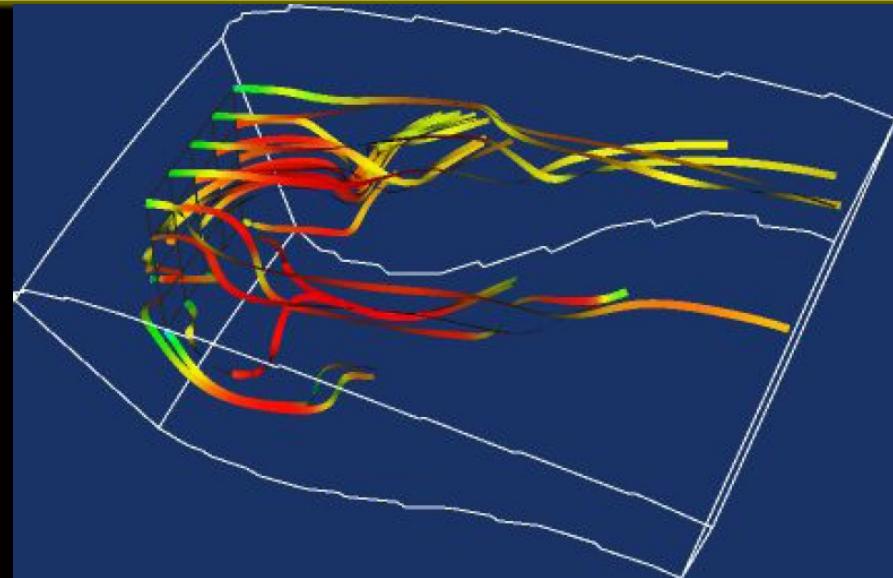
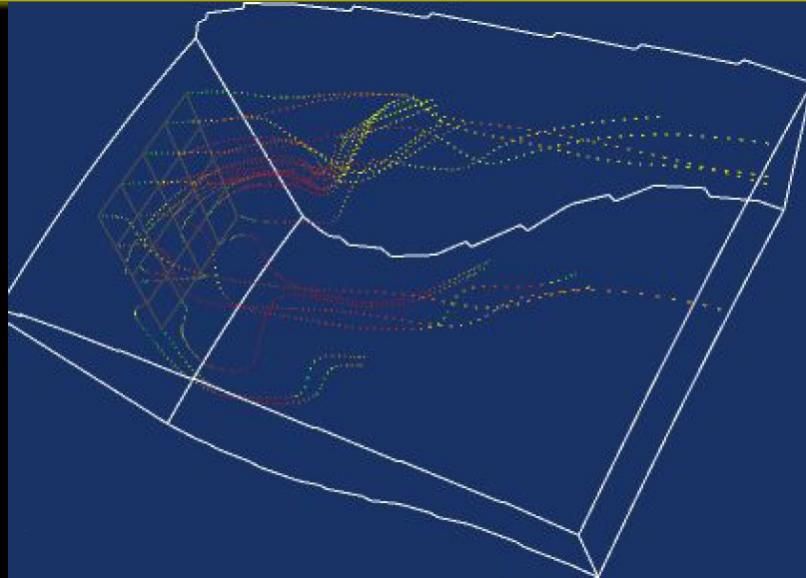
---

- Las líneas de flujo se inicializan sobre una curva o en un rake (rastrillo). El punto sobre la curva sobre el que se inicializan es típicamente una fuente.
- Un rastrillo puede mostrar un efecto de dispersión (divergencia) o de rotación (rotacional o arremolinamiento - vorticity).

# Listones y Tubos

- Cuando las líneas (de trayectoria, tiempo, de flujo o líneas de surco - streaklines) son muy delgadas para visualizarse o cuando pueden causar confusión, se pueden utilizar otras figuras tales como listones, superficies o tubos.
- Un listón se representa por medio de la unión de la trayectoria de dos líneas a través de polígonos. El ancho del listón representa la divergencia local del flujo y su rotación representa su arremolinado (vorticity).
- Una superficie une la trayectoria de varias líneas que se mueven sobre la misma curva, o línea de rastrillo (rake line), a través de polígonos.

# Listones

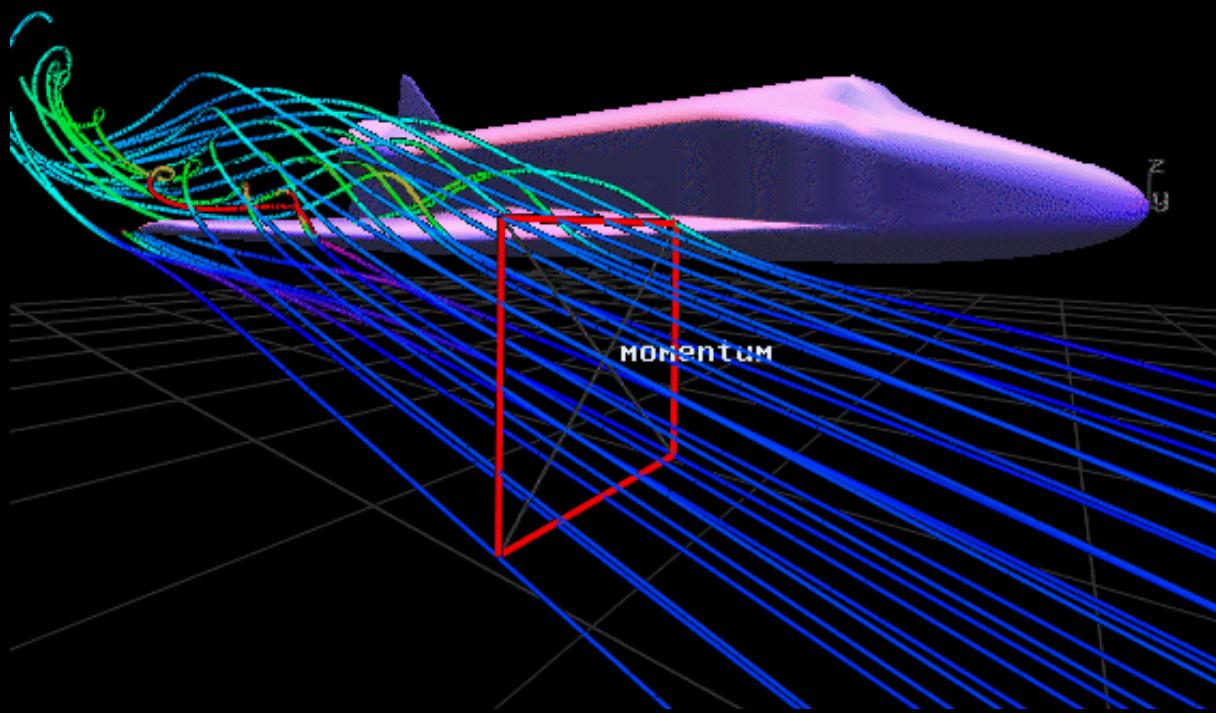


# Superficies de Flujo

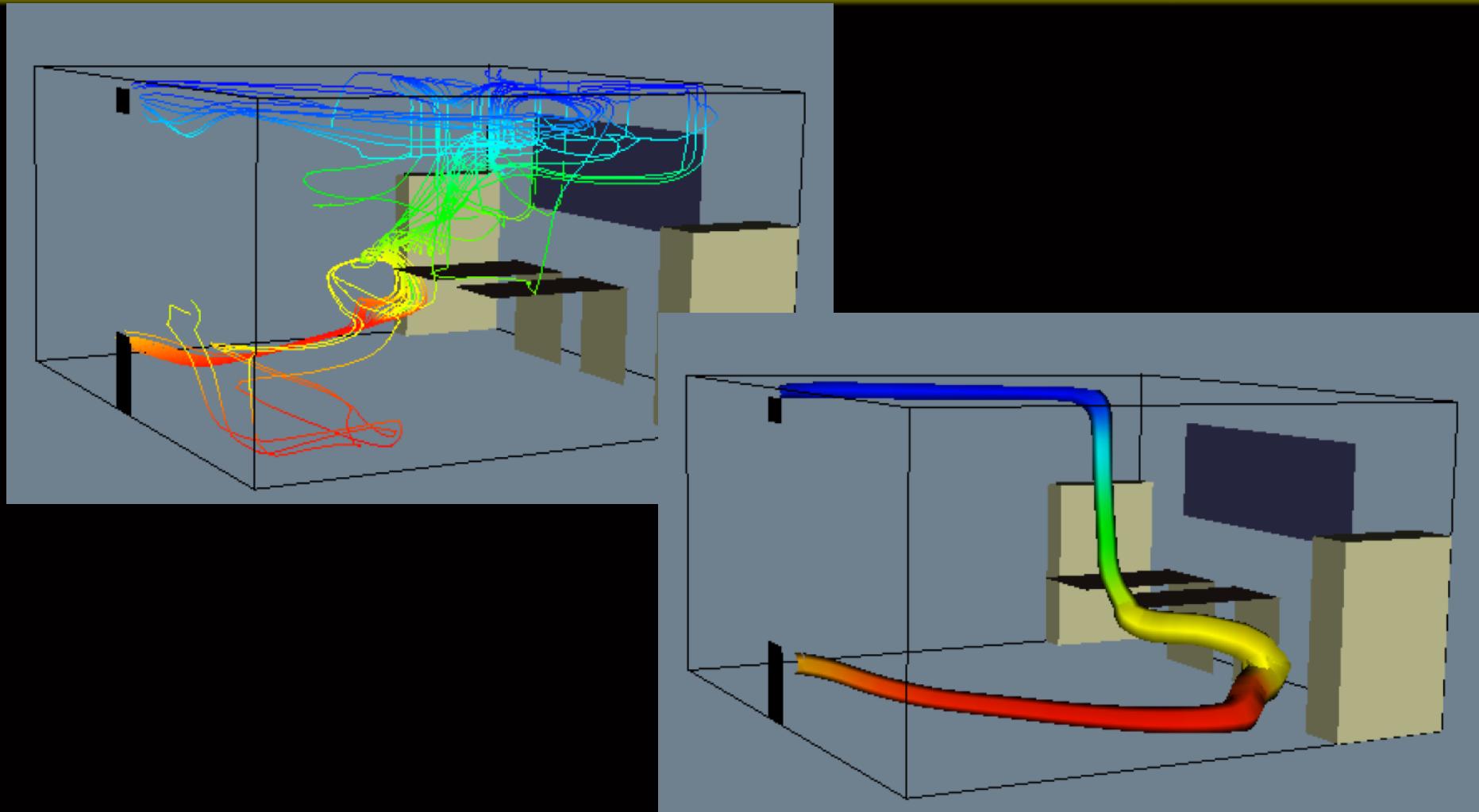
---

- Los listones son un caso particular de las superficies. Las superficies tienen mayor efecto cuando son cerradas (por ejemplo en el caso de tubos).
- La superficies se logran a través de la conexión de varias líneas de flujo que salen desde un mismo rastrillo (rake).

# Tubos



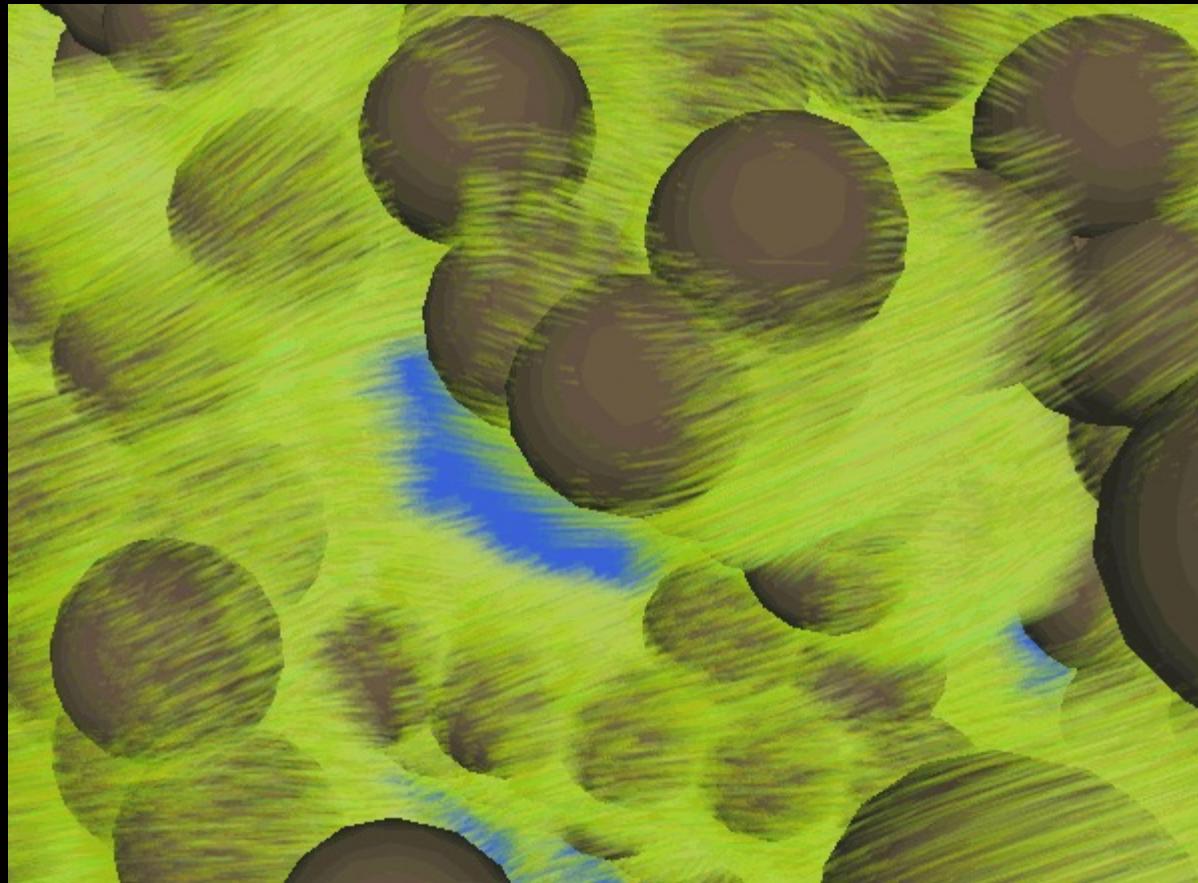
# Líneas de Flujo y Tubos

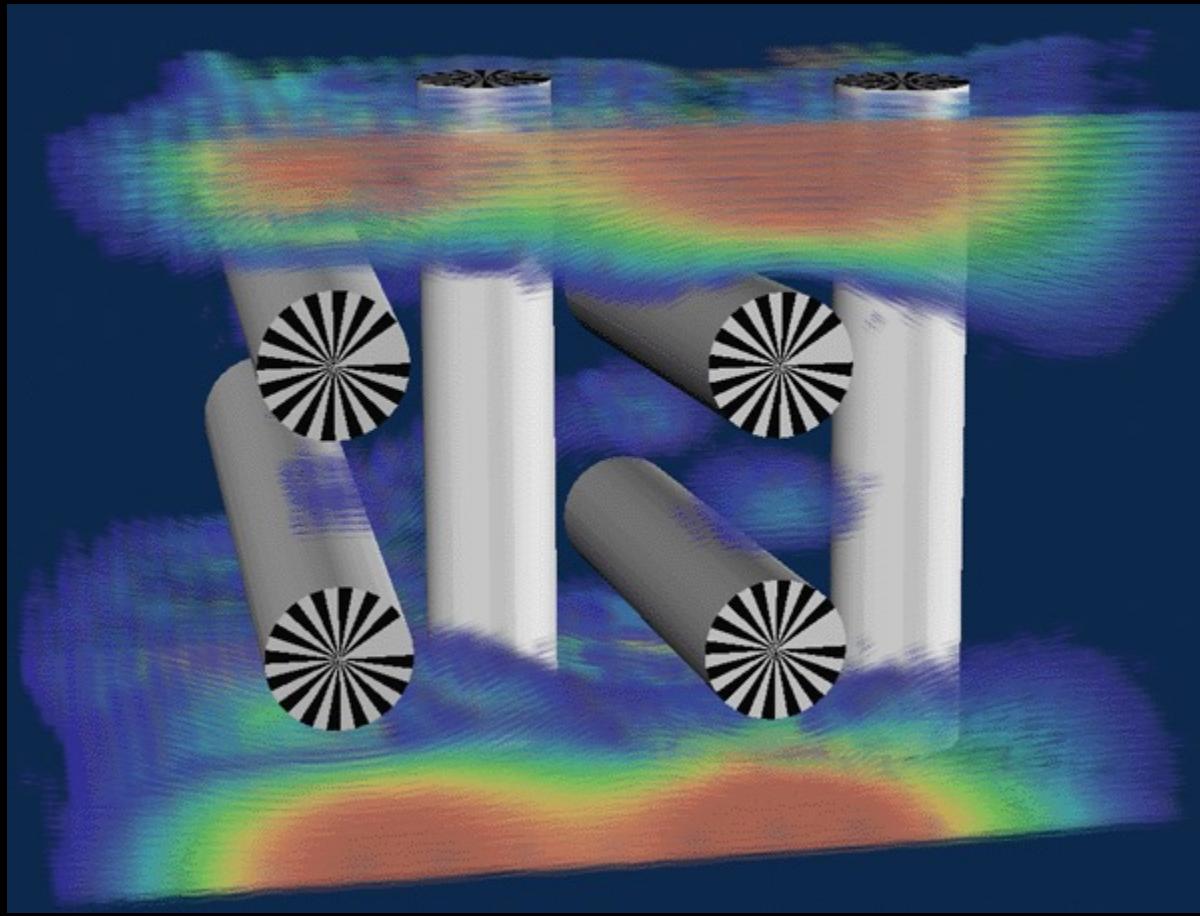


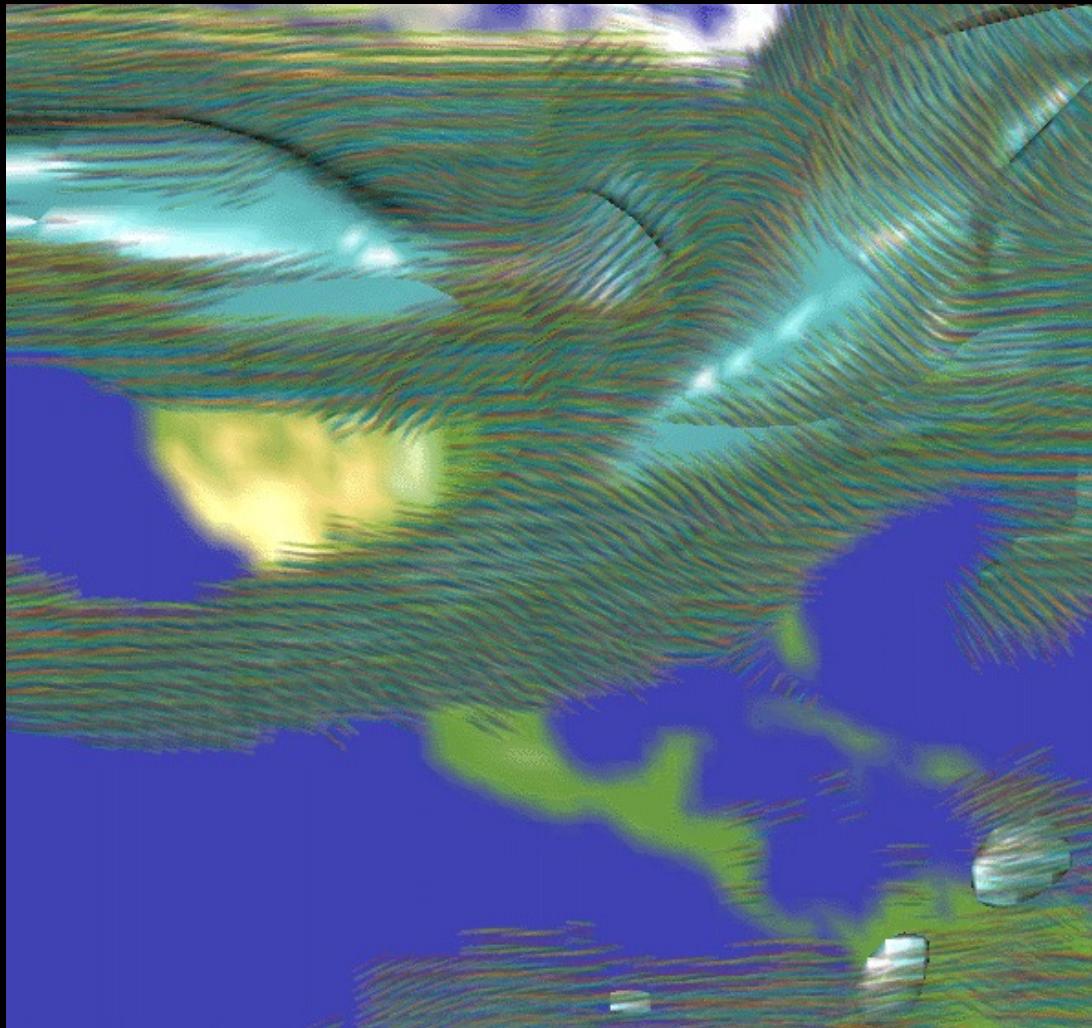
# VDV y Conjuntos de Líneas

---

- Para llevar a cabo la visualización de un cierto flujo se puede realizar un VDV de forma atrás-haciaadelante: primero los objetos fijos y luego grupos de líneas semitransparentes (que pueden ser creados como texturas).



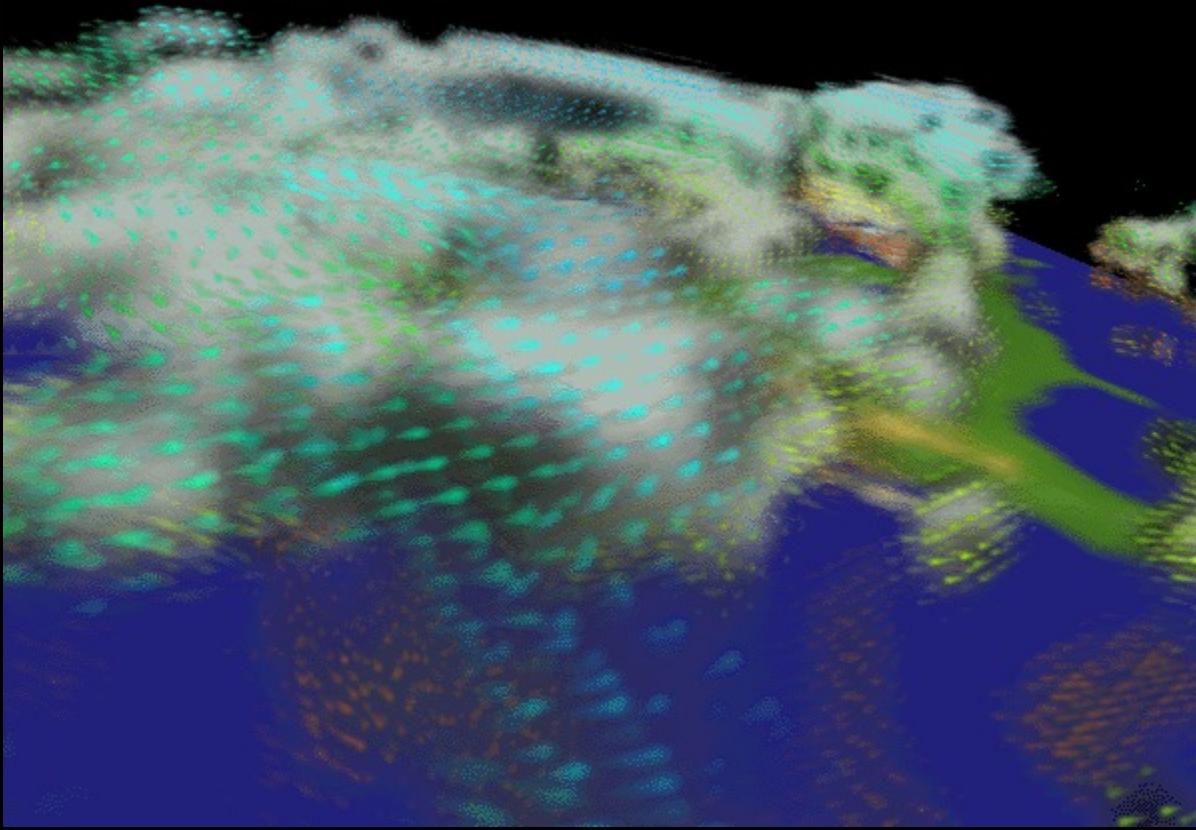


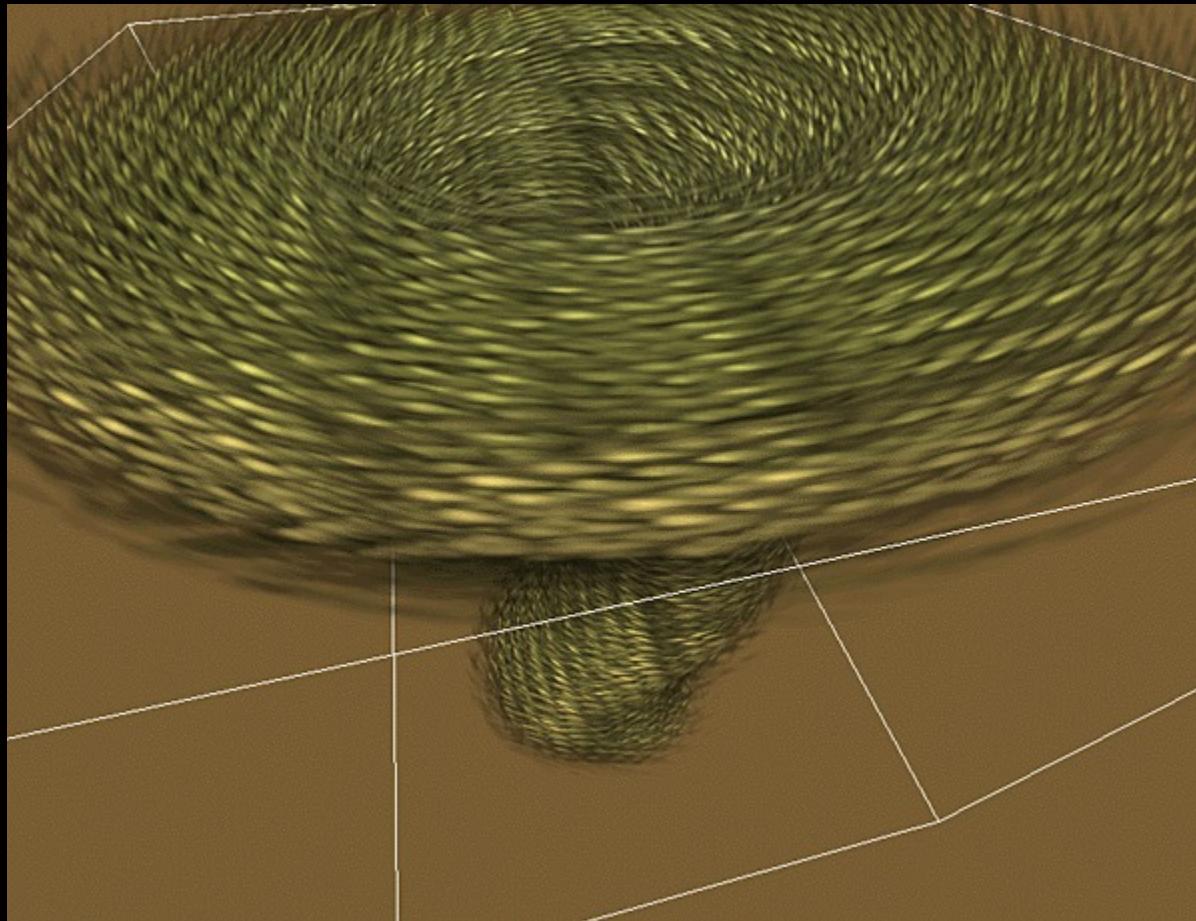


# Splats de Texturas

---

- Similar al caso de VDV para campos escalares, se pueden utilizar la técnica de manchado (splat). Sin embargo, en esta modalidad se utilizan texturas (que se componen de flechas o de unos segmentos de líneas de ancho variable).
- Se crean varias texturas con una distribución variable para evitar patrones regulares.
- Para llevar a cabo la visualización, se selecciona un patrón de forma aleatoria y se rota para alinearse con la dirección del flujo.
- Hay que tener consideraciones para considerar la profundidad del flujo.



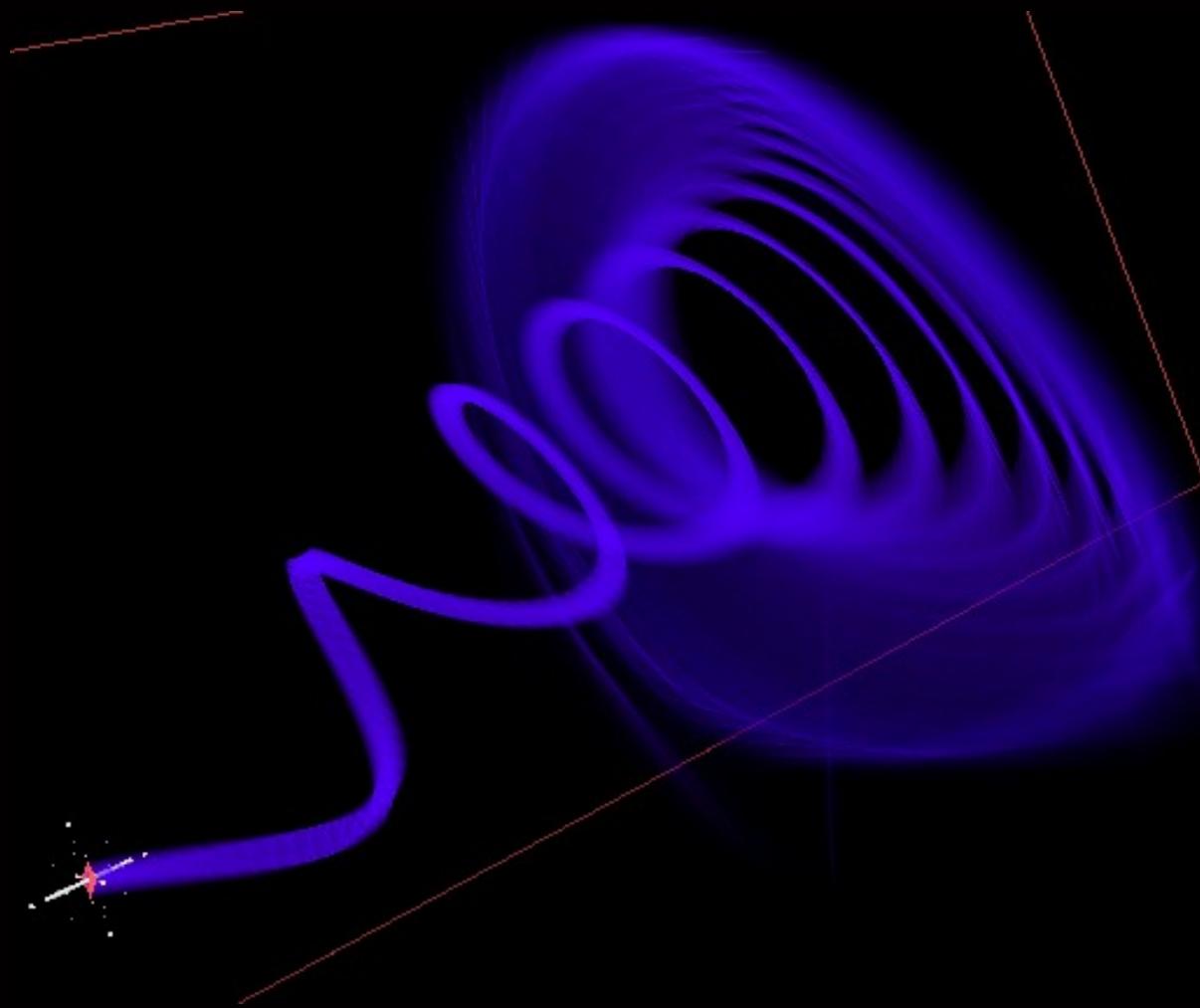


# Simulación de Humo

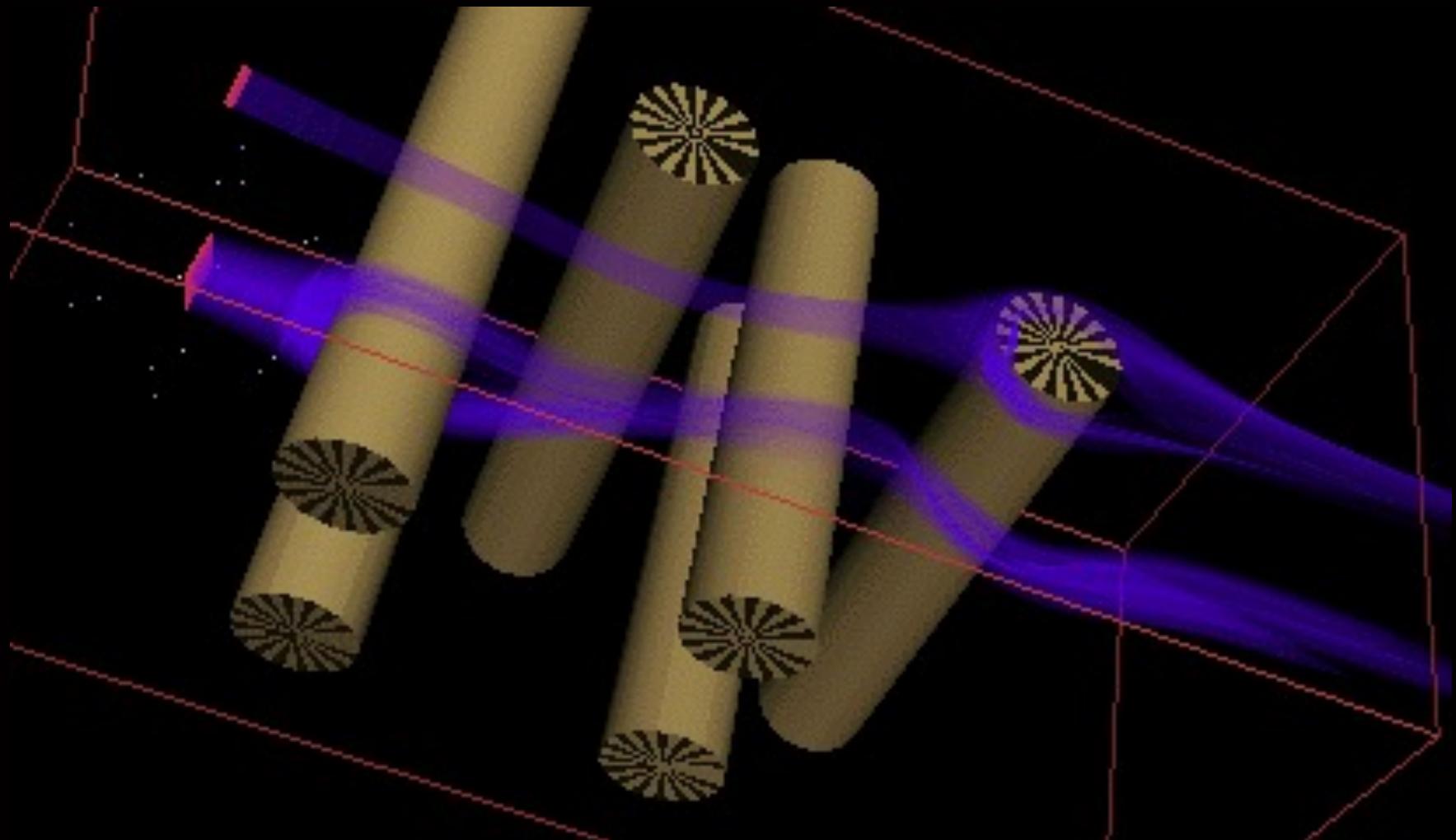
---

- Se inicializa con un polígono (el rastrillo) desde el cual se calculan las líneas de flujo desde sus vértices o desde varios puntos discretos dentro del polígono.
- Como en el caso de VDV, se lleva a cabo una integral a través de las líneas de flujo con propiedades ópticas para lograr semitransparencia.
- También se puede usar mapeo de texturas para poder llevar a cabo el efecto de humo.

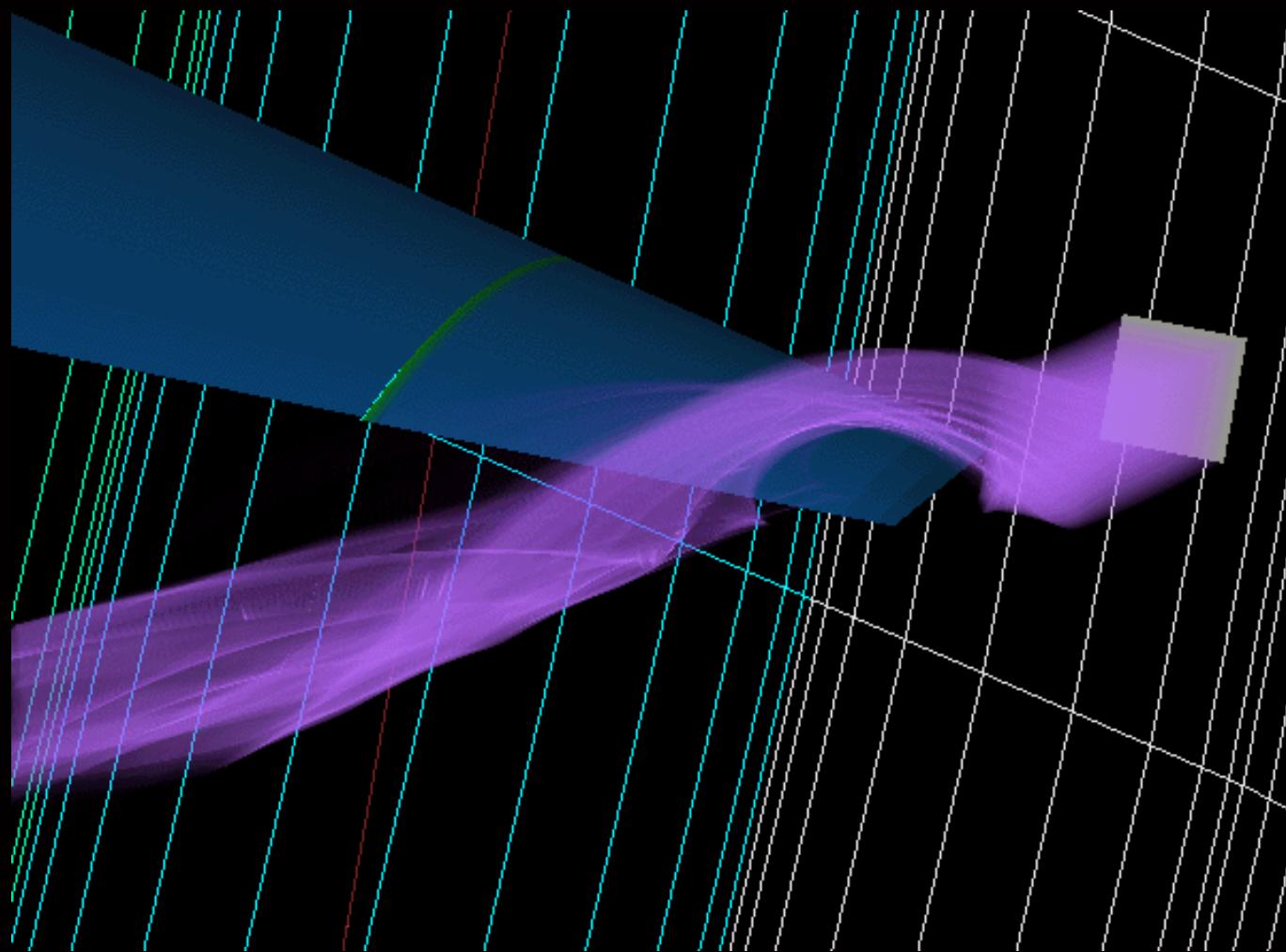
# Constante-Regular



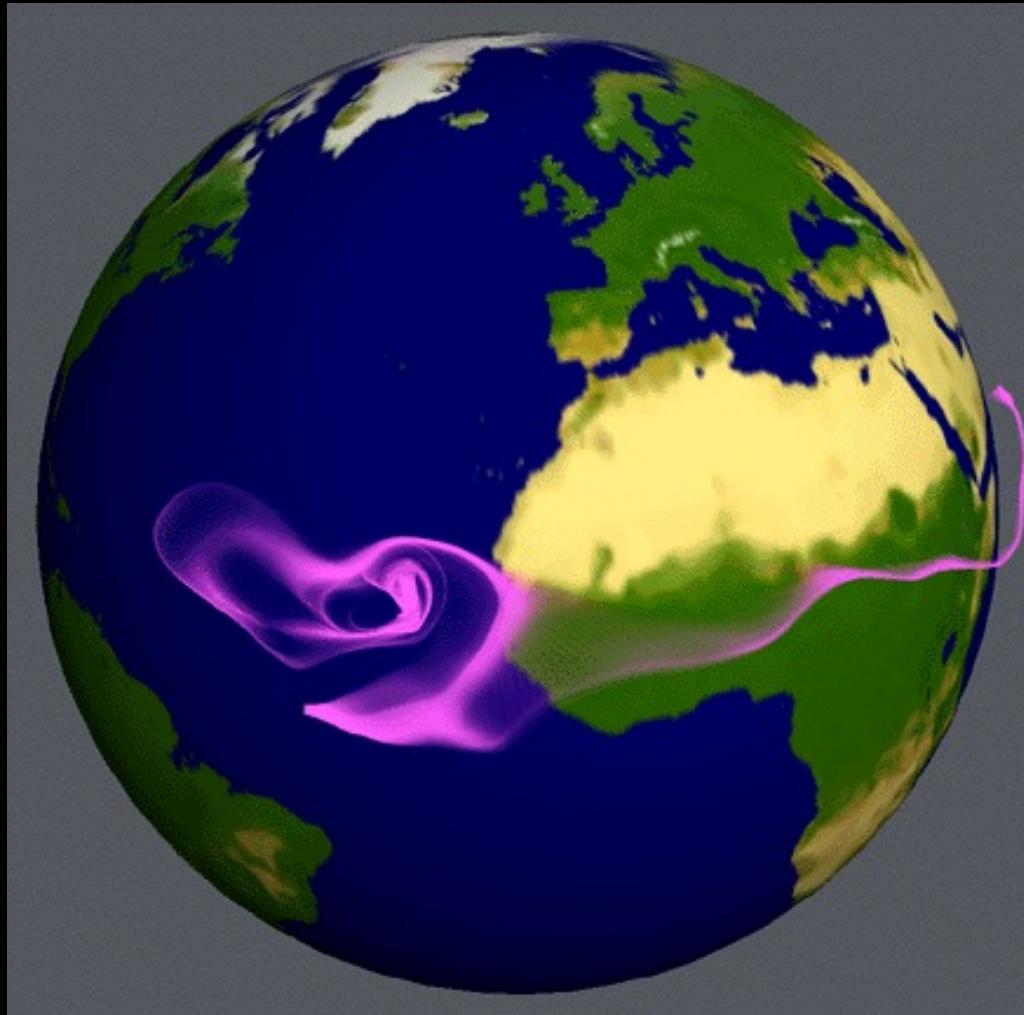
# Constante-Regular



# Constante-Irregular

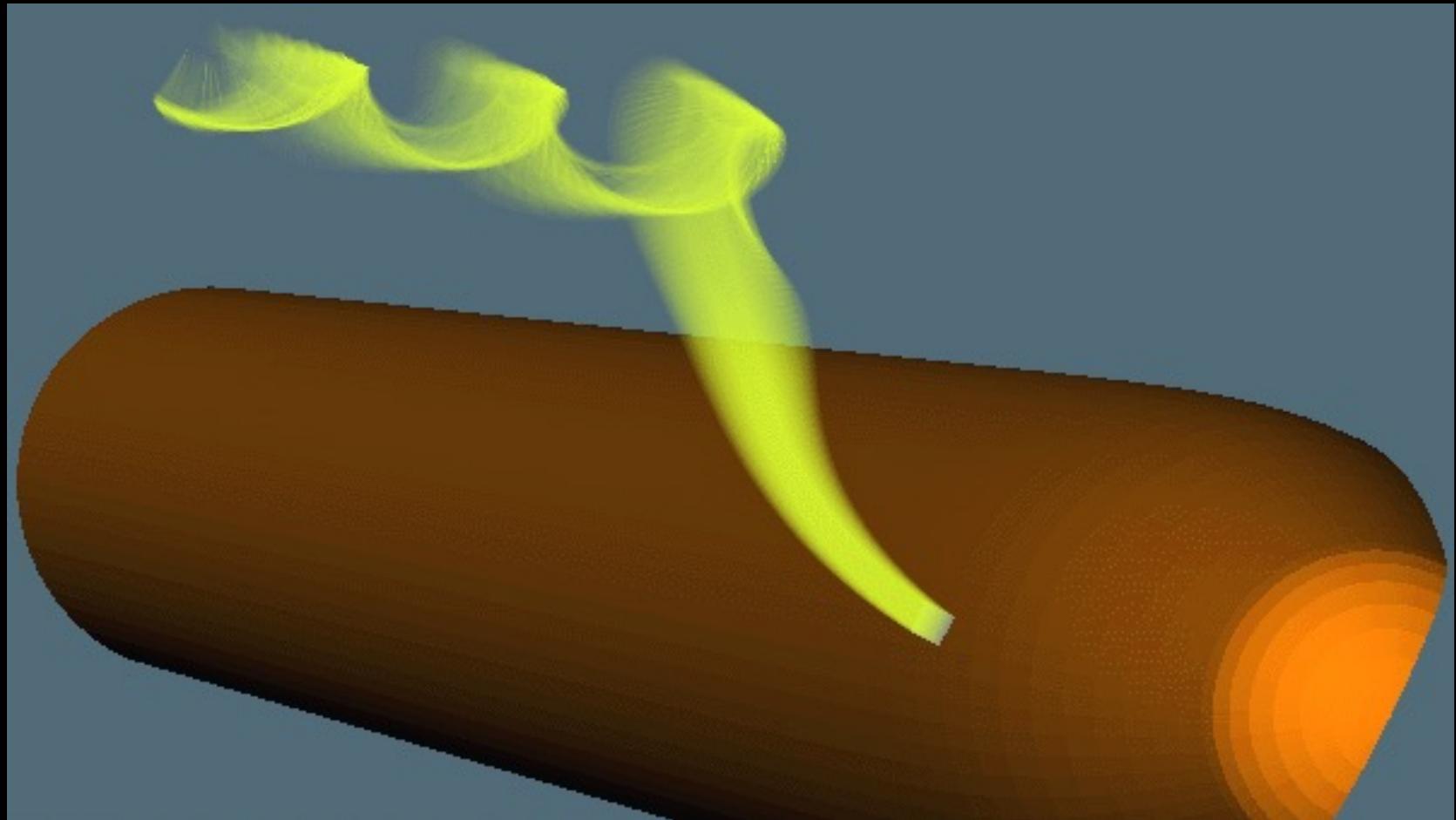


# Constante-Irregular

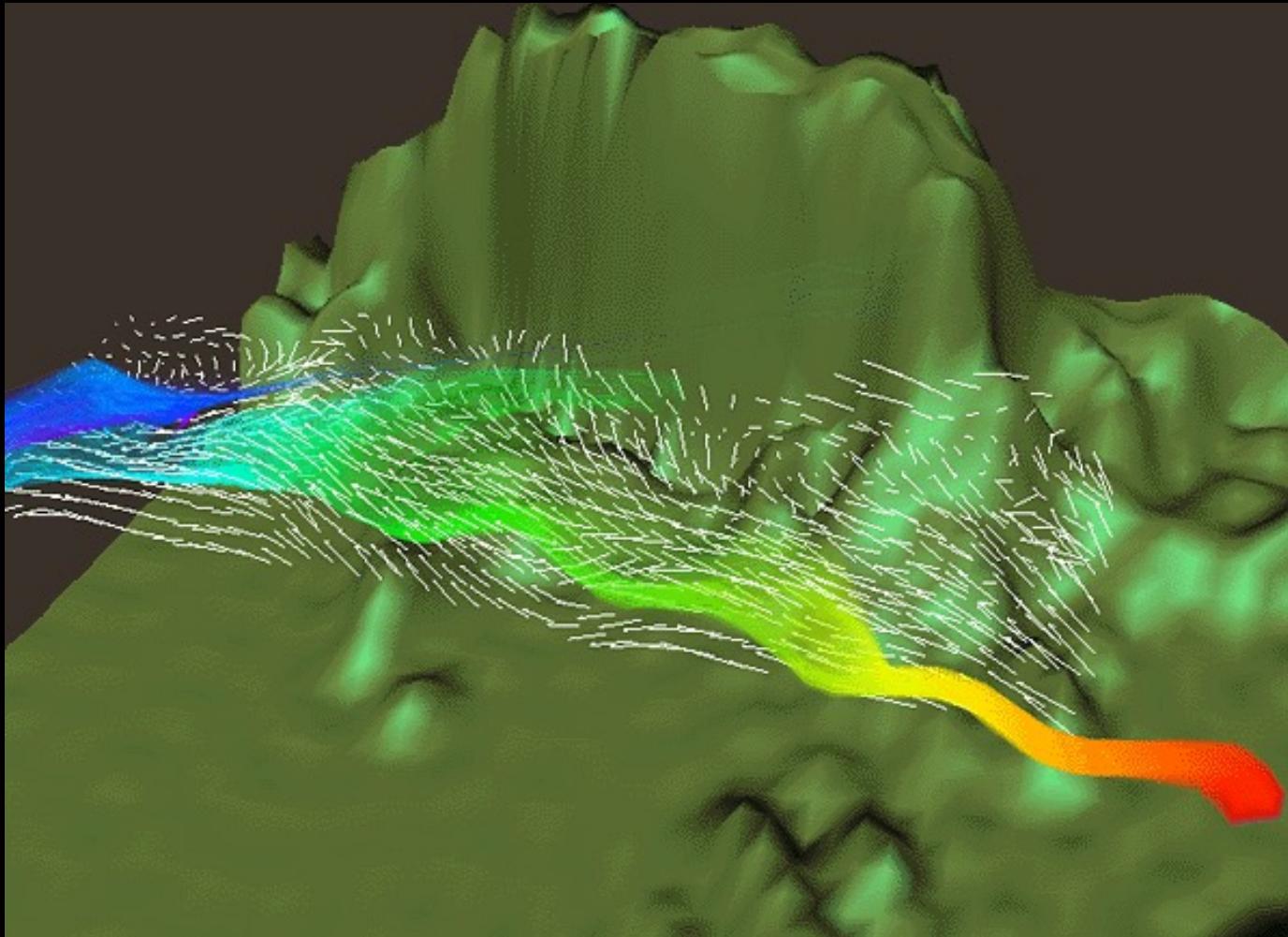


# No-constante

---



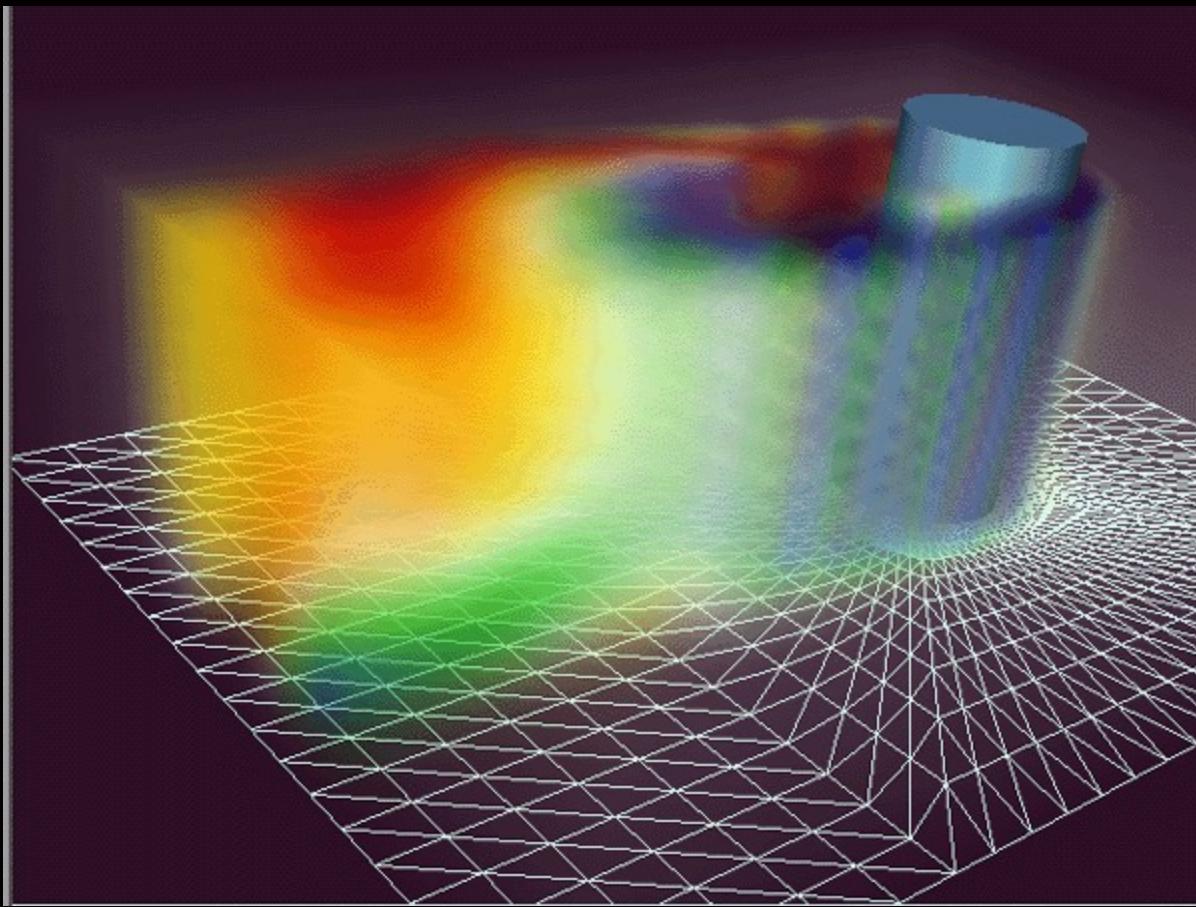
# No-constante



# VDV de Flujo Temporal

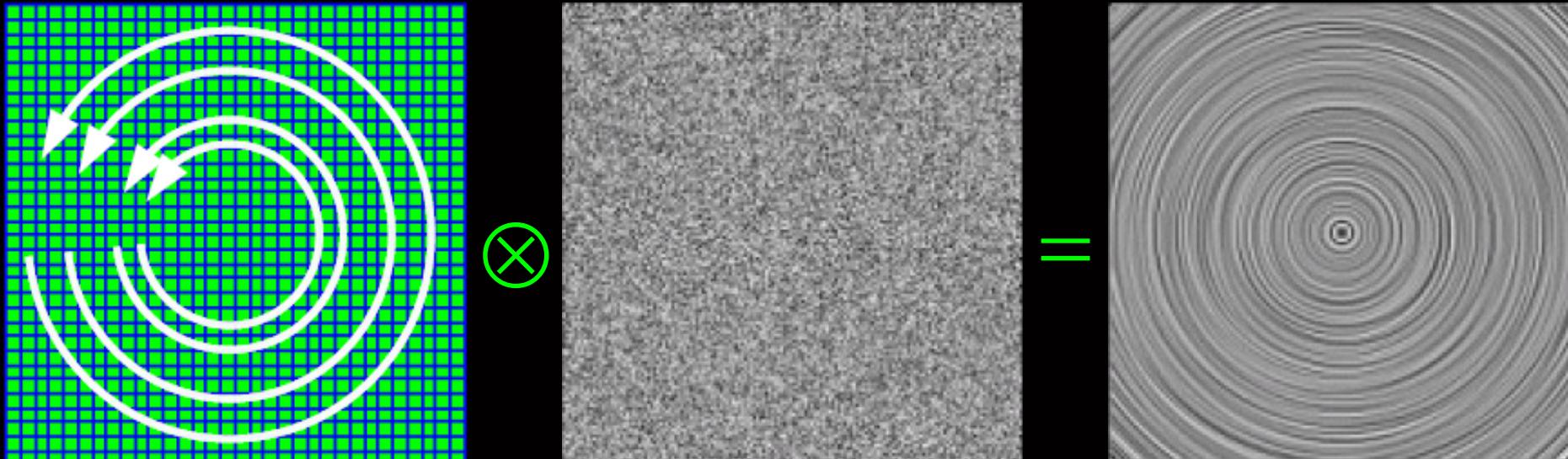
---

- Para esta modalidad, se utiliza el VDV para visualizar un flujo al hacer un mapeo del arremolinamiento a colores.



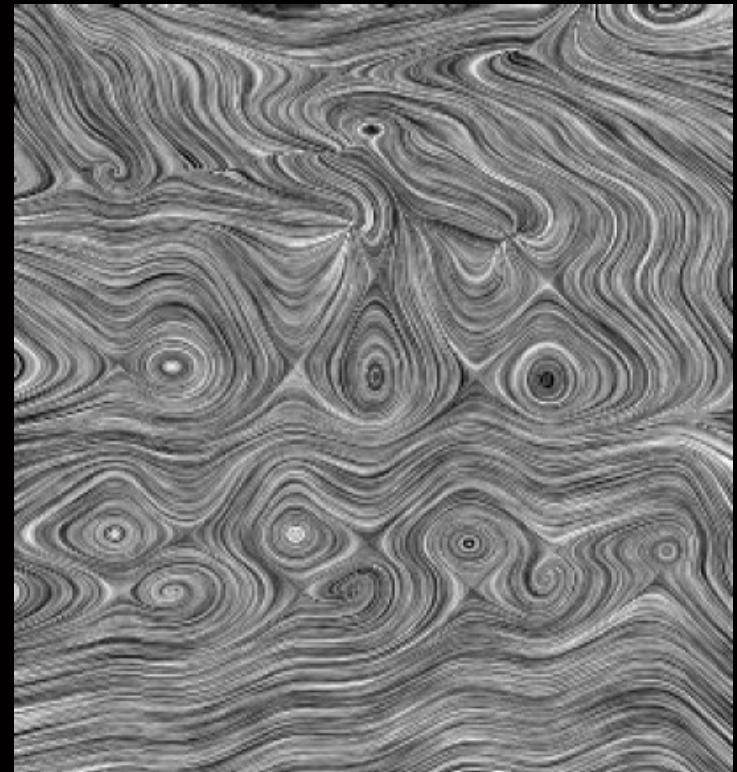
# Convolución de Integral de Línea (2D)

- Se utiliza un operador local para crear la imagen.
- Dicho operador local depende del valor local del campo vectorial.
- La imagen inicial no posee estructura (e.g., ruido blanco).



# Convolución de Integral de Línea

- La idea original es usar un campo vectorial, una textura de ruido blanco y un kernel para crear la visualización.
- La textura es convolucionada (o correlacionada) a lo largo de las trayectorias de las líneas de flujo usando un kernel para crear una visualización densa del campo de fluido.

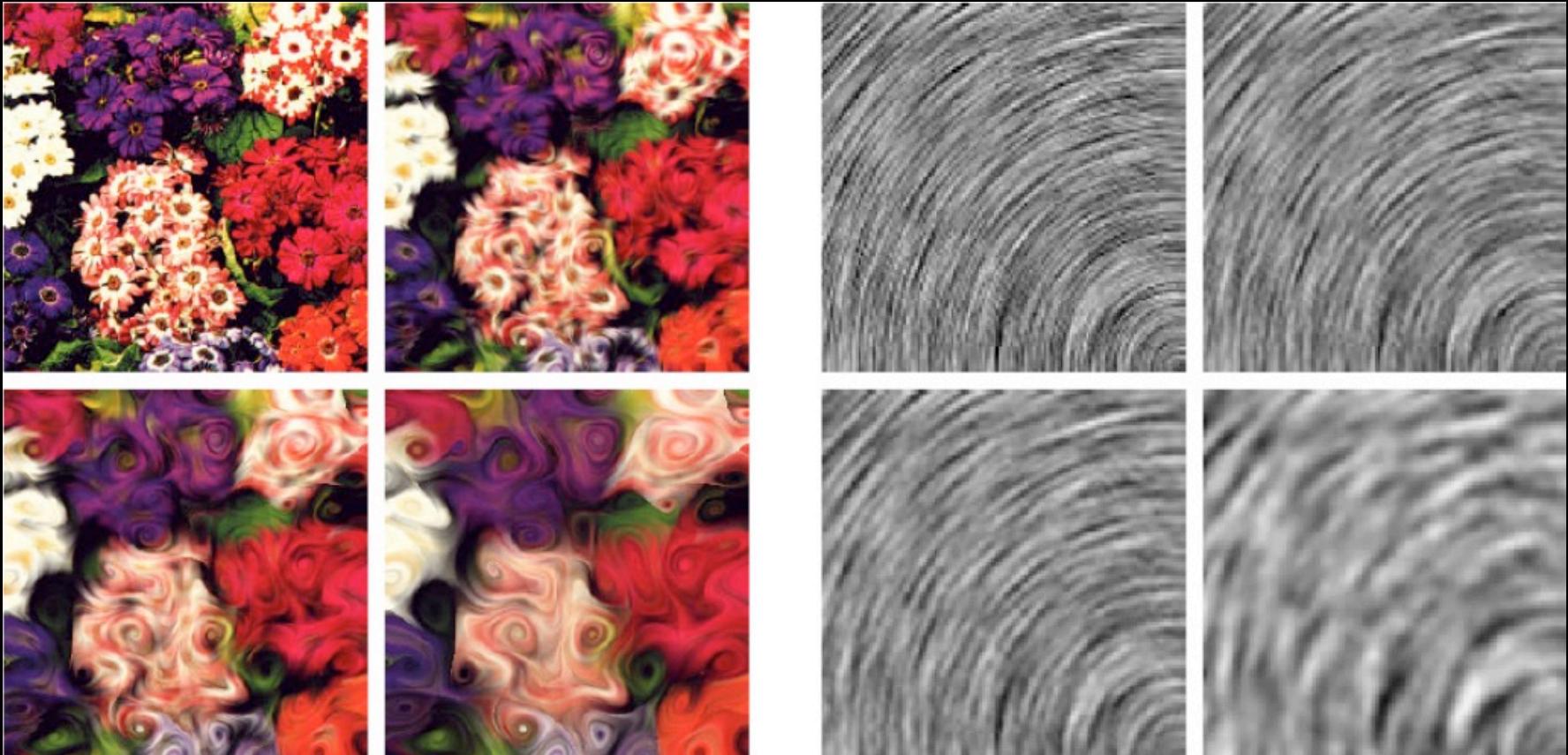


$L$  Longitud  
del kernel

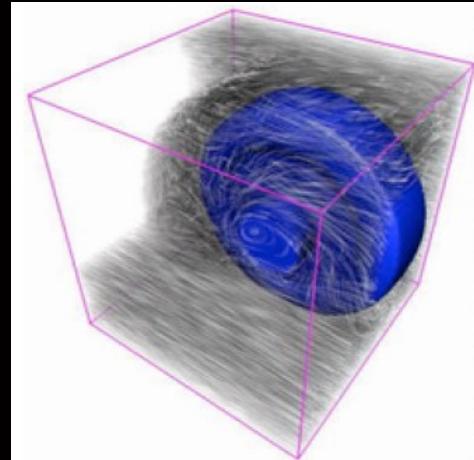
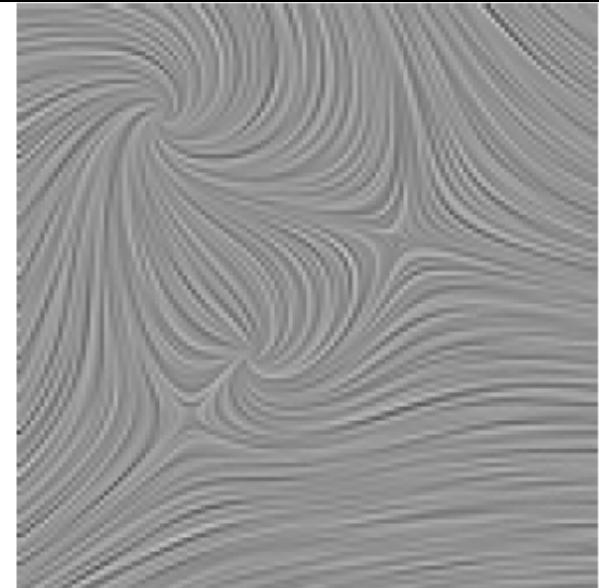
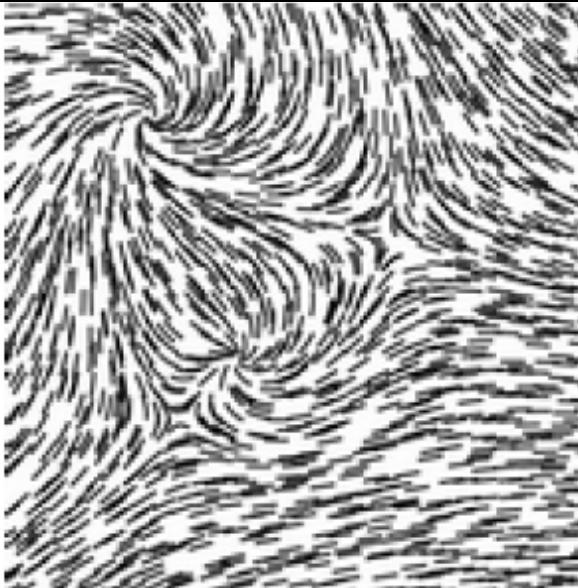
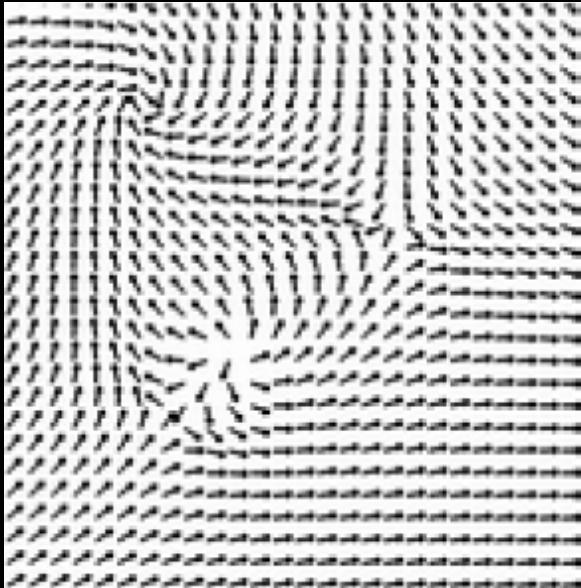
$$I(x_0) = \int_{s_0-L/2}^{s_0+L/2} k(s - s_0) T(\sigma(s)) ds$$

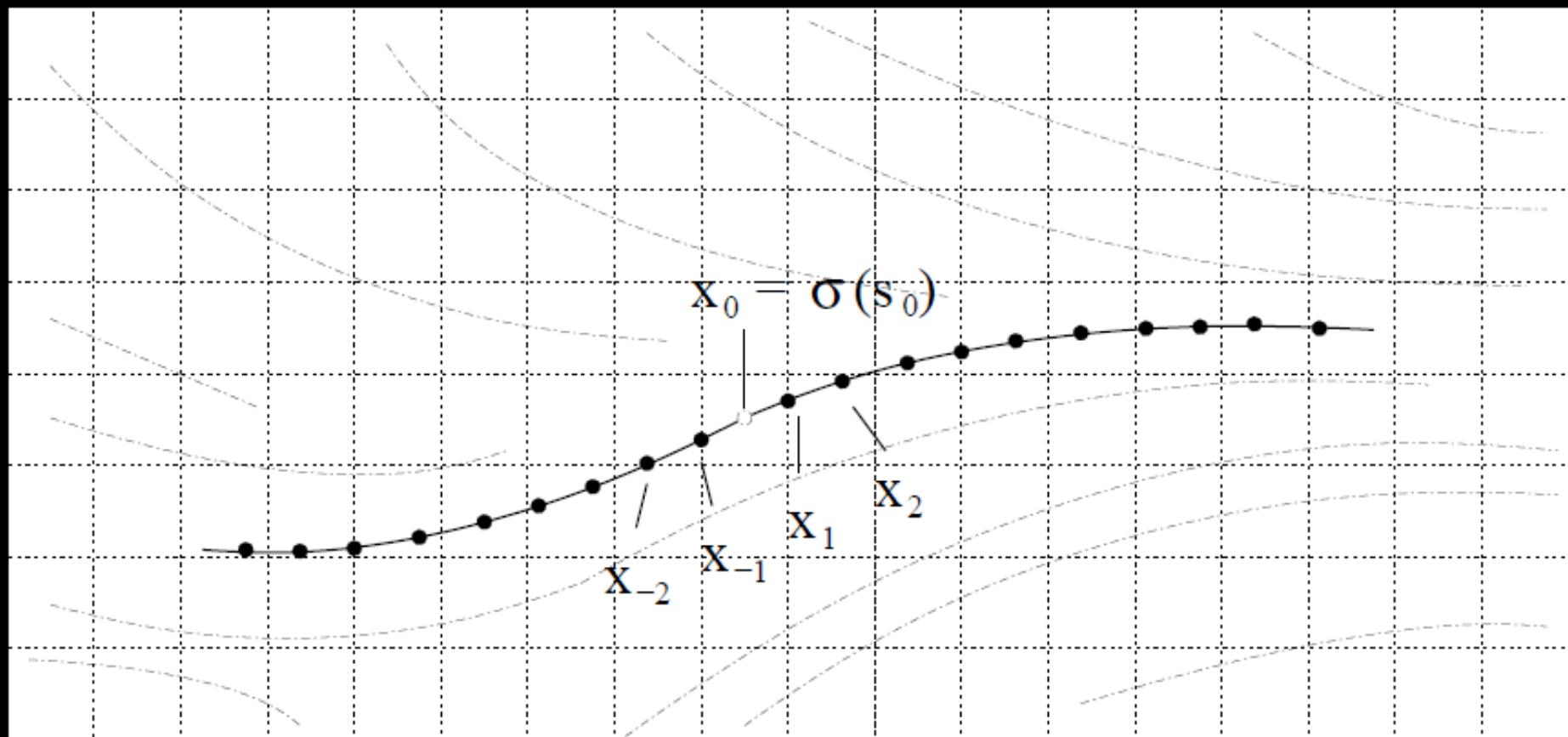
$\sigma$  streamline  
 $I$  Intensidad  
 $T$  textura  
 $k$  kernel

# Ejemplos Gráficos en 2D

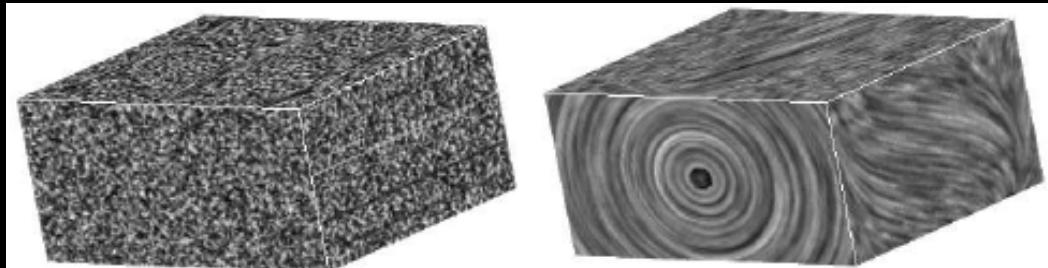


# Diferentes Métodos

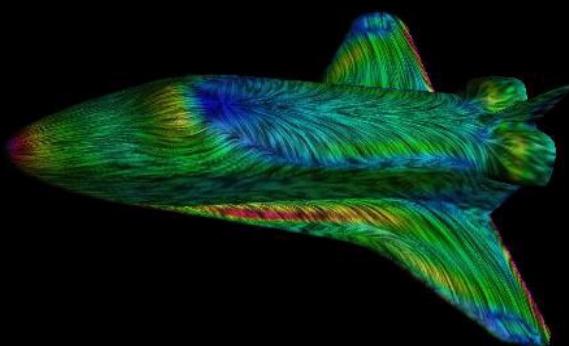




# LIC Volumétrico



Se pierden los detalles internos



Otras  
soluciones  
incluyen  
zonas de  
interés,  
planos de  
corte o  
semillas.

