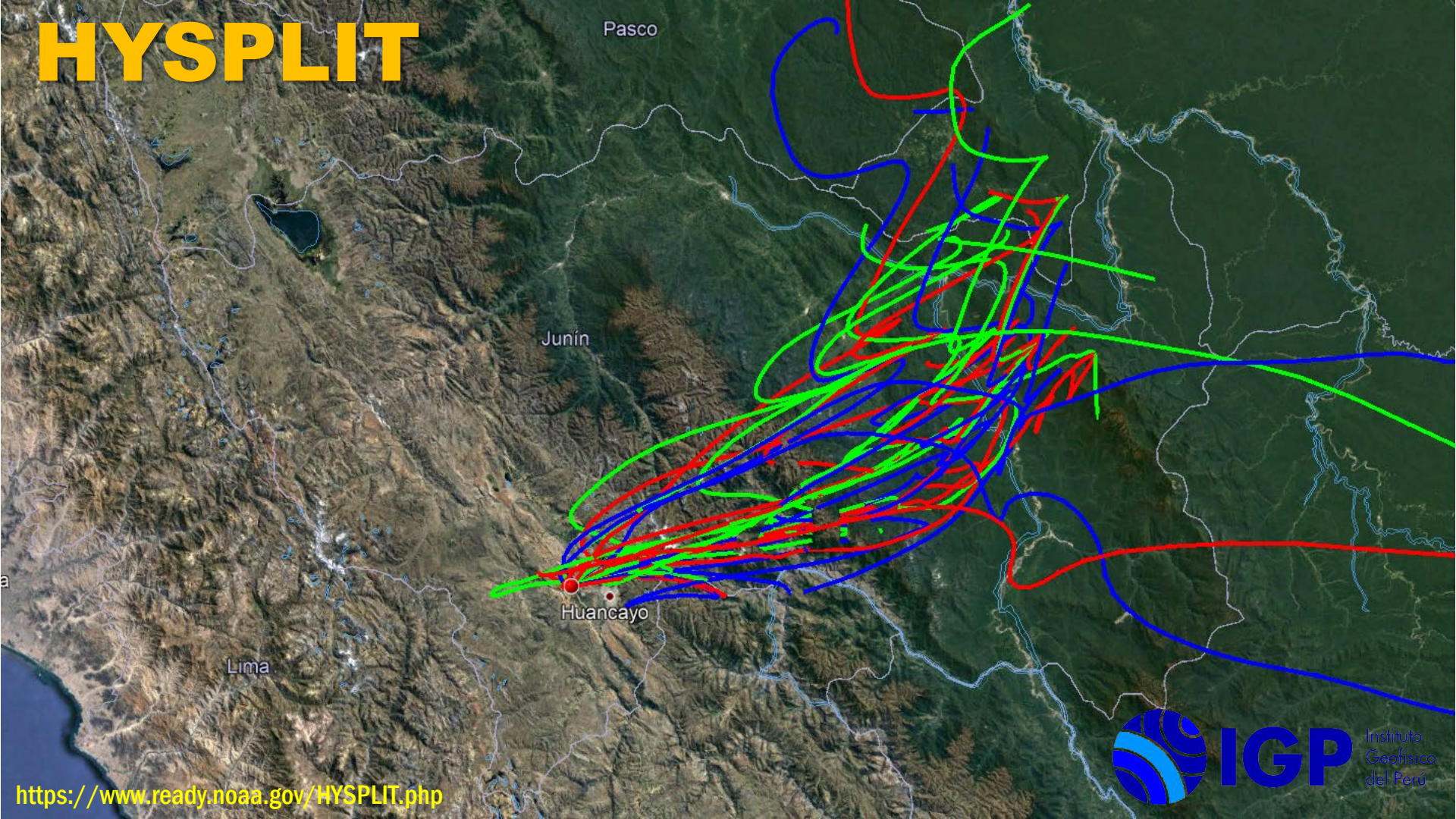


HYSPLIT



Fluido

- Fluido es el movimiento de un determinado **volumen** en una **dirección** dada.
- Un fluido es un **medio continuo** formado por alguna sustancia entre cuyas partículas hay una fuerza de atracción débil.
- Los fluidos pueden cambiar de forma sin que aparezcan en su seno fuerzas restitutivas, tendentes a recuperar la forma "**original**" (lo cual constituye la principal diferencia con un sólido deformable, donde sí hay fuerzas restitutivas).
- En el cambio de forma de un fluido la posición que toman sus moléculas varía, ante una fuerza aplicada sobre ellos, pues justamente **fluyen**.
- Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja, manteniendo su propio volumen, mientras que los gases carecen tanto de volumen como de forma propias.
- Las moléculas no cohesionadas se deslizan en los líquidos y se mueven con libertad en los gases.
- Los fluidos están conformados por los líquidos y los gases, siendo los segundos mucho menos **viscosos** (casi fluidos ideales).

Viscosidad

La viscosidad es la propiedad del fluido en virtud de la cual, éste ofrece resistencia al movimiento.

-Fluidos muy viscosos: melaza y alquitrán.

-Fluidos poco viscosos: agua y aire.

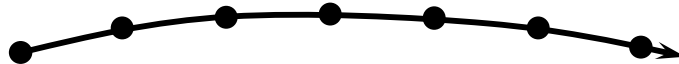
- La viscosidad de un gas aumenta con la temperatura, mientras que la de un líquido disminuye con la temperatura.
- La resistencia de un fluido depende de las fuerzas de cohesión y del grado de transferencia de cantidades de movimiento de sus moléculas.
- En un líquido la cohesión es la responsable de la viscosidad, como la cohesión disminuye con la temperatura a la viscosidad le sucederá lo mismo.
- Mientras que en el gas la viscosidad es resultado de la transferencia de cantidades de movimientos moleculares.

Fluido perfecto

- Se denominan **fluidos perfectos o ideales** a los que resultan absolutamente incompresibles y absolutamente no viscosos.
- Un fluido **no viscoso** es la sustancia fluida que no puede ejercer esfuerzo lateral alguno.
- **No se adhieren** a las superficies de los sólidos inmersos en él.
- El fluido perfecto es la aproximación más simple al **fluido real**.

Algunos conceptos

- Cuando se habla del desplazamiento de una **partícula de fluido**, no es el movimiento de una molécula aislada, sino el de un elemento de volumen que contiene un gran número de moléculas.
- Se denomina **línea de flujo** a la trayectoria seguida por un elemento de fluido móvil.
- La velocidad de un elemento varía tanto en magnitud como en dirección a lo largo de su línea de flujo.
- Si cada elemento que pasa por un punto dado sigue la misma línea de flujo que los elementos anteriores, se dice que el fluido es **estacionario**.



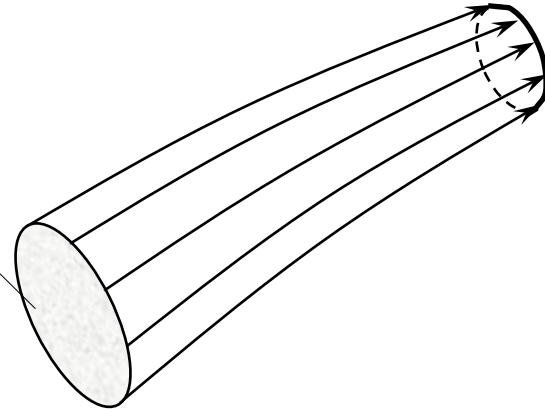
Algunos conceptos

Líneas de corriente

- Al iniciarse un flujo cualquiera, pasa por un estado no estacionario, pero en muchos casos se convierte en estacionario después que ha transcurrido cierto periodo de tiempo.
- La **línea de corriente** es una curva cuya tangente, en cualquier punto, tiene la dirección de la velocidad del fluido en dicho punto.



- Un **tubo de flujo** es el resultado de combinar las líneas de corriente que pasan por la periferia de un elemento de superficie.



Área de
Superficie

- Según la definición de línea de corriente, el fluido **no puede atravesar** las paredes de un tubo de flujo.
- En un flujo estacionario **no se produce mezcla** de los fluidos que circulan por diferentes tubos de flujo.

Líneas de corriente

- El fluido que entra por un extremo del tubo **debe salir** por el otro, como si fuera una tubería.
- Cuando la velocidad del fluido en un punto dado depende no solamente de la **posición** del punto sino también del **tiempo**, las líneas de corriente cambian de un instante a otro, por lo que instantáneas tomadas en diferentes momentos, revelarían diferentes sistemas de líneas de corriente.
- La suma de todas las líneas de corriente en un instante dado constituye el patrón de flujo en ese instante.
- La curva que una partícula determinada describe durante su movimiento es la **línea de trayectoria**.
- Las líneas de corriente muestran como se mueve cada partícula en un instante determinado.
- Las líneas de trayectoria muestran como una partícula dada se mueve en cada instante.
- Cuando el movimiento es estacionario, las líneas de corriente y la trayectoria coinciden.

Velocidad

Velocidad de una partícula de fluido:

$$\mathbf{q} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

Donde:

$\mathbf{r}$ = vector de posición $\mathbf{q} = \mathbf{q}(x, y, z)$

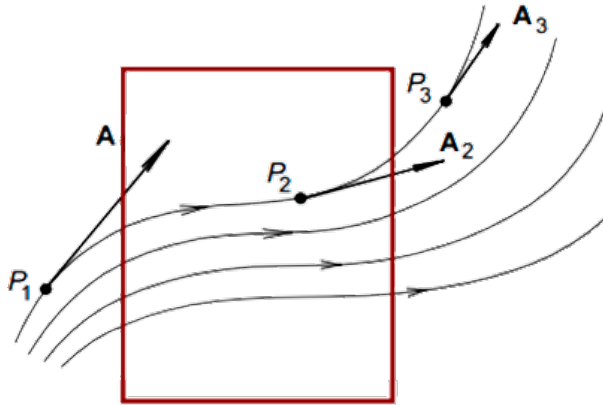
t = tiempo

Régimen estable y variable

- Cuando la velocidad del fluido en cualquier punto dado se conserva constante en el transcurso del tiempo, se dice que el movimiento del fluido es **uniforme**.
- Esto quiere decir que en un punto dado cualquiera de un flujo de régimen estable la velocidad de cada partícula de fluido que pasa es siempre la misma.
- En otro punto también se cumple esto, aunque la velocidad en ambos puntos puede ser diferente.
- Estas condiciones pueden ocurrir cuando la velocidad del flujo es reducida.
- En el flujo de régimen variable las velocidades son función del tiempo.

Enfoque Euleriano

- Este enfoque se interesa por lo que está ocurriendo en un cierto punto del espacio y en un cierto instante de tiempo, en lugar de preocuparse por lo que le ocurra a una determinada partícula fluida.
- Para el análisis de este enfoque se selecciona un punto en el espacio (x_o, y_o, z_o) y se describe el movimiento de la partícula que lo ocupa en los diferentes instantes (t) . Así el campo se escribirá $V=V(x_o, y_o, z_o, t)$ que es una función vectorial que indica cual es el valor de la velocidad en un punto fijo en el espacio (x_o, y_o, z_o) a medida que las partículas pasan por allí (t) .
- Esta función estará dando las componentes de la velocidad en ese punto en cada momento.



- Mediante este enfoque se puede determinar la velocidad, la presión, etc., de un fluido en función de las coordenadas de espacio y tiempo empleando las funciones:

$$V(x, y, z, t) \text{ o } P(x, y, z, t)$$

- Mediante esta expresión se puede determinar la velocidad o presión en cualquier lugar dentro del campo, en cualquier instante, sustituyendo simplemente los valores para x, y, z y t .



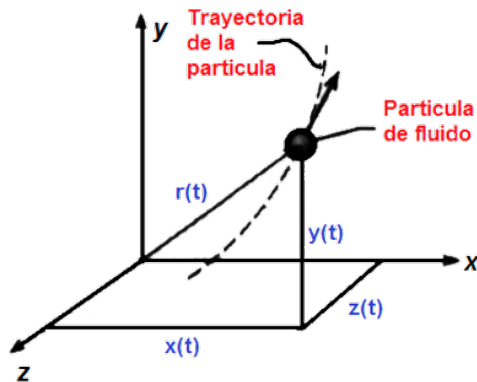
Leonard Euler (1707 - 1783)

Enfoque Lagrangiano

- En este enfoque el observador estudia una partícula siguiéndola a través de su movimiento en el flujo.
- Se trata entonces de identificar una pequeña masa de fluido en un flujo, denominada “partícula fluida”, y describir su movimiento todo el tiempo.
- Como la partícula está en movimiento su posición es una función del tiempo, y por consiguiente cada una de sus coordenadas es una función de la posición:

$$x = x(t); \quad y = y(t); \quad z = z(t)$$

- A lo largo del seguimiento de las partículas, x, y, z no son coordenadas fijas, sino que cambian con respecto al tiempo. La trayectoria de una partícula de fluido está dada entonces por un vector.



- Una vez posicionada la partícula en el espacio, en un instante dado, se puede indicar su velocidad en ese punto en ese instante.
- La velocidad del fluido se obtiene al derivar la función posición con respecto al tiempo.



Joseph-Louis Lagrange (1736 - 1813)

Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT)

El modelo Híbrido de Trayectoria Integrada Lagrangiana de una Partícula Simple, fue desarrollado en el Laboratorio de Recursos del Aire (ARL, Air Resources Laboratory's) perteneciente a la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration) de los Estados Unidos.

Este modelo fue desarrollado por Draxler y Hess en 1998, pero ha sido continuamente actualizado, por lo que se ha convertido en un sistema completo para calcular trayectorias de parcelas simples de aire, así como, para el transporte, dispersión, transformación química y simulaciones de deposición.

Este es uno de los modelos de dispersión y transporte atmosférico más utilizados en la comunidad de las ciencias atmosféricas.

Una de las aplicaciones más comunes de este modelo es el análisis de trayectorias inversas (retro-trayectorias) para determinar el origen de las masas de aire y establecer relaciones entre la fuente y el receptor.

El modelo también se ha utilizado en una variedad de simulaciones que describen el transporte atmosférico, la dispersión y la deposición de contaminantes y materiales peligrosos, incluyendo:

- seguimiento y predicción de la liberación de material radiactivo
- humo de incendios forestales
- polvo arrastrado por el viento
- contaminantes de diversas fuentes de emisión estacionarias y móviles

¿Por qué híbrido?

El método de cálculo del modelo es un híbrido entre el enfoque lagrangiano y el euleriano:

- **Lagrangiano:** utiliza un marco de referencia móvil para los cálculos de advección y difusión a medida que las trayectorias o parcelas de aire se mueven desde su ubicación inicial.
- **Euleriano:** utiliza una cuadrícula tridimensional fija, como un marco de referencia para calcular las concentraciones de contaminantes en el aire.

El modelo ha evolucionado a lo largo de más de 30 años, desde la estimación de trayectorias simplificadas basadas en observaciones de radiosondas hasta un sistema que representa múltiples contaminantes que interactúan y son transportados, dispersados y depositados, desde escalas locales hasta globales.

Advección

Convección

Es el movimiento vertical de las masas de aire, como consecuencia del calentamiento. Al calentarse una celda de aire esta se vuelve menos densa que el aire que la rodea y asciende.

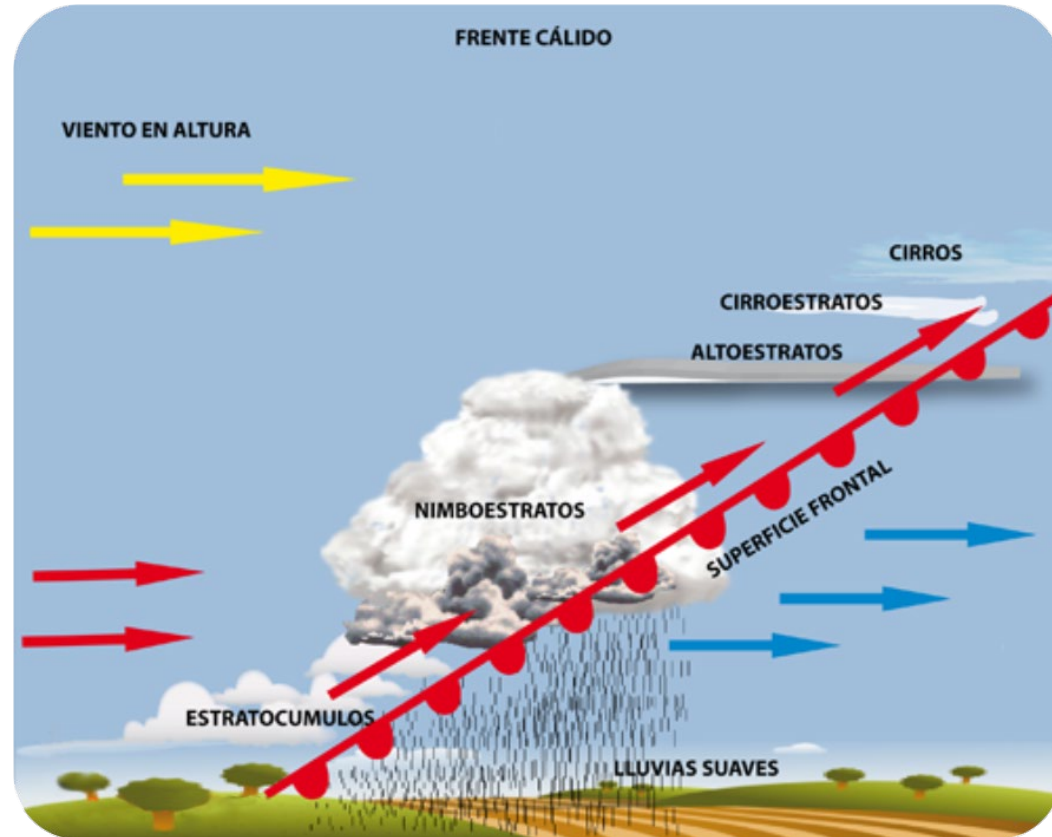
Advección

Los movimiento advectivos están relacionados, por lo general, con el desplazamiento de las masas de aire de forma horizontal.

¿Se pueden formar nubes por advección?

Advección: es la variación de un escalar, en un punto dado, por efecto de un campo vectorial.

En meteorología, la advección de un escalar (calor) por el viento (campo vectorial), depende de la intensidad del viento, del gradiente del escalar y del ángulo entre las direcciones de ambos vectores. La intensidad de la advección es directamente proporcional a estos factores.



Ecuación de trayectoria

La advección de una partícula o parcela de aire se calcula a partir del promedio de los vectores de velocidad tridimensionales en la posición inicial $P(t)$ y la posición de la primera aproximación $P'(t + \Delta t)$.

Los vectores de velocidad se interpolan linealmente tanto en el espacio como en el tiempo. La primera posición a pronosticar estará dada por la siguiente ecuación:

$$P'(t + \Delta t) = P(t) + V(P, t) \cdot \Delta t$$

La posición final será:

$$P(t + \Delta t) = P(t) + 0.5[V(P, t) + V(P', t + \Delta t)] \cdot \Delta t$$

El paso de tiempo de integración (Δt) puede variar durante la simulación.

Los cálculos se realizan teniendo en cuenta que la distancia de advección, por paso de tiempo, debe ser menor que el espaciado de la cuadrícula.

Ecuación de trayectoria

En la horizontal, la integración del vector de posición se realiza en unidades de cuadrícula, mientras que en la vertical, se utiliza un Sistema de Coordenadas Sigma normalizado, donde sigma se define por:

$$\sigma = \frac{(Z_{top} - Z_{nmm})}{(Z_{top} - Z_{ns})}$$

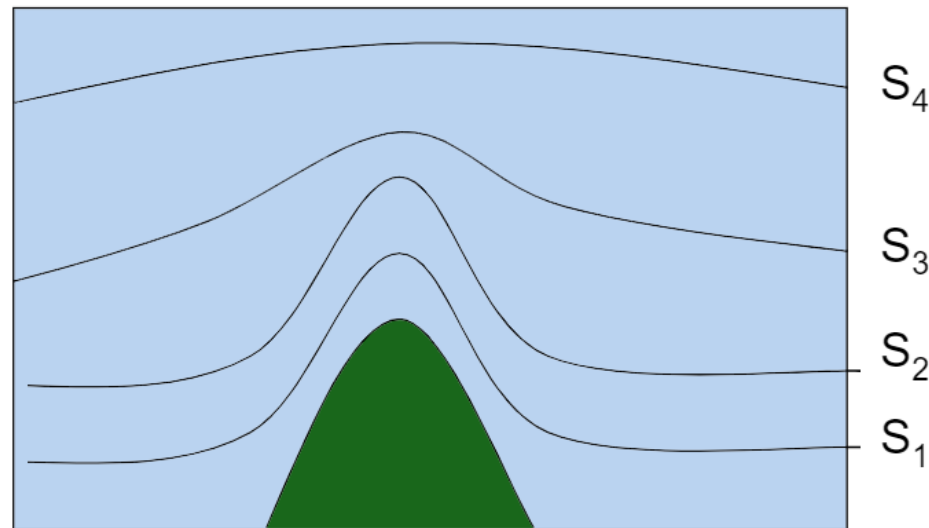
Donde:

Z_{nmm} : altura al nivel medio del mar

Z_{ns} : altura del nivel del suelo

Z_{top} : define la altura de escala de la parte superior del modelo, altura a la cual las superficies internas sigma se vuelven planas en relación con el terreno

Sistema de Coordenadas Sigma



Movimiento vertical

Los campos de salida de los modelos meteorológicos generalmente no pueden ser utilizados directamente por el modelo, principalmente porque los datos pueden haber sido interpolados a una variedad de diferentes sistemas de coordenadas verticales antes de la salida.

La ecuación anterior permite mantener un mayor grado de flexibilidad dentro de la estructura del modelo de dispersión, es decir, la capacidad de utilizar diferentes fuentes de datos meteorológicos para la entrada.

Los perfiles meteorológicos en cada punto de la cuadrícula horizontal se interpolan linealmente a un sistema de coordenadas de seguimiento del terreno (σ) del modelo de dispersión interno.

Entonces todas las alturas se expresan en relación con el nivel medio del mar y Z_{top} es la parte superior del sistema de coordenadas del modelo de dispersión.

Los datos meteorológicos de entrada normalmente contienen un campo de movimiento vertical, generalmente en unidades de presión. Independientemente del sistema de coordenadas verticales que proporcionen estos datos de entrada, el campo de velocidad vertical casi siempre es relativo a la coordenada σ nativa del modelo meteorológico que sigue el terreno.

Los cálculos del modelo de trayectoria y dispersión pueden utilizar estos campos de datos directamente porque el sistema de coordenadas interno del modelo siempre será el seguimiento del terreno independientemente de la forma de los datos de entrada.

Movimiento vertical

Cuando faltan los campos de movimiento vertical, o tal vez hay algunas condiciones especiales requeridas a la hora de realizar la simulación, el modelo puede reemplazar estos campos con una velocidad vertical calculada internamente, basada en el supuesto de que la parcela se transporta en algún otro tipo de superficie.



[ARL Home](#) > [READY](#) > [Transport & Dispersion Modeling](#) > [HYSPLIT](#) > [HYSPLIT Trajectory Model](#)



Model Run Details

[Request trajectory](#)

The archived data file (GDAS1) has data beginning at [11/ 8/20 0000 UTC](#).

Model Parameters

Trajectory direction:

- ☒ Forward
☐ Backward (Change the default start time!)

[More info](#) ►

Vertical Motion:

- ☒ Model vertical velocity
☐ Isobaric
☐ Isentropic

[More info](#) ►

Para la mayoría de las simulaciones, se recomienda utilizar: “Model vertical motion” (Modelo de Velocidad Vertical) predeterminado, que utilizará el campo de velocidad vertical de los datos meteorológicos.

Otras opciones:

- Isobárico (superficie de presión constante)
- Isentrópico (superficie de temperatura potencial constante)

Bases de datos meteorológicas (entrada)

Meteorology:

Source Location (enter using **one** of the following)

GDAS (1 degree, global, 2006-present) ✓

GDAS (1 degree, global, 2006-present)

GFS (0.25 degree, global, 06/2019-present)

GDAS (0.5 degree, global, 09/2007-06/2019)

NAM 12km (pressure, U.S., 05/2007-present)

HRRR 3km (sigma, U.S., 06/2019-present)

HRRRV1 3km (sigma, U.S., 06/2015-07/2019)

NAM 12km (hybrid sigma-pressure, U.S., 03/2010-present)

NARR 32km (N.A., 1979-2019)

EDAS 40km (U.S., 2004-present)

EDAS 80km (U.S., 1997-2004)

NGM (N.A., 1991-1997)

REANALYSIS (global, 1948-present)

WRF 27km (U.S., 1980-present)

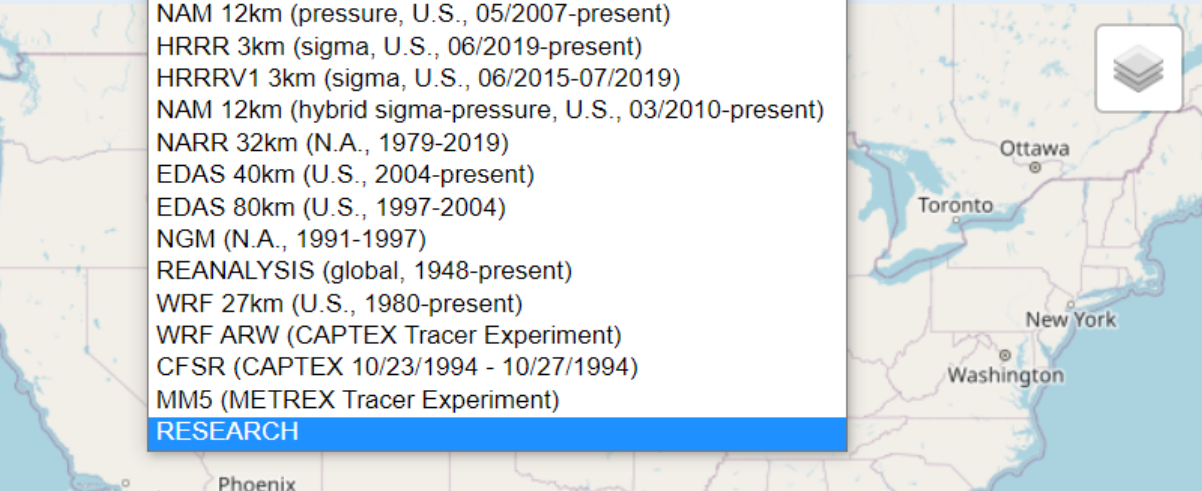
WRF ARW (CAPTEX Tracer Experiment)

CFSR (CAPTEX 10/23/1994 - 10/27/1994)

MM5 (METREX Tracer Experiment)

RESEARCH

[More info](#)



Los más comúnmente utilizados: **GDAS, GFS, REANALYSIS**

GDAS

El Centro Nacional de Predicción Ambiental (NCEP, National Centers for Environmental Prediction) perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional de EEUU, realizan una serie de análisis y pronósticos por computadora de manera operativa.

Uno de los sistemas operativos es el GDAS (Global Data Assimilation System).

En el Laboratorio de Recursos del Aire (ARL) de la NOAA, los resultados del modelo NCEP se utilizan para el transporte en temas de calidad del aire y el modelado de la dispersión de contaminantes.

Estos archivos contienen campos básicos como los componentes de viento u y v , temperatura y humedad.

Reanálisis NCEP/NCAR

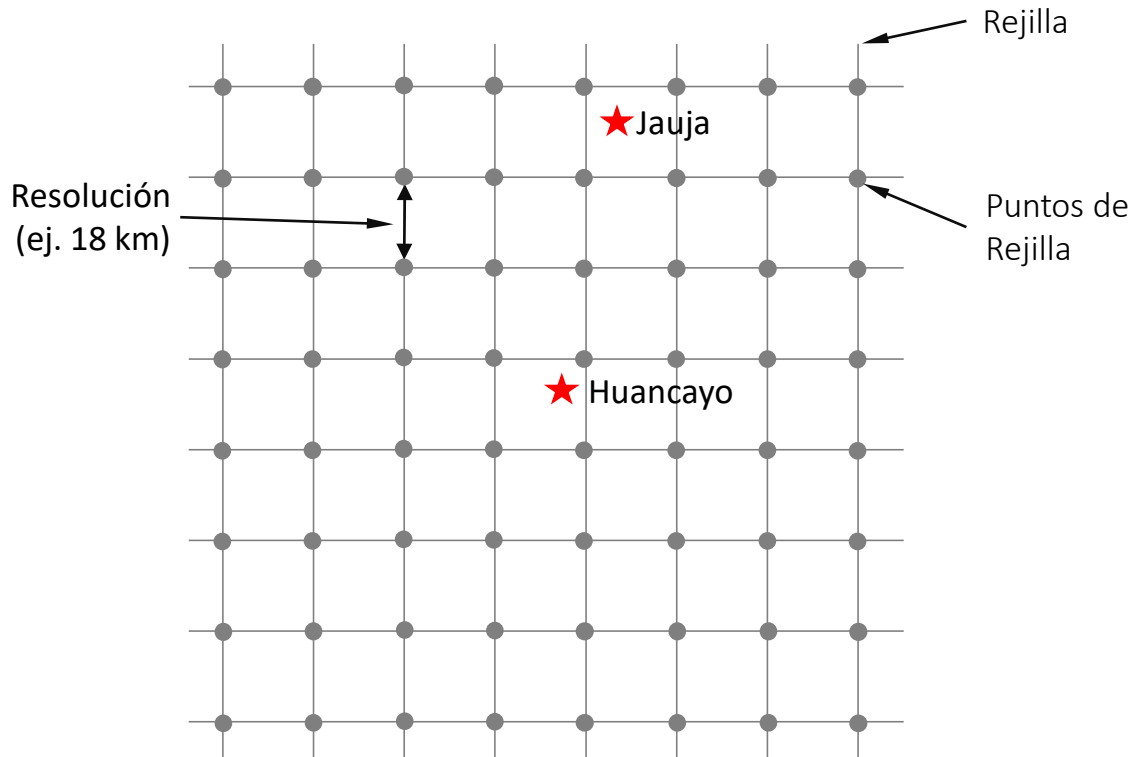
A través de una variedad de métodos, las observaciones de varios instrumentos se suman en una cuadrícula de datos espaciada regularmente.

Al colocar todas las observaciones realizadas por una gran variedad de instrumentos, en una cuadrícula espaciada regularmente, se facilita la comparación de las observaciones reales con otros conjuntos de datos grillados.

Además de poner las observaciones en una cuadrícula, el reanálisis también mantiene constante el modelo de cuadrícula (no cambia la programación), lo que mantiene el registro histórico libre de la influencia de factores artificiales.

El reanálisis ayuda a garantizar la igualdad de condiciones para todos los instrumentos a lo largo del registro histórico.

Ejemplo de rejilla de datos meteorológicos



GFS

El Sistema de Pronóstico Global (GFS, Global Forecast System) es un modelo de pronóstico del tiempo producido por los Centros Nacionales de Predicción Ambiental (NCEP).

A través de este conjunto de datos, están disponibles docenas de variables atmosféricas y terrestres, desde temperaturas, vientos y precipitación hasta humedad del suelo y concentración de ozono atmosférico.

El GFS cubre todo el mundo con una resolución horizontal base de 28 kilómetros entre puntos de la rejilla.

Esta información es utilizada por los pronosticadores operativos que predicen el tiempo hasta 16 días hacia delante.

Para pronósticos entre una y dos semanas, la resolución horizontal es de 70 kilómetros entre los puntos de la rejilla.

