

Modelo WRF

Marzo 2025



Contenido

1 Mesoescala

2 WRF

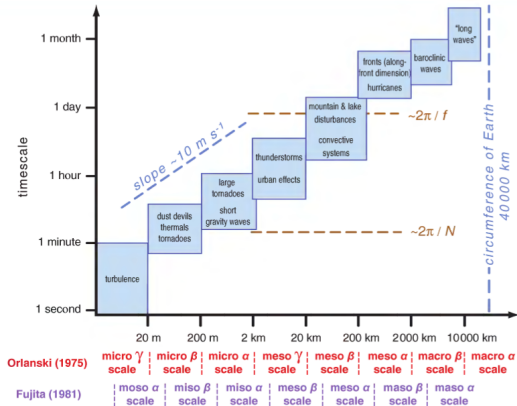
Modelos numéricos de mesoescala



Guia de uso:

<https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/>

Mesoescala



Variable vertical

El uso de coordenadas verticales de presión simplifican el análisis y la modelización de los procesos atmosféricos, especialmente porque la presión es una variable clave que está directamente relacionada con la distribución de masa y energía en la atmósfera. La presión atmosférica (peso de columna de aire) proporcionan una representación natural de la distribución vertical de la masa atmosférica. Las ecuaciones se simplifican. **Aunque las coordenadas de presión son muy útiles, la presión cerca de la superficie varía con la elevación.**

Variable vertical η

Las **coordenadas verticales** η son un sistema de coordenadas utilizado para representar la dimensión vertical de la atmósfera. Estas coordenadas son especialmente útiles porque permiten adaptarse a la topografía del terreno y simplifican la resolución de las ecuaciones dinámicas de la atmósfera. Las coordenadas η son un sistema de coordenadas verticales **terreno-seguido** (terrain-following). Se definen de manera que:

- En la superficie terrestre, $\eta = 1$.
- En el tope de la atmósfera, $\eta = 0$.

Matemáticamente, la coordenada η se expresa como:

$$\eta = \frac{p - p_{\text{top}}}{p_{\text{sup}} - p_{\text{top}}},$$

donde:

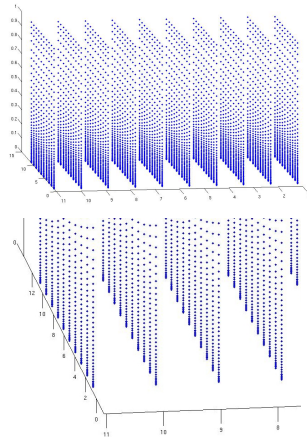
- p : Presión atmosférica en un punto dado.
- p_{sup} : Presión en la superficie terrestre.
- p_{top} : Presión en el tope de la atmósfera.

En este sistema, η varía entre 1 (superficie) y 0 (tope de la atmósfera).

Grilla vertical η



$$\eta = \frac{p - p_{top}}{p_{sup} - p_{top}}$$



Grilla vertical η

Las ecuaciones primitivas de la atmósfera (Navier-Stokes para fluidos geofísicos) se simplifican en coordenadas η , ya que la superficie de $\eta = \text{constante}$ coincide con superficies de presión constante.

La ecuación de continuidad en coordenadas η se expresa como:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial p}{\partial \eta} \right) + \nabla \cdot \left(\mathbf{v} \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\dot{\eta} \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) = 0,$$

donde:

- $\mathbf{v}$: Velocidad horizontal.
- $\dot{\eta}$: Velocidad vertical en coordenadas η .

La ecuación de movimiento horizontal en coordenadas η :

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} + \dot{\eta} \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial \eta} = -\nabla \Phi - f \mathbf{k} \times \mathbf{v} + \mathbf{F},$$

donde:

- Φ : Geopotencial.
- f : Parámetro de Coriolis.
- $\mathbf{F}$: Términos de fricción o forzamiento.

La ecuación hidrostática en coordenadas η :

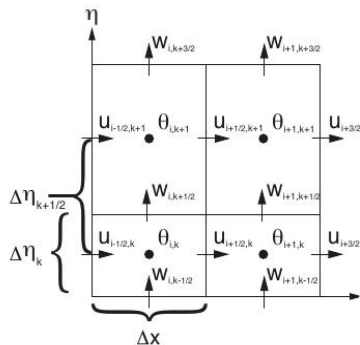
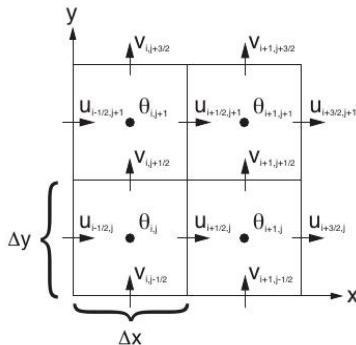
$$\frac{\partial \Phi}{\partial \eta} = -\frac{RT}{\eta} \frac{\partial p}{\partial \eta},$$

donde:

- R : Constante de los gases ideales.
- T : Temperatura.

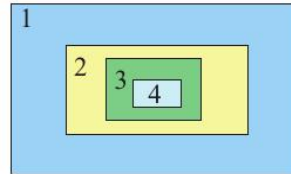
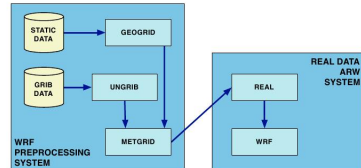
Grilla Horizontal

La grilla C, las componentes de la velocidad (u y v) se ubican en los bordes de las celdas de la malla. Las variables escalares (como presión P o temperatura T) se ubican en el centro de las celdas. Esta disposición permite una representación precisa de los flujos y gradientes en las ecuaciones dinámicas.



Modulos

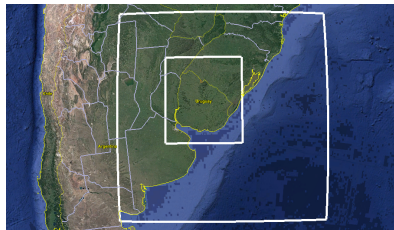
- GEOGRID se define el tamaño y ubicación de las grillas. El programa, adquiere la información geográfica de base.
- UNGRIB determina el formato en el cual se leen y escriben los archivos GRIB o GRIB2.
- METGRID realiza una interpolación en el plano horizontal de la información de las variables meteorológicas.
- REAL ajusta las condiciones de frontera en función del paso temporal definido, y los niveles de discretización vertical.
- WRF es el modelo numérico, en si mismo.
- Posibilidad de anidamiento del modelo. Cada nueva simulación se vincula con la información generada por el dominio padre.



GEOGRID

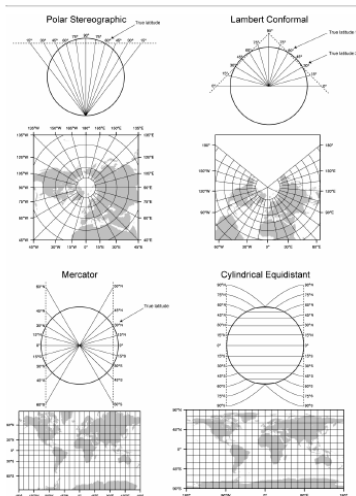
- GEOGRID se define el tamaño y ubicación de las grillas.
- Adquiere la topografía, así como de uso del suelo e interpola.

Value	USGS Label
1	Urban and Built-Up Land
2	Dryland Cropland and Pasture
3	Irrigated Cropland and Pasture
4	Mixed Dryland/Irrigated Cropland and Pasture
5	Cropland/Grassland Mosaic
6	Cropland/Woodland Mosaic
7	Grassland
8	Shrubland
9	Mixed Shrubland/Grassland
10	Savanna
11	Deciduous Broadleaf Forest
12	Deciduous Needleleaf Forest
13	Evergreen Broadleaf Forest
14	Evergreen Needleleaf Forest
15	Mixed Forest
16	Water Bodies
17	Herbaceous Wetland
18	Wooded Wetland
19	Barren or Sparsely Vegetated
20	Herbaceous Tundra
21	Wooded Tundra
22	Mixed Tundra
23	Bare Ground Tundra
24	Snow or Ice



GEOGRID

- GEOGRID se define el tamaño y ubicación de las grillas.
- Adquiere la topografía, así como de uso del suelo e interpola.

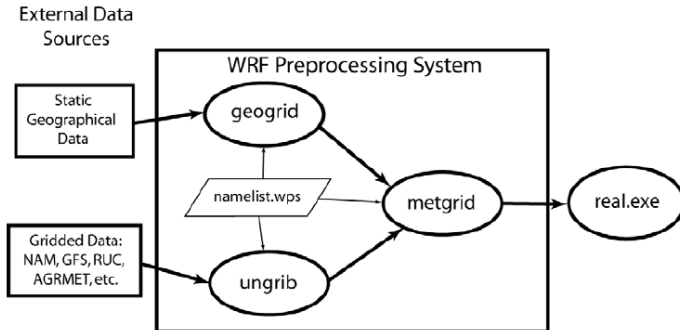


Datos de modelo de circulación general

> ln -s ungrib/Variable_Tables/Vtable.GFS Vtable

metgrid Name	metgrid Units	metgrid Description
TT	K	Temperature
UU	m s-1	U
VV	m s-1	V
RH	%	Relative Humidity
HGT	m	Height
TT	K	Temperature at 2 m
RH	%	Relative Humidity at 2 m
UU	m s-1	U at 10 m
VV	m s-1	V at 10 m
PSFC	Pa	Surface Pressure
PMSL	Pa	Sea-level Pressure
SM000010	kg m-3	Soil Moist 0-10 cm below grn layer (Up)
SM010040	kg m-3	Soil Moist 10-40 cm below grn layer
SM040100	kg m-3	Soil Moist 40-100 cm below grn layer
SM100200	kg m-3	Soil Moist 100-200 cm below gr layer
SM010200	kg m-3	Soil Moist 10-200 cm below gr layer
ST000010	K	T 0-10 cm below ground layer (Upper)
ST010040	K	T 10-40 cm below ground layer (Upper)
ST040100	K	T 40-100 cm below ground layer (Upper)
ST100200	K	T 100-200 cm below ground layer (Bottom)
ST010200	K	T 10-200 cm below ground layer (Bottom)
SEAICE	proprtn	Ice flag
LANDSEA	proprtn	Land/Sea flag (1=land, 0 or 2=sea)
S0ILHGT	m	Terrain field of source analysis
SKINTEMP	K	Skin temperature (can use for SST also)
SNOW	kg m-2	Water equivalent snow depth
S0ILCAT	Tab4.213	Dominant soil type cat. (not in GFS file)
VEGCAT	Tab4.212	Dominant land use cat. (not in GFS file)

Datos de modelo de circulación general



WPS Dominio

- namelist.wps es la interfase de WPS

```
6share
wrf_core = 'ARW',
max_dom = 3,
start_date = '2019-11-01_00:00:00', '2019-11-01_00:00:00', '2019-11-01_00:00:00',
end_date   = '2019-11-03_00:00:00', '2019-11-03_00:00:00', '2019-11-03_00:00:00',
interval_seconds = 10800
io_form_geogrid = 2,
/

6geogrid
parent_id      = 1,1,2,
parent_grid_ratio = 1,3,3,
i_parent_start  = 1,23,26,
j_parent_start  = 1,34,23,
e_we           = 101,106,181,
e_sn           = 101,103,184,
geog_data_res  = '30s','30s','30s',
dx = 30000,
dy = 30000,
map_proj = 'lambert',
ref_lat  = -32.832,
ref_lon  = -52.724,
truelat1 = -32.832,
truelat2 = -32.832,
stand_lon = -52.724,
geog_data_path = '/clusteruy/home02/mesoescala/geog2019/WPS_GEOG'
/

6sungrib
out_format = 'WPS',
prefix = 'FILE',
/

6metgrid
fg_name = 'FILE'
io_form_metgrid = 2,
```

WRF

https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/namelist_best_prac_wrf.html

- namelist.input es la interfase de WRF

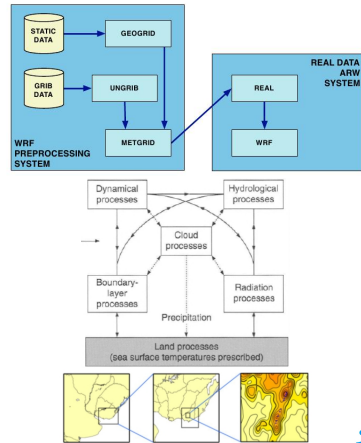
```
@time_control
run_days           = 1,
run_hours          = 00,
run_minutes        = 0,
run_seconds        = 0,
start_year         = 2020, 2020, 2020, 2020,
start_month        = 01, 01, 01, 01,
start_day          = 01, 01, 01, 01,
start_hour         = 00, 00, 00, 00, 00,
start_minute       = 00, 00, 00, 00, 00,
start_second       = 00, 00, 00, 00, 00,
end_year           = 2020, 2020, 2020, 2020,
end_month          = 01, 02, 02, 02,
end_day            = 02, 01, 01, 01,
end_hour           = 00, 00, 00, 00, 00,
end_minute         = 00, 00, 00, 00, 00,
end_second         = 00, 00, 00, 00, 00,
interval_seconds   = 18000
input_from_file    = .true., .true., .true., .true., .true.,
history_interval   = 60, 60, 60, 60,
frames_per_outfile = 24, 24, 24, 61, 01,
restart            = .false.,
restart_interval   = 5000,
io_form_history    = 2
io_form_restart    = 2
io_form_input      = 2
io_form_boundary   = 2
debug_level        = 0
/

&domains
time_step          = 222,
time_step_fract_num = 0,
time_step_fract_den = 1,
max_dum            = 1,
e_we               = 101, 61, 85, 64, 130, 40
e_sn               = 101, 46, 61, 52, 67, 40
e_vert             = 40, 33, 33, 54, 54,
p_top_requested    = 5000,
num_metgrid_levels = 34,
num_metgrid_soil_levels = 4,
dx                 = 37000, 10000, 3333.33, 2000, 2000,
dy                 = 37000, 10000, 3333.33, 2000, 2000,
```


Interacción Esquemas Numéricos

https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/physics/phys_references.html

		Rad	MP	CP	PBL	Sfc
Atmospheric	Momentum			i	io	
State or	Pot. Temp.	io	io	io	io	
Tendencies	Water Vapor	i	io	io	io	
	Cloud	i	io	o	io	
	Precip	i	io	o		
Surface	Longwave Up	i				o
Fluxes	Longwave Down	o				i
	Shortwave Up	i				o
	Shortwave Down	o				i
	Sfc Convective Rain			o		i
	Sfc Resolved Rain		o			i
	Heat Flux				i	o
	Moisture Flux				i	o
	Surface Stress				i	o



WRF

Geogrid (`geogrid.exe`)

Desarrollo del dominio de las grillas anidadas
en este ejemplo se crean: `geo_em.d01.nc`

Se cambia unicamente si el dominio se cambia

Ungrib (`ungrib.exe`)

Vincula los datos de los modelos de circulación general los formatos son GRIB1 & GRIB2

Requiere vincular con las variables de origen que describen la información del modelo de circulación general ("Vtable"), de modo de traducir la información

En este ejemplo: crea un conjunto de archivos `FILE: *`

Metgrid (`metgrid.exe`)

Interpola los datos de variables atmosféricas en el modelo WRF (grilla horizontal) en esta demostración crea un archivo `met_em.d01. *`

Real (`real.exe`)

se encuentra compilado en la carpeta `em_real` crea las condiciones iniciales y de contorno así como la interpolación vertical definida en el `namelist.input` en esta demostración crea los archivos `wrfinput_d01` and `wrfbdy_d01`

WRF (`wrf.exe`)

se encuentra compilado en la carpeta `em_real` es el modelo numérico en si mismo las salidas del modelo son los archivos `wrfout_d01*`

Parametrizaciones

- **Microphysics - Micro física:** La composición de componentes determina las condiciones para el desarrollo de las nubes, todos estos procesos y su simulación se denomina en la jerga de los modelos de circulación atmosférica micro física.
- **Intercambio de calor con la superficie - Surface physics:** Modelos de intercambio de calor entre la atmósfera y la superficie terrestre.
- **Cumulus :** Desarrollo de cumulus para grillas mayores a 4 km de resolución horizontal.
- **Capa Limite Atmosférica - Planetary boundary layer physics:** Fuertemente vinculado con el transporte de humedad a capas altas, el perfil de velocidad en altura así como el ciclo diario queda determinado por el esquema de CLA.
- **Radiación - Atmospheric radiation physics:** Procesos de radiación tanto de onda corta como de onda larga

Variables

https://wiki.openwfm.org/wiki/How_to_interpret_WRF_variables

- La temperatura potencial Θ es una variable que representa la temperatura que una parcela de aire seco que tendría si fuera comprimida o expandida adiabáticamente hasta una presión de referencia P_0 (normalmente 1 bar). $\Theta = T_{parcela} \left(\frac{P_0}{P} \right)^{(R/C_P)}$
- En el modelo WRF la temperatura potencial es $300 + T$ siendo el valor resultante en Kelvin, y la presión se calcula como la suma de $P + PB$
- A partir de las variables calculadas por el modelo WRF se puede calcular la temperatura de la parcela de aire en grados celsius como

$$T_{parcela} = (300 + T) \left(\frac{P + PB}{100000} \right)^{(2/7)} - 273$$

