

# GEOMETRÍA AVANZADA

## CURSO ESFM-IPN

Arturo Delfín Loya

<https://arturodelfinloya.github.io/MCNP>

Agosto, 2016



instituto nacional de  
investigaciones nucleares



## Geometría Avanzada

- Universo y llenado
- 'like m but'
- Mallas y llenado

## Universo y Llenado

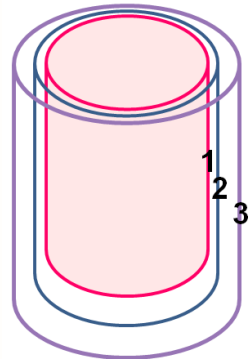
- ▶ **Una o más celdas pueden ser agrupadas juntas, una colección llamada un universo**
- ▶ **Un universo es tanto**
  - Una celda de malla O
  - Una colección de celdas estándar
- ▶ **desde  $u=\#$** 
  - Colocado en las tarjetas de celdas, después de la información de superficie
  - $\#$  puede ser un número,  $u=\#$ 's que no necesariamente deben ser secuenciales
  - $\#$  debe aparecer en un **fill**= entrada en otra tarjeta de celda
  - Todas las celdas con el mismo  $u = \#$  forman un universo que llena otra celda
- ▶ **Las celdas de un universo pueden ser finitas o infinitas, pero deben ser llenadas todas, del espacio interior de los contenedores de la celda que ellas llenan.**

- ▶ Las superficies de un universo PUEDE ser coincidente con la célula que se llenan. (Pero, evitar esto si puede)
- ▶ Barras de combustible de un reactor con gap y encamisado, rodeada por el moderador infinito

c	Celdas					
10	110	0.069256	-1	u=9	\$ combustible	
20	0		1 -2	u=9	\$ gap	
30	120	0.042910	2 -3	u=9	\$ encamisado	
40	130	0.100059	3	u=9	\$ agua, infinito	

c	Superficies					
1	rcc	0. 0. 0.	0. 0. 360.	0.43	\$ combustible	
2	rcc	0. 0. 0.	0. 0. 360.	0.44	\$ gap	
3	rcc	0. 0. 0.	0. 0. 360.	0.49	\$ encamisado	



- ▶ El universo 9, consiste de las celdas 10, 20, 30 y 40, correspondiente al combustible, gap, encamisado y agua
- ▶ Note que la celda 40 es infinita
- ▶ El universo 9, puede ser usado para llenar "fill" otra celda (celda contenedor), o para crear una malla de barras de combustible
- ▶ Llenar un elemento de celda o malla, con un universo
- ▶ Forma:  $\text{fill}=\text{n}$ 
  - Colocar en las tarjetas de celda, después de la información de superficie
  - $\text{n}$  es el número de un universo
  - Variaciones
    - $\text{fill}=\#(\text{k})$       donde  $\text{k}$  es una transformación opcional
    - $\text{fill}=\#(\dots)$       donde  $\text{k}$  es una transformación opcional
    - $*\text{fill}=\#(\dots)$       donde  $\text{k}$  es una transformación opcional

- ▶ Por lo general, la celda que está siendo llenada contendrá el material de vacío, donde los números de material y las densidades se asignaron en las celdas con el universo de llenado
- ▶ La celda llenada es una "ventana" - cualquier parte del universo de llenado, el cual se extiende más allá del límite de la celda
- ▶ Las superficies de las celdas y el universo llenos, pueden ser coincidentes (pero, esto debe evitarse si es posible)

## Ejercicio ipn4a

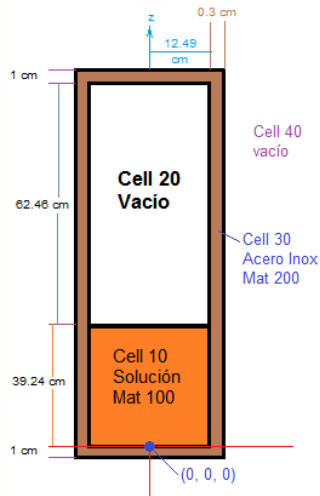
Uso del "UNIVERSE" para una  
solución y vacío interior

&

"FILL" del contenedor de acero con el  
"UNIVERSE"



- ▶ Renombre el archivo de entrada **ipn3** a **ipn4a**
- ▶ Edite el archivo **ipn4a**
  - Modifique las definiciones de las celdas 10 & 20
    - ▶ Identifique las celdas 10 & 20 como pertenecientes al universo 1
    - ▶ Sustituya la superficie 1 por la 3 en la celda 10 & 20
    - ▶ Ambas celdas son infinitas (dentro del universo 1)
  - Defina una celda (25) para el interior del contenedor
    - ▶ Limitado por la superficie interior del recipiente (1)
    - ▶ Llénelo **"Fill"** con el universo 1
    - ▶ No olvide añadir imp:n=1
- ▶ Ejecute el problema con:  
kcode 1000 1.0 25 100



Note que la respuesta es idéntica a la corrida previa.

# Ejemplo ipn4a (3)

## P-04 Básico MCNP

10/63

ipn4a - Cilindro simple, empleando universe-fill

RESULTADO  $k_{eff} = 0.88778 \pm 0.00363$

```
c
c      Tarjeta de Celdas
c      => Universo 1 <=
10      100      9.9270e-2      -3      u=1      imp:n=1      $ Solucion infinita
20      0      +3      u=1      imp:n=1      $ vacio infinito
c      => Mundo real <=
25      0      -1      fill=1      imp:n=1      $ contenedor dentro, llenado
30      200      8.6360e-2      +1      -2      imp:n=1      $ contenedor
40      0      +2      imp:n=0      $ exterior
```

c Tarjeta de Superficies

```
c
1      rcc      0.      0.      0.      0.      0.      101.7      12.49      $ interior
2      rcc      0.      0.      -1.      0.      0.      103.7      12.79      $ exterior
3      pz      39.24      $ altura de la solucion
```

c Tarjeta de Datos

```
c
kcode      1000      1.0      25      100
ksrc      0.      0.      19.62
m100      1001      6.0070e-2      $ Material de la solucion Pu(NO3)3
c .....
mt100      lwtr
c
m200      24050      7.1866e-4      $ Material del contenedor
c .....
c      sigue linea en blanco
```

► **El Universo 1, es infinito**

- Vacío infinito arriba de la superficie 3, solución infinita abajo de la superficie 3
- Las celdas 10 & 20 son infinitas, MCNP no puede calcular su volumen, y emplea Volumen=0 en la salida lo muestra

► **La celda 25 se llena con el Universo 1**

- El Universo 1 es **recortado** por la celda del contenedor (celda 25)
- El contenedor (celda 25) debe estar completamente incrustado en el universo (por supuesto que lo es, puesto que el universo 1 es infinito . . .)

► **Graficado**

- Gráfica "X-Y"
- Observe que sucede cuando se cambia de "Nivel" - Nivel 0, Nivel 1 (Debe hacer clic en "Volver a dibujar" para actualizar el gráfico después de cambiar de nivel)

► **Resultados**

- Mismos que la corrida previa
- Cuando utiliza **Universe/Fill** - podrían tener diferentes resultados por redondeo . .

"Like m But"  
&  
TRCL

- ▶ La descripción de la celda "LIKE m BUT" proporciona método abreviado para celdas similares repetidas
- ▶ Forma: **j LIKE m BUT list**
  - La celda **j** toma todos los atributos de la celda **m** excepto los parámetros de "list"
  - La celda **m** debe ser definida antes "j like m but" en el archivo de entrada
- ▶ Los parámetros que pueden constituir "list" incluyen:
  - imp, vol, pwt, ext, fcl, wwn, dxc, nonu, pd, tmp
  - u, trcl, lat, fill, mat, rho
  - U y/o TRCL, como mínimo, deben estar en "list"
  - Ejemplos:

```
17      like  70  but  trcl(1 1 2)  u=66
23      like  70  but  mat=13       u=2
```

- ▶ Los números de las superficies no se pueden alterar con el formato "like m but"

- ▶ Las Superficies pueden ser Trasladas/Rotadas usando la tarjeta TR
- ▶ Las Celdas pueden ser Trasladas/Rotadas usando la tarjeta TRCL
- ▶ Formas:

- Trasladar una CELDA por (dx, dy, dz):

$$\text{TRCL}=(dx\ dy\ dz)$$

- Trasladar y Rotar una CELDA:

$$\text{TRCL}=(dx\ dy\ dz\ xx'\ yx'\ zx'\ xy'\ yy'\ zy'\ xz'\ yz'\ zz') \quad \text{donde:}$$

xx' es el coseno del ángulo entre el eje original x y el nuevo eje x'

xy' ...similar

- Trasladar y Rotar una CELDA:

$$*\text{TRCL}=(dx\ dy\ dz\ xx'\ yx'\ zx'\ xy'\ yy'\ zy'\ xz'\ yz'\ zz') \quad \text{donde:}$$

xx' es el ángulo en grados entre el eje original x y el nuevo eje x'

xy' ...similar

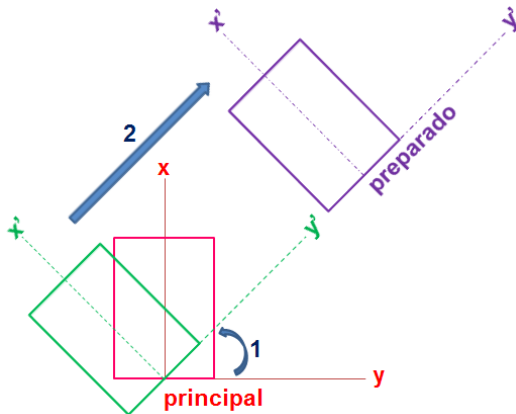
- ▶ La Rotación se hace primero y después la Traslación

# Traslación y Rotación (2)

P-04 Básico MCNP

15/63

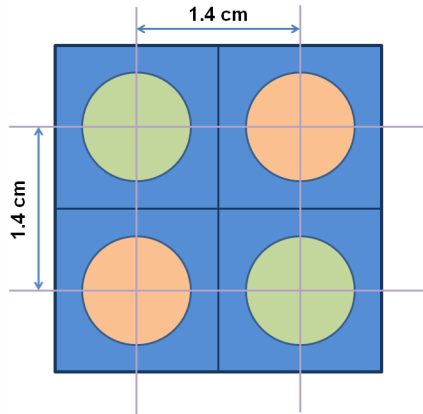
- ▶ Rotación (Ejes de rojo a verde) se hace primero (en el sist. coord. original)
- ▶ Traslación (Ejes de verde a violeta) en segundo lugar (en el sist. coord. original)



- ▶ Cuando se utiliza TRCL, MCNP debe crear nuevas superficies
  - Las nuevas superficies son asignados números de la forma:

$1000 * (\text{nuevo número de celda}) + (\text{número original de superficie})$

- Tenga cuidado de evitar esos números de superficie en el resto de su input
  - Si usa TRCL, asegúrese de que sus números de superficie  $< 1000$  !!!
- ▶ Todos los universos que llenan ésta celda (heredan) el TRCL



Ejemplo Like m But  
& TRCL



### Grupo de barras de combustible, con diferentes enriquecimientos

ipn4b - Like m but y CTRL

```

c
c Tarjeta de Celdas
c ⇒ Anaranjado claro, Universo 7 ⇐
1 110 -18.724760 -11 u=7 $ Comb., anaranjado
2 120 -0.9982070 +11 u=7 $ Agua
c ⇒ Verde claro, Universo 8 ⇐
3 130 -18.944386 -11 u=8 $ Combustible, verde
4 120 -0.9982070 +11 u=8 $ Agua
c ⇒ Mundo real ⇐
5 0 -12 fill=7 $ Celda unit., origen abajo-izquierda
6 like 5 but fill=8 trcl=( 0 1.4 0) $ arriba-izquierda
7 like 5 but fill=8 trcl=(1.4 0 0) $ abajo-derecha
8 like 5 but fill=7 trcl=(1.4 1.4 0) $ abajo-derecha
9 0 +13 $ Celda unit., origen abajo-izquierda

c Tarjeta de Superficies
11 rcc 0. 0. -180. 0. 0. +360. 0.49 $ Combustible
12 rpp -.7 +.7 -.7 +.7 -180. +180. $ Cubo del Combustible
13 rpp -.7 +2.1 -.7 +2.1 -180. +180. $ Universo externo

c Tarjeta de Datos
c
kcode 1000 1.0 25 100
ksrc 0. 0. 19.62
m110 92235 -.9473 92238 -.0527 $ U-enriquecido
c .....
```

# Ejemplo ipn4c

contenedores de solución



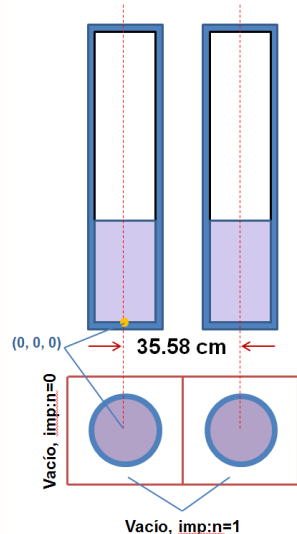
Empleando 'Like m But' y  
TRCL

# Ejemplo ipn4c (2)

P-04 Básico MCNP

19/63

- ▶ Dos contenedores, 35.58 cm de separación entre centros
- ▶ **renombrar el archivo ipn4b a ipn4c y edítelo**
  - identifique las celdas 25, 30, 40 como universo 2 (cambie la importancia de la celda 40 a imp:n 1)
  - Defina la celda 50 y la superficie 4
    - ▶ Una caja alrededor del primer contenedor (cel 30)
    - ▶ Use RPP, en el rango de  $(x,y)$   $(-17.79, 17.79)$  en el rango de  $z$   $(-1.0, 102.7)$
    - ▶ Llene (Fill) la celda 50 con el universo 2, imp = 1
  - Defina la celda 60, misma celda como 50, pero trasládela 35.58 cm en dirección  $+x$
  - Defina la celda 99, importancia = 0, vacío; fuera de 50 y 60
  - Añadir otro origen en KSRC,  $(35.58, 0., 19.62)$



# Ejemplo ipn4c (3)

## P-04 Básico MCNP

20/63

ipn4c - Dos cilindros

RESULTADO  $k_{eff} = 0.91260 \pm 0.00381$

```
c
c Tarjeta de Celdas
c ⇒ Universo 1, solucion infinita y vacio ⇐
10 100 9.9270e-2 -3 u=1 imp:n=1 $ Solucion infinita
20 0 +3 u=1 imp:n=1 $ vacio infinito
c ⇒ Universo 2, llenado del contenedor y exterior infinito ⇐
25 0 -1 fill=1 u=2 imp:n=1 $ contenedor dentro, llenado
30 200 8.6360e-2 +1 -2 u=2 imp:n=1 $ contenedor
40 0 +2 u=2 imp:n=1 $ exterior
c ⇒ Mundo real, dos cajas (contenedores) y exterior vacio ⇐
50 0 -4 fill=2 u=2 imp:n=1 $ 1er caja en origen con contenedor
60 like 50 but trcl=(35.58 0. 0.) $ 2da caja desplazada, con contenedor
99 0 #50 #60 imp:n=0 $ exterior de ambas cajas
```

```
c Tarjeta de Superficies
1 rcc 0. 0. 0. 0. 0. 101.7 12.49 $ interior
2 rcc 0. 0. -1. 0. 0. 103.7 12.79 $ exterior
3 pz 39.24 $ altura de la solucion
4 rpp -17.79 +17.79 -17.79 +17.79 -1. 102.7 $ exterior
```

```
c Tarjeta de Datos
kcode 1000 1.0 25 100
ksrc 0. 0. 19.62 35.58 0. 19.62
m100 1001 6.0070e-2 $ Material de la solucion Pu(NO3)3
mt100 lwtr
m200 24050 7.1866e-4 $ Material del contenedor
c .....
c sigue linea en blanco
```

- ▶ **El Universo 1, es infinito**
  - Lo mismo que el anterior, solo que ahora aparecen en 2 diferentes lugares
  - Recortado por la superficie 1, cuando se llena la celda 25
- ▶ **El Universo 2, es infinito**
  - El contenedor (contenido en el universo 1) y vacío exterior
  - Incrustado en la celda 50, y también en la celda 60
- ▶ **Graficado**
  - Gráfica "X-Y" y gráfica "Z-X"
  - Observe que sucede cuando se cambia de "Nivel" - Nivel 0, Nivel 1 y Nivel 2 (Hacer clic "Volver a dibujar" para actualizar gráfico después de cambiar de nivel)
  - Observe que la superficie 60004, que sucedió a las otras superficies trasladadas? (Ver archivo de salida para obtener información sobre las superficies idénticas ...)
- ▶ **Resultados**
  - $k_{eff}$  mayor, como se esperaba

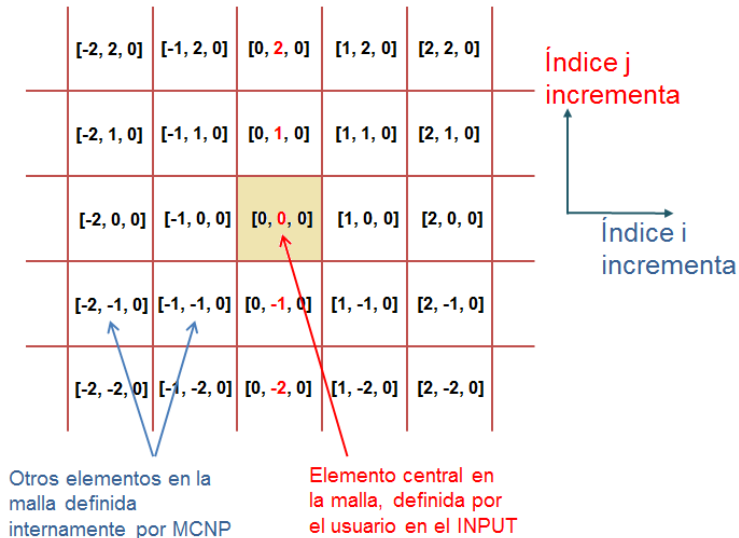
## Arreglo de Mallas & Llenado

- Define la celda como matriz, arreglo o malla infinita
  - El usuario describe en su archivo de entrada el elemento central  $[0,0,0]$  en la malla
  - MCNP reproduce el elemento central en todas las 3 direcciones
- Forma:     **LAT=1** hexaedros (seis superficies solidas) cuadrado  
              **LAT=2** prisma hexagonal (ocho)
  - **LAT=#** debe ir en una tarjeta de celda, después de la información de superficies
- Espacio entre los elementos debe ser llenado con exactitud:
  - Hexaedro no tiene que ser rectangular
  - Prismas hexagonales no necesitan ser regulares (jj??)
  - los lados opuestos del elemento central deben ser paralelos
- Los elementos de la malla pueden ser infinitos a lo largo de 1 ó 2 ejes
- El orden de superficies en la tarjeta de celda es importante
  - Macrobody siempre se incrementará a lo largo del eje +

# Tarjeta de Arreglos de Mallas (2)

P-04 Básico MCNP

24/63



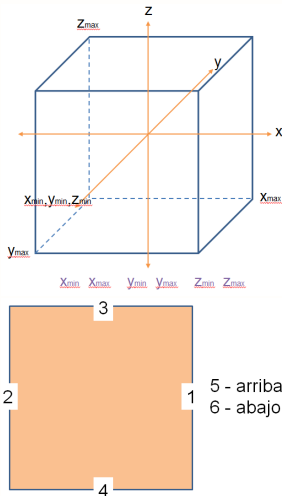


# Tarjeta de Arreglos de Mallas (3)

P-04 Básico MCNP

25/63

- En los elementos identificados por  $[i, j, k]$ , las etiquetas son determinadas por el orden en las entradas de la superficie en la tarjeta de celda
- En la tarjeta de celda se especifica el elemento  $[0,0,0]$   
11 0 -1 2 -3 4 -5 6 lat=1
  - Para LAT=1, al menos se requieren 4 superfis o 2 vects
  - Lado + de 1<sup>er</sup> superficie=elemento de malla  $[1, 0, 0]$
  - Lado - de 2<sup>da</sup> superficie=elemento de malla  $[-1, 0, 0]$
  - Lado + de 3<sup>er</sup> superficie=elemento de malla  $[0, 1, 0]$
  - Lado - de 4<sup>ta</sup> superficie=elemento de malla  $[0, -1, 0]$
  - Lado + de 5<sup>ta</sup> superficie=elemento de malla  $[0, 0, 1]$
  - Lado - de 6<sup>ta</sup> superficie=elemento de malla  $[0, 0, -1]$
- Si usted no incluye las superficies en el orden que se indica más arriba, todo va a ser muy confuso y que tendrá problemas



# Tarjeta de Arreglos de Mallas (4)

P-04 Básico MCNP

26/63

5 0 -8 9 -10 11

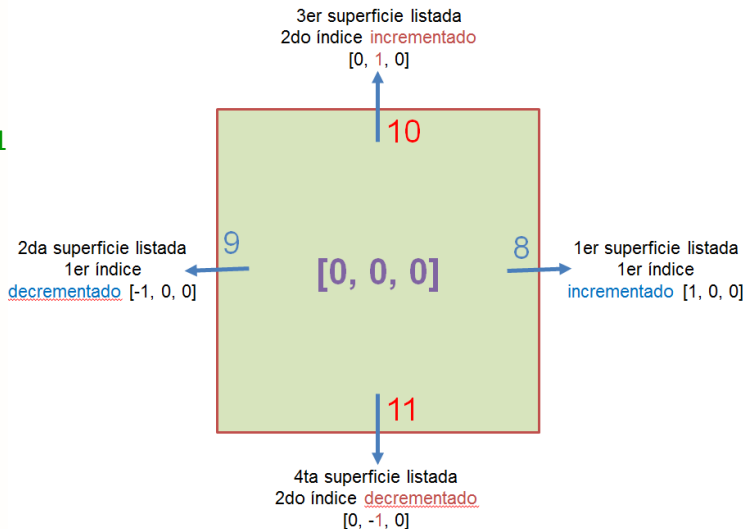
lat=1

8 px 17

9 px -17

10 py 17

11 py -17



# Tarjeta de Arreglos de Mallas (5)

P-04 Básico MCNP

27/63

- Para macrobodies, MCNP reemplaza internamente el cuerpo por un conjunto de superficies

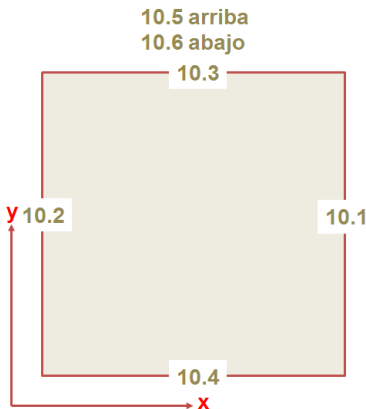
- La superficie creada tiene identificación S.F
- "S" es el número de Superficie original
- "F" es el número de Cara (face), 1, 2, ...
- Son tarjetas celda y superficie de entrada en MCNP

25 111 -1.0 -10 lat=1 \$ tarjeta de celda

10 RPP -1 1 -2 2 -3 3 \$ tarjeta de superficie

- Genera las siguientes superficies internamente:

- 10.1 plano - "px" en  $x = 1$
- 10.2 plano - "px" en  $x = -1$
- 10.3 plano - "py" en  $y = 2$
- 10.4 plano - "py" en  $y = -2$
- 10.5 plano - "pz" en  $z = 3$
- 10.6 plano - "pz" en  $z = -3$



# Tarjeta de Arreglos de Mallas (6)

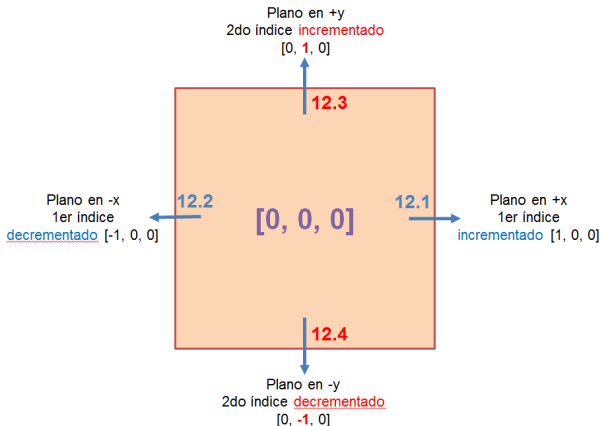
P-04 Básico MCNP

28/63

5 -12 lat=1

12 RPP -17. 17. -17. 17. -180. 180.

- para un plano infinito en eje-z, cambie -180. 180. por 0. 0.



## Arreglo de barras de combustible 9 X 9 (renombrar ipn4b a ipn4d)

ipn4d - Arreglo de combs 9x9

```

c
c      Tarjeta de Celdas
1      110      -18.724760      -10      u=7      imp:n 1      $ Combustible HEU
2      120      -0.9982070      +10      u=7      imp:n 1      $ Agua
c
5      0      -20      fill=7      lat=1      u=9      imp:n 1      $ Malla infinita de elementos
6      0      -30      fill=9      imp:n 1      $ Caja de arreglo 9x9 elementos
7      0      +30      imp:n 1      $ Universo exterior vacio

c      Tarjeta de Superficies
10     rcc      0.      0.      0.      0.      0.      +360.      0.49      $ Combustible
20     rpp      -.7      +.7      -.7      +.7      0.      +360.      $ Caja para un solo elemento
30     rpp      -6.3      +6.3      -6.3      +6.3      0.      +360.      $ Caja de arreglo 9x9 elementos

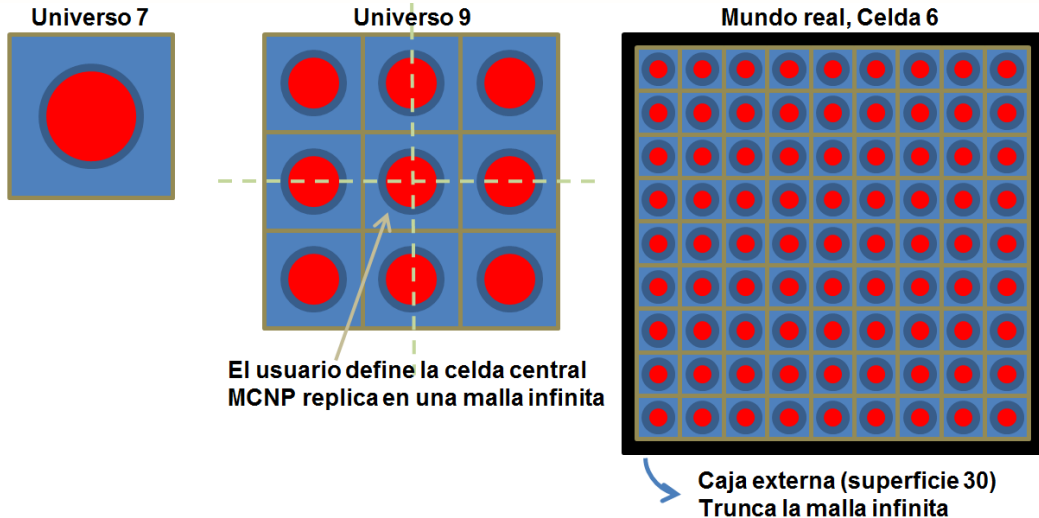
c      Tarjeta de Datos
c
kcode      1000      1.0      25      100
ksrc      0.      0.      180.
m110      92234      0.0098      92235      0.93155      92236      0.0045 ...      $ U-enriquecido
c .....
    
```

$$k_{eff} = 0.54235 \pm 0.00141$$

# Tarjeta de Arreglos de Mallas (8)

P-04 Básico MCNP

30/63



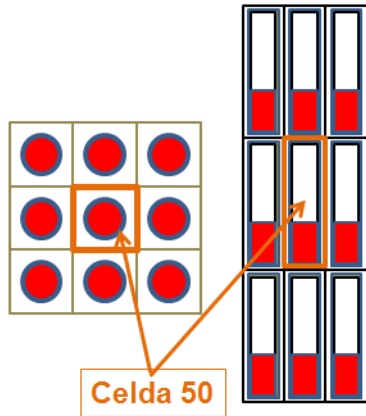
# Ejercicio ipn4e

## Arreglo de Malla Infinita de Contenedores (Mallas en 3D)

- ▶ Defina en la celda el centro del arreglo de la malla, y llénela (FILL) con el universo 2
- ▶ Renombre el archivo de entrada **ipn4c** como **ipn4e**
- ▶ Edite el archivo de entrada **ipn4e**
  - Borre las celdas 66 & 99
  - Declare la Celda 50, que sea el centro de la malla en la malla del hexaedro (caja), **LAT=1**
  - Añadir en la tarjeta de datos (apagar el cálculo de entropía para malla infinita):

hsrsc 1 -1.e10 1.e10 1 -1.e10 1.e10 1 -1.e10 1.e10

- Remueva el segundo punto de ksrc
- Grafique **mcnp6 i=ipn4e ip**
- Calcule  $k_{eff}$  **mcnp6 i=ipn4e**





# Ejercicio ipn4e (2)

## P-04 Básico MCNP

33/63

ipn4e - Malla de contenedores infinitos en 3D

RESULTADO  $k_{eff} = 1.60824 \pm 0.00206$

```
c
c Tarjeta de Celdas
c => Universo 1, solucion infinita y vacio <=
10 100 9.9270e-2 -3 u=1 imp:n=1 $ Solucion infinita
20 0 +3 u=1 imp:n=1 $ vacio infinito
c => Universo 2, llenado del contenedor y exterior infinito <=
25 0 -1 fill=1 u=2 imp:n=1 $ contenedor dentro, llenado
30 200 8.6360e-2 +1 -2 u=2 imp:n=1 $ contenedor
40 0 +2 u=2 imp:n=1 $ exterior infinito
c
50 0 -4 fill=2 lat=1 imp:n=1 $ Centro del arreglo de malla

c Tarjeta de Superficies
1 rcc 0. 0. 0. 0. 0. 101.7 12.49 $ interior
2 rcc 0. 0. -1. 0. 0. 103.7 12.79 $ exterior
3 pz 39.24 $ altura de la solucion
4 rpp -17.79 +17.79 -17.79 +17.79 -1. 102.7 $ Caja para sostener contenedor

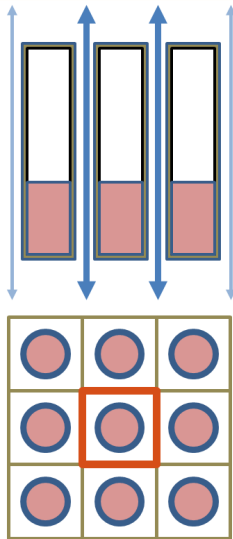
c Tarjeta de Datos
kcode 1000 1.0 25 100
ksrc 0. 0. 19.62
m100 1001 6.0070e-2 $ Material de la solucion Pu(NO3)3
mt100 lwtr
m200 24050 7.1866e-4 $ Material del contenedor
hsrc 1 -1.e10 1.e10 1 -1.e10 1.e10 1 -1.e10
c sigue linea en blanco
```

- $k_{eff}$  es bastante grande
  - Arreglo de malla infinita, no hay fuga, no hay absorciones
- Note que el arreglo en la malla son:
  - Definida por la creación de la celda central y etiquetada con LAT = 1
  - Llenada con 1 o más universos
  - De extensión infinita
- ¿Cómo se obtiene una malla finita?
  1. Hacer una malla infinita, y luego darle un número de universo
  2. Crear una celda con el contenedor, que tenga una parte de la malla
  3. A continuación, llenar esa celda del punto anterior con el universo de la malla
    - \* La malla infinita se recorta (trunca) por los límites de las celdas de los contenedores
    - \* Los elementos de la malla fuera del contenedor no se pueden alcanzar

# Ejercicio ipn4f

## Arreglo de Malla Infinita de Contenedores (Mallas en 2D)

- Defina una malla en 2D de contenedores, (Plano X-Y)
- Renombre el archivo de entrada **ipn4e** como **ipn4f**
- Edite el archivo de entrada **ipn4f**
  - Cambie la superficie 4 (RPP el cuerpo que define la celda central)
  - \* Haga un RPP infinito en dirección-Z
    - + Use "0. 0." para Z superior/inferior
    - + Esto le dice a MCNP que RPP es infinito en la dirección-Z (sin la parte superior/inferior)



- Se necesita considerar neutrones por encima y por debajo de los contenedores
  - \* Quieres vacíos con imp: n=1 entre los contenedores
  - \* Quieres vacíos con imp: n=1 en la parte superior e inferior de los contenedores (Para evitar el flujo de neutrones por siempre ...)
  - \* Necesitas añadir la celda 45 con universo 2, por encima & abajo del contenedor, **imp:n = 0**
  - \* Podrías hacer esto con 2 superficies adicionales o utilizar datos de macrobodies existentes
- Grafica **mcnp6 i=ipn4f ip**
- Calcula  $k_{eff}$  **mcnp6 i=ipn4f**

# Ejercicio ipn4f (4)

## P-04 Básico MCNP

38/63

ipn4f - Malla infinita de contenedores en 2D (USANDO SUPERFICIES)

RESULTADO  $k_{eff} = 1.15722 \pm 0.00338$

```
c
c      Tarjeta de Celdas
c      => Universo 1, solucion infinita y vacio <=
10      100      9.9270e-2      -3      u=1      imp:n=1      $ Solucion infinita
20      0      +3      u=1      imp:n=1      $ vacio infinito
c      => Universo 2, llenado del contenedor y exterior infinito <=
25      0      -1      fill=1      u=2      imp:n=1      $ contenedor dentro, llenado
30      200      8.6360e-2      +1      -2      u=2      imp:n=1      $ contenedor
40      0      +2      -5      +6      u=2      imp:n=1      $ exterior infinito
45      0      +5:-6      u=2      imp:n=0      $ vacio superior e inferior
50      0      -4      fill=2      lat=1      imp:n=1      $ Malla infinita en 2D de contenedores
```

```
c      Tarjeta de Superficies
1      rcc      0.      0.      0.      0.      0.      101.7      12.49      $ interior
2      rcc      0.      0.      -1.      0.      0.      103.7      12.79      $ exterior
3      pz      39.24      $ altura de la solucion
4      rpp      -17.79      +17.79      -17.79      +17.79      0.      0.      $ caja para sostener contenedor
5      pz      102.7      $ superior del contenedor
6      pz      -1.0      $ inferior del contenedor
```

```
c      Tarjeta de Datos
kcode      1000      1.0      25      100
ksrc      0.      0.      19.62
m100      1001      6.0070e-2      $ Material de la solucion Pu(NO3)3
mt100      lwtr
m200      24050      7.1866e-4      $ Material del contenedor
hsrc      1      -1.e10      1.e10      1      -1.e10      1.e10      1      -1.e10
c      sigue linea en blanco
```

# Ejercicio ipn4g (1)

## P-04 Básico MCNP

39/63

ipn4g - Malla infinita de contenedores en 2D (USANDO MACROBODIES)

RESULTADO  $k_{eff} = 1.15722 \pm 0.00338$

```
c
c Tarjeta de Celdas
c => Universo 1, solucion infinita y vacio <=
10 100 9.9270e-2 -3 u=1 imp:n=1 $ Solucion infinita
20 0 +3 u=1 imp:n=1 $ vacio infinito
c => Universo 2, llenado del contenedor y exterior infinito <=
25 0 -1 fill=1 u=2 imp:n=1 $ contenedor dentro, llenado
30 200 8.6360e-2 +1 -2 u=2 imp:n=1 $ contenedor
40 0 +2 -2.2 -2.3 u=2 imp:n=1 $ exterior infinito
45 0 +2.2:+2.3 u=2 imp:n=0 $ vacio superior e inferior
50 0 -4 fill=2 lat=1 imp:n=1 $ Malla infinita en 2D de contenedores
```

```
c Tarjeta de Superficies
1 rcc 0. 0. 0. 0. 0. 101.7 12.49 $ interior
2 rcc 0. 0. -1. 0. 0. 103.7 12.79 $ exterior
3 pz 39.24 $ altura de la solucion
4 rpp -17.79 +17.79 -17.79 +17.79 0. 0. $ caja para sostener contenedor
```

```
c Tarjeta de Datos
kcode 1000 1.0 25 100
ksrc 0. 0. 19.62
m100 1001 6.0070e-2 $ Material de la solucion Pu(NO3)3
mt100 lwtr
m200 24050 7.1866e-4 $ Material del contenedor
hsrc 1 -1.e10 1.e10 1 -1.e10 1.e10 1 -1.e10
c sigue linea en blanco
```

- **$k_{eff}$  se va más razonable**
  - Malla infinita en 2D, fuga en-Z, no hay absorbedores, ...
  - Mismos resultados para ambos ipn4f e ipn4g
- **Archivo ipn4f - Sencillo**
  - Celdas de superficies extra para definir vacíos en entre contenedores con imp:n=1, y por encima/debajo de los contenedores con imp:n=0
- **Archivo ipn4g**
  - Similar a ipn4f, pero no se necesitan superficies adicionales
  - Utiliza la parte superior del contenedor existente (superficie 2.2) y la parte inferior del contenedor (superficie 2.3)



- **Archivo ipn4g (cont)**

- **Principal fuente de confusión: el signo (sentido) para la superficie 2.3**

- \* Para macrobodies, MCNP convierte internamente la definición del cuerpo en una colección de superficies: cilindro infinito (2.1), plano superior (2.2), el plano inferior (2.3)

- \* Por definición, MCNP considera: dentro del cuerpo sentido negativo, y fuera del cuerpo sentido positivo

- \* MCNP altera las definiciones de la superficie para que coincida con la convención de sentido del cuerpo,

- \$ Por lo tanto, en el interior del cuerpo tiene una superficie wrt en el sentido negativo 2.3

- \$ y fuera del cuerpo tiene una superficie wrt sentido positivo 2.3,

- \$ frente a las convenciones normales de sentido superficial de 2.3.

## Ejercicio ipn4h

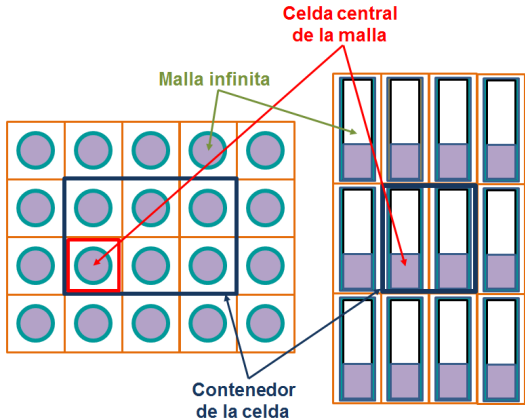
Arreglo de Malla Finita 2 X 3  
de Contenedores

# Ejercicio ipn4h (2)

P-04 Básico MCNP

43/63

- Empezar con una malla infinita 3D, como en el ejercicio **ipn4f** & genere un arreglo de contenedores 3x2
- Renombre el archivo de entrada **ipn4f** como **ipn4h**
- Edite el archivo de entrada **ipn4h**
  - Cambie la celda 50 como universo 3
  - Defina un contenedor en la celda 60, y un cuerpo rpp que contenga el arreglo 2x3 de la celda 50
  - Llenar la celda 60 con el universo 3
  - Defina una celda 99, fuera del contenedor, imp:n=0

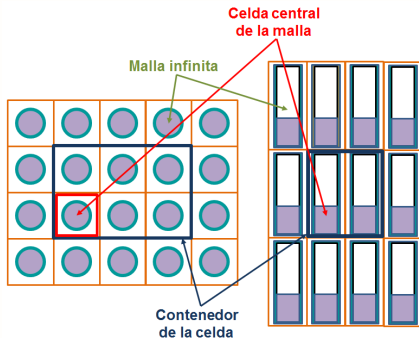


- Modifique la tarjeta HSRC (opcional)

hsrc      3    -17.79    88.95      2    -17.79    53.37      1    -1    102.7

- Grafique:                      mcnp6 i=ipn4h ip

- Calcule  $k_{eff}$ :                      mcnp6 i=ipn4h o="nombre"



# Ejercicio ipn4h (4)

## P-04 Básico MCNP

45/63

ipn4h - Arreglo de contenedores en 3x2

RESULTADO  $k_{eff} = 0.98670 \pm 0.00371$

```
c
c      Tarjeta de Celdas
c      => Universo 1, solucion infinita y vacio <=
10      100      9.9270e-2      -3      u=1      imp:n=1      $ Solucion infinita
20      0      +3      u=1      imp:n=1      $ vacio infinito
c      => Universo 2, llenado del contenedor y exterior infinito <=
25      0      -1      fill=1      u=2      imp:n=1      $ contenedor dentro, llenado
30      200      8.6360e-2      +1      -2      u=2      imp:n=1      $ contenedor
40      0      +2      u=2      imp:n=1      $ exterior de contenedor infinito
50      0      -4      fill=2      lat=1      u=3      imp:n=1      $ Malla infinita en 3D de contenedores
60      0      -5      fill=3      imp:n=1      $ contenedor, llenado por malla
99      0      +5      imp:n=0      $ exterior del contenedor
```

```
c      Tarjeta de Superficies
1      rcc      0.      0.      0.      0.      0.      101.7      12.49      $ interior
2      rcc      0.      0.      -1.      0.      0.      103.7      12.79      $ exterior
3      pz      39.24      $ altura de la solucion
4      rpp      -17.79      +17.79      -17.79      +17.79      -1.      102.7      $ caja para sostener contenedor
5      rpp      -17.79      +88.95      -17.79      +53.37      -1.      102.7      $ contenedor para arreglo 3x2
```

```
c      Tarjeta de Datos
kcode      1000      1.0      25      100
ksrc      0.      0.      19.62
m100      1001      6.0070e-2      $ Material de la solucion Pu(NO3)3
mt100      lwtr
m200      24050      7.1866e-4      $ Material del contenedor
hsrc      1      -1.e10      1.e10      1      -1.e10      1.e10      1      -1.e10
c      sigue linea en blanco
```

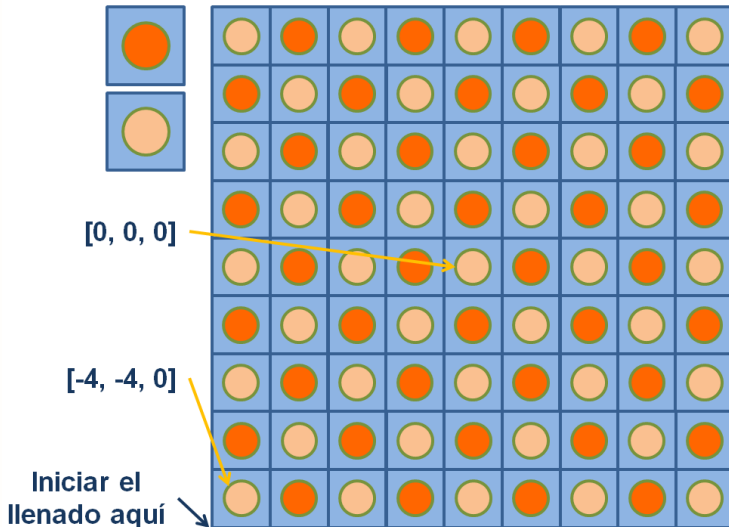
- $k_{eff}$  es más cercana a 1.0
- Note que las mallas son:
  - Definidas por la creación de la celda central y marcándola con LAT = 1
  - Llenadas con 1 o más universos
  - Extensión infinita
- Obtención de una malla finita:
  1. Hacer una malla infinita, y darle un número de universo
  2. Crear una celda del contenedor para albergar una parte de la malla
  3. Llenar la celda de contenedores con el universo de la malla
    - La malla infinita se recorta (truncada) por los límites de las celdas de los contenedores
    - Los elementos de la malla fuera del contenedor, no se toman en cuenta

- Cuando se 'llena' una celda con una malla, se puede especificar el universo que va en cada elemento de la malla en lo individual
- Forma de malla infinita **fill=n**
  - Llene **todos** los elementos de la malla con el universo **n**
- Forma de la malla finita: **fill=i1:i2 j1:j2 k1:k2 N<sub>1</sub>(...)N<sub>2</sub>(...) etc.**
  - **i1:i2 j1:j2 k1:k2**  
define cual elemento de la malla existe (  $i1 \leq i2$   $j1 \leq j2$   $k1 \leq k2$  )
  - **N<sub>1</sub>(...)N<sub>2</sub>(...) etc.**  
Lista los números del universo de llenado que especifican qué universo se llena de cada elemento de la malla
  - **Orden de las entradas del arreglo, sigue la convención de FORTRAN**  
(i1, j1, k1), (i1+1, j1, k1), (  $\forall$  i, j1, k1), ... (  $\forall$  i, j2, k1) ... (  $\forall$  i, j3, k1) ...
  - **Para este tipo de tarjetas: fill = -2:2 0:1 0:0**  
Entradas requeridas 5 x 2 x 1, como en: **fill = -2:2 0:1 0:0 1 2 3 2 1**  
**2 1 1 1 2**

# Especificaciones Para Mallas (2)

P-04 Básico MCNP

48/63





# Especificaciones Para Mallas (3)

## P-04 Básico MCNP

49/63

ipn4i - Tablero de ajedrez-Arreglo 9x9

RESULTADO  $k_{eff} = 0.37556 \pm 0.00118$

```
c
c      Tarjeta de Celdas
1  110  -18.724760  -10      u=7  imp:n=1  $ HEU
2  120  -0.9982070  +10      u=7  imp:n=1  $ H2O
c
3  130  -18.944386  -10      u=8  imp:n=1  $ LEU
4  120  -0.9982070  +10      u=8  imp:n=1  $ H2O
c
5      0          -20  lat=1  u=9  imp:n=1  $ arreglo de elementos
.      fill=    -4:+4  -4:+4  -0:+0  $ llenado 9x9, elementos
      8  7  8  7  8  7  8  7  8  $ inicia abajo-izquierda ..
      7  8  7  8  7  8  7  8  7
      8  7  8  7  8  7  8  7  8
      7  8  7  8  7  8  7  8  7
      8  7  8  7  8  7  8  7  8
      7  8  7  8  7  8  7  8  7
      8  7  8  7  8  7  8  7  8
      7  8  7  8  7  8  7  8  7
      8  7  8  7  8  7  8  7  8
6      0          -30  fill=9  imp:n=1  $ caja que almacena 9x9 elementos, corta el resto
7      0          +30  imp:n=0  $ universo externo
c
c      Tarjeta de Superficies
10  rcc  0.  0.  0.  0.  0.  +360.  0.49
20  rpp  -.7  +.7  -.7  +.7  0.  +360.
30  rpp  -6.3  +6.3  -6.3  +6.3  0.  +360.  $ Caja que almacena 9x9
c
c      Tarjeta de Datos
kcode 1000 1.0 25 100
ksrc 0.6 0.6 180.
```

- Valores especiales para el llenado de arreglos de mallas
- Número de universo de elementos propios, se llena con material en la tarjeta de celda

11    300    -1.0    -22    lat=1    **u=9**    fill= -1:1    -1:1    0:0

9    9    9

9    1    9

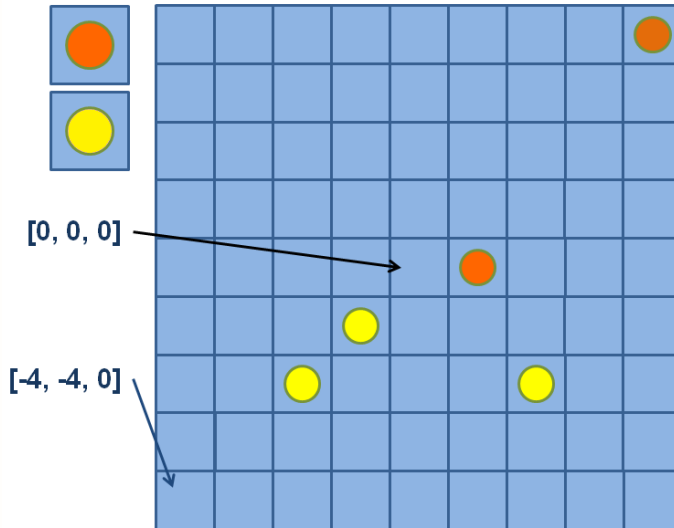
9    9    9

- Los elementos de malla en la celda 11, que están llenos de Universo 9 (el universo asignado a esta celda) están realmente llenas de material 300
- Cuando se utiliza este caso especial, no puede haber ningún detalle geométrico en el interior del elemento de la celda

# Especificaciones Para Mallas (5)

P-04 Básico MCNP

51/63



# Especificaciones Para Mallas (6)

## P-04 Básico MCNP

52/63

ipn4j - Tablero de ajedrez-Arreglo 9x9 con solo algunos elementos

RESULTADO  $k_{eff} = 0.10652 \pm 0.00044$

```
c
c      Tarjeta de Celdas
1  110  -18.724760  -10      u=7  imp:n=1  $ HEU
2  120  -0.9982070  +10      u=7  imp:n=1  $ H2O
c
3  130  -18.944386  -10      u=8  imp:n=1  $ LEU
4  120  -0.9982070  +10      u=8  imp:n=1  $ H2O
c
5  120  -0.9982070  -20      u=9  imp:n=1  $ arreglo de elementos
.      fill=  -4:+4  -4:+4  -0:+0  $ llenado 9x9, elementos
      9  9  9  9  9  9  9  9  9  $ inicia abajo-izquierda ..
      9  9  9  9  9  9  9  9  9
      9  9  8  9  9  9  8  9  9
      9  9  9  8  9  9  9  9  9
      9  9  9  9  9  7  9  9  9
      9  9  9  9  9  9  9  9  9
      9  9  9  9  9  9  9  9  9
      9  9  9  9  9  9  9  9  9
      9  9  9  9  9  9  9  9  7
6      0      -30  fill=9      imp:n=1  $ caja que almacena 9x9 elementos, corta el resto
7      0      +30      imp:n=0  $ universo externo

c      Tarjeta de Superficies
10  rcc  0.  0.  0.  0.  0.  +360.  0.49
20  rpp  -.7  +.7  -.7  +.7  0.  +360.
30  rpp  -6.3  +6.3  -6.3  +6.3  0.  +360.  $ Caja que almacena 9x9

c      Tarjeta de Datos
kcode 1000 1.0 25 100
ksrc  0.6  0.6 180.
```

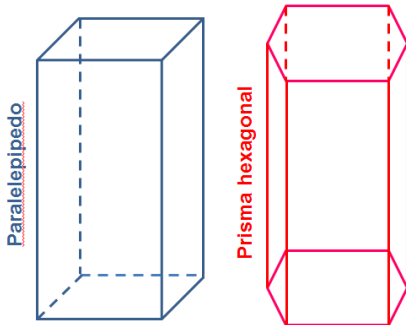
- No construir la geometría toda a la vez
  - Empezar con piezas pequeñas, graficar cada una a medida que avanza
- Siempre vaya graficando la geometría !!!!!
  - Observe si está correctamente definida
  - Vea si es lo que pretende definir
- Mantenga las celdas lo más razonablemente simples
- Utilice paréntesis libremente para mayor claridad
- Sólo geometría con el mayor detalle si se requiere para la precisión
- Sólo con mayor detalle en la geometría como se requiera para la precisión
- Compruebe la y volumen de MCNP, contra los valores calculados a mano
  - Mueva la gráfica del plano alrededor del origen
  - No ponga la gráfica del plano directamente sobre una superficie
- Si todo falla
  - Utilice la tarjeta de vacío con la fuente dirigida hacia adentro
  - Partícula perdida: coloque el origen en la loc. de la partícula perdida

## Tema Avanzado

Geometría

Hexagonal

- "Cálculos de criticidad con MCNP: A Primer," LA-UR-04-0294



- Lados opuestos deben ser siempre idénticos y paralelos
- La sección transversal del prisma hexagonal debe ser convexa
- La altura del prisma hexagonal debe ser infinita, (si se define con superficies)

- Prisma Hexagonal Recto: RHP
- Las tarjetas RHP y HEX son las mismas
- Tarjetas RHP y HEX:

RHP    $v1$     $v2$     $v3$     $h1$     $h2$     $h3$     $r1$     $r2$     $r3$     $s1$     $s2$     $s3$     $t1$     $t2$     $t3$

$v1$     $v2$     $v3$  = coordenadas x, y, z desde el centro inferior del hexágono

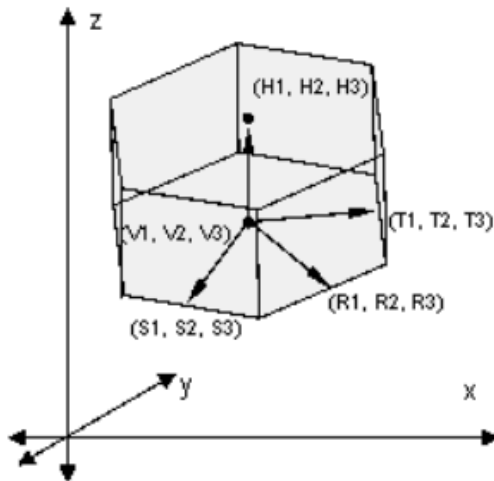
$h1$     $h2$     $h3$  = vector desde la parte inferior a la superior, magnitud altura para el eje-z con altura h,  $h1$     $h2$     $h3$  = 0 0 h

$r1$     $r2$     $r3$  = vector desde el eje a la mitad de la primer superficie para un pitch 2p normal a la superficie del eje-y,  $r1$     $r2$     $r3$  = 0 p 0

$s1$     $s2$     $s3$  = vector al centro de la segunda superficie

$t1$     $t2$     $t3$  = vector al centro de la tercer superficie





## Ejemplo de HEX usando macrobodies

```
1  101  -1.0   -10
2  102  -7.8   +10  -20
```

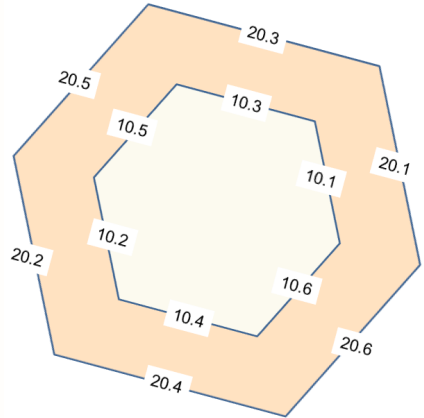
```
10  rhp  0. 0. -4   0. 0. +8   2. 0. 0.
20  rhp  0. 0. -4   0. 0. +8   3. 0. 0.
```

Centro de la base = ( 0, 0, -4)

Altura= 8 en dirección hacia usted

Superficie 10.1 es  $x=2$ , 10.2 es  $x=-2$

Superficie 20.1 es  $x=3$ , 20.2 es  $x=-3$

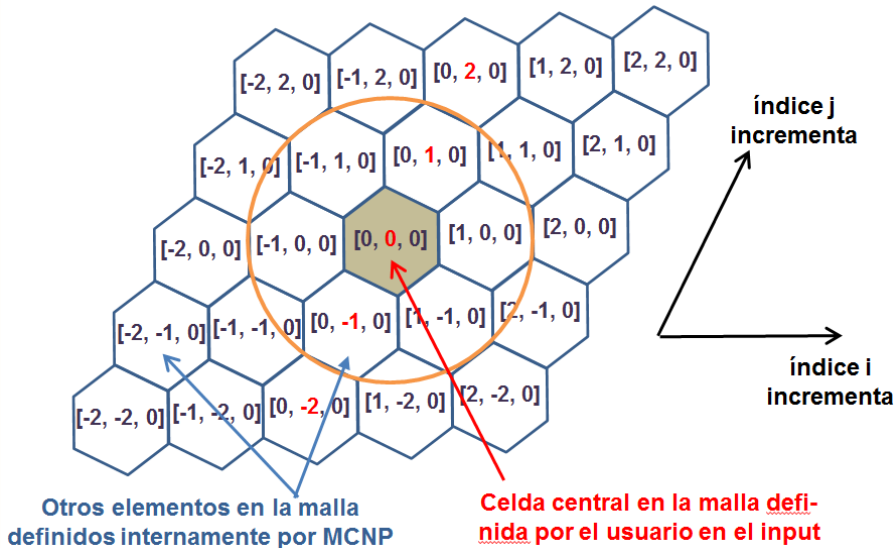


Al menos  $v1$   $v2$   $v3$   $h1$   $h2$   $h3$   $r1$   $r2$   $r3$  son requeridos

Índices de elementos de malla  $i$   $j$   $k$  son determinados por vectores de RHP

Además de:

	$[ i, j, k ]$		
Plano normal al FINAL de	elemento $r1$	$r2$	$r3 = [ 1, 0, 0 ]$
Plano normal al INICIO de	elemento $r1$	$r2$	$r3 = [-1, 0, 0 ]$
Plano normal al FINAL de	elemento $s1$	$s2$	$s3 = [ 0, 1, 0 ]$
Plano normal al INICIO de	elemento $s1$	$s2$	$s3 = [ 0, -1, 0 ]$
Plano normal al FINAL de	elemento $t1$	$t2$	$t3 = [-1, 1, 0 ]$
Plano normal al INICIO de	elemento $t1$	$t2$	$t3 = [ 1, -1, 0 ]$
Plano normal al FINAL de	elemento $h1$	$h2$	$h3 = [ 0, 0, 1 ]$
Plano normal al INICIO de	elemento $h1$	$h2$	$h3 = [ 0, 0, -1 ]$



## Ejemplo de HEX usando macrobodies

Ec. de superficie MCNP ( $Ax + Bx + Cx - D = 0$ )

1:  $x - p/2 = 0$

2:  $x + p/2 = 0$

3:  $x + \sqrt{3}y - p = 0$

4:  $x + \sqrt{3}y + p = 0$

5:  $-x + \sqrt{3}y - p = 0$

6:  $-x + \sqrt{3}y + p = 0$

## MCNP superficies

1:  $px + p/2$

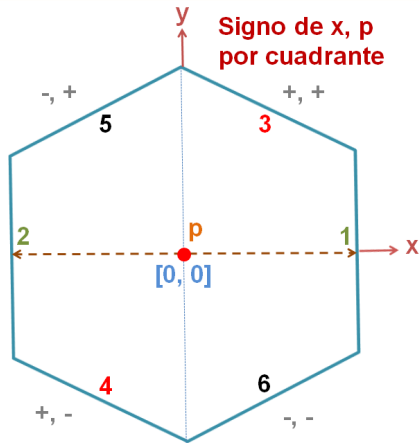
2:  $px - p/2$

3:  $p \quad 1,0 \quad 1,73205 \quad 0,0 \quad p$

3:  $p \quad 1,0 \quad 1,73205 \quad 0,0 \quad -p$

3:  $p \quad -1,0 \quad 1,73205 \quad 0,0 \quad p$

3:  $p \quad -1,0 \quad 1,73205 \quad 0,0 \quad -p$



Malla hexagonal equilátero

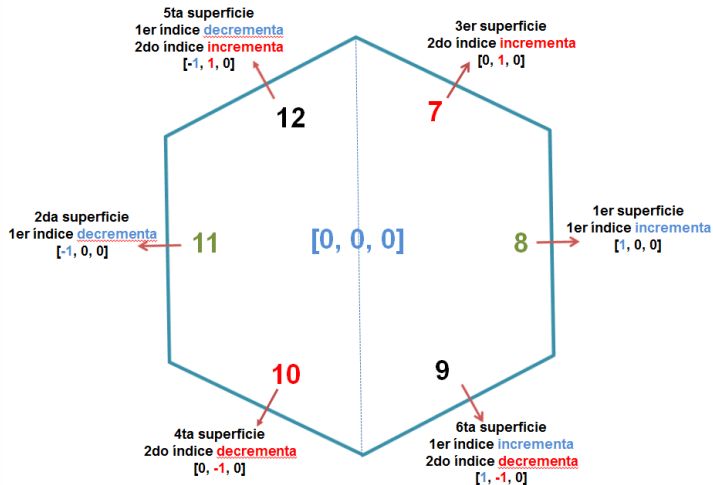
Al menos se requieren seis superficies

Índices de elementos de malla **i** **j** **k** son determinados por el orden de las superficies

Como sigue:

Hacia afuera de la 1<sup>er</sup> superficie es  
Hacia afuera de la 2<sup>da</sup> superficie es  
Hacia afuera de la 3<sup>er</sup> superficie es  
Hacia afuera de la 4<sup>ta</sup> superficie es  
Hacia afuera de la 5<sup>ta</sup> superficie es  
Hacia afuera de la 6<sup>ta</sup> superficie es  
Hacia afuera de la 7<sup>ma</sup> superficie es  
Hacia afuera de la 8<sup>va</sup> superficie es

	[ i, j, k ]
elemento	= [ 1, 0, 0 ]
elemento	= [ -1, 0, 0 ]
elemento	= [ 0, 1, 0 ]
elemento	= [ 0, -1, 0 ]
elemento	= [ -1, 1, 0 ]
elemento	= [ 1, -1, 0 ]
elemento	= [ 0, 0, 1 ]
elemento	= [ 0, 0, -1 ]



Malla hexagonal equilátero