

Ana María Prieto López (1942-2018)



- Primeira programadora en España, de Santiago
- Dende os 21 anos traballou en IBM e foi a primeira programadora en España da empresa informática Bull
- Programou en COBOL e código máquina
- Traballou dende 1969 na Caixa de Aforros de Santiago

Sentenzas de iteración

- Repiten a execución dun bloque de sentenzas ...
 - Un certo nº de veces predeterminado (*iteración definida*)
 - Mentres se cumpra unha condición (ou ata que deixa de cumprirse): non se sabe de antemán o nº de repeticións (*iteración indefinida*)
- Grande importancia en programación
- Sentenza *do*: ambos tipos de iteración

Sentenza *do* definida

```
do var=ini,fin,paso  
    sentenzas  
end do
```

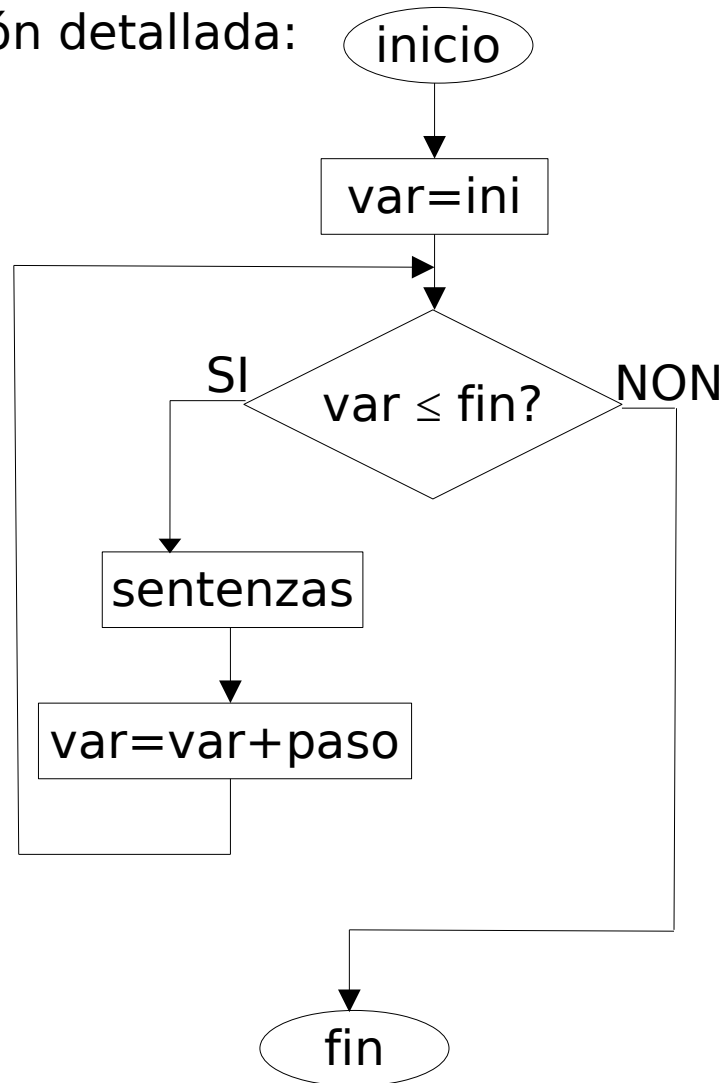
```
do i=1,10  
    print *, v(i)  
end do
```

↑
imprime os
elementos
dun vector

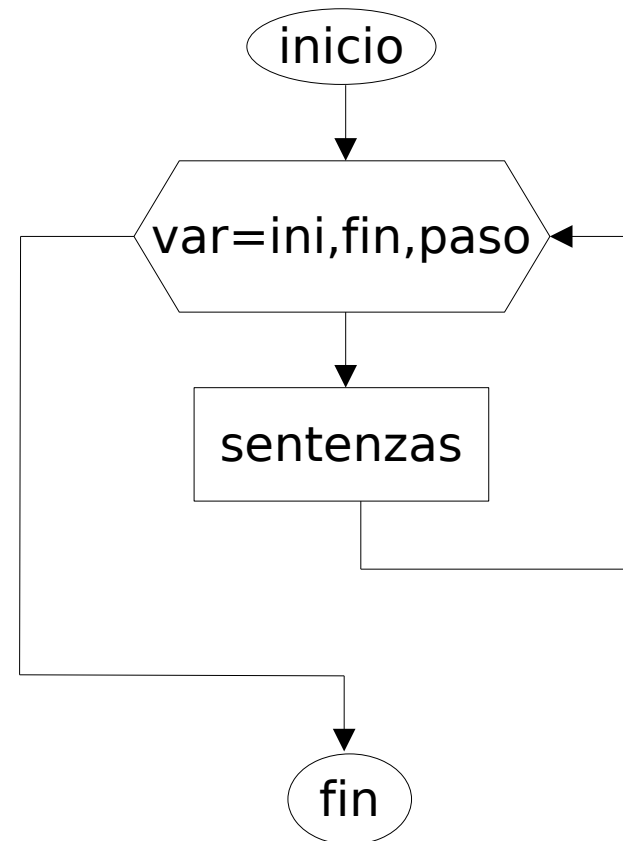
- Antes de executar nada, asigna *ini* a *var*
- Repite as sentenzas mentres *var* ≤ *fin*
- Ao rematar unha iteración (repetición completa das sentenzas), executa *var* = *var* + *paso*
- O valor *paso*: opcional, por defecto vale 1
- Se modificamos *var* dentro das sentenzas: erro de compilación
- O parámetro *ini* debe ser enteiro, non real

Diagrama de flujo *do* definido

Versión detallada:



Versión simplificada:



Sentenza *do* definida

- Nº de iteracións do bucle *do*:

$$N = \max \left\{ 0, \left\lfloor \frac{fin - ini + paso}{paso} \right\rfloor \right\}$$

- Non pode ser *paso* = 0: erro de compilación
- Se *paso* < 0, entón debe ser *fin* < *ini*, e a condición de continuidade do bucle é que *var* >= *fin*. Ex:

```
do i = 10, 1, -1  
    print *, v(i)  
end do
```

- Un bucles *do* pode estar dentro doutros bloques *do* ou *if/else*, ou conter bloques *if/else*.

Exemplo 1: cálculo de desviación típica dun vector

```
real,allocatable :: v(:) ←
```

Declara un vector dinámico

```
real :: m
```

Le por teclado a lonxitude do vector

```
read *, n ←
```

Reserva memoria para o vector

```
allocate(v(n)) ←
```

Le o vector por teclado

```
read *, v ←
```

Calcula a media dos elementos do vector

```
m=sum(v)/n;d=0
```

```
do i=1,n
```

Calcula a desviación típica dos elementos do vector de modo iterativo

```
    t=v(i)-m;d=d+t*t
```

```
end do
```

```
print *,'desv=',sqrt(d/n) ←
```

Mostra a desviación por pantalla

```
deallocate(v)
```

Exemplo 2: búsqueda de elementos comúns a dús vectores

- So con bucles *do*:

```
integer,parameter :: n=10
integer :: x(n),y(n),z(n)
k=0
do i=1,n
    u=x(i)
    do j=1,n
        if(u==y(j)) then
            k=k+1;z(k)=u;exit
        end if
    end do
end do
print *,z(1:k)
```

- Vectorizado:

```
integer,parameter :: n=10
integer :: x(n),y(n),z(n)
k=0
do i=1,n
    u=x(i)
    if(any(u==y)) then
        k=k+1;z(k)=u
    end if
end do
print *,z(1:k)
```

Exemplo 3: acumulador, vectorización e incremental

- Queremos calcular:

$$y_i = \sum_{j=1}^i x_j, i=1, \dots, n$$

- **Versión 2:** vectorizada

```
s=0
do i=1,n
  y(i)=sum(x(1:i))
end do
```

Máis curto,
fai sumas
innecesarias

- **Versión 1:** acumulador

```
do i=1,n
  s=0
  do j=1,i
    s=s+x(j)
  end do
  y(i)=s
end do
```

Acumulador
e dous bucles,
fácil de entender,
moitas iteracións
e operacións

- **Versión 3:** incremental

```
s=0
do i=1,n
  s=s+x(i)
  y(i)=s
end do
```

Aforra moitas
operacións
(sumas)

Erro de segmentación

- Usualmente a xestión de vectores e matrices realízase mediante bucles *do* definidos ou indefinidos. Exemplo:

```
integer,dimension(3) :: v  
do i = 1, 3  
    v(i) = 2*i + 4  
end do
```

- É posíbel que nos saiamos dos límites do vector, p.ex. se *i* chega a valer 10
- En tal caso: *erro de segmentación*: é un exemplo de erro de execución (ver metodoloxía da programación), provoca o remate anticipado do programa.

Detección de erros de segmentación

- Compila coa opción *-fcheck=all*

- Cando se produce o erro de segmentación durante a execución, indica en que liña se produce o erro

- Exemplo:

- Compilación:

gfortran -fcheck=all proba.f90 -o proba

```
program erro_segmentacion
real :: x(10)
do i=0,20
  x(i)=i
  print *,x(i)
end do
stop
end program erro_segmentacion
```

Erro de segmentación
por chegar a ser
i=0 ou i>10

At line 5 of file proba.f90

Fortran runtime error: Index '0' of dimension 1 of array
'x' below lower bound of 1

Depuración con *gdb*

- Se a causa do erro é moi evidente, pódese corrixir o programa directamente
- Se non é así, hai que usar o depurador *gdb* para atopar a causa dun erro de segmentación e corrixir o erro, tal como se explica no apartado *Depuración*. Aquí vai un resumo:

1) Compila con *-g*: *gfortran -g programa.f90*

2) Entra no *gdb*: *gdb a.exe*

3) Executa o programa: *run*

4) Mira en que liña se produce o erro: *where*

5) Imprime as variábeis: *print i*

6) Busca o punto onde o programa se sae do rango de índices dalgún vector ou matriz

7) Sae do *gdb*: *quit*

Sentenza *exit*

- Provoca o remate inmediato das iteracións
- Sempre vai dentro dunha sentenza de selección (asociada a unha condición)
- Se ésta se cumpre, execútase o *exit* e remata o bucle (se hai varios anidados, o bucle máis interno)
- A condición debe ter variábeis, e algunha delas debe cambiar o seu valor dentro do bucle para que éste remate

```
do i = 1, 10
  print *, "introduce un número (-1 para rematar):"
  read *, n
  if(-1 == n) exit !remata a iteración neste intre
  suma = suma + n
end do
```

Bucle indefinido *do/exit*

```
do
  sentenzas
  if(condición) exit
end do
```

Executa as sentenzas antes de avaliar a condición (execútanse sempre polo menos unha vez)

```
x2=0.9
do
  x1=x2;x2=x1**2
  if(abs(x1-x2)<0.01) exit
  print *,x1,x2
end do
```

```
do
  if(condición) exit
  sentenzas
end do
```

Executa as sentenzas logo de avaliar a condición (poden non executarse nunca)

```
x=1
do
  if(x>10) exit
  x=x+0.1
  print *,x,x+1
end do
```

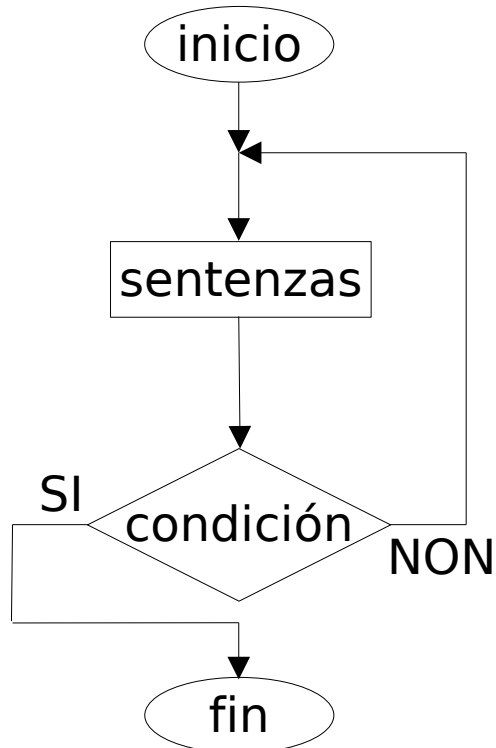
```
do
  sentenzas1
  if(condición) exit
  sentenzas2
end do
```

Remata cando se cumpre a condición: hai sentenzas antes e despois do *exit*: é máis xeral

O bucle *do/exit* executa as sentenzas ata que se cumpre a condición, que polo tanto é **condición de remate**.

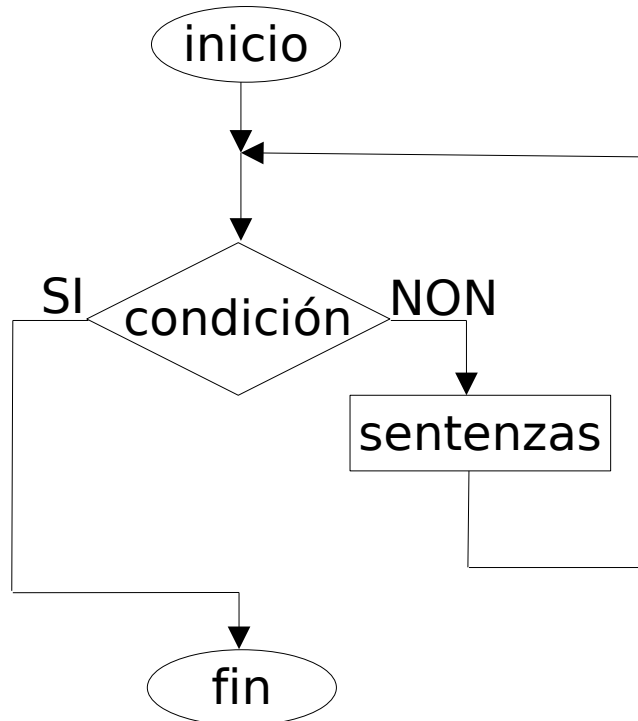
Diagramas de flujo *do/exit*

```
do  
  sentenzas  
  if(condición) exit  
end do
```



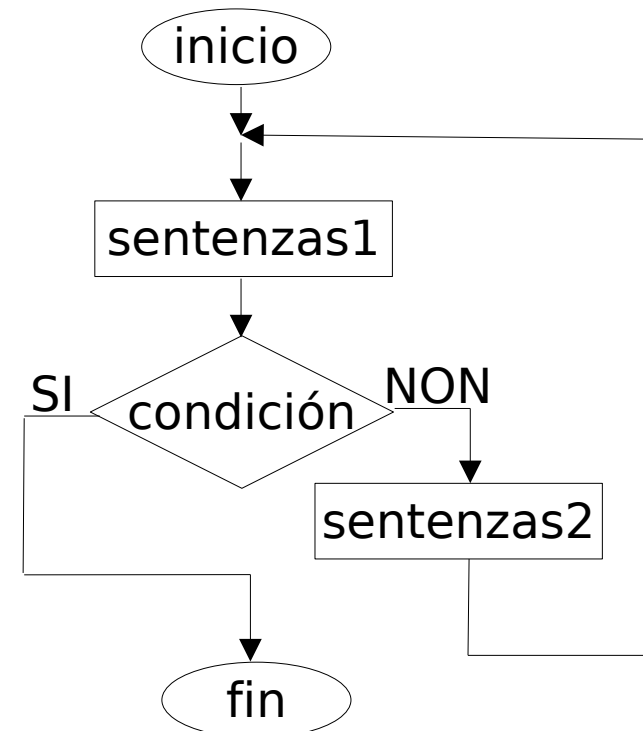
Programación en Fortran

```
do  
  if(condición) exit  
  sentenzas  
end do
```



Sentenzas de iteración

```
do  
  sentenzas1  
  if(condición) exit  
  sentenzas2  
end do
```



14

Bucle indefinido *do/while*

- Executa as sentenzas mentres se cumpre a condición.
- A **condición é de continuidade**, non de remate.
- A condición avalíase antes de cada iteración.
- É menos flexíbel que o *do/exit*, porque a condición non se pode avaliar en calquera parte do bucle.
- Outro inconveniente: debes inicializar as variábeis da condición antes do *while*
- Tamén pode levar un *if/exit* dentro do bucle.

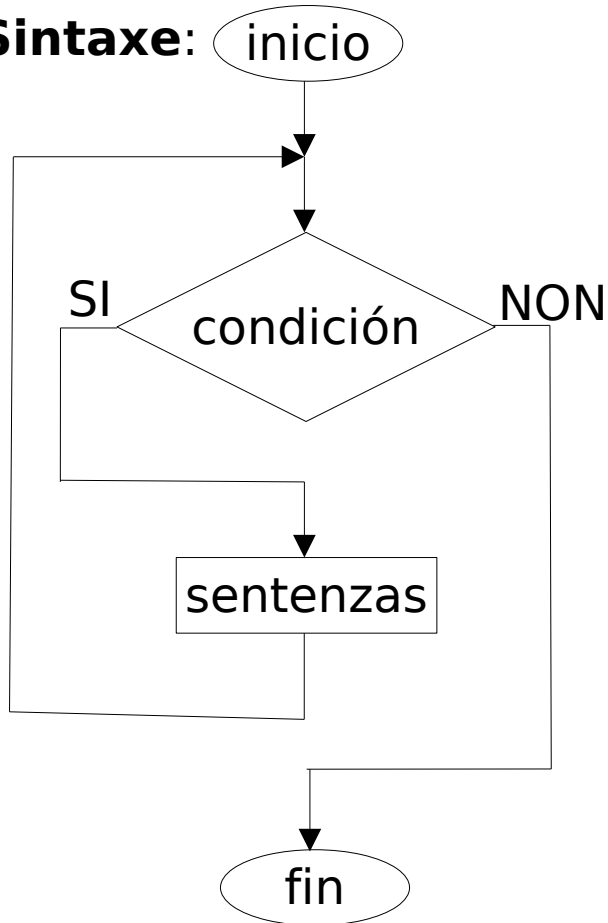
```
do while(condición)
  sentenzas
end do
```

```
s=0
do while(s<10)
  read *,x
  s=s+x
end do
```

```
s=0
do while(s<10)
  read *,x
  if(x==-1) exit
  s=s+x
end do
```

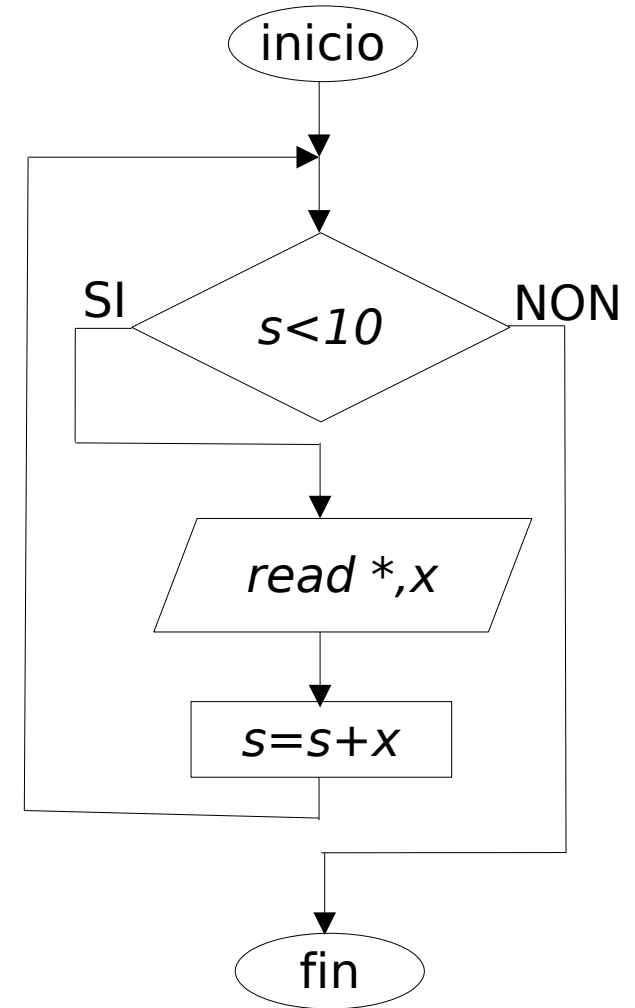
Diagrama de flujo *do/while*

Sintaxe:



Ejemplo:

```
do while(s<10)
  read *,x
  s=s+x
end do
```



Bucle *do* indefinido

- O nº de iteracións depende do nº de veces que non se cumpre a condición de remate

```
do
  print *, "introduce un nº (-1 para rematar)"
  read *, n
  if(n == -1) exit
end do
```

- Non se deben usar == nas condicións os erros en punto flotante poden evitar a igualdade: execución infinita. P.
ex: ~~if(x==y) exit;~~ *if(abs(x-y)<1E-5) exit*

- Bucle *do* infinito:

```
do
  sentenzas
end do
```

```
do while(.true.)
  sentenzas
end do
```

O programa debería rematarse dende fóra, p.ex. con CTRL+C

Bucle *do* indefinido

- **Ejemplo:** aproximación dunha suma (serie) de infinitos sumandos: sumar só os sumandos $> 1e-5$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \simeq \sum_{n \in A} \frac{1}{n^2}, A = \left\{ n \in \mathbb{N} : \frac{1}{n^2} > 10^{-5} \right\}$$

```
suma=0;n=1
do
  sumando=1./n**2
  if(sumando<1e-5) exit
  suma=suma+sumando
  n=n+1
end do
```

Debe ser real ou
dará resultado 0

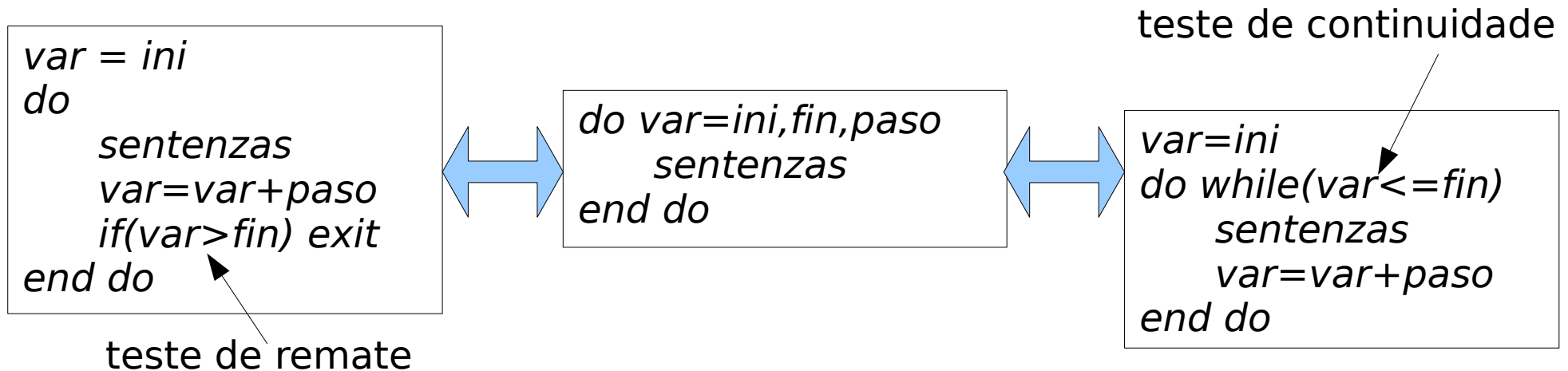
Versión con *do/exit*

Versión con
do-while

```
suma=0;sumando=1;n=1
do while(sumando>1e-5)
  sumando=1./n**2
  suma=suma+sumando
  n=n+1
end do
```

Relación entre bucles definidos e indefinidos

- Un **bucle definido** pódese construír cun **bucle indefinido**, no cal a inicialización, actualización e teste de continuidade ou remate sobre a variábel fanse manualmente:



- As versións indefinidas son útiles se queremos que a variábel a actualizar sexa real, xa que o bucle `do` definido só permite variábeis enteiras.

Exemplo de bucle indefinido: percorrido cíclico dun vector

- Cíclico: cando chegas ao final do vector, volves ao principio
- O *do* definido non vale: hai que usar *do-exit* ou *do-while*
- Cando chegas ao final do vector, voltas ao principio
- Tamén pode ser decrecendo o índice

```
integer :: x(5)=[1,2,3,4,5],s=0
i=1
do while(s<10)
    print *, 'i=',i, ' x=',x(i), ' s=',s
    s=s+x(i)
    i=i+1
    if(i>5) i=1
end do
print *, 'fin: s=',s
```

Bucle *do* híbrido

- É unha mestura de bucle definido e indefinido:

```
do var=ini,fin,paso  
  sentenzas  
  if(condición) exit  
  sentenzas  
end do
```

```
suma=0  
do n=1,100  
  sumando=1./n**2  
  if(sumando<1e-5) exit  
  suma=suma+sumando  
end do
```

```
sumando=1;suma=0;n=1  
do while(sumando>1e-5.and.n<100)  
  sumando=1./n**2  
  suma=suma+sumando  
  n=n+1  
end do
```

- Executa as sentenzas un nº máximo de veces, pero pode rematar antes no *exit* se se cumpre a condición
- Evita unha execución infinita se a condición non está ben deseñada.
- Evita saírse dun vector ou matriz: →

```
integer :: x(5)=[1,2,3,4,5]  
s=0;i=1  
do while(s<1.and.i<=5)  
  s=s+x(i);i=i+1  
end do
```

Sentenza *cycle*

- Provoca que se salte as sentenzas que restan por executar na iteración actual. Sempre vai asociado a unha condición mediante unha sentenza de selección
- A execución salta ao comezo da seguinte iteración (con bucles *do's* anidados, salta á seguinte iteración do bucle *do* máis interno)

```
do i=1,10  
    print *, "introduce un número natural:"  
    read *,n  
    if(n<=0) then  
        print *, "dixen que fora natural!!"  
        cycle    !salta ao print na iteración i+1  
    end if  
    suma=suma+n  
end do
```

Nomeamento de bucles *do*

- Como pode haber bucles aniñados, pode resultar útil nomear os bucles:

```
nome1: do i=1,10,2  
  nome2: do j=1, 50, 4  
    sentenzas  
    if(condición) exit nome1  
  end do nome2  
end do nome1
```

- Permite, p. ex., rematar con *exit* o bucle *do* máis externo (se se desexa)
- Con *cycle*, permite saltar á seguinte iteración dun bucle *do* que non é o máis interno: *cycle nome1*

Sentenza *where/elsewhere*

- Executa sentenzas de asignación para tódolos elementos dun vector/matriz nos que se cumpre (ou non) unha condición.

```
where condición-arrai  
    asignacións_arrai_1  
elsewhere  
    asignacións_arrai_2  
end where
```

```
real :: a(3,3),b(3,3)  
where(a==b)  
    a=b+3  
end where
```

```
real,dimension(10) :: v,w  
where(v>w)  
    v=v+w  
elsewhere  
    v=v-w  
end where
```

Permite vectorizar expresións, evitando bucles *do* e executando operacións para moitos elementos á vez.

Sentenza *forall*

- **Sentenza *forall*:** executa iterativamente sentenzas de asignación sobre vector ou matriz, similar a sentenza *where*

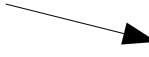
forall (var=ini:paso:fin,condición) asignacións

```
forall (i=1:n,i>=2.and.i<=4) x(i)=i**2
```

forall (var1=ini1:paso1:fin1,var2=ini2:fin2,condición)

asignacións

end forall



```
forall (i=1:n,j=1:m,y(i,j)/=0.and.i/=j)  
    x(i,j)=1./y(i,j)  
end forall
```

- **Bucle *do implícito*:** *print *, (v(i),w(i),i=1,10)*
 - Imprime un vector nunha única liña
 - Imprime unha matriz, cada fila nunha liña da terminal

```
do i=1,3  
    print *,(m(i,j),j=1,3)  
end do
```

Sentenza *pack* con vectores

- Retorna un vector k cos índices, ou os valores, dos elementos do vector que cumpren unha condición. Se ningún a cumpre, vector baleiro ($size(k)=0$): similar á función *find* de Octave
- *pack(x,condición)*: valores que cumpren a condición
- *pack([(i,i=1,n)],condición)*: índices dos elementos
 $n=n^o$ elementos do vector ou matriz que se testea

condición: expresión lóxica que ten un vector x : p.ex. $x \geq 2$

Retorna
valores que
cumpren a
condición

```
integer :: x(4)=[2,3,5,2]  
print *, 'x > 2: ', pack(x, x > 2)
```

```
integer :: x(4)=[2,3,5,2]  
integer, allocatable :: z(:)  
z = pack(x, mod(x, 2) == 0)  
print *, 'x par: ', z
```

```
integer :: x(4)=[2,3,5,2]  
integer, allocatable :: k(:)  
k = pack([(j, j=1, 4)], x == 2)  
print *, k ! k(1)=1, k(2)=4
```

Retorna os
índices dos
elementos
que cumpren
a condición

Se queres almacenar os valores ou índices nun vector, hai que declaralo como *allocatable* sen reservar memoria

Sentenza *pack* con matrici

Retorna os valores
da matriz que
cumpren a condición

```
integer :: a(2,3)=reshape([7,2,1,8,10,3],[2,3])  
integer,allocatable :: z(:)  
print *, 'a>2: ', pack(a,a>2)  
z=pack(a,mod(x,2)==0) ! valores pares
```

Retorna os índices
dos elementos que
cumpren a condición

```
integer :: a(2,3)=reshape([7,2,1,8,10,3],[2,3])  
integer :: i(2,3)=reshape([1,2,3,4,5,6],[2,3])  
integer,allocatable :: k(:)  
k=pack(i,mod(a,2)==0) ! k=(2,4,5)  
k=pack(i,a>2) ! k=(1,4,5,6)  
k=pack(i,a==7) ! k=1
```

Uso de *pack* para vectorizar expresi3ns

- Eliminar elementos dun vector:

```
integer, allocatable :: x(:), y(:), j(:), k(:)  
x = [(i**2, i=1, 10)]  
y = pack(x, x >= 3 .and. x <= 5) ! baseándose no valor de x(i)  
j = [(i, i=1, 10)]  
k = pack(j, j /= 2)  
x = x(k) ! baseándose no índice: borra x(2)
```

- Eliminar filas e columnas dunha matriz

```
integer :: a(3,3) = reshape([1,2,3,4,5,6,7,8,9], [3,3])  
integer, allocatable :: b(:, :), k(:), m(:)  
k = [(i, i=1, 3)]  
m = pack(k, k /= 2) ! borra o elemento 2 de vector k  
b = a(m, m) ! colle filas 1,3 e columnas 1,3 de a
```

Conversión entre vectores e matrices con *reshape*

Función *reshape(x,forma)*: o argumento *forma* pode ser *[n]* (para convertir a vector de lonxitude *n*), ou *[nf,nc]*, para convertir a unha matriz *nfxnc*.

- Conversión de vector a matriz:
a=reshape(v,[nf,nc])
- Conversión de matriz a vector:
v=reshape(a,[n])

```
real :: v(4)=[1,2,3,4]
real :: a(2,2)
a=reshape(v,[2,2])
```

Convirte de vector a matriz por columnas

```
real :: v(4)
real :: a(2,2)=reshape([1,2,3,4],[2,2])
v=reshape(a,[4])
print *, 'v=', v
```

Función *shape(v)*, *shape(a)*: retorna un vector coas dimensións do vector/matriz.

Programa de conversión de vector a matriz

```
program vector_matriz
real,allocatable :: x(:)
real,allocatable :: a(:, :)
real,parameter :: rand_max=2147483647
n=5;m=floor(sqrt(real(n)));k=1
allocate(x(n),a(m,m))
do i=1,n
    x(i)=floor(10.*irand()/rand_max)    ! n° inteiro aleatorio entre 0 e 10
end do
do i=1,m ! conversión por filas
    do j=1,m
        a(i,j)=x(k);k=k+1
    end do
end do
! para convertir por columnas: a(j,i)=x(k)
print *, 'x=', x                ! imprime vector
print *, 'a='                  ! imprime matriz
do i=1,m
    print *, (a(i,j), j=1, m)
end do
deallocate(x,a)
stop
end program vector_matriz
```

Programa de conversión de matriz a vector

```
program matriz_vector
real,allocatable :: x(:)
real,allocatable :: a(:, :)
n=3;m=n**2;k=1
allocate(x(m),a(n,n))
do i=1,n
    do j=1,n
        a(i,j)=i**2*j+i    ! inicializa a(i,j)
    end do
end do
do i=1,n ! conversión por filas
    do j=1,n
        x(k)=a(i,j);k=k+1
    end do
end do
! para convertir por columnas: x(k)=a(j,i)
print *, 'a='                ! imprime matriz
do i=1,n
    print *, (a(i,j), j=1,n)
end do
print *, 'x=', x              ! imprime vector
deallocate(x,a)
stop
end program matriz_vector
```