

# Fundamentos de Organización de Datos

Clase 7

# Agenda

## Hashing

- Definición
- Tipos
- Propiedades

## Propiedades

- Función de hash
- Densidad / tamaño nodo
- Tratamiento del overflow

## Dispersión

- Estática
- Dinámica

# Hashing (Dispersión) → Introducción

Necesitamos un mecanismo de acceso a registros con una lectura solamente

- **Secuencia:**  $N/2$  accesos promedio
- **Ordenado:**  $\log_2 N$
- **Árboles:** 3 o 4 accesos

Clave Primarias → características

- **No se repiten**
- **El resto de las claves actúan a través de ella**
- Cuando se aprenda a modelar, tendrán más características que las hacen especiales

# Hashing (Dispersión) → Definición

Técnica para generar una dirección base única para una llave dada. La dispersión se usa cuando se requiere acceso rápido a una llave

Técnica que convierte la llave del registro en un número aleatorio, el que sirve después para determinar donde se almacena el registro.

Técnica de almacenamiento y recuperación que usa una función de hash para mapear registros en dirección de almacenamiento.

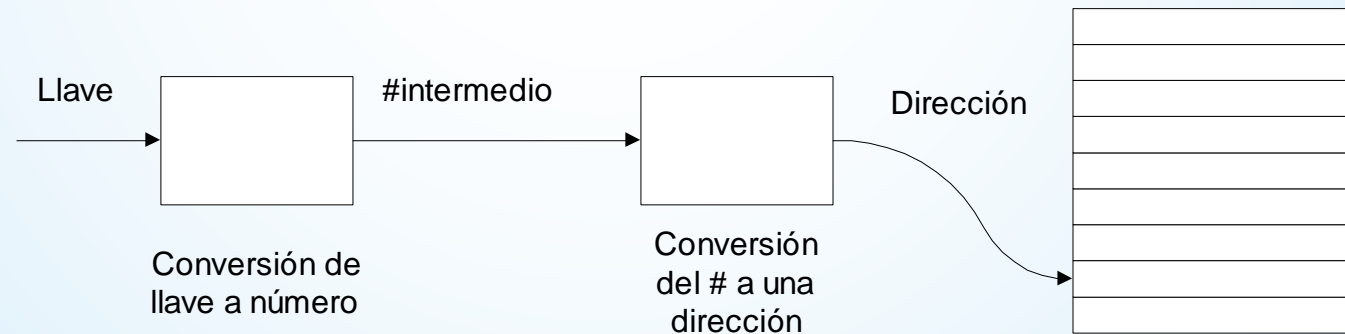
# Hashing (Dispersion) → definición

- Archivos secuenciales indizados
  - Archivo de datos
  - Archivo con índice primario
  - Archivos con índices univocos o secundarios
- Archivos directos
  - UN ACCESO
  - No puede haber estructuras adicionales
  - Se organiza EL archivo de datos
  - Solo puede organizarse por un UNICO criterio
  - Ese criterio es la clave primaria

# Hashing (Dispersión) → Definición

## Atributos del hash

- No requiere almacenamiento adicional (índice)
- Facilita inserción y eliminación rápida de registros
- Encuentra registros con muy pocos accesos al disco en promedio



# Hashing (Dispersión) → Definición

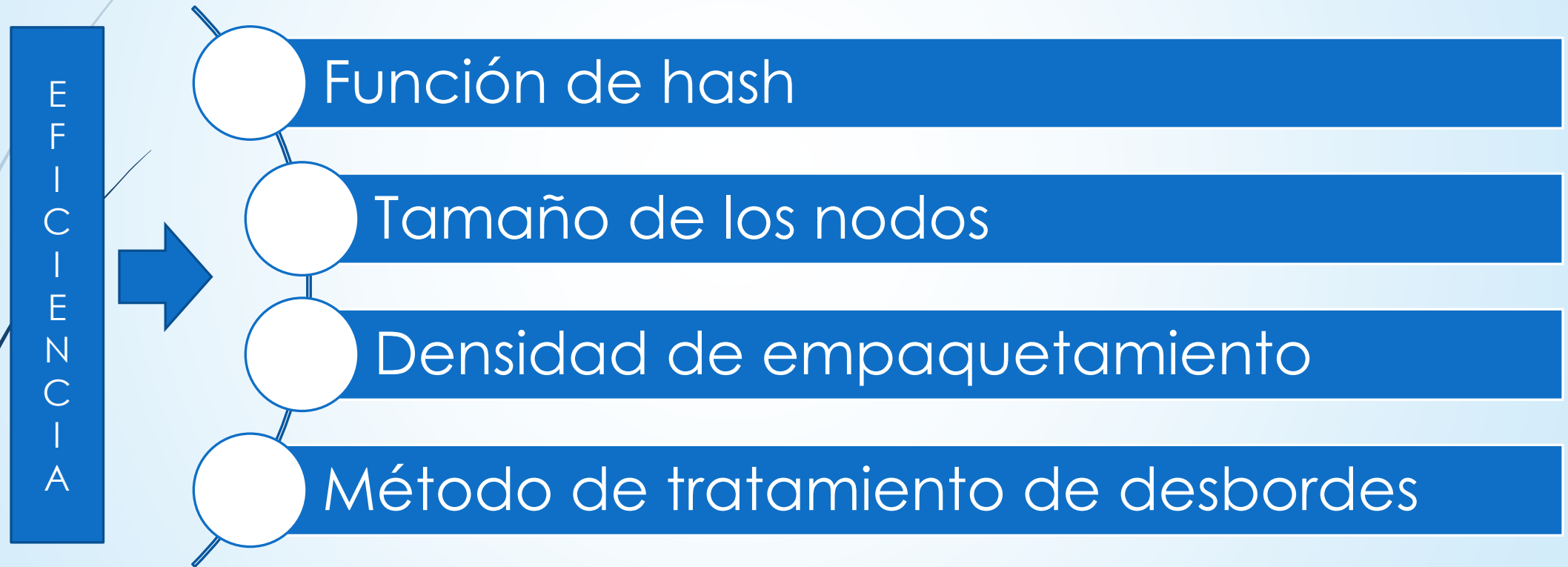
## Costo

- No podemos usar registros de longitud variable
- No puede haber orden físico de datos
- No permite llaves duplicadas

## Para determinar la dirección

- La clave se convierte en un número casi aleatorio
- # se convierte en una dirección de memoria
- El registro se guarda en esa dirección
- Si la dirección está ocupada → colisión/overflow (tratamiento especial)

# Hashing (Dispersión) → Parámetros





# Hashing (Dispersión) → Parámetros

## 1. Función de hash

- Caja negra que a partir de una clave se obtiene la dirección donde debe estar el registro.
- Diferencias con índices
  - Dispersión no hay relación aparente entre llave y dirección
  - Dos llaves distintas pueden transformarse en iguales direcciones (colisiones)

# Hashing (Dispersión) → parámetros

## Colisión:

- Situación en la que un registro es asignado a una dirección que está utilizada por otro registro

## Overflow

- Situación en la que un registro es asignado a una dirección que está utilizada por otro registro y no queda espacio para este nuevo

## Soluciones

- Algoritmos de dispersión sin colisiones o que estas colisiones nunca produzcan overflow (perfectos) (imposibles de conseguir)
- Almacenar los registros de alguna otra forma, esparcir

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

## Soluciones para las colisiones

- Esparcir registros: buscar métodos que distribuyan los registros de la forma más aleatoria posible
- Usar memoria adicional: distribuir pocos registros en muchas direcciones, baja la densidad de empaquetamiento:
  - Disminuye el colisiones y por ende overflow
  - Desperdicia espacio
- Colocar más de un registro por dirección: direcciones con N claves, mejoras notables

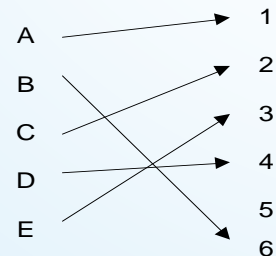
# Hashing (Dispersión) → Parámetros

## Algoritmos simples de dispersión

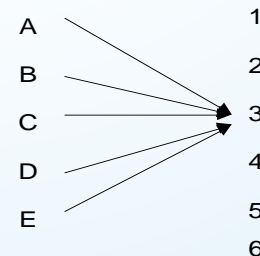
- Condiciones
  - Repartir registros en forma uniforme
  - Aleatoria (las claves son independientes, no influyen una sobre la otra)

## Tres pasos

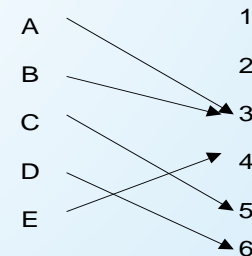
- Representar la llave en forma numérica (en caso que no lo sea)
- Aplicar la función
- Relacionar el número resultante con el espacio disponible



uniforme



peor



aceptable

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

## 2. Tamaño de las cubetas

- Puede tener más de un registro
- A mayor tamaño
  - Menor overflow
  - Mayor fragmentación
  - Búsqueda más lenta dentro de la cubeta (este concepto realmente afecta al problema?)

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

## 3. Densidad de empaquetamiento

- Proporción de espacio del archivo asignado que en realidad almacena registros
- $DE = \frac{\text{número de registros del archivo}}{\text{capacidad total del archivo}}$
- Densidad de empaquetamiento menor
  - Menos overflow
  - Más desperdicio de espacio

# Hashing → estimacion del Overflow

- Es necesario analizar el comportamiento de un archivo directo
- Cuando encontrar un registro requiere un solo acceso y cuando requiere mas cantidad de accesos
- Estimar el Overflow
  - Analizar probabilisticamente si la insercion de un registro genera o no colision
  - Analizar si la colisión genera o no overflow
- Es necesario
  - Conocer elementos básicos de probabilidades
  - Vamos a utilizar la distribucion de Poisson



# Hashing (Dispersión) → Parámetros

## Estimación del overflow → sabiendo que

- N # de cubetas,
- C capacidad de nodo,
- R # reg. Del archivo
- $DE = \frac{R}{C \times N}$
- Probabilidad que una cubeta reciba I registros (distribución de Poisson)

$$P(I) = \frac{R!}{I! * (R - I)!} * \left(\frac{1}{N}\right)^I * \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{R-I}$$



# Hashing (Dispersión) → Parámetros

Por que? Cuál es la justificación de la fórmula anterior?

- Supongamos que
  - A: no utilizar un cubeta particular
  - B: utilizar una cubeta en particular
- $P(B) = 1/N$        $P(A) = 1 - P(B) = 1 - 1/N$
- Si tenemos dos llaves?
  - $P(BB) = P(B) * P(B) = (1/N)^2$  (porque se puede asegurar esto?)
  - $P(BA) = P(B) * P(A) = (1/N) * (1 - 1/N)$
  - $P(AA) = P(A) * P(A) = (1 - 1/N)^2$

## Hashing (Dispersión) → Parámetros

Si la secuencia fuera de tres claves

- $P(BBB) = P(B) * P(B) * P(B) = (1/N)^3$
- $P(BAA) = P(B) * P(A) * P(A) = (1/N) * (1-1/N)^2$
- $P(AAA) = P(A) * P(A) * P(A) = (1-1/N)^3$
- Cuantas combinaciones? → 8

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

- ▶ En general → si fueran R claves
  - ▶  $P(A...AB...B)$  siendo la suma de A y B igual a R
  - ▶ Que nos interesa → que I registros vayan a un nodo
  - ▶ ESTO QUE SIGNIFICA
    - ▶ B...B (I veces)
    - ▶ A...A (R-I veces)
- ▶  $P(B)$  i veces
- ▶  $P(A)$  R-I Veces
- ▶  $(1/N)^i * (1-1/N)^{R-i}$

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

- Ahora analicemos la siguiente situación
- $P(B..B A..A)$  siendo  $I$  la cantidad de  $B$  y  $R-I$  la cantidad de  $A$ 
  - $(1/N)^i * (1-1/N)^{R-I}$
- $P(B A.. A B.. B)$  siendo  $I$  la cantidad de  $B$  y  $R-I$  la cantidad de  $A$ 
  - $(1/N)^i * (1-1/N)^{R-I}$
- $P(A.. A B.. B)$  siendo  $I$  la cantidad de  $B$  y  $R-I$  la cantidad de  $A$ 
  - $(1/N)^i * (1-1/N)^{R-I}$
- Todas las anteriores combinaciones dan la misma probabilidad
  - Cuantas combinaciones se pueden hacer
  - $R$  tomadas de a  $I$   $\left( \frac{R!}{I! * (R-I)!} \right)$

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

$$P(I) = \frac{R!}{I! * (R - I)!} * \left(\frac{1}{N}\right)^I * \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{R-I}$$

En general la secuencia de R llaves, que I caigan en un nodo es la probabilidad

$$\left(\frac{1}{N}\right)^I * \left(1 - \frac{1}{N}\right)^{R-I}$$

Cuántas formas de combinar esta probabilidad hay (R tomadas de a I combinaciones)

$$\frac{R!}{I! * (R - I)!}$$

Función de Poisson: (probabilidad que un nodo tenga I elementos) R, N, I con la definición ya vista

$$P(I) = \frac{(R/N)^I * e^{-(R/N)}}{I!}$$

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

## Análisis numéricos de Hashing

- En general si hay  $n$  direcciones, entonces el # esperado de direcciones con  $l$  registros asignados es  $N * P(l)$ .
- Las colisiones aumentan con al archivo más "lleno"
- Ej:  $N = 10000$     $R = 10000$     $DE = 1$     $100\%$

$P(0) = 0.3679$		3679	
$P(1) = 0.3679$	*	10000	3679
$P(2) = 0.1839$		1839	
$P(3) = 0.0613$		613	

qué significa?

$$\text{overflow} = 1839 + 2 * 613 = 3065 \quad (\text{alto})$$

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

Ahora supongamos que el problema es

- $R = 500$      $N = 1000$      $DE = 50\%$

$$P(0) = 0.607 \quad 607$$

$$P(1) = 0.303 \quad * 1000 \quad 303$$

$$\text{saturación} = N * [ 1 * P(2) + 2 * P(3) + 3 * P(4) + 4 * P(5) ] = 107$$

- **Saturación menor**

densidad	overflow
10%	4.8%
50%	21.4%
100%	36.8%

- **los números bajos de overflow (baja densidad) → muchas cubetas libres**

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

Que pasa si mantenemos la DE pero cambiamos ciertos valores

- EJ:

$R = 750$

$N = 1000$

$C = 1$



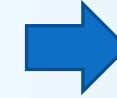
$DE = 75\%$

$R/N = 0,75$

$R = 750$

$N = 500$

$C = 2$



$DE = 75\%$

$R/N = 1,5$

deben influir en la función de Poisson

saturación

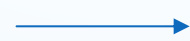
$c = 1$



222

cubetas

$c = 2$



140

cubetas

- Cual es el tamaño de la cubeta?



# Hashing (Dispersión) → Parámetros

DE	1	2	5	10	100
10%	4.8	0.6	0.0	0.0	0.0
20%	9.4	2.2	0.1	0.0	0.0
30%	13.6	4.5	0.4	0.0	0.0
40%	17.6	7.3	1.1	0.1	0.0
50%	21.3	10.4	2.5	0.4	0.0
60%	24.8	13.7	4.5	1.3	0.0
70%	28.1	17.0	7.1	2.9	0.0
75%	29.6	18.7	8.6	4.0	0.0
80%	31.2	20.4	10.3	5.3	0.1
90%	34.1	23.8	13.8	8.9	0.8
100%	36.8	27.1	17.6	12.5	4.0

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

## Tratamiento de Colisiones con Overflow

- Hemos visto que el % de overflow se reduce, pero el problema se mantiene dado que no llegamos a 0%

## Algunos métodos

- Saturación progresiva
- Saturación progresiva encadenada
- Doble dispersión
- Área de desborde separado

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

## Saturación progresiva:

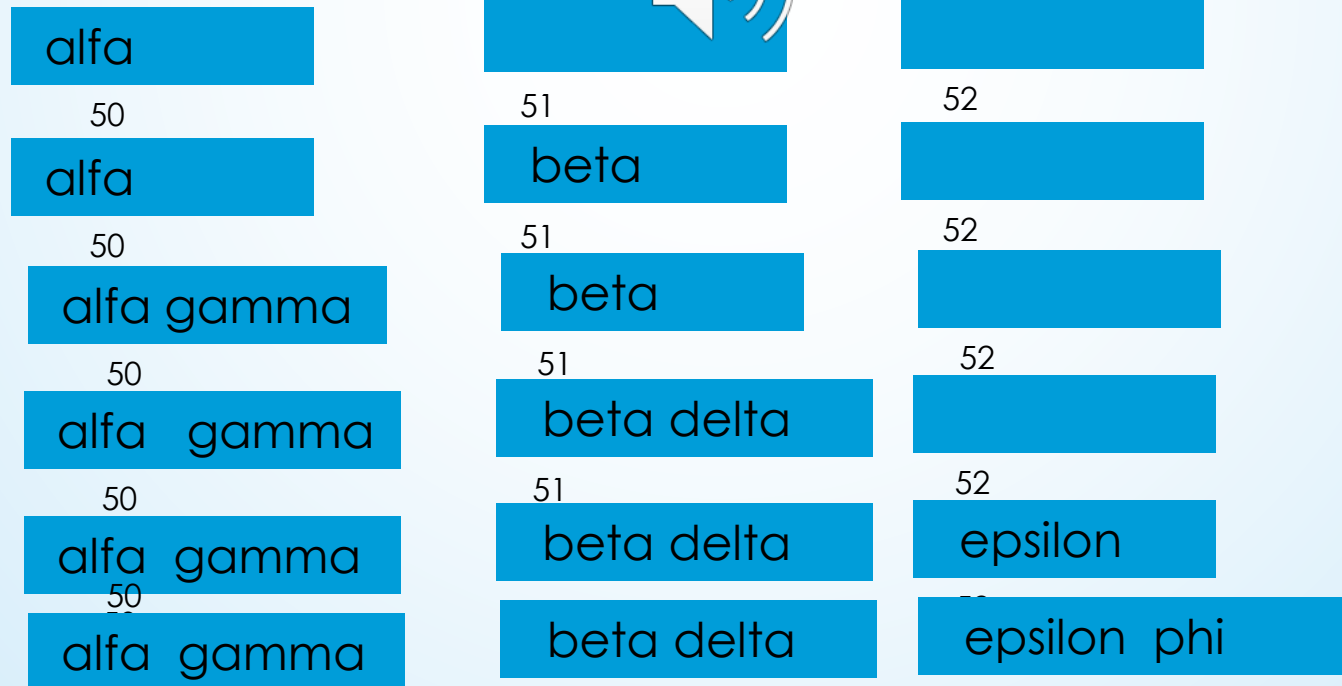
- Cuando se completa el nodo, se busca el próximo hasta encontrar uno libre.
- Búsqueda?
- Eliminación, no debe obstaculizar las búsquedas

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

- Supongamos que la Fh general estas direcciones para las llaves dadas

$Fh(\alpha) = 50$   
 $Fh(\beta) = 51$   
 $Fh(\gamma) = 50$   
 $Fh(\delta) = 50$   
 $Fh(\epsilon) = 52$   
 $Fh(\phi) = 51$

Nodos de  
capacidad 2



# Hashing (Dispersión) → Parámetros

- Supongamos que la Fh general estas direcciones para las llaves dadas

$Fh(\alpha) = 50$   
 $Fh(\beta) = 51$   
 $Fh(\gamma) = 50$   
 $Fh(\delta) = 50$   
 $Fh(\epsilon) = 52$   
 $Fh(\phi) = 51$

Nodos de capacidad 2

BORRO beta



# Hashing (Dispersión) → Parámetros

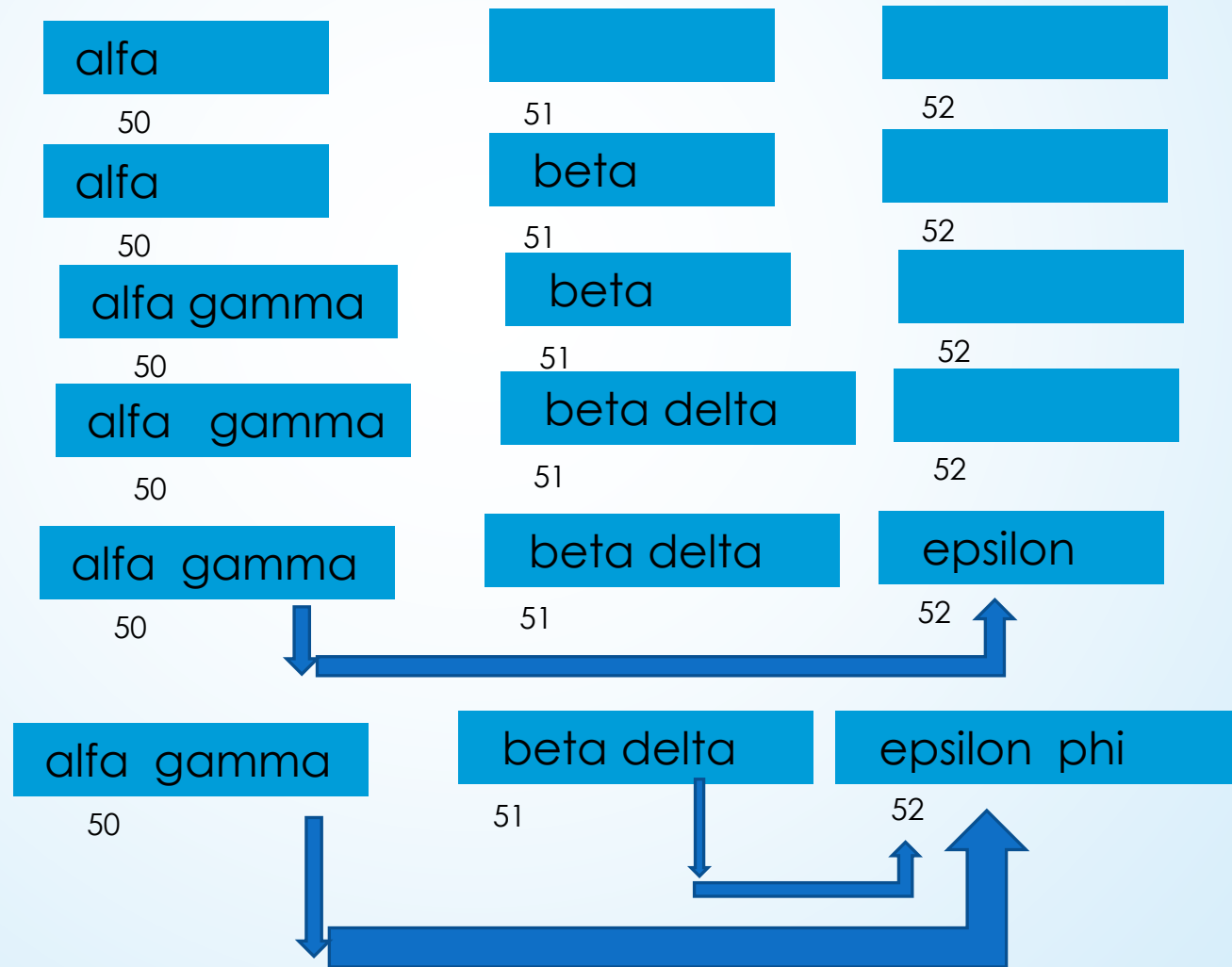
## saturación progresiva encadenada

- similar a saturación progresiva, pero los reg. de saturación se encadenan y “no ocupan” necesariamente posiciones contiguas
- Ejemplo

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

- Supongamos que la Fh genera estas direcciones para las llaves dadas
- Nodos de capacidad 2

$Fh(\alpha) = 50$   
 $Fh(\beta) = 51$   
 $Fh(\gamma) = 50$   
 $Fh(\delta) = 51$   
 $Fh(\epsilon) = 50$   
 $Fh(\phi) = 51$





# Hashing (Dispersión) → Parámetros

## Dispersión doble:

- saturación tiende a agrupar en zonas contiguas, búsquedas largas cuando la densidad tiende a uno
- Solución almacenar los registros de overflow en zonas no relacionadas.
- esquema con el cual se resuelven overflows aplicando una segunda función a la llave para producir un  $N^{\circ} C$ , el cual se suma a la dirección original tantas veces como sea necesario hasta encontrar una dirección con espacio.



# Hashing (Dispersión) → Parámetros

- Supongamos que la Fh general estas direcciones para las llaves dadas  
Nodos de capacidad 2

$F1h(\alpha) = 50$	$F2h(\alpha) = 5$
$F1h(\beta) = 51$	$F2h(\beta) = 10$
$F1h(\gamma) = 50$	$F2h(\gamma) = 20$
$F1h(\delta) = 50$	$F2h(\delta) = 8$
$F1h(\epsilon) = 52$	$F2h(\epsilon) = 7$
$F1h(\phi) = 51$	$F2h(\phi) = 3$
$F1h(\tau) = 50$	$F2h(\tau) = 10$
$F1h(\rho) = 52$	$F2h(\rho) = 5$
$F1h(\theta) = 50$	$F2h(\theta) = 2$

alfa

50

alfa

50

alfa gamma

50

alfa gamma

50

51

beta

51

beta

51

beta

51

52

52

52

delta

58

alfa gamma

50  
50

beta

51

epsilon

52

delta

58

alfa gamma

50

beta phi

51

epsilon

52

delta

58

tau

60

alfa gamma

50

beta phi

51

epsilon rho

52

delta

58

tau

60

tita

54

# Hashing (Dispersión) → Parámetros

## Encadenamiento en áreas separadas:

- No utiliza nodos de direcciones para los overflow, estos van a nodos especiales
- Ejemplo:
- Se mejora el tratamiento de inserciones o eliminaciones. Empeora el TAP.
- Ubicación del desborde
  - A intervalos regulares entre direcciones asignadas
  - Cilindros de desborde

# Hashing (Dispersión)

## Hash con espacio de direccionamiento estático

- Necesita un número de direcciones fijas, virtualmente imposible
- Cuando el archivo se llena
  - Saturación excesiva
  - Redispersar, nueva función, muchos cambios

## Solución → espacio de direccionamiento dinámico

- Reorganizar tablas sin mover muchos registros
- Técnicas que asumen bloques físicos, pueden utilizarse o liberarse.

# Hashing (Dispersión) → espacio dinámico

## Varias posibilidades

- Hash virtual
- Hash dinámico
- Hash Extensible



## Hash Extensible

- Adapta el resultado de la función de hash de acuerdo al número de registros que tenga el archivo, y de las cubetas necesitadas para su almacenamiento.
- Función: Genera secuencia de bits (normalmente 32)

# Hashing (Dispersión) → espacio dinámico

## Como trabaja

- Se utilizan solo los bits necesarios de acuerdo a cada instancia del archivo.
- Los bits tomados forman la dirección del nodo que se utilizará
- Si se intenta insertar a una cubeta llena deben reubicarse todos los registros allí contenidos entre el nodo viejo y el nuevo, para ello se toma un bit más.
- La tabla tendrá tantas entradas (direcciones de nodos) como  $2^i$ , siendo  $i$  el número de bits actuales para el sistema.

# Hashing (Dispersión) → espacio dinámico (ejemplo)

Clave	Secuencia de bits
Alfa	.... 0011 0011
Beta	.... 0110 0101
Gamma	.... 1001 1010
Epsilon	.... 0111 1100
Delta	.... 1100 0001
Tita	.... 0001 0110
Omega	.... 1111 1111
Pi	.... 0000 0000
Tau	.... 0011 1011
Lambda	.... 0100 1000
Sigma	.... 0010 1110



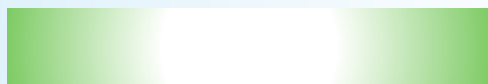
# Ejemplo de hash extensible

39

Estado inicial del problema

- Un solo nodo es necesario para mi archivo
- Una sola dirección de disco debe tenerse
- Nodos de capacidad 2

Tabla --> nro bits = 0

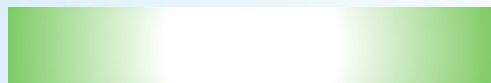


Nodo 0



Llega ALFA → se aplica función de hash y se toman de la función de hash 0 bits

Tabla --> nro bits = 0

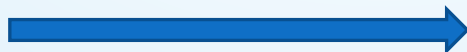
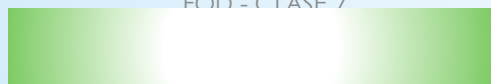


Nodo 0



Llega BETA → se aplica función de hash y se toman de la función de hash 0 bits

Tabla --> nro bits = 0



Nodo 0

UNLP - Facultad  
de Informática



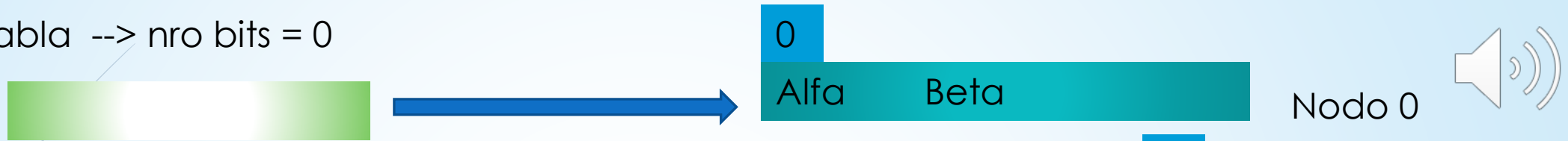


# Ejemplo de hash extensible

40

Llega GAMMA → se aplica función de hash y se toman de la función de hash 0 bits

Tabla → nro bits = 0



Pero GAMMA No Cabe en el nodo 0 → OVERFLOW tratamiento especial

1. sumar uno al valor del nodo con overflow
2. se crea un nuevo nodo y se pone el mismo valor del nodo 0
3. Comparar el valor con el nro de bits de la tabla
4. Si es menor pasar al paso 7
5. Duplicar el tamaño de la tabla
6. Aumentar en uno el nro de bits
7. Reacomodar direcciones
8. Reacomodar registros

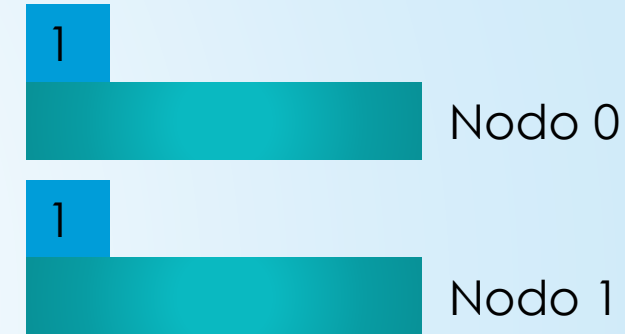


Tabla → nro bits = 1

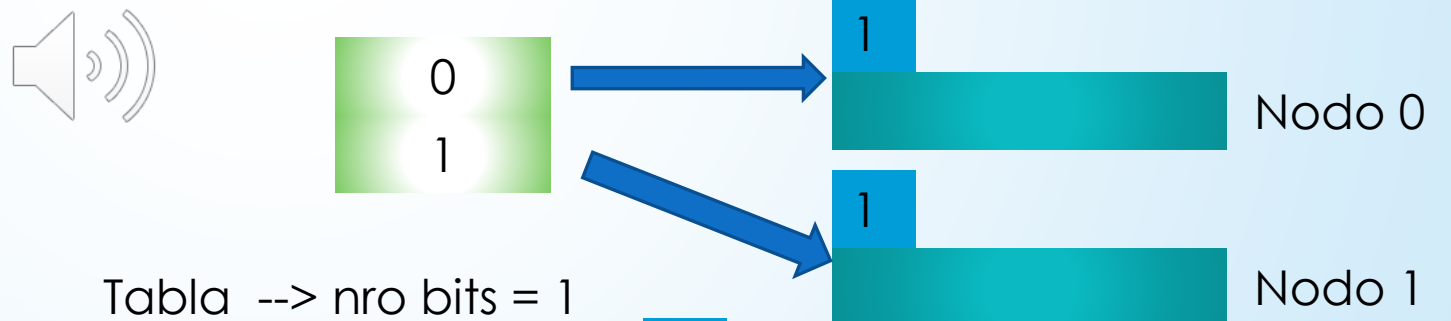
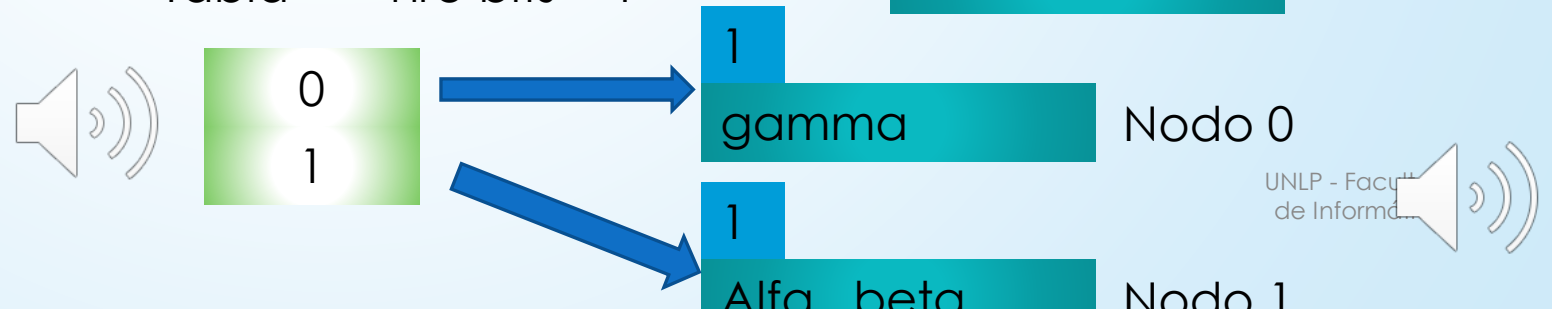


Tabla → nro bits = 1



Clave	Secuencia de bits
Alfa	.... 0011 0011
Beta	.... 0110 0101
Gamma	.... 1001 1010




# Ejemplo de hash extensible

41

Epsilon

.... 0111 1100

Tabla --> nro bits = 1



0
1

1

Gamma epsilon

Nodo 0

1


Alfa beta

Nodo 1

Delta

.... 1100 0001

Tabla --> nro bits = 2



00
10
01
11

1

Gamma epsilon

Nodo 0

2

Nodo 1

2

Nodo 2

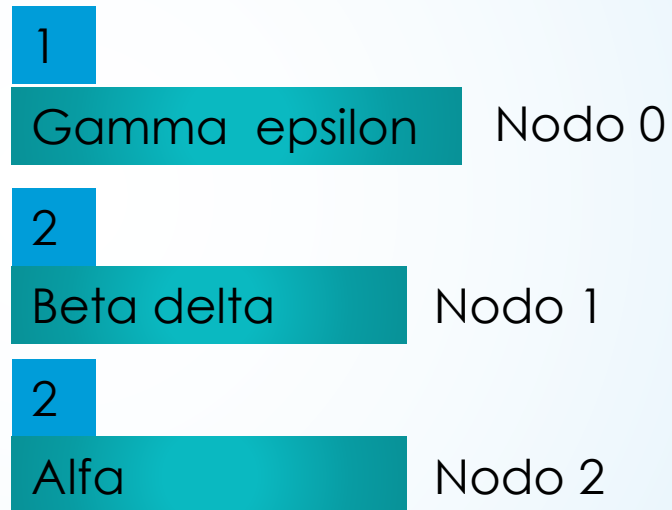
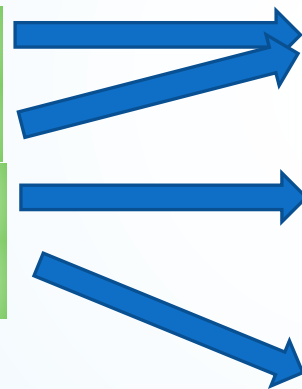
# Ejemplo de hash extensible

42

<b>Alfa</b>	.... 0011 0011
Beta	.... 0110 0101
<b>Delta</b>	.... 1100 0001

Tabla --> nro bits = 2

00
10
01
11



# Ejemplo de hash extensible

43

Tita

.... 0001 0110

Tabla --> nro bits = 2

00
10
01
11

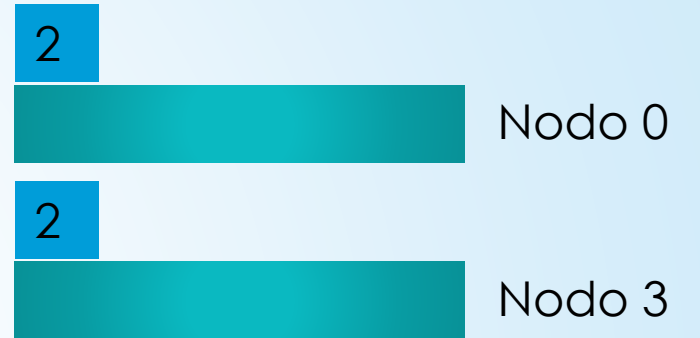
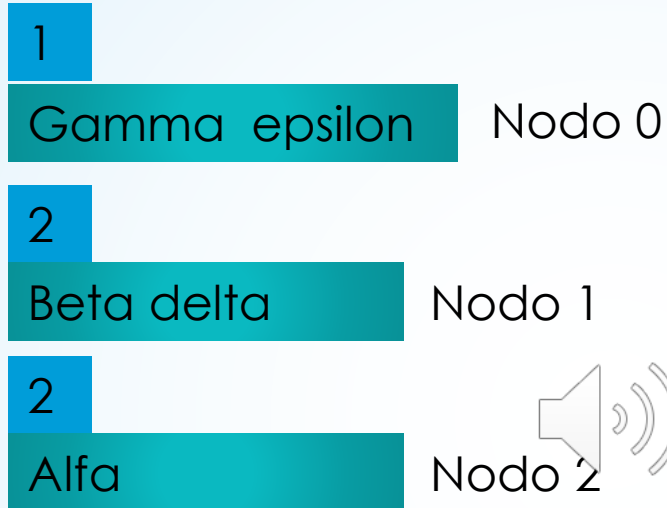
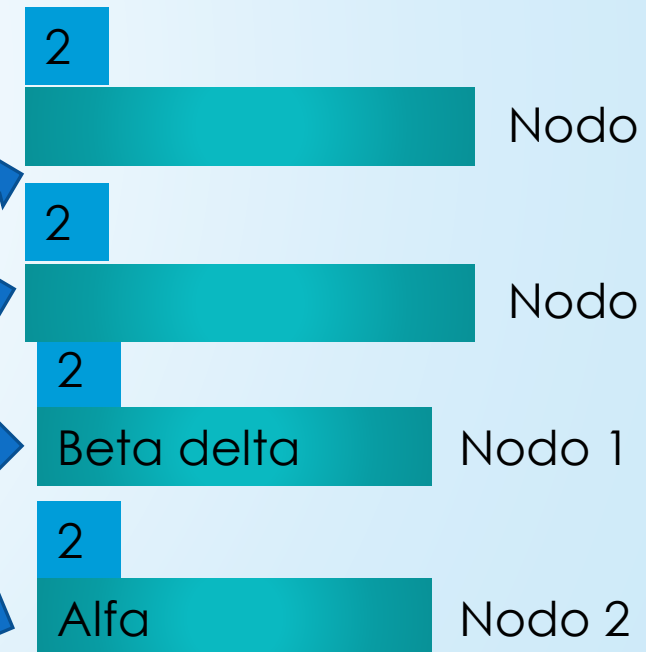


Tabla --> nro bits = 2

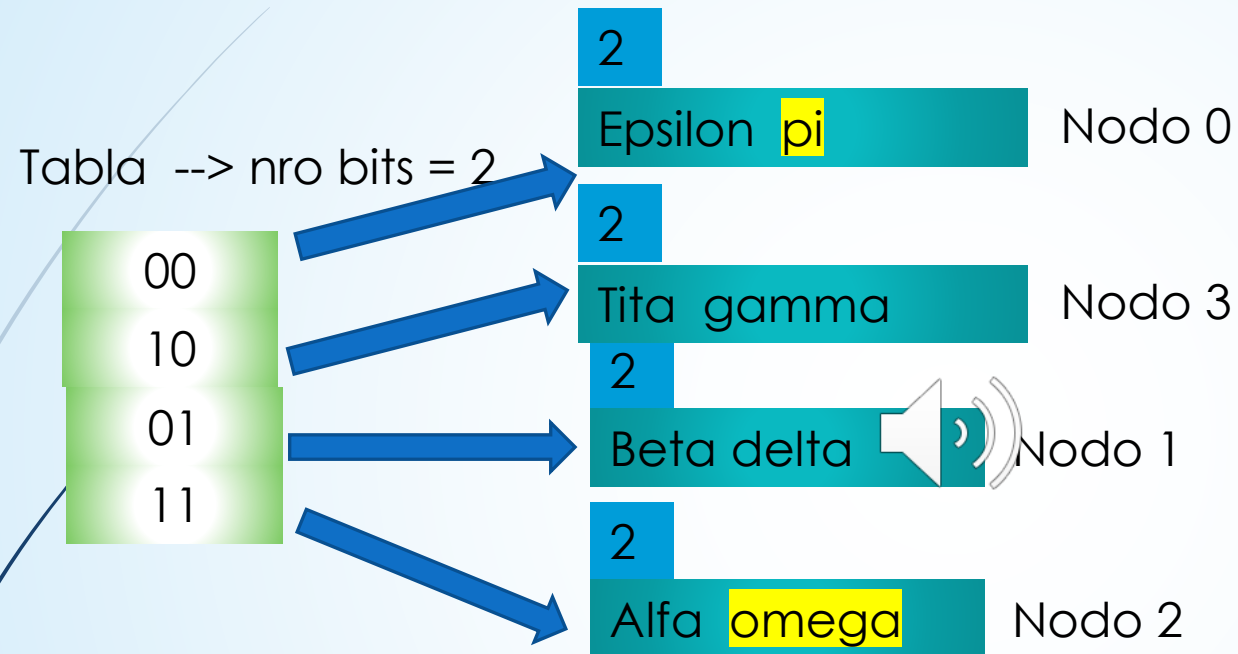
00
10
01
11



# Ejemplo de hash extensible

44

Omega	.... 1111 1111
Pi	.... 0000 0000



# Ejemplo de hash extensible

45

**Tau**

.... 0011 1011

Tabla --> nro bits = 2

00
10
01
11

2

Epsilon pi

Nodo 0

2

Tita gamma

Nodo 3

2

Beta delta

Nodo 1

2

Alfa omega

Nodo 2



Tabla --> nro bits = 3

000
100
010
110
001
101
011
111

2

Epsilon pi

Nodo 0

2

Tita gamma

Nodo 3

2

Beta delta

Nodo 1

3

Nodo 2

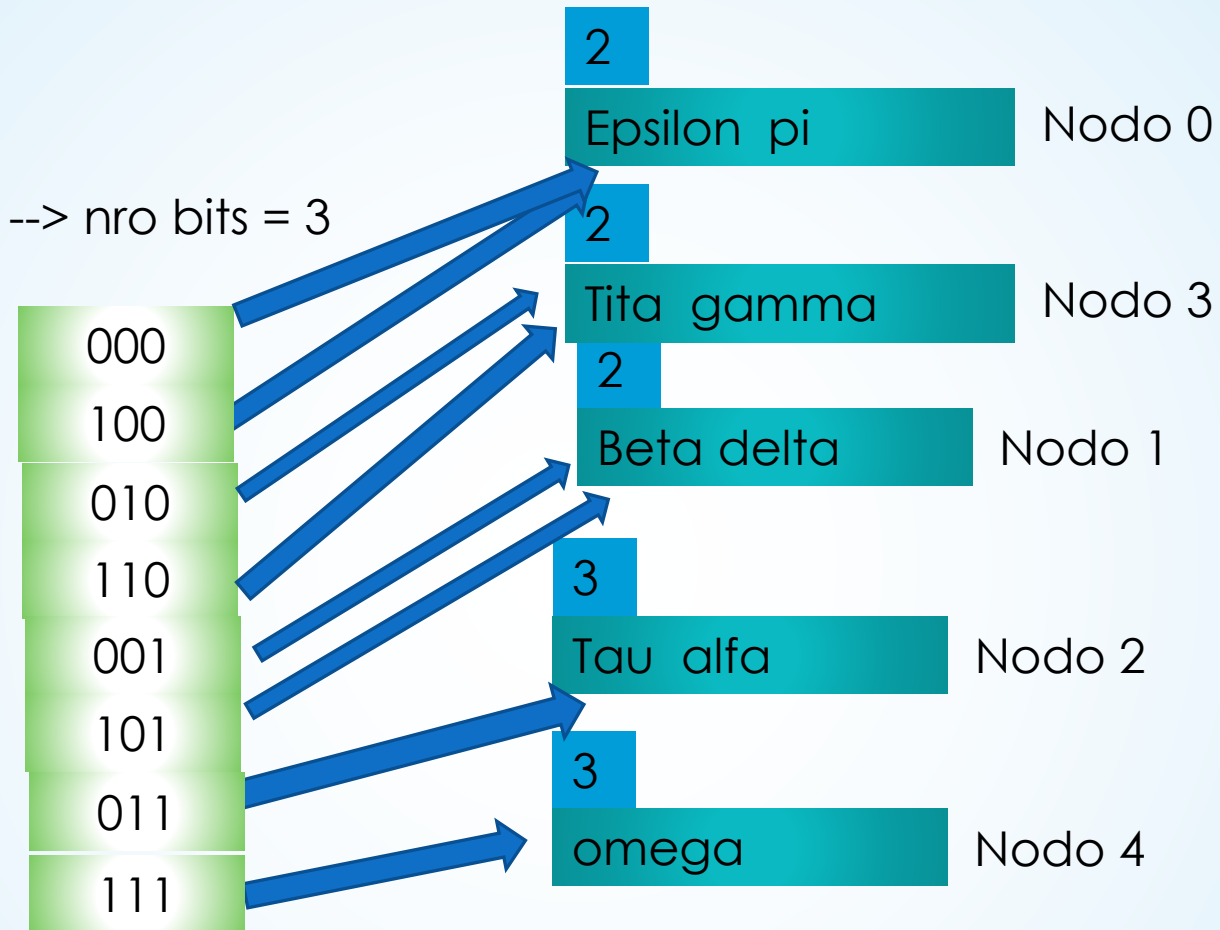
3

Nodo 4

# Ejemplo de hash extensible

46

Tabla --> nro bits = 3



# Ejemplo de hash extensible

47

Lambda

.... 0100 1000

Tabla --> nro bits = 3

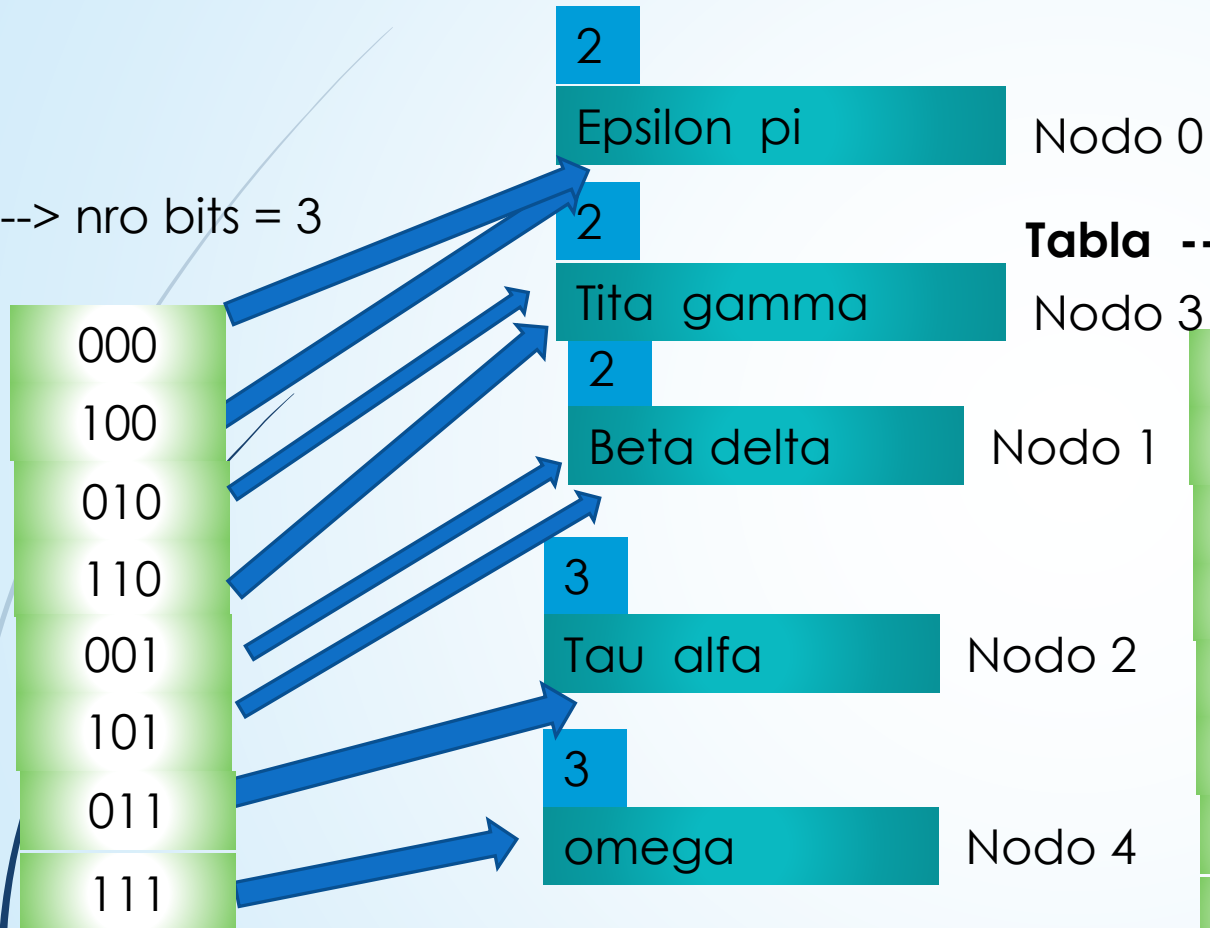
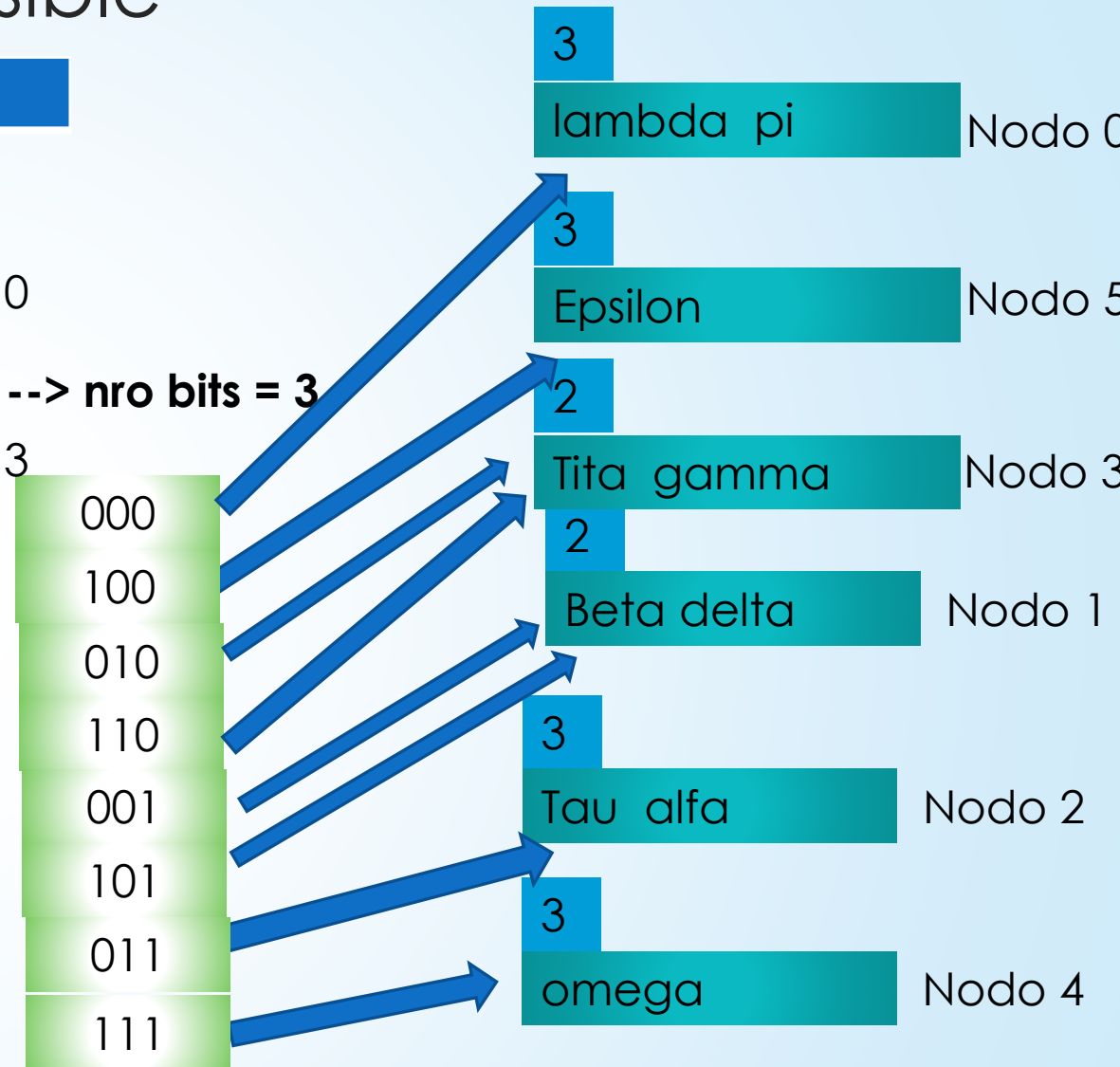


Tabla --> nro bits = 3





# Ejemplo de hash extensible

48

Sigma

3

0010 1110

lambda pi      Nodo 0

3

Epsilon      Nodo 5

3

gamma      Nodo 3

3



Sigma tita      Nodo 6

2

Beta delta      Nodo 1

3

Tau alfa      Nodo 2

3

omega      Nodo 4

Tabla --> nro bits = 3

000
100
010
110
001
101
011
111



# Elección de organización

## Archivos


- Acomodar datos para satisfacer rápidamente requerimientos
- Accesos: resumen



Organización	Acc.un reg. CP	Todos reg. CP
Ninguna	Lento	Lento
Secuencial	Lento	Rápido
Index sec.	Buena	Rápida
Hash	Rápido	lento

# Elección de organización

## Elección de organización

- Captar los requerimientos de usuario
- Que examinar
  - Características del archivo 
    - Número de registros, tamaño de registros
  - Requerimientos de usuario
    - Tipos de operaciones, número de accesos a archivos
    - Características del hard
      - Tamaño de sectores, bloques, pistas, cilindros, etc.
    - Parámetros
    - Tiempo (necesario para desarrollar y mantener el soft, para procesar archivos)
    - Uso promedio (# reg. Usados/ #registros)