



Fundamentos de Organización de Datos

1

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.

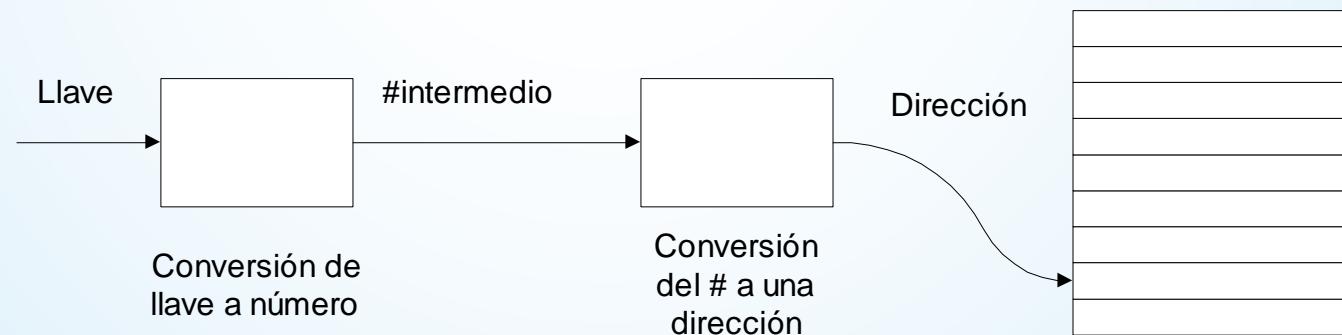
Hashing (Dispersion) → definición

- ▶ Archivos secuenciales indizados
 - ▶ Archivo de datos
 - ▶ Archivo con indice primario
 - ▶ Archivos con indices 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) → Definción

Costo

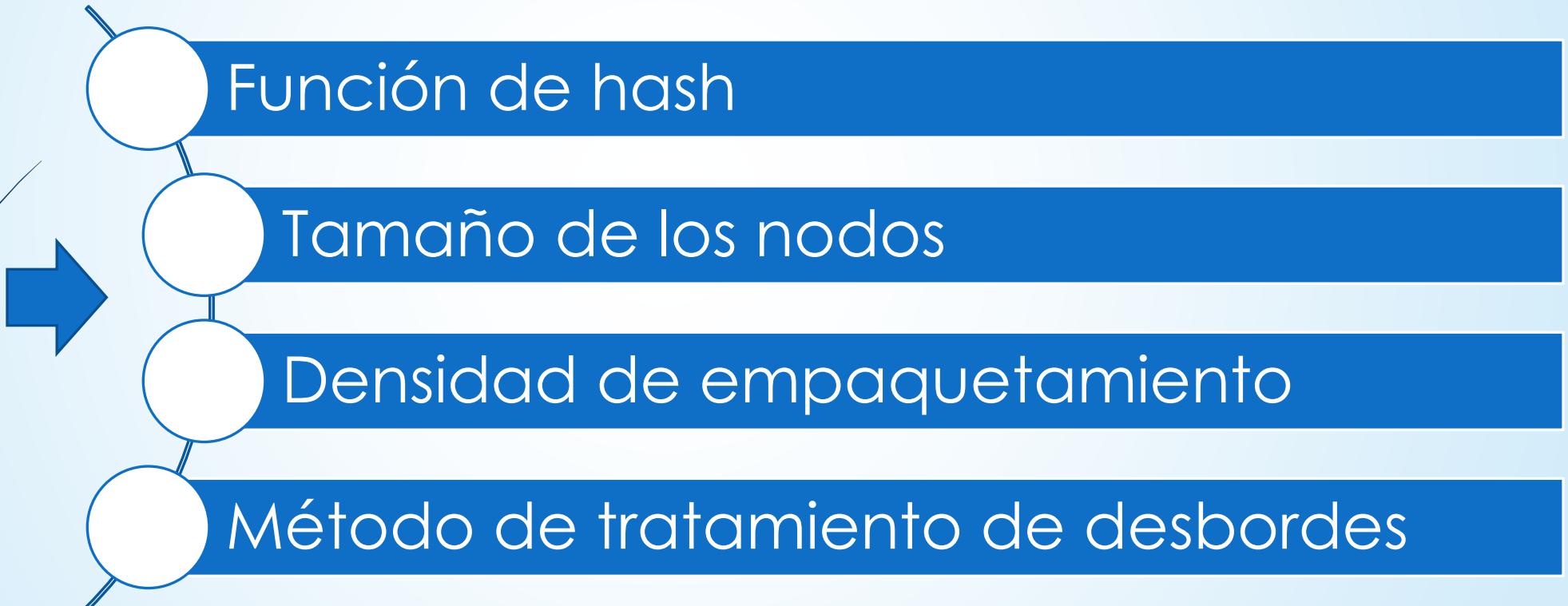
- No podemos usar registros de longitud variable
- No puede haber orden físico de datos
- No permite llaves duplicadas

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

E
F
I
C
I
E
N
C
I
A



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

- **Espaciar 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

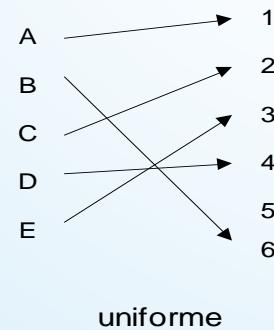
Algoritmos simples de dispersión

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

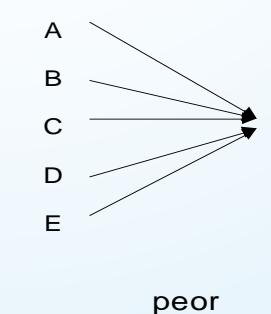
Tres pasos

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

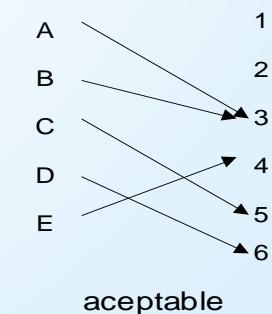
FOD - CLASE 7



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? $\rightarrow 8$

Hashing (Dispersión) → Parámetros

- ▶ En general → si fueran R claves
 - ▶ $P(A \dots AB \dots B)$ siendo la suma de A y B igual a R
 - ▶ Que nos interesa → que l registros vayan a un nodo
 - ▶ ESTO QUE SIGNIFICA
 - ▶ B....B (l veces)
 - ▶ A...A (R-l 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 $(R! / (I! * (R-I)!))$

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

$$(1/N)^I * (1 - 1/N)^{R-I}$$

Cuantas 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 $N \cdot P(l)$.
- Las colisiones aumentan con al archivo más “lleno”
 - Ej: $N = 10000 \quad R = 10000 \quad DE = 1 \quad 100\%$

$$P(0) = 0.3679$$

$$P(1) = 0.3679$$

$$P(2) = 0.1839$$

$$P(3) = 0.0613$$

$$\cdot 10000 \quad 3679$$

$$\cdot 10000 \quad 3679$$

$$\cdot 10000 \quad 1839$$

$$\cdot 10000 \quad 613$$

qué significa?

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

Hashing (Dispersión) → Parámetros

Ahora supongamos que el problema es

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

$$P(0) = 0.607$$

$$P(1) = 0.303$$

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

607

303

* 1000

- **Saturación menor**

densidad

10%

50%

100%

overflow

4.8%

21.4%

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

$$\begin{array}{ccc} c = 1 & \longrightarrow & 222 \text{ cubetas} \\ c = 2 & \longrightarrow & 140 \text{ cubetas} \end{array}$$

- 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

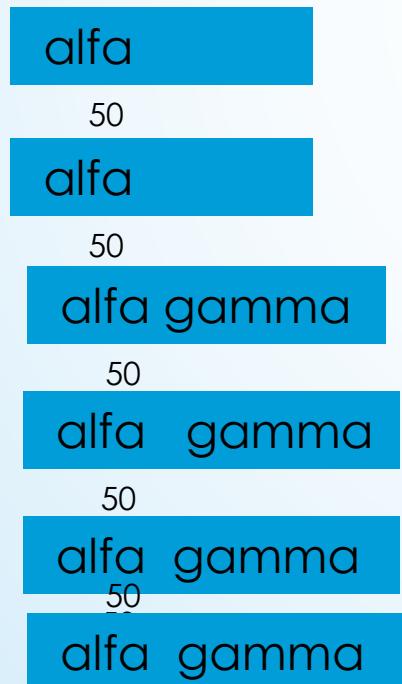
Saturación progresiva:

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

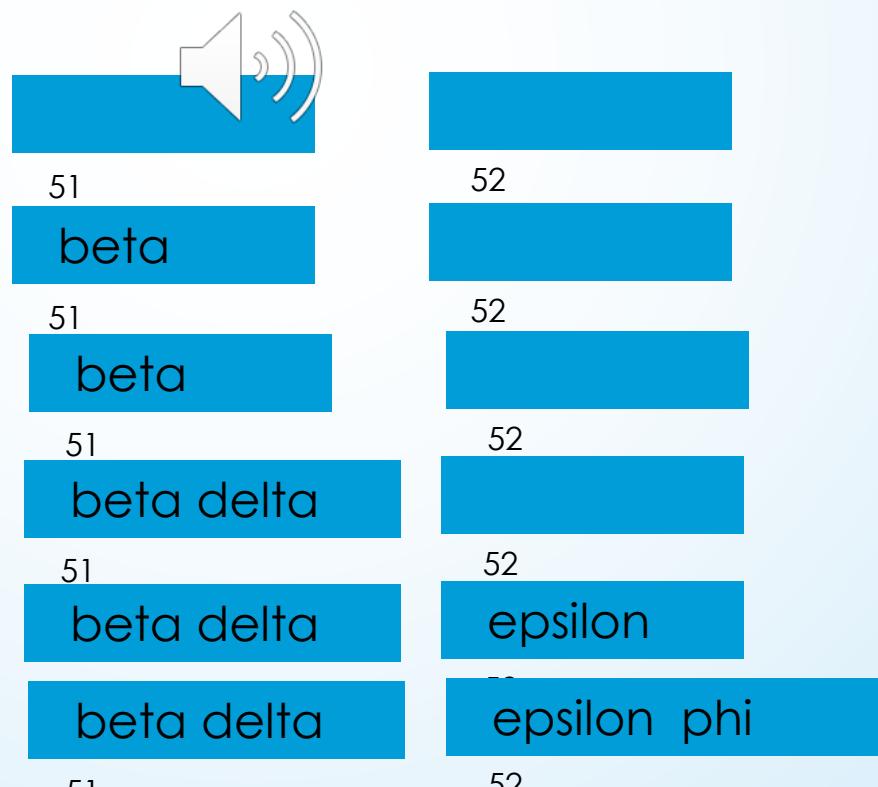
Hashing (Dispersión) → Parámetros

- Supongamos que la F_h genera estas direcciones para las llaves dadas

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



Nodos de
capacidad 2



Hashing (Dispersión) → Parámetros

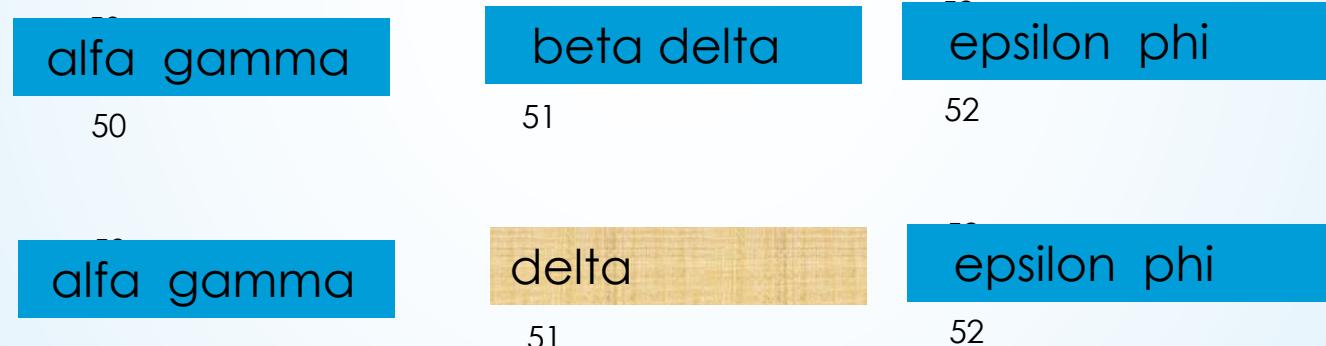
- Supongamos que la F_h genera estas direcciones para las llaves dadas

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

Nodos de capacidad 2



BORRO β



Hashing (Dispersión) → Parámetros

saturación progresiva encadenada

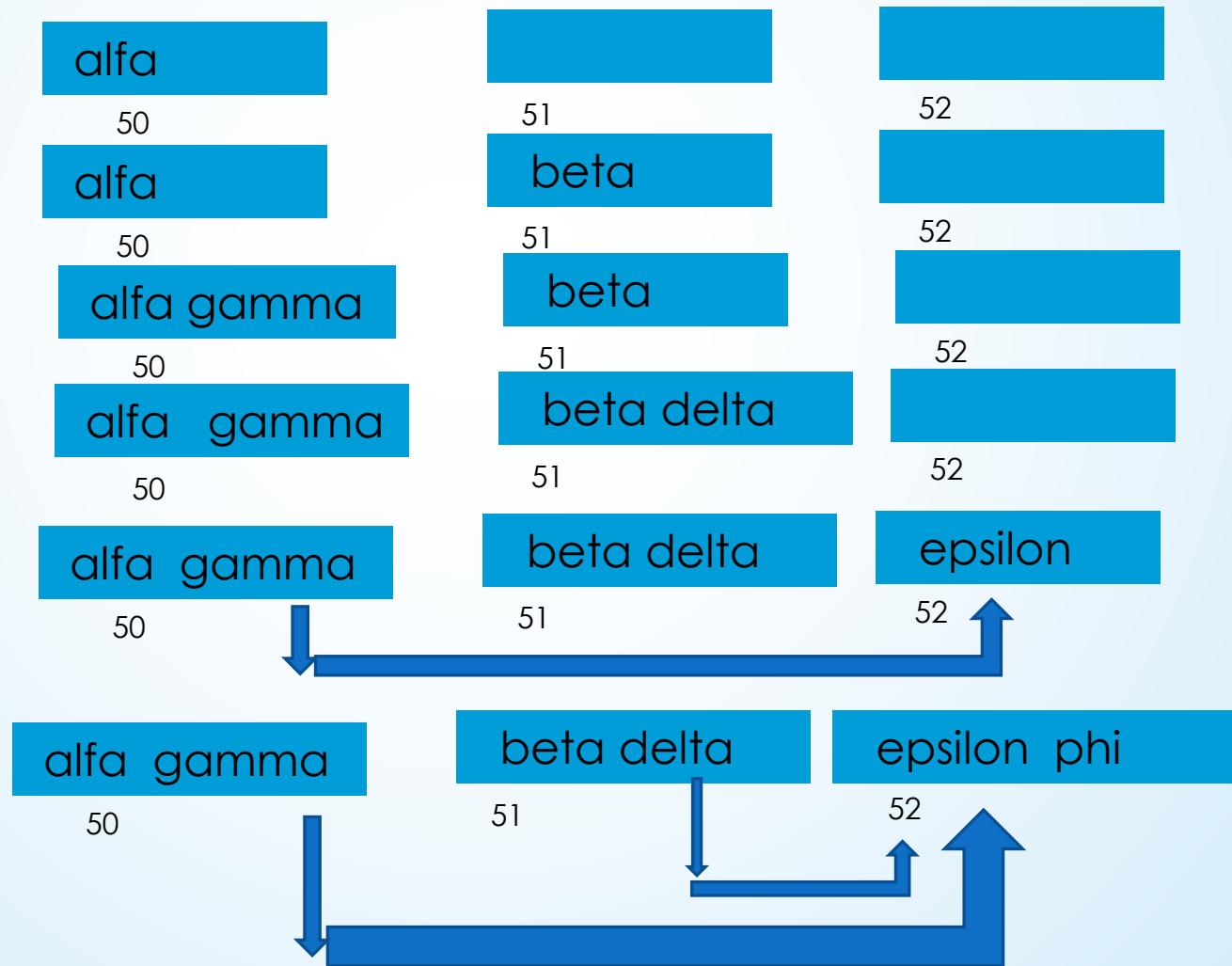
- similar a saturación progresiva, pero los reg. de saturación se encadenan y “no ocupan” necesariamente posiciones contiguas
- Ejemplo

Hashing (Dispersión) → Parámetros

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

Nodos de capacidad 2

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



Hashing (Dispersión) → Parámetros

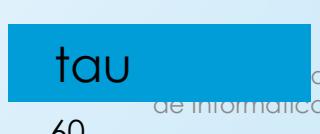
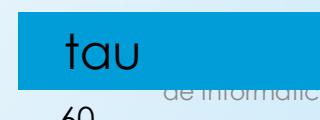
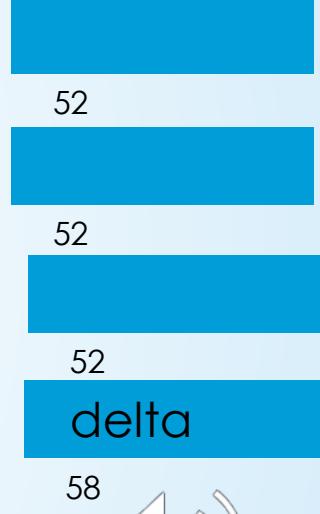
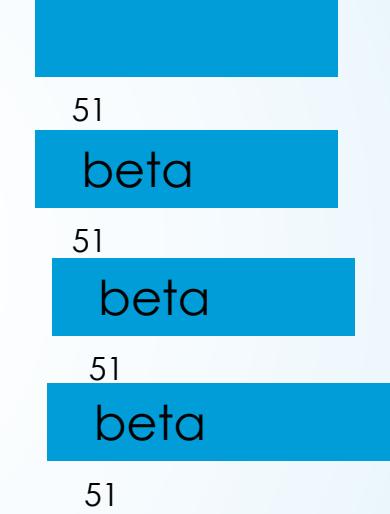
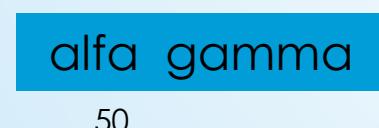
Dispersión doble:

- 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° 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 F_h general estas direcciones para las llaves dadas
Nodos de capacidad 2

$F_1 h(\alpha) = 50$	$F_2 h(\alpha) = 5$
$F_1 h(\beta) = 51$	$F_2 h(\beta) = 10$
$F_1 h(\gamma) = 50$	$F_2 h(\gamma) = 20$
$F_1 h(\delta) = 50$	$F_2 h(\delta) = 8$
$F_1 h(\epsilon) = 52$	$F_2 h(\epsilon) = 7$
$F_1 h(\phi) = 51$	$F_2 h(\phi) = 3$
$F_1 h(\tau) = 50$	$F_2 h(\tau) = 10$
$F_1 h(\rho) = 52$	$F_2 h(\rho) = 5$
$F_1 h(\theta) = 50$	$F_2 h(\theta) = 2$



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

Estado inicial del problema

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

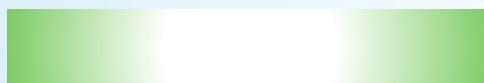
Tabla --> nro bits = 0



Nodo 0

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

Tabla --> nro bits = 0



Nodo 0

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

Tabla --> nro bits = 0

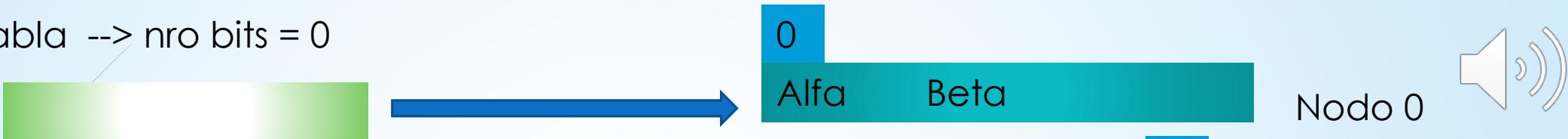


Nodo 0

Ejemplo de hash extensible

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 poner 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

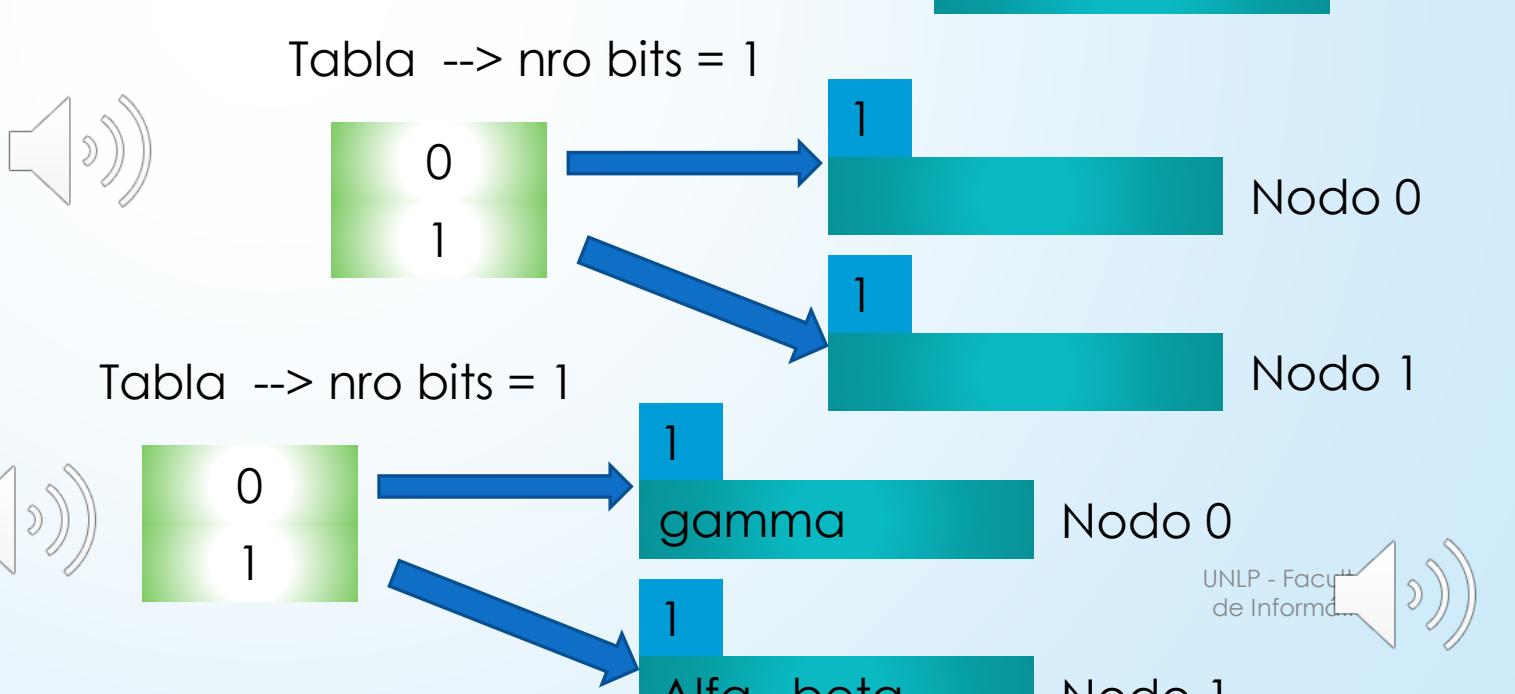
5. Duplicar el tamaño de la tabla

6. Aumentar en uno el nro de bits

7. Reacomodar direcciones

8. Reacomodar registros

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

1

Gamma epsilon

Nodo 0

Alfa beta

Nodo 1

Delta

.... 1100 0001

2

Nodo 1

2

Nodo 2

Tabla --> nro bits = 2

00
10
01
11



1

2

2

2

Gamma epsilon

Nodo 0

Nodo 1

Nodo 1

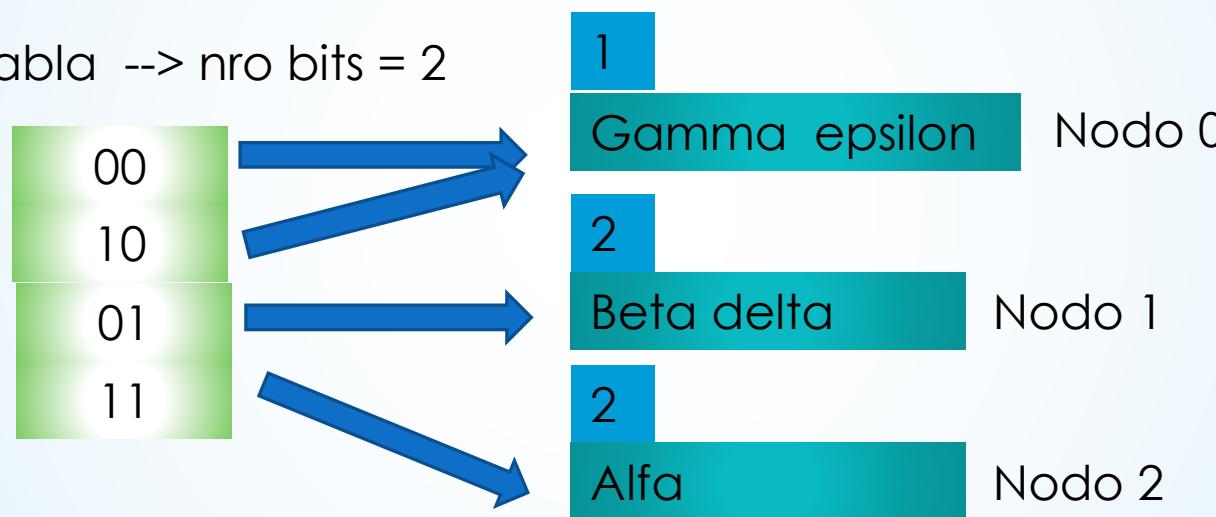
Nodo 2

Ejemplo de hash extensible

42

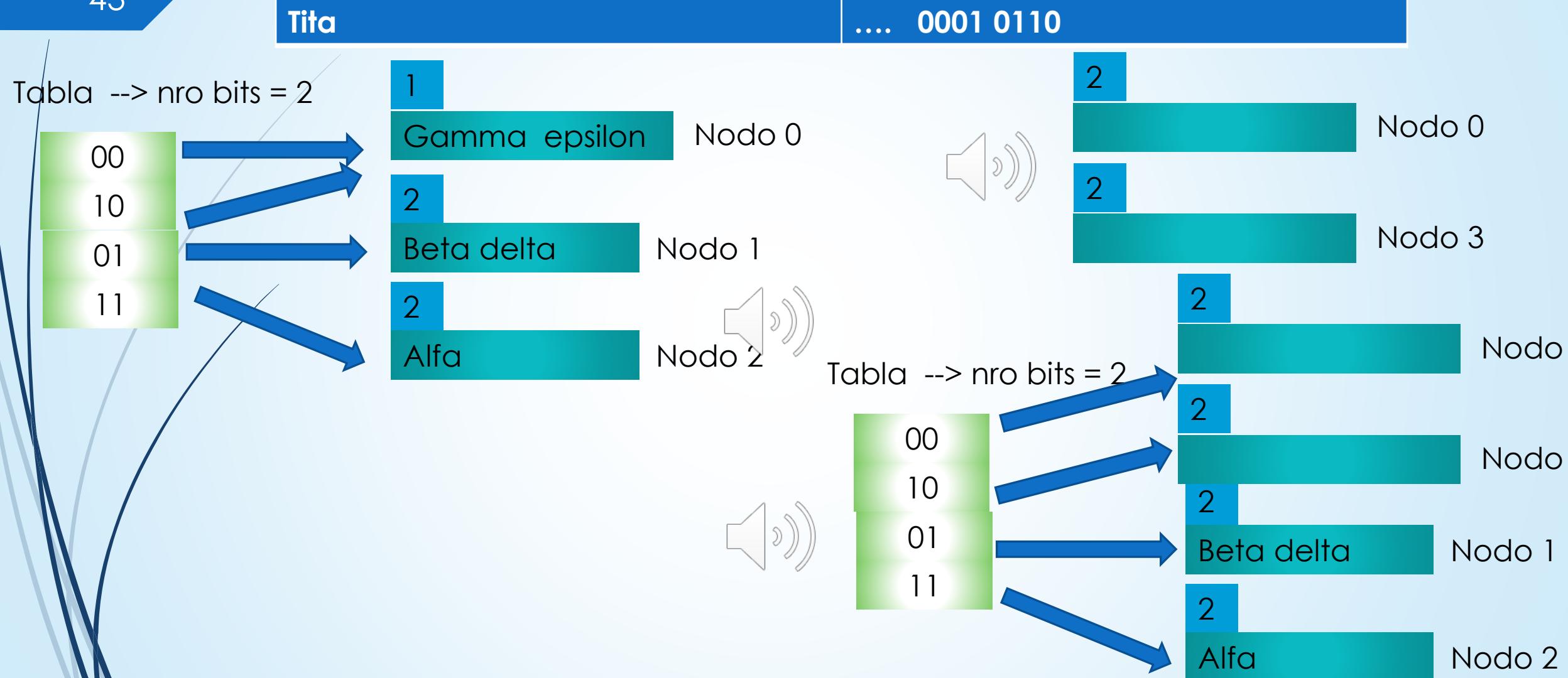
Alfa 0011 0011
Beta 0110 0101
Delta 1100 0001

Tabla --> nro bits = 2



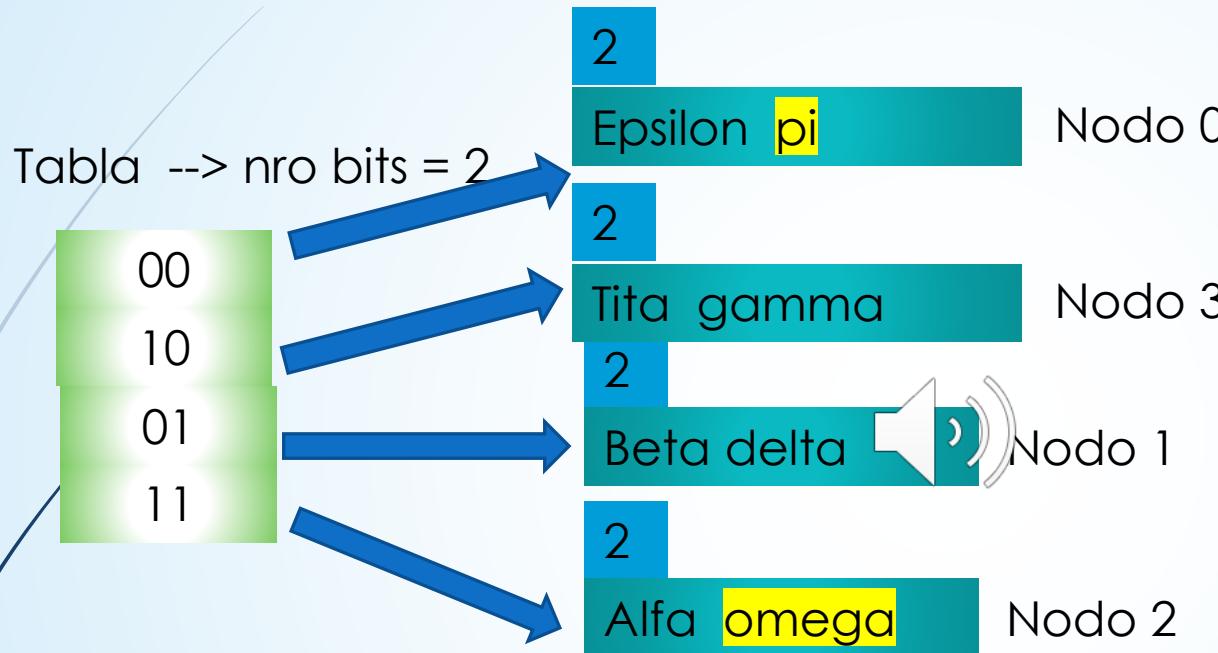
Ejemplo de hash extensible

43



Ejemplo de hash extensible

Omega 1111 1111
Pi 0000 0000

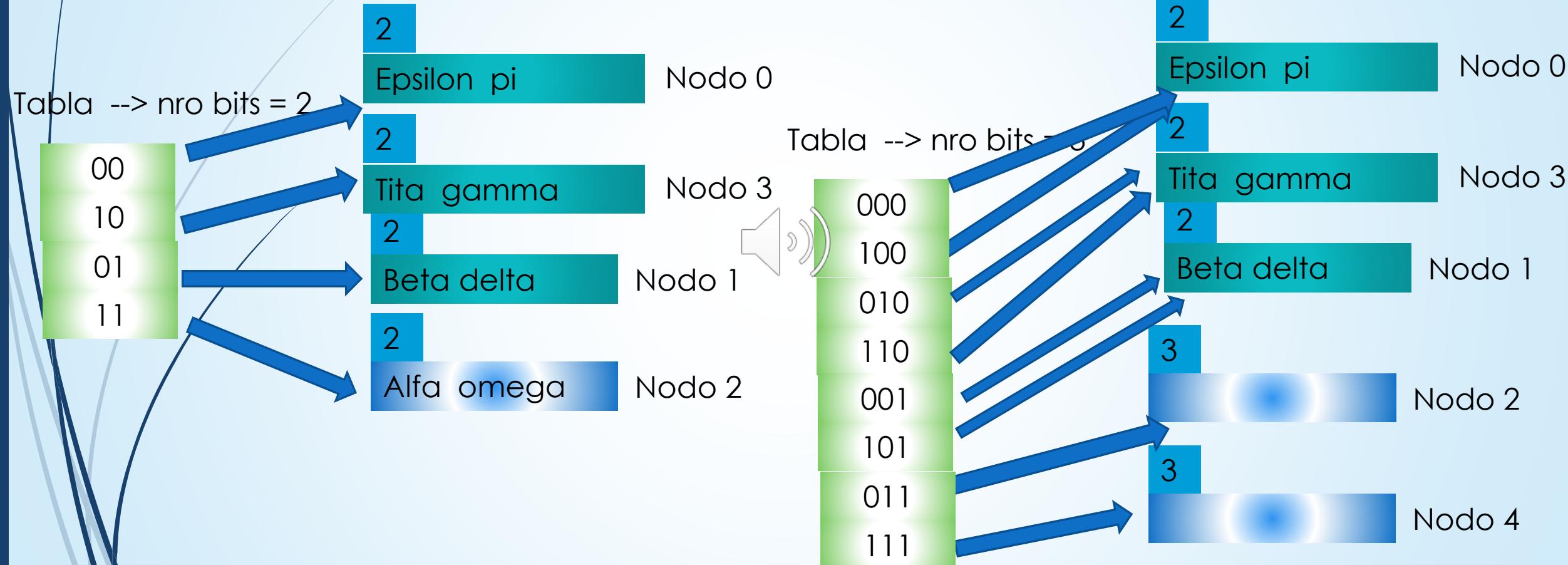


Ejemplo de hash extensible

45

Tau

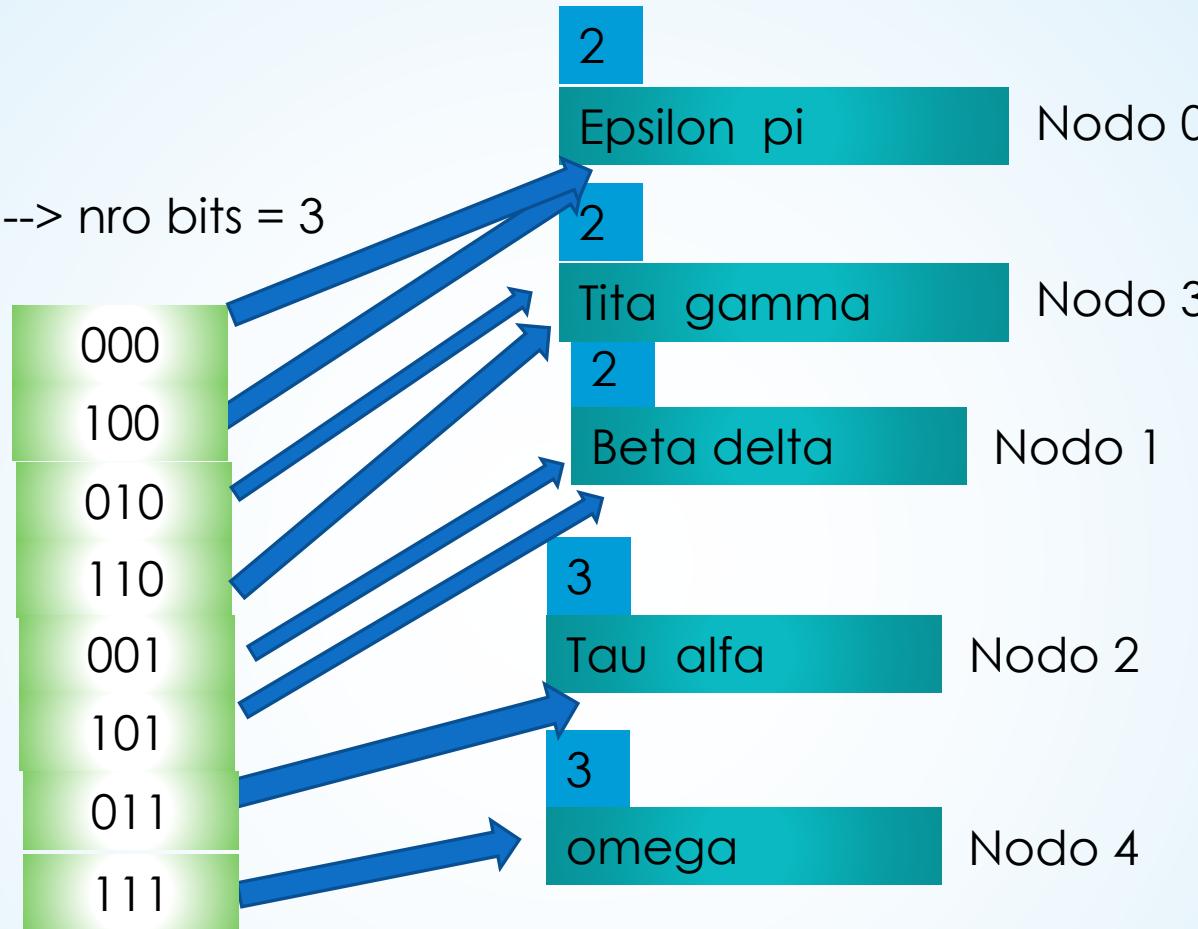
.... 0011 1011



Ejemplo de hash extensible

46

Tabla --> nro bits = 3

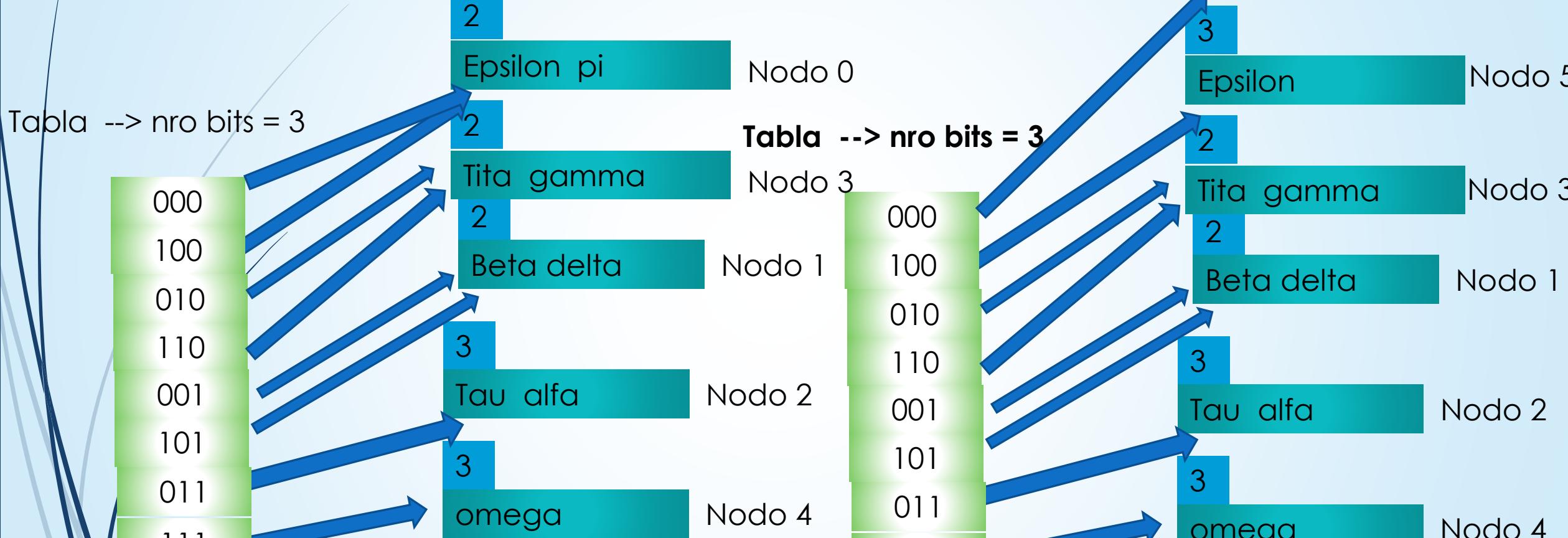


Ejemplo de hash extensible

47

Lambda

.... 0100 1000

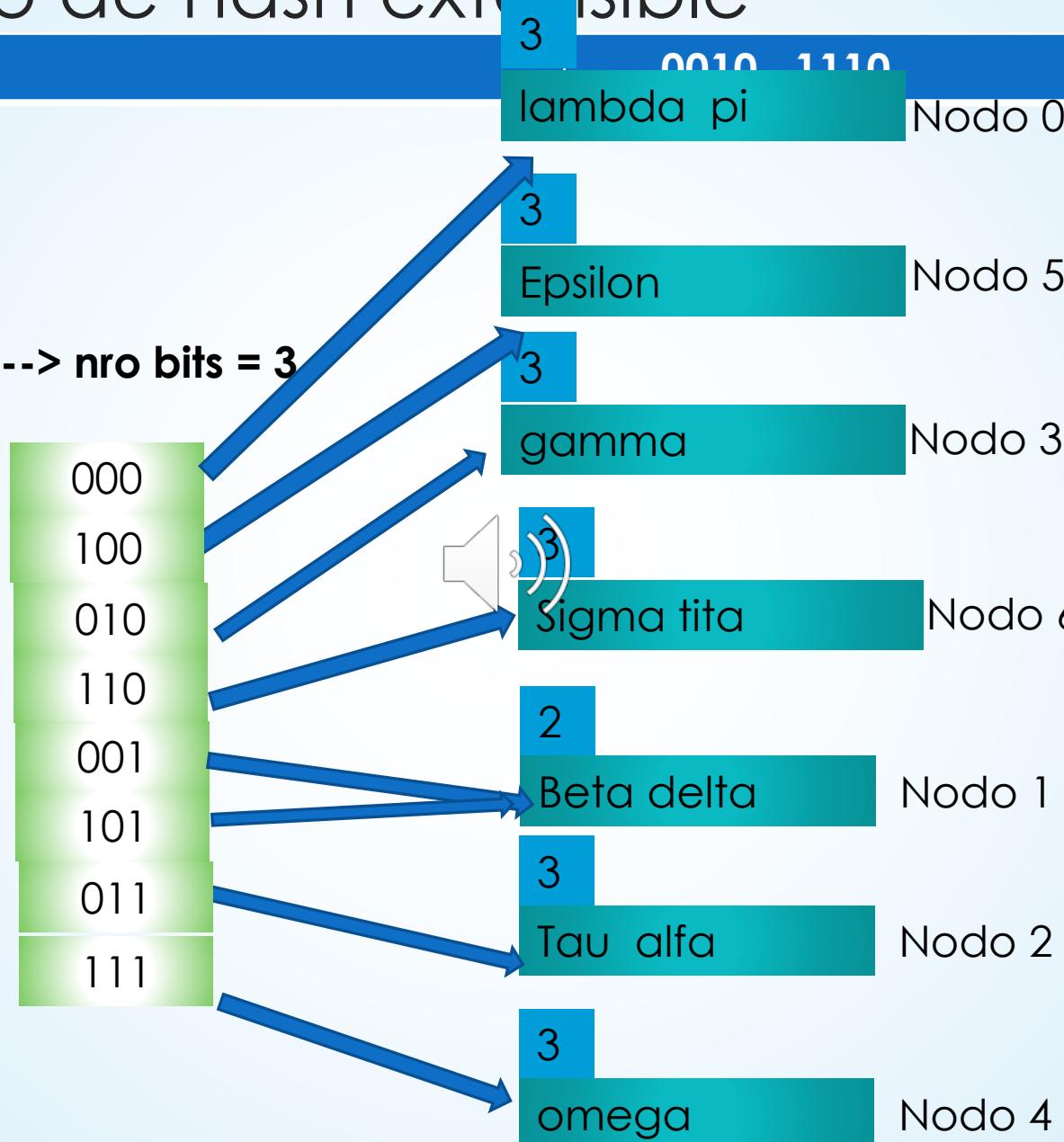


FOD - CLASE 7

Ejemplo de hash extensible

Sigma

Tabla --> nro bits = 3



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, cilíndros, etc.
 - Parámetros
 - Tiempo (necesario para desarrollar y mantener el soft, para procesar archivos)
 - Uso promedio (# reg. Usados/ #registros)