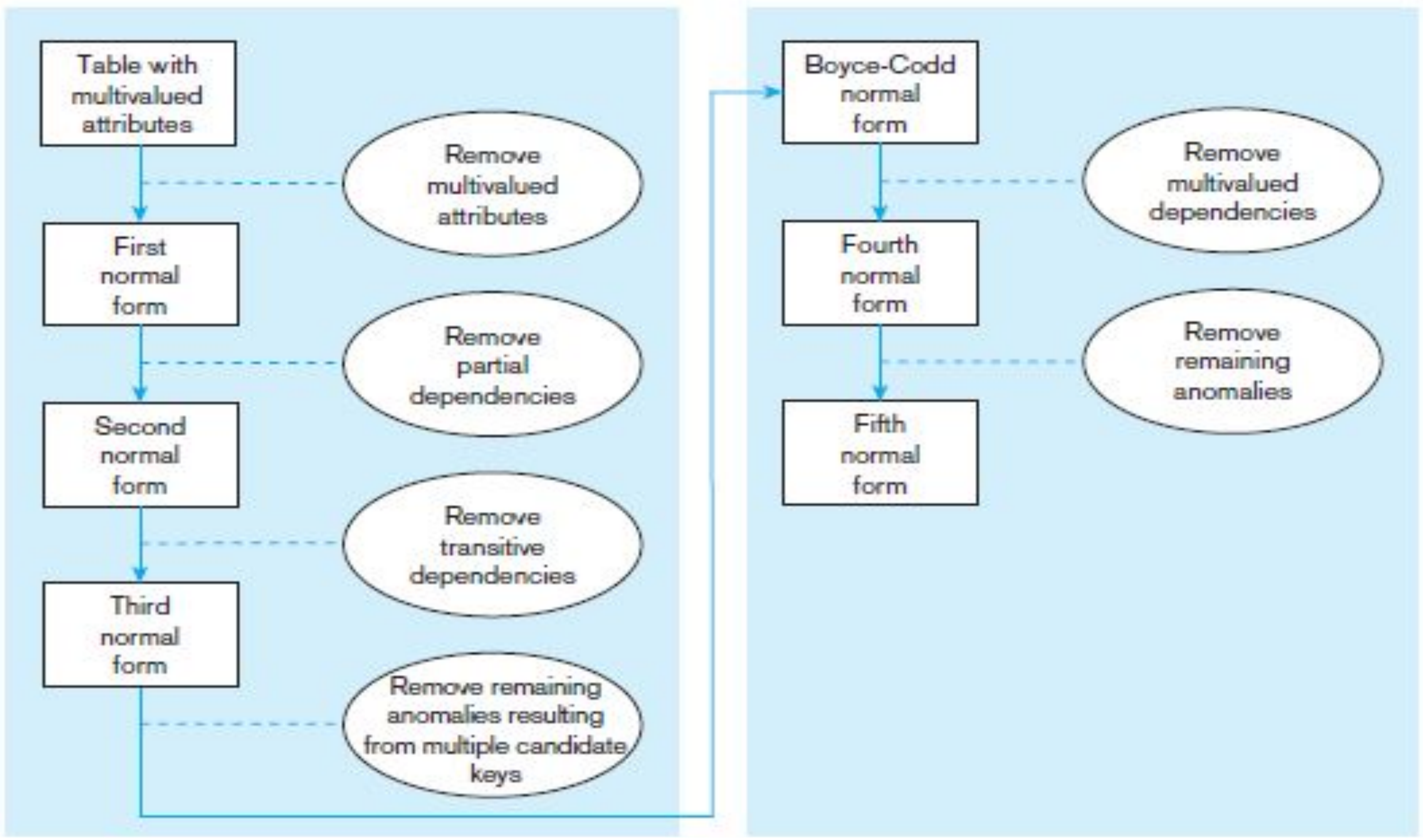
Bases de Datos

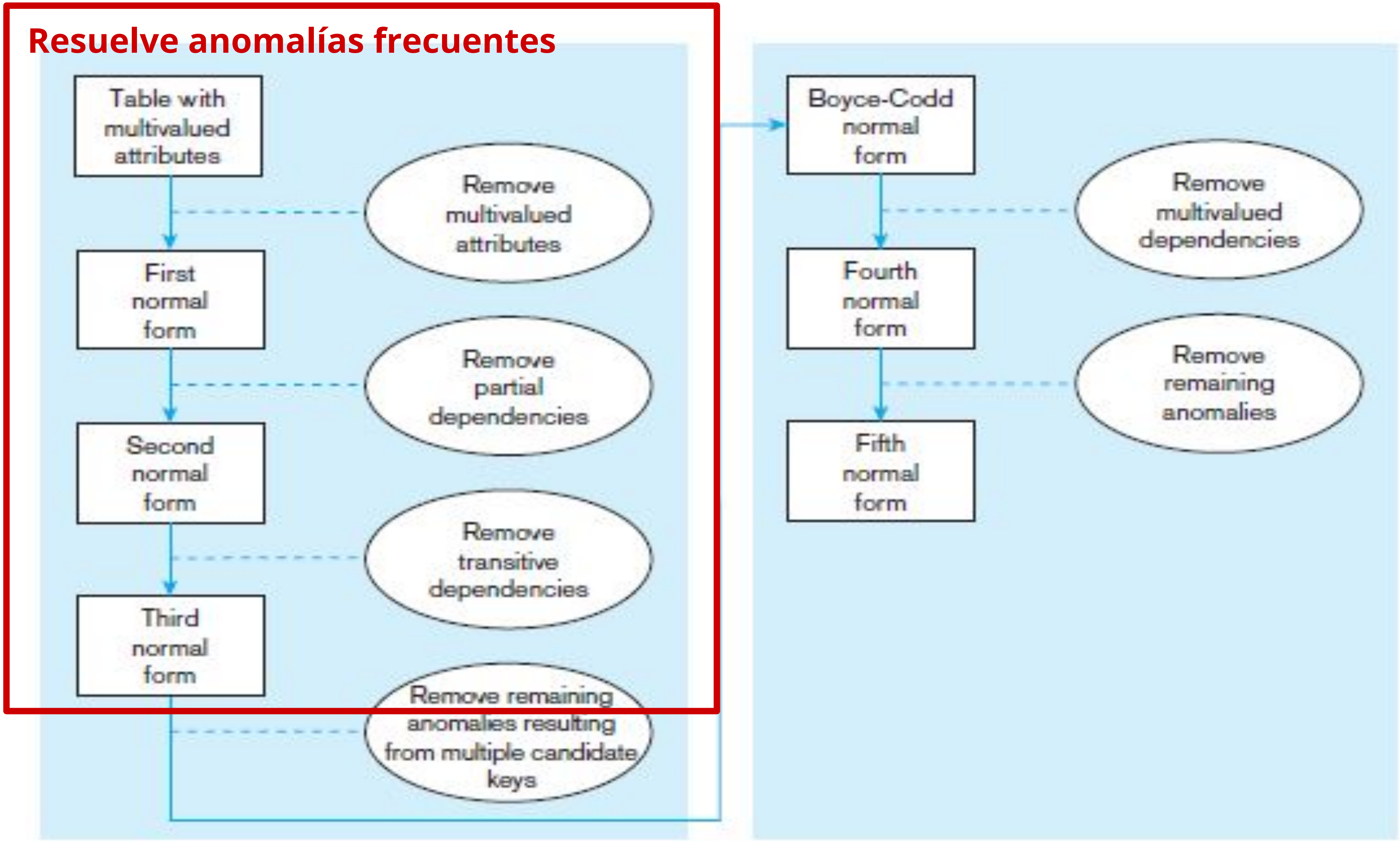
Normalización

BCNF, 4FN, 5FN

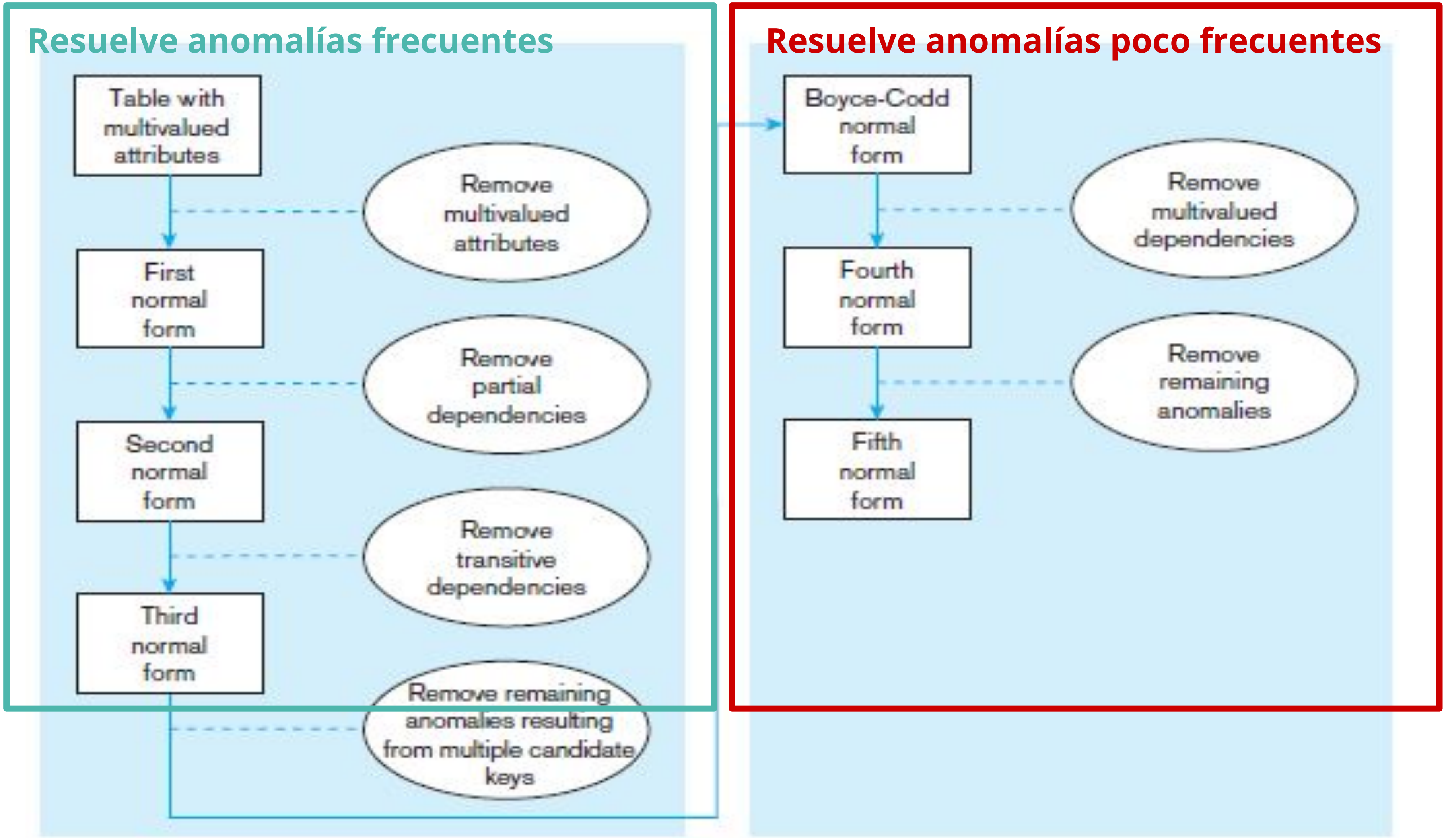
Proceso de normalización



Proceso de normalización



Proceso de normalización



Primera Forma Normal - 1FN

Sea $R(A_1,\ldots,A_n)$ una relación en un esquema relacional, R está en 1FN si todos los atributos de R son **uni-valuados**

Proceso:

1. Crear una nueva relación con la clave de la relación original y los atributos que dependen funcionalmente de la clave
2. Crear otra relación cuya clave es compuesta de la original y la clave del grupo repetitivo, agregando el grupo repetitivo
3. Eliminar la relación original

Primera Forma Normal - 1FN

Sea $R(A_1,\ldots,A_n)$ una relación en un esquema relacional, R está en 1FN si todos los atributos de R son **uni-valuados**

Proceso:

1. Crear una nueva relación con la clave de la relación original y los atributos que dependen funcionalmente de la clave
2. Crear otra relación cuya clave es compuesta de la original y la clave del grupo repetitivo, agregando el grupo repetitivo
3. Eliminar la relación original

$R(\underline{K}_1,A_1,A_2,\{K_2,A_3,A_4\})$

$\mathbf{K_1 \rightarrow A_1\,A_2\,\{K_2,A_3,A_4\}}$

$\mathbf{K_2 \rightarrow A_3A_4}$

1) $\rightarrow R_1(\underline{K}_1,A_1,A_2)$

2) $\rightarrow R_2(\underline{K}_1,\underline{K}_2,A_3,A_4)$

Segunda Forma Normal - 2FN

Sea $R(A_1,\ldots,A_n)$ una relación en un esquema relacional y sea Σ conjunto de DF de R, (R, Σ) está en 2FN si para toda dependencia funcional $X \rightarrow A$ en Σ , X no es un subconjunto propio de ninguna clave candidata de R

Proceso:

1. Se crea una nueva relación con la clave compuesta y sus atributos dependientes funcionalmente.
2. Se crea otra relación con clave de la dependencia parcial y sus atributos dependientes funcionalmente.
3. Se elimina la relación original.

Segunda Forma Normal - 2FN

Sea $R(A_1,\ldots,A_n)$ una relación en un esquema relacional y sea Σ conjunto de DF de R, (R, Σ) está en 2FN si para toda dependencia funcional $X \rightarrow A$ en Σ, X no es un subconjunto propio de ninguna clave candidata de R

Proceso:

1. Se crea una nueva relación con la clave compuesta y sus atributos dependientes funcionalmente.
2. Se crea otra relación con clave de la dependencia parcial y sus atributos dependientes funcionalmente.
3. Se elimina la relación original.

$R(\underline{K}_1,\underline{K}_2,\underline{K}_3,A_1,A_2,A_3)$

$\mathbf{K_1\ K_2\ K_3 \rightarrow A_1\ A_2\ A_3}$
$\mathbf{K_2 \rightarrow A_2}$

1) $\rightarrow R_1(\underline{K}_1,\underline{K}_2,\underline{K}_3,A_1,A_3)$

2) $\rightarrow R_2(\underline{K}_2,A_2)$

Tercera Forma Normal - 3FN

Sea $R(A_1,\ldots,A_n)$ una relación en un esquema relacional y sea Σ conjunto de DF de R, (R, Σ) está en 3FN si para toda dependencia funcional $X \rightarrow A$ en Σ, X es superclave de R

Proceso:

1. Se crea una nueva relación con la clave original y sus atributos dependientes funcionalmente.
2. Se crea otra relación con el atributo que produce la dependencia transitiva y sus atributos dependientes funcionalmente.
3. Declare restricción de **integridad referencial** entre las claves.
4. Se elimina la relación original.

Tercera Forma Normal - 3FN

Sea $R(A_1,\ldots,A_n)$ una relación en un esquema relacional y sea Σ conjunto de DF de R, (R, Σ) está en 3FN si para toda dependencia funcional $X \rightarrow A$ en Σ, X es superclave de R

Proceso:

1. Se crea una nueva relación con la clave original y sus atributos dependientes funcionalmente.
2. Se crea otra relación con el atributo que produce la dependencia transitiva y sus atributos dependientes funcionalmente.
3. Declare restricción de **integridad referencial** entre las claves.
4. Se elimina la relación original.

$R(\underline{K},A_1,A_2,A_3)$

$K \rightarrow A_1\, A_2\, A_3$

$A_1 \rightarrow A_3$

1) $\rightarrow R_1(\underline{K},A_1,A_2)$

2) $\rightarrow R_2(\underline{A_1},A_3)$

Cuadro resumen

0FN → 1FN:	$R(\underline{K_1},A_1,A_2,\{K_2,A_3,A_4\})$ $K_1 \rightarrow A_1\ A_2\ \{K_2,A_3,A_4\}$ $K_2 \rightarrow A_3A_4$ 1) $\rightarrow R_1(\underline{K_1},A_1,A_2)$ 2) $\rightarrow R_2(\underline{K_1},\underline{K_2},A_3,A_4)$
1FN → 2FN:	$R(\underline{K_1},\underline{K_2},\underline{K_3},A_1,A_2,A_3)$ $K_1\ K_2\ K_3 \rightarrow A_1\ A_2\ A_3$ $K_2 \rightarrow A_2$ 1) $\rightarrow R_1(\underline{K_1},\underline{K_2},\underline{K_3},A_1,A_3)$ 2) $\rightarrow R_2(\underline{K_2},A_2)$
2FN → 3FN:	$R(\underline{K},A_1,A_2,A_3)$ $K \rightarrow A_1\ A_2\ A_3$ $A_1 \rightarrow A_3$ 1) $\rightarrow R_1(\underline{K},\underline{A_1},A_2)$ 2) $\rightarrow R_2(\underline{A_1},A_3)$

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

Sea $R(A_1,\ldots,A_n)$ un relación y sea Σ conjunto de DF de R. Se dice que (R, Σ) están en BCNF si para cada DF no trivial $X \rightarrow A$ en Σ, se cumple que X es súper clave de R.

DF **circulares**, parciales, transitivas...

Considerando **R(A, B, C)**

Súper clave de R

$$\Sigma \longrightarrow \begin{array}{l} AB \rightarrow C \\ C \rightarrow B \end{array}$$

No es súper clave de R

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

Sea $R(A_1,\ldots,A_n)$ un relación y sea Σ conjunto de DF de R. Se dice que (R, Σ) están en BCNF si para cada DF no trivial $X \rightarrow A$ en Σ, se cumple que X es súper clave de R.

DF **circulares**, parciales, transitivas...

Considerando **R(A, B, C)**

Súper clave de R

$\Sigma \longrightarrow$ $AB \rightarrow C$
$C \rightarrow B$

No es súper clave de R

(R, Σ) no está en BCNF

Dependencia circular entre B y C

R(A, B, C)

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

Proceso

1. Hacemos una rotación en los roles de la DF circular.
2. Verificamos que no existan otras dependencias funcionales.

$$\mathbf{R(k_1, k_2, A_1, A_2)}$$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{c} k_1\, k_2 \rightarrow A_1\, A_2 \\ A_1 \rightarrow k_2 \end{array}$$

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

Proceso

1. Hacemos una rotación en los roles de la DF circular.
2. Verificamos que no existan otras dependencias funcionales.

$$\mathbf{R(k_1, k_2, A_1, A_2)}$$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{c} k_1\ k_2 \rightarrow A_1\ A_2 \\ A_1 \rightarrow k_2 \end{array}$$

1) $R(\underline{k_1}, \underline{A_1}, A_2, k_2)$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{l} k_1\ A_1 \rightarrow A_2\ k_2 \\ A_1 \rightarrow k_2 \end{array}$$

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

Proceso

1. Hacemos una rotación en los roles de la DF circular.
2. Verificamos que no existan otras dependencias funcionales.

$$\mathbf{R(k_1, k_2, A_1, A_2)}$$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{c} k_1\ k_2 \longrightarrow A_1\ A_2 \\ A_1 \longrightarrow k_2 \end{array}$$

1) $R(\underline{k_1}, \underline{A_1}, A_2, k_2)$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{l} k_1\ A_1 \longrightarrow\ A_2\ k_2 \\ A_1 \longrightarrow k_2 \end{array}$$

2) Verificar la existencia de otras dependencias

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

Proceso

1. Hacemos una rotación en los roles de la DF circular.
2. Verificamos que no existan otras dependencias funcionales.

$$\mathbf{R(k_1, k_2, A_1, A_2)}$$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{c} k_1\ k_2 \rightarrow A_1\ A_2 \\ A_1 \rightarrow k_2 \end{array}$$

1) $R(\underline{k_1}, \underline{A_1}, A_2, k_2)$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{l} k_1\ A_1 \rightarrow A_2\ k_2 \\ A_1 \rightarrow k_2 \end{array}$$

Tenemos una anomalía: dependencia parcial

2) Verificar la existencia de otras dependencias

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

Proceso

1. Hacemos una rotación en los roles de la DF circular.
2. Verificamos que no existan otras dependencias funcionales.

$$\mathbf{R(k_1, k_2, A_1, A_2)}$$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{c} k_1\, k_2 \rightarrow A_1\, A_2 \\ A_1 \rightarrow k_2 \end{array}$$

1) $\cancel{R(\underline{k_1}, \underline{A_1}, A_2, k_2)}$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{l} k_1\, A_1 \rightarrow A_2\, k_2 \\ A_1 \rightarrow k_2 \end{array}$$

Tenemos una anomalía: dependencia parcial

2) Verificar la existencia de otras dependencias

$R_1(\underline{k_1}, \underline{A_1}, A_2)$

$R_2(\underline{A_1}, k_2)$

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

Proceso

1. Hacemos una rotación en los roles de la DF circular.
2. Verificamos que no existan otras dependencias funcionales.

$$\mathbf{R(k_1, k_2, A_1, A_2)}$$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{c} k_1\ k_2 \rightarrow A_1\ A_2 \\ A_1 \rightarrow k_2 \end{array}$$

1) $\cancel{R(\underline{k_1}, \underline{A_1}, A_2, k_2)}$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{l} k_1\ A_1 \rightarrow A_2\ k_2 \\ A_1 \rightarrow k_2 \end{array}$$

Tenemos una anomalía: dependencia parcial

2) Verificar la existencia de otras dependencias

$R_1(\underline{k_1}, \underline{A_1}, A_2)$

$R_2(\underline{A_1}, k_2)$

Existe otra anomalía?

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

Proceso

1. Hacemos una rotación en los roles de la DF circular.
2. Verificamos que no existan otras dependencias funcionales.

$$\mathbf{R(k_1, k_2, A_1, A_2)}$$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{c} k_1\ k_2 \rightarrow A_1\ A_2 \\ A_1 \rightarrow k_2 \end{array}$$

1) ~~$R(\underline{k_1}, \underline{A_1}, A_2, k_2)$~~

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{l} k_1\ A_1 \rightarrow A_2\ k_2 \\ A_1 \rightarrow k_2 \end{array}$$

Tenemos una anomalía: dependencia parcial

2) Verificar la existencia de otras dependencias

$R_1(\underline{k_1}, \underline{A_1}, A_2)$
$R_2(\underline{A_1}, k_2)$

Estamos en BCNF

Ejemplo
Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

$R(\underline{rol}, \underline{ID\_paralelo}, profesor, nota)$

Ejemplo

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

R(rol, ID_paralelo, profesor, nota)

1. Rotación

R(rol, profesor, ID_paralelo, nota)

$\Sigma \rightarrow$ rol, profesor → ID_paralelo nota
profesor → ID_paralelo

Ejemplo

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

$R(\underline{rol}, \underline{ID\_paralelo}, profesor, nota)$

1. Rotación

$R(\underline{rol}, \underline{profesor}, ID\_paralelo, nota)$

2. Verificar

$\Sigma \rightarrow$ rol, profesor → ID_paralelo nota
profesor → ID_paralelo

Ejemplo

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

R(rol, ID_paralelo, profesor, nota)

1. Rotación

R(rol, profesor, ID_paralelo, nota)

2. Verificar

$\Sigma \rightarrow$ rol, profesor → ID_paralelo nota
profesor → ID_paralelo ← Dependencia parcial

Ejemplo

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

R(<u>rol</u>, <u>ID_paralelo</u>, profesor, nota)

1. Rotación

R(<u>rol</u>, <u>profesor</u>, ID_paralelo, nota)

2. Verificar

Σ → rol, profesor → ID_paralelo nota
profesor → ID_paralelo ← Dependencia parcial

2.1 Otras DF

Ejemplo
Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

R(rol, ID_paralelo, profesor, nota)

1. Rotación

R(rol, profesor, ID_paralelo, nota)

2. Verificar

$\Sigma \rightarrow$ rol, profesor → ID_paralelo nota ← Dependencia parcial

profesor → ID_paralelo

2.1 Otras DF

Profesores_dictan(profesor, ID_paralelo)

Ejemplo

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

R(rol, ID_paralelo, profesor, nota)

1. Rotación

R(rol, profesor, ID_paralelo, nota)

2. Verificar

$\Sigma \rightarrow$ rol, profesor $\rightarrow$ ID_paralelo nota
profesor $\rightarrow$ ID_paralelo

Dependencia parcial

2.1 Otras DF

Profesores_califican(profesor, rol, nota)

Profesores_dictan(profesor, ID_paralelo)

Ejemplo

Forma Normal Boyce-Codd (BCNF)

R(<u>rol</u>, <u>ID_paralelo,</u> profesor, nota)

1. Rotación

~~R(<u>rol</u>, <u>profesor</u>, ID_paralelo, nota)~~

2. Verificar

Σ → rol, profesor → ID_paralelo nota
profesor → ID_paralelo ← Dependencia parcial

2.1 Otras DF

Profesores_califican(<u>profesor</u>, <u>rol,</u> nota)

Profesores_dictan(<u>profesor</u>, ID_paralelo)

Cuarta Forma Normal - 4FN

Sea $R(A_1,\ldots,A_n)$ un relación y sea Σ conjunto de DF de R. Si R está en BCNF, estará además en 4FN si toda **dependencia multi-valuada** de R es una DF.

dependencia multi-valuada $\neq$ atributo multi-valuado

A puede ser multi-valuado

$X \twoheadrightarrow A$

Cuarta Forma Normal - 4FN

Sea $R(A_1,\ldots,A_n)$ un relación y sea Σ conjunto de DF de R. Si R está en BCNF, estará además en 4FN si toda **dependencia multi-valuada** de R es una DF.

dependencia multi-valuada $\neq$ atributo multi-valuado

A puede ser multi-valuado

$X \twoheadrightarrow A$

Estudiantes(rol, nombre, telefonos, correos) ← Está en BCNF pero **no en 4FN**

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{l} rol \rightarrow nombre \\ rol \twoheadrightarrow telefonos \\ rol \twoheadrightarrow correos \end{array}$$

Cuarta Forma Normal - 4FN

Proceso

1. Invertir la dependencia multi-valuada
2. Removerla de la relación original
3. Definir **integridad referencial** primaria-foránea

$$\mathbf{R(k_1, A_1, A_2)}$$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{l} k_1 \rightarrow A_1\ A_2 \\ K_1 \twoheadrightarrow A_1 \end{array}$$

Cuarta Forma Normal - 4FN

Proceso

1. Invertir la dependencia multi-valuada
2. Removerla de la relación original
3. Definir **integridad referencial** primaria-foránea

$\mathbf{R(k_1, A_1, A_2)}$

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{l} k_1 \rightarrow A_1\ A_2 \\ K_1 \twoheadrightarrow A_1 \end{array}$$

$R1(\underline{k_1}, A_2)$

$R2(\underline{A_1}, k_1)$

Ejemplo
Cuarta Forma Normal - 4FN

Proceso

1. Invertir la dependencia multi-valuada
2. Removerla de la relación original
3. Definir **integridad referencial** primaria-foránea

Estudiantes(rol, nombre, telefonos, correos)

$$\Sigma \rightarrow \begin{array}{l} rol \rightarrow nombre \\ rol \twoheadrightarrow telefonos \\ rol \twoheadrightarrow correos \end{array}$$

Ejemplo

Cuarta Forma Normal - 4FN

Proceso

1. Invertir la dependencia multi-valuada
2. Removerla de la relación original
3. Definir **integridad referencial** primaria-foránea

Estudiantes(rol, nombre, telefonos, correos)

$$\Sigma \rightarrow \begin{cases} \text{rol} \rightarrow \text{nombre} \\ \text{rol} \twoheadrightarrow \text{telefonos} \\ \text{rol} \twoheadrightarrow \text{correos} \end{cases}$$

Estudiantes($\underline{\text{rol}}$, nombre)
Telefonos($\underline{\text{telefono}}$, rol)
Correos($\underline{\text{correo}}$, rol)

Atención!

Dependencia conjunta

Sea R una relación en el modelo relacional y sean A, B, ..., Z subconjuntos de los atributos que definen R. R tiene una dependencia conjunta si toda tupla de R es recuperable haciendo un **join** sobre A, B, ..., Z.

$$* \{A, B, ..., Z\}$$

Ejemplo

A	B	C	D
1	2	3	4
1	5	6	4
4	2	3	5
3	2	3	6

=

B	C
2	3
5	6

⋈

A	B
1	2
1	5
4	2
3	2

⋈

A	D
1	4
4	5
3	6

→ $* \{AB, BC, AD\}$

Atención!

Teorema de Fagin

Una relación R con subconjuntos de atributos A, B y C se descompone **sin pérdida de información** en {A,B} y {A,C} si y sólo si existen las dependencias A $\twoheadrightarrow$ B y A $\twoheadrightarrow$ C y R no tiene más DF

Observar que la dependencia multi-valuada es un caso particular de una dependencia conjunta.

$\rightarrow$ * {AB, AC}

Quinta Forma Normal - 5FN

Una relación R está en 5FN si está en 4FN y toda dependencia conjunta de R está determinada por claves candidatas

*** {A, B, C}** $\xrightarrow{\text{Descomponer en pares}}$ **R_1(A, B)**
R_2(A, C)
R_3(B, C)

Quinta Forma Normal - 5FN

Una relación R está en 5FN si está en 4FN y toda dependencia conjunta de R está determinada por claves candidatas

*** {A, B, C}** $\xrightarrow{\text{Descomponer en pares}}$ **R_1(A, B)**
R_2(A, C)
R_3(B, C)

Ejemplo

R(ID_proveedor, ID_producto, ID_proyecto)

* {{ID_proveedor, ID_producto}, {ID_proveedor, ID_proyecto}, {ID_producto, ID_proyecto}}

Quinta Forma Normal - 5FN

Una relación R está en 5FN si está en 4FN y toda dependencia conjunta de R está determinada por claves candidatas

*** {A, B, C}** $\xrightarrow{\text{Descomponer en pares}}$ **R_1(A, B)**
R_2(A, C)
R_3(B, C)

Ejemplo

R(ID_proveedor, ID_producto, ID_proyecto)

* {{ID_proveedor, ID_producto}, {ID_proveedor, ID_proyecto}, {ID_producto, ID_proyecto}}

→ R_1(<u>ID_proveedor</u>, <u>ID_producto</u>)

R_2(<u>ID_proveedor</u>, <u>ID_proyecto</u>)

R_3(<u>ID_producto</u>, <u>ID_proyecto</u>)

Quinta Forma Normal - 5FN

Una relación R está en 5FN si está en 4FN y toda dependencia conjunta de R está determinada por claves candidatas

*** {A, B, C}** $\xrightarrow{\text{Descomponer en pares}}$ **R_1(A, B)**
R_2(A, C)
R_3(B, C)

Ejemplo

R(ID_proveedor, ID_producto, ID_proyecto)

* {{ID_proveedor, ID_producto}, {ID_proveedor, ID_proyecto}, {ID_producto, ID_proyecto}}

→ R_1(<u>ID_proveedor</u>, <u>ID_producto</u>)

R_2(<u>ID_proveedor</u>, <u>ID_proyecto</u>)

R_3(<u>ID_producto</u>, <u>ID_proyecto</u>)

Las dependencias conjuntas provienen de relaciones de n-arias, (n > 2)...

Consultas?

Recuerden!

- **Marcelo Mendoza: mmendoza@inf.utfsm.cl**
- **Margarita Bugueño: margarita.bugueno@usm.cl**