

## Tarea 5: Dependencias Funcionales y Normalización

**Integrantes:** Arcos Morales Ramón : 319541478  
 Casarrubias Casarrubias Victor Manuel : 421003581  
 Castillo Hernández Eduardo : 420003557  
 López Asano Miguel Akira : 320219089  
 Rivera Lara Sandra Valeria : 320039823

**Fecha:** 05/10/2024

### Ejercicio 1.

Dada una relación  $R(A,B,C,D,E,G)$  y el siguiente conjunto de dependencias funcionales  $F$ :

$$F = \{AB \rightarrow C, BC \rightarrow D, D \rightarrow EG, CG \rightarrow BD, C \rightarrow A, ACD \rightarrow B, BE \rightarrow C, CE \rightarrow AG\}$$

Para las siguientes sentencias, determina si son **verdaderas o falsas**. Para aquellas sentencias que resulten falsas, deberás explicar por qué consideras que no se cumplen:

No.	Sentencia	Verdadera	Falsa	Justificación
1.	La cerradura de <b>BC</b> es $\{A, D, E, G\}$		✓	Se tiene que al calcular la cerradura, tanto <b>B</b> como <b>C</b> deben de aparecer. Por lo que la cerradura es $\{A, B, C, D, E, G\}$
2.	Todos los atributos de <b>R</b> están en la cerradura de $BC$	✓		
3.	La cerradura de <b>AC</b> es $\{A, C\}$	✓		
4.	<b>ABC</b> es una <b>superllave</b> de <b>R</b>	✓		La cerradura de <b>ABC</b> es $\{A, B, C, D, E, G\}$ Como todos los atributos de <b>R</b> aparecen en la cerradura, entonces es superllave.
5.	<b>ABC</b> es una llave candidata de <b>R</b>		✓	Pues <b>A</b> es redundante, ya que la cerradura de <b>BC</b> contiene todos los atributos de <b>R</b> .
6.	<b>BC</b> es la única llave candidata de <b>R</b>		✓	Véase que la cerradura de <b>DC</b> es $\{D, C, E, G, B, A\}$ , por lo que es una llave candidata.

### Ejercicio 2.

Considera la siguiente tabla, donde cada **proyecto** tiene asignados **muchos empleados** y cada **empleado** trabaja en **muchos proyectos**. Se muestra a continuación un extracto de la tabla **Proyectos**:

NumProy	NombreProy	Presupuesto	idEmp	NombreEmp	HrTrabajadas
P22	Cyclone	50000	E1001	Carlos	12
P22	Cyclone	50000	E2002	Juan	50
P21	IBM	20000	E3003	Patricia	40
P21	IBM	20000	E2002	Juan	30
P21	IBM	20000	E1001	Carlos	70

- ¿Qué **problemas** consideras que puede haber al almacenar los datos en esta tabla? Describe los problemas en términos de las **anomalías** que se pueden presentar.  
Se tiene la **anomalía de eliminación** pues si se quiere eliminar a un empleado de un proyecto, pero el empleado sigue en la empresa, se tendrían que cambiar los valores de *idEmp*, *NombreEmp*, *HrTrabajadas* del empleado a nulas y por lo tanto, se borraría de la tabla, lo cual es un inconveniente pues se tendría que insertar de nuevo los datos del empleado. De manera similar, se tiene la **anomalía de inserción** pues para agregar nuevos proyectos, se tiene que dejar en blanco o null los atributos de *idEmp*, *NombreEmp* y *HrTrabajadas* pues inicialmente un proyecto no tiene nada de ellos. Además se tiene **almacenamiento redundante**, pues para agregar nuevos empleados a un proyecto, se tienen que repetir los datos previamente almacenados del proyecto.
- ¿Cuáles son las **dependencias funcionales** que cumplen en la relación **Proyectos**? Se tiene el conjunto de los siguientes atributos:

$$\{NumProy, NombreProxy, Presupuesto, idEmp, NombreEmp, HrTrabajadas\}$$

con las siguientes dependencias funcionales

$$\{NumProy \rightarrow NombreProy, Presupuesto, idEmp \rightarrow NombreEmp, NumProy idEmp \rightarrow HrTrabajadas\}$$

- ¿Cuál sería **alguna llave** para la relación **Proyectos**? Una llave sería:

$$\{NumProy, idEmp\}$$

pues su cerradura es:

$$\{NumProy, idEmp, NombreEmp, Presupuesto, HrTrabajadas\}$$

La cual contiene a todos los atributos de Proyectos.

- ¿La relación **Proyectos** cumple con **BCNF**? Justifica tu respuesta.  
No, pues ninguna de las dependencias funcionales es trivial y la cerradura de los conjuntos izquierdos de las dependencias funcionales de la relación son las siguientes:

$$\{NumProy\}^+ = \{NumProy, Presupuesto\}$$

$$\{idEmp\}^+ = \{NombreEmp, HrTrabajadas\}$$

$$\{NumProy idEmp\}^+ = \{NumProy, idEmp, NombreEmp, Presupuesto, HrTrabajadas\}$$

De donde se puede observar que únicamente  $\{NumProy idEmp\}$  es una superllave, por lo que entonces las otras dos dependencias funcionales son violaciones a la forma normal de Boyce-Codd y por lo tanto, la relación Proyectos no cumple con **BCNF**.

### Ejercicio 3.

Para cada uno de los **esquemas** que se muestran a continuación, con su respectivo **conjunto de dependencias funcionales**:

a.  $R(A,B,C,D,E,F,G)$  con  $F = \{ AB \rightarrow C, AB \rightarrow F, A \rightarrow D, A \rightarrow E, B \rightarrow G \}$

b.  $R(A,B,C,D,E,F)$  con  $F = \{ AB \rightarrow C, BC \rightarrow AD, D \rightarrow E, CF \rightarrow B \}$

- Indica **alguna llave candidata** para la relación **R**.
- Especifica **todas las violaciones** a la **BCNF**.
- **Normaliza** de acuerdo con **BCNF**, asegúrate de indicar cuáles son las **relaciones resultantes** con sus respectivas **dependencias funcionales**.

- a. Se calculan las siguientes cerraduras:

- $\{AB\}^+ = \{A, B, C, F, D, E, G\}$

- $\{A\}^+ = \{A, D, E\}$

- $\{B\}^+ = \{B, G\}$

Por lo que una llave candidata para **R** es **AB**. Considerando a **AB** como superllave, se tiene que las violaciones a *BCNF* son:

- $A \rightarrow D$
- $A \rightarrow E$
- $B \rightarrow G$

Se toma la dependencia funcional  $A \rightarrow D$  que viola *BCNF*. Se tiene que  $\{A\}^+ = \{A, D, E\}$ . Entonces se divide *R* en:

$$R_1(A, D, E) \text{ con } F_1 = \{A \rightarrow D, A \rightarrow E\} \cup R_2(A, B, C, F, G) \text{ con } F_2 = \{AB \rightarrow C, AB \rightarrow F, B \rightarrow G\}$$

Para  $R_1$ ,  $\{A\}^+ = \{A, D, E\}$ , con lo que **A** es una llave candidata para  $R_1$ , además no se tienen violaciones a *BCNF*. Para  $R_2$ , se tiene las siguientes cerraduras:

- $\{AB\}^+ = \{A, B, C, F, G\}$
- $\{B\}^+ = \{B, G\}$

Con lo que una llave candidata para  $R_2$  es **AB**. Así, se tiene que  $B \rightarrow G$  es una violación a *BCNF*. Con ello,  $\{B\}^+ = \{B, G\}$ , al dividir  $R_2$  se tiene:

$$R_3(B, G) \text{ con } F_3 = \{B \rightarrow G\} \cup R_4(B, A, C, F) \text{ con } F_4 = \{AB \rightarrow C, AB \rightarrow F\}$$

Para  $R_3$ ,  $\{B\}^+ = \{B, G\}$ , con lo cual no se tienen violaciones pues **B** es una llave candidata de  $R_3$ . Para  $R_4$ ,  $\{AB\}^+ = \{A, B, C, F\}$ , así **AB** es una llave candidata de  $R_4$  y por tanto no hay violaciones a *BCNF*. Por lo tanto, las relaciones resultantes con sus respectivas dependencias funcionales son:

- $R_1(A, D, E)$  con  $F_1 = \{A \rightarrow D, A \rightarrow E\}$
- $R_3(B, G)$  con  $F_3 = \{B \rightarrow G\}$
- $R_4(B, A, C, F)$  con  $F_4 = \{AB \rightarrow C, AB \rightarrow F\}$

b. Se calculan las siguientes cerraduras:

- $\{AB\}^+ = \{A, B, C, D, E\}$
- $\{BC\}^+ = \{B, C, A, D, E\}$
- $\{D\}^+ = \{D, E\}$
- $\{CF\}^+ = \{C, F, B, A, D, E\}$

Por lo que una llave candidata para **R** es **CF**. Considerando a **CF** como superllave, se tiene que las violaciones a *BCNF* son:

- $AB \rightarrow C$
- $BC \rightarrow AD$
- $D \rightarrow E$

Se toma la dependencia funcional  $AB \rightarrow C$  que viola *BCNF*. Se tiene que  $\{AB\}^+ = \{A, B, C, D, E\}$ . Entonces se divide *R* en:

$$R_1(A, B, C, D, E) \text{ con } F_1 = \{AB \rightarrow C, BC \rightarrow AD, D \rightarrow E\} \cup R_2(A, B, F) \text{ con } F_2 = \{ABF \rightarrow ABF\}$$

Se pierde la dependencia funcional  $CF \rightarrow B$ . Para  $R_2$ , se cumple que  $ABF \rightarrow ABF$  la dependencia funcional trivial; así no hay violaciones a *BCNF*. Para  $R_1$ , se tiene las siguientes cerraduras:

- $\{AB\}^+ = \{A, B, C, D, E\}$
- $\{BC\}^+ = \{B, C, A, D, E\}$
- $\{D\}^+ = \{D, E\}$

Con lo que una llave candidata para  $R_1$  es **AB** y también lo es **BC**. Así, se tiene que  $D \rightarrow E$  es una violación a  $BCNF$ . Con ello,  $\{D\}^+ = \{D, E\}$ , al dividir  $R_1$  se tiene:

$$R_3(D, E) \text{ con } F_3 = \{D \rightarrow E\} \cup R_4(D, A, B, C) \text{ con } F_4 = \{AB \rightarrow C, BC \rightarrow AD\}$$

Para  $R_3$ ,  $\{D\}^+ = \{D, E\}$ , con lo cual no se tienen violaciones pues **D** es una llave candidata. Para  $R_4$ ,  $\{AB\}^+ = \{A, B, C, D\}$  y  $\{BC\}^+ = \{B, C, A, D\}$ , así **AB** es una llave candidata y también lo es **BC**, no hay violaciones a  $BCNF$ . Por lo tanto, las relaciones resultantes con sus respectivas dependencias funcionales son:

- $R_2(A, B, F)$  con  $F_2 = \{ABF \rightarrow ABF\}$
- $R_3(D, E)$  con  $F_3 = \{D \rightarrow E\}$
- $R_4(D, A, B, C)$  con  $F_4 = \{AB \rightarrow C, BC \rightarrow AD\}$

#### Ejercicio 4.

Para cada uno de los **esquemas** que se muestran a continuación, con su respectivo **conjunto de dependencias funcionales**:

- a.  $R(A, B, C, D, E, F, G)$  con  $F = \{AB \rightarrow C, AB \rightarrow F, A \rightarrow D, A \rightarrow E, B \rightarrow G\}$
  - b.  $R(A, B, C, D, E, F, G)$  con  $F = \{A \rightarrow B, CD \rightarrow FG, G \rightarrow E, B \rightarrow D, A \rightarrow C, E \rightarrow A\}$ 
    - Indica **alguna llave candidata** para la relación **R**.
    - Indica las **violaciones** a **3NF** que encuentres en **F**.
    - Encuentra el **conjunto mínimo** de **dependencias funcionales** equivalente a **F**.
    - **Normaliza** de acuerdo con la **3NF**. Indica claramente las **relaciones resultantes** y en cada esquema, las **dependencias funcionales** que se cumplen.
- a. Para la relación **a.** se tienen las siguientes cerraduras:
- $\{AB\}^+ = \{A, B, C, F, D, E, G\}$
  - $\{A\}^+ = \{A, D, E\}$
  - $\{B\}^+ = \{B, G\}$

Por lo que se tiene que **AB** es una llave candidata para la relación. Así, las violaciones a **3NF** son:

- $A \rightarrow D$
- $A \rightarrow E$
- $B \rightarrow G$

Se obtendrá el conjunto mínimo de dependencias funcionales. Por la regla de la unión se tiene que el conjunto de dependencias funcionales es:

$$\{AB \rightarrow CF, A \rightarrow DE, B \rightarrow G\}$$

- Superfluos por la izquierda: No se tienen atributos superfluos por la izquierda ya que **AB** es llave, con lo que no se puede retirar ninguno de los atributos.
- Superfluos por la derecha:
  - Se toma  $AB \rightarrow CF$ :
    - ¿C es superfluo? Si lo fuera, entonces se tiene  $AB \rightarrow F$  con lo que  $F' = \{AB \rightarrow F, A \rightarrow DE, B \rightarrow G\}$ . Entonces:
      - $\{AB\}^+ = \{A, B, F, D, E, G\}$ . Como no aparece C, entonces C no es superfluo.
    - ¿F es superfluo? Si lo fuera, entonces se tiene  $AB \rightarrow C$  con lo que  $F' = \{AB \rightarrow C, A \rightarrow DE, B \rightarrow G\}$ . Entonces:
      - $\{AB\}^+ = \{A, B, C, D, E, G\}$ . Como no aparece F, entonces F no es superfluo.
  - Se toma  $A \rightarrow DE$ :

¿D es superfluo? Si lo fuera, entonces se tiene  $A \rightarrow E$  con lo que  $F' = \{AB \rightarrow CF, A \rightarrow E, B \rightarrow G\}$ . Entonces:

$\{A\}^+ = \{A, E\}$ . Como no aparece D, entonces D no es superfluo.

¿E es superfluo? Si lo fuera, entonces se tiene  $A \rightarrow D$  con lo que  $F' = \{AB \rightarrow CF, A \rightarrow D, B \rightarrow G\}$ . Entonces:

$\{A\}^+ = \{A, D\}$ . Como no aparece E, entonces E no es superfluo.

Con lo que el conjunto mínimo de dependencias funcionales es:

$$F_{min} = \{AB \rightarrow CF, A \rightarrow DE, B \rightarrow G\}$$

Entonces la relaciones resultantes de la normalización son:

- $R_1(A, B, C, F)$  con  $F_1 = \{AB \rightarrow CF\}$
- $R_2(A, D, E)$  con  $F_2 = \{A \rightarrow DE\}$
- $R_3(B, G)$  con  $F_3 = \{B \rightarrow G\}$

b. Para la relación **b**. se tienen las siguientes cerraduras:

- $\{A\}^+ = \{A, B, D, C, F, G, E\}$
- $\{CD\}^+ = \{C, D, F, G, E, A, B\}$
- $\{G\}^+ = \{G, E, A, B, D, C, F\}$
- $\{B\}^+ = \{B, D\}$
- $\{E\}^+ = \{E, A, B, C, D, F, G\}$

Por lo que se tiene que **E** y **A** son llaves candidatas para la relación, y **CD** es superllave. Así, las violaciones a 3NF son:

- $B \rightarrow D$
- $A \rightarrow C$

Se obtendrá el conjunto mínimo de dependencias funcionales. Por la regla de la unión se tiene que el conjunto de dependencias funcionales es:

$$\{A \rightarrow BC, CD \rightarrow FG, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$$

- Superfluos por la izquierda:

- Se toma  $CD \rightarrow FG$

¿C es superfluo? Si lo fuera se tiene  $D \rightarrow FG$ . Se tiene que  $\{D\}^+ = \{D\}$ . Como no aparece **FG** entonces C no es superfluo.

¿D es superfluo? Si lo fuera se tiene  $C \rightarrow FG$ . Se tiene que  $\{C\}^+ = \{C\}$ . Como no aparece **FG** entonces D no es superfluo.

Con lo que no se tienen superfluos por la izquierda.

- Superfluos por la derecha:

- Se toma  $A \rightarrow BC$ :

¿B es superfluo? Si lo fuera, entonces se tiene  $A \rightarrow C$  con lo que  $F' = \{A \rightarrow C, CD \rightarrow FG, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$ . Entonces:

$\{A\}^+ = \{A, C\}$ . Como no aparece B, entonces B no es superfluo.

¿C es superfluo? Si lo fuera, entonces se tiene  $A \rightarrow B$  con lo que  $F' = \{A \rightarrow B, CD \rightarrow FG, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$ . Entonces:

$\{A\}^+ = \{A, B, D\}$ . Como no aparece C, entonces C no es superfluo.

- Se toma  $CD \rightarrow FG$ :

¿F es superfluo? Si lo fuera, entonces se tiene  $CD \rightarrow G$  con lo que  $F' = \{A \rightarrow BC, CD \rightarrow G, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$ . Entonces:

$\{CD\}^+ = \{C, D, G, E, A, B\}$ . Como no aparece F, entonces F no es superfluo.

¿G es superfluo? Si lo fuera, entonces se tiene  $CD \rightarrow F$  con lo que  $F' = \{A \rightarrow BC, CD \rightarrow F, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$ . Entonces:

$\{CD\}^+ = \{C, D, F\}$ . Como no aparece  $G$ , entonces  $G$  no es superfluo.

Con lo que el conjunto mínimo de dependencias funcionales es:

$$F_{min} = \{A \rightarrow BC, CD \rightarrow FG, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$$

Entonces la relaciones resultantes de la normalización son:

- $R_1(A, B, C)$  con  $F_1 = \{A \rightarrow BC\}$
- $R_2(C, D, F, G)$  con  $F_2 = \{CD \rightarrow FG\}$
- $R_3(G, E)$  con  $F_3 = \{G \rightarrow E\}$
- $R_4(B, D)$  con  $F_4 = \{B \rightarrow D\}$
- $R_5(E, A)$  con  $F_5 = \{E \rightarrow A\}$

### Ejercicio 5.

Para cada uno de los **esquemas** que se muestran a continuación, con su respectivo **conjunto de dependencias funcionales**:

- a.  $R(A, B, C, D)$  con  $DMV = \{ AB \twoheadrightarrow C, B \rightarrow D \}$
- b.  $R(A, B, C, D, E)$  con  $DMV = \{ A \twoheadrightarrow B, AB \rightarrow C, A \rightarrow D, AB \rightarrow E \}$

- Encuentra **todas las violaciones** a la **4NF**.
- **Normaliza** de acuerdo con la **4NF**.

a. Primero se encontrará una llave para **a**. Se tiene la siguiente cerradura:

- $\{B\}^+ = \{BD\}$

Con lo que **ABC** es una llave. Así, las violaciones a **4NF** son:

- $AB \twoheadrightarrow C$
- $B \rightarrow D$

Se toma la violación  $AB \twoheadrightarrow C$  y al dividir:

- $R_1(A, B, C)$  con  $AB \twoheadrightarrow C$ . La llave es **ABC**. Al tener que  $AB \twoheadrightarrow C$  es una DMV trivial, entonces ya está en **4NF**.
- $R_2(A, B, D)$  con  $B \rightarrow D$ . Así, una llave es **AB**. Con lo cual  $B \rightarrow D$  es una violación a **4NF**. Al dividir la relación se tiene:
  - $R_3(B, D)$  con  $B \rightarrow D$ , como  $\{B\}^+ = \{B, D\}$ , entonces **B** es una llave. Con lo cual ya está en **4NF**.
  - $R_4(B, A)$  con  $BA \rightarrow BA$  la trivial.

Por lo tanto las relaciones resultantes son:

- $R_1(A, B, C)$  con  $AB \twoheadrightarrow C$ .
- $R_3(B, D)$  con  $B \rightarrow D$
- $R_4(B, A)$  con  $BA \rightarrow BA$

b. Primero se encontrará una llave para **b**. Se tienen las siguientes cerraduras:

- $\{AB\}^+ = \{A, B, C, D, E\}$
- $\{A\}^+ = \{A, D\}$

Con lo que **AB** es una llave. Así, las violaciones a **4NF** son:

- $A \twoheadrightarrow B$
- $A \rightarrow D$

Se toma la violación  $A \rightarrow D$  y al dividir:

- $R_1(A, D)$  con  $A \rightarrow D$ . La llave es  $A$ . Con lo que ya está en  $4NF$ .
- $R_2(A, B, C, E)$  con  $\{A \twoheadrightarrow B, AB \rightarrow C, AB \rightarrow E\}$ . Así, una llave es **AB**. Con lo cual  $A \twoheadrightarrow B$  es una violación a  $4NF$ . Al dividir la relación, tomando  $A \twoheadrightarrow B$ :
  - $R_3(A, B)$  con  $A \twoheadrightarrow B$ , la cual es una DMV trivial, ya está en  $4NF$ .
  - $R_4(A, C, E)$  con  $ACE \rightarrow ACE$  la trivial. Pues  $ACE$  es una llave. Se pierden las DF  $\{AB \rightarrow C, AB \rightarrow E\}$

Por lo tanto las relaciones resultantes son:

- $R_1(A, D)$  con  $A \rightarrow D$ .
- $R_3(A, B)$  con  $A \twoheadrightarrow B$ .
- $R_4(A, C, E)$  con  $ACE \rightarrow ACE$ .

### Ejercicio 6.

Se tiene la siguiente relación:

**R(idEnfermo, idCirujano, fechaCirugía, nombreEnfermo, direcciónEnfermo, nombreCirujano, nombreCirugía, medicinaSuministrada, efectosSecundarios)**

Se renombrarán las relaciones para simplificar la notación. Se tendrá la relación  $R(e, c, f, ne, de, nc, ni, m, es)$ .

- Expresa las **siguientes restricciones** en forma de **dependencias funcionales**: **A un enfermo sólo se le da una medicina después de la operación. Si existen efectos secundarios estos dependen sólo de la medicina suministrada. Sólo puede existir un efecto secundario por medicamento.**
  - A un enfermo sólo se le da una medicina después de la operación:  $ef \rightarrow m$ .
  - Si existen efectos secundarios estos dependen sólo de la medicina suministrada:  $es \twoheadrightarrow m$
  - Sólo puede existir un efecto secundario por medicamento:  $m \rightarrow es$
- Especifica otras **dependencias funcionales** o **multivaluadas** que deban satisfacerse en la relación **R**. por cada una que definas, deberá aparecer **un enunciado en español** como en el inciso anterior.
  - Los datos del enfermo son dados por su id:  $e \rightarrow ne\ de$
  - El id del cirujano lo identifica:  $c \rightarrow nc$
  - En una fecha de operación pueden haber varias operaciones que involucran a un enfermo y a un cirujano:  $f \twoheadrightarrow ni\ c\ e$
  - Los cirujanos realizan operaciones en fechas específicas:  $c \twoheadrightarrow f$

- **Normaliza** utilizando el **conjunto de dependencias** establecido en los puntos anteriores.

Tomando en cuenta los incisos anteriores, se tienen las siguientes dependencias:

- $ef \rightarrow m$
- $m \rightarrow es$
- $e \rightarrow ne\ de$
- $c \rightarrow nc$
- $es \twoheadrightarrow m$
- $f \twoheadrightarrow ni\ c\ e$
- $c \twoheadrightarrow f$

Obtenemos las cerraduras:

- $\{ef\}^+ = \{e, f, m, es, ne, de\}$
- $\{m\}^+ = \{m, es\}$
- $\{e\}^+ = \{e, ne, de\}$

- $\{c\}^+ = \{c, nc\}$

Una llave será  $e f c ni$ .

Ahora, se nota que todas las dependencias son violaciones. Se tomará  $ef \rightarrow m$ . Definimos las relaciones:

- $R_1(e, f, m)$  con  $ef \rightarrow m$
- $R_2(e, f, c, ne, de, nc, ni, es)$  con
  - $e \rightarrow ne de$
  - $c \rightarrow nc$
  - $f \twoheadrightarrow ni c e$
  - $c \twoheadrightarrow f$

Una llave en  $R_2$  será  $fecnies$  y es importante notar que perdemos  $m \rightarrow es, es \rightarrow m$

$R_1$  es una relación trivial, sin embargo, en  $R_2$  tenemos 4 violaciones. Tomaremos  $e \rightarrow ne de$ :

- $R_3(e, ne, de)$  con  $e \rightarrow ne de$
- $R_4(e, f, c, nc, ni, es)$  con
  - $c \rightarrow nc$
  - $f \twoheadrightarrow ni c e$
  - $c \twoheadrightarrow f$

Una llave para  $R_4$  será  $fecnies$ .

$R_3$  es una relación trivial, sin embargo, en  $R_4$  tenemos 3 violaciones. Tomaremos  $c \rightarrow nc$ :

- $R_5(c, nc)$  con  $c \rightarrow nc$ .
- $R_6(c, e, f, ni, es)$  con
  - $f \twoheadrightarrow ni c e$
  - $c \twoheadrightarrow f$

Una llave para  $R_6$  será  $fecnies$ .

$R_5$  es una relación trivial, sin embargo, en  $R_6$  tenemos 2 violaciones. Tomaremos  $f \twoheadrightarrow ni c e$ :

- $R_7(f, ni, c, e)$  con  $f \twoheadrightarrow ni c e$  y  $c \twoheadrightarrow f$ .
- $R_8(f, es)$  con  $fes \rightarrow fes$

$R_8$  es una relación trivial, en  $R_7$  tenemos una violación, por lo que tomamos  $c \twoheadrightarrow f$ .

- $R_9(c, f)$  con  $c \twoheadrightarrow f$ .
- $R_{10}(c, ni, e)$  con  $cnie \rightarrow cnie$

Se ha perdido  $f \twoheadrightarrow ni c e$  y se llegó a que  $R_9$  y  $R_{10}$  son triviales. Por lo que hemos terminado.

Así, las relaciones resultantes son:

- $R_1(e, f, m)$
- $R_3(e, ne, de)$
- $R_5(c, nc)$
- $R_8(f, es)$
- $R_9(c, f)$
- $R_{10}(c, ni, e)$