

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE CIENCIAS, 2025-II  
FUNDAMENTOS DE BASES DE DATOS



---

**TAREA-EXAMEN:**  
*Modelo Relacional, Álgebra Relacional y  
Normalización*

---

NOMBRE DEL EQUIPO:  
NAMEisNULL

INTEGRANTES:

Flores Mata Ricardo - 422127808

Martínez Leal José María - 317243970

Matute Cantón Sara Lorena - 319331622

Sánchez Cruz Norma Selene - 320198508

Suárez Ortiz Joshua Daniel - 320151260

Villegas Martínez Vania Victoria - 418003114

## 1. Responde a las siguientes preguntas:

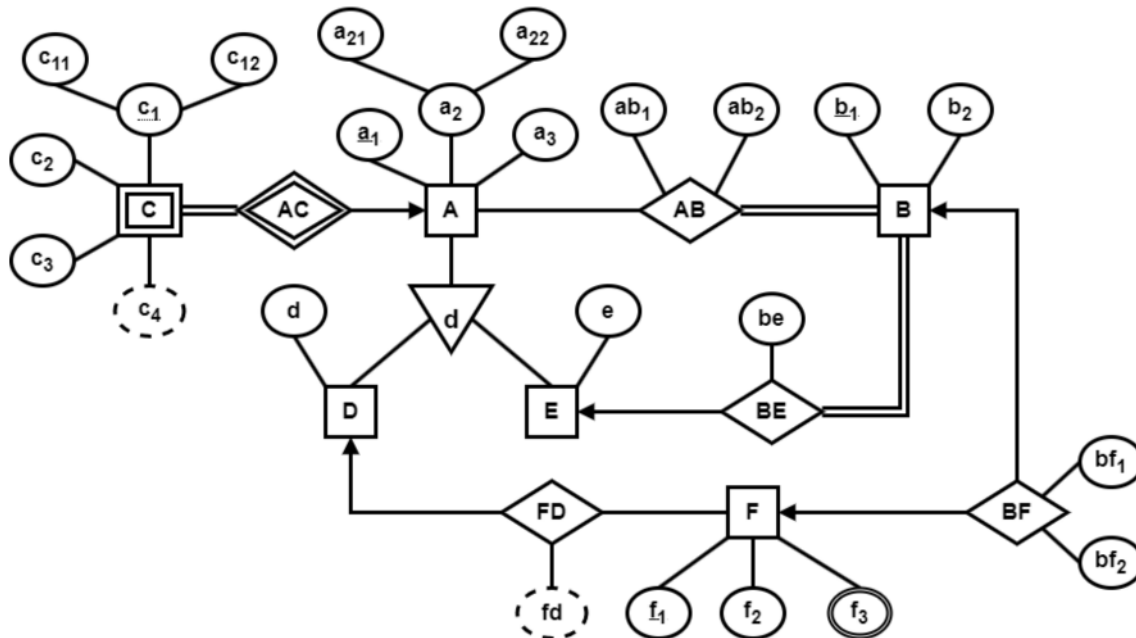
- Sean  $R$  y  $S$  dos relaciones sin atributos comunes (sus esquemas son disjuntos). ¿Por qué la operación  $R \bowtie S$  es equivalente a la relación  $R \times S$ ? ¿Qué ocurre en el caso opuesto, cuando  $R$  y  $S$  tienen el mismo esquema? En el caso donde  $R$  y  $S$  tengan esquemas disjuntos  $R \bowtie S$  es equivalente a la relación  $R \times S$  debido al comportamiento de  $\bowtie$ . Es decir el natural join toma las tuplas de  $R$  y  $S$  y las une únicamente donde los valores de los atributos en común coinciden. En el caso donde no haya algún atributo en común simplemente une cada una de las tuplas de  $R$  con cada una de las tuplas de  $S$ , lo cual se puede ver como el producto cartesiano entre  $R$  y  $S$ .  
En el caso cuando  $R$  y  $S$  tienen atributos en común veremos que  $R \bowtie S$  ya **No** es equivalente a la relación  $R \times S$ . Esto debido a que independientemente de que tengan o no atributos en común  $\times$  unirá cada una de las tuplas de  $R$  con las de  $S$  indiscriminadamente. En cambio  $\bowtie$  únicamente unirá una tupla de  $R$  con una tupla de  $S$  si el valor del atributo en común es idéntico. Adicionalmente es importante notar que en caso de aplicar  $\times$  a un  $R$  y  $S$  con atributos en común será necesario renombrar dichos atributos para evitar ambigüedad. Cosa que no sucede en  $\bowtie$ .
- Sean  $R$  y  $S$  dos relaciones con el mismo esquema y que tienen  $n$  y  $m$  tuplas, respectivamente. Indica cotas (valor máximo y mínimo) para la cardinalidad de las siguientes operaciones:  $R \cup S$ ,  $R - S$ ,  $R \cap S$ ,  $R \bowtie S$ ,  $R \bowtie_c S$  y  $R \div S$ 
  - $R \cup S$ :
    - \* Cota Máxima: La cota máxima es  $n+m$  y sucede cuando ninguna tupla de  $R$  aparece en  $S$ .
    - \* Cota Mínima: La cota mínima es  $\text{MAX}(n, m)$ . Este caso aparece cuando todas las tuplas de uno aparecen en el otro.
  - $R - S$ :
    - \* Cota Máxima: La cota máxima es  $n$  y sucede cuando ninguna tupla de  $R$  aparece en  $S$ . No se elimina alguna tupla.
    - \* Cota Mínima: La cota mínima es  $0$  y sucede cuando todas las tuplas de  $R$  aparecen en  $S$ . Todas las tuplas de  $R$  son eliminadas.
  - $R \cap S$ :
    - \* Cota Máxima: La cota máxima es  $\text{MIN}(n, m)$  y sucede cuando todas las tuplas de la relación con el menor número de tuplas aparecen en la otra relación.
    - \* Cota Mínima: La cota mínima es  $0$  y sucede cuando no hay tuplas en común entre  $R$  y  $S$ .
  - $R \bowtie S$ 
    - \* Cota Máxima: La cota máxima es  $n*m$  y sucede cuando no hay ningún atributo en común entre  $R$  y  $S$ .
    - \* Cota Mínima: La cota mínima es  $0$  y sucede cuando hay al menos un atributo común entre  $R$  y  $S$ , pero no existe algún valor a del atributo que sea compartido por  $R$  ni por  $S$ .
  - $R \bowtie_c S$ 
    - \* Cota Máxima: La cota máxima es  $n*m$  si todo par de tuplas cumplen con la condición  $c$ .
    - \* Cota Mínima: La cota mínima es  $0$  y sucede cuando no se cumple la condición  $c$ .
  - $R \div S$ 
    - \* Cota Máxima:  $N$
    - \* Cota Mínima: La cota mínima es  $0$  si ninguna fila de las filas de  $R$  corresponden con ninguna de las filas de  $S$ .
- Define los conceptos de cardinalidad y grado de una relación.

**Cardinalidad:** Es el número de tuplas que posee una relación.

**Grado:** Es el número de atributos que posee una relación.

- ¿Qué restricción impone una llave primaria sobre su relación en un modelo datos relacional?  
Una llave primaria impone una restricción de identidad de la entidad. A su vez impone que cada relación debe de tener una llave primaria que debe de ser única y no nula.
- ¿Qué es una llave foránea y qué restricciones impone el usarla en una base de datos relacional?  
Una llave primaria impone una restricción de identidad referencial. Tal que se mantenga la consistencia entre las tuplas de dos relaciones.

**2. Traduce el siguiente Modelo E-R al Modelo Relacional. Utiliza el formato simplificado que revisamos en clase: Tabla( llave, atr<sub>1</sub>, atr<sub>2</sub>, ..., atr<sub>n</sub>) e indica las llaves foráneas:**



#### Entidades Fuertes:

**A**(a<sub>1</sub>, a<sub>21</sub>, a<sub>22</sub>, a<sub>3</sub>)

**B**(b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, a<sub>1</sub>, be), a<sub>1</sub> es llave foránea de la tabla E (por relación que modifica tabla); be es atributo de la relación BE y es por eso que se agrega también.

**D**(a<sub>1</sub>, d), esto es por la herencia de A (especialización parcial con disyunción).

**E**(a<sub>1</sub>, e), esto es por la herencia de A (especialización parcial con disyunción).

**F**(f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>, f<sub>1</sub>), f<sub>1</sub> es llave foránea de la tabla F (por la relación FD que modifica tabla).

**TablaF<sub>3</sub>**(f<sub>1</sub>, f<sub>3</sub>), esto pasa porque f<sub>3</sub> es un atributo multivaluado de F.

#### Entidades Débiles:

**C**(a<sub>1</sub>, c<sub>11</sub>, c<sub>12</sub>, c<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>), aquí la llave primaria está compuesta por a<sub>1</sub>, c<sub>11</sub> y c<sub>12</sub> porque en el diagrama: la llave primaria es c<sub>1</sub> pero como es atributo compuesto, se traducen únicamente los atributos que lo componen y a<sub>1</sub> porque C es entidad débil de A. Y el atributo c<sub>4</sub> no se traduce porque es calculado.

#### Relaciones que generan tabla:

**n:m**

**AB**(a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, ab<sub>1</sub>, ab<sub>2</sub>), a<sub>1</sub> y b<sub>1</sub> son llaves foráneas de sus respectivas entidades fuertes.

**1:1, parcial de ambos lados**

**BF**(b<sub>1</sub>, f<sub>1</sub>, bf<sub>1</sub>, bf<sub>2</sub>)

**Relaciones que modifican tabla:** (la de 1 le manda su llave a la de muchos)

**BE:** Modifica la tabla **B** con mandarle la llave de **E** y el atributo de la relación **be**.

**FD:** Modifica la tabla **F** con mandarle la llave de **D** y no se traduce el atributo **fd** porque es calculado.

Finalmente, la relación **AC** no se traduce porque sería redundante.

### 3. Un día escuchas a un ingeniero afirmar lo siguiente: "...al convertir un Modelo E-R que tiene $N$ entidades y $M$ relaciones a un Modelo Relacional equivalente, se obtendrán como máximo $N+M$ relaciones". ¿Esta afirmación es correcta? Justifica tu respuesta.

Después de una larga discusión en el equipo, consideramos que es un "sí pero no" de la siguiente manera:

En primera, suponiendo que las  $N$  entidades son fuertes (generan tabla) y para este caso, también consideremos que las  $M$  relaciones generan tabla; entonces, es evidente que  $N+M$  es el número máximo de relaciones después de la traducción (dado que con sólo una relación que no genere tabla, tendríamos  $N+M-1$  en dicho escenario).

Por otro lado, consideremos la especialización de las entidades: porque en este escenario, podría pasar que teniendo una entidad padre y  $p$  hijos (con  $p < N$  para fines de este ejemplo), podríamos obtener después de la traducción: 1,  $p$  ó  $p+1$  tablas en el modelo relacional solamente de la traducción de esta parte del modelo E-R. Entonces, en la traducción final tendríamos  $N-p+1$  tablas;  $N+p$  tablas; y  $N+p+1$  tablas respectivamente. Lo que en términos de la pregunta significa que sí se cumple en el primer caso que el máximo de tablas sea  $N+M$  en el modelo relacional pero tanto en el segundo como tercer caso, estamos sumando un número positivo de tablas, es decir,  $p$  y  $p+1$ .

Finalmente, es evidente que no se cumple si consideramos las tablas que generan los atributos multivaluados de dichas  $N$  entidades.

### 4. Escribe una expresión en álgebra relacional para cada una de las siguientes consultas:

Tienes una Base de Datos con el siguiente esquema(ID:94bdea5181930105966d9488c5ab4a43).

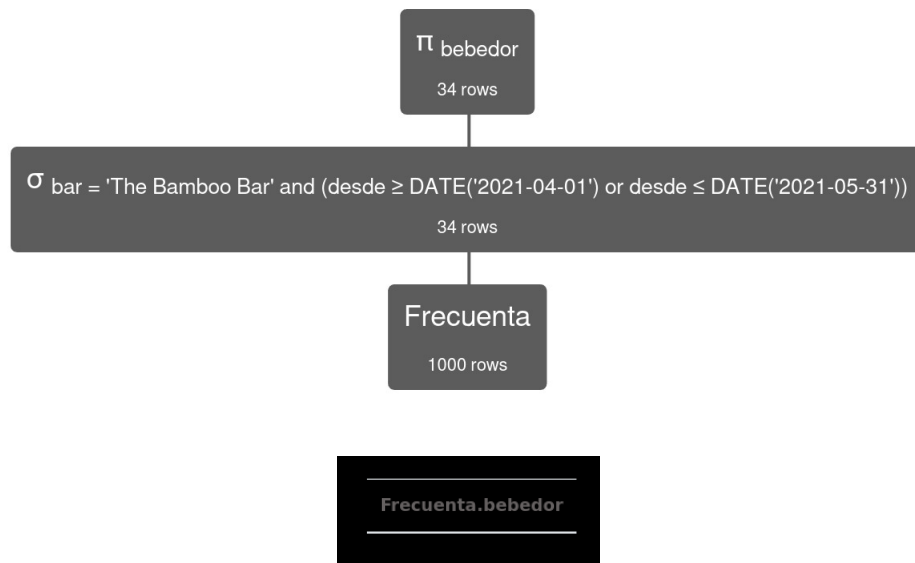
**Frecuenta**(bebedor, bar, desde)

**Sirve**(bar, cerveza)

**Gusta**(bebedor, cerveza)

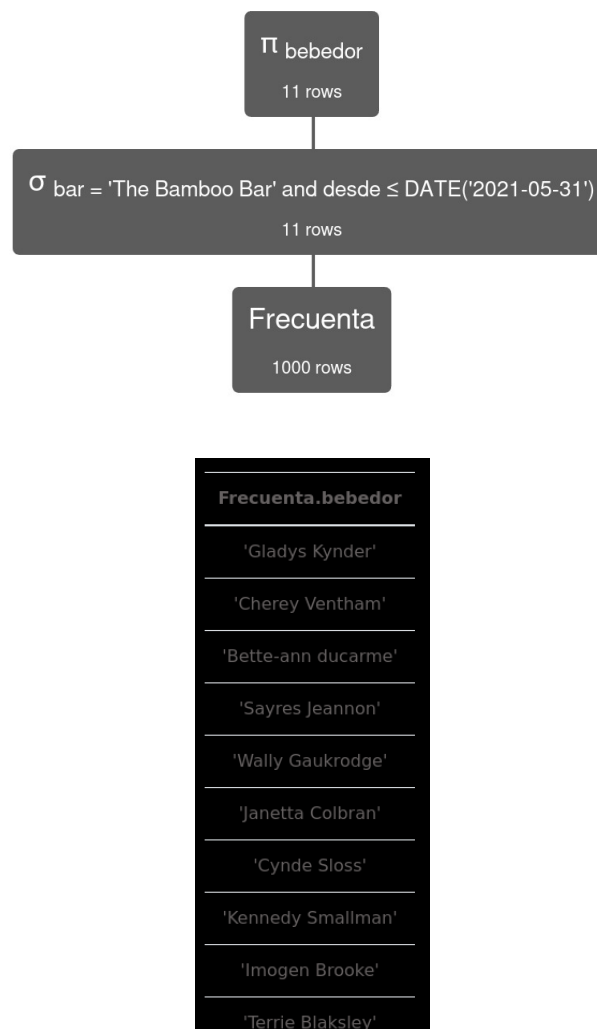
1. Una lista de los bebedores que ha frecuentado el bar The bamboo bar en abril y mayo de 2021.  
Para obtener la lista de los bebedores que han frecuentado el bar en abril y mayo de 2021 haremos la siguiente consulta. Observemos que en la únicamente sabemos desde cuando un bebedor ha frecuentado un bar dado, por lo cual los bebedores que han frecuentado el bar en ese periodo de tiempo deben de ser aquellos que iniciaron a frecuentar el bar en esas fechas o previamente ya lo frecuentaban.  
Para obtener aquellos bebedores que iniciaron a frecuentar al bar en esas fechas podemos usar la siguiente consulta:

$$\pi_{\text{bebedor}}(\sigma_{\text{bar} = \text{'The Bamboo Bar'} \wedge (\text{desde} \geq \text{date('2021-04-01')} \wedge \text{desde} \leq \text{date('2021-05-31')})}(\text{Frecuenta}))$$



Para obtener a todas las personas que pudieron frecuentar el bar en esas fechas hacemos la siguiente consulta:

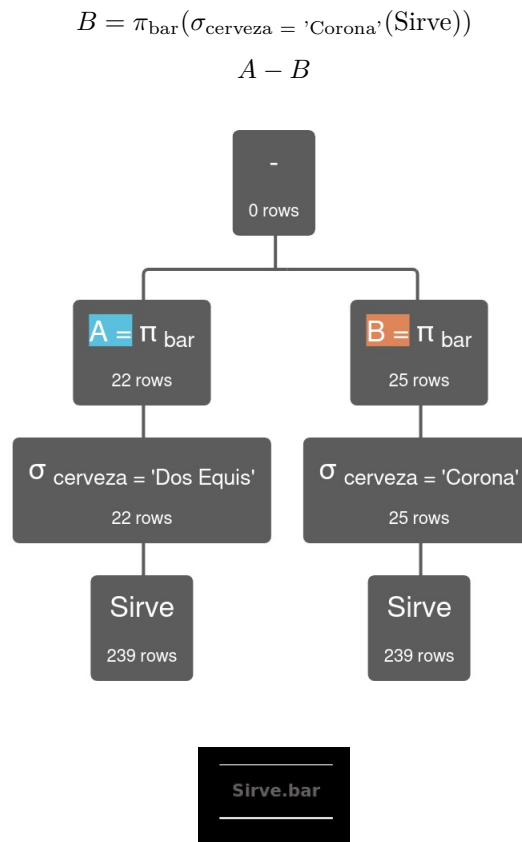
$$\pi_{\text{bebedor}}(\sigma_{\text{bar} = \text{'The Bamboo Bar' and desde} \leq \text{date('2021-05-31')}}(\text{Frecuenta}))$$



2. Lista con los bares que venden la cerveza Dos equis pero que no venden corona.

Para esta consulta primero necesitamos encontrar los bares que venden la cerveza Dos Equis 'A' y luego los bares que venden la cerveza Corona 'B'. Finalmente los bares que venden la cerveza Dos equis pero no Corona son aquellos bares que aparecen en 'A' pero no en 'B'.

$$A = \pi_{\text{bar}}(\sigma_{\text{cerveza} = \text{'Dos Equis'}}(\text{Sirve})) \quad B = \pi_{\text{bar}}(\sigma_{\text{cerveza} = \text{'Corona'}}(\text{Sirve}))$$



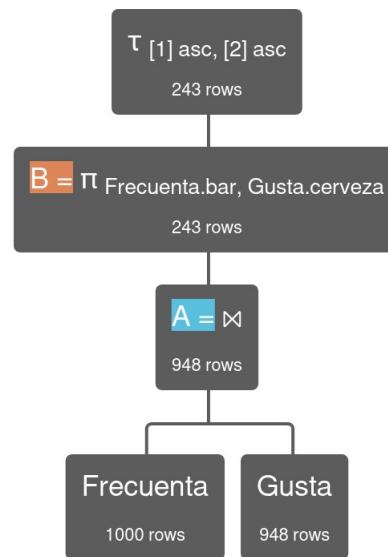
3. Lista que muestre información de bares que son frecuentados por los bebedores y las cervezas que les gustan. Mostrar la información ordenada por bar y cerveza.

Para esta consulta primero hacemos natural join entre Frecuenta y Gusta para tener en un solo lugar los bebedores frecuentes, el bar que frecuentan y sus bebidas favoritas. Finalmente ordenamos.

$$A = \text{Frecuenta} \bowtie \text{Gusta}$$

$$B = \pi_{\text{Frecuenta.bar}, \text{Gusta.cerveza}}(A)$$

$$\tau_{[1],[2]}B$$



Frecuenta.bar	Gusta.cerveza
'Attaboy'	'Blue Moon'
'Attaboy'	'Budweiser'
'Attaboy'	'Coors Light'
'Attaboy'	'Corona'
'Attaboy'	'Dos Equis'
'Attaboy'	'Guinness'
'Attaboy'	'Heineken'
'Attaboy'	'Miller Lite'
'Attaboy'	'Samuel Adams'
'Attaboy'	'Stella Artois'

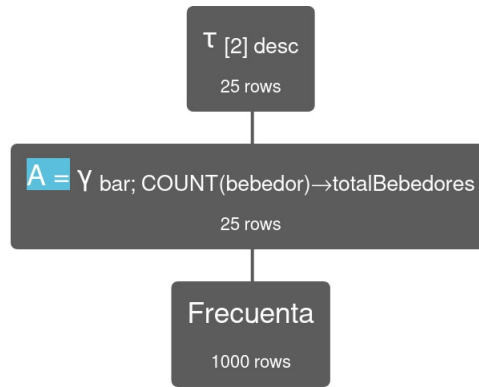
Es importante notar que es posible que existan tuplas donde la cerveza que les guste a los bebedores no sea servida en ese bar.

4. Los bares más exitosos, pues muchos bebedores los frecuentan.

Para esta consulta contaremos las veces que un bar es frecuentado por los bebedores dándonoslo un modo de cuantificar cuales son los más exitosos. Finalmente ordenaremos los resultado para hacer evidente los bares con mayor número de bebedores frecuentes.

$$A = \gamma_{\text{bar}; \text{count}(\text{bebedor}) \rightarrow \text{totalBebedores}}(\text{Frecuenta})$$

$$\tau_{\text{totalBebedor desc}} A$$



Frecuenta.bar	totalBebedores
'Dante'	53
'Black Pearl'	50
'Attaboy'	49
'Employees Only'	47
'The Broken Shaker'	46
'Lost Lake'	45
'Canon'	44
'The Tippling Club'	43
'The Punch Room'	42
'Carnaval Court'	42

5. Nombre de la cerveza que menos les gusta a los bebedores.  
 Para esta consulta haremos algo similar a la consulta anterior. Una vez que calculamos e numero de bebedores buscamos el mínimo. Hacemos natural join y finalmente proyectamos únicamente el nombre.

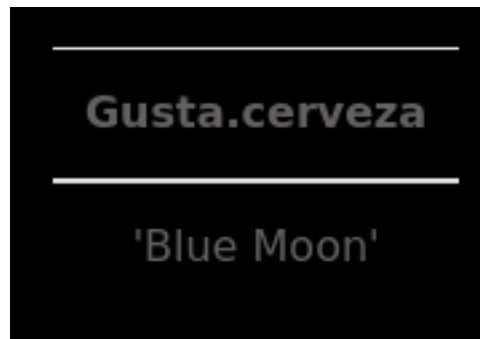
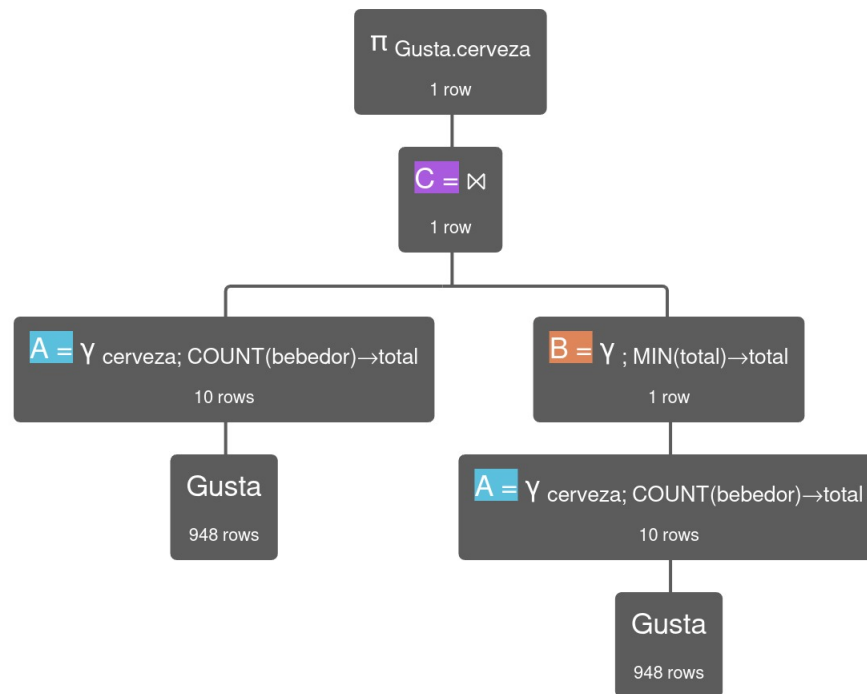
$$A = \gamma_{\text{cerveza}; \text{count}(\text{bebedor}) \rightarrow \text{total}}(\text{Gusta})$$

$$B = \gamma_{\text{MIN}(\text{total}) \rightarrow \text{total}}(A)$$

$$C = A \bowtie B$$

$$\pi_{\text{cerveza.Gusta}}(C)$$





6. Los bebedores que no frecuenten bares que sirven cervezas que les gustan. Previamente habíamos mencionado que esto podía llegar a pasar. Para esta consulta primero haremos un natural join entre Frecuenta y Gusta. Una vez hecho esto debemos eliminar las relaciones (bar, cerveza) que aparecen en Sirve. Con esto obtenemos las tuplas (bar, cerveza) donde un bar no sirve una cerveza. Finalmente necesitamos recuperar la información del nombre por lo cual hacemos natural join y con eso una proyección.

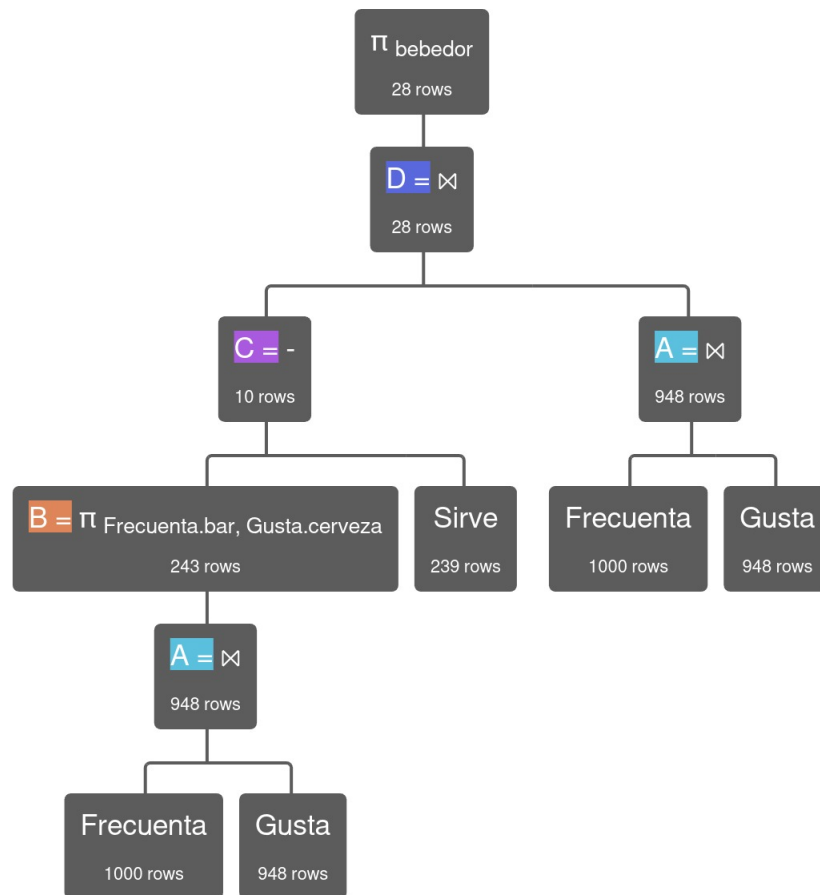
$$A = \text{Frecuenta} \bowtie \text{Gusta}$$

$$B = \pi_{\text{Frecuenta.bar}, \text{Gusta.cerveza}}(A)$$

$$C = B - \text{Sirve}$$

$$D = C \bowtie A$$

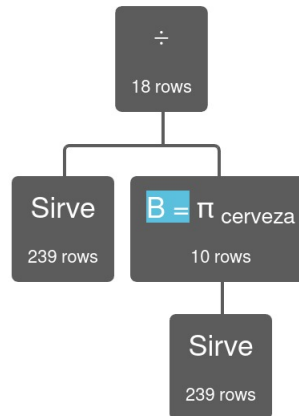
$$\pi_{\text{bebedor}}(D)$$



Frecuenta.bebedor
'Storm Fulford'
'Marylynne Penvarden'
'Luisa Pardi'
'Jeramie Seaward'
'Berton Magovern'
'Tadeo Planke'
'Enrica Whitehurst'
'Sallie Beumant'
'Minerva Muffin'
'Kristin Wagner'

7. Asumiendo que, si existen, una lista con los bares que sirven todas las cervezas. Para esta consulta primero necesitamos saber todas las cervezas que hay en el sistema, observamos que esto lo podemos obtener gracias a Sirve. Ahora usando división obtenemos los bares que sirven todas las cervezas.

$$B = \pi_{\text{cerveza}}(\text{Sirve})$$

$$\text{Sirve} \div B$$


Sirve.bar
'Black Pearl'
'The Aviary'
'Carnaval Court'
'The Baxter Inn'
'The Bamboo Bar'
'The Tippling Club'
'The Punch Room'
'The Dead Rabbit'
'The NoMad Bar'
'The Nomad Bar'

8. Borra toda la información de los bares que sirven la cerveza Budweiser y Stella Artois. Primero para esta consulta necesitamos buscar todos los bares que sirven 'Budweiser' y 'Stella Artois'. Una vez obtenidos buscamos las tuplas que contienen tanto el bar como las cervezas que tienen. Finalmente eliminamos. Al no existir la posibilidad de borrar realmente las tupas en la calculadora, el resultado se guardara en R.

$$A = \pi_{\text{bar}}(\sigma_{\text{cerveza} = \text{'Budweiser'}}(\text{Sirve}))$$

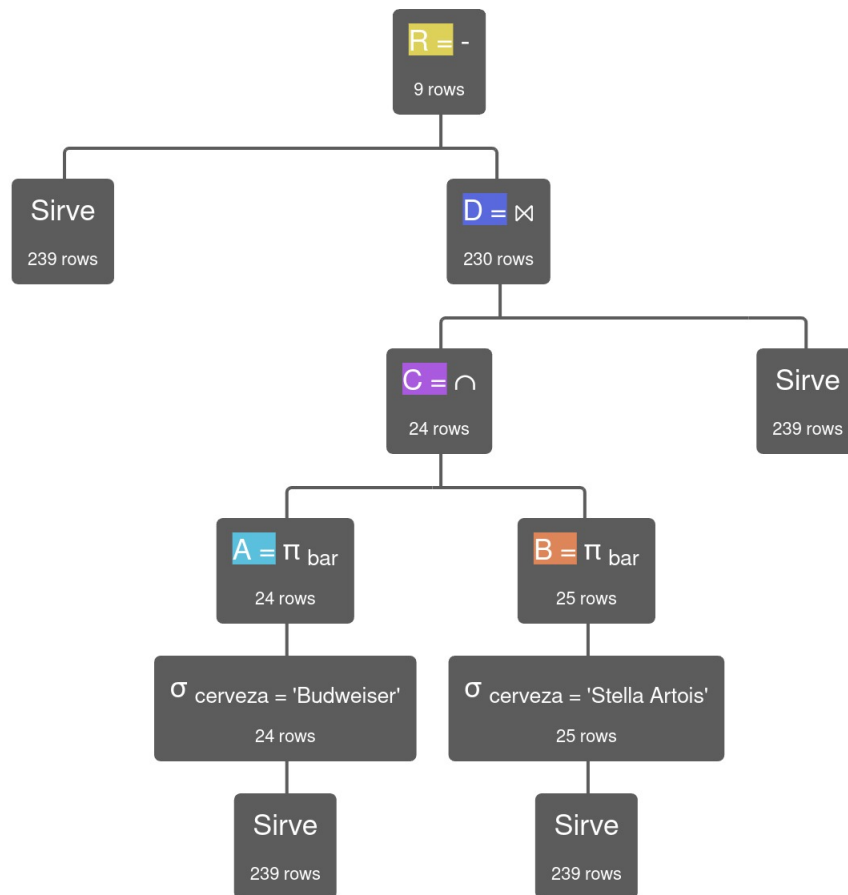
$$B = \pi_{\text{bar}}(\sigma_{\text{cerveza} = \text{'Stella Artois'}}(\text{Sirve}))$$

$$C = A \cap B$$

$$D = C \bowtie \text{Sirve}$$

$$R = \text{Sirve} - D$$

$$R$$



Sirve.bar	Sirve.cerveza
'Trick Dog'	'Heineken'
'Trick Dog'	'Stella Artois'
'Trick Dog'	'Miller Lite'
'Trick Dog'	'Corona'
'Trick Dog'	'Coors Light'
'Trick Dog'	'Guinness'
'Trick Dog'	'Samuel Adams'
'Trick Dog'	'Blue Moon'
'Trick Dog'	'Dos Equis'

9. Actualiza la información del bar The Dead Rabbit ya que, a partir de hoy el bar se llamará Bar Veider. Para esta consulta primero encontramos toda la información del bar 'The Dead Rabbit' para "eliminarla". Una vez eliminada actualizamos la información con el nuevo nombre. Para esto hicimos un producto cartesiano entre una tabla con el nuevo nombre y las cervezas que originalmente tenía.

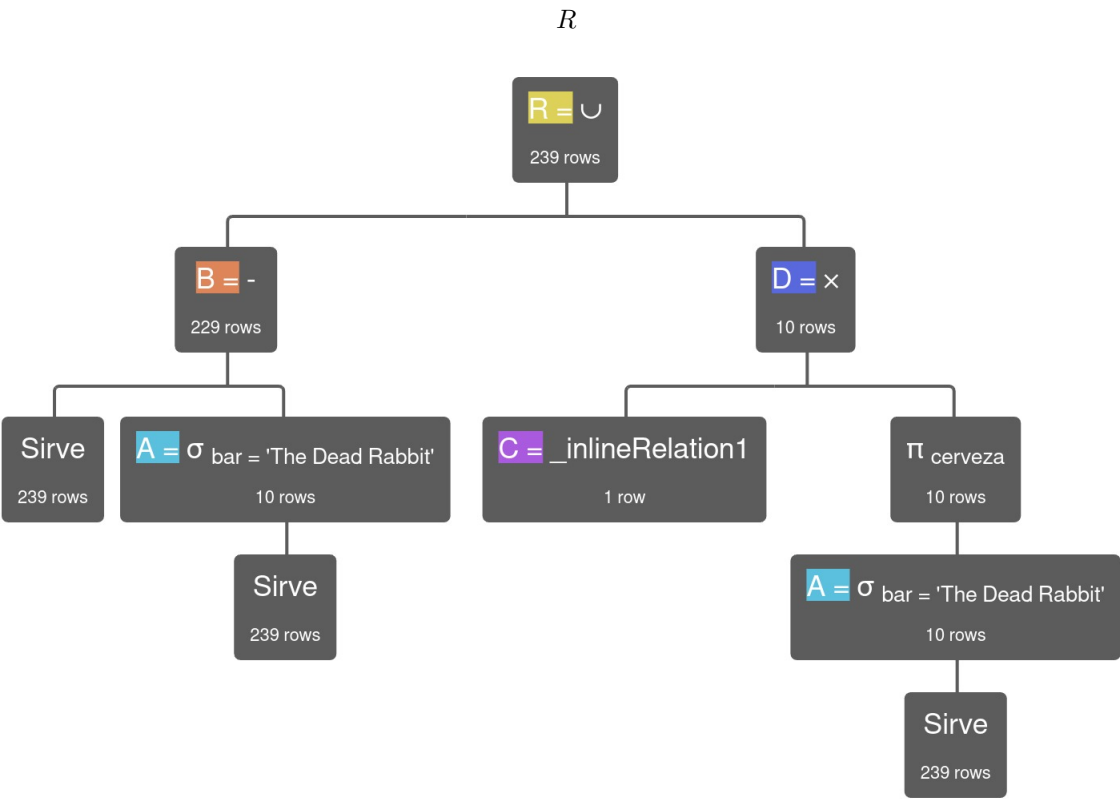
$$A = \sigma_{\text{bar} = \text{'The Dead Rabbit'}}(\text{Sirve})$$

$$B = \text{Sirve} - A$$

$C = \{bar:string \text{ 'Bar Veider'}\}$

$D = C \times (\pi_{cerveza}(A))$

$R = B \cup D$



Sirve.bar	Sirve.cerveza
'Black Pearl'	'Corona'
'The Aviary'	'Budweiser'
'Carnaval Court'	'Budweiser'
'Sweet Liberty'	'Guinness'
'The Baxter Inn'	'Stella Artois'
'The Bamboo Bar'	'Miller Lite'
'The Tippling Club'	'Guinness'
'The Punch Room'	'Stella Artois'
'Canon'	'Budweiser'
'The Bamboo Bar'	'Stella Artois'

Adicionalmente se añade una imagen donde se puede apreciar que se actualizo correctamente la información.

Sirve.bar	Sirve.cerveza
'Employees Only'	'Stella Artois'
'The Punch Room'	'Heineken'
'The Clumsies'	'Dos Equis'
'The Varnish'	'Coors Light'
'The Tippling Club'	'Samuel Adams'
'The Punch Room'	'Miller Lite'
'Employees Only'	'Budweiser'
'The Tippling Club'	'Corona'
'Smuggler's Cove'	'Samuel Adams'
'Bar Veider'	'Guinness'

10. Inserta la información del bar BBT Otra, el cual sirve las siguientes cervezas: Negra Modelo, Bohemia, más las cervezas que sirve The Old Man.

Para esta consulta primero necesitamos saber que cervezas vende The Old Man. Una vez que tengamos esas cervezas podemos crear una tupla con el nombre del nuevo bar y hacer un producto cartesiano, obteniendo así las tuplas con el nombre del bar y las cervezas. Finalmente creamos las tuplas con las nuevas cervezas y finalmente añadimos a Sirve.

$$A = \pi_{\text{cerveza}}(\sigma_{\text{bar} = \text{'The Old Man'}}(\text{Sirve}))$$

$$C = \text{bar:string} \mid \text{'BBT Otra'}$$

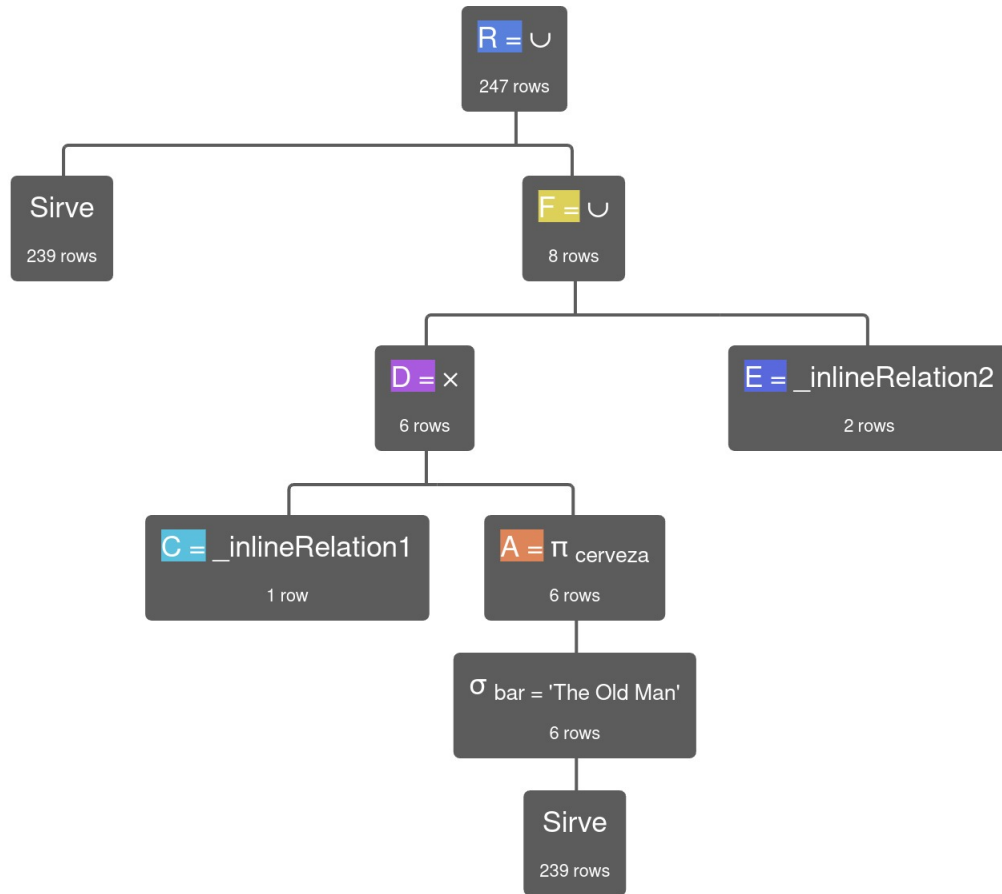
$$D = C \times A$$

$$E = \{\text{bar:string, cerveza:string} \mid (\text{'BBT Otra', 'Negra Modelo'}), (\text{'BBT Otra', 'Bohemia'})\}$$

$$F = D \cup E$$

$$R = \text{Sirve} \cup F$$

$$R$$



Sirve.bar	Sirve.cerveza
'Black Pearl'	'Corona'
'The Aviary'	'Budweiser'
'Carnaval Court'	'Budweiser'
'Sweet Liberty'	'Guinness'
'The Baxter Inn'	'Stella Artois'
'The Bamboo Bar'	'Miller Lite'
'The Tippling Club'	'Guinness'
'The Punch Room'	'Stella Artois'
'Canon'	'Budweiser'
'The Bamboo Bar'	'Stella Artois'

Adicionalmente se añade una imagen donde se puede apreciar que se añadió correctamente la información.

Sirve.bar	Sirve.cerveza
'The Punch Room'	'Heineken'
'The Clumsies'	'Dos Equis'
'The Dead Rabbit'	'Samuel Adams'
'The Varnish'	'Coors Light'
'The Tipping Club'	'Samuel Adams'
'The Punch Room'	'Miller Lite'
'Employees Only'	'Budweiser'
'The Tipping Club'	'Corona'
'Smuggler's Cove'	'Samuel Adams'
'BBT Otra'	'Miller Lite'

5. Tienes la relación *Temperatura*(*IDRegion*, *NombreRegion*, *Maxima*, *Minima*, *Promedio*) que registra las temperaturas máximas, mínimas y promedios (historicas) de varias regiones del país.

Considera la siguiente consulta de algebra relacional:

$$\begin{aligned}
 T_1 &= \pi_{IDRegion, Maxima}(Temperatura); T_2 = \pi_{IDRegion, Minima}(Temperatura) \\
 \rho IDReg &\leftarrow IDRegion, Max \leftarrow Maxima(T_1); \rho IDReg \leftarrow IDRegion, Min \leftarrow Minima(T_2) \\
 T_3 &= \pi_{IDReg}(T_1 \bowtie_{Max < Maxima} Temperatura); T_4 = \pi_{IDReg}(T_2 \bowtie_{Min < Minima} Temperatura) \\
 T_5 &= \pi_{IDRegion}(Temperatura) - T_3; T_6 = \pi_{IDRegion}(Temperatura) - T_4 \\
 Resultado &= \pi_{NombreRegion}(Temperatura \bowtie (T_5 \cup T_6))
 \end{aligned}$$

Explica los puntos mas importantes de la consulta anterior. Indica que informacion se tiene en la relacion Resultado, despues de realizar todas las expresiones de algebra relacional

- $T_1 = \pi_{IDRegion, Maxima}(Temperatura); T_2 = \pi_{IDRegion, Minima}(Temperatura)$

Se hace una proyeccion de las columnas *IDRegion* y *Maxima* de la tabla *Temperatura* y guardamos esta nueva tabla como  $T_1$ . De la misma forma, se hace una proyeccion de las columnas *IDRegion* y *Minima* de la tabla *temperatura* y guardamos esta nueva tabla como  $T_2$

- $\rho IDReg \leftarrow IDRegion, Max \leftarrow Maxima(T_1); \rho IDReg \leftarrow IDRegion, Min \leftarrow Minima(T_2)$

Renombramos las columnas *IDRegion* y *Maxima* de la tabla  $T_1$  como *IDReg* y *Max*. De la misma forma, renombramos las columnas *IDRegion* y *Minima* de la tabla  $T_2$  como *IDReg* y *Min*.

- $T_3 = \pi_{IDReg}(T_1 \bowtie_{Max < Maxima} Temperatura); T_4 = \pi_{IDReg}(T_2 \bowtie_{Min < Minima} Temperatura)$

Hacemos un Join condicional entre las tablas  $T_1$  y *Temperatura* en el cual unicamente combinaremos las filas en las que el numero de la columna *Max* sea menor que las de la columna *Maxima*, despues de esto hacemos una proyeccion de la columna *IDReg* de la tabla resultante y guardamos esta nueva tabla como  $T_3$ . De la misma forma, hacemos un Join condicional entre las tablas  $T_2$  y *Temperatura* en el cual unicamente combinaremos las filas en las que el numero de la columna *Min* sea menor que las de la columna *Minima*, despues de esto hacemos una proyeccion de la columna *IDReg* de la tabla resultante y guardamos esta nueva tabla como  $T_4$ .

Estas tablas resultantes nos indican las regiones en las que tienen variaciones en sus temperaturas con respecto a todas las regiones registradas, o sea que tienen temperatura maxima mas alta o minima mas baja historica pero tambien tienen alguna que es diferente a ese pico historico.



- $T_5 = \pi_{IDRegion}(Temperatura) - T_3; T_6 = \pi_{IDRegion}(Temperatura) - T_4$

Eliminamos los IDRegion de la tabla Temperatura que sean iguales que los obtenidos en la tabla  $T_3$  y  $T_4$  para obtener las regiones que no tienen variaciones en su maxima mas alta y minima mas baja historica y la nombramos como  $T_5$  y  $T_6$  respectivamente

- $Resultado = \pi_{NombreRegion}(Temperatura \bowtie (T_5 \cup T_6))$

Hacemos una union de las tablas  $T_5$  y  $T_6$  y hacemos un Join con la tabla temperatura para obtener la tabla con las regiones que no tienen variantes en sus temperaturas, finalmente le hacemos una proyeccion de la columna *NombreRegion* para obtener nuestro **Resultado** el cual es el nombre de la region que no tiene variaciones en sus temperaturas

6. Sean las relaciones  $R$  y  $S$  definidas a continuación:

$R$ :

$A$	$B$	$C$	$D$
Carlos	15	0.1	2.71
Carlos	25	0.16	3.14
Laura	21	0.11	1.67

$S$ :

$A$	$C$	$E$
Carlos	0.21	I
Carlos	0.9	II
Laura	0.33	III
Carlos	0.25	IV

Obtén (o explica por qué NO es posible obtener) el resultado de las siguientes expresiones:

a)  $a = R \cup S$

La **unión**<sup>1</sup> NO es posible obtener pues al adaptar los operadores de conjuntos a las relaciones se debe asegurar que exista **compatibilidad** entre ellas.

Para empezar NO tienen el mismo grado pues mientras que la **relación R** tiene **grado 4**

$R$ :

$A$	$B$	$C$	$D$
Carlos	15	0.1	2.71
Carlos	25	0.16	3.14
Laura	21	0.11	1.67

grado 4

tenemos que la **relación S** cuenta con **grado 3**

$S$ :

$A$	$C$	$E$
Carlos	0.21	I
Carlos	0.9	II
Laura	0.33	III
Carlos	0.25	IV

grado 3

también tenemos que los atributos NO tienen el mismo nombre y el **dominio del atributo  $i$**  de  $R$  NO es el mismo que el atributo de  $i$  de  $S \forall i$ , pues aunque  $R.A$  es el mismo que  $S.A$  tenemos que  $R.B$  no es el mismo que  $S.C$  y además  $R.C$  tampoco en el mismo que  $S.E$ .

**Proyección.** Selecciona ciertas columnas de una relación (pág. 2)

b)  $b = \pi_{A, C} R$

Como nos dan la expresión  $\pi_{A, C} R$ , por la notación vemos que es una **proyección**<sup>2</sup>, entonces por la definición sabemos que vamos a obtener una tabla a partir de  $R$  donde selecciona ciertas columnas pues se van eliminando así los atributos no especificados. En este caso, solo seleccionamos las columnas  $A$  y  $C$  de  $R$

<sup>1</sup>pág. 5

<sup>2</sup>pág. 4

$R:$	$A$	$B$	$C$	$D$	$\longrightarrow$	$b =$	$A$	$C$
	Carlos	15	0.1	2.71			Carlos	0.1
	Carlos	25	0.16	3.14			Carlos	0.16
	Laura	21	0.11	1.67			Laura	0.11

Podemos observar que en la tabla resultante aparecen los atributos en el mismo orden que estaban originalmente. Y normalmente, los renglones duplicados se eliminan pero en este caso no fue necesario, puesto que no hay renglones duplicados.

c)  $c = \pi_{A, C} S$

Como nos dan la expresión  $\pi_{A, C} S$ , por la notación vemos que es una **proyección**<sup>3</sup>, entonces por la definición sabemos que vamos a obtener una tabla a partir de  $S$  donde selecciona ciertas columnas pues se van eliminando así los atributos no especificados. En este caso, solo seleccionamos las columnas  $A$  y  $C$  de  $S$ ,

$S:$	$A$	$C$	$E$	$\longrightarrow$	$c =$	$A$	$C$
	Carlos	0.21	I			Carlos	0.21
	Carlos	0.9	II			Carlos	0.9
	Laura	0.33	III			Laura	0.33
	Carlos	0.25	IV			Carlos	0.25

Podemos observar que en la tabla resultante aparecen los atributos en el mismo orden que estaban originalmente. Y normalmente, los renglones duplicados se eliminan pero en este caso no fue necesario, puesto que no hay renglones duplicados.

<sup>3</sup>pág. 4

Para los siguientes cuatro incisos, es decir, para los incisos d), e), f) y g) utilizaremos las **relaciones temporales** **b** y **c** obtenidas en los dos incisos anteriores.

$$b =$$

A	C
Carlos	0.1
Carlos	0.16
Laura	0.11

$$c =$$

A	C
Carlos	0.21
Carlos	0.9
Laura	0.33
Carlos	0.25

d)  $d = b \cup c$

Tenemos que la **unión**<sup>4</sup> al adaptar los operadores de conjuntos a las relaciones se debe asegurar que exista **com-  
patibilidad** entre ellas. Podemos ver que tienen el **mismo grado**

$$b =$$

A	C
Carlos	0.1
Carlos	0.16
Laura	0.11

grado 2

$$c =$$

A	C
Carlos	0.21
Carlos	0.9
Laura	0.33
Carlos	0.25

grado 2

También tenemos que los atributos tienen el mismo nombre y el **dominio del atributo  $i$  de  $R$  es el mismo** que el atributo de  $i$  de  $S \forall i$ , pues  **$b.A$**  es el mismo que  **$c.A$**  así como  **$b.C$**  es el mismo que  **$c.C$** . Con esto se cumple las condiciones para que se pueda efectuar la unión  $b \cup c$ .

Ahora, lo que sucede es que toma el primer conjunto de tuplas misma que corresponden la primera relación temporal **b** y en seguida agrega el segundo conjunto de tuplas misma que corresponden la segunda relación temporal **c**. Podemos ver que lo que nos queda es una concatenación

$$d =$$

A	C
Carlos	0.1
Carlos	0.16
Laura	0.11
Carlos	0.21
Carlos	0.9
Laura	0.33
Carlos	0.25

Cumpliendo el objetivo de obtener una tabla que contiene las tuplas de la primera relación además de las tuplas de la segunda relación. Por último, no contamos con renglones duplicados.

<sup>4</sup>pág. 5

e)  $e = b \cap c$

Vemos que nos piden la **intersección**<sup>5</sup> de las relaciones temporales  $b$  y  $c$ , lo cual también se puede ver como:  $b - (b - c)$ . Esta operación es válida entre relaciones **compatibles** y como vimos en el inciso **d)** las relaciones temporales  $b$  y  $c$  si son compatibles. En el siguiente inciso, es decir, el inciso **f)** explicaremos a detalle el porqué  $(b - c)$  es

$$b - c =$$

A	C
Carlos	0.1
Carlos	0.16
Laura	0.11

Y siguiendo que  $b - (b - c)$  tendríamos que sacar la **diferencia**<sup>6</sup> de las relaciones temporales  $b$  y  $c$ . Esta operación es válida entre relaciones **compatibles** y como vimos en el inciso **d)** las relaciones temporales  $b$  y  $c$  si son compatibles. Ahora, lo que tenemos como objetivo es crear una tabla con las tuplas que están en la relación  $b$  pero no en  $b - c$

$b =$	$A$	$C$
	Carlos	0.1
	Carlos	0.16
	Laura	0.11

$b - c =$	$A$	$C$
	Carlos	0.1
	Carlos	0.16
	Laura	0.11

Pero como vemos que todas las tuplas que están en la relación  $b$  están en  $b - c$  se quitan todos los registros dejando,

$$b - (b - c) =$$

A	C

Lo cuál tiene mucho sentido, pues el objetivo se trata de una relación con las **tuplas** que están en  $b$  y en  $c$  también, pero podemos ver que no ninguna tupla así

$$b \cap c =$$

A	C

f)  $f = b - c$

Vemos que nos piden la **diferencia**<sup>7</sup> de las relaciones temporales  $b$  y  $c$ . Esta operación es válida entre relaciones **compatibles** y como vimos en el inciso **d)** las relaciones temporales  $b$  y  $c$  si son compatibles. Ahora, lo que tenemos como objetivo es crear una tabla con las tuplas que están en la relación  $b$  pero no en  $c$

$b =$ 

$A$	$C$
<i>Carlos</i>	0.1
<i>Carlos</i>	0.16
<i>Laura</i>	0.11

$c =$ 

$A$	$C$
<i>Carlos</i>	0.21
<i>Carlos</i>	0.9
<i>Laura</i>	0.33
<i>Carlos</i>	0.25

<sup>5</sup>pág. 7

<sup>6</sup>pág. 6

<sup>7</sup>pág. 6

Pero podemos ver que aunque en la relación  $c$  hay registros de Carlos y Laura, en realidad no son los mismos pues no tienen el mismo valor en el atributo  $c$ . Por lo tanto,

$$f =$$

$A$	$C$
Carlos	0.1
Carlos	0.16
Laura	0.11

g)  $g = c - b$

Vemos que nos piden la **diferencia**<sup>8</sup> de las relaciones temporales  $c$  y  $b$ . Esta operación es válida entre relaciones **compatibles** y como vimos en el inciso **d)** las relaciones temporales  $c$  y  $b$  si son compatibles. Ahora, lo que tenemos como objetivo es crear una tabla con las tuplas que están en la relación  $c$  pero no en  $b$

$$b =$$

$A$	$C$
Carlos	0.1
Carlos	0.16
Laura	0.11

$$c =$$

$A$	$C$
Carlos	0.21
Carlos	0.9
Laura	0.33
Carlos	0.25

Pero podemos ver que aunque en la relación  $b$  hay registros de Carlos y Laura, en realidad no son los mismos pues no tienen el mismo valor en el atributo  $c$ . Por lo tanto,


$$g =$$

$A$	$C$
Carlos	0.21
Carlos	0.9
Laura	0.33
Carlos	0.25

**Selección.** Selecciona ciertas tuplas de una relación (pág. 2)

h)  $h = \sigma_{C > 0.15} S$

Como nos dan la expresión  $\sigma_{C > 0.15} S$ , por la notación vemos que es una **proyección**<sup>9</sup>, entonces por la definición sabemos que vamos seleccionar las **tuplas** que satisfacen que **C es mayor que 0.15** en la **relación S**.

	<table><tr><th><i>A</i></th><th><i>C</i></th><th><i>E</i></th></tr><tr><td><i>Carlos</i></td><td>0.21</td><td><i>I</i></td></tr><tr><td><i>Carlos</i></td><td>0.9</td><td><i>II</i></td></tr><tr><td><i>Laura</i></td><td>0.33</td><td><i>III</i></td></tr><tr><td><i>Carlos</i></td><td>0.25</td><td><i>IV</i></td></tr></table>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>Carlos</i>	0.21	<i>I</i>	<i>Carlos</i>	0.9	<i>II</i>	<i>Laura</i>	0.33	<i>III</i>	<i>Carlos</i>	0.25	<i>IV</i>					
<i>A</i>	<i>C</i>	<i>E</i>																			
<i>Carlos</i>	0.21	<i>I</i>																			
<i>Carlos</i>	0.9	<i>II</i>																			
<i>Laura</i>	0.33	<i>III</i>																			
<i>Carlos</i>	0.25	<i>IV</i>																			
<i>S:</i>				<i>h =</i>	<table><tr><th><i>A</i></th><th><i>C</i></th><th><i>E</i></th></tr><tr><td><i>Carlos</i></td><td>0.21</td><td><i>I</i></td></tr><tr><td><i>Carlos</i></td><td>0.9</td><td><i>II</i></td></tr><tr><td><i>Laura</i></td><td>0.33</td><td><i>III</i></td></tr><tr><td><i>Carlos</i></td><td>0.25</td><td><i>IV</i></td></tr></table>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>Carlos</i>	0.21	<i>I</i>	<i>Carlos</i>	0.9	<i>II</i>	<i>Laura</i>	0.33	<i>III</i>	<i>Carlos</i>	0.25	<i>IV</i>	
<i>A</i>	<i>C</i>	<i>E</i>																			
<i>Carlos</i>	0.21	<i>I</i>																			
<i>Carlos</i>	0.9	<i>II</i>																			
<i>Laura</i>	0.33	<i>III</i>																			
<i>Carlos</i>	0.25	<i>IV</i>																			

<sup>8</sup>pág. 6

<sup>9</sup>pág. 3

Vemos que el resultado es nuevamente una relación de grado 3. Y además, la cardinalidad sigue siendo 3, esto ocurre porque todos los registros en la **relación S** cumplen que **C es mayor que 0.15**

i)  $i = \pi_A h$

Como nos dan la expresión  $\pi_A h$ , por la notación vemos que es una **proyección**<sup>10</sup>, entonces por definición sabemos que vamos a obtener una tabla a partir de **h**, la cual fue obtenida en el inciso anterior, aquí se selecciona la columna **A** y se van eliminando así los atributos no especificados.

$h =$

A	C	E
Carlos	0.21	I
Carlos	0.9	II
Laura	0.33	III
Carlos	0.25	IV

$\longrightarrow$

A
Carlos
Carlos
Laura
Carlos

Podemos observar que en la tabla resultante aparecen los atributos en el mismo orden que estaban originalmente. Y los renglones duplicados se eliminan, dejando así,

$i =$

A
Carlos
Carlos
Laura
Carlos

$\longrightarrow$

A
Carlos
Laura

j)  $R \times S$

Como la expresión  $R \times S$  es un **producto cartesiano** se combinan todas las tuplas de **R** con todas las tuplas de **S**

$R$

A	B	C	D
Carlos	15	0.1	2.71
Carlos	25	0.16	3.14
Laura	21	0.11	1.67

$\longrightarrow$

A	C	E
Carlos	0.21	I
Carlos	0.9	II
Laura	0.33	III
Carlos	0.25	IV

$S$

$R$

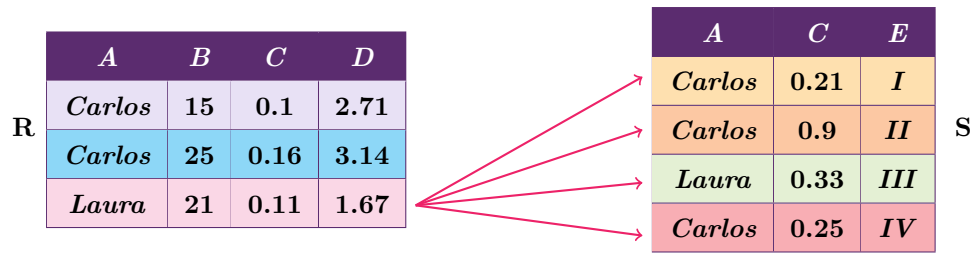
A	B	C	D
Carlos	15	0.1	2.71
Carlos	25	0.16	3.14
Laura	21	0.11	1.67

$\longrightarrow$

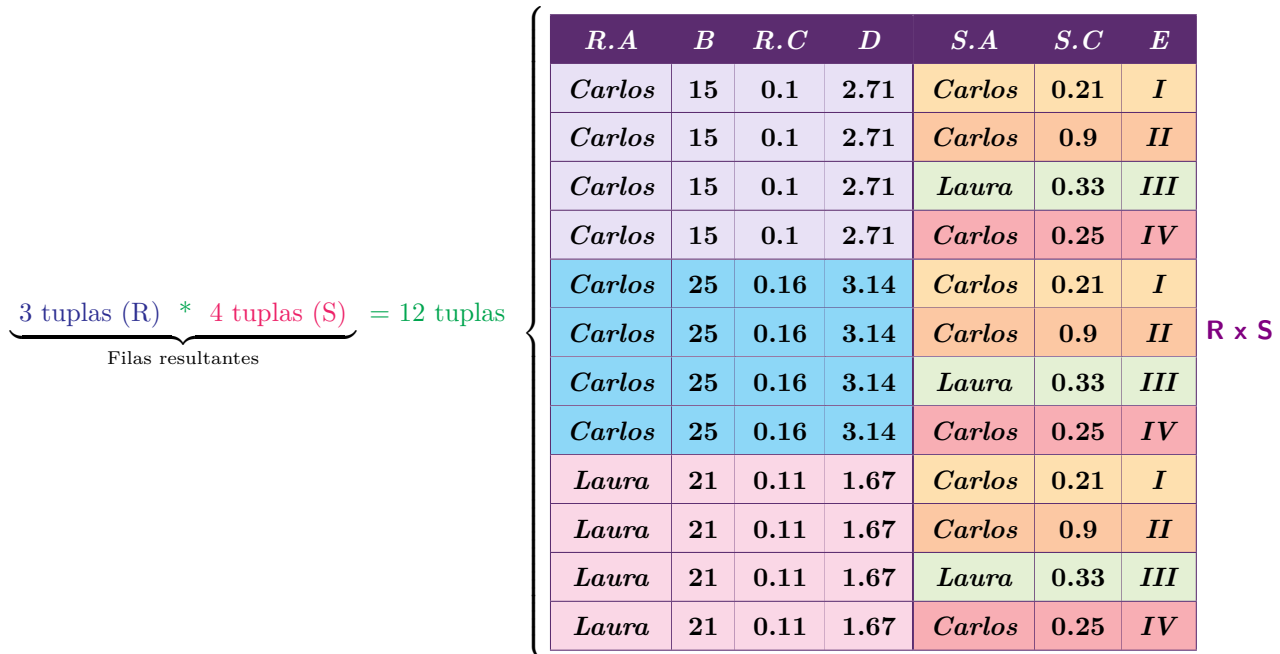
A	C	E
Carlos	0.21	I
Carlos	0.9	II
Laura	0.33	III
Carlos	0.25	IV

$S$

<sup>10</sup>pág. 4



Dado a que no necesariamente existen atributos en común tenemos que:





7. 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 $BC$ es $\{A, D, E, G\}$			Siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, $BC$ y podemos ver que no están en $\{A, D, E, G\}$ . Puedes ver el calculo de la cerradura de $BC$ abajo de la tabla.
2.	Todos los atributos de $R$ están en la cerradura de $BC$			Al calcular la cerradura $BC$ aparecieron todos los atributos de la relación inicial $R$ .
3.	La cerradura de $AC$ es $\{A, C\}$			Puedes ver como se calculo la cerradura de $AC$ abajo de la tabla y que justamente nos dio como resultado $\{A, C\}$ .
4.	$ABC$ es una <b>superllave</b> de $R$			Una <b>superllave</b> tiene contenida una llave. Por esta <b>observación</b> sabemos que $BC$ es una llave y en $ABC$ esta contenida $BC$ .
5.	$ABC$ es una llave candidata de $R$			Una llave candidata debe ser minima, esto quiere decir que ningún atributo en la llave se puede eliminar sin destruir la propiedad de identificación única. Pero aquí fácilmente se puede quitar a $A$ pues como ya vimos $BC$ es una llave.
6.	$BC$ es la única llave candidata de $R$			Esto se puede demostrar calculando otra cerradura y que aparezcan todos los atributos de la relación inicial. Al calcular la cerradura $AB$ aparecieron todos los atributos de la relación inicial $R$ . Este calculo esta abajo de la tabla.

Para ver si **la cerradura de  $BC$  es  $\{A, D, E, G\}$**  tenemos que aplicar el siguiente algoritmo para determinar el conjunto de la cerradura de  $BC$

---

**Algorithm 1** ALGORITMO PARA CALCULAR  $X^+$  BAJO  $F$

---

```

1: Repetir
2:   anterior $X^+ = X^+$ 
3:   Para cada  $Y \rightarrow Z$  en  $F$  hacer
4:     Sí  $Y \subseteq X^+ = X^+ \cup Z$ ;
5: hasta que anterior $X^+ = X^+$ 

```

---

Redordemos que tenemos  $R(A, B, C, D, E, G)$  y el conjunto de dependencias funcionales  $F$ :

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

¿Cuál sería la cerradura  $BC$ ? Siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $BC$

$$\{BC\}^+ = \{BC$$

Ahora, si tomamos el atributo **C** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **C** entonces significa que dado **C** puedo alcanzar al atributo **A**

$$\{BC\}^+ = \{BCA\}$$

si tomamos a los atributos en conjunto **BC** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **BC** entonces significa que dado **BC** puedo alcanzar al atributo **D**

$$\{BC\}^+ = \{BCAD\}$$

si tomamos el atributo **D** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **D** entonces significa que dado **D** puedo alcanzar a los atributos **EG**

$$\{BC\}^+ = \{BCADEG\}$$

si tomamos a los atributos en conjunto **BA** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **BA** entonces significa que dado **BA** puedo alcanzar al atributo **C**, pero este ya está entonces no lo volvemos a poner.

si tomamos a los atributos en conjunto **ACD** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **ACD** entonces significa que dado **ACD** puedo alcanzar al atributo **B**, pero este ya está entonces no lo volvemos a poner.

si tomamos a los atributos en conjunto **CG** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **CG** entonces significa que dado **CG** puedo alcanzar a los atributos **BD**, pero este ya está entonces no lo volvemos a poner.

si tomamos a los atributos en conjunto **BE** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **BE** entonces significa que dado **BE** puedo alcanzar al atributo **C**, pero este ya está entonces no lo volvemos a poner.

Y por último, si tomamos a los atributos en conjunto **CE** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **CE** entonces significa que dado **CE** puedo alcanzar a los atributos **AG**, pero este ya está entonces no lo volvemos a poner.

Dejando así, a la **cerradura BC** como

$$\{BC\}^+ = \{BCADEG\}$$

**Observación:** Como al calcular la **cerradura BC** aquí aparecen todos los atributos de la relación inicial entonces significa que **BC es una llave**.

Redordemos que tenemos **R (A, B, C, D, E, G)** y el conjunto de dependencias funcionales **F**:

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

¿Cuál sería la cerradura **AC**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **AC**

$$\{AC\}^+ = \{AC\}$$

Ahora, si tomamos el atributo **C** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **C** entonces significa que dado **C** puedo alcanzar al atributo **A**. Sin embargo, el atributo **A** ya está entonces no se vuelve a poner. Solo nos queda tomar al atributo **A** pero NO hay una **dependencia funcional** que tenga en el lado izquierdo a **A**.

Dejando así, a la **cerradura AC** como

$$\{AC\}^+ = \{AC\}$$

Dejando una dependencia funcional trivial **AC → AC**.

Redordemos que tenemos  $R(A, B, C, D, E, G)$  y el conjunto de dependencias funcionales  $F$ :

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

¿Cuál sería la cerradura  $AB$ ? Al seguir el algoritmo tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $AB$

$$\{AB\}^+ = \{AB$$

si tomamos a los atributos en conjunto  $AB$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $AB$  entonces significa que dado  $AB$  puedo alcanzar al atributo  $C$

$$\{AB\}^+ = \{ABC$$

si tomamos a los atributos en conjunto  $BC$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $BC$  entonces significa que dado  $BC$  puedo alcanzar al atributo  $D$

$$\{AB\}^+ = \{ABCD$$

si tomamos el atributo  $D$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $D$  entonces significa que dado  $D$  puedo alcanzar a los atributos  $EG$

$$\{AB\}^+ = \{ABCDEG$$

Podemos ver que ya aparecen todos los atributos de la relación inicial entonces significa que  $AB$  es una llave.

$$\{AB\}^+ = \{ABCDEG\}$$

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

<i>NumProy</i>	<i>NombreProy</i>	<i>Presupuesto</i>	<i>idEmp</i>	<i>NombreEmp</i>	<i>HrTrabajadas</i>
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

- ¿Que problemas consideras que puede haber al almacenar los datos en esta tabla? Describe los problemas en terminos de las anomalias que se pueden presentar.
  - Anomalia de insercion: No se puede insertar un proyecto si no se le asigna algun empleado
  - Anomalia de eliminacion: Supongamos que en el proyecto IBM unicamente trabajara Patricia, si eliminaramos a Patricia tambien se pierde toda la informacion del proyecto
  - Anomalia de actualizacion: Si se quisiera actualizar el presupuesto de un proyecto, tambien se debe modificar el presupuesto de todas las filas que nombren al proyecto deseado.
- ¿Cuales son las dependencias funcionales que cumplen en la relacion *Proyectos*?
  - $NumProy \rightarrow NombreProy, Presupuesto$
  - $idEmp \rightarrow NombreEmp$
  - $(NumProy, idEmp) \rightarrow HrTrabajadas$

- ¿Cuál es una llave para la relación *Proyectos*?

Una llave podría ser  $(NumProy, idEmp)$  ya que ambas pueden definir una fila.

- ¿La relación *Proyectos* cumple con **BCNF**? Justifica tu respuesta.

Para que una relación este en BCNF, toda dependencia funcional no trivial  $X \rightarrow Y$  debe cumplir que  $X$  es una superllave de la relación.

- $(NumProy, idEmp) \rightarrow HrTrabajadas$ : Cumple, ya que  $(NumProy, idEmp)$  es superllave.
- $idEmp \rightarrow NombreEmp$ : No cumple, ya que  $idEmp$  por si sola no es superllave.
- $NumProy \rightarrow NombreProy, Presupuesto$ : No cumple, ya que  $NumProy$  por si sola no es superllave.

La relación *Proyectos* no cumple con **BCNF** ya que hay dependencias que no cumplen la condición.

9. 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  $F = \{AB \rightarrow C, AB \rightarrow F, A \rightarrow D, A \rightarrow E, B \rightarrow G\}$

- Indica **alguna llave candidata** para la relación **R**.

$$F = \underbrace{\{AB \rightarrow C, AB \rightarrow F\}}_{\text{Unión} \Rightarrow AB \rightarrow CF} \cup \underbrace{\{A \rightarrow D, A \rightarrow E\}}_{\text{Unión} \Rightarrow A \rightarrow DE}, B \rightarrow G$$

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

¿Cuál sería la cerradura **AB**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **AB**

$$\{AB\}^+ = \{AB\}$$

si tomamos los atributos en conjunto **AB** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **AB** entonces significa que dado **AB** puedo alcanzar a los atributos **CF**

$$\{AB\}^+ = \{ABCF\}$$

si tomamos el atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar a los atributos **DE**

$$\{AB\}^+ = \{ABCFDE\}$$

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar a los atributos **G**. Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial **R** entonces significa que **AB** es una llave.

$$\{AB\}^+ = \{ABCFDEG\}$$

- Especifica **todas las violaciones** a la **BCNF**.

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

¿Cuál sería la cerradura **A**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **A**

$$\{A\}^+ = \{A\}$$

si tomamos el atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar a los atributos **DE**

$$\{A\}^+ = \{ADE\}$$

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

¿Cuál sería la cerradura **B**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **B**

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

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar al atributo **G**

$$\{B\}^+ = \{BG\}$$

**Normaliza** de acuerdo con **BCNF**, asegúrate de indicar cuáles son las **relaciones resultantes** con sus respectivas **dependencias funcionales**.

Si tomamos la violación  $A \rightarrow DE$

$R_1(A, D, E)$  con  $F = \{A \rightarrow DE\}$

¿Cuál sería la cerradura **A**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **A**

$$\{A\}^+ = \{A$$

si tomamos el atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar a los atributos **DE**. Y como aparecen todos los atributos de la  $R_1$  entonces significa que **A es llave** para  $R_1$

$$\{A\}^+ = \{ADE\}$$

Ahora, para la segunda relación tenemos que comenzar por el lado izquierdo de la violación en este caso es **A** y volvemos a la relación inicial **R** y vemos cuales no aparecen en  $R_1$  y esos se agregan aquí

$R_2(A, B, C, F, G)$  con  $F = \{AB \rightarrow CF, B \rightarrow G\}$

¿Cuál sería la cerradura **AB**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **AB**

$$\{AB\}^+ = \{AB$$

si tomamos el conjunto de atributos **AB** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **AB** entonces significa que dado **AB** puedo alcanzar a los atributos **CF**,

$$\{AB\}^+ = \{ABCF$$

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar al atributo **G**. Y como aparecen todos los atributos de la  $R_2$  entonces significa que **AB es llave** para  $R_2$

$$\{AB\}^+ = \{ABCFG\}$$

¿Cuál sería la cerradura **B**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **B**

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

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar a los atributos **G**,

$$\{B\}^+ = \{BG\}$$

Como se presento otra violación tenemos que para la tercera relación tenemos agregar la cerradura de la violación  $B \rightarrow G$

$R_3(B, G)$  con  $F = \{B \rightarrow G\}$

¿Cuál sería la cerradura **B**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **B**

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

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar al atributo **G**. Y como aparecen todos los atributos de la  $R_3$  entonces significa que **B es llave** para  $R_3$

$$\{B\}^+ = \{BG\}$$

Y también tendremos otra relación, tenemos que comenzar por el lado izquierdo de la violación en este caso es **B** y volvemos a la relación  $R_2$  y vemos cuales no aparecen en  $R_3$  y esos se agregan aquí

$R_4(B, A, C, F)$  con  $F = \{AB \rightarrow CF\}$

¿Cuál sería la cerradura **AB**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **AB**

$$\{AB\}^+ = \{AB\}$$

si tomamos el conjunto de atributos **AB** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **AB** entonces significa que dado **AB** puedo alcanzar a los atributos **CF**. Y como aparecen todos los atributos de la  $R_4$  entonces significa que **AB es llave** para  $R_4$

$$\{AB\}^+ = \{ABCF\}$$

Finalmente,

$R_1(A, D, E)$ con $F = \{A \rightarrow DE\}$		BCNF
$R_3(B, G)$ con $F = \{B \rightarrow G\}$		
$R_4(B, A, C, F)$ con $F = \{AB \rightarrow CF\}$		

Si tomamos la violación  $B \rightarrow G$

$R_1(B, G)$  con  $F = \{B \rightarrow G\}$

¿Cuál sería la cerradura **B**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **B**

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

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar a los atributos **G**. Y como aparecen todos los atributos de la  $R_1$  entonces significa que **B es llave** para  $R_1$

$$\{B\}^+ = \{BG\}$$

Ahora, para la segunda relación tenemos que comenzar por el lado izquierdo de la violación en este caso es **B** y volvemos a la relación inicial **R** y vemos cuales no aparecen en **R<sub>1</sub>** y esos se agregan aquí

**R<sub>2</sub>(B, A, C, D, E, F)** con  $F = \{AB \rightarrow CF, A \rightarrow DE\}$

¿Cuál sería la cerradura **AB**? Al seguir el algoritmo tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **AB**

$$\{AB\}^+ = \{AB$$

si tomamos el conjunto de atributos **AB** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **AB** entonces significa que dado **AB** puedo alcanzar a los atributos **CF**,

$$\{AB\}^+ = \{ABCF$$

si tomamos el atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar a los atributos **DE**. Y como aparecen todos los atributos de la **R<sub>2</sub>** entonces significa que **AB es llave** para **R<sub>2</sub>**

$$\{AB\}^+ = \{ABCFDE\}$$

¿Cuál sería la cerradura **A**? Al seguir el algoritmo tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **A**

$$\{A\}^+ = \{A$$

si tomamos el atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar a los atributos **DE**,

$$\{A\}^+ = \{ADE\}$$

Como se presento otra violación tenemos que para la tercera relación tenemos agregar la cerradura de la violación **A → DE**

**R<sub>3</sub>(A, D, E)** con  $F = \{A \rightarrow DE\}$

¿Cuál sería la cerradura **A**? Al seguir el algoritmo tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **A**

$$\{A\}^+ = \{A$$

si tomamos el atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar a los atributos **DE**. Y como aparecen todos los atributos de la **R<sub>3</sub>** entonces significa que **A es llave** para **R<sub>3</sub>**

$$\{A\}^+ = \{ADE\}$$

Y también tendremos otra relación, tenemos que comenzar por el lado izquierdo de la violación en este caso es **A** y volvemos a la relación **R<sub>2</sub>** y vemos cuales no aparecen en **R<sub>3</sub>** y esos se agregan aquí

**R<sub>4</sub>(A, B, C, F)** con  $F = \{AB \rightarrow CF\}$

¿Cuál sería la cerradura **AB**? Al seguir el algoritmo tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **AB**

$$\{AB\}^+ = \{AB$$

si tomamos el conjunto de atributos **AB** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **AB** entonces significa que dado **AB** puedo alcanzar a los atributos **CF**. Y como aparecen todos los atributos de la **R<sub>4</sub>** entonces significa que **AB es llave** para **R<sub>4</sub>**

$$\{AB\}^+ = \{ABCF\}$$

Finalmente,

$R_1(B, G)$ con $F = \{B \rightarrow G\}$	BCNF
$R_3(A, D, E)$ con $F = \{A \rightarrow DE\}$	
$R_4(A, B, C, F)$ con $F = \{AB \rightarrow CF\}$	

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  $R$ .

¿Cuál sería la cerradura  $CF$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $CF$

$$\{CF\}^+ = \{CF\}$$

si tomamos los atributos en conjunto  $CF$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $CF$  entonces significa que dado  $CF$  puedo alcanzar al atributo  $B$

$$\{CF\}^+ = \{CFB\}$$

si tomamos los atributos en conjunto  $CB$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $CB$  entonces significa que dado  $CB$  puedo alcanzar a los atributos  $AD$ ,

$$\{CF\}^+ = \{CFBAD\}$$

si tomamos el atributo  $D$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $D$  entonces significa que dado  $D$  puedo alcanzar al atributo  $E$ . Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial  $R$  entonces significa que  $CF$  es una llave.

$$\{CF\}^+ = \{CFBADE\}$$

- Especifica **todas las violaciones** a la **BCNF**.

$$F = \{AB \rightarrow C, BC \rightarrow AD, D \rightarrow E, CF \rightarrow B\}$$

¿Cuál sería la cerradura  $AB$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $AB$

$$\{AB\}^+ = \{AB\}$$

si tomamos los atributos en conjunto  $AB$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $AB$  entonces significa que dado  $AB$  puedo alcanzar al atributo  $C$

$$\{AB\}^+ = \{ABC\}$$

si tomamos los atributos en conjunto  $BC$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $BC$  entonces significa que dado  $BC$  puedo alcanzar a los atributos  $AD$ , pero como  $A$  ya estaba entonces solo agregamos  $D$

$$\{AB\}^+ = \{ABCD\}$$

si tomamos el atributo  $D$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $D$  entonces significa que dado  $D$  puedo alcanzar al atributo  $E$ . Con esto podemos ver que **no es llave candidata**.



$$\{AB\}^+ = \{AB\textcolor{blue}{CDE}\}$$

$$F = \{AB \rightarrow C, \textcolor{blue}{BC} \rightarrow \textcolor{blue}{AD}, \textcolor{red}{D} \rightarrow \textcolor{red}{E}, CF \rightarrow B\}$$

¿Cuál sería la cerradura  $BC$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $BC$

$$\{BC\}^+ = \{BC$$

si tomamos los atributos en conjunto  $BC$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $BC$  entonces significa que dado  $BC$  puedo alcanzar a los atributos  $AD$ ,

$$\{BC\}^+ = \{BC\textcolor{blue}{AD}$$

si tomamos el atributo  $D$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $D$  entonces significa que dado  $D$  puedo alcanzar al atributo  $E$ . Con esto podemos ver que **no es llave candidata**.

$$\{BC\}^+ = \{BC\textcolor{blue}{ADE}\}$$

$$F = \{AB \rightarrow C, \textcolor{blue}{BC} \rightarrow \textcolor{blue}{AD}, \textcolor{red}{D} \rightarrow \textcolor{red}{E}, CF \rightarrow B\}$$

¿Cuál sería la cerradura  $D$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $D$

$$\{D\}^+ = \{D$$

si tomamos el atributo  $D$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $D$  entonces significa que dado  $D$  puedo alcanzar al atributo  $E$ . Con esto podemos ver que **no es llave candidata**.

$$\{BC\}^+ = \{D\textcolor{red}{E}\}$$

$$F = \{AB \rightarrow C, \textcolor{blue}{BC} \rightarrow \textcolor{blue}{AD}, \textcolor{red}{D} \rightarrow \textcolor{red}{E}, CF \rightarrow \textcolor{blue}{B}\}$$

**Normaliza** de acuerdo con **BCNF**, asegúrate de indicar cuáles son las **relaciones resultantes** con sus respectivas **dependencias funcionales**.

Si tomamos la violación  $AB \rightarrow C$

$R_1(A, B, C)$  con  $F = \{AB \rightarrow C\}$

¿Cuál sería la cerradura  $AB$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $AB$

$$\{AB\}^+ = \{AB$$

si tomamos el atributo  $AB$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $AB$  entonces significa que dado  $AB$  puedo alcanzar a los atributos  $C$ . Y como aparecen todos los atributos de la  $R_1$  entonces significa que  $AB$  es llave para  $R_1$

$$\{AB\}^+ = \{AB\textcolor{blue}{C}\}$$

Ahora, para la segunda relación tenemos que comenzar por el lado izquierdo de la violación en este caso es  $AB$  y volvemos a la relación inicial  $R$  y vemos cuales no aparecen en  $R_1$  y esos se agregan aquí

$R_2(A, B, D, E, F)$  con  $F = \{D \rightarrow E\}$

¿Cuál sería la cerradura  $D$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $D$

$$\{D\}^+ = \{D\}$$

si tomamos el atributo **D** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **D** entonces significa que dado **D** puedo alcanzar al atributo **E**.

$$\{D\}^+ = \{DE\}$$

Como se presenta otra violación tenemos que para la tercera relación tenemos agregar la cerradura de la violación  $D \rightarrow E$

$R_3(D, E)$  con  $F = \{D \rightarrow E\}$

¿Cuál sería la cerradura **D**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **D**

$$\{D\}^+ = \{D\}$$

si tomamos el atributo **D** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **D** entonces significa que dado **D** puedo alcanzar al atributo **E**. Y como aparecen todos los atributos de la  $R_3$  entonces significa que **D** es llave para  $R_3$

$$\{D\}^+ = \{DE\}$$

Y también tendremos otra relación, tenemos que comenzar por el lado izquierdo de la violación en este caso es **D** y volvemos a la relación  $R_2$  y vemos cuales no aparecen en  $R_3$  y esos se agregan aquí

$R_4(D, A, B, F)$  con  $F = \{DABF \rightarrow DABF\}$  esto siendo trivial.

Finalmente,

$R_1(A, B, C) \text{ con } F = \{AB \rightarrow C\}$	
$R_3(D, E) \text{ con } F = \{D \rightarrow E\}$	
$R_4(D, A, B, F)$	
	BCNF

Si tomamos la violación  $BC \rightarrow AD$

$R_1(B, C, A, D)$  con  $F = \{BC \rightarrow AD\}$

¿Cuál sería la cerradura **BC**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **BC**

$$\{BC\}^+ = \{BC\}$$

si tomamos el conjunto de atributos **BC** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **BC** entonces significa que dado **BC** puedo alcanzar a los atributos **AD**. Y como aparecen todos los atributos de la  $R_1$  entonces significa que **BC** es llave para  $R_1$

$$\{BC\}^+ = \{BCAD\}$$

Ahora, para la segunda relación tenemos que comenzar por el lado izquierdo de la violación en este caso es **BC** y volvemos a la relación inicial  $R$  y vemos cuales no aparecen en  $R_1$  y esos se agregan aquí

$R_2(B, C, E, F)$  con  $F = \{CF \rightarrow B\}$

¿Cuál sería la cerradura **CF**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **CF**

$$\{CF\}^+ = \{CF\}$$

si tomamos el conjunto de atributos  $CF$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $CF$  entonces significa que dado  $CF$  puedo alcanzar al atributo  $B$ ,

$$\{CF\}^+ = \{CFB\}$$

Esto implica que la llave es  $CFE$ .

Como se presento otra violacion tenemos que para la tercera relación tenemos agregar la cerradura de la violación  $CF \rightarrow B$

$R_3(C, F, B)$  con  $F = \{CF \rightarrow B\}$

¿Cuál sería la cerradura  $CF$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $CF$

$$\{CF\}^+ = \{CF\}$$

si tomamos el conjunto de atributos  $CF$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $CF$  entonces significa que dado  $CF$  puedo alcanzar al atributo  $B$ . Y como aparecen todos los atributos de la  $R_3$  entonces significa que  $CF$  es llave para  $R_3$

$$\{CF\}^+ = \{CFB\}$$

Y también tendremos otra relación, tenemos que comenzar por el lado izquierdo de la violación en este caso es  $CF$  y volvemos a la relación  $R_2$  y vemos cuales no aparecen en  $R_3$  y esos se agregan aquí

$R_4(C, F, E)$  con  $F = \{CFE \rightarrow CFE\}$  esto siendo trivial.

Finalmente,

$R_1(B, C, A, D)$ con $F = \{BC \rightarrow AD\}$	BCNF
$R_3(C, F, B)$ con $F = \{CF \rightarrow B\}$	
$R_4(C, F, E)$	

Si tomamos la violación  $D \rightarrow E$

$R_1(D, E)$  con  $F = \{D \rightarrow E\}$

¿Cuál sería la cerradura  $D$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $D$

$$\{D\}^+ = \{D\}$$

si tomamos el atributo  $D$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $D$  entonces significa que dado  $D$  puedo alcanzar al atributo  $E$ . Y como aparecen todos los atributos de la  $R_1$  entonces significa que  $D$  es llave para  $R_1$

$$\{D\}^+ = \{DE\}$$

Ahora, para la segunda relación tenemos que comenzar por el lado izquierdo de la violación en este caso es  $D$  y volvemos a la relación inicial  $R$  y vemos cuales no aparecen en  $R_1$  y esos se agregan aquí

$R_2(D, A, B, C, F)$  con  $F = \{AB \rightarrow C, BC \rightarrow AD, CF \rightarrow B\}$

¿Cuál sería la cerradura  $AB$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $AB$

$$\{AB\}^+ = \{AB\}$$

si tomamos el conjunto de atributos  $AB$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $AB$  entonces significa que dado  $AB$  puedo alcanzar a los atributos  $C$ ,

$$\{AB\}^+ = \{ABC\}$$

si tomamos el conjunto de atributos  $BC$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $BC$  entonces significa que dado  $BC$  puedo alcanzar a los atributos  $AD$ , pero como  $A$  ya estaba entonces solo se agrega  $D$

$$\{AB\}^+ = \{ABCD\}$$

¿Cuál sería la cerradura  $BC$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $BC$

$$\{BC\}^+ = \{BC\}$$

si tomamos el atributo  $BC$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $BC$  entonces significa que dado  $BC$  puedo alcanzar a los atributos  $AD$ ,

$$\{BC\}^+ = \{BCAD\}$$

¿Cuál sería la cerradura  $CF$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $CF$

$$\{CF\}^+ = \{CF\}$$

si tomamos el atributo  $CF$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $CF$  entonces significa que dado  $CF$  puedo alcanzar al atributo  $B$ ,

$$\{CF\}^+ = \{CFB\}$$

si tomamos el conjunto de atributos  $BC$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $BC$  entonces significa que dado  $BC$  puedo alcanzar a los atributos  $AD$ . Y como aparecen todos los atributos de la  $R_2$  entonces significa que  $CF$  es llave para  $R_2$

$$\{CF\}^+ = \{CFBAD\}$$

Como se presento otras violaciones tenemos que para la tercera relación tenemos agregar la cerradura de la violación  $AB \rightarrow C$

$R_3(A, B, C, D)$  con  $F = \{AB \rightarrow C, BC \rightarrow AD\}$

¿Cuál sería la cerradura  $AB$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $AB$

$$\{AB\}^+ = \{AB\}$$

si tomamos el conjunto de atributos  $AB$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $AB$  entonces significa que dado  $AB$  puedo alcanzar a los atributos  $C$ ,

$$\{AB\}^+ = \{ABC\}$$

si tomamos el conjunto de atributos  $BC$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $BC$  entonces significa que dado  $BC$  puedo alcanzar a los atributos  $AD$ , pero como  $A$  ya estaba entonces solo se agrega  $D$ . Y como aparecen todos los atributos de la  $R_3$  entonces significa que  $AB$  es llave para  $R_3$

$$\{AB\}^+ = \{ABCD\}$$

¿Cuál sería la cerradura  $BC$ ? Al seguir el algoritmo tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $BC$

$$\{BC\}^+ = \{BC\}$$

si tomamos el atributo  $BC$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $BC$  entonces significa que dado  $BC$  puedo alcanzar a los atributos  $AD$ . Y como aparecen todos los atributos de la  $R_3$  entonces significa que  $BC$  es llave para  $R_3$

$$\{BC\}^+ = \{BCAD\}$$

Y también tendremos otra relación, tenemos que comenzar por el lado izquierdo de la violación en este caso es  $AB$  y volvemos a la relación  $R_2$  y vemos cuales no aparecen en  $R_3$  y esos se agregan aquí

$R_4(A, B, F)$  con  $F = \{ABF \rightarrow ABF\}$  esto siendo trivial.

Finalmente,

$R_1(D, E)$ con $F = \{D \rightarrow E\}$	BCNF
$R_3(A, B, C, D)$ con $F = \{AB \rightarrow C, BC \rightarrow AD\}$	
$R_4(A, B, F)$	

Como se presento otras violaciones tenemos que para la tercera relación tenemos agregar la cerradura de la violación  $BC \rightarrow AD$

$R_3(A, B, C, D)$  con  $F = \{AB \rightarrow C, BC \rightarrow AD\}$

¿Cuál sería la cerradura  $AB$ ? Al seguir el algoritmo tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $AB$

$$\{AB\}^+ = \{AB\}$$

si tomamos el conjunto de atributos  $AB$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $AB$  entonces significa que dado  $AB$  puedo alcanzar a los atributos  $C$ ,

$$\{AB\}^+ = \{ABC\}$$

si tomamos el conjunto de atributos  $BC$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $BC$  entonces significa que dado  $BC$  puedo alcanzar a los atributos  $AD$ , pero como  $A$  ya estaba entonces solo se agrega  $D$ . Y como aparecen todos los atributos de la  $R_3$  entonces significa que  $AB$  es llave para  $R_3$

$$\{AB\}^+ = \{ABCD\}$$

¿Cuál sería la cerradura  $BC$ ? Al seguir el algoritmo tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $BC$

$$\{BC\}^+ = \{BC\}$$

si tomamos el atributo  $BC$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $BC$  entonces significa que dado  $BC$  puedo alcanzar a los atributos  $AD$ . Y como aparecen todos los atributos de la  $R_3$  entonces significa que  $BC$  es llave para  $R_3$

$$\{BC\}^+ = \{BCAD\}$$

Y también tendremos otra relación, tenemos que comenzar por el lado izquierdo de la violación en este caso es **BC** y volvemos a la relación **R<sub>2</sub>** y vemos cuales no aparecen en **R<sub>3</sub>** y esos se agregan aquí

**R<sub>4</sub>(B, C, F)** con  $F = \{BCF \rightarrow BCF\}$  esto siendo trivial.

Finalmente,

<b>R<sub>1</sub>(D, E)</b> con $F = \{D \rightarrow E\}$	BCNF
<b>R<sub>3</sub>(A, B, C, D)</b> con $F = \{AB \rightarrow C, BC \rightarrow AD\}$	
<b>R<sub>4</sub>(B, C, F)</b>	

**10.** 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  $F = \{AB \rightarrow C, AB \rightarrow F, A \rightarrow D, A \rightarrow E, B \rightarrow G\}$

- Indica **alguna llave candidata** para la relación **R**.

$$F = \underbrace{\{AB \rightarrow C, AB \rightarrow F\}}_{\text{Unión} \Rightarrow AB \rightarrow CF}, \underbrace{\{A \rightarrow D, A \rightarrow E\}}_{\text{Unión} \Rightarrow A \rightarrow DE}, B \rightarrow G$$

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

¿Cuál sería la cerradura **AB**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **AB**

$$\{AB\}^+ = \{AB$$

si tomamos los atributos en conjunto **AB** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **AB** entonces significa que dado **AB** puedo alcanzar al atributo **CF**

$$\{AB\}^+ = \{ABCF$$

si tomamos el atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar a los atributos **DE**

$$\{AB\}^+ = \{ABCFDE$$

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar a los atributos **G**. Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial **R** entonces significa que **AB** es una llave.

$$\{AB\}^+ = \{ABCFDEG\}$$

- Indica las **violaciones** a **3NF** que encuentres en **F**.

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

¿Cuál sería la cerradura **A**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **A**

$$\{A\}^+ = \{A$$

si tomamos el atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar a los atributos **DE**

$$\{A\}^+ = \{ADE\}$$

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

¿Cuál sería la cerradura **B**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **B**

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

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar al atributo **G**

$$\{B\}^+ = \{BG\}$$

- Encuentra el **conjunto mínimo de dependencias funcionales** equivalente a **F**.

Determinar si existen **atributos superfluos** en  $F = \{AB \rightarrow CF, A \rightarrow DE, B \rightarrow G\}$

### Superfluos por la derecha

Con  $AB \rightarrow \overset{\downarrow}{C}\overset{\uparrow}{F}$  podemos observar que tenemos dos candidatos puede que el atributo **C** sea superfluo ó puede que el atributo **F** sea superfluo.

¿**C** es superfluo? Supongamos que sí, si este es el caso entonces tendríamos que  $AB \rightarrow F$ , esto implicaría que

$$F' = \{AB \rightarrow F, A \rightarrow DE, B \rightarrow G\}$$

Ahora, tenemos que calcular la cerradura de **AB** con **F'**. Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **AB**

$$\{AB\}^+ = \{AB$$

si tomamos el conjunto de los atributos **AB** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **AB** entonces significa que dado **AB** puedo alcanzar al atributo **F**

$$\{AB\}^+ = \{ABF$$

si tomamos el atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar a los atributos **DE**

$$\{AB\}^+ = \{ABFDE$$

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar al atributo **G**

$$\{AB\}^+ = \{ABFDEG\}$$

Ya tenemos la cerradura de **AB** y con esto nos debemos preguntar si en esta cerradura aparece **C**, que es justo el atributo que retiramos, pero vemos que aquí **C** no aparece. Por lo tanto, **C NO es superfluo**.

¿**F** es superfluo? Supongamos que sí, si este es el caso entonces tendríamos que  $AB \rightarrow C$ , esto implicaría que

$$F' = \{AB \rightarrow C, A \rightarrow DE, B \rightarrow G\}$$

Ahora, tenemos que calcular la cerradura de  $AB$  con  $F'$ . Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $AB$

$$\{AB\}^+ = \{AB$$

si tomamos el conjunto de los atributos  $AB$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $AB$  entonces significa que dado  $AB$  puedo alcanzar al atributo  $C$

$$\{AB\}^+ = \{ABC$$

si tomamos el atributo  $A$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $A$  entonces significa que dado  $A$  puedo alcanzar a los atributos  $DE$

$$\{AB\}^+ = \{ABCDE$$

si tomamos el atributo  $B$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $B$  entonces significa que dado  $B$  puedo alcanzar al atributo  $G$

$$\{AB\}^+ = \{ABCDEG\}$$

Ya tenemos la cerradura de  $AB$  y con esto nos debemos preguntar si en esta cerradura aparece  $F$ , que es justo el atributo que retiramos, pero vemos que aquí  $F$  no aparece. Por lo tanto,  $F$  **NO es superfluo**.

Con  $A \rightarrow \overset{\downarrow}{D}\overset{\uparrow}{E}$  podemos observar que tenemos dos candidatos puede que el atributo  $C$  sea superfluo ó puede que el atributo  $F$  sea superfluo.

¿ $D$  es superfluo? Supongamos que sí, si este es el caso entonces tendríamos que  $A \rightarrow E$ , esto implicaría que

$$F' = \{AB \rightarrow CF, A \rightarrow E, B \rightarrow G\}$$

Ahora, tenemos que calcular la cerradura de  $A$  con  $F'$ . Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $A$

$$\{A\}^+ = \{A$$

si tomamos el atributo  $A$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $A$  entonces significa que dado  $A$  puedo alcanzar al atributo  $E$

$$\{A\}^+ = \{AE\}$$

Ya tenemos la cerradura de  $A$  y con esto nos debemos preguntar si en esta cerradura aparece  $D$ , que es justo el atributo que retiramos, pero vemos que aquí  $D$  no aparece. Por lo tanto,  $D$  **NO es superfluo**.

¿ $E$  es superfluo? Supongamos que sí, si este es el caso entonces tendríamos que  $A \rightarrow D$ , esto implicaría que

$$F' = \{AB \rightarrow CF, A \rightarrow D, B \rightarrow G\}$$

Ahora, tenemos que calcular la cerradura de  $A$  con  $F'$ . Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $A$

$$\{A\}^+ = \{A$$

si tomamos el atributo  $A$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $A$  entonces significa que dado  $A$  puedo alcanzar al atributo  $D$

$$\{A\}^+ = \{AD\}$$



Ya tenemos la cerradura de **A** y con esto nos debemos preguntar si en esta cerradura aparece **E**, que es justo el atributo que retiramos, pero vemos que aquí **E** no aparece. Por lo tanto, **E NO es superfluo**.

### Superfluos por la izquierda

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

Con  $\overset{\downarrow}{A}\overset{\uparrow}{B} \rightarrow CF$  podemos observar que tenemos dos candidatos puede que el atributo **A** sea superfluo ó puede que el atributo **B** sea superfluo.

¿**A** es superfluo? Supongamos que sí, si este es el caso entonces tendríamos que  $B \rightarrow CF$ .

Ahora, tenemos que calcular la cerradura de **B** con **F**. Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **B**

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

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar al atributos **G**

$$\{B\}^+ = \{BG\}$$

Ya tenemos la cerradura de **B** y con esto nos debemos preguntar si en esta cerradura aparece **CF**, que es justo el atributo que retiramos, pero vemos que aquí **CF** no aparece. Por lo tanto, **A NO es superfluo**.

¿**B** es superfluo? Supongamos que sí, si este es el caso entonces tendríamos que  $A \rightarrow CF$ .

Ahora, tenemos que calcular la cerradura de **A** con **F**. Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **A**

$$\{A\}^+ = \{A\}$$

si tomamos el atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar a los atributos **DE**

$$\{A\}^+ = \{ADE\}$$

Ya tenemos la cerradura de **A** y con esto nos debemos preguntar si en esta cerradura aparece **CF**, que es justo el atributo que retiramos, pero vemos que aquí **CF** no aparece. Por lo tanto, **B NO es superfluo**.

Por lo tanto,  $F = \{AB \rightarrow CF, A \rightarrow DE, B \rightarrow G\}$  ya era el **conjunto mínimo de dependencias funcionales**.

- **Normaliza** de acuerdo con la **3NF**. Indica claramente las **relaciones resultantes** y en cada esquema, las **dependencias funcionales** que se cumplen.

Tenemos que crear una relación que contenga sólo los atributos de las **dependencias funcionales**

$R_1(A, B, C, F)$  con  $F = \{AB \rightarrow CF\}$

¿Cuál sería la cerradura **AB**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **AB**

$$\{AB\}^+ = \{AB\}$$

si tomamos al atributo **AB** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **AB** entonces significa que dado **AB** puedo alcanzar al atributo **CF**. Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial **R<sub>1</sub>** entonces significa que **AB** es una llave para la relacion **R<sub>1</sub>**.

$$\{AB\}^+ = \{ABCF\}$$

**R<sub>2</sub>**(A, D, E) con **F** = {**A** → **DE**}

¿Cuál sería la cerradura **A**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **A**

$$\{A\}^+ = \{A\}$$

si tomamos al atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar al atributo **DE**. Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial **R<sub>2</sub>** entonces significa que **A** es una llave para la relacion **R<sub>2</sub>**.

$$\{A\}^+ = \{ADE\}$$

**R<sub>3</sub>**(B, G) con **F** = {**B** → **G**}

¿Cuál sería la cerradura **B**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **B**

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

si tomamos al atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar al atributo **G**. Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial **R<sub>3</sub>** entonces significa que **B** es una llave para la relacion **R<sub>3</sub>**.

$$\{B\}^+ = \{BG\}$$

Ahora, tendríamos que eliminar un esquema si es subconjunto de otro, pero en nuestro caso no se cumple entonces no eliminamos nada.

Lo siguiente sería **si no existen esquemas que contengan llaves candidatas, drear una relación con esos atributos** pero eso tampoco aplica en nuestro caso. Por lo tanto,

<b>R<sub>1</sub></b> (A,B,C,F) con <b>F</b> = { <b>AB</b> → <b>CF</b> }		3NF
<b>R<sub>2</sub></b> (A, D, E) con <b>F</b> = { <b>A</b> → <b>DE</b> }		
<b>R<sub>3</sub></b> (B, G) con <b>F</b> = { <b>B</b> → <b>G</b> }		

**b. R** (A, B, C, D, E, F, G) con **F** = {**A** → **B**, **CD** → **FG**, **G** → **E**, **B** → **D**, **A** → **C**, **E** → **A**}

- Indica **alguna llave candidata** para la relación **R**.

$$F = \underbrace{\{A \rightarrow B, A \rightarrow C, CD \rightarrow FG, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}}_{\text{Unión} \Rightarrow A \rightarrow BC}$$

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

¿Cuál sería la cerradura **A**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **A**

$$\{A\}^+ = \{A\}$$

si tomamos al atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar al atributo **BC**

$$\{A\}^+ = \{ABC\}$$

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar al atributo **D**

$$\{A\}^+ = \{ABCD\}$$

si tomamos el conjunto de atributos **CD** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **CD** entonces significa que dado **CD** puedo alcanzar a los atributos **FG**.

$$\{A\}^+ = \{ABCD\}^+ = \{ABCD\}$$

si tomamos el atributo **G** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **G** entonces significa que dado **G** puedo alcanzar a los atributos **E**. Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial **R** entonces significa que **A** es una llave.

$$\{A\}^+ = \{ABCD\}^+ = \{ABCD\}$$

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

¿Cuál sería la cerradura **CD**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **CD**

$$\{CD\}^+ = \{CD\}$$

si tomamos el conjunto de atributos **CD** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **CD** entonces significa que dado **CD** puedo alcanzar a los atributos **FG**.

$$\{CD\}^+ = \{C\}^+ = \{C\}$$

si tomamos el atributo **G** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **G** entonces significa que dado **G** puedo alcanzar a los atributos **E**.

$$\{CD\}^+ = \{C\}^+ = \{C\}$$

si tomamos el atributo **E** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **E** entonces significa que dado **E** puedo alcanzar a los atributos **A**.

$$\{CD\}^+ = \{C\}^+ = \{C\}$$

si tomamos el atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar a los atributos **BC**, pero como **C** ya está solo se agrega **B**. Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial **R** entonces significa que **CD** es una llave.

$$\{CD\}^+ = \{C\}^+ = \{C\}$$

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

¿Cuál sería la cerradura **G**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **G**

$$\{G\}^+ = \{G\}$$

si tomamos el atributo **G** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **G** entonces significa que dado **G** puedo alcanzar al atributo **E**

$$\{G\}^+ = \{GE\}$$

si tomamos el atributo **E** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **E** entonces significa que dado **E** puedo alcanzar a los atributos **A**.

$$\{G\}^+ = \{GEA\}$$

si tomamos el atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar a los atributos **BC**,

$$\{G\}^+ = \{GEABC\}$$

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar al atributo **D**,

$$\{G\}^+ = \{GEABCD\}$$

si tomamos el conjunto de atributos **CD** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **CD** entonces significa que dado **CD** puedo alcanzar a los atributos **FG**, pero como **G** ya estaba entonces solo agregamos **F** Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial **R** entonces significa que **G** es una llave.

$$\{G\}^+ = \{GEABCD\mathbf{F}\}$$

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

¿Cuál sería la cerradura **E**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **E**

$$\{E\}^+ = \{E\}$$

si tomamos al atributo **E** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **E** entonces significa que dado **E** puedo alcanzar al atributo **A**

$$\{E\}^+ = \{EA\}$$

si tomamos al atributo **A** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **A** entonces significa que dado **A** puedo alcanzar al atributo **BC**

$$\{E\}^+ = \{EABC\}$$

si tomamos el atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar al atributo **D**

$$\{E\}^+ = \{EABCD\}$$

si tomamos el conjunto de atributos **CD** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **CD** entonces significa que dado **CD** puedo alcanzar a los atributos **FG**. Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial **R** entonces significa que **E** es una llave.

$$\{E\}^+ = \{EABCD\mathbf{FG}\}$$

- Indica las **violaciones** a **3NF** que encuentres en **F**.

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

¿Cuál sería la cerradura  $B$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $B$

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

si tomamos el atributo  $B$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $B$  entonces significa que dado  $B$  puedo alcanzar a los atributos  $D$

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

- Encuentra el **conjunto mínimo de dependencias funcionales** equivalente a  $F$ .

Determinar si existen **atributos superfluos** en  $F = \{A \rightarrow BC, CD \rightarrow FG, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$

### Superfluos por la derecha

Con  $A \rightarrow \overset{\downarrow}{B}\overset{\uparrow}{C}$  podemos observar que tenemos dos candidatos puede que el atributo  $B$  sea superfluo ó puede que el atributo  $C$  sea superfluo.

¿ $B$  es superfluo? Supongamos que sí, si este es el caso entonces tendríamos que  $A \rightarrow C$ , esto implicaría que

$$F' = \{A \rightarrow C, CD \rightarrow FG, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$$

Ahora, tenemos que calcular la cerradura de  $A$  con  $F'$ . Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $A$

$$\{A\}^+ = \{A\}$$

si tomamos el atributo  $A$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $A$  entonces significa que dado  $A$  puedo alcanzar al atributo  $C$

$$\{A\}^+ = \{AC\}$$

Ya tenemos la cerradura de  $A$  y con esto nos debemos preguntar si en esta cerradura aparece  $B$ , que es justo el atributo que retiramos, pero vemos que aquí  $B$  no aparece. Por lo tanto,  $B$  **NO es superfluo**.

¿ $C$  es superfluo? Supongamos que sí, si este es el caso entonces tendríamos que  $A \rightarrow B$ , esto implicaría que

$$F' = \{A \rightarrow B, CD \rightarrow FG, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$$

Ahora, tenemos que calcular la cerradura de  $A$  con  $F'$ . Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $A$

$$\{A\}^+ = \{A\}$$

si tomamos el atributo  $A$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $A$  entonces significa que dado  $A$  puedo alcanzar al atributo  $B$

$$\{A\}^+ = \{AB\}$$

si tomamos el atributo  $B$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $B$  entonces significa que dado  $B$  puedo alcanzar al atributo  $D$

$$\{A\}^+ = \{ABD\}$$

Ya tenemos la cerradura de **A** y con esto nos debemos preguntar si en esta cerradura aparece **C**, que es justo el atributo que retiramos, pero vemos que aquí **C** no aparece. Por lo tanto, **C NO es superfluo**.

Con  $CD \rightarrow \overset{\downarrow}{F}\overset{\uparrow}{G}$  podemos observar que tenemos dos candidatos puede que el atributo **F** sea superfluo ó puede que el atributo **G** sea superfluo.

¿**F** es superfluo? Supongamos que sí, si este es el caso entonces tendríamos que  $CD \rightarrow G$ , esto implicaría que

$$F' = \{A \rightarrow C, CD \rightarrow G, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$$

Ahora, tenemos que calcular la cerradura de **CD** con **F'**. Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **CD**

$$\{CD\}^+ = \{CD\}$$

si tomamos el conjunto de atributos **CD** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **CD** entonces significa que dado **CD** puedo alcanzar al atributo **G**

$$\{CD\}^+ = \{CDG\}$$

si tomamos el atributo **G** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **G** entonces significa que dado **G** puedo alcanzar al atributo **E**

$$\{CD\}^+ = \{CDGE\}$$

si tomamos el atributo **E** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **E** entonces significa que dado **E** puedo alcanzar al atributo **A**

$$\{CD\}^+ = \{CDGEA\}$$

Ya tenemos la cerradura de **CD** y con esto nos debemos preguntar si en esta cerradura aparece **F**, que es justo el atributo que retiramos, pero vemos que aquí **F** no aparece. Por lo tanto, **F NO es superfluo**.

¿**G** es superfluo? Supongamos que sí, si este es el caso entonces tendríamos que  $CD \rightarrow F$ , esto implicaría que

$$F' = \{A \rightarrow C, CD \rightarrow F, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$$

Ahora, tenemos que calcular la cerradura de **CD** con **F'**. Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **CD**

$$\{CD\}^+ = \{CD\}$$

si tomamos el conjunto de atributos **CD** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **CD** entonces significa que dado **CD** puedo alcanzar al atributo **F**

$$\{CD\}^+ = \{CDF\}$$

Ya tenemos la cerradura de **CD** y con esto nos debemos preguntar si en esta cerradura aparece **G**, que es justo el atributo que retiramos, pero vemos que aquí **G** no aparece. Por lo tanto, **G NO es superfluo**.

### Superfluos por la izquierda

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

Con  $\overset{\downarrow}{C}\overset{\uparrow}{D} \rightarrow FG$  podemos observar que tenemos dos candidatos puede que el atributo **C** sea superfluo ó puede que el atributo **D** sea superfluo.

¿**C** es superfluo? Supongamos que sí, si este es el caso entonces tendríamos que  $D \rightarrow FG$ .

Ahora, tenemos que calcular la cerradura de  $D$  con  $F$ . Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $D$

$$\{D\}^+ = \{D\}$$

Ya tenemos la cerradura de  $D$  y con esto nos debemos preguntar si en esta cerradura aparece  $FG$  y podemos ver que no aparece  $FG$ . Por lo tanto,  $C$  **NO es superfluo**.

¿ $D$  es superfluo? Supongamos que sí, si este es el caso entonces tendríamos que  $C \rightarrow FG$ .

Ahora, tenemos que calcular la cerradura de  $C$  con  $F$ . Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $C$

$$\{C\}^+ = \{C\}$$

Ya tenemos la cerradura de  $C$  y con esto nos debemos preguntar si en esta cerradura aparece  $FG$  y podemos ver que no aparece  $FG$ . Por lo tanto,  $D$  **NO es superfluo**.

Por lo tanto,  $F = \{A \rightarrow BC, CD \rightarrow FG, G \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$  ya era el **conjunto mínimo de dependencias funcionales**.

- **Normaliza** de acuerdo con la **3NF**. Indica claramente las **relaciones resultantes** y en cada esquema, las **dependencias funcionales** que se cumplen.

Tenemos que crear una relación que contenga sólo los atributos de las **dependencias funcionales**

$R_1(A, B, C)$  con  $F = \{A \rightarrow BC\}$

¿Cuál sería la cerradura  $A$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $A$

$$\{A\}^+ = \{A\}$$

si tomamos al atributo  $A$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $A$  entonces significa que dado  $A$  puedo alcanzar al atributo  $BC$ . Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial  $R_1$  entonces significa que  $A$  es una llave para la relación  $R_1$ .

$$\{A\}^+ = \{ABC\}$$

$R_2(C, D, F, G)$  con  $F = \{CD \rightarrow FG\}$

¿Cuál sería la cerradura  $CD$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $CD$

$$\{CD\}^+ = \{CD\}$$

si tomamos al atributo  $CD$  hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a  $CD$  entonces significa que dado  $CD$  puedo alcanzar al atributo  $FG$ . Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial  $R_2$  entonces significa que  $CD$  es una llave para la relación  $R_2$ .

$$\{CD\}^+ = \{CDFG\}$$

$R_3(G, E)$  con  $F = \{G \rightarrow E\}$

¿Cuál sería la cerradura  $G$ ? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso,  $G$

$$\{G\}^+ = \{G\}$$

si tomamos al atributo **G** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **G** entonces significa que dado **G** puedo alcanzar al atributo **E**. Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial **R<sub>3</sub>** entonces significa que **G** es una llave para la relacion **R<sub>3</sub>**.

$$\{G\}^+ = \{GE\}$$

**R<sub>4</sub>(B, D)** con **F** = **{B → D}**

¿Cuál sería la cerradura **B**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **B**

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

si tomamos al atributo **B** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **B** entonces significa que dado **B** puedo alcanzar al atributo **D**. Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial **R<sub>4</sub>** entonces significa que **B** es una llave para la relacion **R<sub>4</sub>**.

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

**R<sub>5</sub>(E, A)** con **F** = **{E → A}**

¿Cuál sería la cerradura **E**? Al seguir el **algoritmo** tenemos que siempre que se calcula la cerradura de un conjunto de atributos se comienza con los atributos que se están indicando para la cerradura, en nuestro caso, **E**

$$\{E\}^+ = \{E\}$$

si tomamos al atributo **E** hay una **dependencia funcional** que tiene en el lado izquierdo a **E** entonces significa que dado **E** puedo alcanzar al atributo **A**. Y con esto podemos ver que aparecen todos los atributos de la relación inicial **R<sub>5</sub>** entonces significa que **E** es una llave para la relacion **R<sub>5</sub>**.

$$\{E\}^+ = \{EA\}$$

Ahora, tendríamos que eliminar un esquema si es subconjunto de otro, pero en nuestro caso no se cumple entonces no eliminamos nada.

Lo siguiente sería **si no existen esquemas que contengan llaves candidatas, crear una relación con esos atributos** pero eso tampoco aplica en nuestro caso. Por lo tanto,

<b>R<sub>1</sub>(A,B,C)</b> con <b>F</b> = <b>{A → BC}</b>	
<b>R<sub>2</sub>(C, D, F, G)</b> con <b>F</b> = <b>{CD → FG}</b>	
<b>R<sub>3</sub>(G, E)</b> con <b>F</b> = <b>{G → E}</b>	
<b>R<sub>4</sub>(B, D)</b> con <b>F</b> = <b>{B → D}</b>	
<b>R<sub>5</sub>(E, A)</b> con <b>F</b> = <b>{E → A}</b>	
	3NF

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

- a) **R(A, B, C, D, E)** con **DMV** = **{AB → C, B → D}**
- b) **R(A, B, C, D, E)** con **DMV** = **{A → B, AB → C, A → D, AB → E}**



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

### Criterio para 4NF:

Recordemos que una Relación  $R$  está en 4NF si toda DMV no trivial  $A_1, A_2, \dots, A_n \twoheadrightarrow B_1, B_2, \dots, B_m$  tiene que  $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  es una super llave.

- a)  $R(A, B, C, D, E)$  con  $DMV = \{AB \twoheadrightarrow C, B \rightarrow D\}$   
Vamos a calcular una llave para  $R$ :

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

Entonces una llave para  $R$  sería  $ABCE$ .

Notemos que en  $B \rightarrow D$  el lado derecho no está contenido en el lado izquierdo. Y hay más atributos en la relación  $R$ , por lo que  $B \rightarrow D$  es una dependencia no trivial. Y como en el lado izquierdo de la relación no aparece la llave, entonces  $B \rightarrow D$  es una violación a 4NF.

Ahora notemos que en  $AB \twoheadrightarrow C$  el lado derecho no está contenido en el lado izquierdo. Y hay más atributos en la relación  $R$ , por lo que  $AB \twoheadrightarrow C$  es una dependencia no trivial. Y como en el lado izquierdo de la relación no aparece la llave, entonces  $AB \twoheadrightarrow C$  es una violación a 4NF.

Por lo tanto una violación a 4NF es  $B \rightarrow D$ . Vamos a normalizar:

$$R_1(B, D)$$

con  $B \rightarrow D$ , entonces notemos que  $B$  es llave para  $R_1$  pues  $\{B\}^+ = \{BD\}$ . Y como  $B \rightarrow D$  es trivial entonces  $R_1$  no viola 4NF.

$$R_2(B, A, C, E)$$

con  $AB \twoheadrightarrow C$ , notemos que como  $AB \twoheadrightarrow C$  no es una DF, entonces la llave para  $R_2$  es  $BACE$ . Y al ser  $AB \twoheadrightarrow C$  una dependencia no trivial y no contener la llave de lado izquierdo entonces  $AB \twoheadrightarrow C$  es una violación para 4NF. Entonces:

$$R_3(A, B, C)$$

Con  $AB \twoheadrightarrow C$

$$R_4(E)$$

Por lo tanto tenemos:

$$R_1(B, D)$$

$$R_3(A, B, C)$$

$$R_4(E)$$

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

Vamos a calcular una llave para  $R$ :

$$\{A\}^+ = \{A, D\} \quad (\text{por } A \rightarrow D)$$

$$\{AB\}^+ = \{A, B, C, E, D\} \quad (\text{por } AB \rightarrow C, AB \rightarrow E, A \rightarrow D)$$

Entonces una llave candidata para  $R$  es  $AB$ .

### Análisis de las dependencias:

- $A \twoheadrightarrow B$  es una **dependencia multivaluada no trivial**, ya que el lado derecho no está contenido en el izquierdo y hay más atributos en  $R$ . Además,  $A$  no es llave (la llave es  $AB$ ). Por lo tanto,  $A \twoheadrightarrow B$  **viola la 4NF**.

- $AB \rightarrow C$ ,  $A \rightarrow D$ ,  $AB \rightarrow E$  son **dependencias funcionales**, no violan 4NF por sí mismas (aunque sí podrían violar BCNF, pero no es el caso de este ejercicio).

**Normalización:** Como  $A \twoheadrightarrow B$  viola la 4NF, descomponemos la relación:

$$R_1(A, B) \quad \text{con } A \twoheadrightarrow B$$

Notamos que  $A$  es la llave de  $R_1$ , ya que:

$$\{A\}^+ = \{A, B\}$$

Entonces  $R_1$  está en 4NF.

$$R_2(A, C, D, E)$$

**Ahora evaluamos  $R_2$ :**

- En  $R_2$ , las dependencias funcionales relevantes son:

$$A \rightarrow D, \quad AB \rightarrow C, \quad AB \rightarrow E$$

- Pero como  $B$  ya no está en  $R_2$ , las dependencias  $AB \rightarrow C$  y  $AB \rightarrow E$  **ya no aplican**.
- Queda solamente  $A \rightarrow D$ , que es una DF y no una DMV, así que no viola la 4NF.

Finalmente, obtenemos la siguiente descomposición en 4NF:

$$R_1(A, B) \quad \text{con } A \twoheadrightarrow B$$

$$R_2(A, C, D, E) \quad \text{con } A \rightarrow D$$

## 12. Se tiene la siguiente relación:

$R(idEnfermo, idCirujano, fechaCirugia, nombreEnfermo, direccionEnfermo, nombreCirujano, nombreCirujia, medicinaSuministrada, efectosSecundarios)$

- 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.

### Dependencias Funcionales:

- A un enfermo sólo se le da una medicina después de la operación:

$$idEnfermo, fechaCirugia \rightarrow medicinaSuministrada$$

- Si existen efectos secundarios, estos dependen sólo de la medicina suministrada:

$$medicinaSuministrada \rightarrow efectosSecundarios$$

- Sólo puede existir un efecto secundario por medicamento:

$$medicinaSuministrada \rightarrow efectosSecundarios$$

(Nota: Esta dependencia ya está incluida en la anterior, ya que implica unicidad del efecto por medicamento).

- 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**.

- Cada enfermo tiene un único nombre y una única dirección:

$$idEnfermo \rightarrow nombreEnfermo, direccionEnfermo$$

*Enunciado: Cada enfermo está identificado de forma única por su ID y tiene un único nombre y una única dirección.*

- Cada cirujano tiene un único nombre:

$$idCirujano \rightarrow nombreCirujano$$

*Enunciado: Cada cirujano está identificado de forma única por su ID y tiene un único nombre.*

- Cada cirugía tiene un único nombre (nombre del procedimiento quirúrgico):

$$idCirujano, fechaCirugia \rightarrow nombreCirujia$$

*Enunciado: Un cirujano realiza una sola cirugía por día y esta cirugía tiene un nombre único.*

- Un enfermo puede haber sido operado más de una vez, pero cada operación está identificada por la combinación de su ID y la fecha:

$$idEnfermo, fechaCirugia \rightarrow idCirujano, medicinaSuministrada$$

*Enunciado: Cada combinación de enfermo y fecha de cirugía identifica de manera única al cirujano que lo operó y la medicina suministrada.*

- Dependencia multivaluada: Un enfermo puede haber recibido múltiples medicamentos a lo largo del tiempo (si se modelaran así los datos, lo cual depende del diseño), pero cada combinación de medicina y fecha está asociada a efectos secundarios únicos:

$$idEnfermo \rightarrow medicinaSuministrada$$

*Enunciado: Un enfermo puede haber recibido varias medicinas a lo largo del tiempo, por lo que existe una dependencia multivaluada entre el ID del enfermo y las medicinas que se le han suministrado.*

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

La relación original es:

$R(idEnfermo, idCirujano, fechaCirugia, nombreEnfermo, direccionEnfermo, nombreCirujano, nombreCirujia, medicinaSuministrada, efectosSecundarios)$

Conjunto de dependencias funcionales (DF):

- (a)  $idEnfermo \rightarrow nombreEnfermo, direccionEnfermo$
- (b)  $idCirujano \rightarrow nombreCirujano$
- (c)  $idEnfermo, fechaCirugia \rightarrow idCirujano, medicinaSuministrada$
- (d)  $medicinaSuministrada \rightarrow efectosSecundarios$
- (e)  $idCirujano, fechaCirugia \rightarrow nombreCirujia$

Dependencia multivaluada (implícita):

$$idEnfermo \twoheadrightarrow medicinaSuministrada$$

*(Esto indica que un enfermo puede haber recibido múltiples medicamentos a lo largo del tiempo, en diferentes operaciones.)*

### Verificar 4NF

La Cuarta Forma Normal requiere eliminar también las **dependencias multivaluadas no triviales**, es decir, aquellas donde el determinante no es llave.

- La DMV  $idEnfermo \twoheadrightarrow medicinaSuministrada$  no se cumple en 4NF porque  $idEnfermo$  no es llave en la relación  $R$ .
- Esta multivaluada queda correctamente representada en una relación separada donde el determinante sea llave.

### Descomposición final en relaciones en 4NF

Aplicamos la descomposición conservando todas las dependencias funcionales y multivaluadas. Las nuevas relaciones son:

- **Enfermo**( $idEnfermo$ ,  $nombreEnfermo$ ,  $direccionEnfermo$ )  
(Por la DF:  $idEnfermo \rightarrow nombreEnfermo, direccionEnfermo$ )
- **Cirujano**( $idCirujano$ ,  $nombreCirujano$ )  
(Por la DF:  $idCirujano \rightarrow nombreCirujano$ )
- **Medicamento**( $medicinaSuministrada$ ,  $efectosSecundarios$ )  
(Por la DF:  $medicinaSuministrada \rightarrow efectosSecundarios$ )
- **Cirugia**( $idCirujano$ ,  $fechaCirugia$ ,  $nombreCirugia$ )  
(Por la DF:  $idCirujano, fechaCirugia \rightarrow nombreCirugia$ )
- **Operacion**( $idEnfermo$ ,  $fechaCirugia$ ,  $idCirujano$ ,  $medicinaSuministrada$ )  
(Por la DF:  $idEnfermo, fechaCirugia \rightarrow idCirujano, medicinaSuministrada$ )

**Conclusión:** Todas las relaciones están en 4NF ya que:

- Todas las dependencias funcionales no triviales tienen de lado derecho llaves en sus respectivas relaciones.
- No existen dependencias multivaluadas no triviales en las relaciones resultantes.