Bases de Datos

Clase 6: Dependencias y Formas Normales

Buen diseño de relaciones

- Tenemos nuestro E/R
- Lo sabemos transformar a un esquema relacional
- ¿Siempre estará todo perfecto?

Redundancia en los datos

Quizás queremos guardar información de:

- Guías de una agencia de turismo
- Necesitamos su id y nombre
- Número de horas qué trabajaron
- Los turistas le ponen un score/evaluación
- Pago por hora depende del score

Redundancia en los datos

Quizás queremos guardar información de:

- Guías de una agencia de turismo
- Necesitamos su id y nombre
- Número de horas qué trabajaron
- Los turistas le ponen un score/evaluación
- Pago por hora depende del score

Guías(<u>gid</u>, nombre, rating, horas, valorHora)

Redundancia en los datos

Guías

gid	nombre	score	horas	valorHora
1	Juan	8	40	18000
2	Johanna	8	30	18000
3	Cristian	5	30	15000
4	Pedro	8	32	18000

Problemas con la redundancia

Gasto de espacio

Guías

gid	nombre	score	horas	valorHora
1	Juan	8	40	18000
2	Johanna	8	30	18000
3	Cristian	5	30	15000
4	Pedro	8	32	18000

Guardamos el valor 18000 muchas veces

Problemas con la redundancia

Anomalías de inserción

Guías

gid	nombre	score	horas	valorHora
1	Juan	8	40	18000
2	Johanna	8	30	18000
3	Cristian	5	30	15000
4	Pedro	8	32	18000
5	Pablo	9	34	???

Si conocemos el score, pero no el valorHora, no podemos insertar este guía a la tabla

Problemas con la redundancia

Anomalías de actualización

Guías

gid	nombre	score	horas	valorHora
1	Juan	8	40	17000
2	Johanna	8	30	18000
3	Cristian	5	30	15000
4	Pedro	8	32	18000

Si cambia el valor hora para el score 8

Problemas con la redundancia

Anomalías de actualización

Guías

gid	nombre	score	horas	valorHora
1	Juan	8	40	17000
2	Johanna	8	30	18000
3	Cristian	5	30	15000
4	Pedro	8	32	18000

Si cambia el valor hora para el score 8

Datos inconsistentes!!

Problemas con la redundancia

Anomalías de actualización

Guías

gid	nombre	score	horas	valorHora
1	Juan	8	40	17000
2	Johanna	8	30	17000
3	Cristian	5	30	15000
4	Pedro	8	32	17000

Si cambia el valor hora para el score 8

Cambiar en todas las tuplas

Problemas con la redundancia

Anomalías de eliminación

Guías

gid	nombre	score	horas	valorHora
1	Juan	8	40	17000
2	Johanna	8	30	17000
~~3~~	~~Cristian~~	~~5~~	~~30~~	~~15000~~
4	Pedro	8	32	17000

Si elimino a Cristian pierdo información

Solución

Descomponer la tabla

Guías

gid	nombre	score	horas	valorHora
1	Juan	8	40	17000
2	Johanna	8	30	17000
3	Cristian	5	30	15000
4	Pedro	8	32	17000

Solución

Descomponer la tabla

Guías

gid	nombre	score	horas
1	Juan	8	40
2	Johanna	8	30
3	Cristian	5	30
4	Pedro	8	32

Valor

score	valorHora
8	18000
5	15000

Solución

¿Qué pasó aquí?

- **Score** determina **valorHora**

Esto se llama una **dependencia funcional**

Restricciones de Integridad

- Los datos deben satisfacer restricciones de integridad
- Estas restricciones son importantes en la modelación
- ¿Cómo nos pueden ayudar a especificar lo que queremos en cada relación?

Dependencia Funcional

Una dependencia funcional en la relación R es:

$$X \rightarrow Y$$

Dónde X e Y son conjuntos de atributos de la relación R

Dependencia Funcional

Ejemplo

Personas(rut, nombre)

- rut → nombre

Dependencia Funcional

Ejemplo

Personas(rut, nombre)

- rut → nombre

Películas(pid, título, año, director)

- título, año → director

Dependencia Funcional

Ejemplo

Personas(rut, nombre)

- rut → nombre

Películas(pid, título, año, director)

- título, año → director

GeoInfo(cid, nombre_ciudad, región, num_habitantes, intendentes, coordenadas)

- nombre_ciudad, región → num_habitantes, intendentes, coordenadas_geográficas

Dependencia Funcional

Ejemplo

Personas(rut, nombre)

- rut → nombre

Películas(pid, título, año, director)

- título, año → director

GeoInfo(cid, nombre_ciudad, región, num_habitantes, intendentes, coordenadas)

- nombre_ciudad, región → num_habitantes, intendentes, coordenadas_geográficas

Lado izquierdo no es necesariamente una llave

Dependencia Funcional

Definición

$X \to Y$ es válida en una relación R ssi para toda tupla $t_1, t_2 \in R$ se tiene:

$$\pi_X(t_1) = \pi_X(t_2) \qquad \text{implica} \qquad \pi_Y(t_1) = \pi_Y(t_2)$$

Dependencia Funcional

Ejemplo

¿Qué dependencias agregaría?

- Persona(rut, nombre, apellido_p, apellido_m)

- Festival(nombre, año, ciudad)

- Entrada(rut, nombre_festival, año_festival, ciudad_festival, categoría, precio)

Dependencia Funcional

Ejemplo

¿Qué dependencias agregaría?

- Persona(rut, nombre, apellido_p, apellido_m)

  rut → nombre, appelido_p, appelido_m

- Festival(nombre, año, ciudad)

  nombre → ciudad

- Entrada(rut, nombre_festival, año_festival, ciudad_festival, categoría, precio)

  nombre_festival, año_festival, ciudad_festival, categoría → precio

Dependencia Funcional

Ejemplo

Las llaves:

- Persona(<u>rut</u>, nombre, apellido_p, apellido_m)
- Festival(<u>nombre, año</u>, ciudad)
- Entrada(<u>rut, nombre_festival, año_festival, ciudad_festival</u>, categoría, precio)

Dependencia Funcional

Ejemplo

Programación(cine, teléfono, dirección, película, horario, precio)

- cine → teléfono, dirección
- cine, película, horario → precio

Dependencia Funcional

Ejemplo

Programación(cine, teléfono, dirección, película, horario, precio)

- cine → teléfono, dirección
- cine, película, horario → precio

¿Cuál va a ser la llave?

Buenas y malas dependencias

DJE	Depto	Jefe	Empleado
	D1	Pérez	Ureta
	D1	Pérez	Assad
	D2	Correa	Vargas
	D3	Pérez	Gómez
	D4	Pérez	Camus
	...	...	...

ES	Empleado	Salario
	Ureta	600
	Assad	800
	Vargas	800
	...	...

- **DJE**: Depto → Jefe
- **ES**: Empleado → Salario (Empleado es llave)

Buenas y malas dependencias

Anomalía de inserción

Compañía contrata a un empleado, pero no lo asigna a un departamento

No podemos almacenarlo en **DJE**

Buenas y malas dependencias

Anomalía de eliminación

El empleado Vargas abandona la empresa, por lo que hay que eliminarlo de **DJE**

¡Al hacer eso eliminamos también al jefe Correa!

Buenas y malas dependencias

Redundancia

Tenemos dos tuplas indicando que Pérez es jefe de D1

Buenas y malas dependencias

El problema es que la asociación entre jefes y empleados se almacena en la misma tabla que la asociación entre jefes y departamentos

También el mismo hecho puede ser almacenado muchas veces, como que jefe está a cargo de que departamento (ej. Pérez con D1)

Buenas y malas dependencias

Existe dependencia Depto → Jefe
pero Depto **no es llave**

¡Este tipo de situaciones queremos evitar!

Anomalías

Ejemplo

Tabla de personas, que pueden tener más de un teléfono

NRTC	nombre	run	teléfono	ciudad
	Fran	12.256.279-0	98456258	Santiago
	Fran	12.256.279-0	88845621	Santiago
	José	15.963.279-2	97584263	Curicó
	Andy	17.145.203-1	87775021	Temuco
	...	...	...	

- run → nombre, ciudad (pero no run → teléfono)

Anomalías

Ejemplo

Tabla de personas, que pueden tener más de un teléfono

- Redundancia?
- Anomalía de actualización?

Anomalías

Anomalía de inserción - actualización

Cuando introducimos o modificamos datos en una tabla y no reflejamos la inserción (o modificación) en las otras tablas

Anomalías

Anomalía de eliminación

Cuando se eliminan un conjunto de valores y perdemos más datos de los que se querían borrar

Anomalías

Redundancia

Cuando se almacena un dato más de una vez

Anomalías

Objetivo: Eliminar anomalías tratando de minimizar la redundancia, para esto:

- Debemos averiguar las dependencias que aplican
- Descomponer las tablas en tablas más pequeñas

Anomalías

Objetivo: Eliminar anomalías tratando de minimizar la redundancia, para esto:

- **Debemos averiguar las dependencias que aplican**
- Descomponer las tablas en tablas más pequeñas

Dependencias

Observación 1

Si tenemos las dependencias:

- $X \rightarrow Y$
- $Y \rightarrow Z$

Podemos deducir que:

- $X \rightarrow Z$

Con X, Y, Z conjuntos de atributos

Ejercicio: demostrar la observación

Dependencias

Observación 2

Si **Z** ⊆ **Y**, y tenemos la dependencia:

- $X \rightarrow Y$

Podemos deducir que:

- $X \rightarrow Z$

Con X, Y, Z conjuntos de atributos

Ejercicio: demostrar la observación

Dependencias

Observación 3

Llamamos dependencia trivial a la dependencia:

$$X \rightarrow Y$$

Si se tiene que **Y** $\subseteq$ **X**

Ejercicio: demostrar la observación

Dependencias

Observación 4

Si tenemos que:

$$X \to Y, X \to Z$$

Podemos decir que:

$$X \to Y, Z$$

Ejercicio: demostrar la observación

Dependencias

Observación 5

Si tenemos que:

$$X \rightarrow Y$$

Podemos decir que:

$$X, Z \rightarrow Y, Z$$

Para cada Z

Ejercicio: demostrar la observación

Dependencias

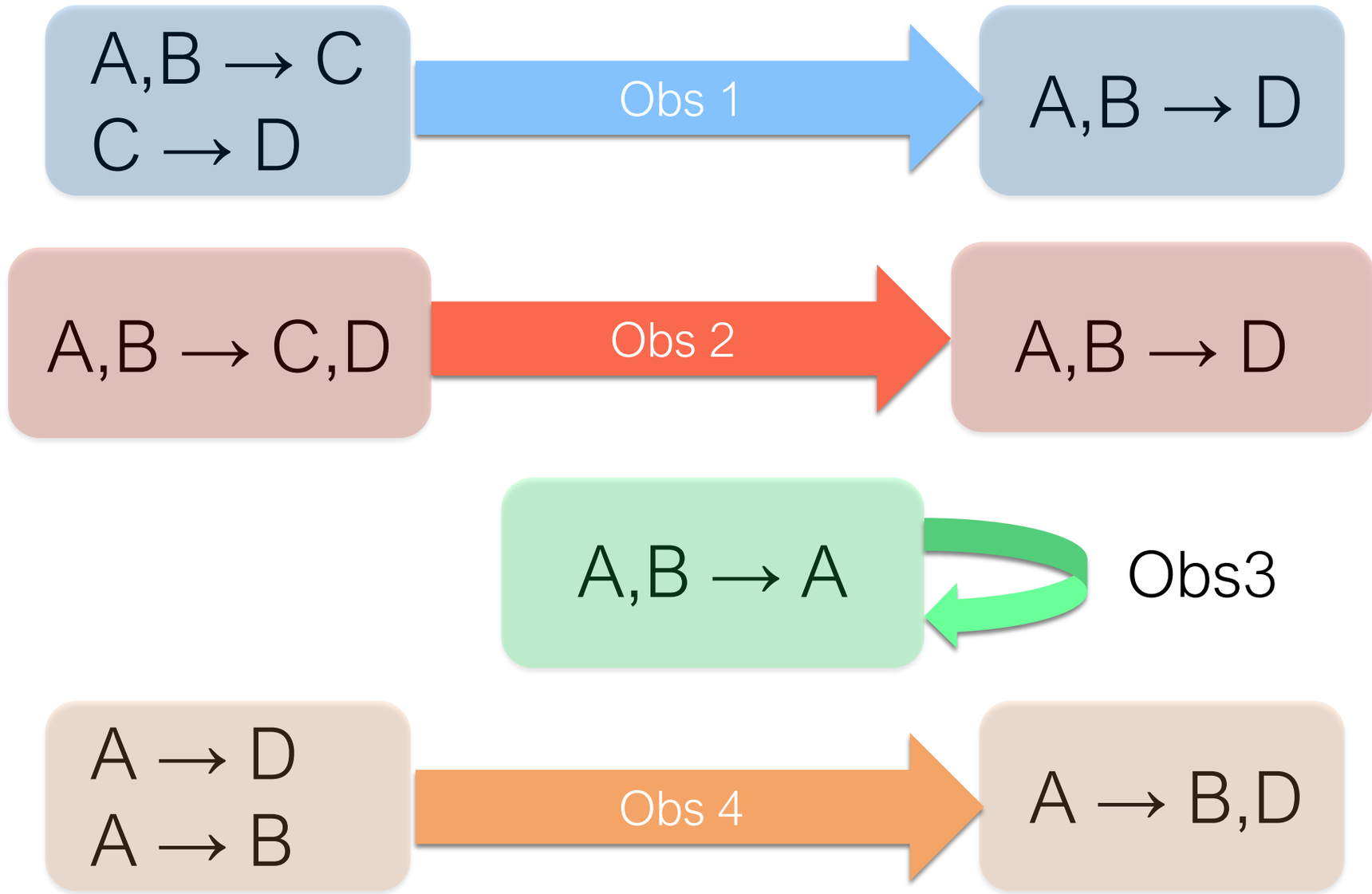
Observación 6

Si tenemos $X \rightarrow Y$, los atributos **X** son (candidatos a) llave si **Y** contiene a todos los atributos que son parte de la relación y no están en **X**

Dependencias

Observaciónes

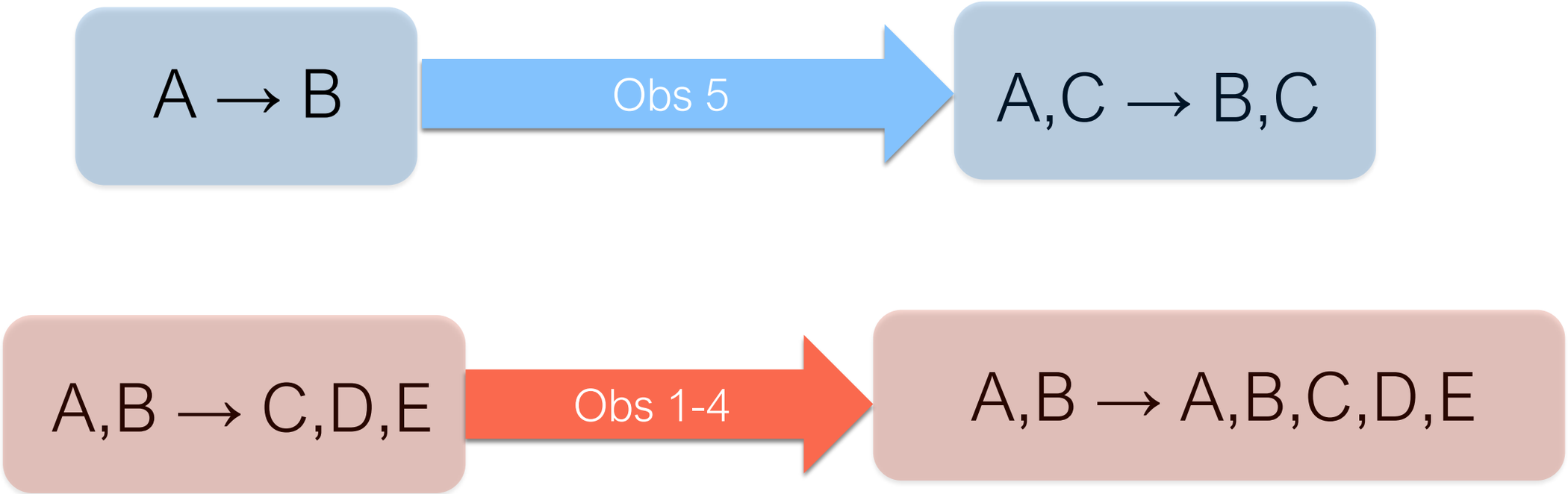
R(A,B,C,D,E)



Dependencias

Observaciónes

R(A,B,C,D,E)



Observación 6: A,B es llave candidata

Dependencias

Ejemplo

Averiguar todas las dependencias de R(a, b, c) si:

- a → b
- b → a, c

Podemos inferir además a → b, c (por lo tanto, **a** es llave)

Dependencias

Ejemplo

Podemos inferir además a → b, c (por lo tanto, **a** es llave)

Demostración: supongo que para tuplas t_1, t_2 tengo

$$\pi_a(t_1) = \pi_a(t_2)$$

Como tengo a → b, se cumple que $\pi_b(t_1) = \pi_b(t_2)$

Dependencias

Ejemplo

Pero b $\rightarrow$ a, c, luego $\pi_{a,c}(t_1) = \pi_{a,c}(t_2)$

Finalmente $\pi_c(t_1) = \pi_c(t_2)$

Importante: usar esta idea de demostración para los ejercicios planteados en cada observación

Dependencias

Ejercicio

Averiguar todas las dependencias:

Toma(alumno, carrera, ramo, sala, hora)

- alumno → carrera
- carrera, ramo → sala
- ramo → hora

Dependencias

Ejercicio

Averiguar todas las dependencias:

Toma(alumno, carrera, ramo, sala, hora)

- alumno → carrera
- carrera, ramo → sala
- ramo → hora

alumno, ramo → carrera, sala, hora

Anomalías

Objetivo: Eliminar anomalías tratando de minimizar la redundancia, para esto:

- Debemos averiguar las dependencias que aplican
- **Descomponer las tablas en tablas más pequeñas**

Descomposición

Ejemplo: mal diseño

Información: cine, película, director, dirección, teléfono, horario, precio

- cine → dirección, teléfono
- título → director
- cine, película, horario → precio

El peor diseño:

MAL(cine, película, director, dirección, teléfono, horario, precio)

Descomposición

Ejemplo: mal diseño

MAL(cine, película, director,dirección, teléfono, horario, precio)

Redundancia:

- La película determina al director, pero cada vez que dan la película los listamos a ambos
- Listamos la dirección y el teléfono del cine una y otra vez

Descomposición

Ejemplo: mal diseño

MAL(cine, película, director,dirección, teléfono, horario, precio)

Anomalías:

- Si cambiamos una dirección nos volvemos inconsistentes, hay que cambiarla en todas las tuplas
- Si dejamos de mostrar una película perdemos la asociación director - película
- No podemos agregar películas que no se muestran

Descomposición

Ejemplo: buen diseño

Dividimos MAL en 3 tablas

Rels:	Atributos	Dependencias
R_1	cine, dirección, teléfono	cine $\rightarrow$ dirección, teléfono
R_2	cine, pelicula, horario, precio	cine, pelicula, horario $\rightarrow$ precio
R_3	pelicula, director	pelicula $\rightarrow$ director

Descomposición

Ejemplo: buen diseño

Es un buen diseño porque:

- No hay anomalías, cada dependencia funcional define una llave
- No perdemos dependencias funcionales, pues todas están restringidas a sus respectivas tablas
- No perdemos información:

$$R_1 = \pi_{cine,direccion,telefono}(MAL)$$
$$R_2 = \pi_{cine,pelicula,horario,precio}(MAL)$$
$$R_3 = \pi_{pelicula,director}(MAL)$$
$$MAL = R_1 \bowtie R_2 \bowtie R_3$$

Llaves

Super llave (superkey): cualquier conjunto de atributos qué determina a todo el resto

Llave (candidata/minimal): cualquier conjunto de atributos qué determina a todo el resto, y ninguno de sus subconjuntos es una super llave

Llave primaria: una llave candidata qué queremos destacar

Llaves

R(a,b,c,d):

- **a→b,c,d**
- **b,c→a,d**

Superllaves:

- **a**
- **a,b**
- **a,c**
- **a,d**
- **a,b,c**
- **a,c,d**
- **a,b,d**
- **a,b,c,d**
- **b,c**
- **b,c,d**

Llaves:

- **a**
- **b,c**

Surrogate Keys

Alumnos(<u>aid</u>, rut, nombre, apellido, carrera, correo)

Llaves:

- **aid**
- **rut**
- **correo**

Llave primaria:

- **aid**

Boyce-Codd Normal Form (BCNF)

Causa de anomalías: $X \rightarrow Y$ cuando X no es una super llave

Una relación **R** está en **BCNF** si para toda dependencia funcional no trivial $X \rightarrow Y$, **X** es una super llave

Un esquema está en BCNF si todas sus relaciones están en BCNF

(Las tablas pueden tener más de una llave!!!)

BCNF

¿Cómo lograr BCNF?

BCNF se logra mediante descomposiciones

Ya vimos una de MAL a tres tablas

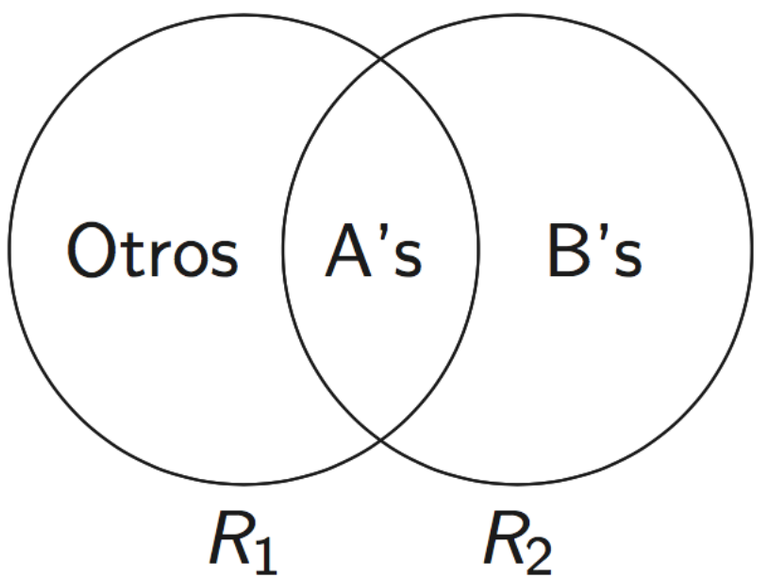
BCNF

Algoritmo

Encontrar una relación **R** y una dependencia que viole BCNF

$$a_1, ..., a_n \rightarrow b_1, ..., b_m$$

Descomponer relación en dos



BCNF

Algoritmo

R(a,b,c,d,e,f)

a,b → c,e rompe BCNF

R1(a,b,c,e)

R2(a,b,d,f)

BCNF

Algoritmo

Se repite el proceso anterior hasta que no hayan más violaciones de BCNF

Optimización: elegir la mayor cantidad de B’s posibles

BCNF

Ejemplo

¿Cómo descomponemos **R** para lograr BCNF?

R(a, b, c, d)

$a \rightarrow b$, $b \rightarrow c$

Podemos deducir $a \rightarrow c$, $a \rightarrow b, c$

BCNF

Ejemplo

Descomposición 1:

R(a, b, c, d)

- $a \rightarrow b$
- $b \rightarrow c$
- $a \rightarrow c$
- $a \rightarrow b, c$

R(a, b, c, d)

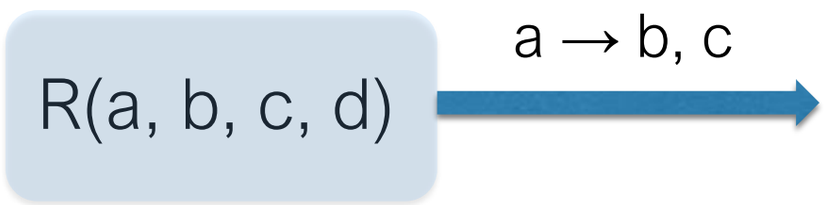
BCNF

Ejemplo

Descomposición 1:

R(a, b, c, d)

- $a \rightarrow b$
- $b \rightarrow c$
- $a \rightarrow c$
- $a \rightarrow b, c$



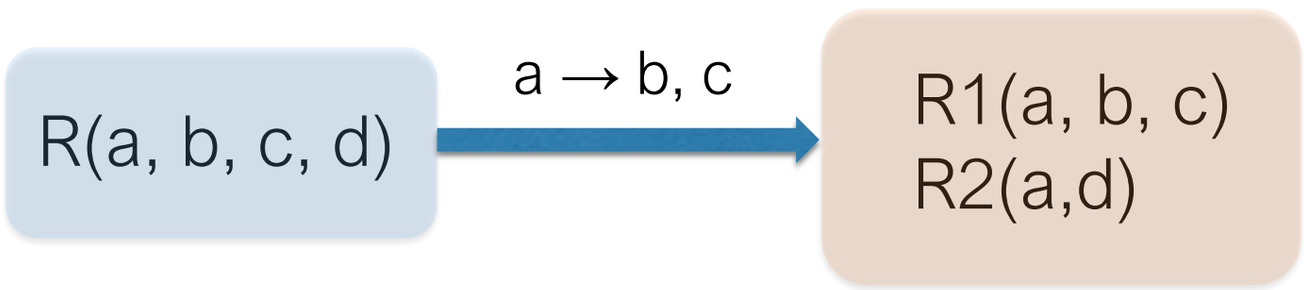
BCNF

Ejemplo

Descomposición 1:

R(a, b, c, d)

- $a \rightarrow b$
- $b \rightarrow c$
- $a \rightarrow c$
- $a \rightarrow b, c$



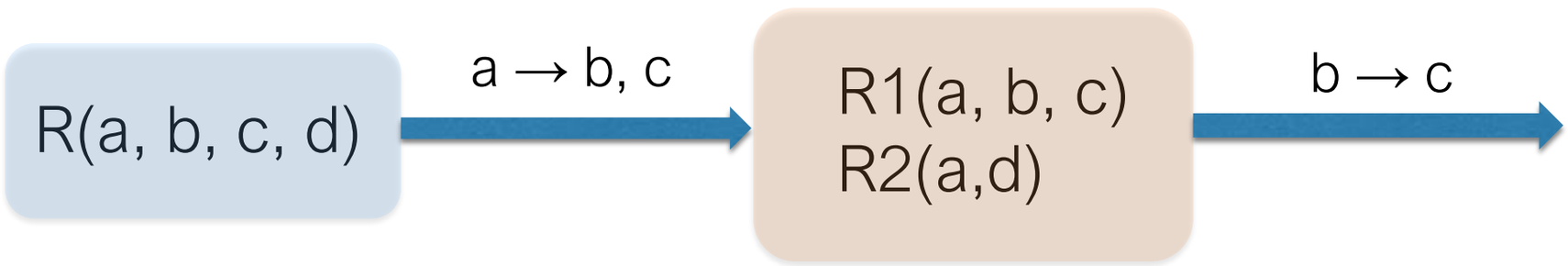
BCNF

Ejemplo

Descomposición 1:

R(a, b, c, d)

- $a \rightarrow b$
- $b \rightarrow c$
- $a \rightarrow c$
- $a \rightarrow b, c$



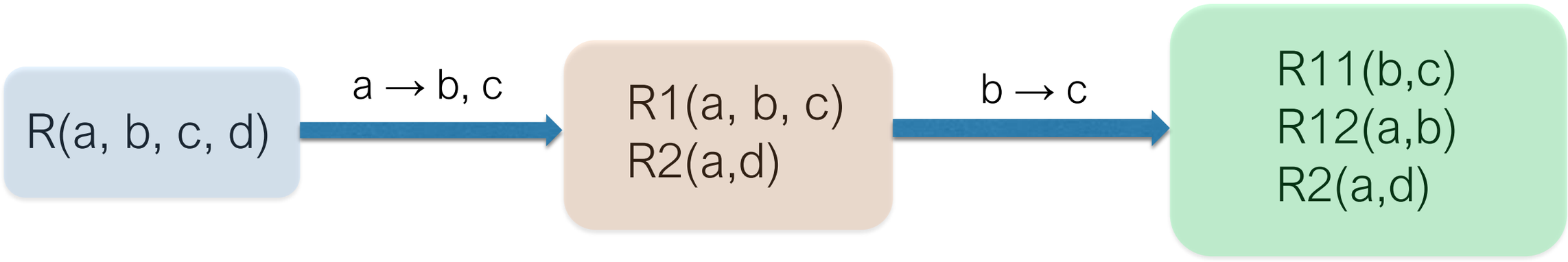
BCNF

Ejemplo

Descomposición 1:

R(a, b, c, d)

- $a \rightarrow b$
- $b \rightarrow c$
- $a \rightarrow c$
- $a \rightarrow b, c$



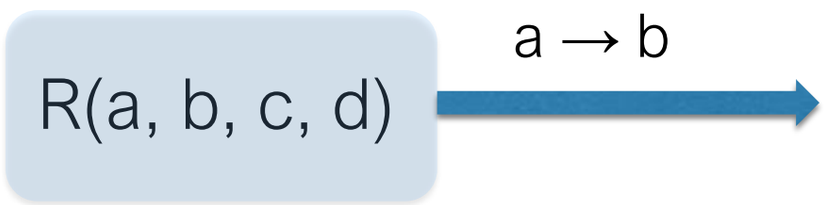
BCNF

Ejemplo

Descomposición 2:

R(a, b, c, d)

- $a \rightarrow b$
- $b \rightarrow c$
- $a \rightarrow c$
- $a \rightarrow b, c$



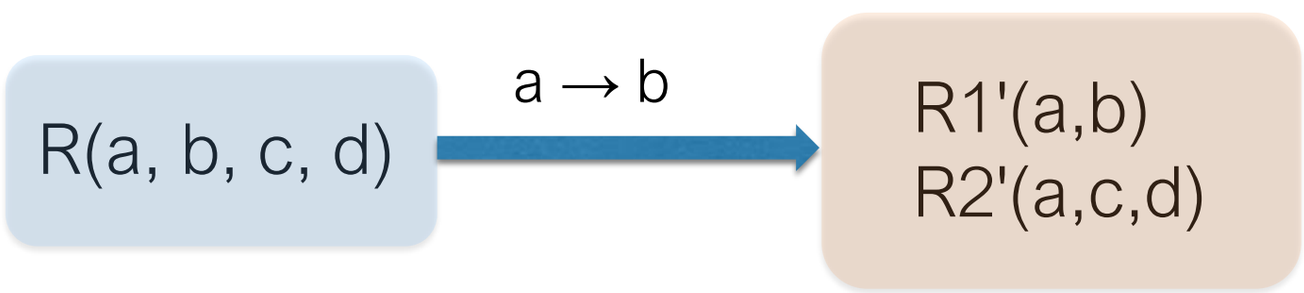
BCNF

Ejemplo

Descomposición 2:

R(a, b, c, d)

- $a \rightarrow b$
- $b \rightarrow c$
- $a \rightarrow c$
- $a \rightarrow b, c$



BCNF

Ejemplo

Descomposición 2:

R(a, b, c, d)

- $a \rightarrow b$
- $b \rightarrow c$
- $a \rightarrow c$
- $a \rightarrow b, c$

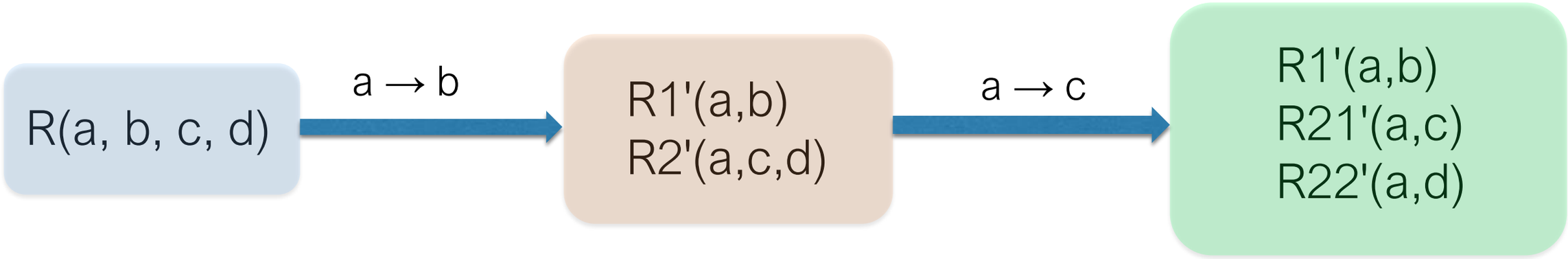
BCNF

Ejemplo

Descomposición 2:

R(a, b, c, d)

- $a \rightarrow b$
- $b \rightarrow c$
- $a \rightarrow c$
- $a \rightarrow b, c$



BCNF

Ejemplo

Descomposición 1:

R11(b,c)
R12(a,b)
R2(a,d)

Descomposición 2:

R1'(a,b)
R21'(a,c)
R22'(a,d)

BCNF

Ejemplo

Descomposición 1:

R11(b,c)
R12(a,b)
R2(a,d)

Descomposición 2:

R1'(a,b)
R21'(a,c)
R22'(a,d)

Pero: el join natural es identico

Perdida de Información

La descomposición no puede perder información!

Producto	nombre	precio	categoría
	Canon T3	300	fotografía
	Nokia 5000	400	fotografía
	Galaxy IV	400	celular

nombre	categoría
Canon T3	fotografía
Nokia 5000	fotografía
Galaxy IV	celular

precio	categoría
300	fotografía
400	fotografía
400	celular

Perdida de Información

La descomposición no puede perder información!

Al hacer el join:

Producto	nombre	precio	categoría
	Canon T3	300	fotografía
	Canon T3	400	fotografía
	Nokia 5000	300	fotografía
	Nokia 5000	400	fotografía
	Galaxy IV	400	celular

Descomposición sin pérdida

R(A, B, C) descompuesta en R1(A, B) y R2(A, C) es sin pérdida de información si para toda instancia de R:

$$R_1 \bowtie R_2 = R$$

Descomposición sin pérdida

Teorema

Para todo esquema con relación **R**(A, B, C) y dependencia funcional A → B, para A, B, C conjuntos de atributos disjuntos, se tiene que la descomposición en **R1**(A, B) y **R2**(A, C) con A → B es **sin pérdida de información**

Problemas con BCNF

Nuestra descomposición siempre va a ser sin pérdida de información, sin embargo puede ocurrir lo siguiente:

UCP(unidad, compañía, producto)

- unidad → compañía
- compañía, producto → unidad

Hay una violación de BCNF (unidad → compañía)

Problemas con BCNF

Pero al descomponer:

UC(unidad, compañía)
UP(unidad, producto)

Para la primera relación aplica la dependencia (unidad → compañía), pero para la segunda no aplica ninguna

Problemas con BCNF

unidad	compañía
equipo_vista	Microsoft
equipo_XP	Microsoft

unidad	producto
equipo_vista	Windows
equipo_XP	Windows

La descomposición no viola las dependencias, pero al hacer el Join:

unidad	compañía	producto
equipo_vista	Microsoft	Windows
equipo_XP	Microsoft	Windows

Violamos la dependencia original
compañía, producto → unidad

3NF

Una relación **R** está en **3NF** si para toda dependencia funcional no trivial X → Y, **X** es una super llave o **Y** es parte de una llave minimal

Z es llave minimal si no existe llave **Z'** tal que **Z' ⊆ Z**

3NF es menos restrictivo que BCNF ya que permite un poco más de redundancia

3NF

Ejemplo

Curso(sala, profesor, módulo)

- sala → profesor
- profesor, módulo → sala

Al llevarla a BCNF:

Curso1(sala, profesor)

- sala → profesor

Curso2(sala, módulo)

- Sin dependencias!

3NF

Ejemplo

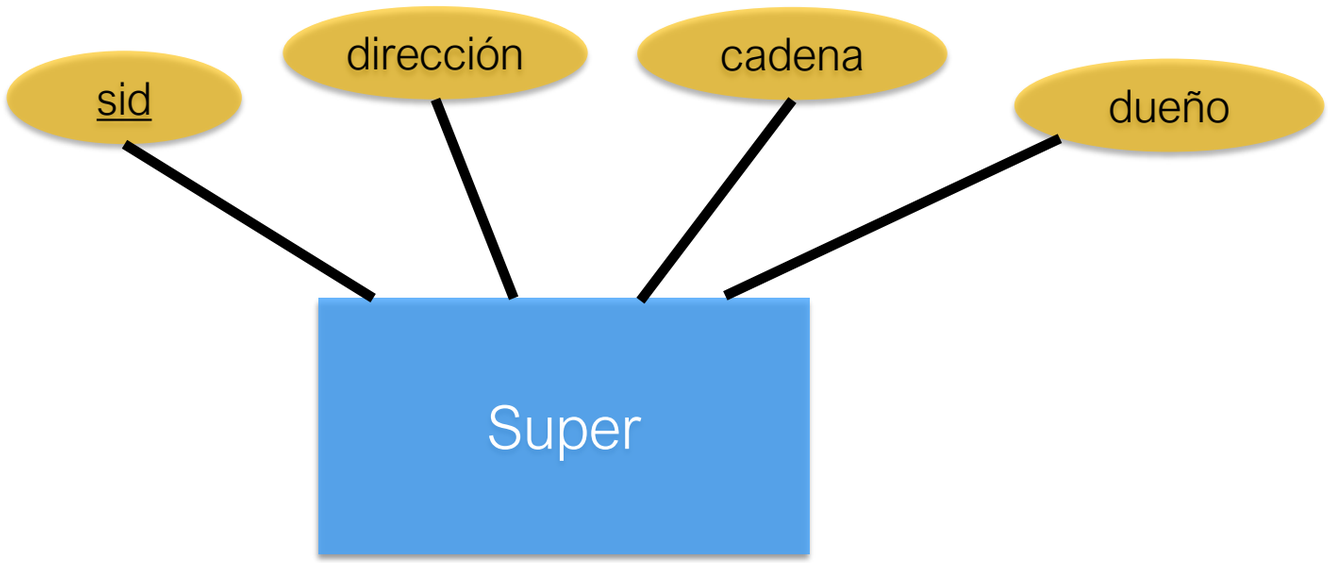
Curso(sala, profesor, módulo)

- sala → profesor
- profesor, módulo → sala

Pero esta relación está en 3NF: (profesor, módulo) es llave minimal, por lo que profesor es parte de una llave

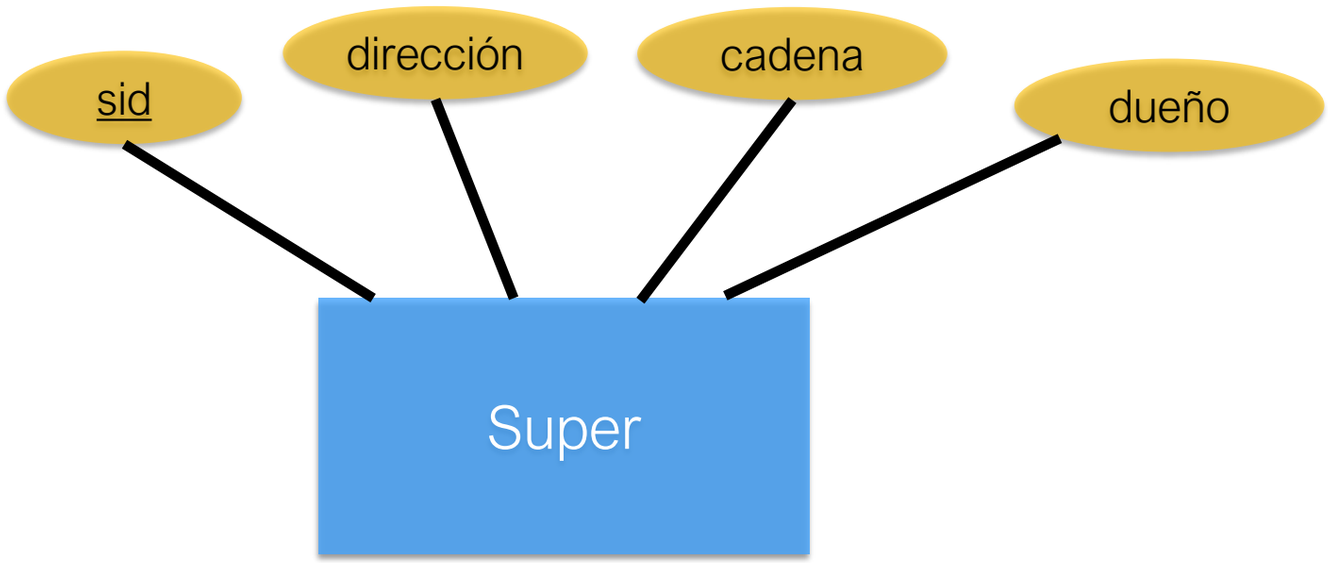
Permitimos redundancia porque en este caso no existe descomposición en BCNF que preserve las dependencias

Si nos equivocamos en E/R



Super(<u>sid</u>, dirección, cadena, dueño)

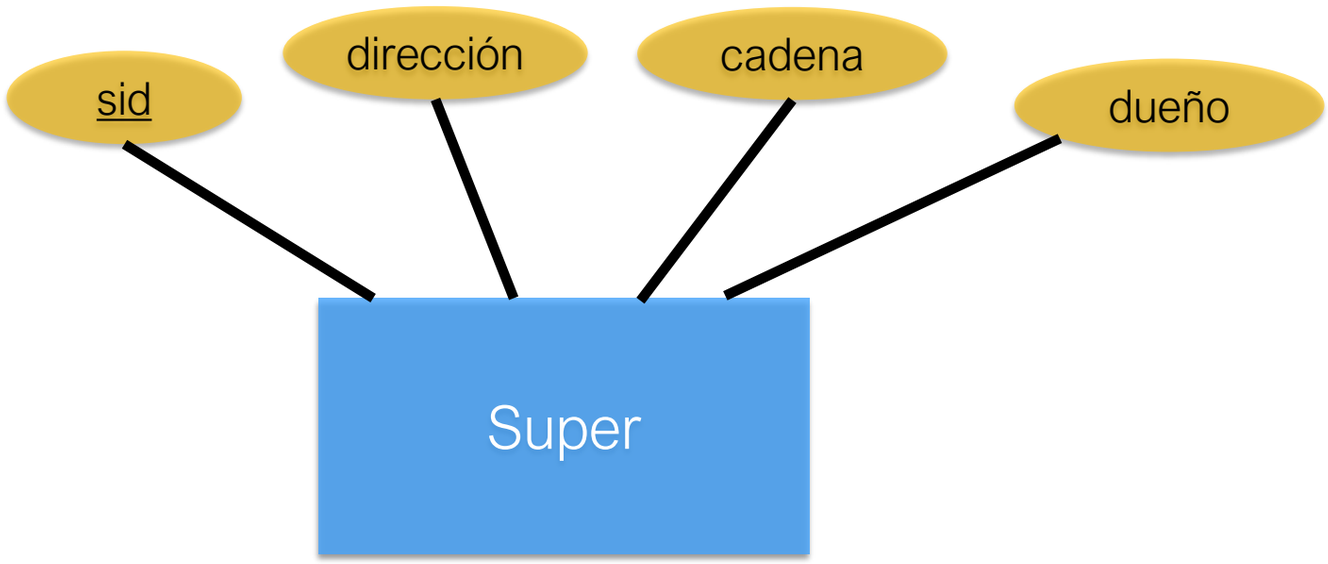
Si nos equivocamos en E/R



Super(<u>sid</u>, dirección, cadena, dueño)

- cadena → dueño

Si nos equivocamos en E/R



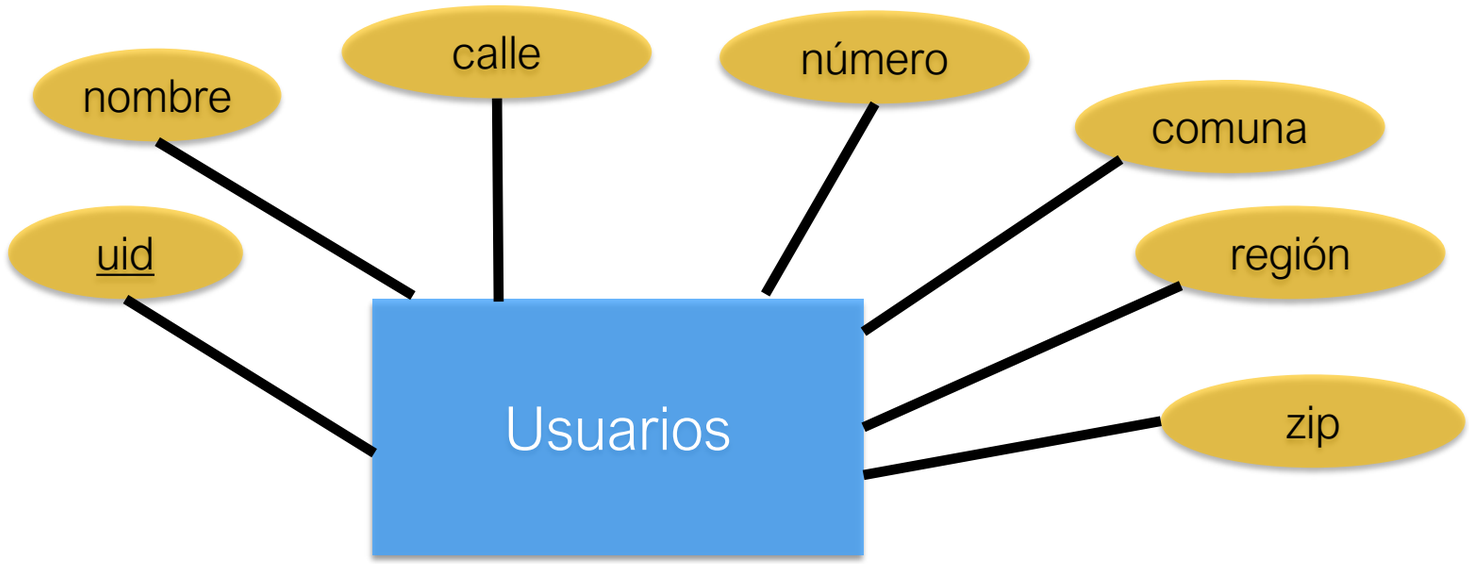
Super(<u>sid</u>, dirección, cadena, dueño)

- cadena → dueño

Super(<u>sid</u>, dirección, cadena)
Dueños(cadena, dueño)

BCNF

Si nos equivocamos en E/R



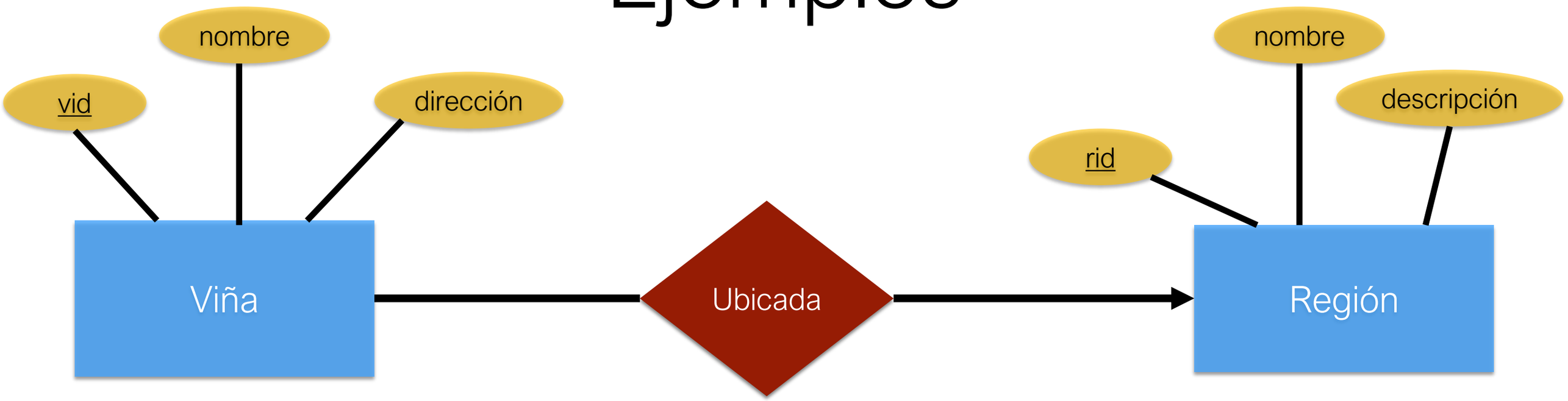
Usuarios(<u>uid</u>, nombre, calle, número, comuna, región, zip)

- zip → calle, comuna, región

Usuarios(<u>uid</u>, nombre, número, zip)
CódigoPostal(<u>zip</u>, calle, comuna, región)

BCNF

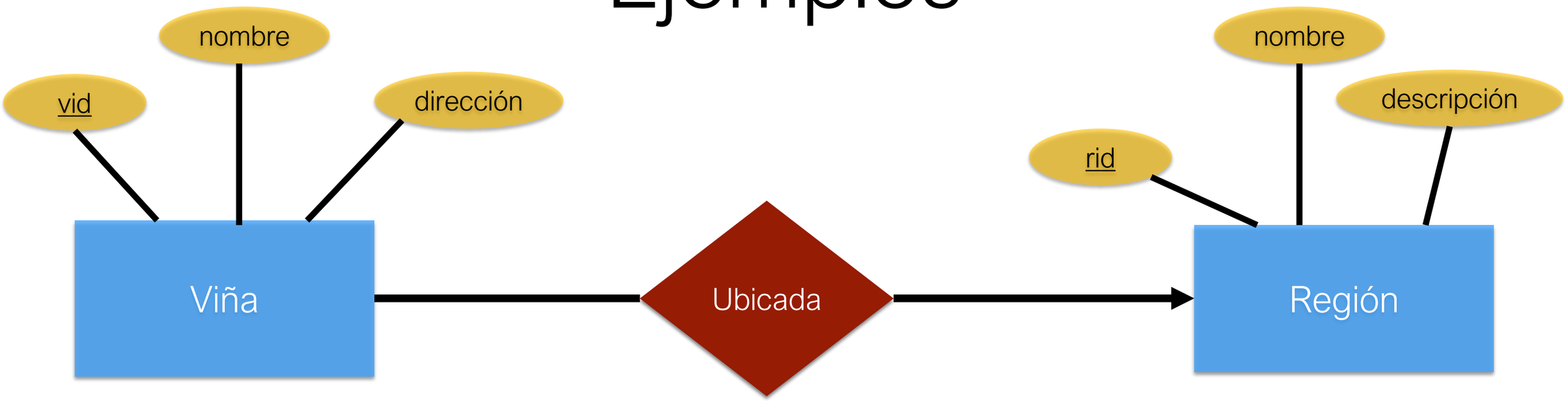
Ejemplos



Viña(<u>vid</u>, nombre, dirección)
Región(<u>rid</u>, nombre, descripción)
Ubicada(<u>vid</u>, rid)

BCNF

Ejemplos

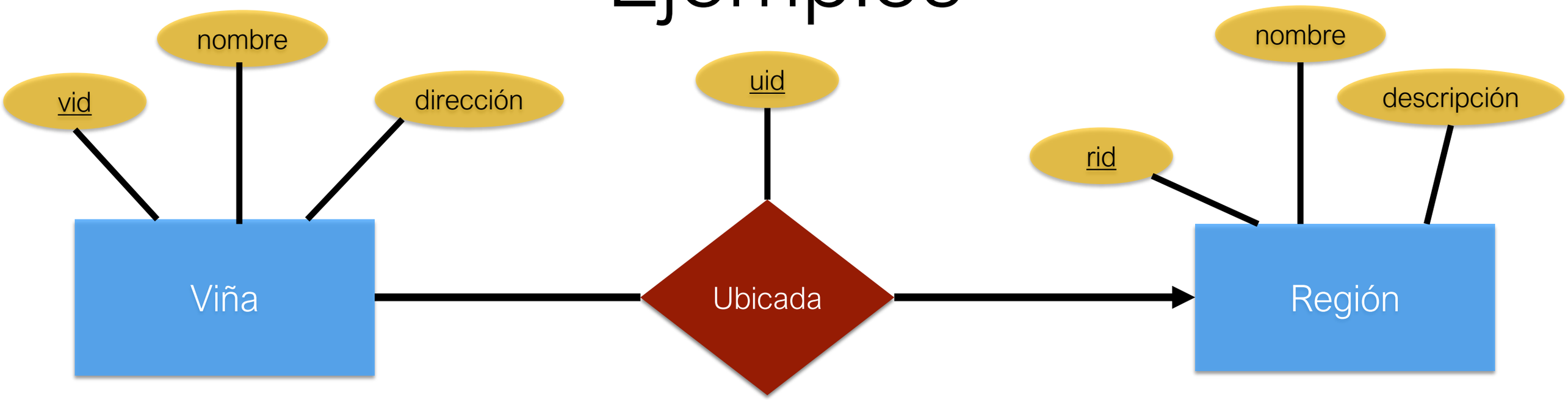


Viña(<u>vid</u>, nombre, dirección, rid)
Región(<u>rid</u>, nombre, descripción)

- vid → rid
- vid es una llave

BCNF

Ejemplos

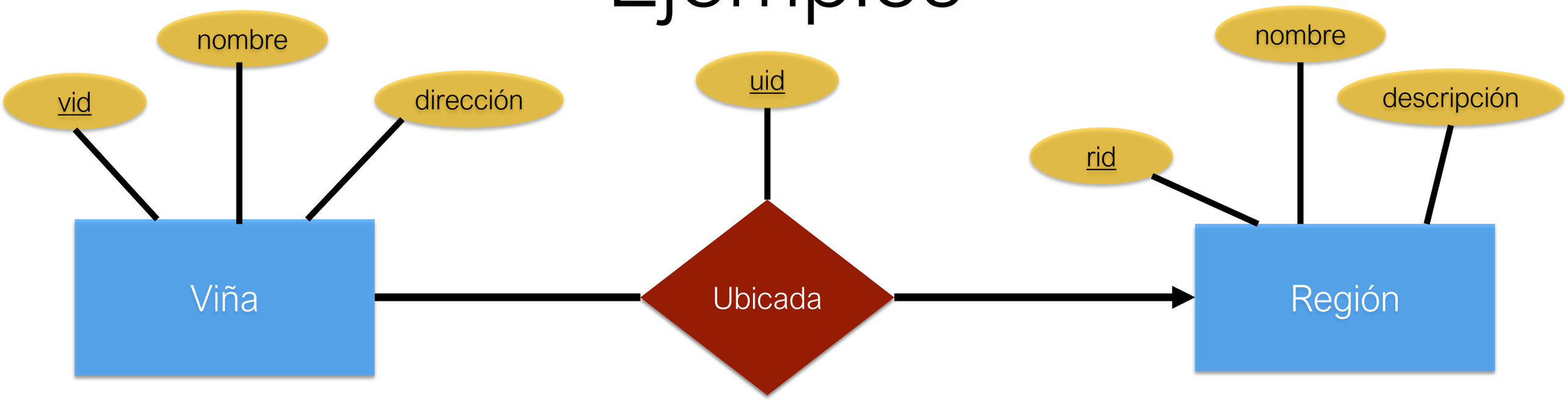


Viña(<u>vid</u>, nombre, dirección)
Región(<u>rid</u>, nombre, descripción)
Ubicada(<u>uid</u>, vid, rid)

- uid → vid, rid
- vid → rid

NOT BCNF

Ejemplos

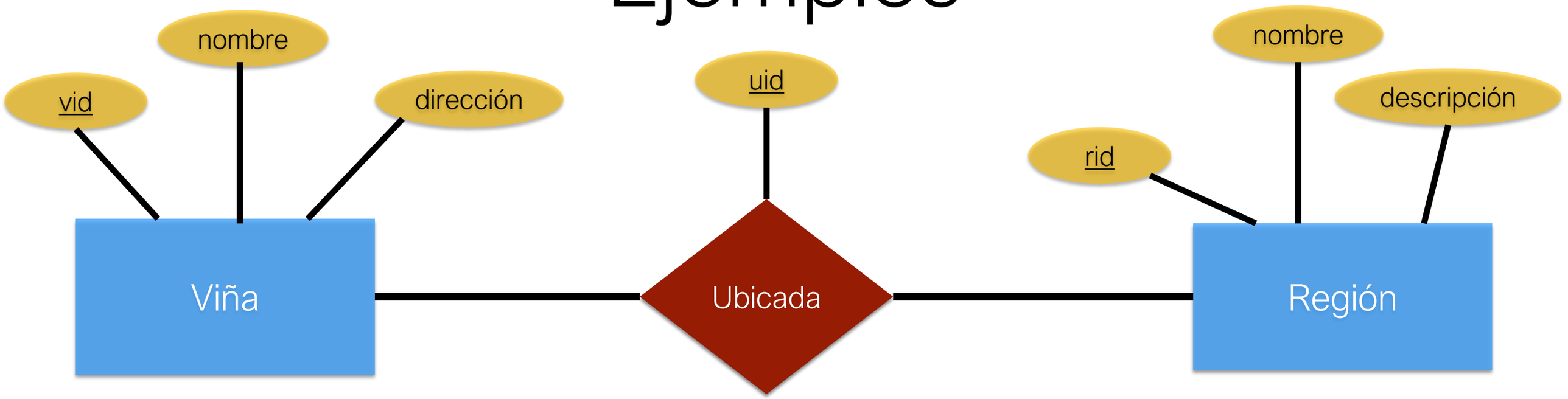


Viña(<u>vid</u>, nombre, dirección)
Región(<u>rid</u>, nombre, descripción)
Ubicada(<u>uid</u>, vid, rid)

- uid → vid, rid
- vid → uid, rid

BCNF

Ejemplos

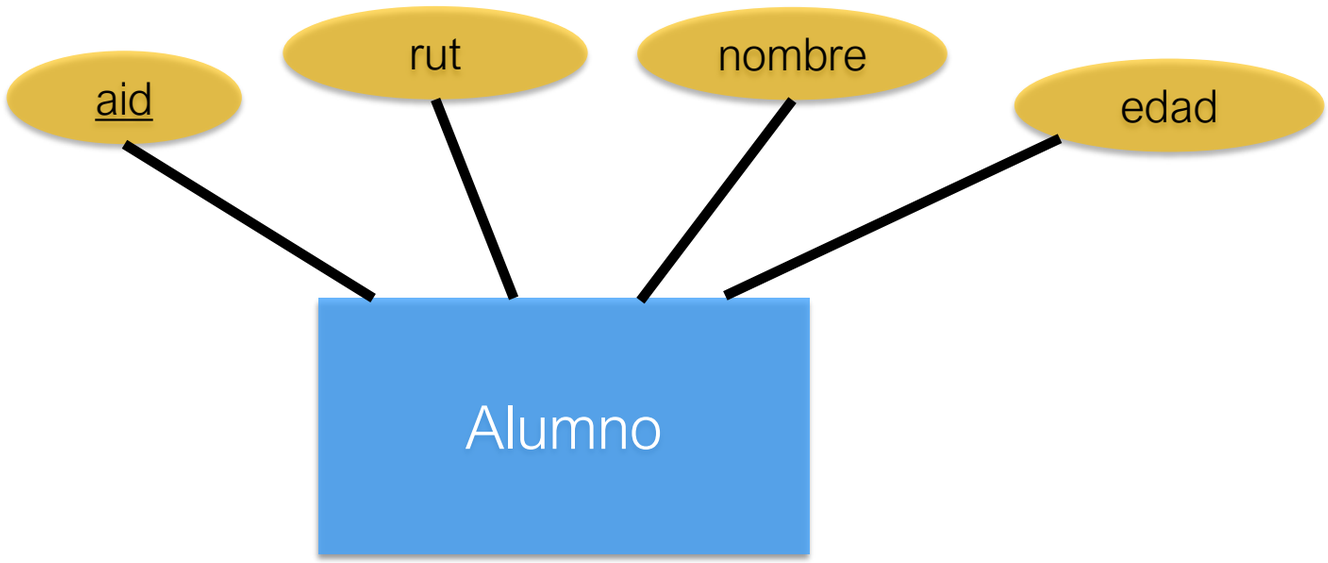


Viña(<u>vid</u>, nombre, dirección)
Región(<u>rid</u>, nombre, descripción)
Ubicada(<u>uid</u>, vid, rid)

- uid → vid, rid
- vid, rid → uid

BCNF

Si agregamos llaves artificiales

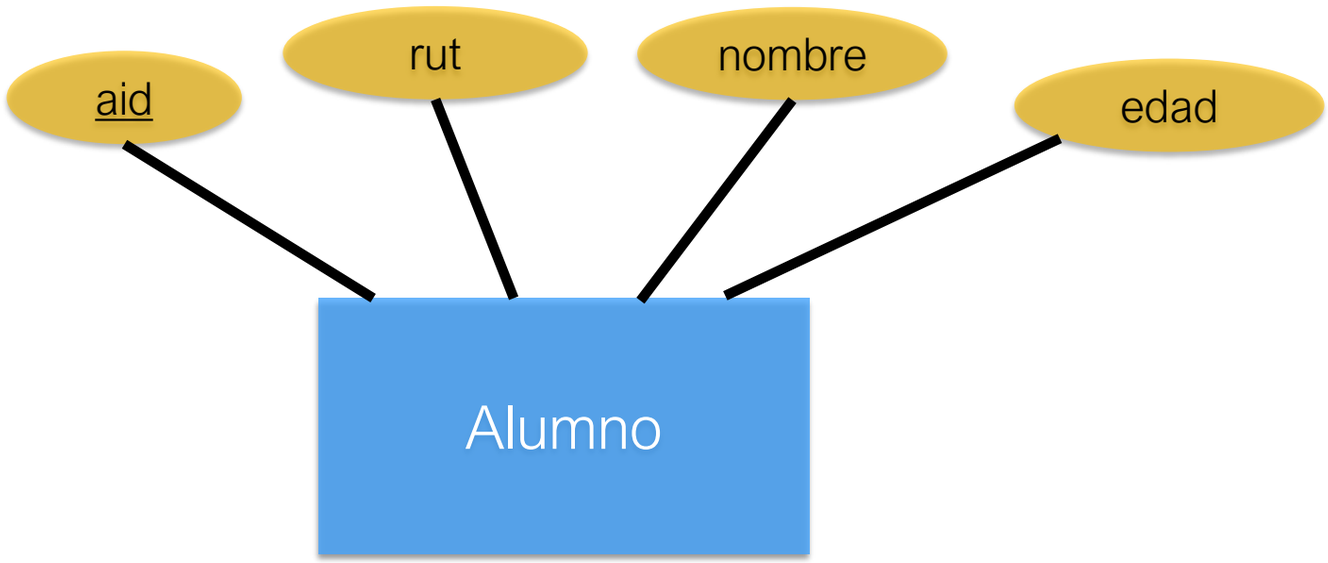


Alumnos(<u>aid</u>, rut, nombre, edad)

- aid → rut, nombre, edad
- rut → nombre, edad (pero no aid)

NOT BCNF

Si agregamos llaves artificiales

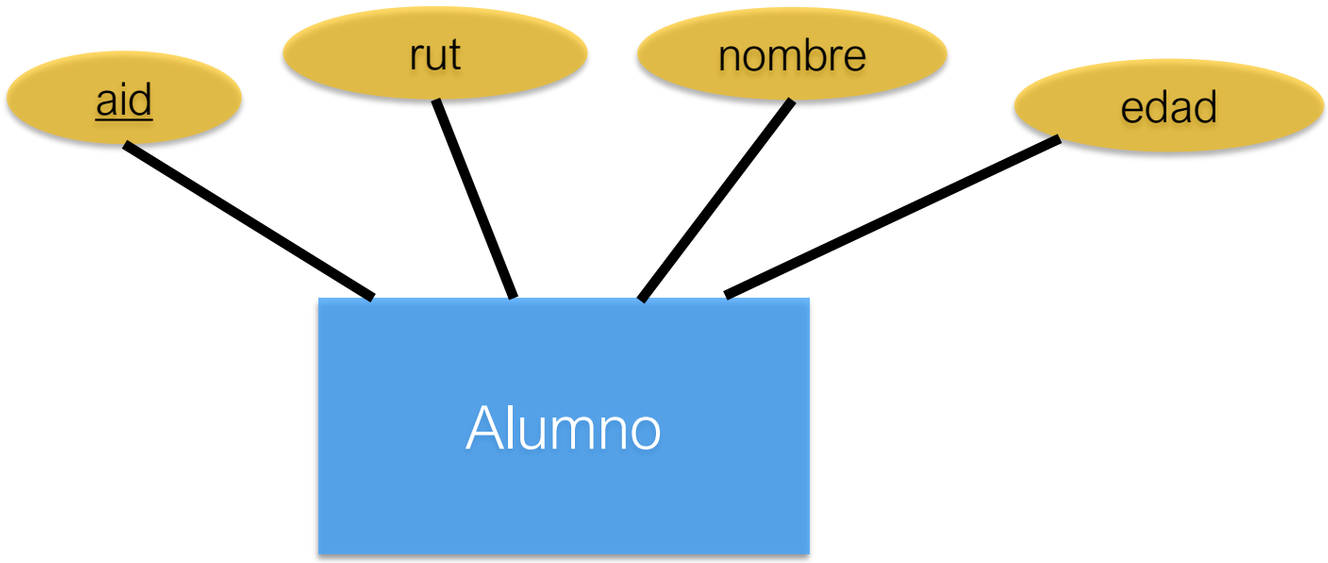


Alumnos(<u>aid</u>, rut, nombre, edad)

- aid → rut, nombre, edad
- rut → aid, nombre, edad

BCNF

Si agregamos llaves artificiales



Alumnos(<u>aid</u>, rut, nombre, edad)

En realidad aquí sabemos qué las llaves son:

- aid
- rut

→ **BCNF**

Recapitulación

- Partimos desde tablas posiblemente mal diseñadas que generan anomalías
- Agregamos dependencias funcionales
- Intentamos descomponer en BCNF
- Si tenemos problemas con las dependencias utilizar 3NF