Tema 4: Diseño en Bases de Datos Relacionales

- Diseño lógico
- Teoría de dependencias funcionales y normalización
- Diseño físico

Tema 4: Diseño en Bases de Datos Relacionales

- Diseño lógico
- Teoría de dependencias funcionales y normalización
- Diseño físico

Diseño Lógico Relacional: conceptos

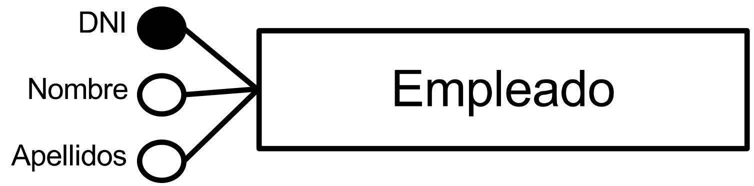
- **Esquema relacional**: conjunto de relaciones en el Modelo Lógico de Datos Relacional, conectadas entre sí, que permiten almacenar la información y mantener la semántica relacionadas con un sistema dado.

Diseño Lógico Relacional: conceptos

- **Diseño Lógico Relacional**: proceso que permite generar un esquema relacional a partir de una representación conceptual (*esquema entidad-relación*) de la información relacionada con un sistema dado. También se le conoce como *paso a tablas*.

Diseño Lógico Relacional: traducción

- de entidad:



Empleado (DNI, Nombre, Apellidos)

Diseño Lógico Relacional: traducción

- de atributo compuesto a atributo simple (concatenación de valores en cadena de caracteres)

Empleado (<u>DNI</u>, Nombre, Apellidos, FechaNacimiento)

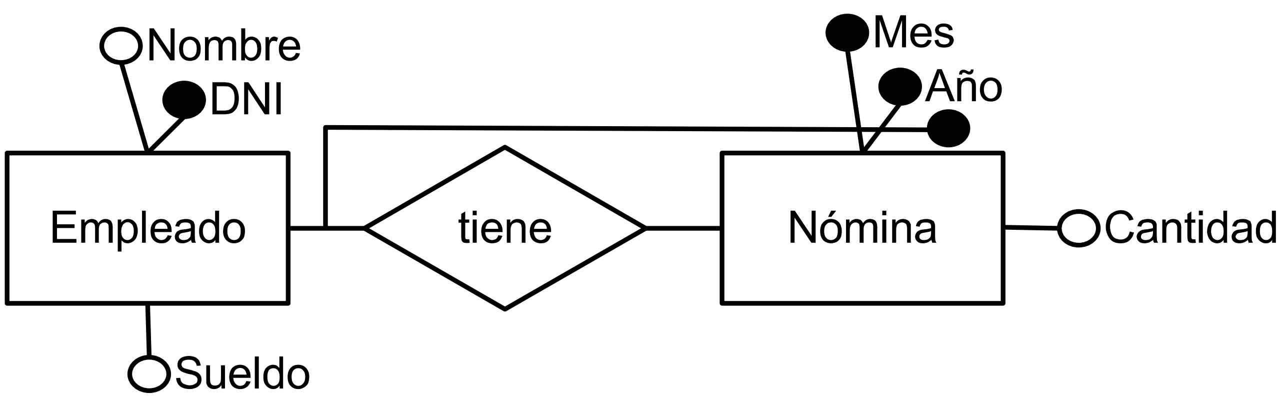
Diseño Lógico Relacional: traducción

- de atributo compuesto a atributos simples (eliminación del atributo compuesto)

Empleado (<u>DNI</u>, Nombre, Apellidos, DiaNacimiento, MesNacimiento, AñoNacimiento)

Diseño Lógico Relacional: traducción

- de entidad débil:

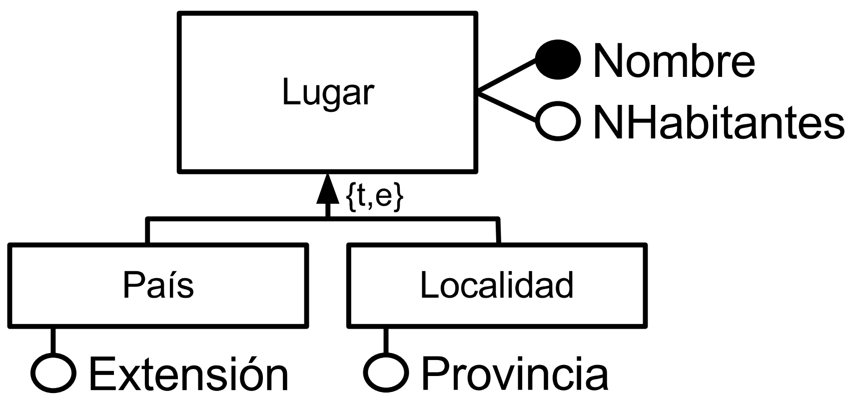


Empleado (<u>DNI</u>, Nombre, Sueldo)

Nómina (<u>DNI, Mes, Año</u>, Cantidad)

Diseño Lógico Relacional: traducción

- de especialización:

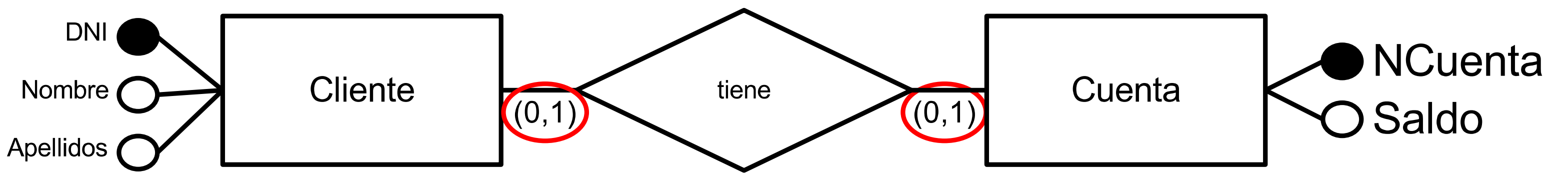


Lugar (Nombre, NHabitantes)

País (Nombre, Extensión)   Localidad (Nombre, Provincia)

Diseño Lógico Relacional: traducción

- de relación uno a uno con participaciones 0:



Cliente (DNI, Nombre, Apellidos)

tiene (DNI, Ncuenta)

Cuenta (NCuenta, Saldo)

o

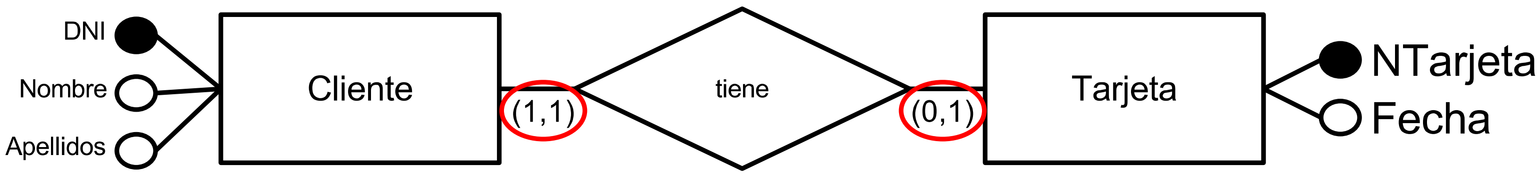
Cliente (DNI, Nombre, Apellidos)

tiene (DNI, Ncuenta)

Cuenta (NCuenta, Saldo)

Diseño Lógico Relacional: traducción

- de relación uno a uno con participaciones distintas:

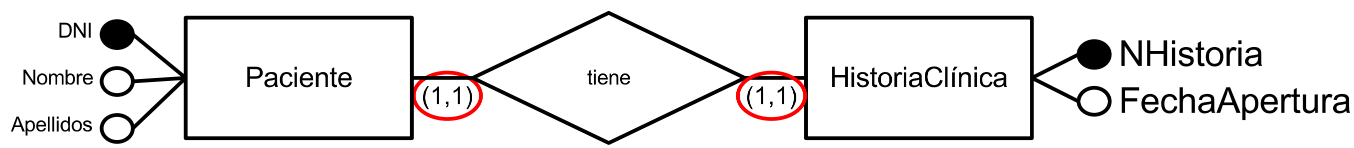


Cliente (DNI, Nombre, Apellidos)

TieneTarjeta (NTarjeta, Fecha, DNI)

Diseño Lógico Relacional: traducción

- de relación uno a uno con participaciones 1:



Paciente (DNI, Nombre, Apellidos)

TieneHistoriaClínica (NHistoria, FechaApertura, DNI)

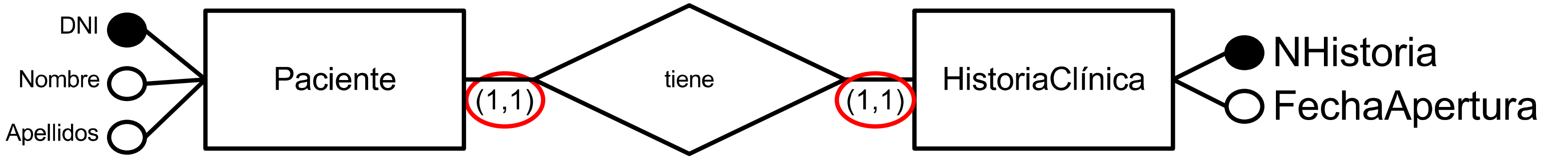
o

PacienteTiene (DNI, Nombre, Apellidos, NHistoria)

HistoriaClínica (NHistoria, FechaApertura)

Diseño Lógico Relacional: traducción

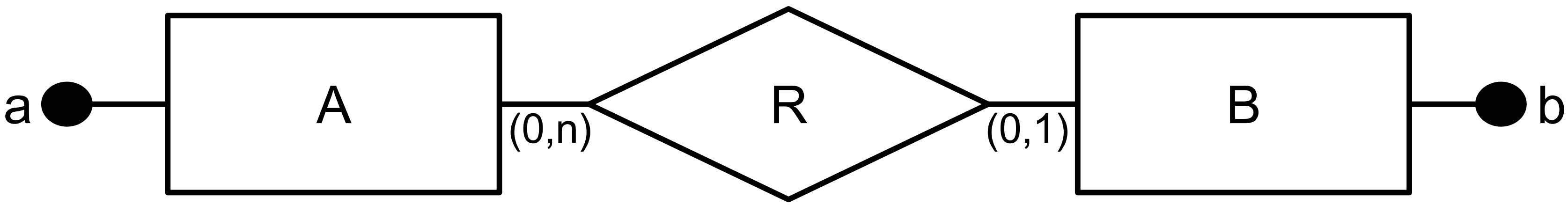
- de relación uno a uno con participaciones 1:



PacienteTieneHistoriaClinica (<u>DNI</u>, Nombre, Apellidos,<u>NHistoria</u>, FechaApertura)

Diseño Lógico Relacional: traducción

- de relación uno a muchos con participaciones 0:



A ($\underline{a}$)

R ($\underline{a}$, b)

B ($\underline{b}$)

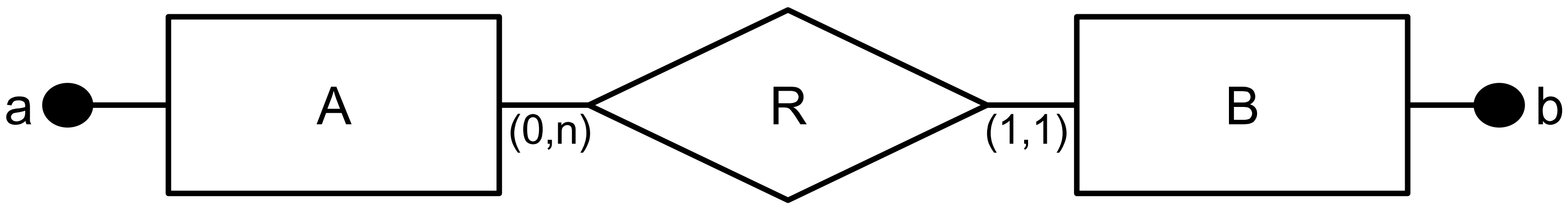
o

A+R ($\underline{a}$, b)

B ($\underline{b}$)

Diseño Lógico Relacional: traducción

- de relación uno a muchos con participaciones distintas:



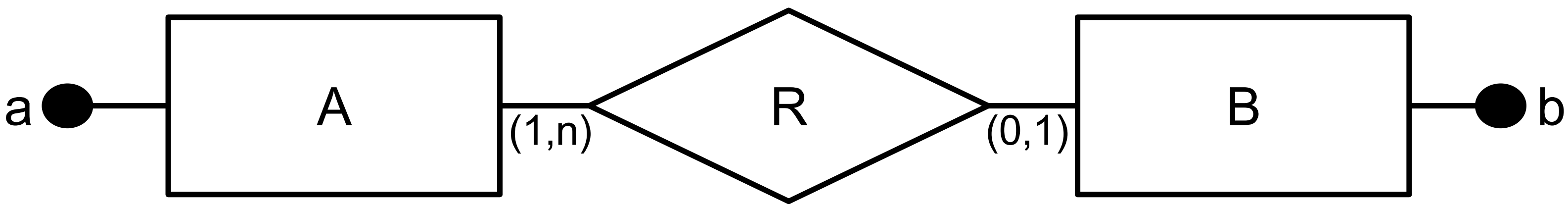
A+R (<u>a</u>, b) ← NOT NULL

↓

B (<u>b</u>)

Diseño Lógico Relacional: traducción

- de relación uno a muchos con participaciones distintas:



A (a)

R (a, b)

B (b)

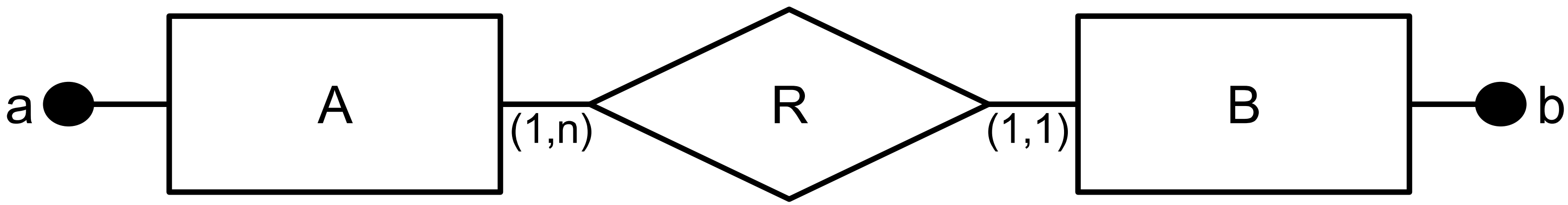
o

A+R (a, b)

B (b)

Diseño Lógico Relacional: traducción

- de relación uno a muchos con participaciones 1:

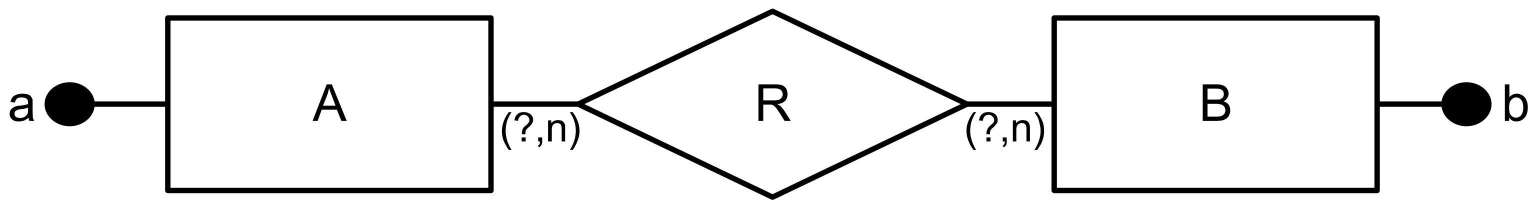


A+R (<u>a</u>, b) ← NOT NULL

B (<u>b</u>)

Diseño Lógico Relacional: traducción

- de relación muchos a muchos con cualquier combinación de participaciones:



A ($\underline{a}$)

R ($\underline{a,\ b}$)

B ($\underline{b}$)

Tema 4: Diseño en Bases de Datos Relacionales

- Diseño lógico
- Teoría de dependencias funcionales y normalización
- Diseño físico

Normalización: ¿qué es?

- Normalización: Proceso de refinamiento del diseño lógico propio del modelo relacional
- Objetivos:
  - Corregir defectos del modelo conceptual
  - Eliminar redundancias, problemas de actualización
  - Plasmar restricciones semánticas adicionales

Normalización: ¿qué es?

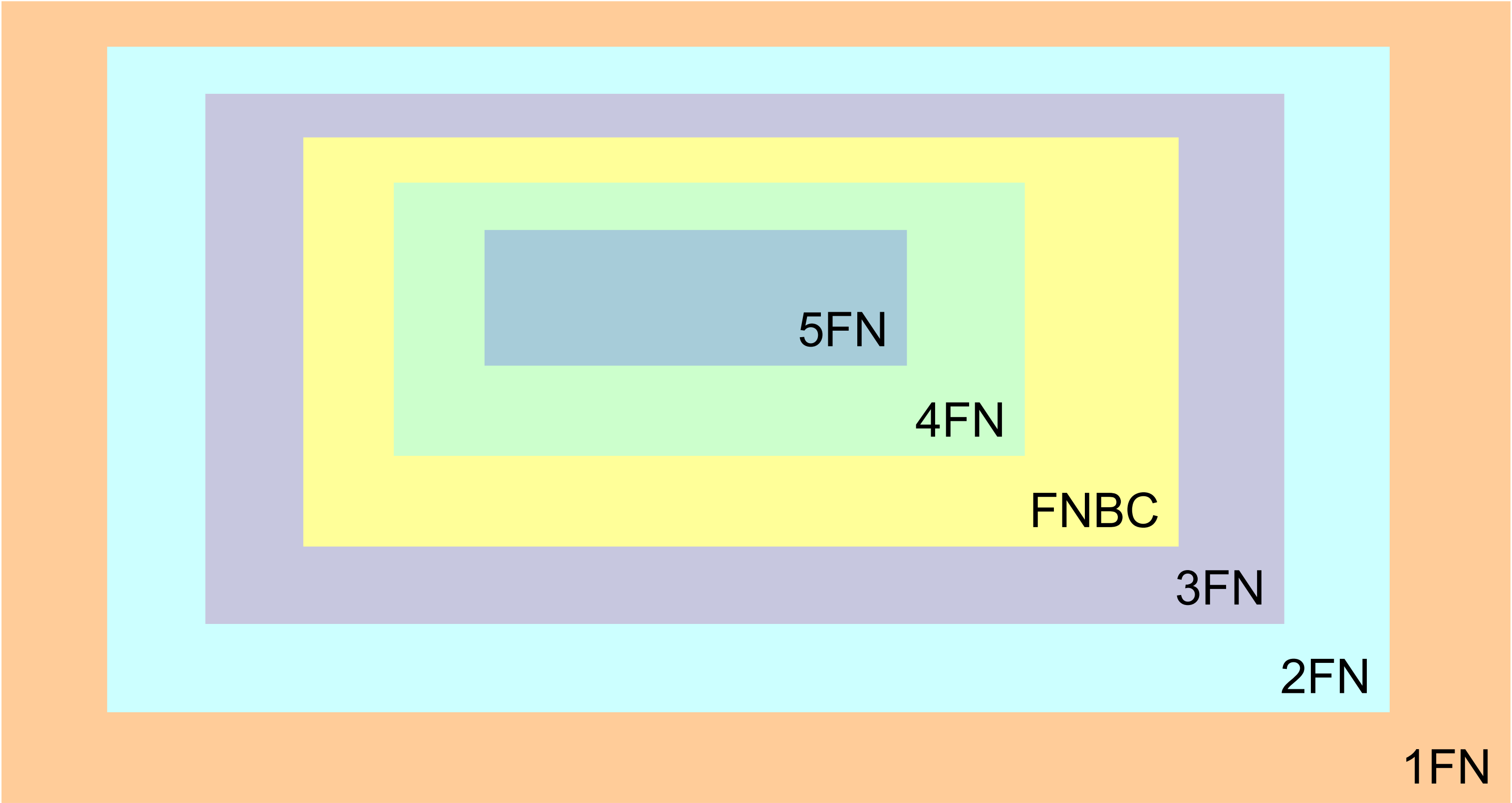
- Tratamos de conseguir un diseño relacional de una base de datos que cumpla una serie de características, lo que garantiza su buen comportamiento.
- Las buenas propiedades que cumple una relación se denomina **forma normal**.

Normalización: formas normales

Forma Normal	Año	Autor	Basada en...
1FN	1970	Codd	No basada en dependencias: Impone dominios atómicos
2FN	1970	Codd	Dependencias funcionales
3FN	1970	Codd	
FNBC	1972	Boyce & Codd	
4FN	1977	Fagin	Dependencias multivaluadas
5FN	1979	Rissanen	Dependencias de reunión

Normalización: formas normales

Relación entre las formas normales



Normalización basada en dependencias: definiciones

- Dependencia funcional:

$$R(A_{1,}A_{2,\ldots},A_n),\alpha\subset R,\beta\subset R,\alpha\rightarrow\beta \text{ sii}$$
$$\forall t,s\in r,t[\alpha]=s[\alpha]\rightarrow t[\beta]=s[\beta]$$

Normalización basada en dependencias: definiciones

- Dependencia funcional:
  - Dada una relación *R* con n atributos y dos subconjuntos de atributos de *R* llamados α y β, se dice que α determina funcionalmente a β o que β depende funcionalmente de α si para cualquier pareja de tuplas *s* y *t* de la instancia *r* de la relación, que tengan iguales valores para los atributos del subconjunto α se verifica que tienen los mismos valores para los atributos del subconjunto β.

Normalización basada en dependencias: definiciones

- Dependencia funcional completa:

$$R\left(A_{1,}A_{2,\ldots},A_n\right),\alpha\subset R,\beta\subset R,\alpha\rightarrow\rightarrow\beta \text{ sii}$$
$$\alpha\rightarrow\beta\wedge\nexists\gamma\subset\alpha|\gamma\rightarrow\beta$$

Normalización basada en dependencias: definiciones

- Dependencia funcional completa:
  - Dada una relación *R* con n atributos y dos subconjuntos de atributos de *R* llamados α y β, se dice que α *determina funcionalmente* a β *de forma completa* o *determina completamente a* β si α determina funcionalmente a β y no hay ningún subconjunto de atributos de α que determine funcionalmente a β.

Normalización basada en dependencias: definiciones

- Atributo primo:
  - Se llama así a aquel atributo que forma parte de una clave candidata.

Normalización basada en dependencias: segunda forma normal

Decimos que una relación *R* está en segunda forma normal (2FN) sii:

- Está en primera forma normal (1NF) y
- Todos sus atributos no primos dependen de forma completa de las claves candidatas.

Normalización basada en dependencias: segunda forma normal

- Un buen diseño conceptual genera tablas que están en segunda forma normal.

Normalización basada en dependencias: segunda forma normal

Ejemplo:

STOCK (<u>#almacén, #producto</u>, cantidad, dirección_almacén)

- Problemas
  - La dirección del almacén se repite para cada producto existente en el inventario del almacén.
  - Si la dirección del almacén cambia, hay que actualizar todas las tuplas relativas a los distintos productos almacenados en el almacén.
  - Debido a la redundancia existente, pueden aparecer inconsistencias si distintas tuplas contienen distintos valores para la dirección de un mismo almacén.
  - Si en algún momento no existiese stock alguno en el almacén, no habría ningún sitio donde almacenar su dirección.

Normalización basada en dependencias: segunda forma normal

Ejemplo:

STOCK (<u>#almacén, #producto</u>, cantidad, dirección_almacén)

- Causa
  - La clave de la relación es una clave compuesta:

    {#almacén, #producto}
  - El atributo 'dirección_almacén' no pertenece a la clave y depende sólo de parte de ella (del atributo '#almacén').

La relación STOCK no está en 2FN

Normalización basada en dependencias: segunda forma normal

- Ejemplo:

$$DF = \left\{ \begin{array}{c} \{almacén, producto\} \rightarrow cantidad, \{almacén, producto\} \rightarrow direccionalmacen, \\ almacén \rightarrow direccionalmacen \end{array} \right\}$$

Normalización basada en dependencias: segunda forma normal

- Teorema de Heath:
  - Sea R una relación con atributos A, B, y C, donde se verifica $B \rightarrow C$. Entonces, la descomposición de R en dos relaciones:
    - $R_1(A,B)$
    - $R_2(B,C)$

    es una *descomposición sin pérdidas*

Normalización basada en dependencias: segunda forma normal

- Descomposición sin pérdidas:
  - Sea (R,r) una relación que se descompone en (R1,r1) y (R2,r2), se dice que la descomposición es sin pérdidas sii:

$$R_1 \cup R_2 = R$$
$$r_1 \, JOIN \, r_2 = r$$

Normalización basada en dependencias: segunda forma normal

- En nuestro ejemplo, dependencia entre #almacén (parte de la clave) y dirección_almacén, hace que la relación no esté en segunda forma normal.
- Aplicamos el Teorema de Heath sobre esa dependencia y nos quedan dos relaciones.

Normalización basada en dependencias: segunda forma normal

- Ejemplo (descomposición sin pérdidas):

$$R_1 = \{almacén, producto, cantidad\}$$
$$DF_1 = \{\{almacén, producto\} \rightarrow cantidad\}$$
$$R_2 = \{almacén, direcciónalmacén\}$$
$$DF_2 = \{almacén \rightarrow direcciónalmacén\}$$

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

- No obstante, la relación R cumplía una serie de restricciones (dependencias funcionales) antes de descomponerse. ¿Esas restricciones se siguen cumpliendo en las dos relaciones resultantes?:
  - En nuestro ejemplo, todas las dependencias originales se encuentran dentro de DF_1 o de DF_2 excepto {#almacén, producto}$\rightarrow$dirección_almacén que parece haber se perdido.
  - ¿Se ha perdido realmente?

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

- ¿Se ha perdido realmente?
  - La respuesta no es tan sencilla porque, el hecho de la definición de dependencia funcional hace que se deriven una serie de axiomas y reglas que nos permiten operar con ellas. Se conocen como los **Axiomas de Armstrong**.
  - A lo mejor, podemos recuperar lo que supuestamente se ha perdido a partir de las dependencias que quedan.

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

Axiomas:

- Reflexividad:

$$\forall \alpha, \beta | \beta \subseteq \alpha \text{ se verifica } \alpha \rightarrow \beta$$

- Ampliación:

$$\forall \alpha, \beta, \gamma | \alpha \rightarrow \beta \text{ se verifica } \alpha \gamma \rightarrow \beta \gamma$$

- Transitividad:

$$\forall \alpha, \beta, \gamma | \alpha \rightarrow \beta \wedge \beta \rightarrow \gamma \text{ se verifica } \alpha \rightarrow \gamma$$

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

Reglas:

- Unión:

$$\forall \alpha, \beta, \gamma | \alpha \rightarrow \beta \wedge \alpha \rightarrow \gamma \text{ se verifica } \alpha \rightarrow \beta\gamma$$

- Descomposición:

$$\forall \alpha, \beta, \gamma | \alpha \rightarrow \beta\gamma \text{ se verifica } \alpha \rightarrow \beta \wedge \alpha \rightarrow \gamma$$

- Pseudotransitividad:

$$\forall \alpha, \beta, \gamma, \delta | \alpha \rightarrow \beta \wedge \beta\gamma \rightarrow \delta \text{ se verifica } \alpha\gamma \rightarrow \delta$$

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

- Volver a obtener dependencias que parecen haberse perdido, es un proceso tedioso y requiere claridad de visión, ya que se pueden aplicar secuencias de axiomas y reglas que pueden llevarnos a callejones sin salida.
- Para verificar si las dependencias siguen existiendo sin que estén explícitamente presentes (es decir, que se pueden deducir de otras) se emplean otros conceptos.

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

Cierre de un conjunto de dependencias funcionales F:

- Se nota por F^+ y representa el conjunto de todas las dependencias funcionales que pueden deducirse de las dependencias funcionales de F aplicando los Axiomas y las Reglas de Armstrong en una secuencia finita de pasos.

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

Cierre de un conjunto de atributos α en base a un conjunto de dependencias funcionales F:

- Se nota por α^+ y representa el conjunto de todos los atributos que son determinados por los atributos de α en conjunto mediante dependencias de F^+
- Son equivalentes:

$$\alpha \rightarrow A \in F^+$$

$$A \notin \alpha_F^+ \text{ implica que } \alpha \rightarrow A \notin F^+$$

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

Cálculo de α^+:

- Inicializamos $\alpha^+=\alpha$
- Mientras que α^+ cambie
  - Si $\beta \rightarrow \gamma \in F$ y $\beta \in \alpha^+ \Rightarrow \gamma \in \alpha^+$

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

Cálculo de α^+ (un ejemplo):

- R(A,B,C,D,E,F)
- $F=\{AB\rightarrow C, D\rightarrow EF, C\rightarrow A, BE\rightarrow C, BC\rightarrow D, CF\rightarrow BD, ACD\rightarrow B, CE\rightarrow AF\}$
- ¿BC^+?

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

Cálculo de α^+ (un ejemplo):

$BC^+=\{B, C\}$
$BC^+=\{B, C, A\}$ por $C \to A$
$BC^+=\{B, C, A, D\}$ por $BC \to D$
$BC^+=\{B, C, A, D, E, F\}$ por $D \to EF$

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

- Volviendo a nuestro ejemplo:
  - Hemos partido la relación en dos relaciones y sus conjuntos de dependencias funcionales en otros dos conjuntos.
  - Por el Teorema de Heath, se verifica que la descomposición es sin pérdidas, es decir, que la reunión natural de R_1 y R_2 tiene todos los datos pero ¿qué dependencias observa esa reunión?

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

- Parece lógico pensar que observa todas las dependencias que hay en DF_1 y DF_2, ...
- y todas las que se puedan deducir de ellas, es decir, $(DF_1 \cup DF_2)^+$
- Entonces, ¿para saber si hemos perdido *{#almacén, producto}→dirección_almacén* hemos de calcular todo $(DF_1 \cup DF_2)^+$?

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

- No es necesario, sino que basta con comprobar si *{#almacén, producto}*$\rightarrow$*dirección_almacén* pertenece a $(DF_1 \cup DF_2)^+$
- Y eso es fácil, porque basta con comprobar si dirección_almacén pertenece al cierre de atributos *{#almacén, producto}*$^+_{DF_1 \cup DF_2}$

Normalización basada en dependencias: preservación de dependencias

- Calculando:

{almacén, producto}$^+$={almacén, producto}
{almacén, producto}$^+$={almacén, producto, cantidad} por {almacén, producto}$\rightarrow$cantidad
{almacén, producto}$^+$={almacén, producto, cantidad, dirección_almacén} por almacén$\rightarrow$dirección_almacén

- Dado que *dirección_almacén* está en el cierre de atributos, se puede deducir de ellos y la dependencia existe, por lo que no se ha perdido.

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Como se ha visto, trabajar con un conjunto de dependencias F y su cierre F+ puede ser tedioso.
- De hecho, F puede contener dependencias que son redundantes, es decir, que pueden obtenerse a partir de otras dependencias presentes en el mismo conjunto.
- De ahí, que se suela trabajar con un conjunto simplificado de dependencias funcionales.

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Se llama **recubrimiento minimal o canónico** de un conjunto de dependencias funcionales *F* y se nota por *F′* al conjunto que cumple:

$$F^{+} = (F')^{+}$$

es decir, que cualquier dependencia que se puede obtener a través de *F* se puede obtener a través de *F′*, pero *F′* está formada por dependencias con estructura mucho más simple que las de *F*.

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- El proceso de obtención del recubrimiento minimal consiste en partir de *F* para simplificar las dependencias, simplificando:
  - La parte derecha de la dependencia
  - La parte izquierda de la dependencia
  - La dependencia en sí
- La obtención de *F'* se basa en un algoritmo con tres pasos.

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Lo explicaremos con el mismo ejemplo anterior:
  - R(A,B,C,D,E,F)
  - F={AB$\rightarrow$C, D$\rightarrow$EF, C$\rightarrow$A, BE$\rightarrow$C, BC$\rightarrow$D, CF$\rightarrow$BD, ACD$\rightarrow$B, CE$\rightarrow$AF}

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 1: obtención de $F^{(1)}$ mediante aplicación de la regla de descomposición a todas las dependencias que tengan parte derecha compuesta.

  $F^{(1)}=\{AB \to C, D \to E, D \to F, C \to A, BE \to C, BC \to D, CF \to B, CF \to D, ACD \to B, CE \to A, CE \to F\}$

- Se ve claramente que si aplicamos la regla de unión sobre cada pareja de dependencias en rojo, volvemos a obtener la original.

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 2: obtención de $F^{(2)}$ mediante simplificación de la parte izquierda de las dependencias eliminando *atributos raros*.
- Sea una dependencia con la parte izquierda compuesta de la forma $\alpha A \rightarrow B$, se dice que *A es raro con respecto a* α sii $A \in \alpha^+$, es decir, que A depende funcionalmente de los atributos que le acompañan.
- Cada atributo raro que aparezca con respecto a los que le acompañan, se suprime.

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 2:
  - $AB \rightarrow C$,
    - $A^+=\{A\}$, B no pertenece a A^+ luego B no es raro con respecto a A
    - $B^+=\{B\}$, A no pertenece a B^+ luego A no es raro con respecto a B

    luego $AB \rightarrow C$ se queda como está.
  - ...

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 2: ...
  - $BE \rightarrow C$,
    - $B^+=\{B\}$, E no pertenece a B^+ luego E no es raro con respecto a B
    - $E^+=\{E\}$, B no pertenece a E^+ luego B no es raro con respecto a E

    luego $BE \rightarrow C$ se queda como está.
  - ...

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 2: ...
  - $BC \rightarrow D$,
    - $B^+=\{B\}$, C no pertenece a B^+ luego C no es raro con respecto a B
    - $C^+=\{C, A\}$, B no pertenece a C^+ luego B no es raro con respecto a C

    luego $BC \rightarrow D$ se queda como está.
  - ...

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 2: ...
  - CF$\rightarrow$B, CF$\rightarrow$D,
    - F^+={F}, C no pertenece a F^+ luego C no es raro con respecto a F
    - C^+={C, A}, F no pertenece a C^+ luego F no es raro con respecto a C

    luego CF$\rightarrow$B, CF$\rightarrow$D se quedan como están.
  - ...

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 2: ...
  - ACD→B,
    - $\{AC\}^+=\{A, C\}$, D no pertenece a $\{AC\}^+$ luego D no es raro con respecto a {AC}
    - $\{AD\}^+=\{A, D, E, F\}$, C no pertenece a $\{AD\}^+$ luego C no es raro con respecto a {AD}
    - $\{CD\}^+=\{C, D, E, F, A, B\}$, A pertenece a $\{CD\}^+$ luego **A es raro con respecto a {CD}**

  luego ACD→B se cambia por CD→B, pero hay que seguir comprobando dentro de {CD}

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 2: ...
  - $CD \rightarrow B$,
    - $C^+ = \{C, A\}$, D no pertenece a C^+ luego D no es raro con respecto a C
    - $D^+ = \{D, E, F\}$, C no pertenece a D^+ luego C no es raro con respecto a D

    luego $CD \rightarrow B$ queda como está.
  - ...

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 2: ...
  - CE$\rightarrow$A, CE$\rightarrow$F,
    - C^+={C, A}, E no pertenece a C^+ luego E no es raro con respecto a C
    - E^+={E}, C no pertenece a E^+ luego C no es raro con respecto a E

  luego CE$\rightarrow$A, CE$\rightarrow$F se quedan como están.

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- El resultado de este paso es:

  $F^{(2)}$={AB→C, D→E, D→F, C→A, BE→C, BC→D, CF→B, CF→D, CD→B, CE→A, CE→F}

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 3: obtención de $F^{(3)}$ o *F'* mediante eliminación de dependencias redundantes.
- Una dependencia $\alpha \to \beta \in F$ es redundante si se puede obtener a partir de las demás mediante aplicación de los axiomas y las reglas de Armstrong en una secuencia finita de pasos, es decir, sii:

$$\alpha \to \beta \in (F - \{\alpha \to \beta\})^{+}$$

- Difícil de comprobar

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 3: ...
  - Pero existe una relación entre el cierre de dependencias y el cierre de atributos, y éste último es más fácil de comprobar:

$$\alpha \rightarrow \beta \in (F - \{\alpha \rightarrow \beta\})^+ \Leftrightarrow \beta \in \alpha^+_{F-\{\alpha \rightarrow \beta\}}$$

  - Cada dependencia redundante se suprime.

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 3:
  - $AB \rightarrow C$ es redundante si $C \in \{AB\}^+_{F^{(2)}-\{AB \rightarrow C\}}$
    - $\{AB\}^+_{F^{(2)}-\{AB \rightarrow C\}} = \{A, B\}$, $C \notin \{AB\}^+_{F^{(2)}-\{AB \rightarrow C\}}$ luego $AB \rightarrow C$ no es redundante y aparece en $F^{(3)}$
  - $D \rightarrow E$ es redundante si $E \in D^+_{F^{(2)}-\{D \rightarrow E\}}$
    - $D^+_{F^{(2)}-\{D \rightarrow E\}} = \{D, F\}$, $E \notin D^+_{F^{(2)}-\{D \rightarrow E\}}$ luego $D \rightarrow E$ no es redundante y aparece en $F^{(3)}$

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 3:
  - $D \rightarrow F$ es redundante si $F \in D^{+}_{F^{(2)}-\{D \rightarrow F\}}$
    - $D^{+}_{F^{(2)}-\{D \rightarrow F\}} = \{D, E\}$, $F \notin D^{+}_{F^{(2)}-\{D \rightarrow F\}}$ luego $D \rightarrow F$ no es redundante y aparece en $F^{(3)}$
  - $C \rightarrow A$ es redundante si $A \in C^{+}_{F^{(2)}-\{C \rightarrow A\}}$
    - $C^{+}_{F^{(2)}-\{C \rightarrow A\}} = \{C\}$, $A \notin C^{+}_{F^{(2)}-\{C \rightarrow A\}}$ luego $C \rightarrow A$ no es redundante y aparece en $F^{(3)}$

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 3:
  - $BE \rightarrow C$ es redundante si $C \in \{BE\}^{+}_{F^{(2)}-\{BE \rightarrow C\}}$
    - $\{BE\}^{+}_{F^{(2)}-\{BE \rightarrow C\}} = \{B, E\}$, $C \notin \{BE\}^{+}_{F^{(2)}-\{BE \rightarrow C\}}$ luego $BE \rightarrow C$ no es redundante y aparece en $F^{(3)}$
  - $BC \rightarrow D$ es redundante si $D \in \{BC\}^{+}_{F^{(2)}-\{BC \rightarrow D\}}$
    - $\{BC\}^{+}_{F^{(2)}-\{BC \rightarrow D\}} = \{B, C, A\}$, $D \notin \{BC\}^{+}_{F^{(2)}-\{BC \rightarrow D\}}$ luego $BC \rightarrow D$ no es redundante y aparece en $F^{(3)}$

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 3:
  - $CF \rightarrow B$ es redundante si $B \in \{CF\}^+_{F^{(2)}-\{CF \rightarrow B\}}$
    - $\{CF\}^+_{F^{(2)}-\{CF \rightarrow B\}} = \{C, F, A, D, B, E\}$, $B \in \{CF\}^+_{F^{(2)}-\{CF \rightarrow B\}}$ luego $CF \rightarrow B$ **es redundante** y no aparece en $F^{(3)}$
  - $CF \rightarrow D$ es redundante si $D \in \{CF\}^+_{F^{(2)}-\{CF \rightarrow D\}}$
    - $\{CF\}^+_{F^{(2)}-\{CF \rightarrow D\}} = \{C, F, A\}$, $D \notin \{CF\}^+_{F^{(2)}-\{CF \rightarrow D\}}$ luego $CF \rightarrow D$ no es redundante y aparece en $F^{(3)}$

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 3:
  - $CD \rightarrow B$ es redundante si $B \in \{CD\}^{+}_{F^{(2)}-\{CD \rightarrow B\}}$
    - $\{CD\}^{+}_{F^{(2)}-\{CD \rightarrow B\}} = \{C, D, E, F, A\}$, $B \notin \{CD\}^{+}_{F^{(2)}-\{CD \rightarrow B\}}$ luego $CD \rightarrow B$ no es redundante y aparece en $F^{(3)}$
  - $CE \rightarrow A$ es redundante si $A \in \{CE\}^{+}_{F^{(2)}-\{CE \rightarrow A\}}$
    - $\{CE\}^{+}_{F^{(2)}-\{CE \rightarrow A\}} = \{C, E, A, F, D, B\}$, $A \in \{CE\}^{+}_{F^{(2)}-\{CE \rightarrow A\}}$ luego $CE \rightarrow A$ **es redundante** y no aparece en $F^{(3)}$

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Paso 3:
  - $CE \rightarrow F$ es redundante si $F \in \{CE\}^{+}_{F^{(2)}-\{CE \rightarrow F\}}$
    - $\{CE\}^{+}_{F^{(2)}-\{CE \rightarrow F\}} = \{C, E, A\}$, $F \notin \{CE\}^{+}_{F^{(2)}-\{CE \rightarrow F\}}$ luego $CE \rightarrow F$ no es redundante y aparece en $F^{(3)}$
  - El resultado es pués:

$$F^{(3)} = \{AB \rightarrow C, D \rightarrow E, D \rightarrow F, C \rightarrow A, BE \rightarrow C, BC \rightarrow D, CF \rightarrow D, CD \rightarrow B, CE \rightarrow F\} = F'$$

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Dado que tanto *F* como *F'* son equivalentes (tienen cierres iguales), siempre es mejor trabajar con F' puesto que las dependencias han sido simplificadas, lo cual es más útil a la hora de realizar procesos posteriores como el cálculo de llaves candidatas (si no se conocieran) o la normalización.

Normalización basada en dependencias: recubrimiento minimal de dependencias

- Otra de las ventajas de trabajar con *F'* es que, dado que no tiene dependencias redundantes, cuando una dependencia no aparece en ninguno de los dos conjuntos resultantes de la aplicación del Teorema de Heath, significa que esa dependencia se ha perdido y que la descomposición no preserva dependencias.

Normalización basada en dependencias: Dependencia funcional transitiva

Sea R un esquema de relación, F un conjunto de DFs asociado y $CK \subset R$ una clave candidata de R. Decimos que $CK \rightarrow \beta$, con β formado por algún atributo no primo, es transitiva si $\exists \alpha \subset R \mid \alpha \rightarrow R \notin F^+$ tal que

$$CK \rightarrow \alpha \in F \quad y \quad \alpha \rightarrow \beta \in F$$

Es decir, la dependencia $CK \rightarrow \beta$ que debe cumplirse por ser CK clave candidata se verifica a través de $CK \rightarrow \alpha$, $\alpha \rightarrow \beta$ y el axioma de transitividad de Armstrong.

Normalización basada en dependencias: tercera forma normal

Decimos que una relación R está en tercera forma normal (3FN) sii

- Está en segunda forma normal.
- No presenta dependencias transitivas problemáticas.

Normalización basada en dependencias: tercera forma normal

Ejemplo

La relación ASIGNATURA (#asig, nombre, curso, plan, ct, cp, coste), con #asig como clave primaria, presenta una dependencia funcional transitiva:

- #asig $\rightarrow$ nombre curso plan ct cp
- plan ct cp $\rightarrow$ coste

que es el origen de su "mal comportamiento".

Normalización: Descomposición sin pérdidas

- R_1(#asig, nombre, curso, plan, ct, cp)
  - PK: #asig, dependencia "directa" (no transitiva)
- R_2(plan, ct, cp, coste)
  - PK: (plan, ct, cp), dependencia "directa" (no transitiva)

Normalización basada en dependencias: forma normal de Boyce-Codd

- La definición original de 3FN dada por Codd tiene deficiencias ya que no produce diseños satisfactorios cuando:
  - Hay varias claves candidatas
  - Las claves candidatas son compuestas
  - Las claves candidatas se solapan.

Normalización basada en dependencias: forma normal de Boyce-Codd

- La FNBC considera estos casos:
  más restrictiva que la 3FN, aunque equivalente a ésta si no se dan las anteriores condiciones.
- Definición formal:

  Dada una relación R y F su conjunto de DFs asociado, decimos que R está en forma normal de Boyce y Codd (FNBC) si y sólo si $\forall \alpha \rightarrow \beta \in F$ se verifica:

  - α es llave candidata y $\beta \not\subset \alpha$

  o bien

  - $\beta \subseteq \alpha$

Normalización basada en dependencias: forma normal de Boyce-Codd

- Definición:
  - **Determinante de una relación**: Todo conjunto de atributos del cual depende de forma completa otro atributo de la relación.
- FNBC, definición alternativa:
  - Dada una relación R y F su conjunto de DFs asociado, decimos que R está en forma normal de Boyce y Codd (FNBC) si y sólo si todo determinante es una clave candidata.

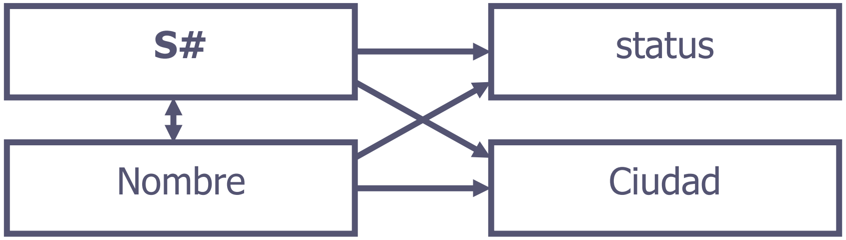
Normalización basada en dependencias: forma normal de Boyce-Codd

Ejemplos

- Consideremos la siguiente relación:

  PROVEEDOR (S#, Nombre, Ciudad, Status)

  - Donde S# y Nombre son claves candidatas.
  - No se verifica la dependencia ciudad→status



La relación PROVEEDOR está en FNBC.

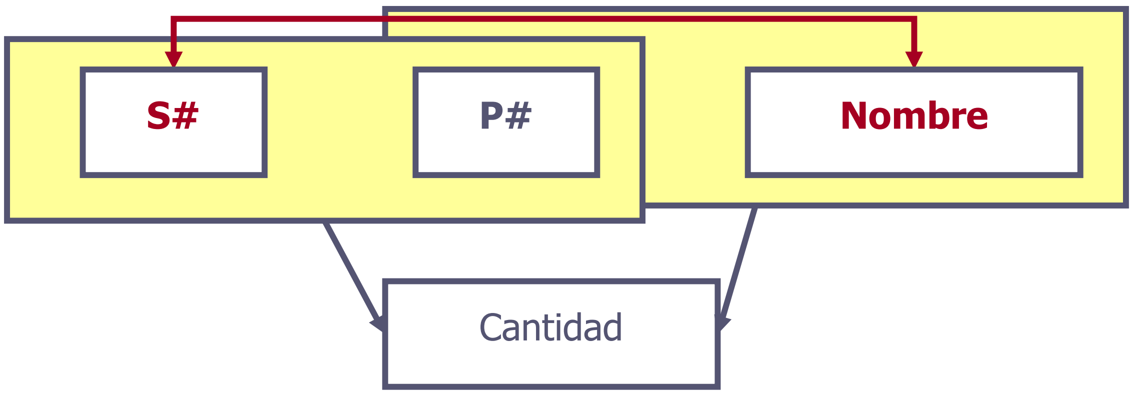
Normalización basada en dependencias: forma normal de Boyce-Codd

- Consideremos la siguiente relación:

  SSP (S#,Nombre,P#,Cantidad)

  - Claves Candidatas: (S#,P#), (Nombre,P#)

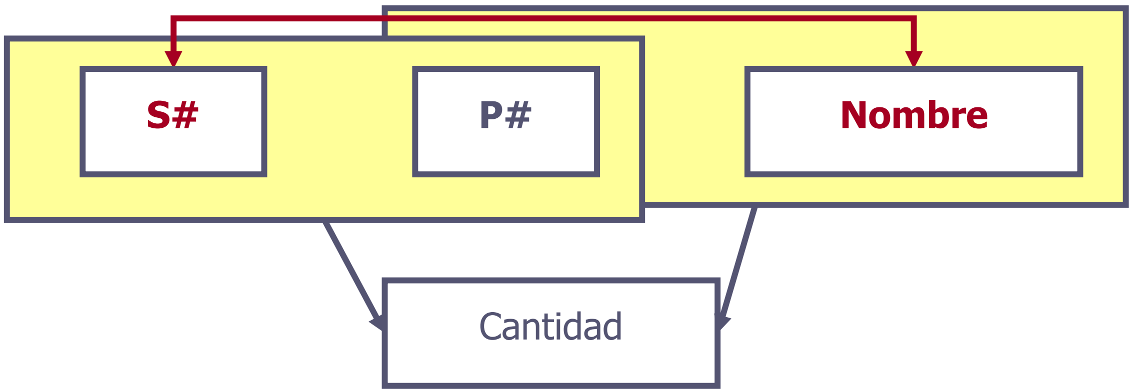
  ¿Está en FNBC?



NO, ya que hay dos determinantes que no son CKs.

Normalización basada en dependencias: forma normal de Boyce-Codd

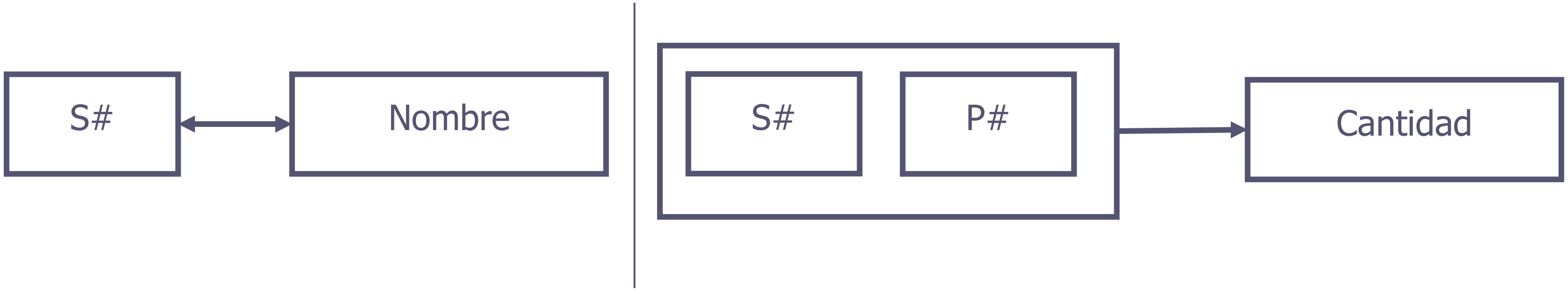
¿Está en 3FN?



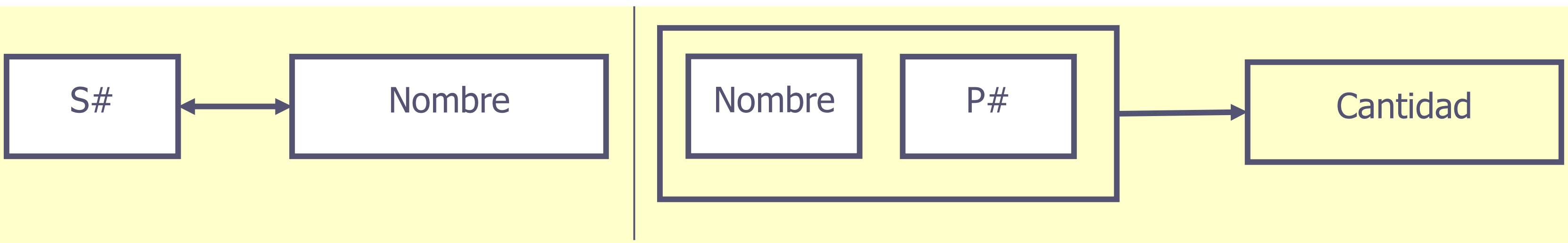
SÍ, porque todos los atributos no primos dependen de forma completa de las claves candidatas y no hay transitividad a través de atributos no primos.

Normalización basada en dependencias: forma normal de Boyce-Codd

- **Normalización:**
  - S1(S#,Nombre) y S2(S#,P#,Cantidad)



  - S1(S#,Nombre) y S2(Nombre,P#,Cantidad)



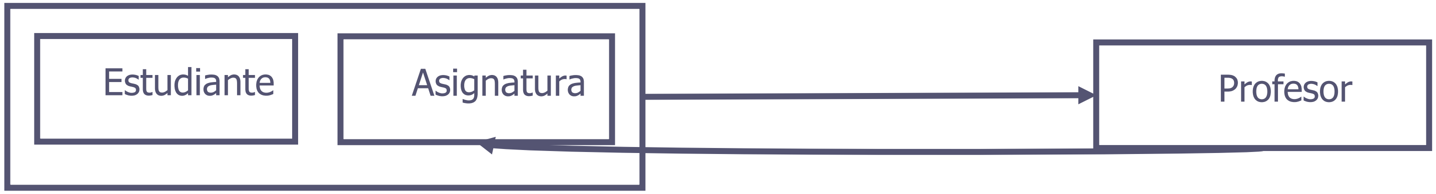
Ambas descomposiciones están en FNBC.

Normalización basada en dependencias: forma normal de Boyce-Codd

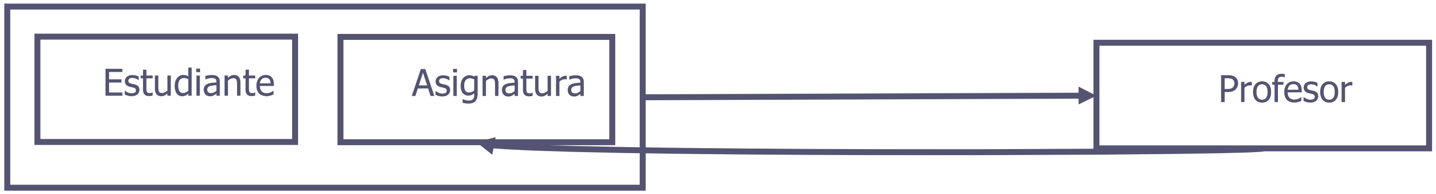
Otro ejemplo:

- EAP (Estudiante, Asignatura, Profesor)
  - Cada estudiante tiene un único profesor por asignatura.
  - Cada profesor da una única asignatura,
    pero cada asignatura es impartida por varios profesores.

Diagrama de dependencias funcionales:



Normalización basada en dependencias: forma normal de Boyce-Codd



- A la vista del diagrama, las claves candidatas son:
  - (Estudiante, Asignatura)
  - (Profesor, Estudiante)
- EAP no está en FNBC, pero sí está en 3FN.
- Normalización:
    - EP(Estudiante,Profesor)
    - PA(Profesor,Asignatura)
    - ¿Es una buena solución?

Normalización basada en dependencias: relación entre 3FN y FNBC

- Toda relación en FNBC está en 3FN
- Toda relación 3FN con una única llave candidata está en FNBC.
- Toda relación en 3FN con llaves candidatas no solapadas está en FNBC.

Normalización basada en dependencias: algoritmo de cálculo de llaves candidatas

Dado el esquema R con un conjunto de dependencias funcionales F, el procedimiento para el cálculo de las llaves candidatas es el siguiente:

1. Eliminación de atributos independientes:

   Construir, a partir de R, un conjunto de atributos R_{si} en el que se han eliminado los atributos independientes, dado que estos participan en cualquier clave candidata y de ellos no se puede deducir ningún otro (salvo ellos mismos).

Normalización basada en dependencias: algoritmo de cálculo de llaves candidatas

2. Eliminación de atributos equivalentes:

- Construir, a partir de R_{si}, un conjunto de atributos R_{sie} en el que se han eliminado los atributos equivalentes, escogiendo uno de los dos atributos de cada equivalencia y sustituyendo el eliminado por el elegido en cada dependencia funcional de F en la que aparezca;
- Como resultado de este paso, puede darse el caso de que determinados atributos aparezcan como independientes entre sí.

Normalización basada en dependencias: algoritmo de cálculo de llaves candidatas

3. Selección de una clave de Rsie en la que no aparecen determinantes que sean determinados:
   - Se selecciona como primer candidato a clave candidata Kp cualquier determinante de Rsie que no sea determinado;
     - Si no quedan más determinantes en Rsie que sean a la vez determinados, Kp es clave candidata y se pasa al paso 5. En caso contrario, se pasa al paso 4.

Normalización basada en dependencias: algoritmo de cálculo de llaves candidatas

4. Selección de una clave de R_{sie} en el que pueden aparecer determinantes que puedan ser determinados:

a) Se construye el conjunto R'_{sie} eliminando de R_{sie} aquellos atributos que aparecen en K_p+ y no están implicados en otras dependencias que no sean las necesarias para calcular K_p+.

   I. Se obtiene una clave provisional K'_p en R'sie, con los determinantes de K_p y añadiendo a estos un nuevo determinante que sea determinado. Si $K'_p+ = R'_{sie}$, entonces K'_p es una clave de R'_{sie}. En caso contrario, se añade un nuevo atributo que sea determinado y que no pertenezca al cierre de K'_p y se vuelve a comprobar.

   II. Se repite la operación para cubrir todas las claves posibles.

   III. Se añade a cada clave de R'sie las obtenidas del paso 3 para obtener las claves de Rsie.

b) Si no se pudiese construir R'_{sie}, se procede considerando R_{sie} como R'_{sie}.

Normalización basada en dependencias: algoritmo de cálculo de llaves candidatas

5. Añadir los atributos independientes a las claves obtenidas para Rsie.
6. Replicar las claves con las equivalencias eliminadas en el paso 2 para generar todas las claves.

Implantación del diseño físico

- Descripción del diseño lógico en términos de un DDL de un SGBDR concreto
- Plasmar integridad, optimizar espacio y rendimiento

Implantación del diseño físico

- Consejos para un buen diseño físico:
  - Selección de nombres descriptivos para tablas, atributos, vistas, etc...
  - Criterios abreviación coherentes para todos los objetos
  - Documentar significado de cada tabla y sus atributos
  - Adoptar el tipo adecuado para cada atributo
  - Situar en último lugar los atributos que permitan nulos. Preserva espacio
  - Utilizar "cluster" cuando el diseño lo permita. Preserva espacio e incrementa rendimiento
  - Recopilar todas las restricciones de integridad antes crear tabla:
    - Integridad estructural: regla identidad, regla referencial, claves primarias, externas, etc.
    - Integridad semántica: restricciones impuestas por la semántica del problema y que no han podido ser plasmadas en modelo conceptual

Implantación diseño físico. El DDL de SQL

- Posibilidades de SQL para creación del esquema relacional (Oracle)
- CREATE TABLE
  - Especifica esquema de tabla: atributos y tipos
  - Restricciones de integridad estructurales:
    - » clave primaria, claves candidatas, restricción valores nulos, claves externas, rangos valores de dominio, valores por defecto.
  - Parámetros de almacenamiento. Optimización rendimiento y espacio
- ALTER TABLE
  - Añadir uno o más atributos
  - Añadir una o más restricciones de integridad
  - Modificar definición atributo (tipo, longitud (incrementar), valor por defecto y not null)
  - Modificar parámetros de almacenamiento
  - Habilitar deshabilitar restricciones integridad y disparadores
  - Eliminar restricciones de integridad

Implantación diseño físico. El DDL de SQL

- DROP TABLE
  - Para eliminar tuplas que la referencian: DROP TABLE <tabla> CASCADE CONSTRAINTS
  - Elimina referencias sobre tabla en diccionario
  - Índices y disparadores asociados
  - Vistas y programas PL/SQL quedan invalidados
  - Sinónimos devuelven error
  - Se libera espacio

Implantación diseño físico. El DDL de SQL

- Vistas: Visión particular de un usuario de la BD
- CREATE VIEW. Restricciones actualización utilizando vistas:
  - Definición incluye reunión, conjuntos, DISTINCT, GROUP BY o sumarización-> no se puede insertar, actualizar o eliminar tuplas en tablas base a través de vista
  - Con cláusula WITH CHECK OPTION no puede insertarse o actualizarse una tupla si no es posible recuperarla mediante consulta sobre la vista
  - Atributos NOT NULL sin valor por defecto tienen que aparecer en la definición de la vista, si no, no se pueden insertar tuplas en tabla base
  - No se puede insertar sobre vistas definidas usando DECODE

Implantación diseño físico. El DDL de SQL

- ALTERACION DE VISTAS.
  - Eliminarla y volverla a crear DROP VIEW. Se pierden los privilegios. Volver a crearlos
  - Reemplazarla CREATE OR REPLACE VIEW. Se conservan privilegios. Vistas y módulos PL/SQL dependientes pasan a inválidos

Implantación diseño físico. El DDL de SQL

- Índices: Mejorar rendimiento acceso
- CREATE INDEX. Para crear índices de hasta 16 campos
- Las PRIMARY KEY y UNIQUE generan índices automáticamente
- DROP INDEX. Cuando:
  - No alcanza rendimiento deseado
  - No hay consultas que requieran empleo del índice
  - No es preciso usarlo más

Implantación diseño físico. El DDL de SQL

- Sinónimos: Es un “alias” para una tabla, vista y otros objetos. CREATE SYNONYM <alias> FOR <nombre_objeto>;
- Agrupamientos: Permiten reunir físicamente tablas que se consultan de forma reunida
  - CREATE CLUSTER. Mejora las operaciones de consulta y ralentiza un poco INSERT, UPDATE y DELETE
  - Reduce el espacio de almacenamiento y los accesos I/O.

Catálogo del Sistema

- ALL_OBJECTS, USER_OBJECTS
- ALL_CATALOG, USER_CATALOG
- ALL_TABLES, USER_TABLES
- ALL_TAB_COLUMNS, USER_TAB_COLUMNS
- ALL_TAB_COMMENTS, USER_TAB_COMMENTS
- ALL_COL_COMMENTS, USER_COL_COMMENTS
- ALL_VIEWS, USER_VIEWS
- ALL_INDEXES, USER_INDEXES
- ALL_IND_COLUMNS, USER_IND_COLUMNS
- USER_CLUSTERS
- USER_CLU_COLUMNS
- ALL_SEQUENCES, USER_SEQUENCES
- ALL_SYNONYMS, USER_SYNONYMS
- ALL_DEPENDENCIES, USER_DEPENDENCIES

Índice de definiciones

- Normalización
- Forma normal
- Dependencia funcional
- Dependencia funcional completa
- Atributo primo
- Segunda forma normal (2NF)
- Teorema de Heath
- Axiomas y reglas de Armstrong
- Cierre de conjunto de dependencias
- Cierre de conjunto de atributos
- Recubrimiento minimal de dependencias

Índice de definiciones

- Dependencia funcional transitiva
- Tercera forma normal
- Forma normal de Boyce y Codd
- Cálculo de llaves
- Diseño físico