

Modelación conceptual de bases de datos relacionales

Dr.C. Arturo César Arias Orizondo

Xalapa, Veracruz, México
2017

Modelación conceptual

Contenidos

- Elementos del modelo Entidad-Relación y situaciones particulares de análisis.
- Inconsistencia de referencias cíclicas.
- Anomalías en el esquema conceptual.
- Patrones de diseño.

Modelación conceptual

Conjunto estático de representaciones lingüísticas y gráficas, invariables en el tiempo, que describen la estructura de los datos.

Batini et. al, 1992

Modelación conceptual

Características deseables de un modelo de datos (Batini, 1994)

- **Correctitud:** El esquema usa correctamente los conceptos y definiciones del lenguaje ya sea sintáctica como semánticamente.
- **Legibilidad:** Se refiere a la estética del esquema. Los gráficos están distribuidos adecuadamente en el espacio disponible y textos de fácil lectura.
- **Expresividad:** Se enfoca a la naturalidad con que se expresan los requerimientos. Se diferencia de la legibilidad en que aquí el esquema es de fácil comprensión, pero desde el punto de vista de lo que representa.

Un esquema expresivo es aquel que ofrece información completa sobre el dominio del problema, utilizando los recursos que le otorga el modelo conceptual. La expresividad del esquema es mayor en la medida que es más fácil capturar, sobre la base del esquema, la información completa de la realidad modelada.

Modelación conceptual

Características deseables de un modelo de datos (Batini, 1994)

- **Compleitud:** Existe una correspondencia uno a uno de los requerimientos con el esquema y también viceversa, además no deben existir requerimientos no formulados (inexistentes).
- **Minimalidad:** No se puede borrar del esquema un elemento sin perder alguna información.
- **Autoexplicación:** Un esquema se autoexplica si todos los requerimientos pueden ser modelados a través de los conceptos del modelo sin la ayuda de otros formalismos (ej. : lógica, lenguaje natural).
- **Consistencia:** Un esquema es consistente, si existe al menos una instanciación permitida (no vacía) para cada elemento del esquema.

Modelo Entidad Relación

Enfoques para el diseño del modelo conceptual

Enfoque centralizado:

Se combinan los requisitos de todos los grupos de usuarios y aplicaciones del sistema en un único conjunto de requisitos antes de comenzar el diseño del esquema.

Enfoque de integración de vistas:

Se diseña un esquema (o vista) para cada tipo de usuario y aplicación a partir de sus requisitos específicos. Se combinan (integran) los distintos esquemas obtenidos para crear un esquema conceptual global.

Modelación conceptual

El propósito de los modelos conceptuales es doble:

- proporcionar una **representación conceptual semánticamente correcta** de los datos.
- proporcionar una plataforma desde la cual desarrollar un esquema de implementación lógica, mediante conjunto heurístico para permitir **la transformación a un resultado**, que se puede implementar en el formato más deseado (desarrollar un esquema relacional a partir de diagramas ER).

Jones and Song (2000) Binary Equivalents of Ternary Relationships in Entity-Relationship Modeling: a Logical Decomposition Approach. Journal of Database Management, April-June, 2000, pp. 12 --19

No se debe pesar en el modelo conceptual Entidad-Relación sin considerar las consecuencias de su transformación al modelo relacional.

Modelo Entidad Relación

Constructos del modelo original de Chen (Chen, 1976):

Entidades:

- Algo perfectamente identificado descrito por sus atributos.
- Entidades regulares y débiles.

Interrelación:

- Asociación entre entidades (interrelaciones de asociación 1:1, 1:N o M:N y dependencia de existencia).
- Restricción de cardinalidad (cardinalidad máxima).
- Rol de la interrelación.
- Recursivas, binarias o ternarias.

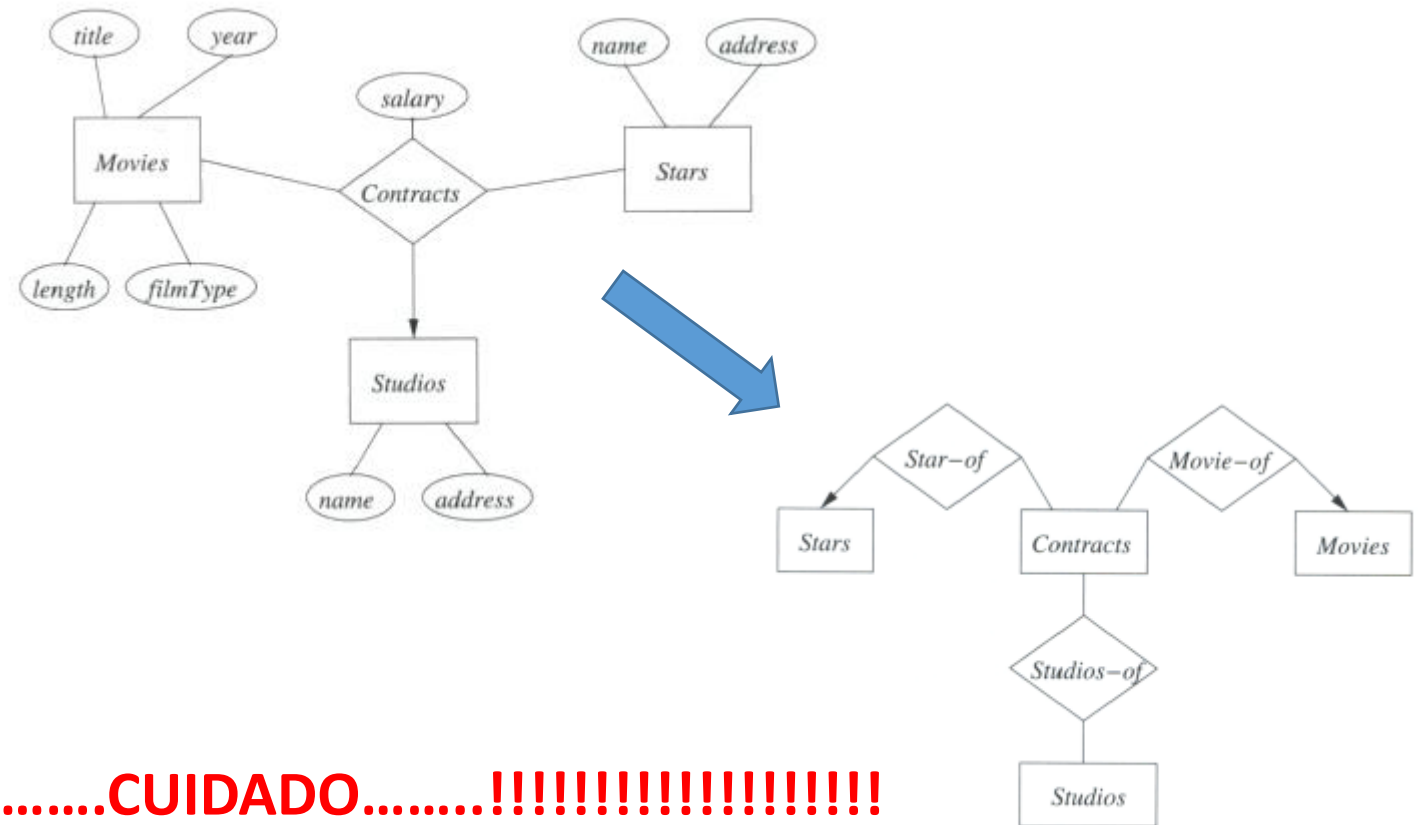
Modelo Entidad Relación

Interrelaciones ternarias

Relaciones n-arias: Aún cuando se pueden presentar casos en los que una relación terciaria o n-aria parezca más conveniente, es mejor siempre pensar en términos de relaciones binarias únicamente.

En el peor de los casos de que exista una relación n-aria forzosa, lo que se debe hacer es convertir esa relación R en entidad E y corregir todas las relaciones que tenía R de manera que ahora esa nueva entidad se relacione con todas las entidades que anteriormente esta.

(encontrado en un curso en internet)

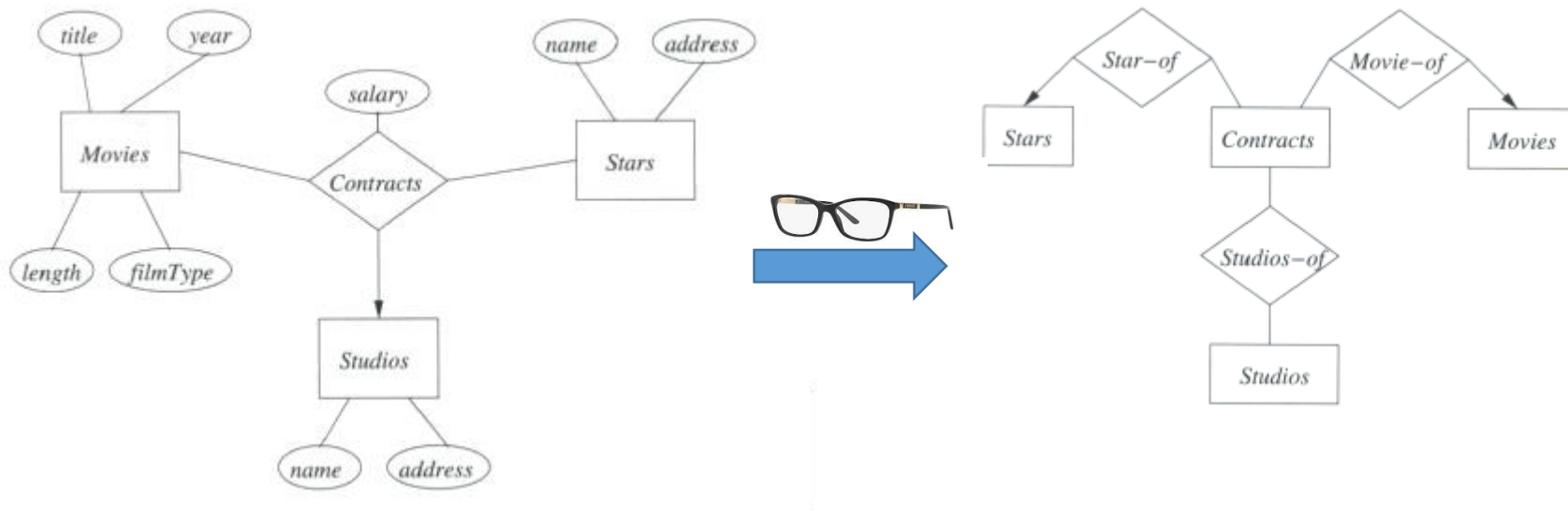


iiiiiii.....**CUIDADO**.....!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

Cualquier descomposición debe mantener la semántica de la relación original

Modelo Entidad Relación

Interrelaciones ternarias



- Las relaciones ternarias no han sido bien estudiadas
- es difícil encontrar situaciones legítimas donde se apliquen,
- Es difícil su interpretación en esquemas relacionales.

Cualquier descomposición debe **evitar pérdidas de información, preservar las dependencias funcionales y preservar las restricciones de actualización** (inserciones y eliminaciones)

Jones and Song (2000) Binary Equivalents of Ternary Relationships in Entity-Relationship Modeling: a Logical Decomposition Approach. Journal of Database Management, April-June, 2000, pp. 12 --19

Modelo Entidad Relación

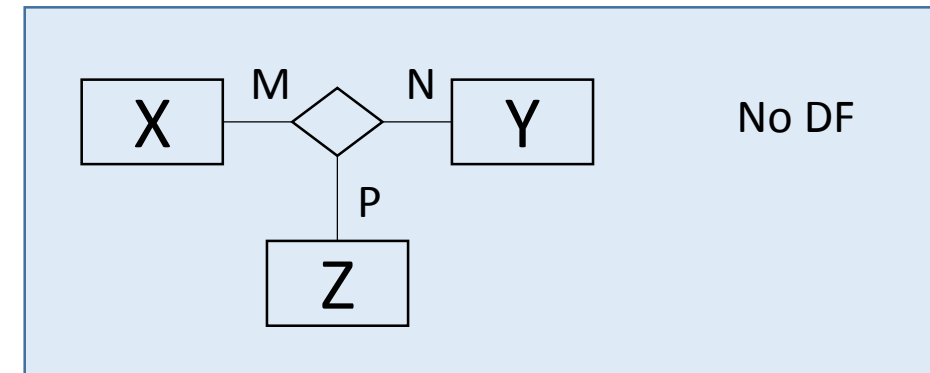
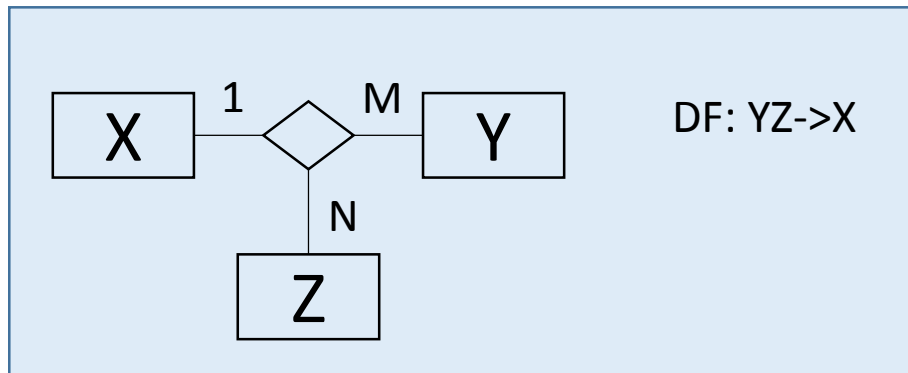
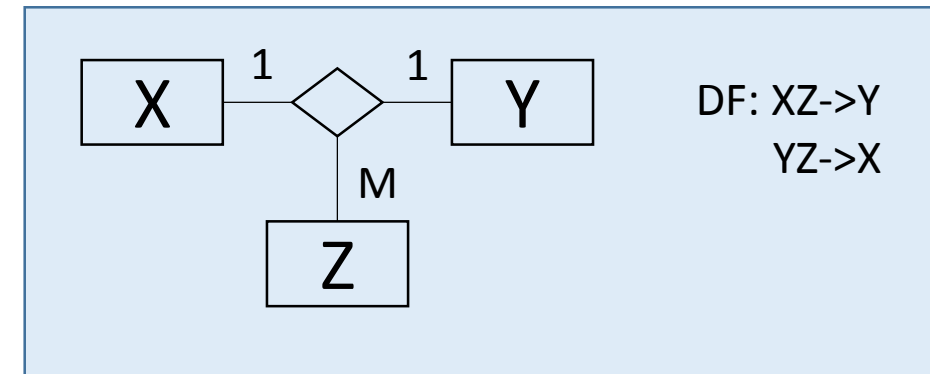
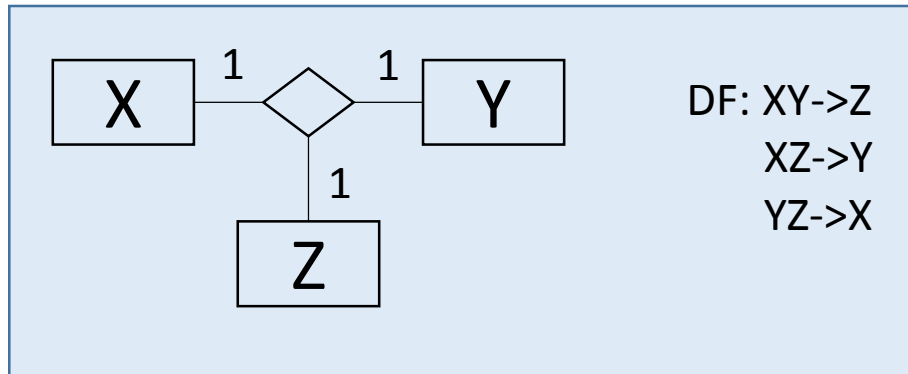
Interrelaciones ternarias

En la relación ternaria **R (X, Y, Z)**, con cardinalidad definida **M:N:1**:

- por cada par (X,Y) hay una sola instancia de Z
- por cada par (X,Z) hay N instancias de Y
- por cada par (Y,Z) hay M instancias de X

Modelo Entidad Relación

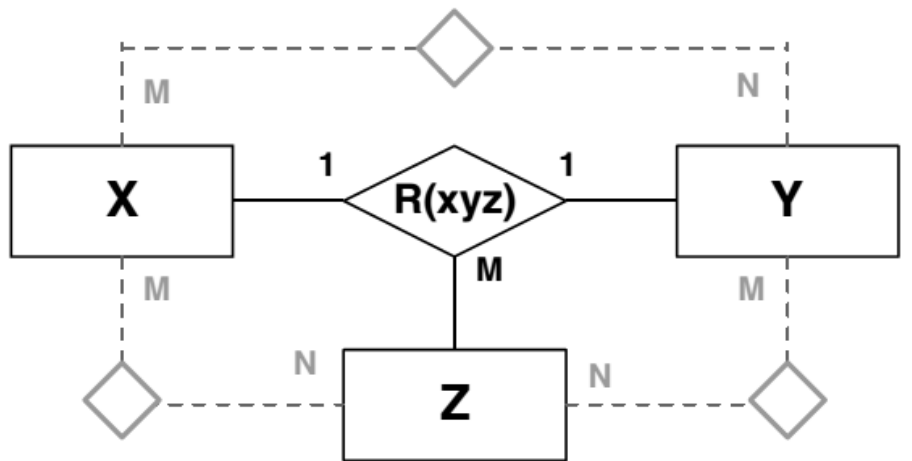
Interrelaciones ternarias



Modelo Entidad Relación

Interrelaciones ternarias

Implicit Binary Cardinality rule (IBC): En cualquier relación ternaria dada, independientemente de la cardinalidad ternaria, las cardinalidades implícitas entre dos entidades se deben considerar muchas a muchas, siempre que no haya restricciones explícitas sobre el número de instancias que pueden ocurrir.

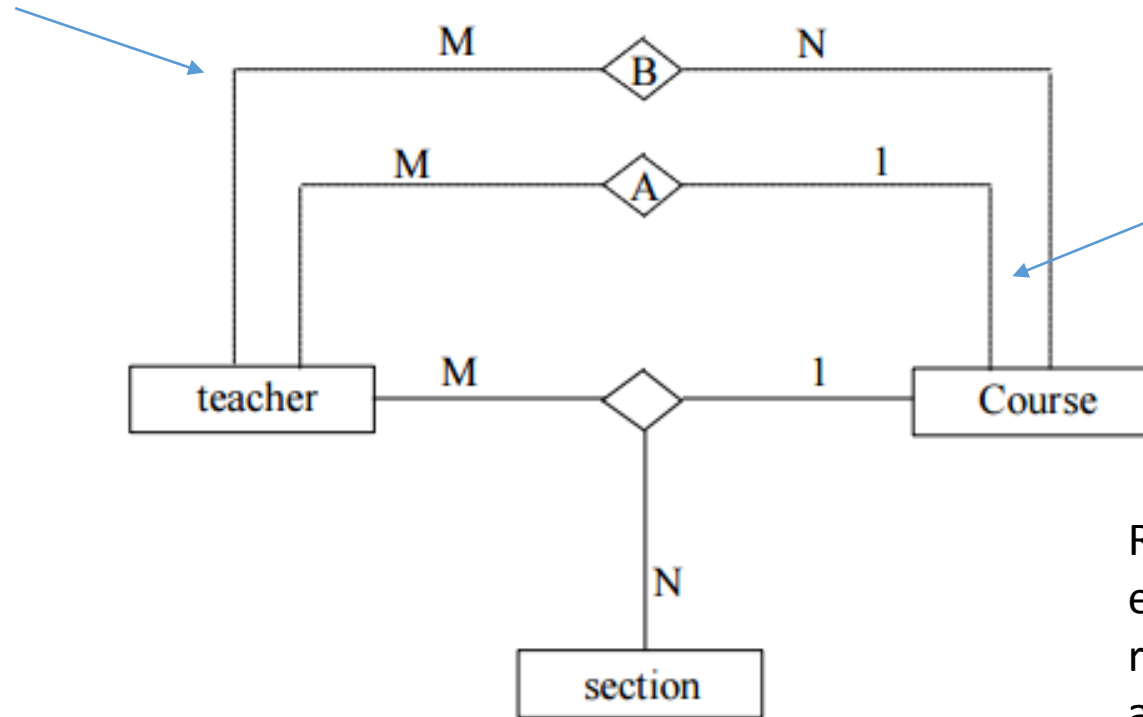


Cualquier relación ternaria no restringida no puede tener una estructura de descomposición binaria equivalente

Modelo Entidad Relación

Interrelaciones ternarias

Semantically
Unrelated Binary
(**SUB**) Relationship



Semantically
Constraining Binary
(**SCB**) Relationship

Restricción binaria entre dos entidades participantes de una relación ternaria, cuya semántica afecta las potenciales combinaciones de las instancias de las entidades en la relación ternaria.

Modelo Entidad Relación

Simplificación de interrelaciones ternarias

Regla de descomposición de interrelaciones ternarias restringidas (*CTD rule*): Cualquier relación ternaria puede ser descompuesta sin pérdidas de información en dos relaciones binarias, siempre que al menos una restricción 1:1 o 1:M sea explícitamente impuesta entre cualquiera de las entidades participantes.

Modelo Entidad Relación

Simplificación de interrelaciones ternarias

Las relaciones binarias equivalentes tienen que cumplir las siguientes condiciones:

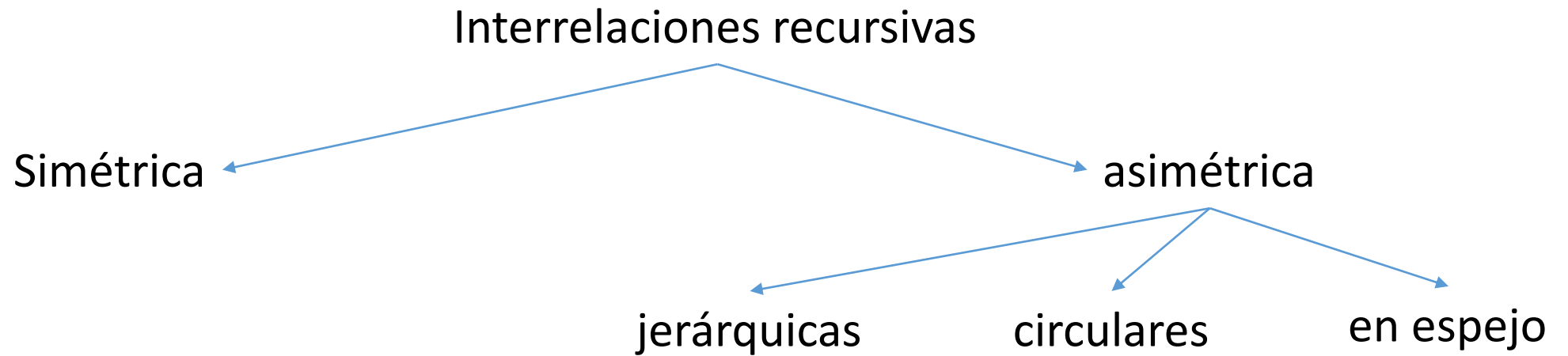
- Retienen la semántica de la estructura original.
- Descomposición sin pérdida de información.
- Preservación de dependencias funcionales.
- Preservación de las restricciones de actualización

Descomposición de interrelaciones ternarias

Case #	Ternary Cardinality (X:Y:Z)	Binary Impositions	Potential Lossless Decomposition	Potential FD Preserving Decomposition	Enforces Semantic Constraints on Insertions	Enforces Semantic Constraints on Deletions
1	1:1:1	$(X:Y) = (M:1)$	$(XY)(XZ)$	None	No	No
2	1:1:1	$(X:Y) = (1:1)$	$(XY)(XZ)$ -or- $(XY)(YZ)$	$(XY)(XZ)$ -or- $(XY)(YZ)$	Yes	Yes
3	1:1:1	$(X:Y) = (M:1)$ $(Z:Y) = (M:1)$	$(XY)(XZ)$ -or- $(XZ)(ZY)$	$(XY)(XZ)$ -or- $(XZ)(ZY)$	Yes	Yes
4	1:1:1	$(X:Y) = (M:1)$ $(X:Z) = (1:1)$	$(XY)(XZ)$ -or- $(XZ)(ZY)$	$(XY)(XZ)$ -or- $(XZ)(ZY)$	Yes	Yes
5	M:1:1	$(X:Y) = (M:1)$	$(XY)(XZ)$	$(XY)(XZ)$	Yes	Yes
6	M:1:1	$(Y:Z) = (M:1)$	$(XY)(YZ)$	None	No	No
7	M:1:1	$(Y:Z) = (1:1)$	$(XY)(YZ)$ -or- $(XZ)(ZY)$	$(XY)(YZ)$ -or- $(XZ)(ZY)$	Yes	No
8	M:1:1	$(X:Y) = (M:1)$ $(Y:Z) = (1:1)$	$(XY)(YZ)$ -or- $(XZ)(ZY)$ -or- $(XY)(XZ)$	$(XY)(YZ)$ -or- $(XZ)(ZY)$	Yes	No
9	M:1:1	$(X:Y) = (M:1)$ $(Y:Z) = (1:M)$	$(XZ)(ZY)$ -or- $(XY)(XZ)$	$(XZ)(ZY)$	Yes	No
10	M:N:1	$(X:Z) = (M:1)$	$(XY)(XZ)$	$(XY)(XZ)$	Yes	No
11	M:N:1	$(X:Z) = (M:1)$ $(Y:Z) = (M:1)$	$(XY)(XZ)$ -or- $(XY)(YZ)$	None	No	No
12	M:N:P	Not Allowed	None	None	No	No

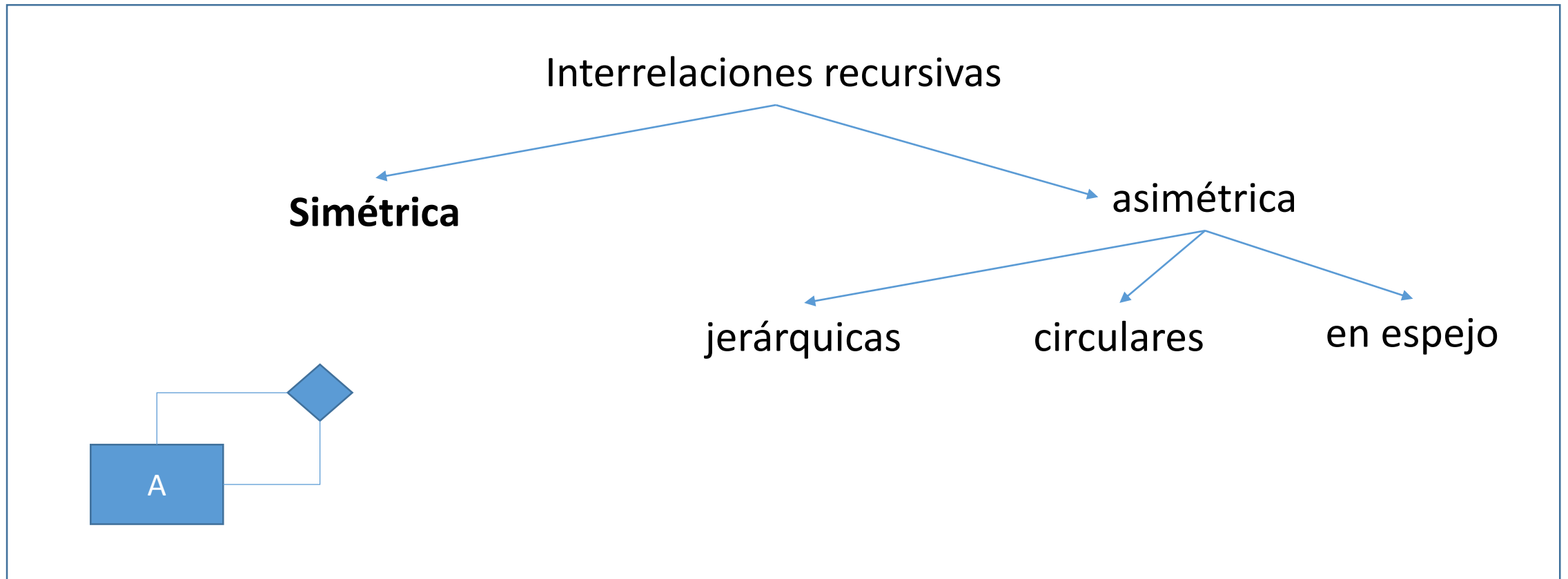
Modelo Entidad Relación

Interrelaciones recursivas



Modelo Entidad Relación

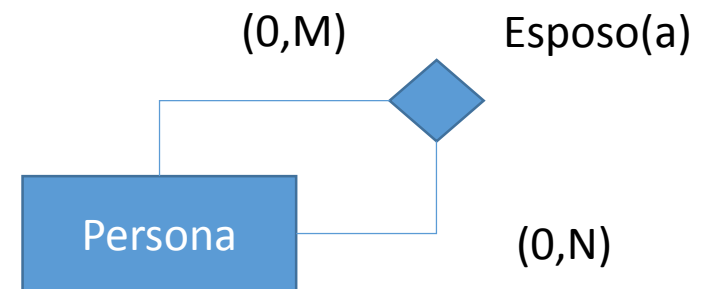
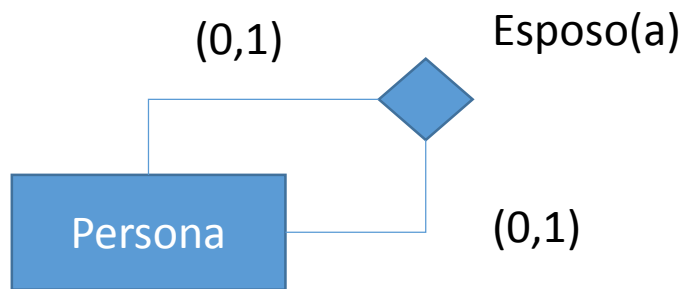
Interrelaciones recursivas



Modelo Entidad Relación

Interrelaciones recursivas

Recursiva simétrica: todas las instancias participantes en la interrelación toman un único rol y la semántica es la misma independientemente de la dirección en que se mire la relación (bidireccional).



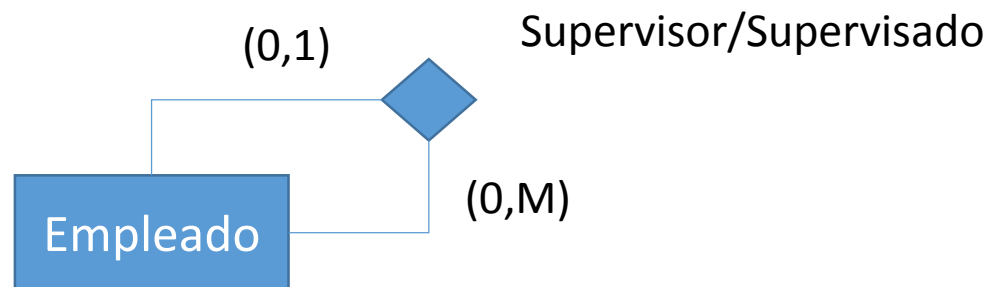
¿Y si fuera $(0,1)-(1,1)$?

Modelo Entidad Relación

Interrelaciones recursivas

Recursiva asimétrica: existe una asociación entre dos grupos de roles diferentes dentro de la misma entidad y la semántica de la interrelación es distinta y depende desde donde se mire la interrelación (unidireccional).

Jerárquica: tienen un inicio (tope) y un fin (fondo)

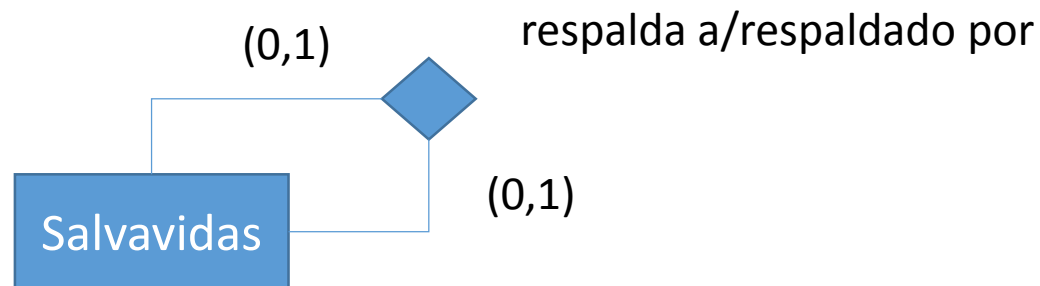


¿Y si fuera (1,1)-(0,M)?

Modelo Entidad Relación

Interrelaciones recursivas

Recursiva asimétrica: existe una asociación entre dos grupos de roles diferentes dentro de la misma entidad y la semántica de la interrelación es distinta y depende desde donde se mire la interrelación (unidireccional).



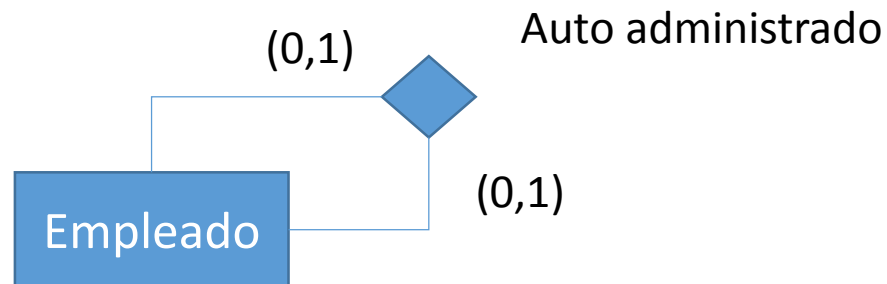
Circular: no se establecen jerarquías (aunque puede hacerse un híbrido con las jerárquicas)

¿Funciona en la práctica $(1,1)-(1,1)$?

Modelo Entidad Relación

Interrelaciones recursivas

Recursiva asimétrica: existe una asociación entre dos grupos de roles diferentes dentro de la misma entidad y la semántica de la interrelación es distinta y depende desde donde se mire la interrelación (unidireccional).



Espejo: una instancia se relaciona consigo misma.

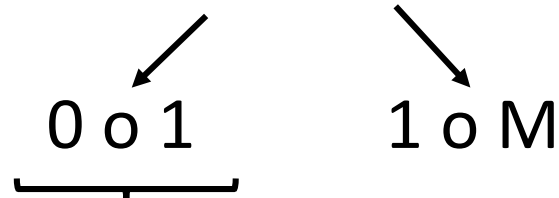
Modelo Entidad Relación

Extensiones al modelo:

Cardinalidad mínima (Webre, 1981):

- Restricciones que expresan si las entidades tienen participación opcional u obligatoria en una interrelación de asociación.

- Par (min, max)



Expresa una dependencia de existencia hasta el momento solo reconocida en las entidades débiles.

Modelo Entidad Relación

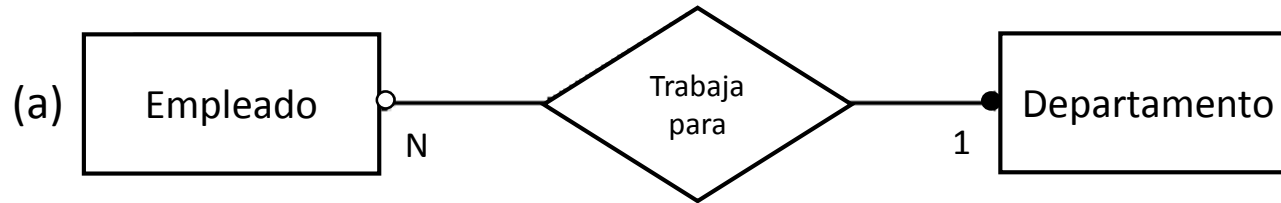
Extensiones al modelo:

Cardinalidad mínima (Webre, 1981):

- La ubicación de la cardinalidad en el diagrama ER es conocido en la literatura como convenio look across y look here (Ferg, 1991).
- El conocimiento del tipo de convenio utilizado para expresar las restricciones de cardinalidad posibilita una interpretación correcta de la semántica de las interrelaciones. Sin embargo, estos términos no se utilizan de manera uniforme, lo que puede generar confusiones.

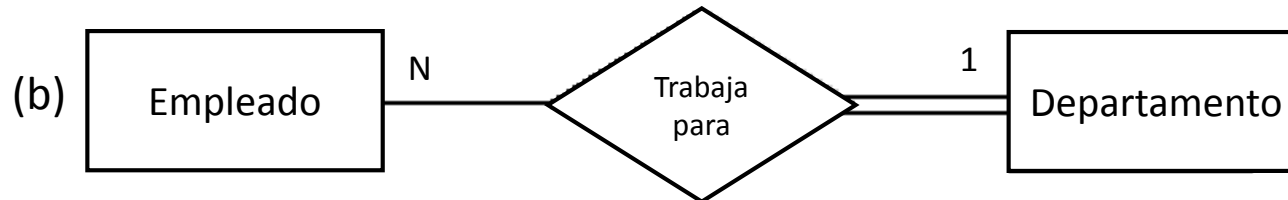
Modelo Entidad Relación

Notaciones diversas (Song, 1995)



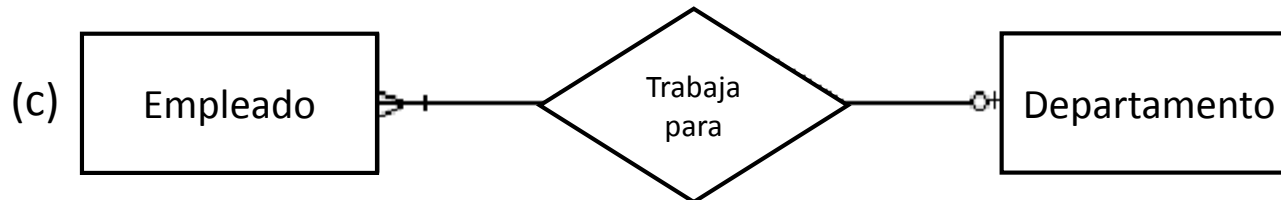
Notación: Chen

Cardinalidad: Look Across
Participación: Look Here



Notación: Elmasri & Navathe

Cardinalidad: Look Across
Participación: Look Here



Notación: Crowsfoot

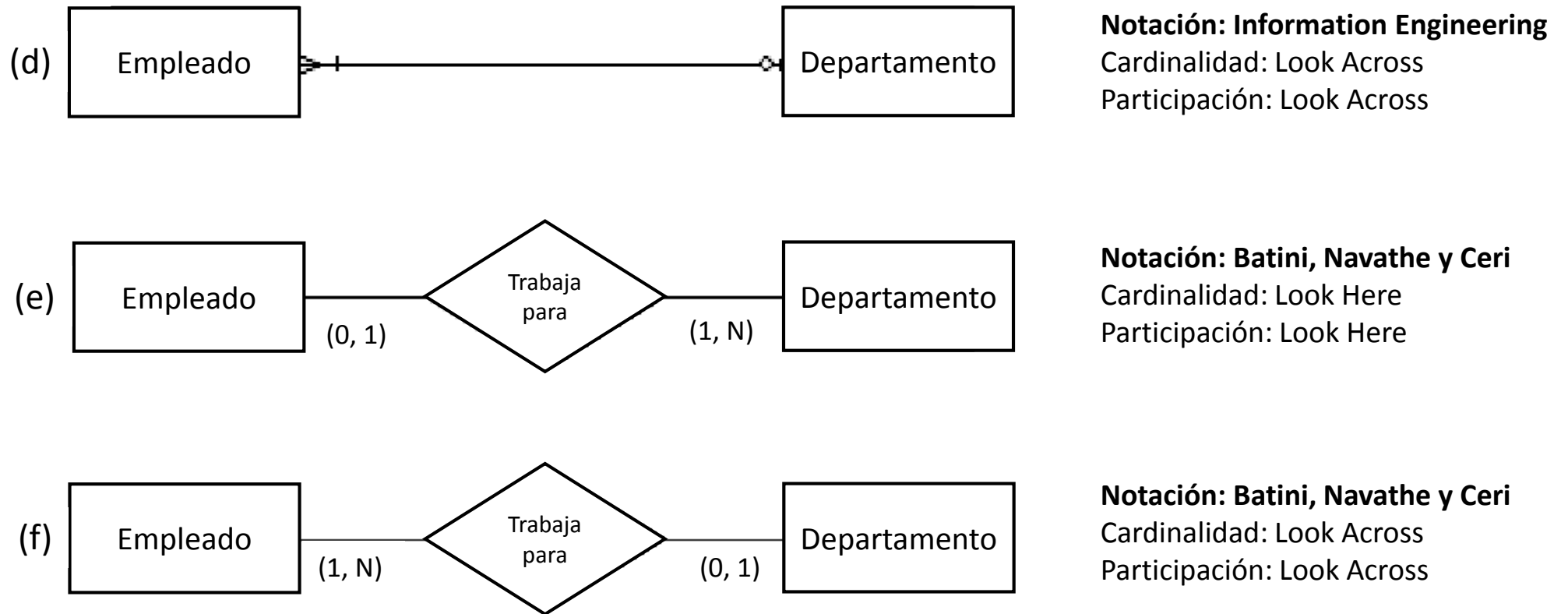
Cardinalidad: Look Across
Participación: Look Across

Restricción de cardinalidad: Un empleado puede trabajar para un departamento y un departamento puede tener muchos empleados.

Restricción de participación: Un empleado puede existir sin trabajar para un departamento pero el departamento no existe sin tener empleados.

Modelo Entidad Relación

Notaciones diversas (Song, 1995)



Restricción de cardinalidad: Un empleado puede trabajar para un departamento y un departamento puede tener muchos empleados.

Restricción de participación: Un empleado puede existir sin trabajar para un departamento pero el departamento no existe sin tener empleados.

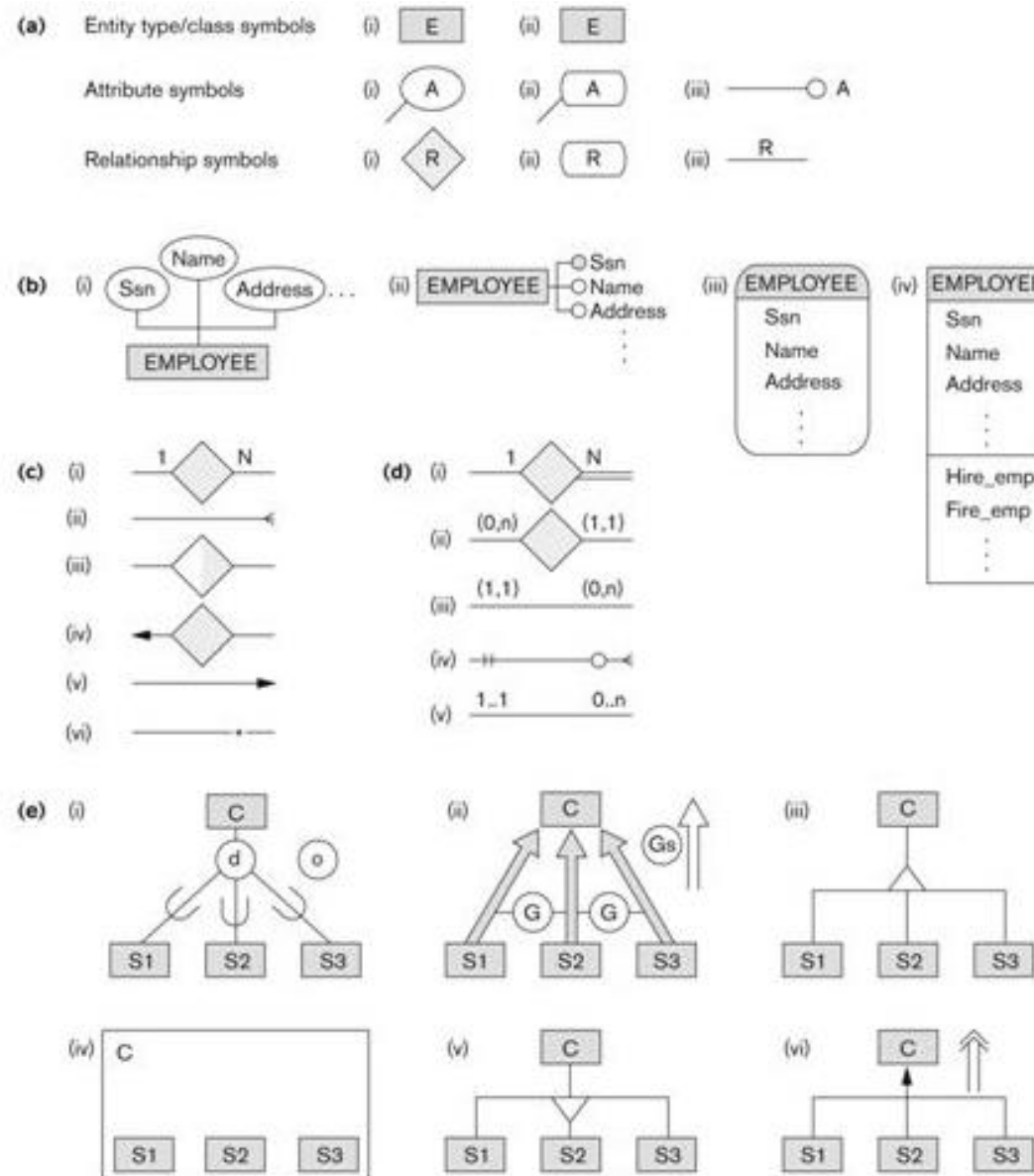


Figure A.1

Alternative notations. (a) Symbols for entity type/class, attribute, and relationship. (b) Displaying attributes. (c) Displaying cardinality ratios. (d) Various (min, max) notations. (e) Notations for displaying specialization/generalization.

Modelo Entidad Relación

Extensiones al modelo:

**Cardinalidad
mínima
(Webre, 1981):**

- Ejemplo 1: interrelación Estudiante - Grupo
- Ejemplo 2: interrelación Cliente – Cuenta
- Ejemplo 3: interrelación Persona – Acta de nacimiento
- Ejemplo 4: ¿.... y más de 1?
- Ejemplo 5: ¿Cardinalidad mínima 1 en el extremo M de la interrelación?
- Ejemplo 6: ¿cardinalidad mínima 1 en ambos extremos (inconsistencia de referencias cíclicas)?

Modelo Entidad Relación

Ejemplo 6: ¿cardinalidad mínima 1 en ambos extremos?

Las reglas para transformar esquemas ER al modelo relacional siguen dos enfoques en lo relativo a la transformación de las interrelaciones de asociación (Wilmot, 1984).:

- 1) Las que propagan la llave extranjera hacia alguno de los esquemas de relación. Enfoque más abordado por la literatura y el más utilizado en herramientas CASE.
- 2) Las que evitan el uso de llaves extranjeras. Al transformar todas las interrelaciones en un nuevo esquema de relación se incrementan los costos de almacenamiento y de programación

Modelo Entidad Relación

Ejemplo 6: ¿cardinalidad mínima 1 en ambos extremos?

Enfoque basado en **propagación de llaves extranjeras**:

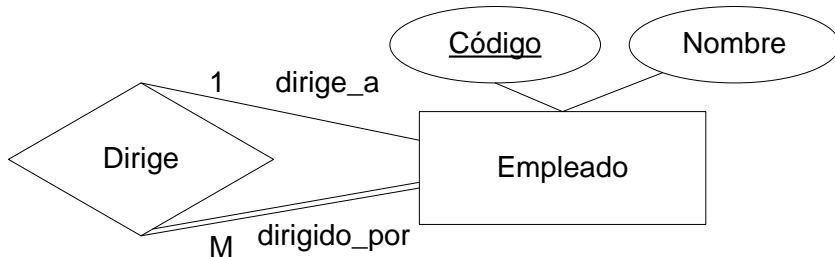
- la inclusión de las llaves extranjeras “contamina” los esquemas con atributos que no son propios, trayendo consigo inconvenientes en la independencia de los datos.
- Un problema que puede generarse es el relacionado con la **referencia cíclica entre llaves extranjeras de esquemas de relación que no admiten el valor nulo**. Esta inconsistencia en el esquema lógico trae como consecuencia problemas en el momento de poblar con datos los esquemas resultantes (tablas).
- Este tipo de inconsistencia no ha sido abordado en la literatura y las herramientas CASE actuales no realizan ningún tipo de validación en este sentido.

Modelo Entidad Relación

Ejemplo 6: ¿cardinalidad mínima 1 en ambos extremos?

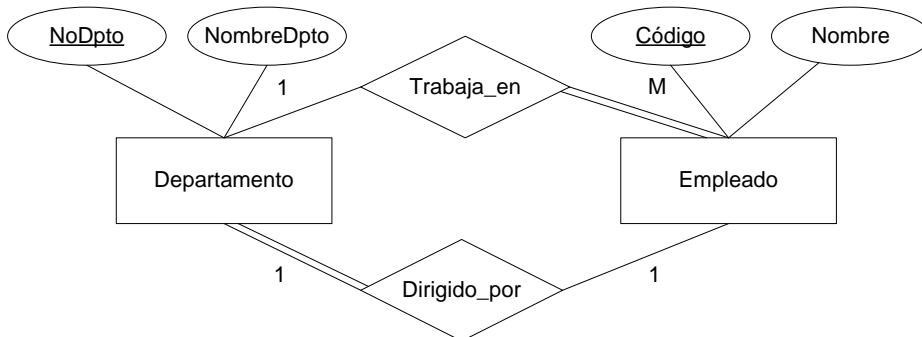
Inconsistencia de referencias cíclicas:

a)



Un empleado tiene que ser dirigido por otro empleado y un empleado puede dirigir a ninguno, uno o varios empleados

b)



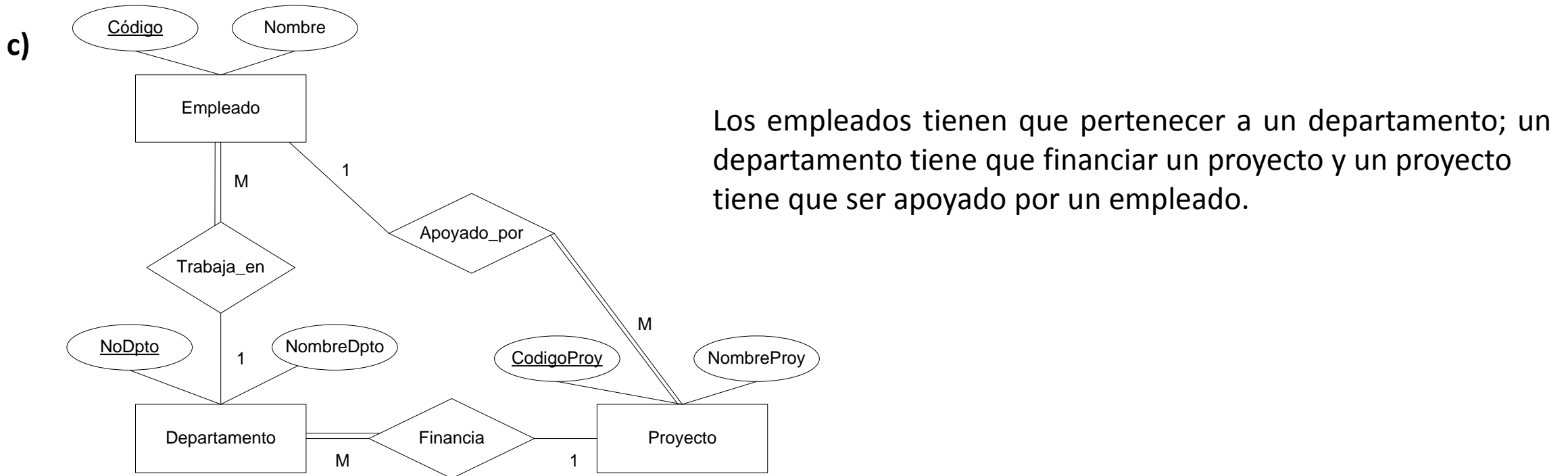
Los empleados tienen que pertenecer a un departamento y un departamento tiene que ser dirigido por un empleado.

Dependencia mutua que genera un conflicto que no permite la inserción de tuplas en ninguno de los dos esquemas.

Modelo Entidad Relación

Ejemplo 6: ¿cardinalidad mínima 1 en ambos extremos?

Inconsistencia de referencias cíclicas:

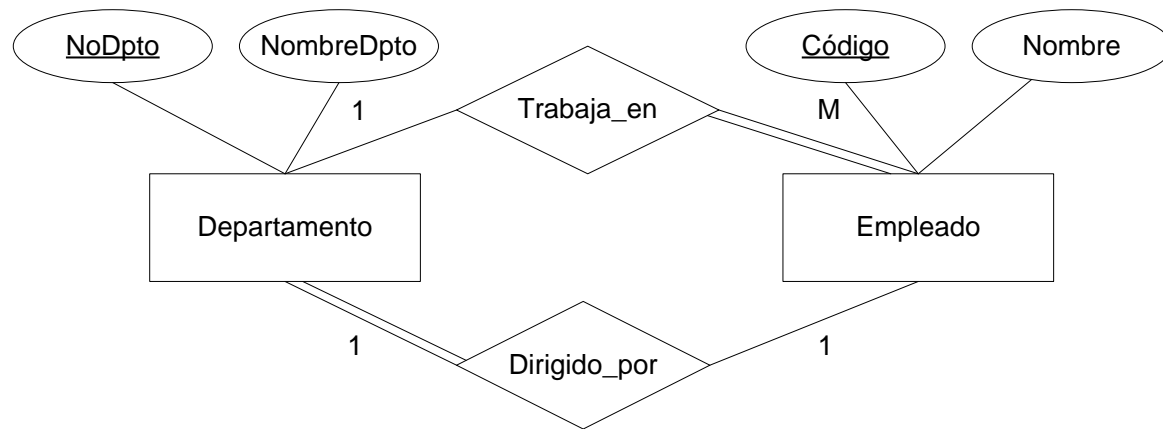


Dependencia mutua que genera un conflicto que no permite la inserción de tuplas en ninguno de los dos esquemas.

Modelo Entidad Relación

Ejemplo 6: ¿cardinalidad mínima 1 en ambos extremos?

Inconsistencia de referencias cíclicas:



Al aplicar reglas de transformación, se obtienen los siguientes esquemas de relación:

EMP(EMPID, E2, E2, DEPTNO)

DEP(DEPTNO, D1, D2, EMPID)

EMP(EMPID, E1,E2)

DEP (DEPTNO, D1, D2, EMPID)

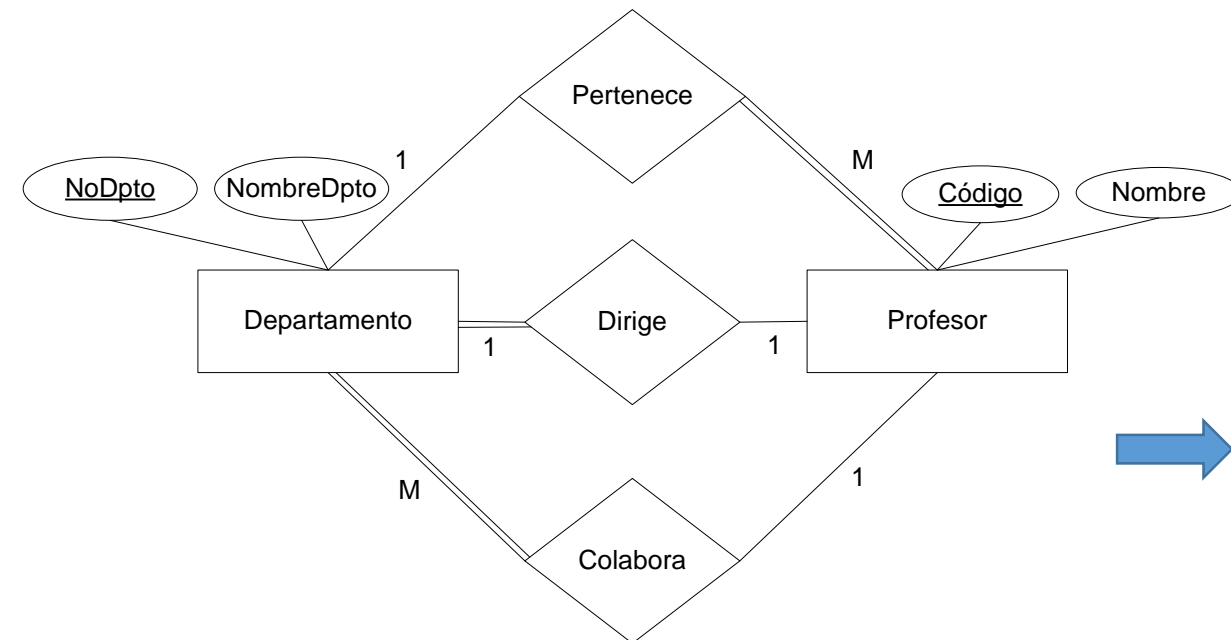
TRAB(EMPID, DEPTNO)

Solución alterna: Flexibilizar las restricciones de las llaves extranjeras.

Modelo Entidad Relación

Ejemplo 6: ¿cardinalidad mínima 1 en ambos extremos?

Inconsistencia de referencias cíclicas:



Profesor (Código, Nombre)

Departamento (NoDpto, NombreDpto, *JefeDpto*, *Colaborador*)

Pertenece (Código, NoDpto)

Modelo Entidad Relación

Otras inconsistencia de referencias cíclicas:

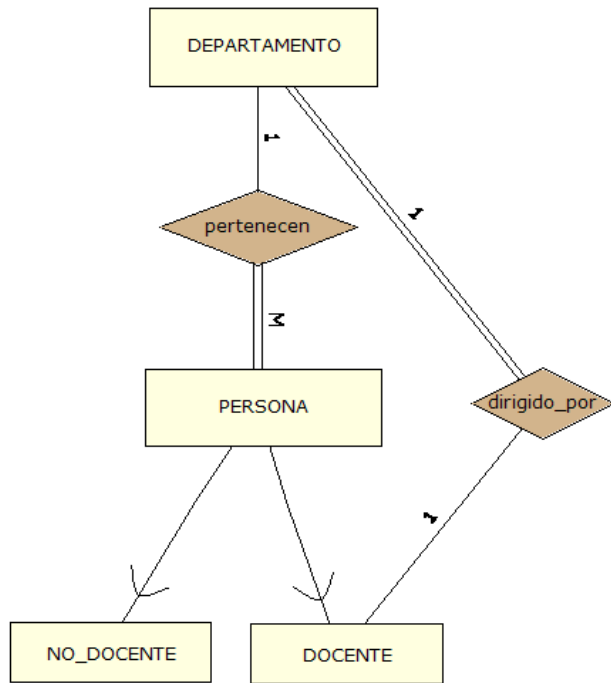
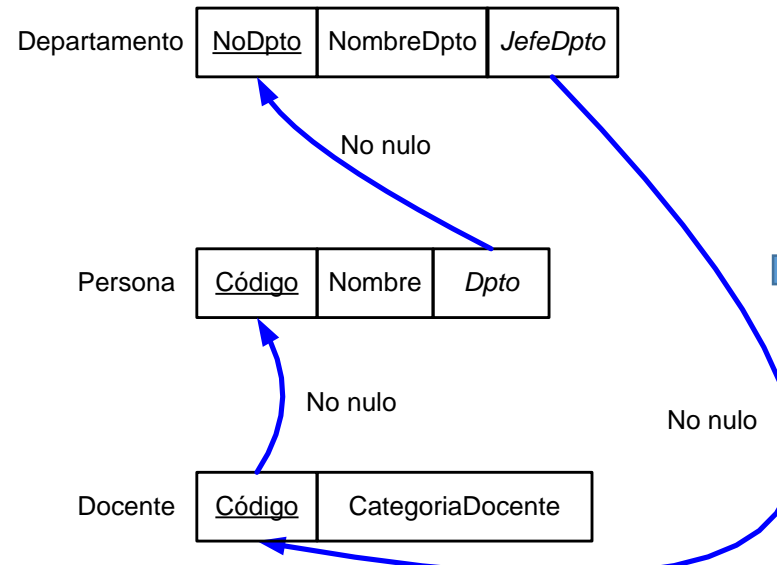
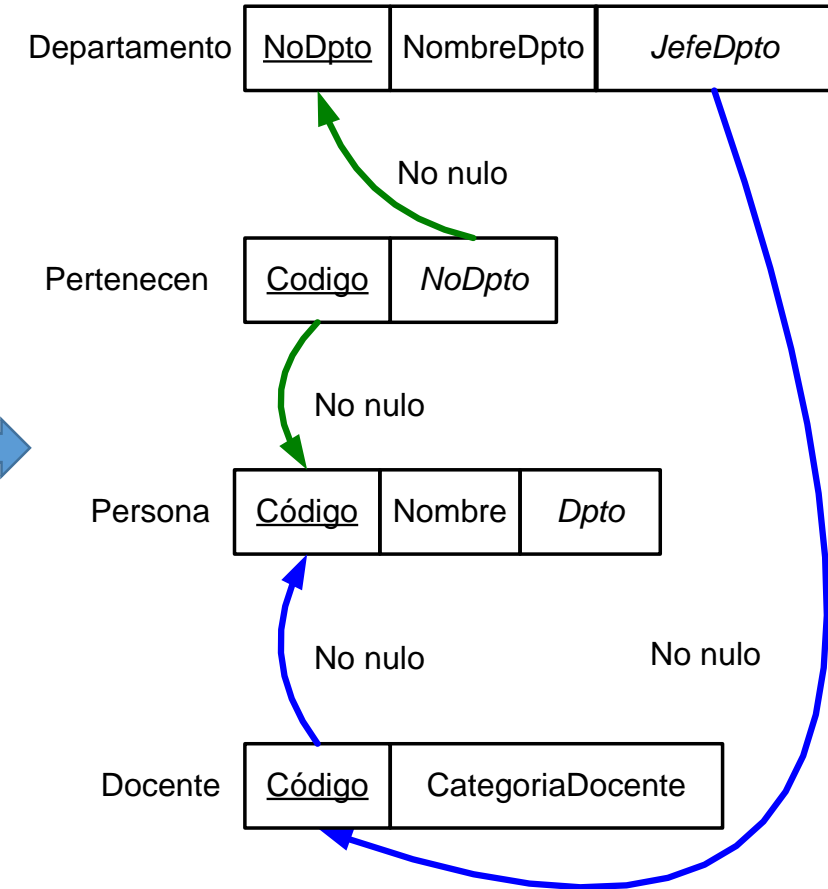


Diagrama ER



Grafo relacional con problemas



Grafo relacional

Modelo Entidad Relación

Otras inconsistencia de referencias cíclicas:

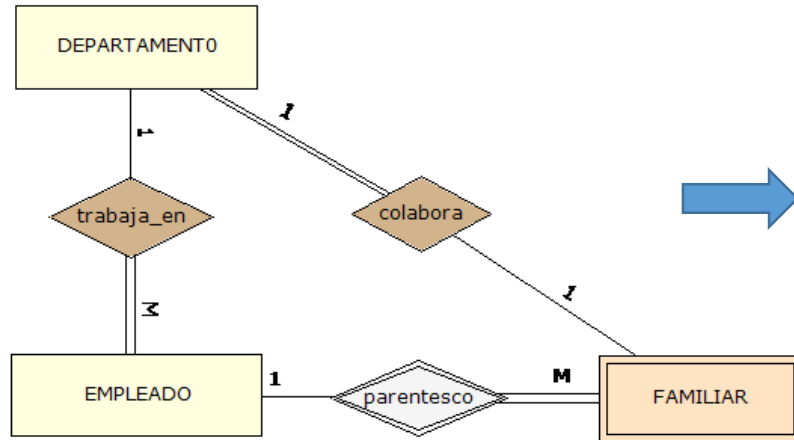
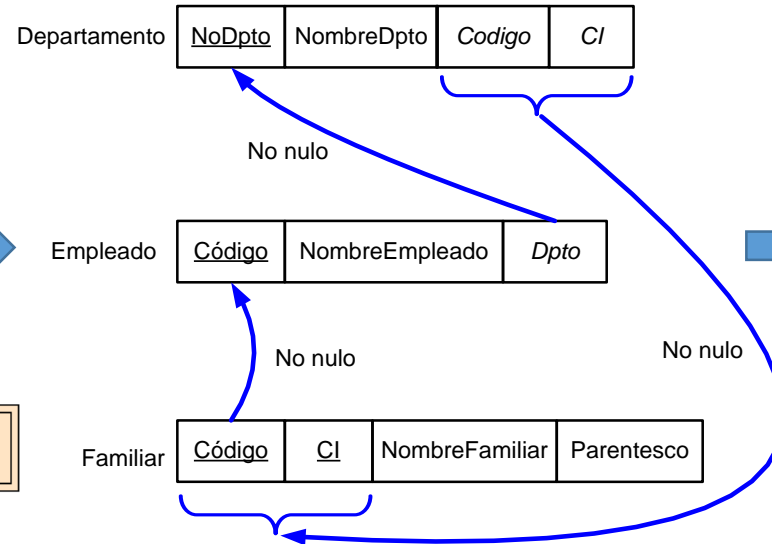
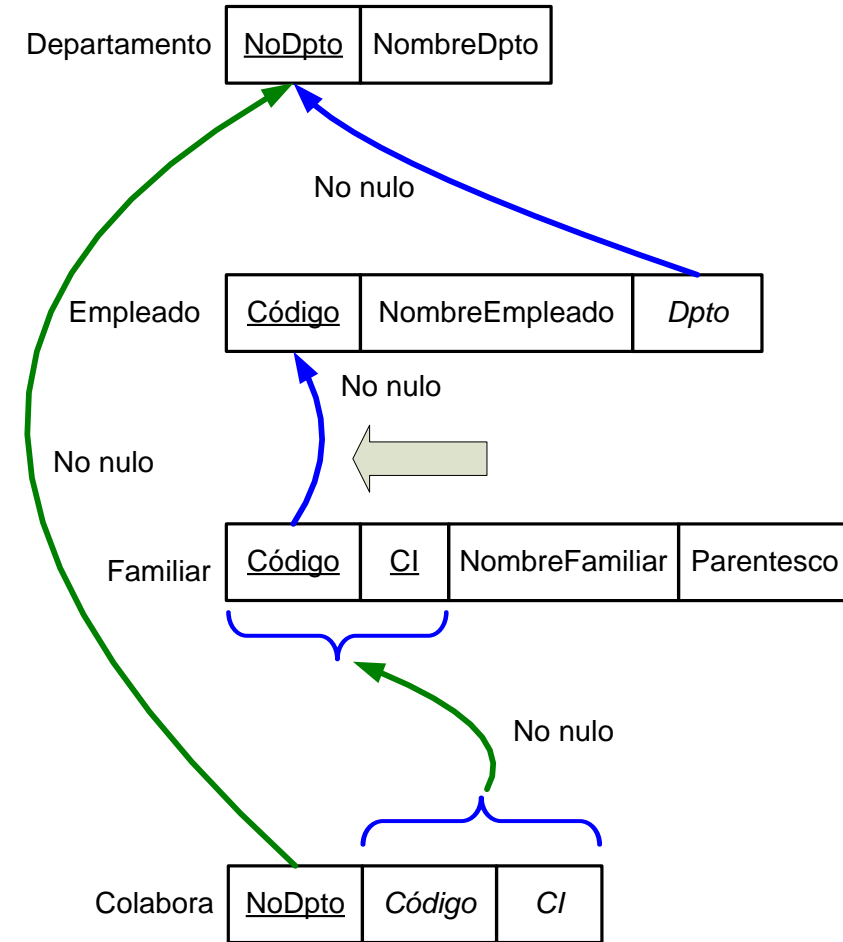


Diagrama ER



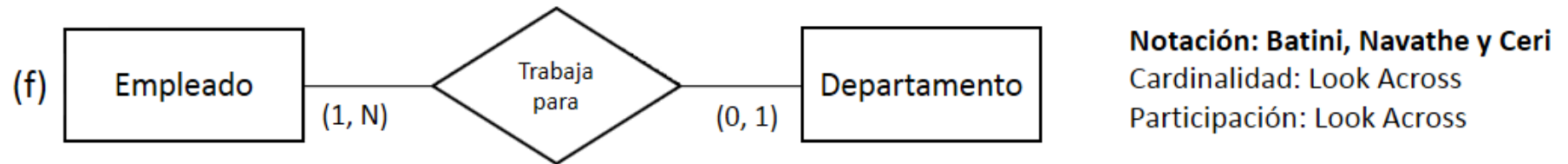
Grafo relacional
con problemas



Grafo relacional

Modelo Entidad Relación

Ejemplo 5: ¿Cardinalidad mínima 1 en el extremo M de la interrelación?



Restricción de cardinalidad: Un empleado puede trabajar para un departamento y un departamento puede tener muchos empleados.

Restricción de participación: Un empleado puede existir sin trabajar para un departamento pero el departamento no existe sin tener empleados.

¿Cómo se garantiza el cumplimiento de esta restricción?

Modelo Entidad Relación

Extensiones al modelo:

Generalización/ especialización (Smith, 1977):

- Base formal para los subtipos dentro de un modelo de datos. La herencia como principal propiedad.
- Subconjunto de tipos de entidades que tienen atributos e interrelaciones propias.
- Hay dos restricciones que pueden aplicarse a una jerarquía de generalización/especialización: la restricción de participación y la restricción de disyunción.

Modelo Entidad Relación

Extensiones al modelo:

Generalización/ especialización (Smith, 1977):

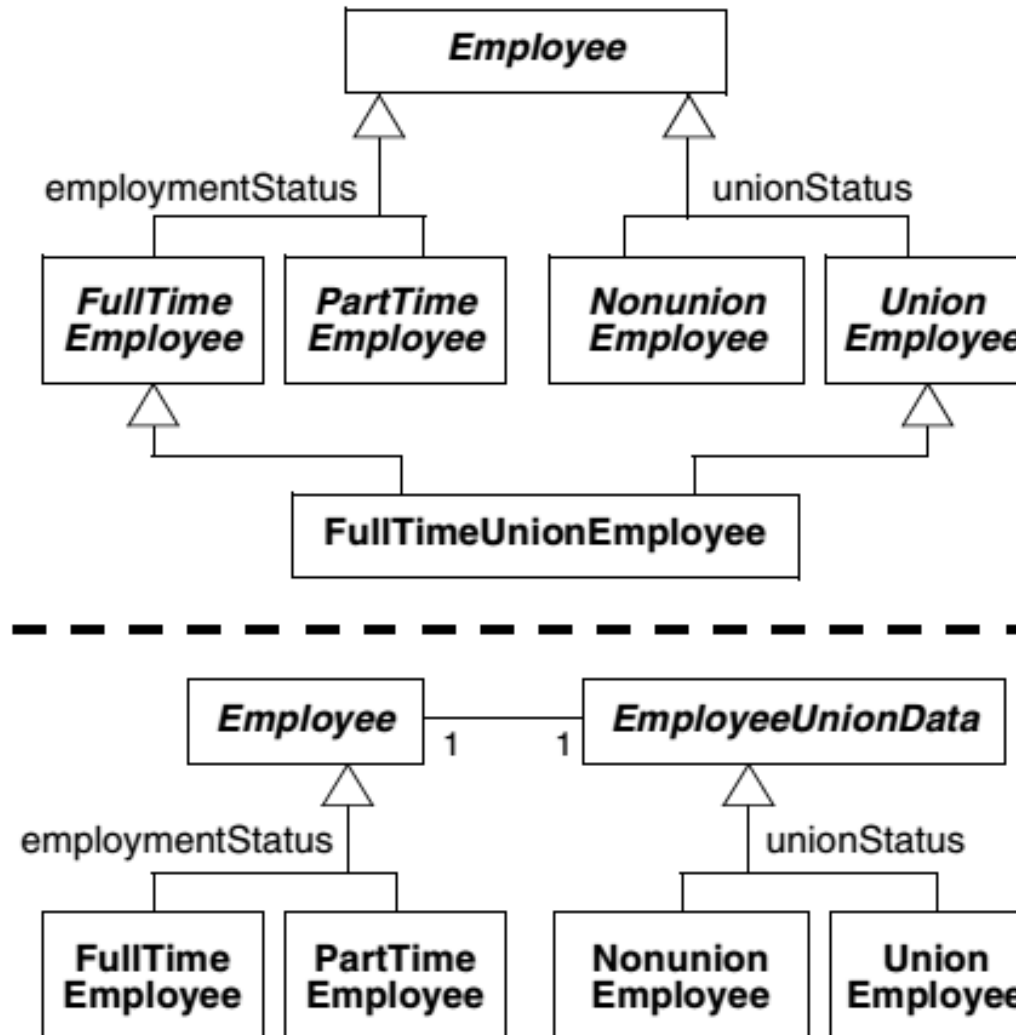
- Regla del 100%: todos los atributos del supertipo son aplicables al subtipo.
- Regla “es un”: todas las entidades del subtipo son miembros del supertipo.
- El subtipo tiene atributos adicionales que son de interés.
- Las entidades del subtipo se relacionan con otras entidades de forma diferente a como lo hacen las entidades del supertipo.

Modelo Entidad Relación

Extensiones al modelo:

Generalización/
especialización
(Smith, 1977):

Antipatrón “herencias múltiples”



Modelo Entidad Relación

Extensiones al modelo:

Agregación/ composición (Smith, 1977):

- Agregación: expresar relación entre el todo y sus partes.
- Composición: forma específica de agregación para expresar pertenencia fuerte y existencia coincidente del todo y las partes. El todo es responsable de la creación y destrucción de las partes.
- En las diversas notaciones del modelo EER se observa que un número reducido de ellas permiten soportar los conceptos de agregación y composición.

Modelo Entidad Relación

Extensiones al modelo:

**Agregación/
composición
(Smith, 1977):**

- Ejemplo 1: descarga de mercancías de un buque en un puerto.

Anomalías en el esquema conceptual

Un esquema conceptual puede presentar anomalías, que pueden o no conducir a esquemas conceptuales inconsistentes, pero que pueden interferir o impedir la navegación en profundidad en la información almacenada en la base de datos.

Algunas anomalías se pueden clasificar en las siguientes categorías (Connolly et al., 2005) :

- Trampa multiplicativa (**Fan traps**).
- Trampa de corte (**Chasm traps**).

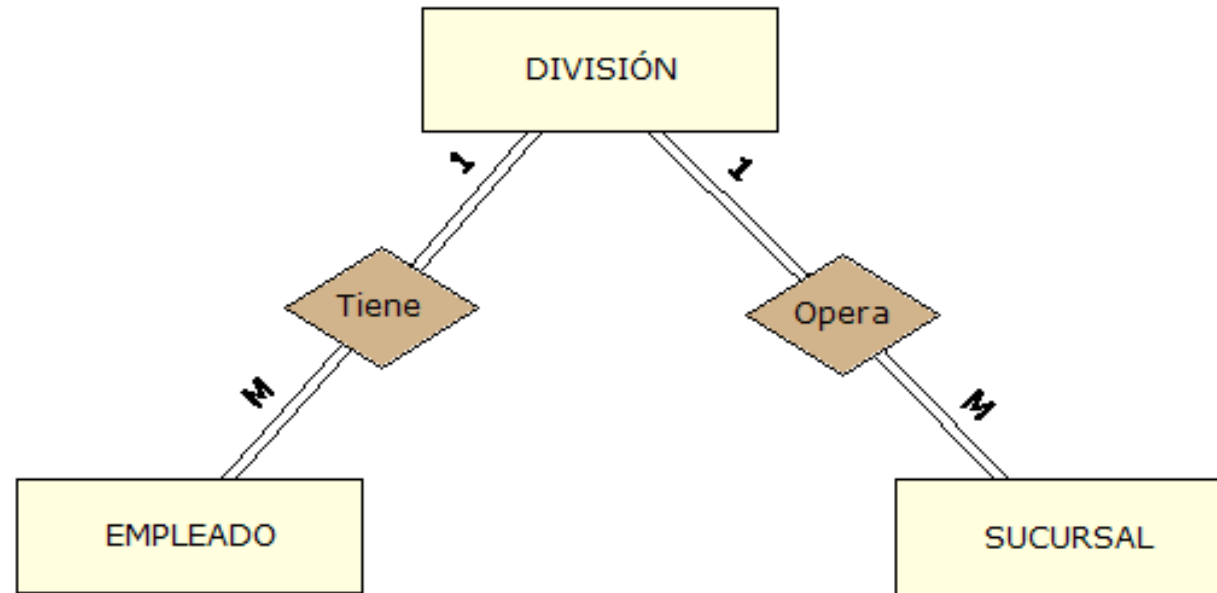
Trampa multiplicativa

Ocurre cuando un esquema representa una interrelación entre tipos de entidades pero el camino entre ellos es ambiguo.

Se presenta cuando **interrelaciones 1:m “salen”** desde un mismo tipo de entidad.

Esto provoca una ambigüedad, y surge la pregunta ¿se puede asegurar que existe o no alguna relación entre las entidades que participan en las partes M?

Trampa multiplicativa

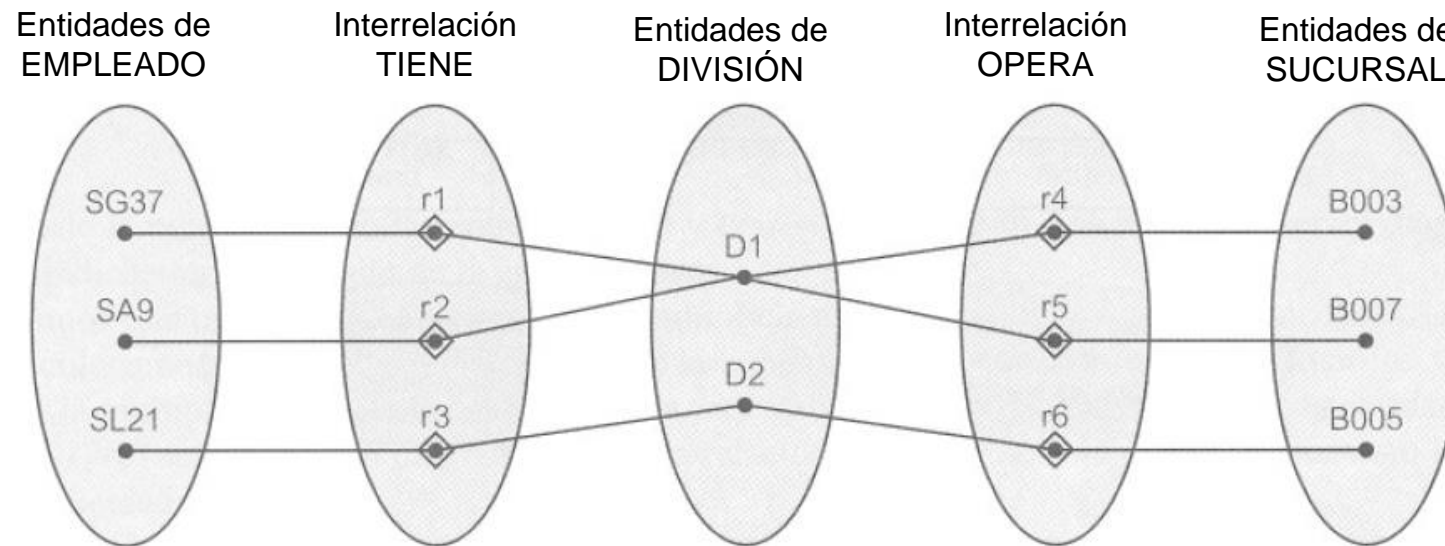


En una única división opera mínimo una o más sucursales. Una sucursal opera para una y sólo una división.

Una división tiene como mínimo uno o varios empleados. Un empleado trabaja para una y sólo una división.

Trampa multiplicativa

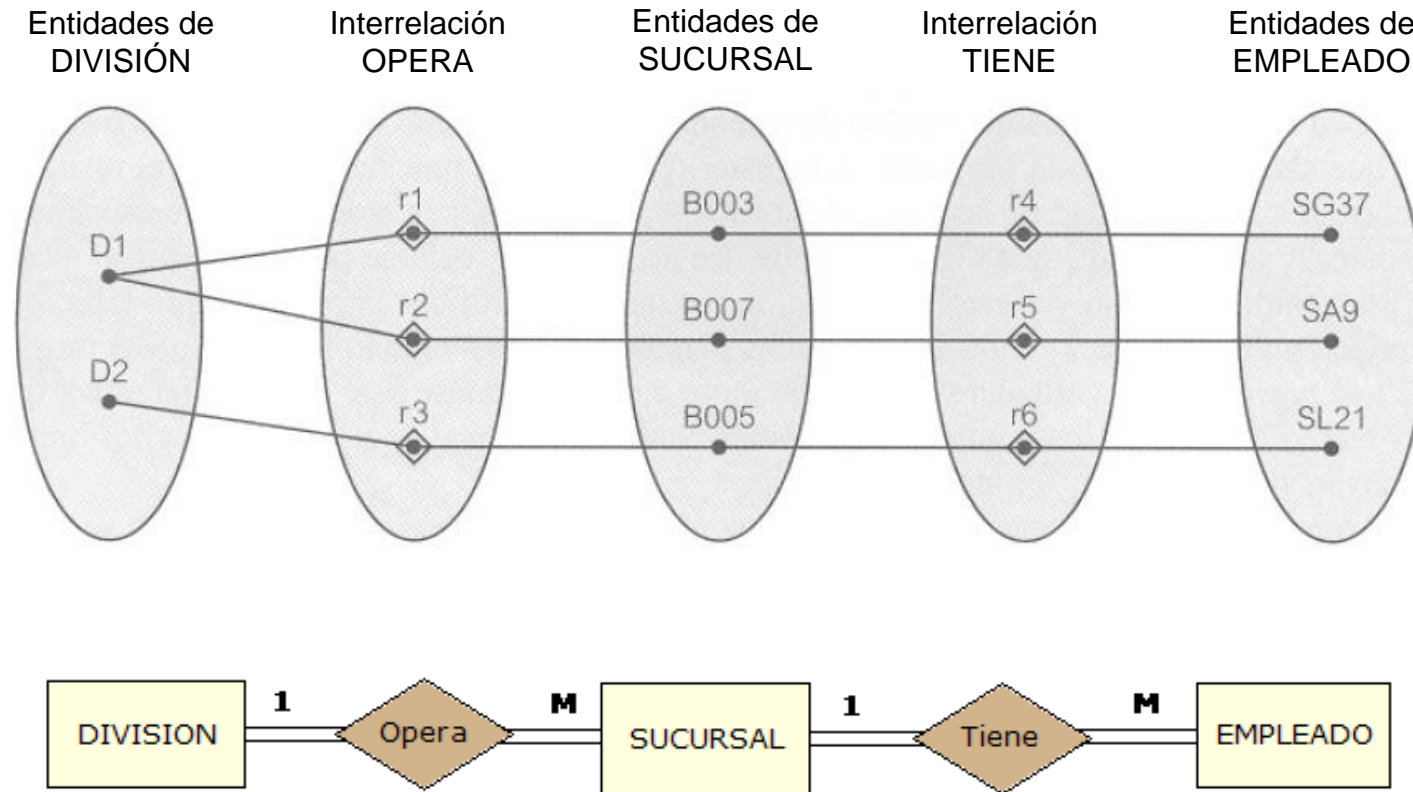
De estos hechos ¿es posible conocer qué empleados trabajan en una sucursal concreta?



Si se intenta responder la pregunta: ¿En qué sucursal trabaja el empleado **SG37**?, no será posible proporcionar una respuesta específica con la estructura actual. Sólo se puede determinar que el empleado **SG37** trabaja en la sucursal **B003** o **B007**. Esta situación se conoce como *trampa multiplicativa* asociada con la interrelación que existe entre las entidades de EMPLEADO, DIVISIÓN y SUCURSAL.

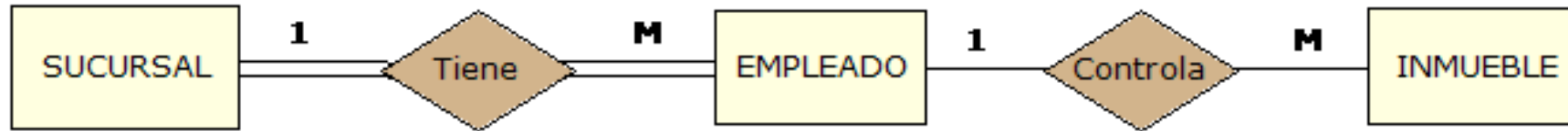
Trampa multiplicativa

Para resolver esta trampa multiplicativa, hay que reestructurar el diagrama ER original con el fin de representar la asociación correcta entre estas entidades.



Trampa de corte

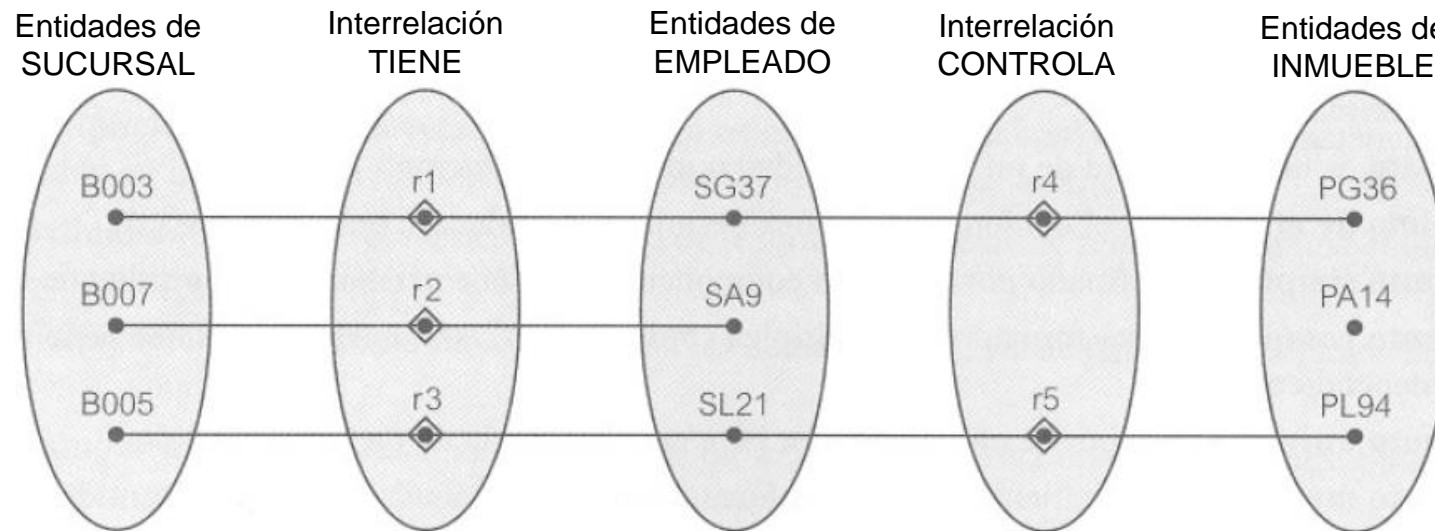
La trampas de corte pueden ocurrir cuando hay una o más interrelaciones con una **cardinalidad mínima cero** formando parte del camino que conecta a dos tipos entidades interrelacionadas.



- Una única sucursal tiene uno o más empleados que controlan cero o más inmuebles en alquiler.
- No todos los empleados controlan inmuebles y no todos los inmuebles son controlados por un empleado.

Trampa de corte

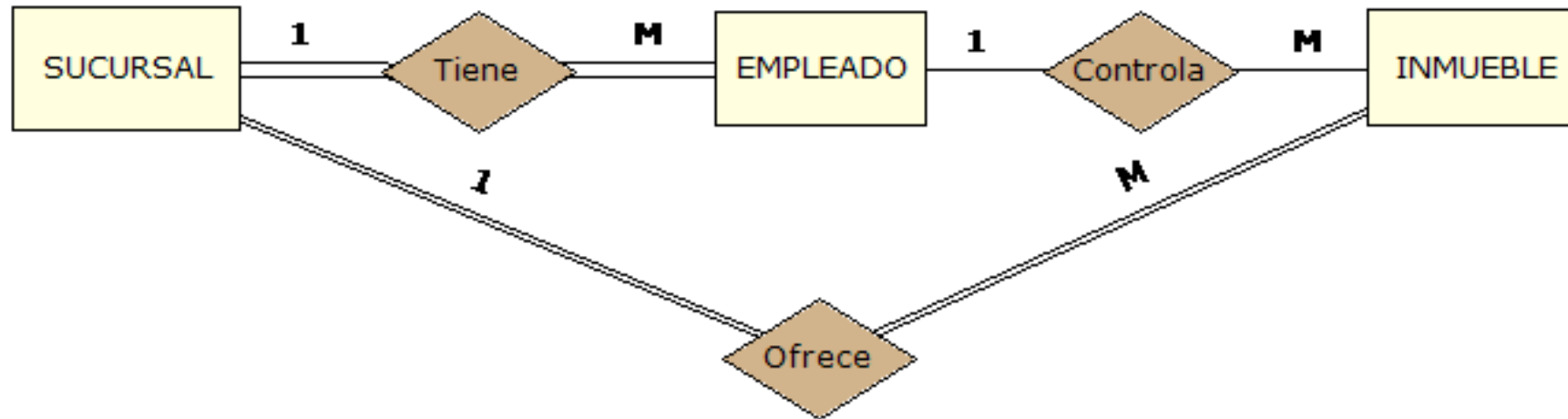
El problema puede surgir si se desea conocer qué inmuebles están disponibles en cada sucursal.



¿En qué sucursal está disponible el inmueble PA14?, se observa que este inmueble no ha sido todavía asignado a algún empleado que trabaje en una sucursal. La incapacidad de responder a esta pregunta se considera una **pérdida de información**.

Trampa de corte

Para resolver este problema, es necesario identificar la interrelación que falta, que en este caso es la interrelación OFRECE entre los tipos de entidades SUCURSAL e INMUEBLE.



Esta solución garantiza que se puedan conocer en todo momento los inmuebles asociados con cada sucursal, incluyendo aquellos inmuebles que todavía no hayan sido asignados a ningún empleado.

Interrelaciones redundantes

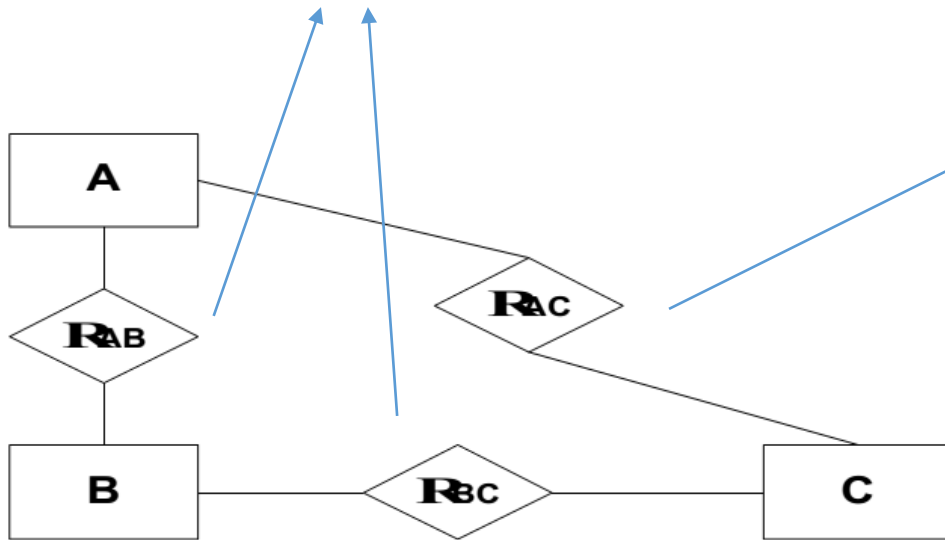
James Dullea and Il-Yeol Song, 1997

R_{AC} es redundante si, la relación compuesta (la que cierra el ciclo completo) representa el mismo concepto y se cumplen las siguientes restricciones de conexión semántica:

- Semánticamente relacionadas
- Sin ambigüedad estructural
- Suficientemente completa

Garantiza que exista transitividad desde A hasta C.

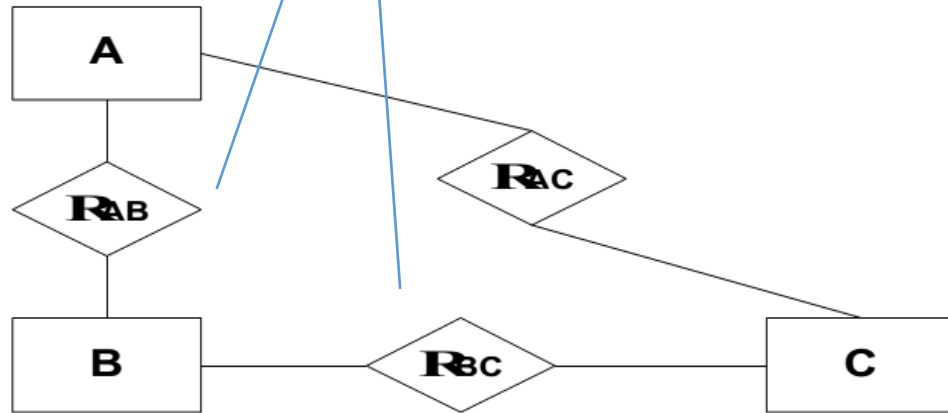
Interrelaciones semánticamente relacionadas a través de la entidad B



Relación
compuesta
 R_{ABC}

Interrelaciones redundantes

Interrelaciones semánticamente relacionadas a través de la entidad B



Relación
compuesta
RABC

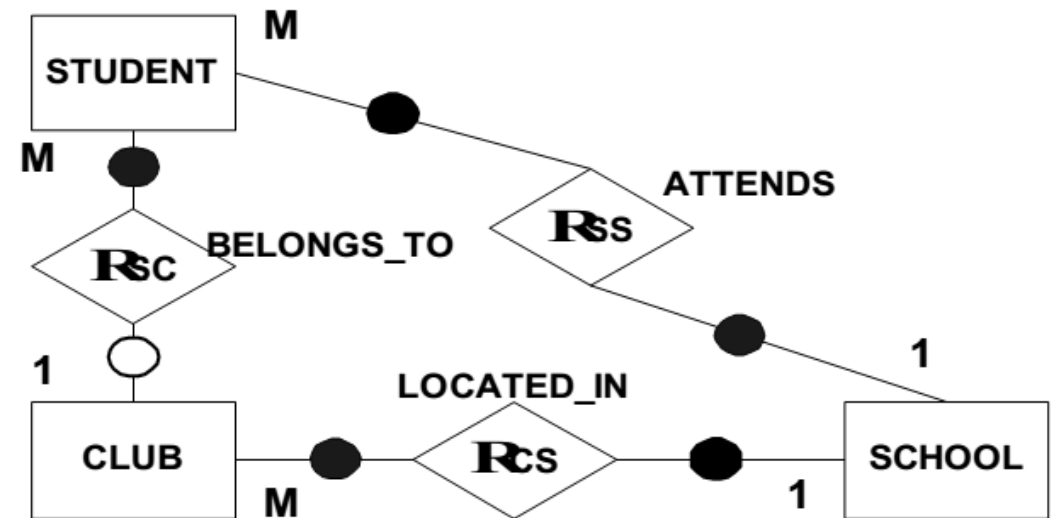
Por cada ocurrencia de la entidad A asociada con una ocurrencia de la entidad B, existe una asociación con una ocurrencia de la entidad C a través de la entidad B, la que transporta la información de conexión de las ocurrencias de la entidad A.

Interrelaciones redundantes

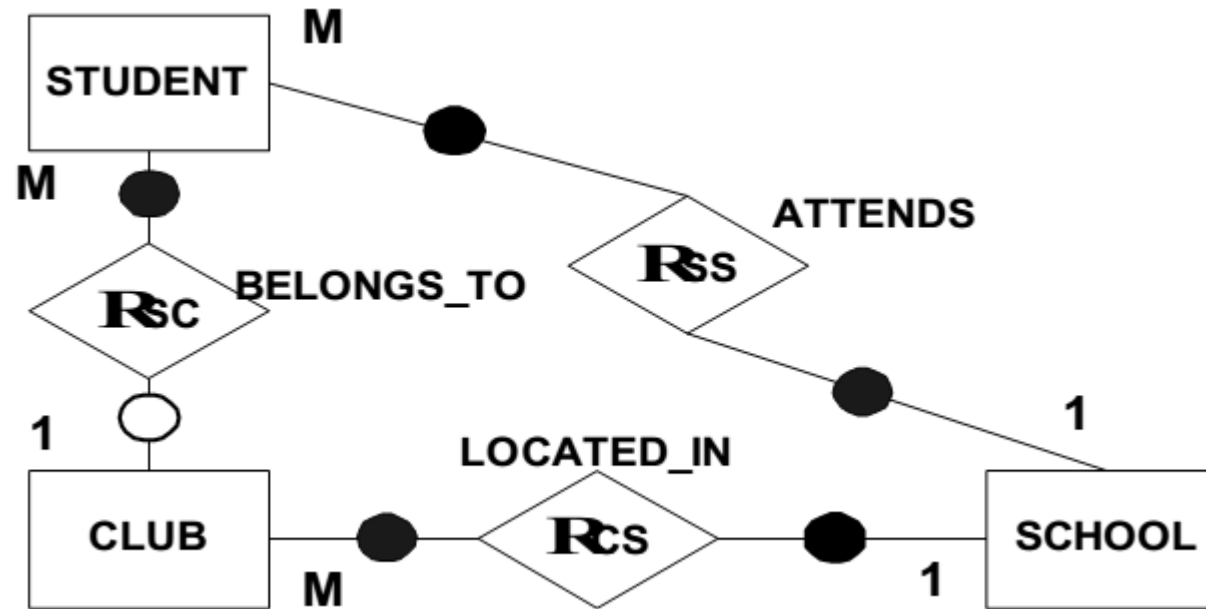
Semánticamente relacionadas: se traslada suficiente información relacionada para establecer la conexión entre los extremos.

Suficientemente completa: todas las instancias de datos pasan entre la entidad intermedia para conceptualmente representar una única relación compuesta entre las entidades de los extremos.

Sin ambigüedad estructural: es posible inferir la conectividad entre las entidades extremas de la interrelación compuesta.



Interrelaciones redundantes



La interrelación “estudiante-escuela” sería redundante si se imponen las siguientes restricciones: todos los estudiantes requieren pertenecer a un club que está asociado solo a las escuelas de los estudiantes.

Interrelaciones redundantes

Reglas para cardinalidades máximas:

- **Regla FAN**: si hay trampas multicapas (interrelaciones M:1-1:M, en las que no se puede determinar si hay relación entre instancias de las entidades extremas) no se puede determinar la redundancia (ambigüedad).
- **Regla muchos a muchos**: Cualquier camino que contenga una interrelación M:N es ambiguo. Existen tres excepciones triviales:
 - 1- R_{AC} es M:N y R_{ABC} es la descomposición de R_{AC} (R_{AB} es 1:M y R_{BC} es M:1)
 - 2- R_{AC} es M:N y la relación R_{AB} es 1:1 y R_{BC} es M:N
 - 3- R_{AC} es M:N y la relación R_{AB} es M:N y R_{BC} es 1:1.

* en todos los casos la participación tiene que ser obligatoria.

Interrelaciones redundantes

Reglas para cardinalidades máximas:

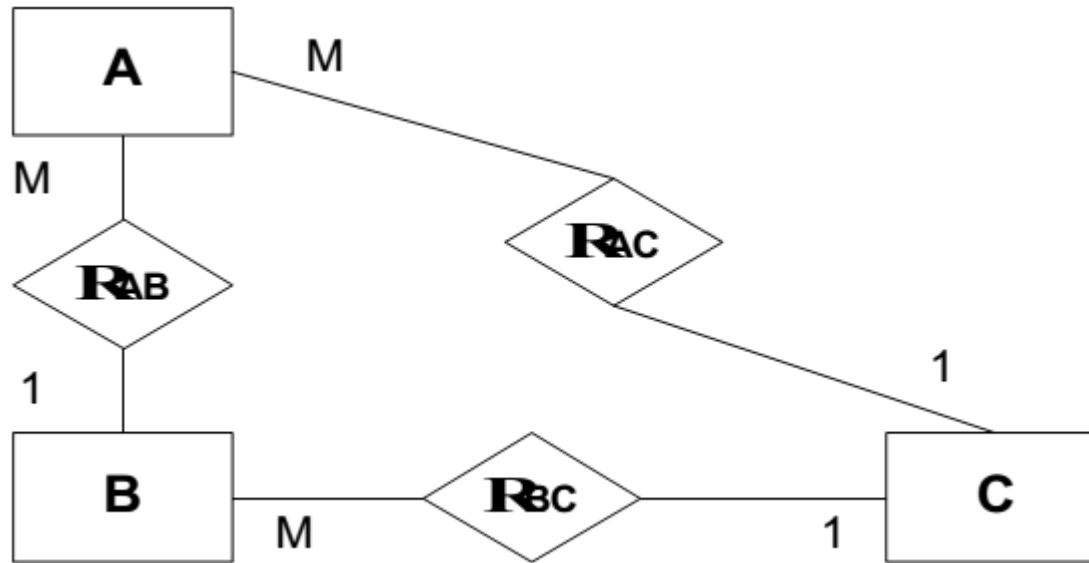
- **Restricción direccional 1 (RD1)**: dos caminos son sospechosamente redundantes si se expanden o contraen en la misma dirección con respecto a la cardinalidad máxima.
- Si la cardinalidad de RAC es M:1; RABC es sospechosamente redundante si su cardinalidad es: M:1-M:1, M:1-1:1 o 1:1-M:1, pues en ambas direcciones hay una contracción. Para este criterio se toman las cardinalidades de las entidades iniciales y terminales de la interrelación compuesta.
- Dos caminos son sospechosamente redundantes si las cardinalidades máximas en las entidades inicial y terminal de cada camino se expanden o contraen en la misma dirección o al menos se mantienen constantes (1:1).

Interrelaciones redundantes

Reglas para cardinalidades máximas:

- **Restricción direccional 2 (RD2)**: Si dos caminos son sospechosamente redundantes y un camino tiene la cardinalidad 1:1, entonces la cardinalidad máxima en el otro camino debe conectarse con las entidades inicial y terminal por su lado 1 (esto se hace para no violar la RD1).
- Es aceptable tener cardinalidades máximas M en las interrelaciones intermedias siempre que la participación sea opcional (cardinalidad mínima 0).

Interrelaciones redundantes

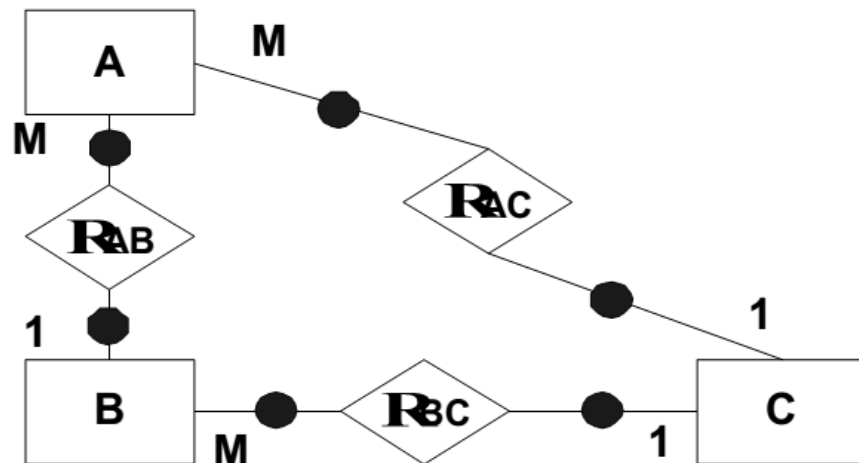


Cumplimiento de reglas para cardinalidades máximas.

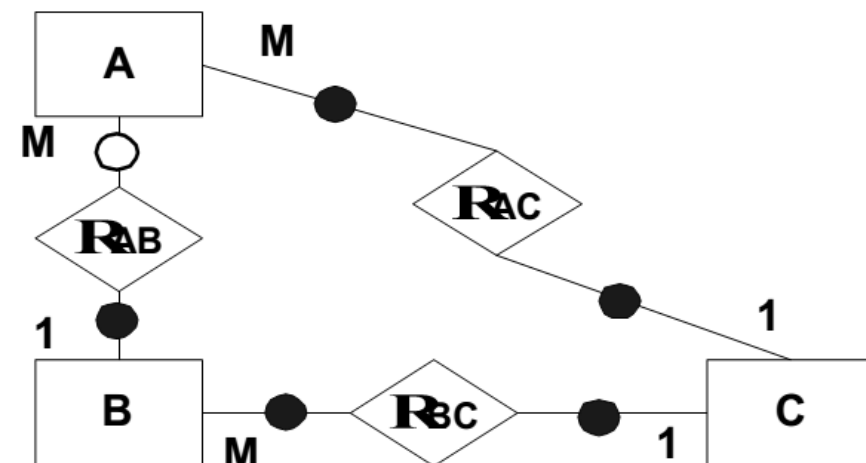
Interrelaciones redundantes

Reglas para cardinalidades mínimas:

- **Regla para las entidades iniciales (REI1):** Cuando la cardinalidad mínima de la entidad que inicia el camino indica participación obligatoria en un subcamino, se requiere que en el otro subcamino indique también participación obligatoria.

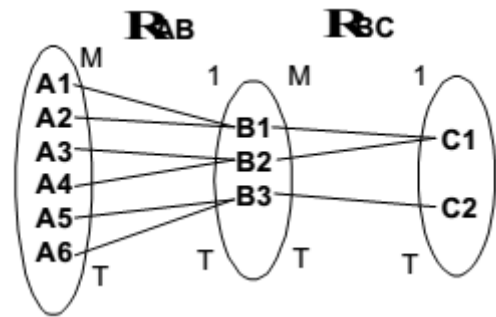


CUMPLE

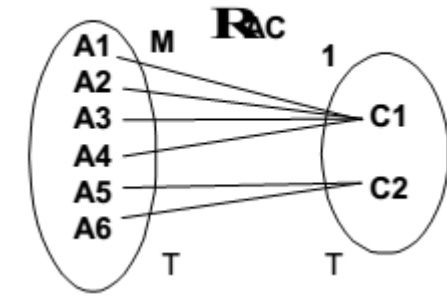
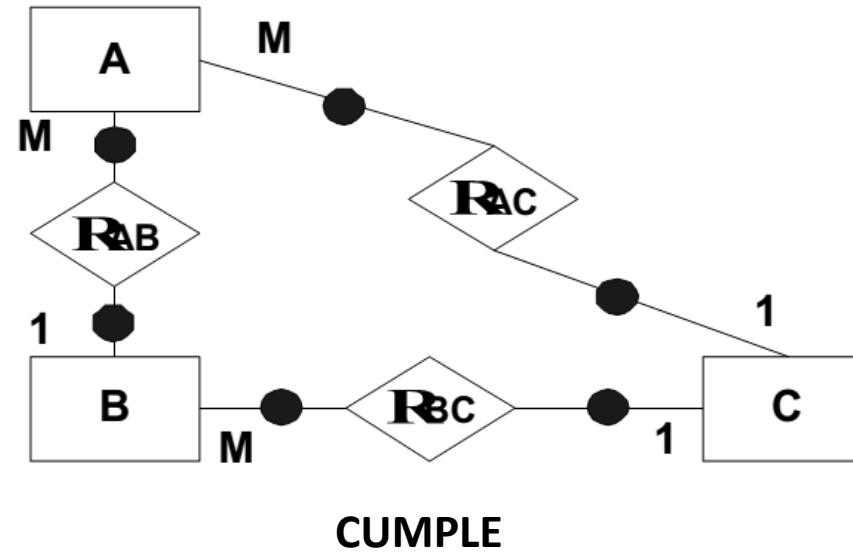


NO CUMPLE

Interrelaciones redundantes

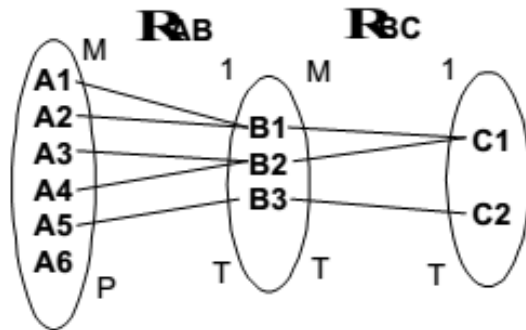


Se muestra una relación compuesta semánticamente relacionada y transitiva entre las entidades A-B y B-C.

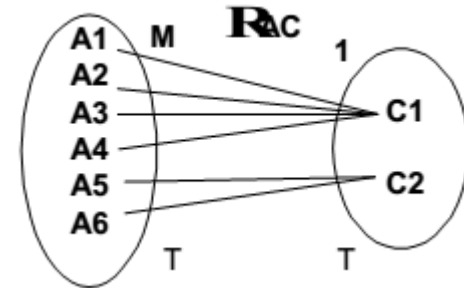
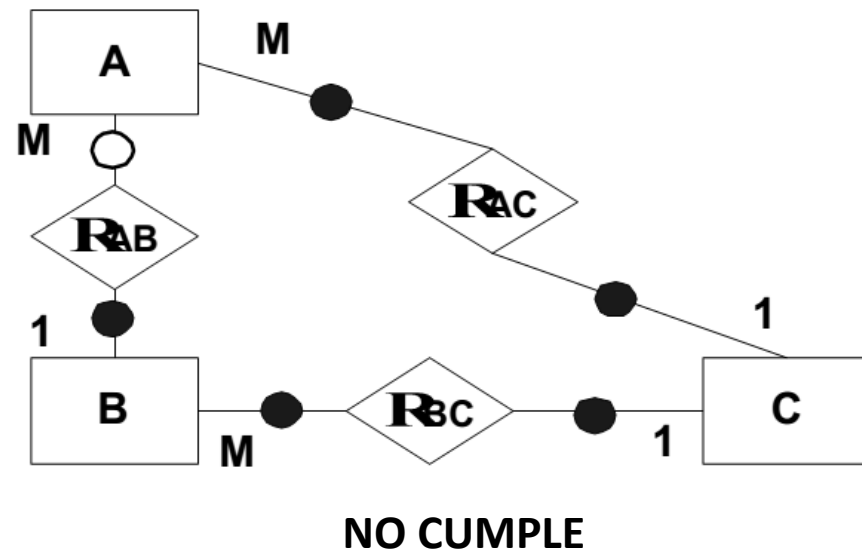


Todas las tuplas de la entidad A participan en la relación R_{AC}

Interrelaciones redundantes



Se muestra una relación compuesta semánticamente relacionada pero no transitiva entre las entidades A-B y B-C.

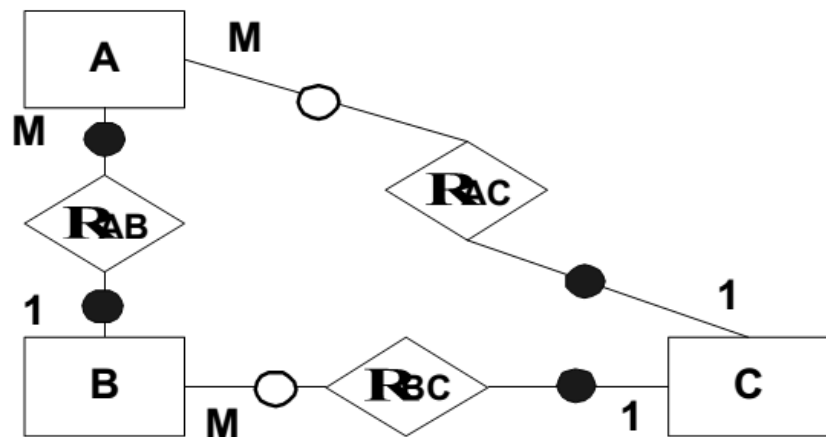


Todas las tuplas de la entidad A participan en la relación R_{AC}

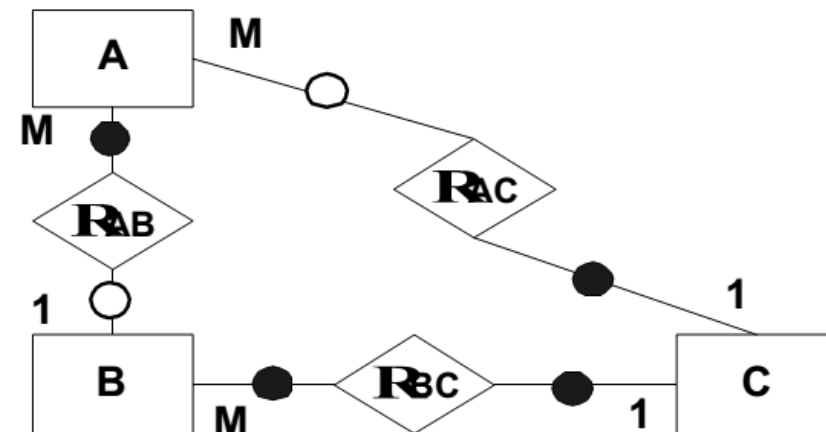
Interrelaciones redundantes

Reglas para cardinalidades mínimas:

- **Regla para las entidades iniciales (REI2):** Cuando la entidad inicial participa parcialmente en un camino, se necesita que en el otro camino la cardinalidad mínima de la entidad que inicia (A) sea parcial o la cardinalidad mínima de la entidad intermedia (B) en el lado mucho sea parcial.

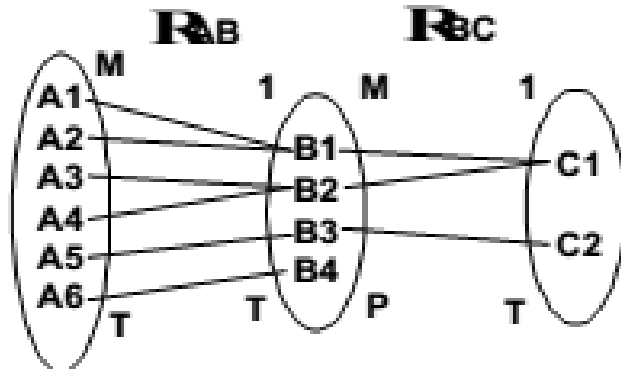


CUMPLE

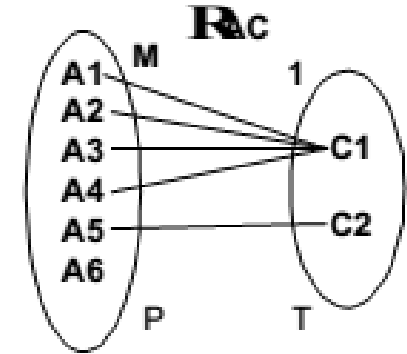
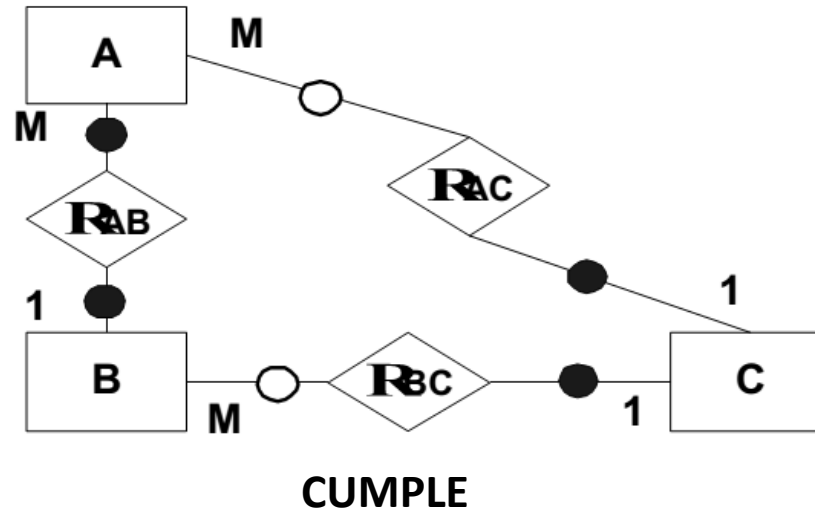


NO CUMPLE

Interrelaciones redundantes

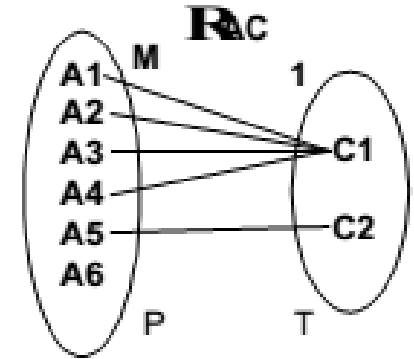
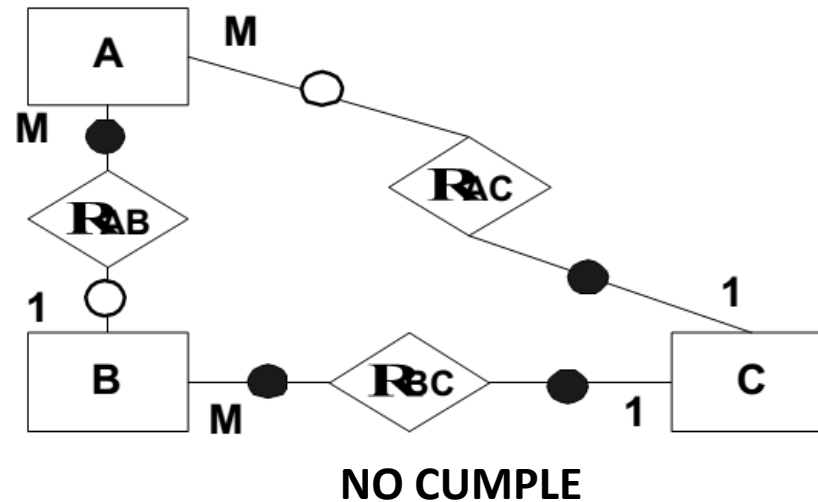
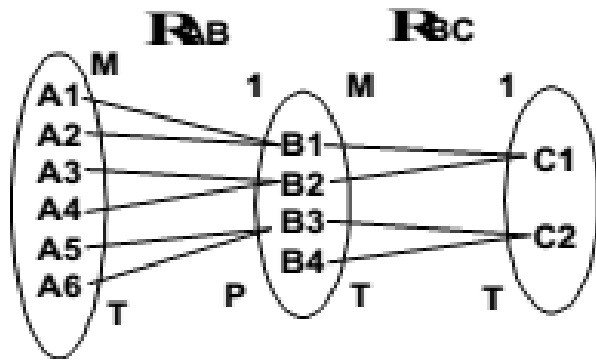


Se muestra una relación compuesta semánticamente relacionada y transitiva completa entre las entidades A-B y B-C. (las tuplas de A fueron mapeadas con sus respectivas tuplas de C)



Solo las tuplas de la 1 a la 5 de la entidad A participan en la relación R_{AC}

Interrelaciones redundantes



Solo las tuplas de la 1 a la 5 de la entidad A participan en la relación RAC

Se muestra una relación compuesta semánticamente no relacionada y transitiva entre las entidades A-B y B-C. (A6 es forzada a participar en la relación RAB con la entidad B, y como B tiene una relación con C de participación obligatoria, la entidad A está forzada a relacionarse con la entidad C.)



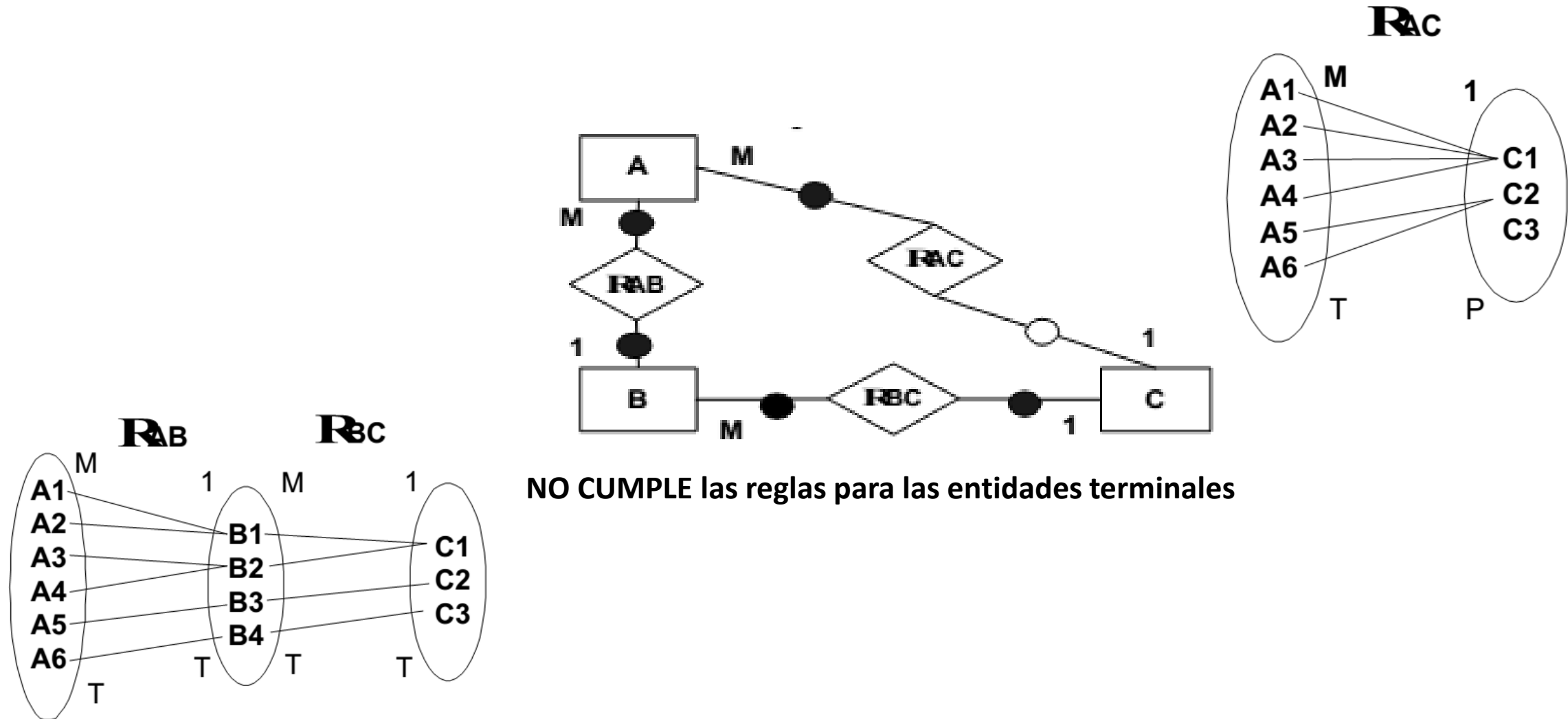
Los dos caminos tienen significados semánticos distintos, por lo que las interrelaciones no son redundantes.

Interrelaciones redundantes

Reglas para cardinalidades mínimas:

- **Regla para las entidades terminales (TER1):** Cuando la cardinalidad mínima de la entidad terminal indica que su participación es obligatoria en un camino, requiere que en el otro camino indique también participación obligatoria.
- **Regla para las entidades terminales (TER2):** Cuando la entidad terminal participa parcialmente en un camino, se necesita que en el otro camino también participe parcialmente o que la entidad intermedia en el lado UNO indique participación parcial.

Interrelaciones redundantes



NO CUMPLE las reglas para las entidades terminales

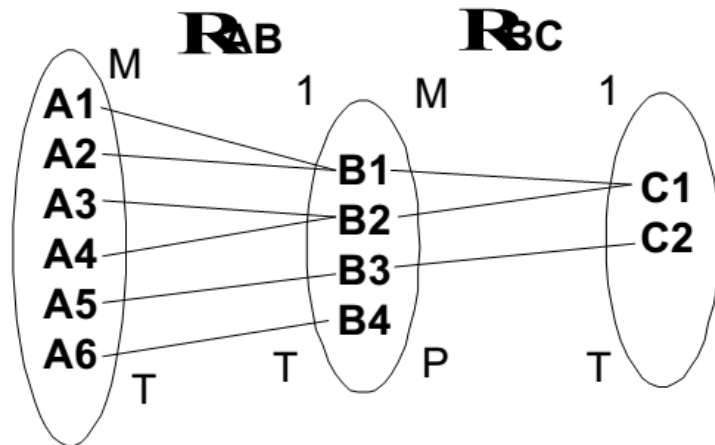
Resultado de las restricciones de participación obligatoria

Interrelaciones redundantes

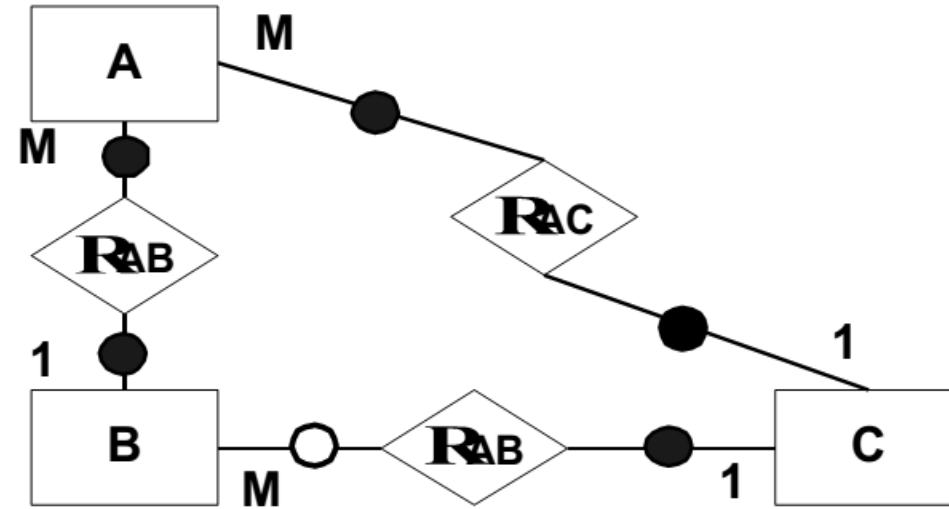
Reglas para cardinalidades mínimas:

- **Regla para las entidades intermedias (MER):** Si la cardinalidad mínima de una entidad intermedia indica participación obligatoria en el lado UNO y participación parcial en el lado MUCHOS, entonces la cardinalidad mínima de la entidad inicial en el camino opuesto debe indicar participación parcial.

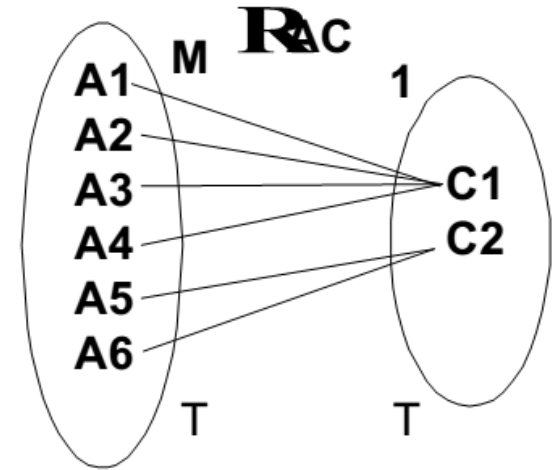
Interrelaciones redundantes



Transitividad incompleta



NO CUMPLE las reglas para las entidades intermedias



Interrelaciones redundantes

Reglas para cardinalidades mínimas:

- **Regla para relaciones 1:1 (11R1):** Si en ambos caminos las interrelaciones son series 1:1 y en un camino la relación terminal es obligatoria, en el otro camino cualquier entidad intermedia no puede ser opcional en el lado de la entidad inicial y obligatoria en el lado de la entidad terminal.
- **Regla para relaciones 1:1 (11R2):** Si solo un camino está conformado por una serie 1:1, entonces en el camino que contenga la interrelación M:1, la relación 1:1 entre la entidad inicial y la intermedia debe ser parcial en el lado de la entidad intermedia.

Interrelaciones redundantes

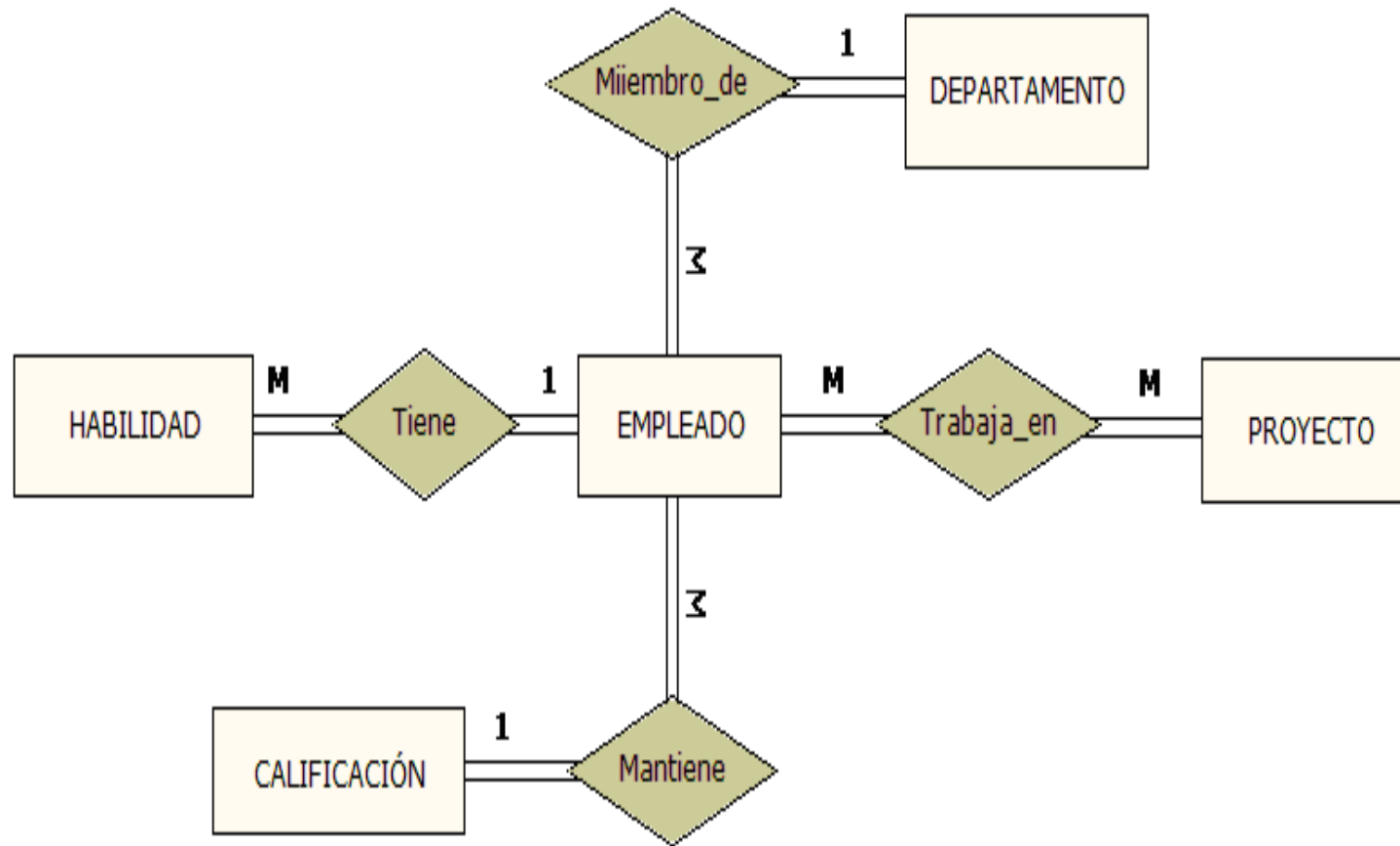
Cmax Group	RAC	RAB	RBC	Rules applied to show ambiguity
1	1 - 1	1 - 1	1 - 1	Unambiguous
2	1 - 1	1 - 1	1 - M	Directional Rule
3	1 - 1	1 - 1	M - 1	Unambiguous
4	1 - 1	1 - 1	M - N	Many-to-Many Rule
5	1 - 1	1 - M	1 - 1	Unambiguous
6	1 - 1	1 - M	1 - M	Directional Rule
7	1 - 1	1 - M	M - 1	Directional Rule
8	1 - 1	1 - M	M - N	Directional Rule
9	1 - 1	M - 1	1 - 1	Directional Rule
10	1 - 1	M - 1	1 - M	Fan Rule, Directional Rule
11	1 - 1	M - 1	M - 1	Directional Rule
12	1 - 1	M - 1	M - N	Fan Rule, Directional Rule
13	1 - 1	M - N	1 - 1	Many-to-Many Rule
14	1 - 1	M - N	1 - M	Fan Rule, Many-to-Many Rule
15	1 - 1	M - N	M - 1	Many-to-Many Rule
16	1 - 1	M - N	M - N	Fan Rule, Many-to-Many Rule
17	M - 1	1 - 1	1 - 1	Directional Rule
18	M - 1	1 - 1	1 - M	Directional Rule
19	M - 1	1 - 1	M - 1	Unambiguous
20	M - 1	1 - 1	M - N	Many-to-Many Rule
21	M - 1	1 - M	1 - 1	Directional Rule
22	M - 1	1 - M	1 - M	Directional Rule
23	M - 1	1 - M	M - 1	Directional Rule
24	M - 1	1 - M	M - N	Directional Rule
25	M - 1	M - 1	1 - 1	Unambiguous
26	M - 1	M - 1	1 - M	Fan Rule
27	M - 1	M - 1	M - 1	Unambiguous
28	M - 1	M - 1	M - N	Fan Rule
29	M - 1	M - N	1 - 1	Many-to-Many Rule
30	M - 1	M - N	1 - M	Fan Rule, Many-to-Many Rule
31	M - 1	M - N	M - 1	Many-to-Many Rule
32	M - 1	M - N	M - N	Fan Rule, Many-to-Many Rule

Cmin Case	RAC M - 1	RAB M - 1	RBC M - 1	Structurally Redundant	Rules Violated
1	0 0	0 0	0 0	YES	
2	0 0	0 0	0 0	YES	
3	0 0	0 0	0 0	NO	IER1
4	0 0	0 0	0 0	NO	IER1
5	0 0	0 0	0 0	NO	TER1
6	0 0	0 0	0 0	NO	TER1
7	0 0	0 0	0 0	NO	IER1
8	0 0	0 0	0 0	NO	IER1
9	0 0	0 0	0 0	NO	MER
10	0 0	0 0	0 0	YES	
11	0 0	0 0	0 0	NO	IER, MER
12	0 0	0 0	0 0	NO	IER1
13	0 0	0 0	0 0	NO	TER1, MER
14	0 0	0 0	0 0	NO	TER1
15	0 0	0 0	0 0	NO	IER1
16	0 0	0 0	0 0	NO	IER1
17	0 0	0 0	0 0	NO	TER2
18	0 0	0 0	0 0	YES	
19	0 0	0 0	0 0	NO	IER1
20	0 0	0 0	0 0	NO	IER1
21	0 0	0 0	0 0	YES	
22	0 0	0 0	0 0	YES	
23	0 0	0 0	0 0	NO	IER1
24	0 0	0 0	0 0	NO	IER1
25	0 0	0 0	0 0	NO	TER2, MER
26	0 0	0 0	0 0	YES	
27	0 0	0 0	0 0	NO	IER1, MER
28	0 0	0 0	0 0	NO	IER1
29	0 0	0 0	0 0	NO	MER
30	0 0	0 0	0 0	YES	
31	0 0	0 0	0 0	NO	IER1, MER
32	0 0	0 0	0 0	NO	IER1

Más información en el artículo: James Dullea and Il-Yeol Song (1997) An Analysis of Cardinality Constraints in Redundant Relationships

Diseño centrado en una entidad

Este caso se presenta cuando hay una concentración de interrelaciones alrededor de una misma entidad.



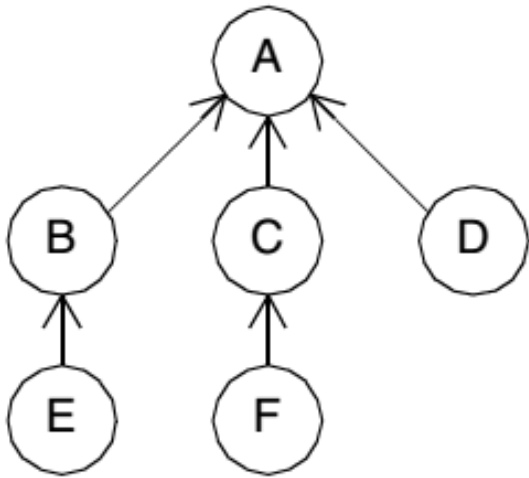
Diseño centrado en una entidad

- En este caso, para obtener información relativa a las entidades, es necesario navegar a través del tipo de entidad EMPLEADO. Este diseño permite responder consultas relacionadas con empleados, pero no es posible asociar habilidades con proyectos, y no se garantiza que la calificación del empleado esté asociada a sus habilidades, etc.
- La solución que se propone es también reestructurar el diagrama y/o añadir interrelaciones (combinación de las anteriores).

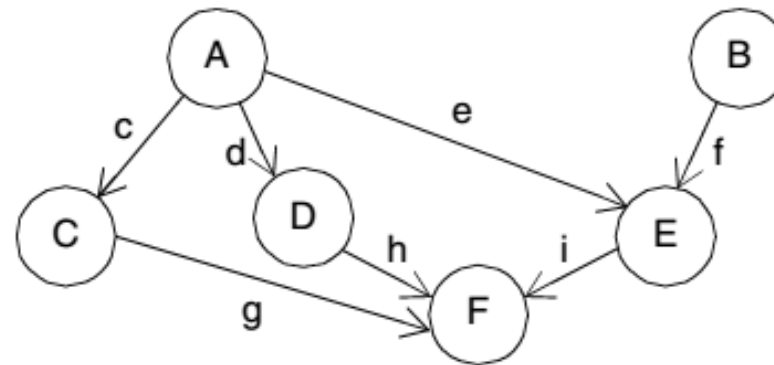
Patrones de diseño

Modelo Entidad Relación

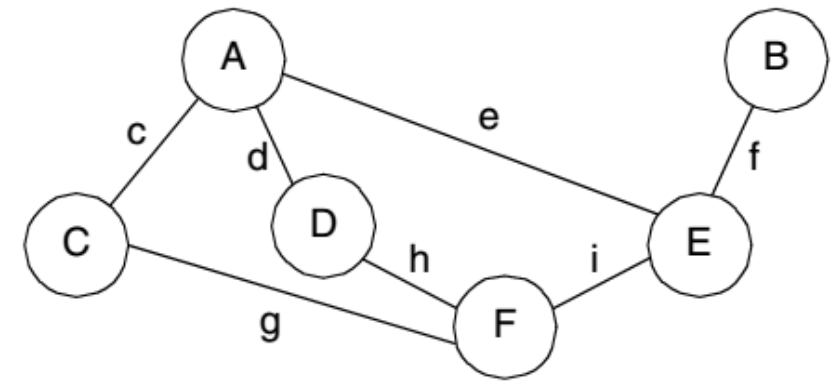
Patrones de diseño



Patrones de diseño para
árboles



Patrones de diseño para
grafos dirigidos

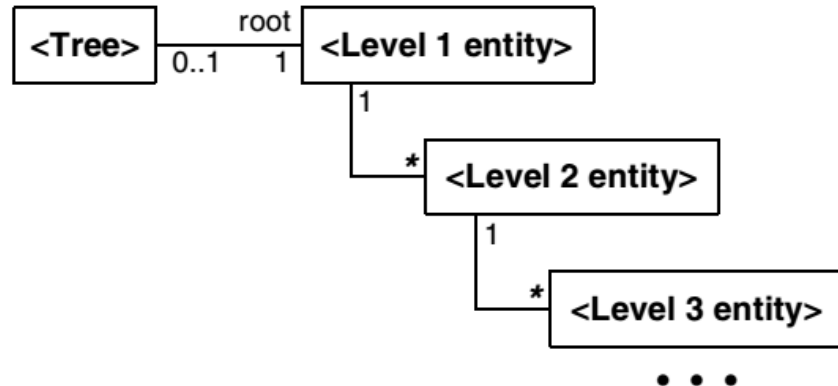


Patrones de diseño para
grafos no dirigidos

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

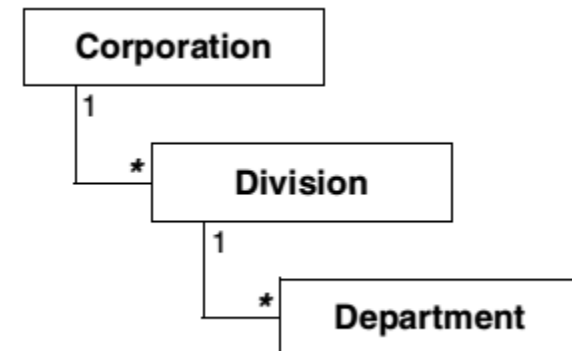
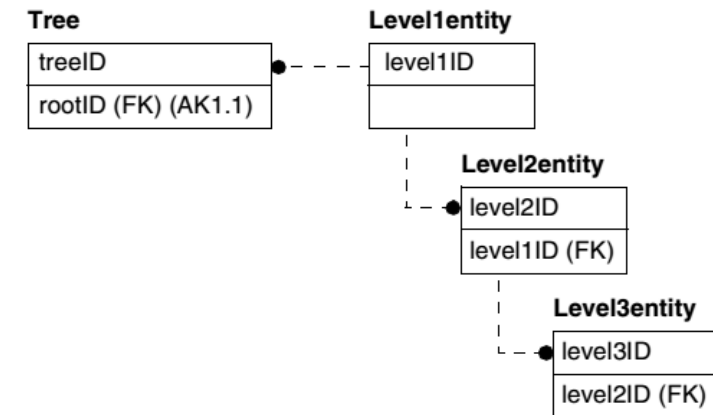
Árbol fuertemente codificado



Empleado cuando la estructura es bien conocida, poco probable que cambie (si cambia rompe la estructura de la base de datos) y es importante forzar la secuencia de tipos en los niveles de la jerarquía.



Notación IDEF1X

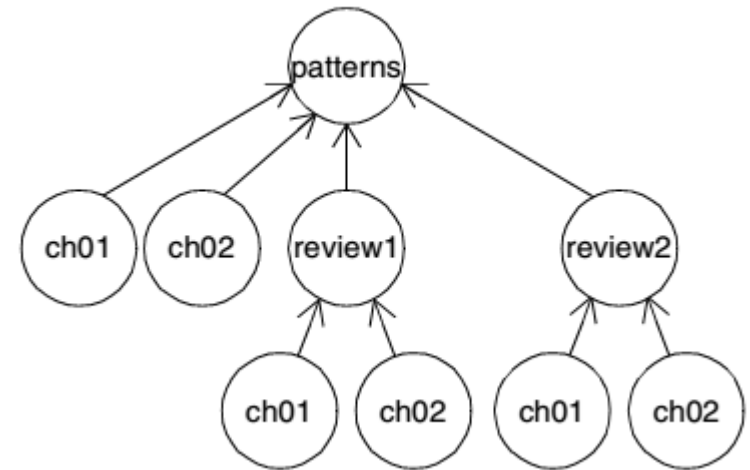
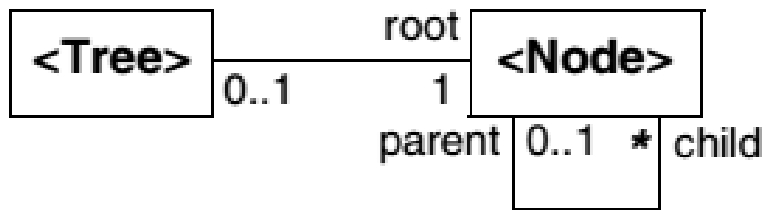


Ejemplo de uso

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Árbol simple

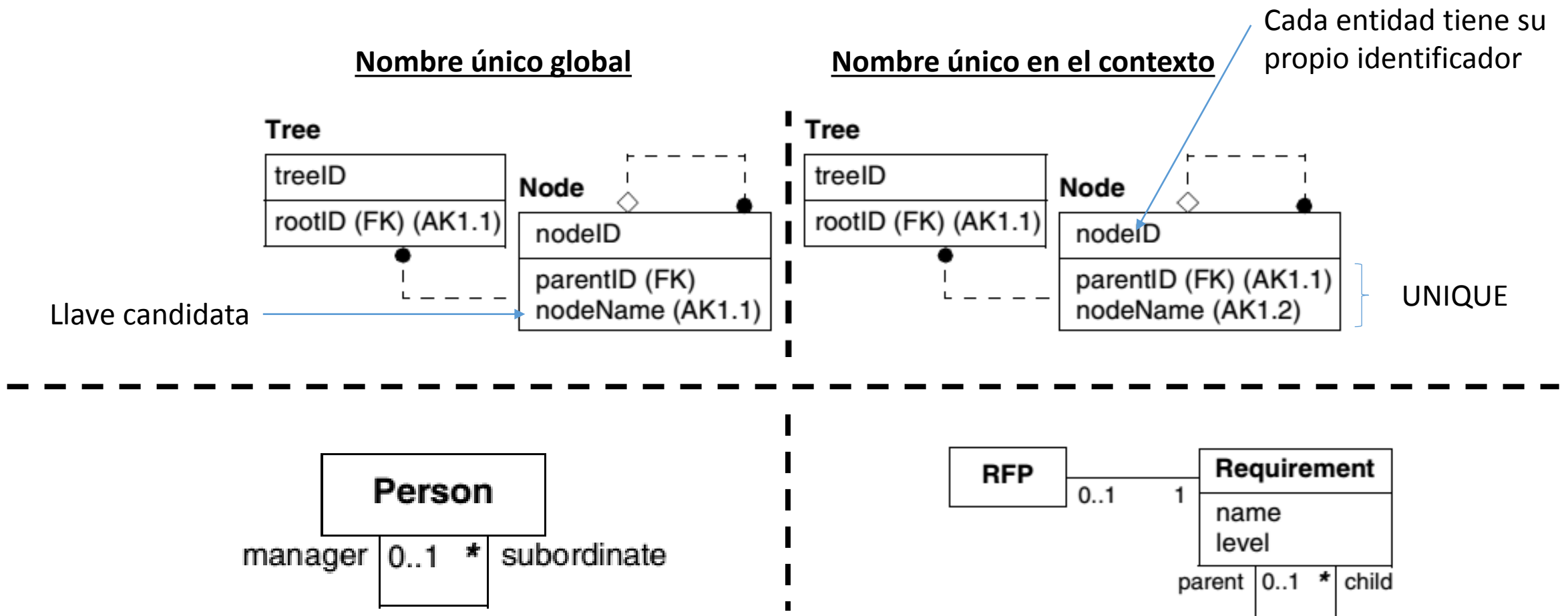


Todos los nodos son iguales y la descomposición es meramente para estructurar los datos.
Todos los nodos tienen un padre excepto el nodo raíz. No permite ciclos.

Hay dos variantes para este tipo de árboles: los nombres son únicos en todo el árbol o los nombres son únicos dentro del contexto.

Modelo Entidad Relación

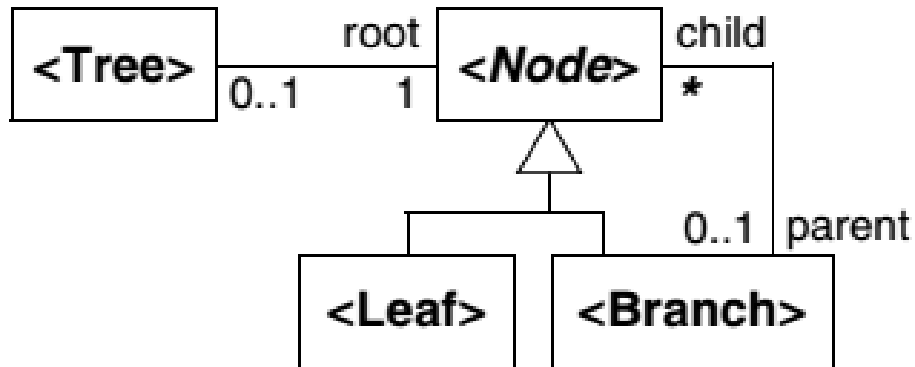
Árbol simple



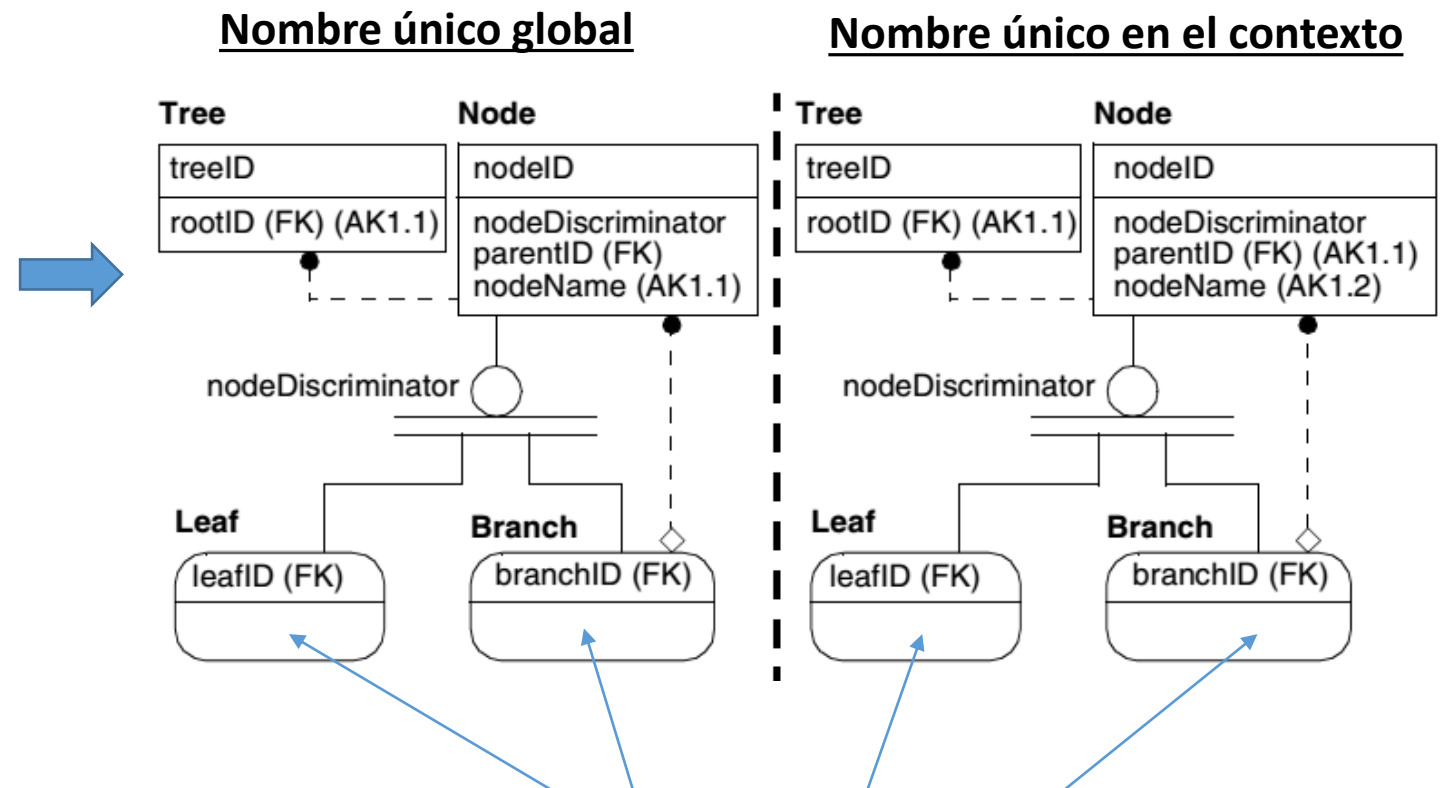
Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Árbol estructurado



Árbol en el que es necesario diferenciar los nodos que están en ramas de los nodos hojas puesto que tienen distintos atributos, relaciones o semántica diferente. Todos los nodos tienen un padre excepto el nodo raíz. No permite ciclos.

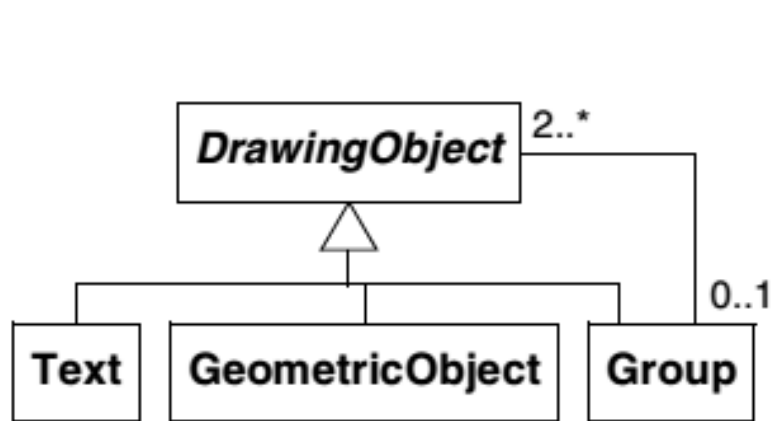


Pueden tener atributos adicionales

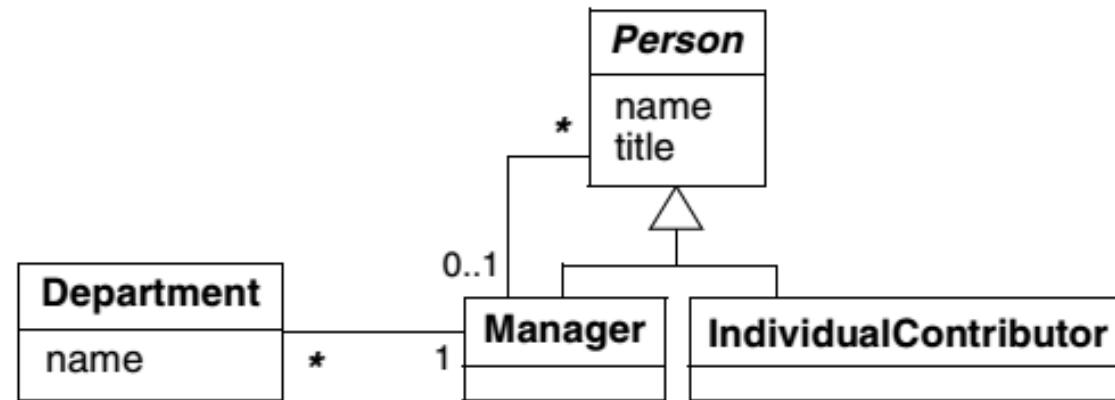
Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Árbol estructurado (ejemplos de uso)



Editor gráfico

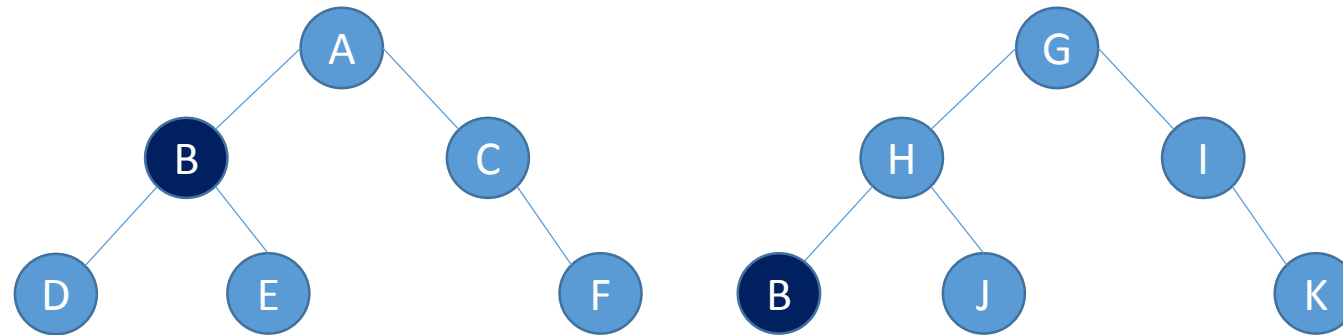


Todas las personas tienen un jefe excepto el CEO. Solo los ejecutivos pueden estar a cargo de departamentos

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Árboles solapados

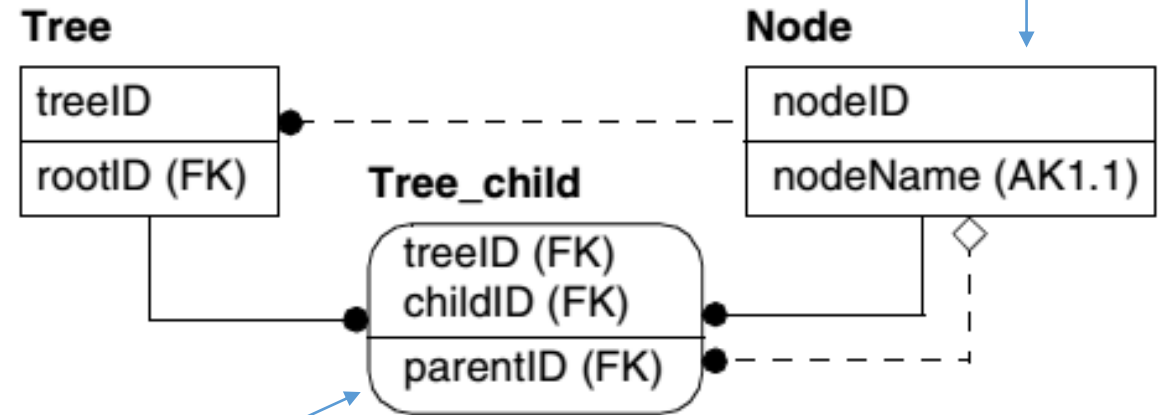
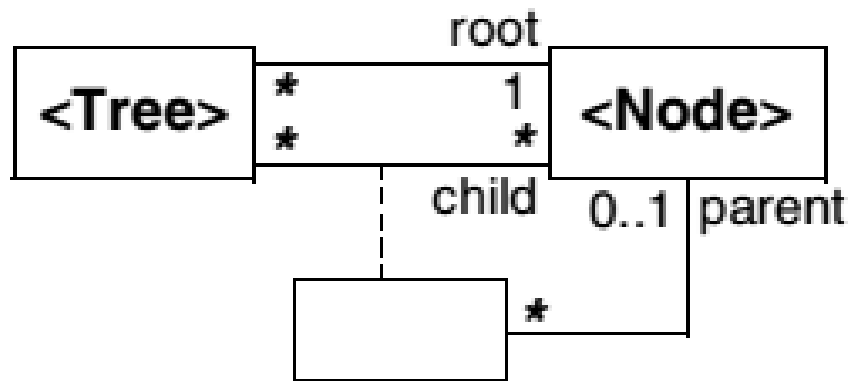


En este tipo de árbol un nodo puede pertenecer a varios árboles. Un nodo puede ser la raíz de varios árboles. Se debe incluir la estructura árbol de manera explícita (no requerida en los patrones anteriores) para poder diferenciar un árbol de otro. Los nombres de los nodos son únicos globales.

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Árboles solapados



Representa un
nodo cualquiera,
único, que pudiera
ser raíz de un
árbol



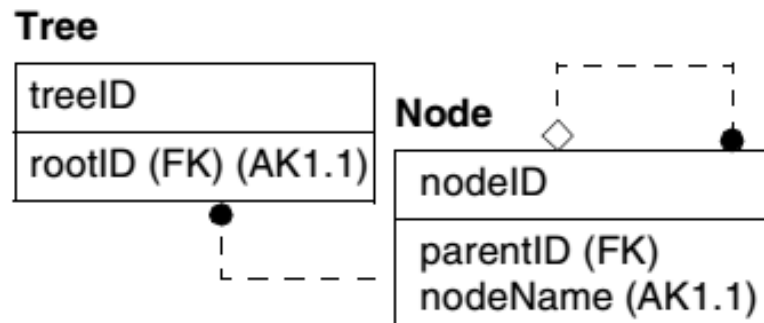
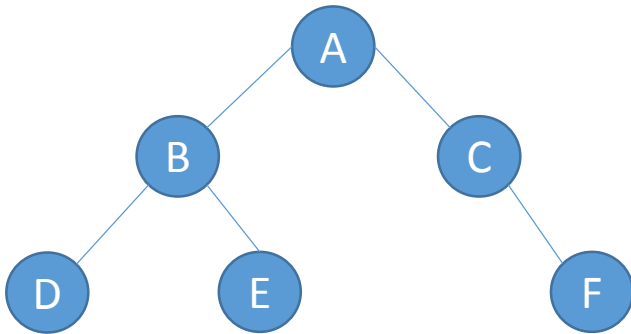
Árboles solapados

Un nodo puede pertenecer a muchos
árboles y en cada árbol tiene un padre
(que también es un nodo de ese árbol)
a menos que sea nodo raíz.

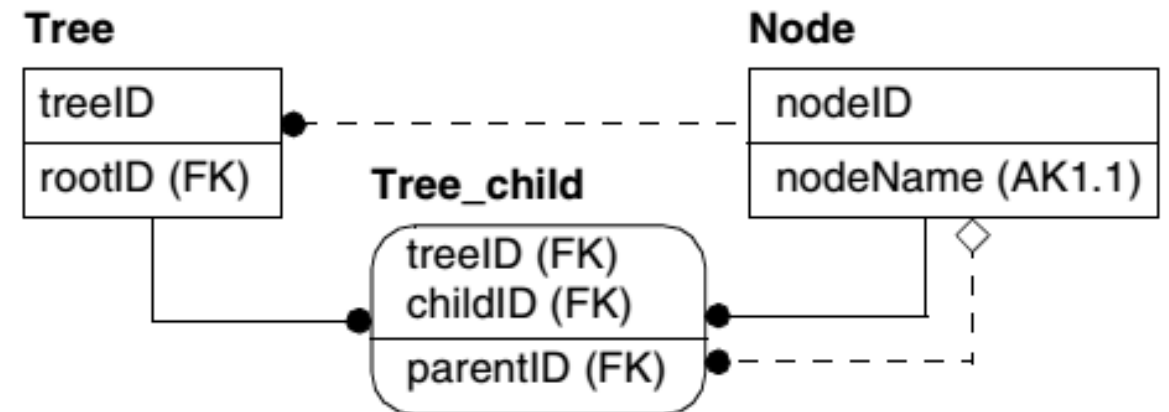
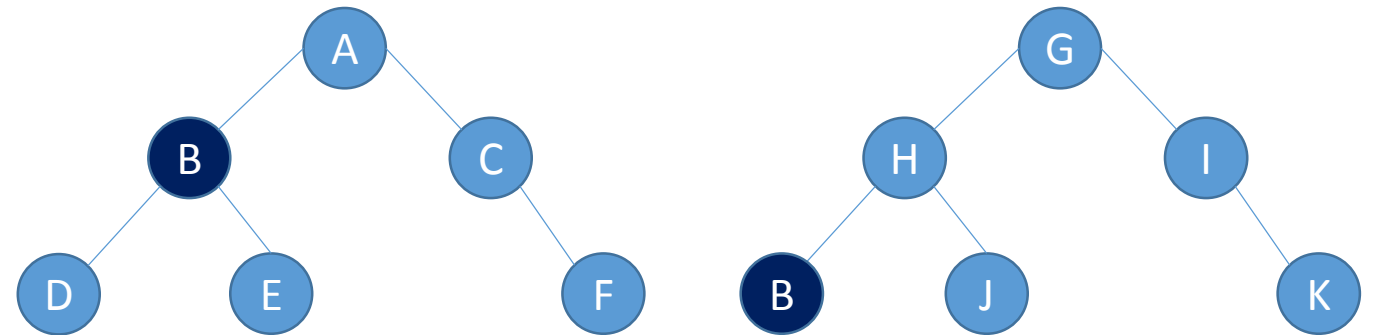
Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Árboles solapados



Árbol simple

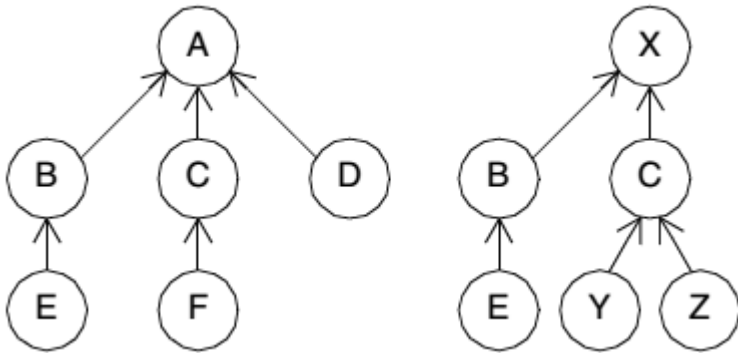


Árboles solapados

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Árboles solapados



Ejemplo: un mismo elemento pertenece a varias jerarquías con elementos de su tipo.

Node table

node ID	node Name
1	A
2	B
3	C
4	D
5	E
6	F
7	X
8	Y
9	Z

Tree_child table

tree ID	child ID	parent ID
1	1	
1	2	1
1	3	1
1	4	1
1	5	2
1	6	3

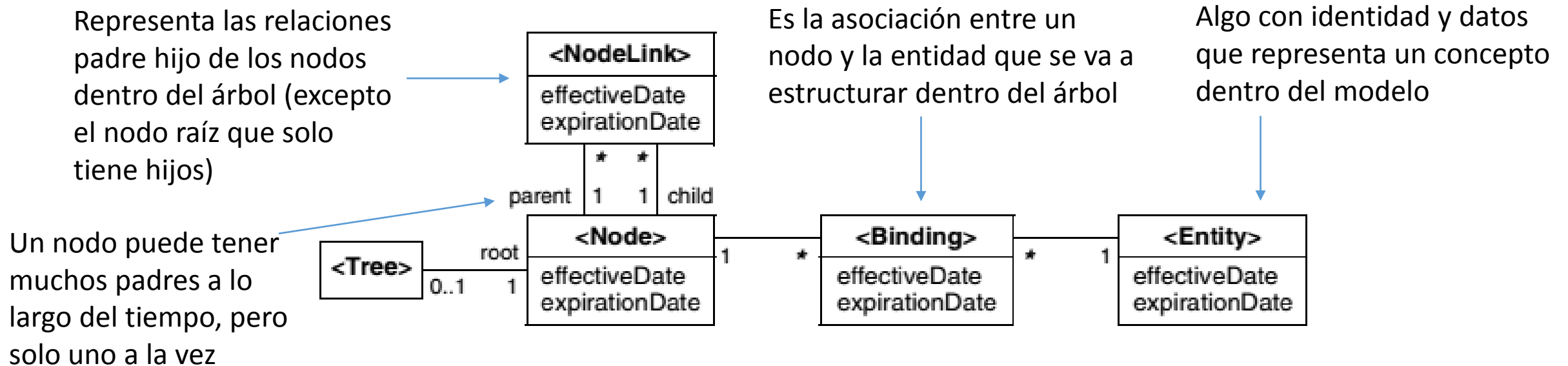
Tree_child table (cont)

tree ID	child ID	parent ID
2	7	
2	2	7
2	3	7
2	5	2
2	8	3
2	9	3

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Árboles que cambian en el tiempo



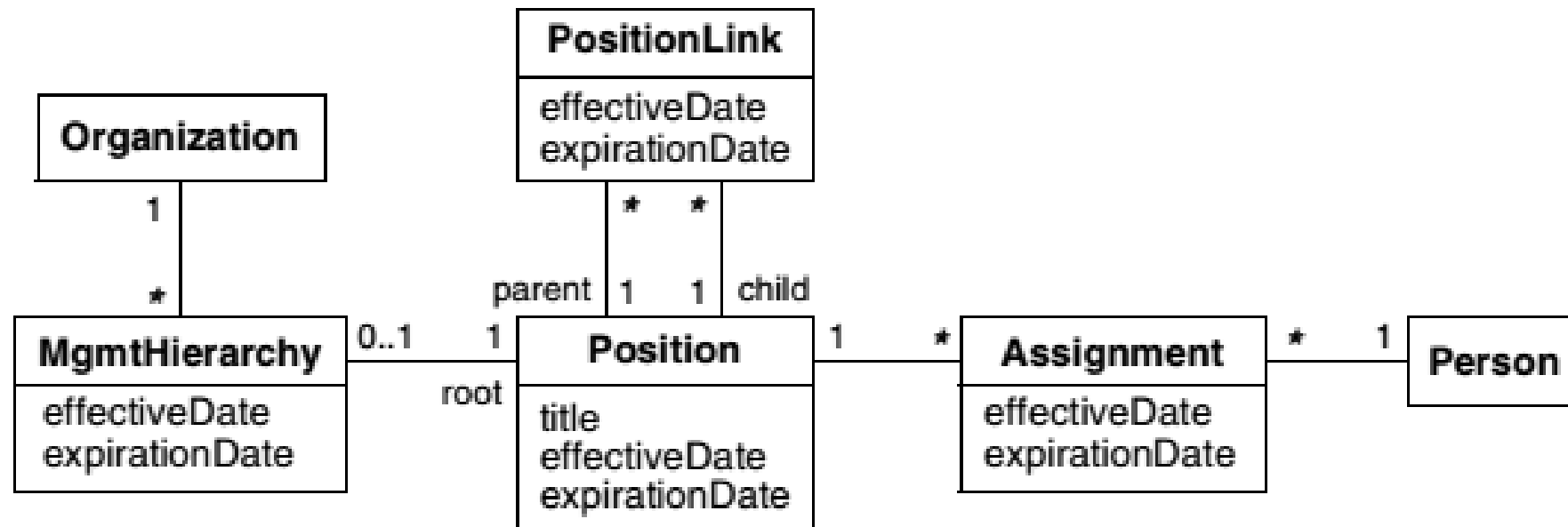
Para almacenar tanto el árbol como la historia de los cambios que ha ido sufriendo en el tiempo. Es necesario para ello separar la entidad de la posición que ha ido teniendo en el árbol.

Este modelo no obliga a que la estructura sea un árbol, si fuera necesario, esto se lograría con restricciones a nivel de aplicación.

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Árboles que cambian en el tiempo



Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Árboles que cambian en el tiempo

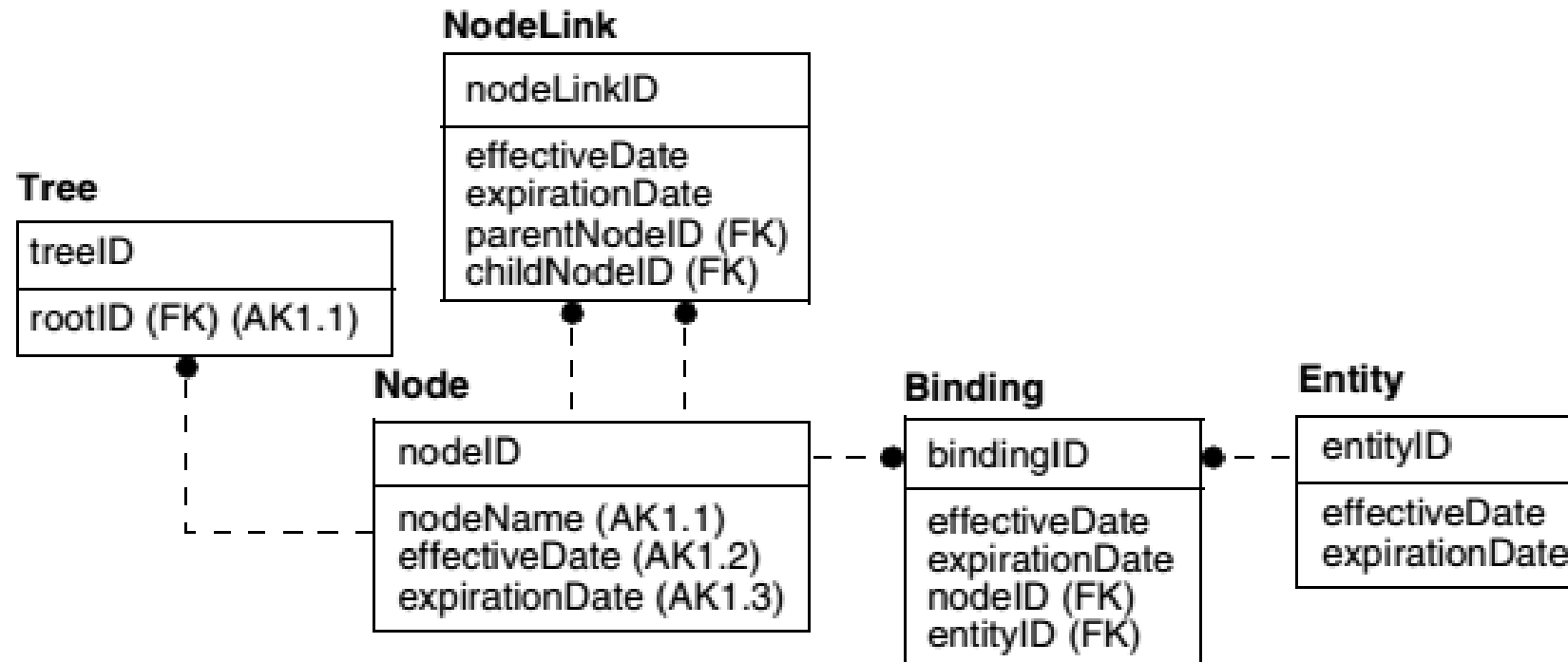
Razones por las que cambia un árbol en el tiempo:

- Personas que entran y salen de la compañía.
- Promociones y demociones dentro de la compañía.
- Reestructuración de la cadena de mando.
- Una persona puede tener múltiples posiciones en el transcurso del tiempo.

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

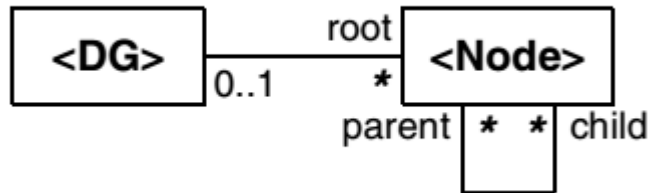
Árboles que cambian en el tiempo



Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

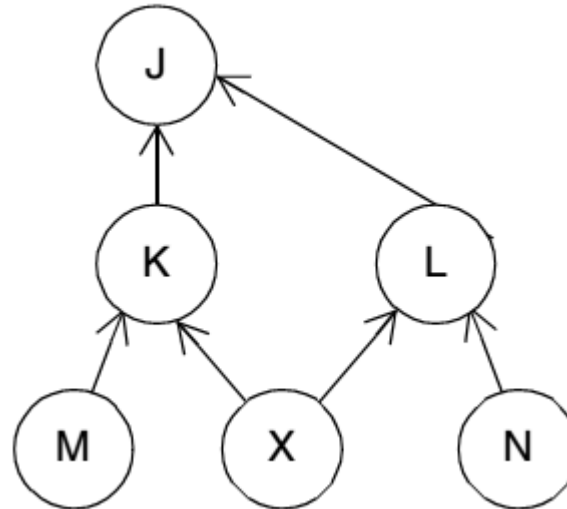
Grafo dirigido simple



Es un árbol simple, pero con las restricciones de multiplicidad relajadas (múltiples raíces y nodos con múltiples padres).

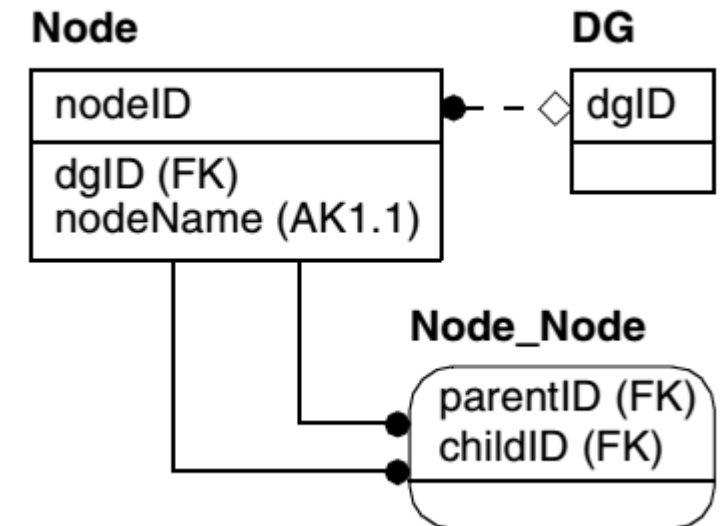
Todos los nodos tienen padres, excepto los nodos raíz. No permiten ciclos.

La distinción entre padre e hijo causa la sensación de dirección.



Ejemplos:

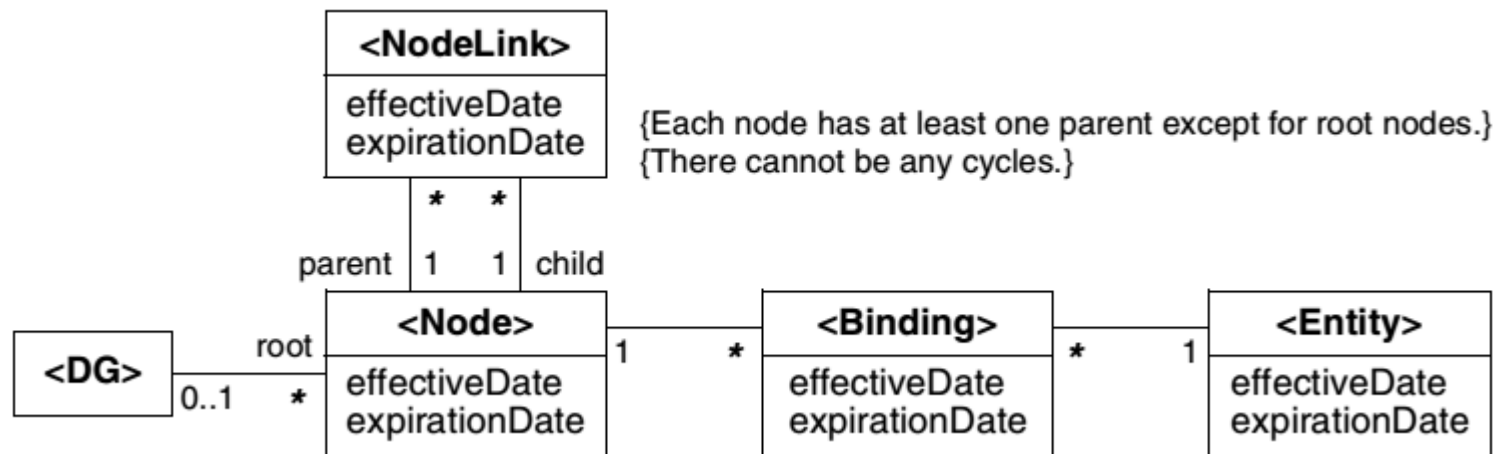
1. árbol genealógico
2. relaciones de subordinación múltiple



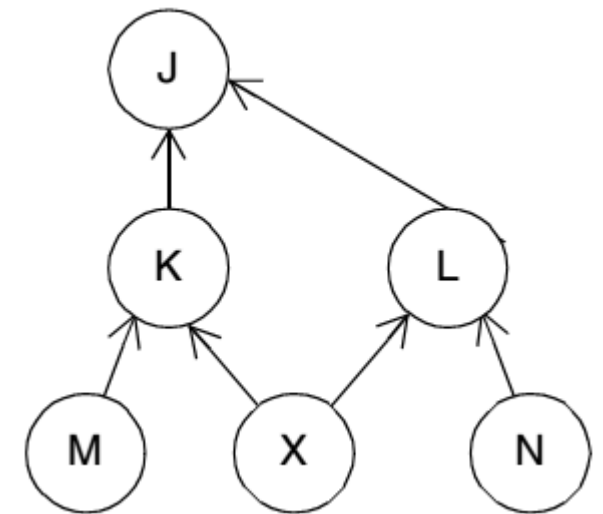
Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Grafo dirigido simple que cambia con el tiempo



Similares propiedades que el grafo dirigido simple, con la posibilidad de registrar los cambios en la estructura y en las posiciones que pueden ocurrir en el grafo.



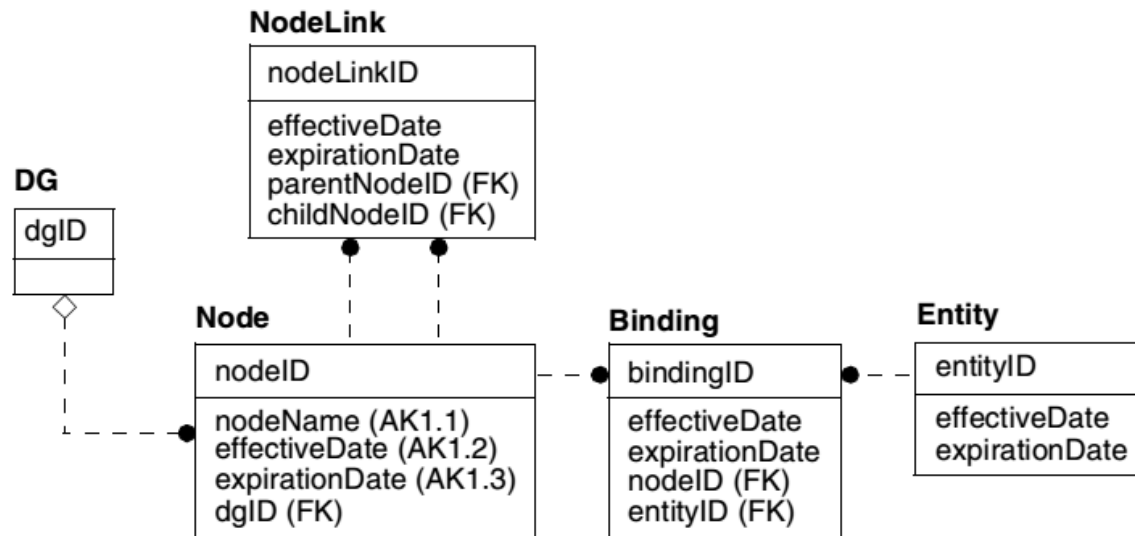
Ejemplos:

1. relaciones de subordinación múltiple

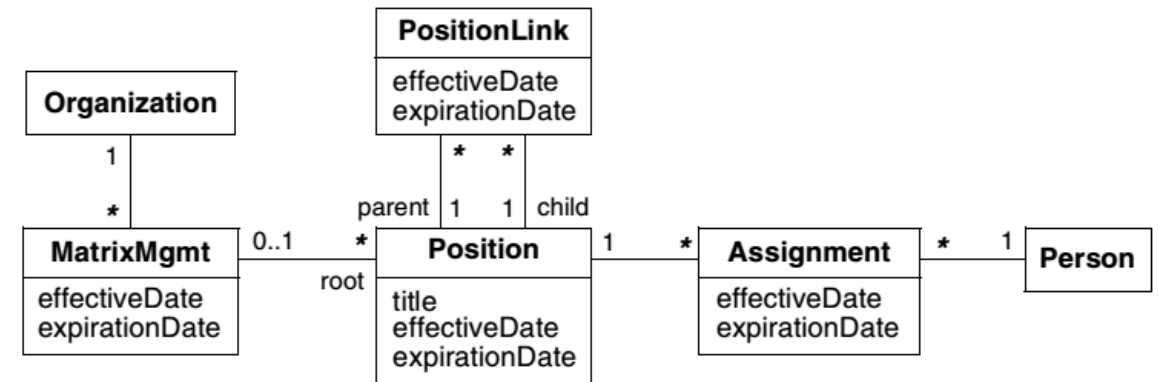
Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Grafo dirigido simple que cambia con el tiempo



Estructura genérica en IDEF1X

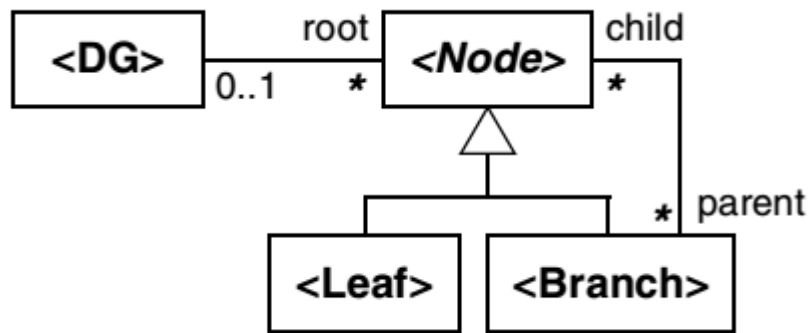


Ejemplo: matriz de subordinación

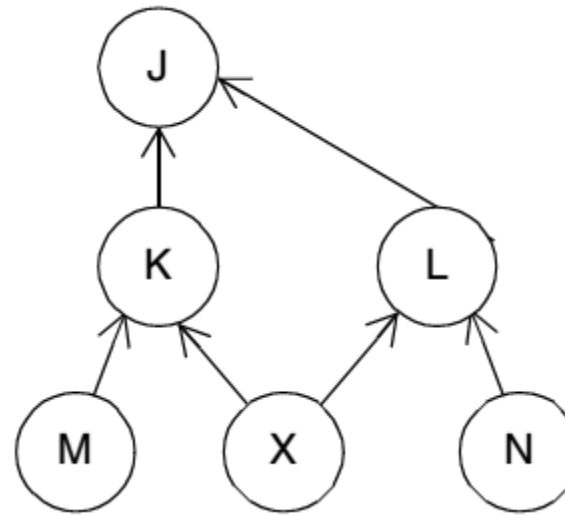
Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Grafo dirigido estructurado

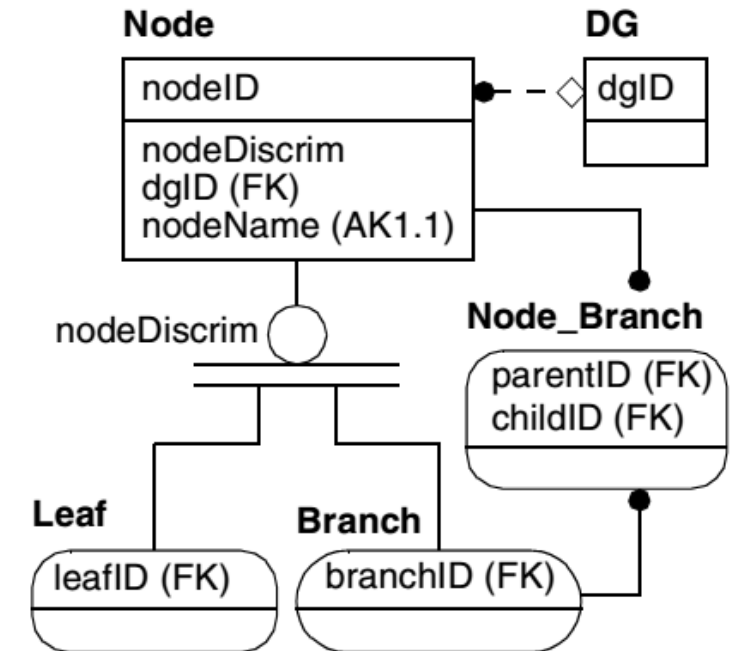


Diferencia aquellos nodos ubicados en ramas y en hojas, por tener distintos atributos, relaciones y/o semántica.



Ejemplos:

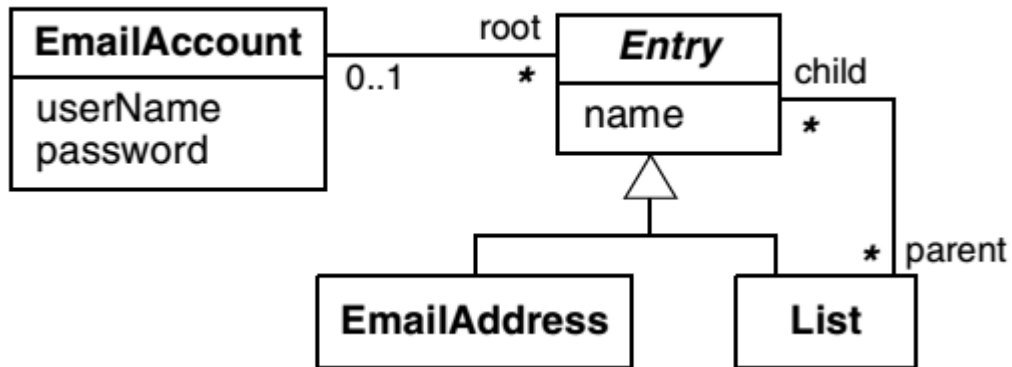
1. árbol genealógico
2. relaciones de subordinación múltiple
3. listas de correo



Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Grafo dirigido estructurado

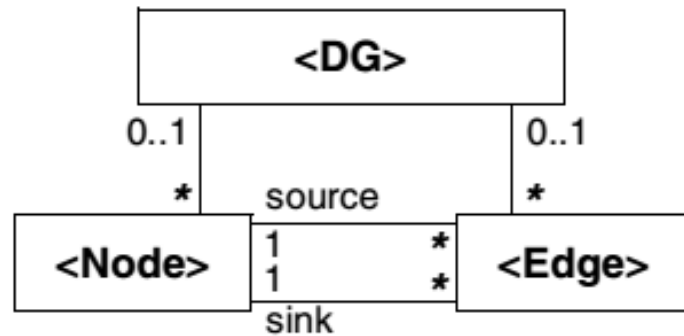


friends list	family list	colleagues list
family list	Jim B	Bill P
colleagues list	Barb B	Paul B
Mike E	Ron B	Serge T
Ed S	Karen B	Neil C
Mark L	Jean B	
Bill P		
Paul B		

Modelo Entidad Relación

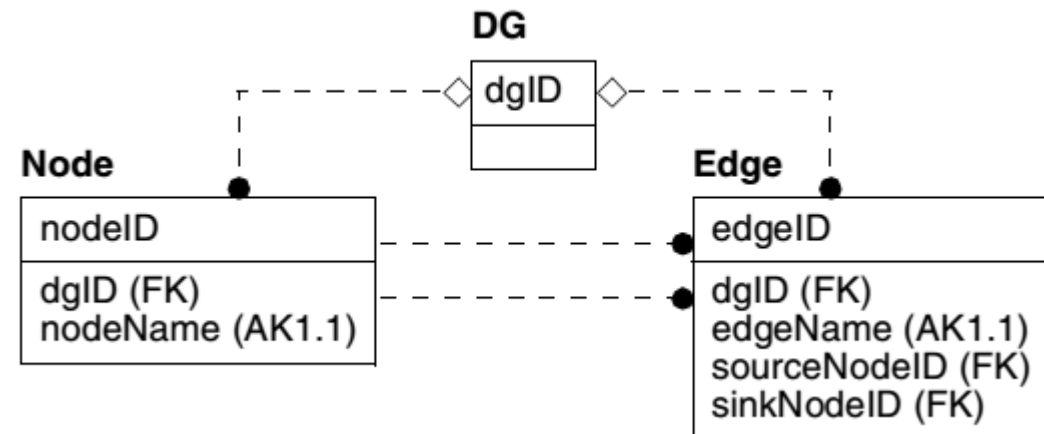
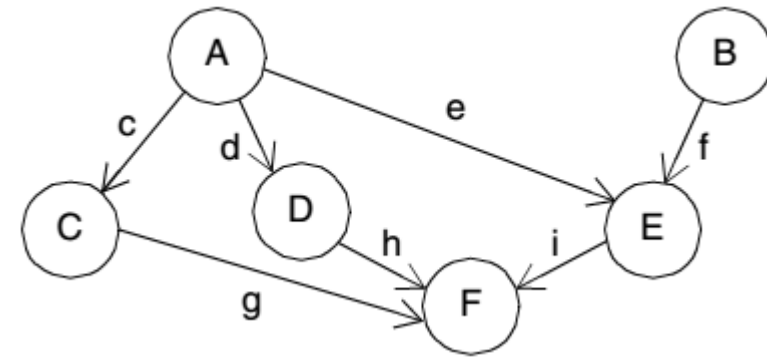
Patrones de diseño

Grafo dirigido de arcos y nodos



Empleado cuando tanto los nodos como los arcos soportan información. Esta estructura soporta cualquier grafo dirigido. Permite ciclos. Los nombres de los nodos son únicos.

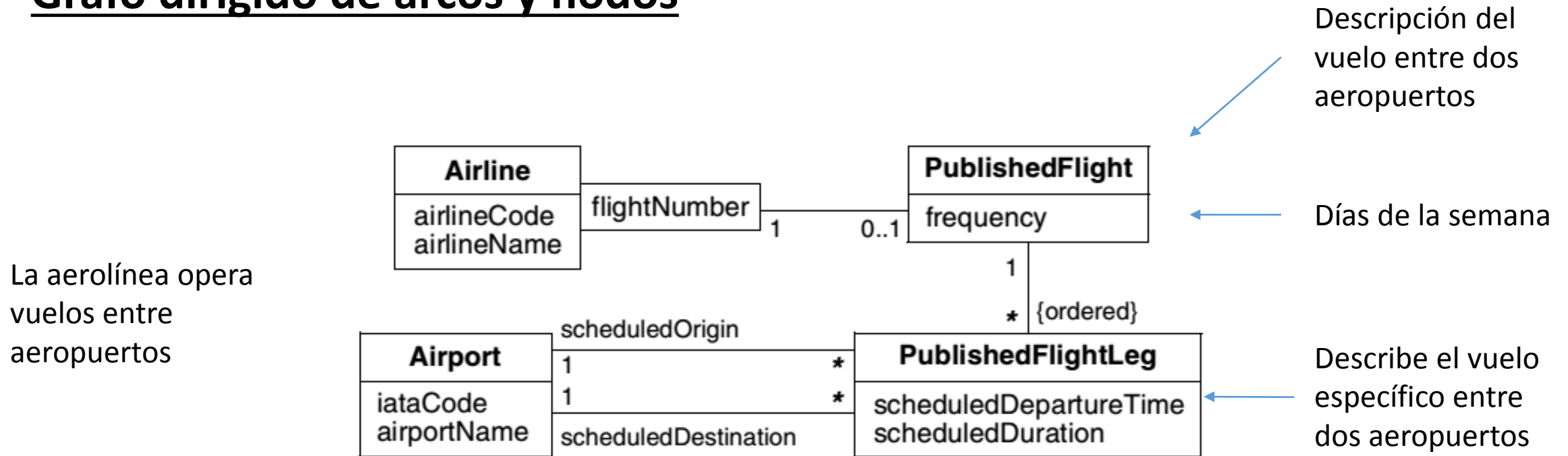
Es la representación más común.



Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Grafo dirigido de arcos y nodos

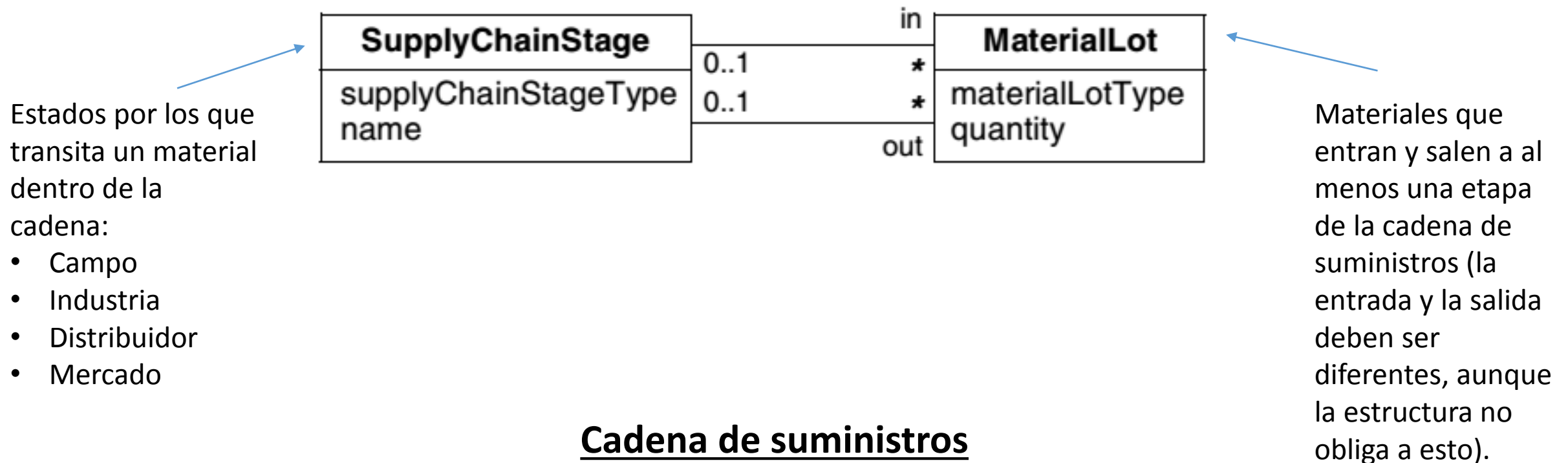


Vuelos entre aeropuertos

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

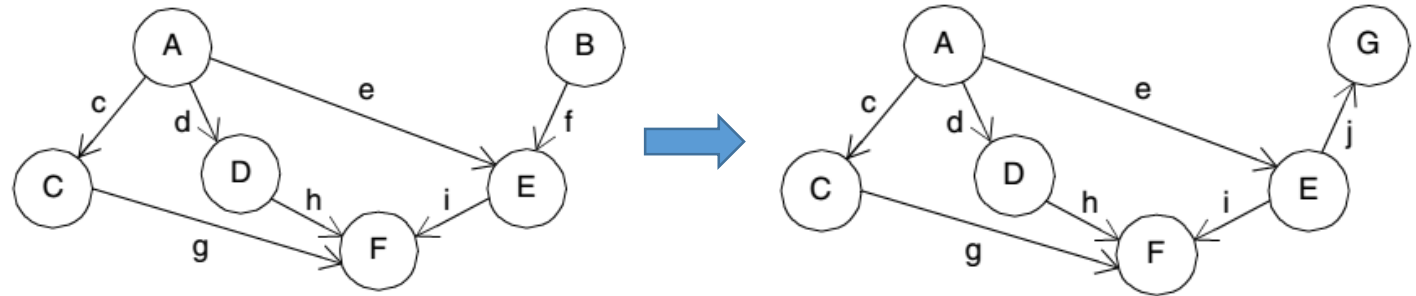
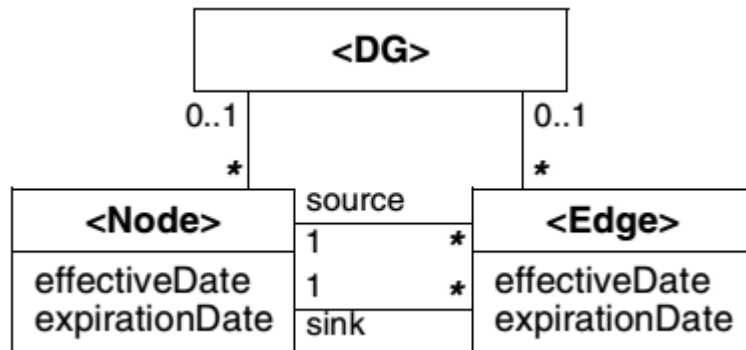
Grafo dirigido de arcos y nodos



Modelo Entidad Relación

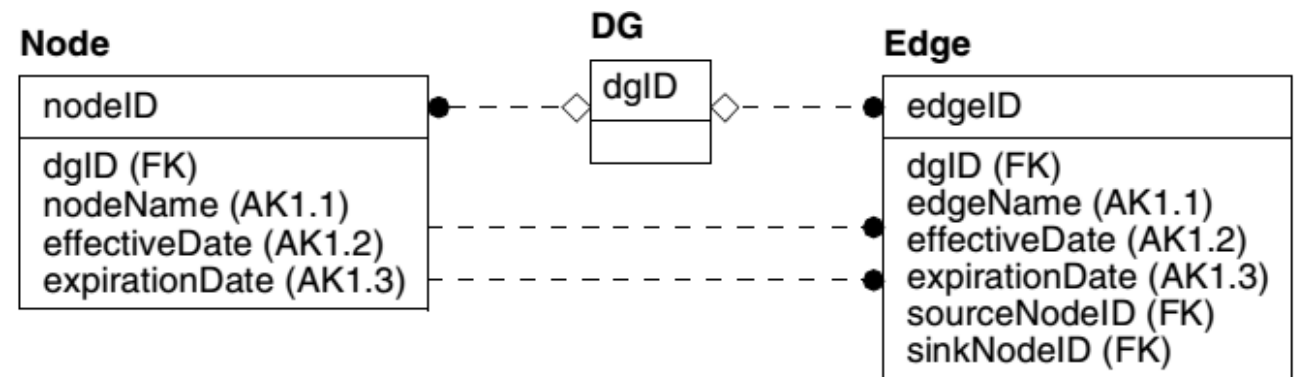
Patrones de diseño

Grafo dirigido de arcos y nodos que cambia con el tiempo



Empleado cuando información histórica sobre nodos y arcos debe ser registrada.

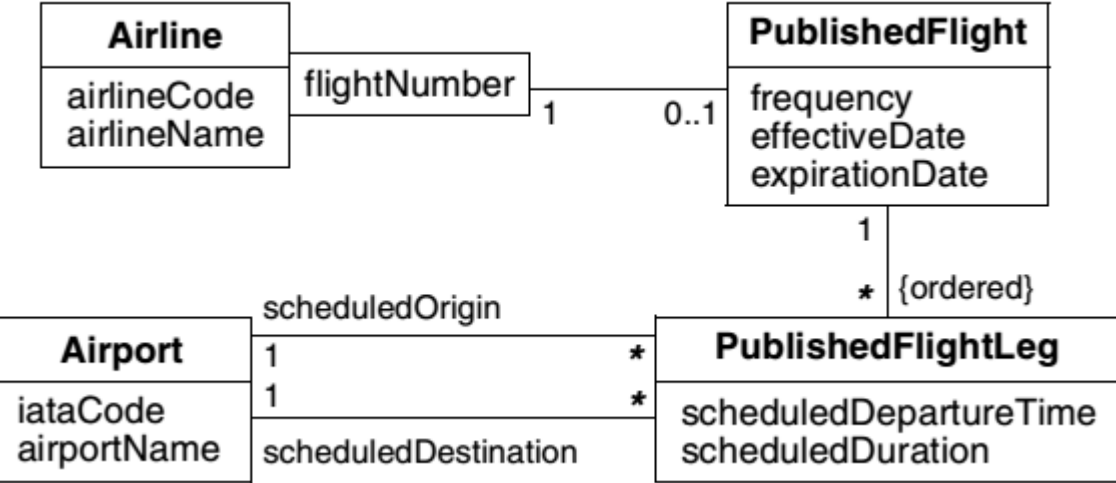
No separa la posición de la entidad, de la entidad en sí misma.



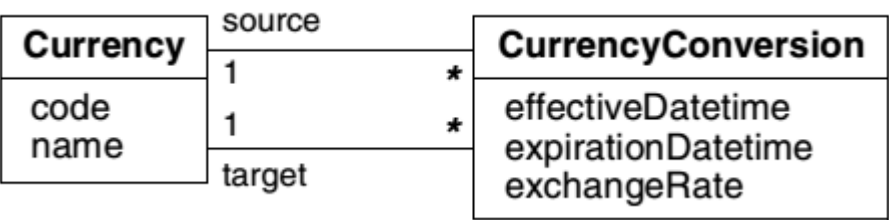
Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Grafo dirigido de arcos y nodos que cambia con el tiempo



Vuelo de líneas aéreas

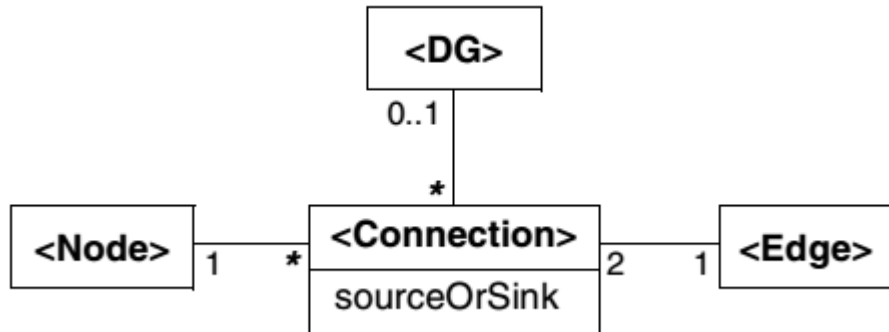


Modelo de conversión de monedas

Modelo Entidad Relación

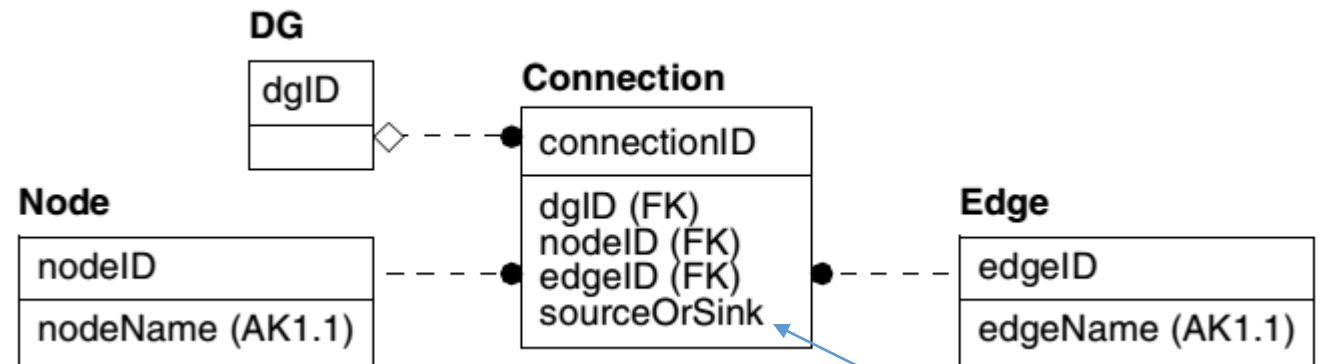
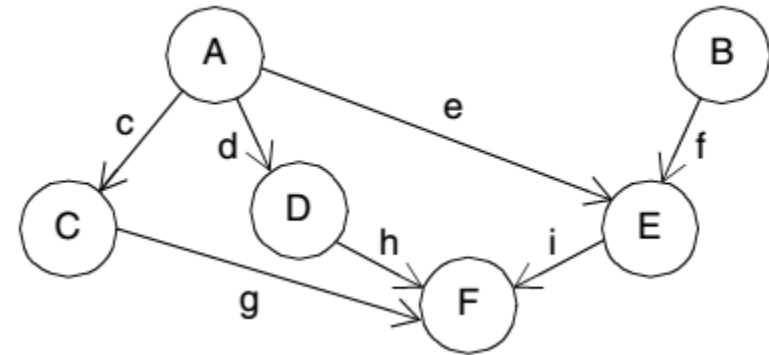
Patrones de diseño

Grafo dirigido con conexiones



Se emplea cuando es necesario manejar información sobre la conexión entre un nodo y un arco.

La conexión es el vínculo entre un nodo y un arco. Cada una puede ser fuente o destino.

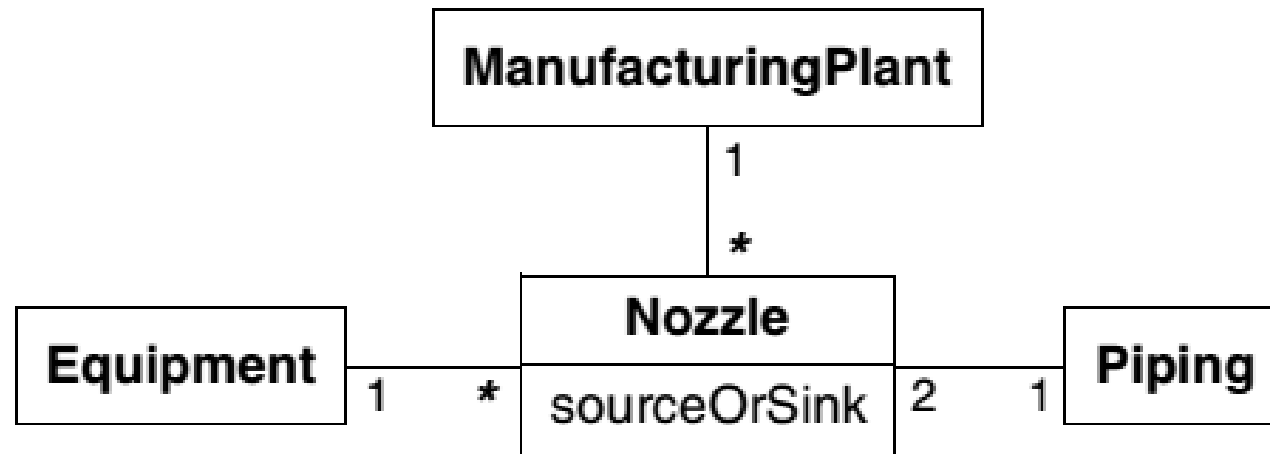


Se especifica el sentido de la conexión

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Grafo dirigido con conexiones

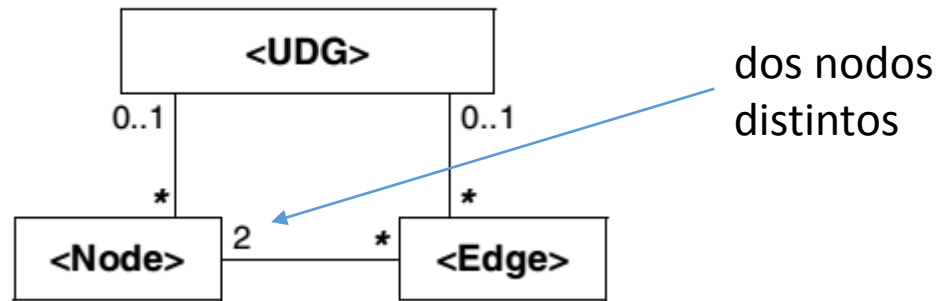


Equipos conectados mediante tuberías

Modelo Entidad Relación

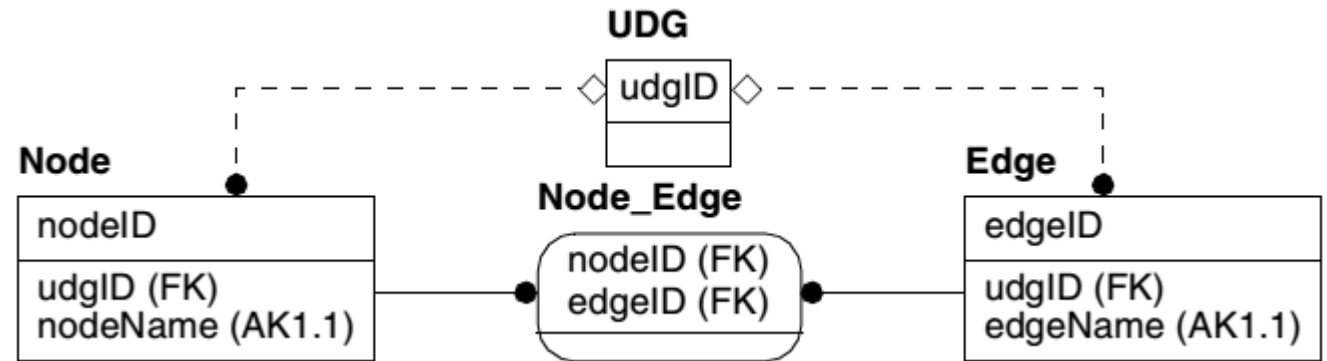
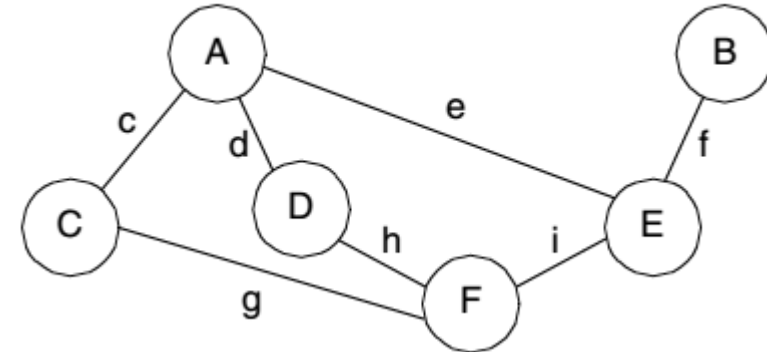
Patrones de diseño

Grafo no dirigido (arcos y nodos)



Las conexiones entre nodos no tienen dirección.

El patrón sugerido se emplea cuando un arco no conecta al mismo nodo. En un grafo no dirigido no todos los nodos tienen que estar conectados.



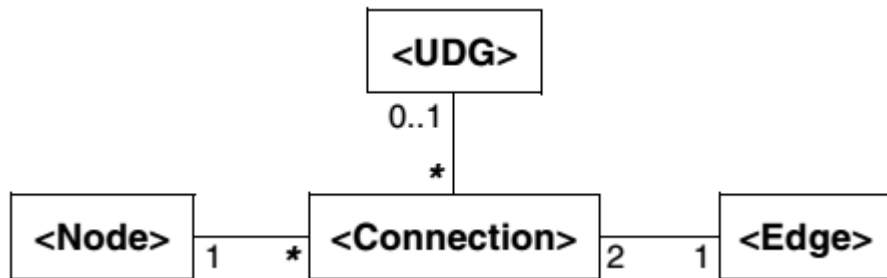
Ejemplos:

- red social
- red vial (rutas)

Modelo Entidad Relación

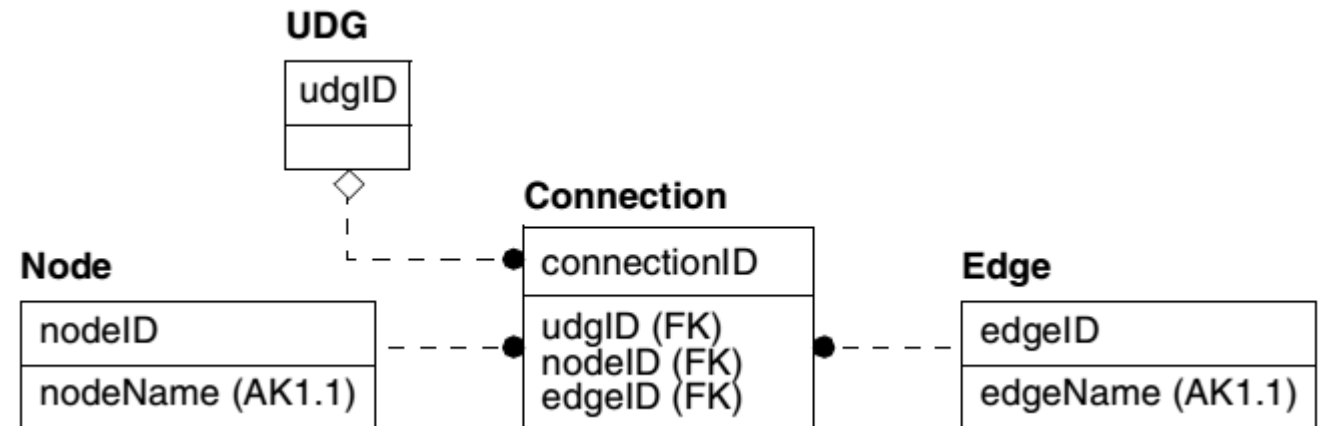
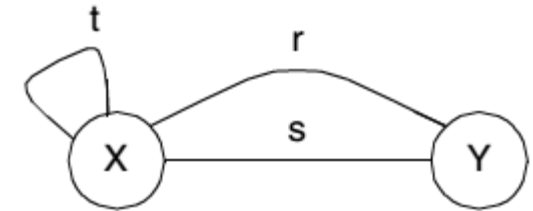
Patrones de diseño

Grafo no dirigido (con conexiones)



Las conexiones entre nodos no tienen dirección.

El patrón sugerido se emplea cuando se maneja información sobre la conexión o un arco conecta al mismo nodo.



Ejemplos:

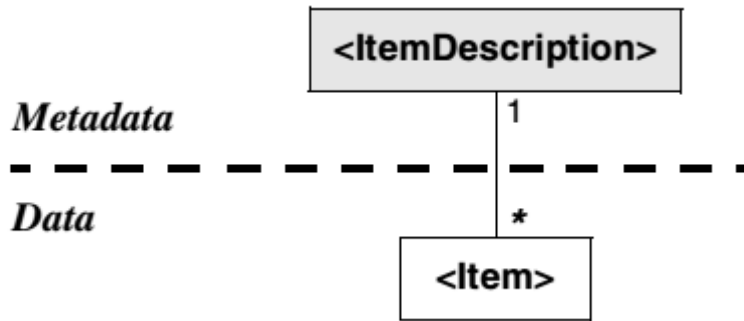
- Tuberías que conectan equipos (una tubería puede conectarse desde y hacia el mismo equipo)

A diferencia del grafo dirigido, no se especifica el sentido de la conexión

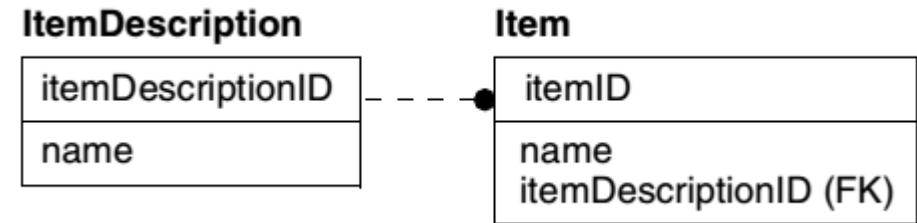
Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

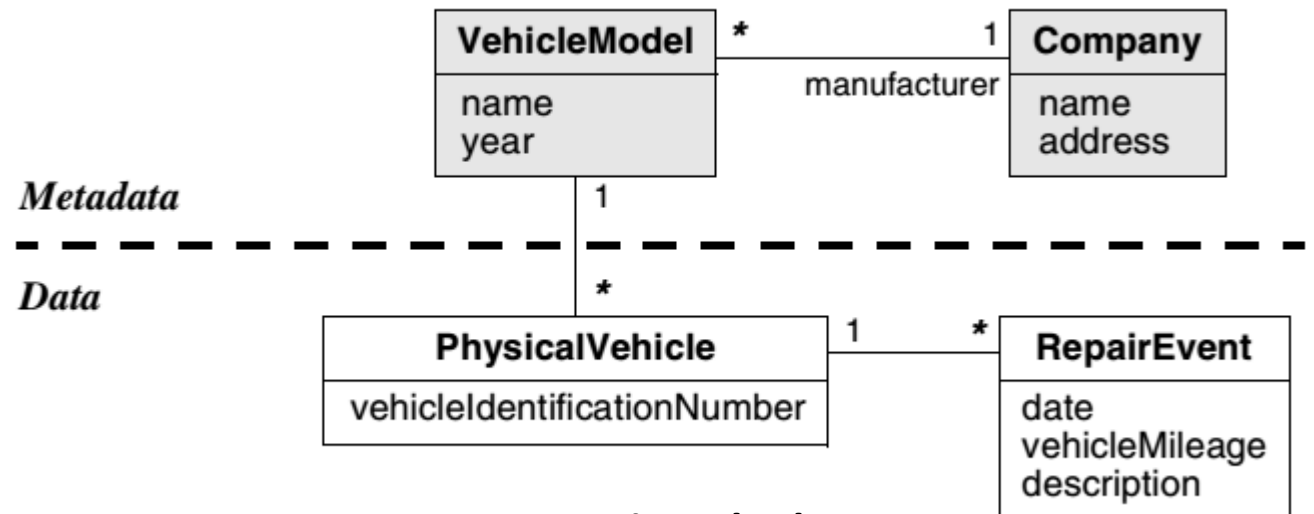
Datos y metadatos



Se emplea cuando el propio modelo relaciona datos y metadatos.



Notación IDEF1X

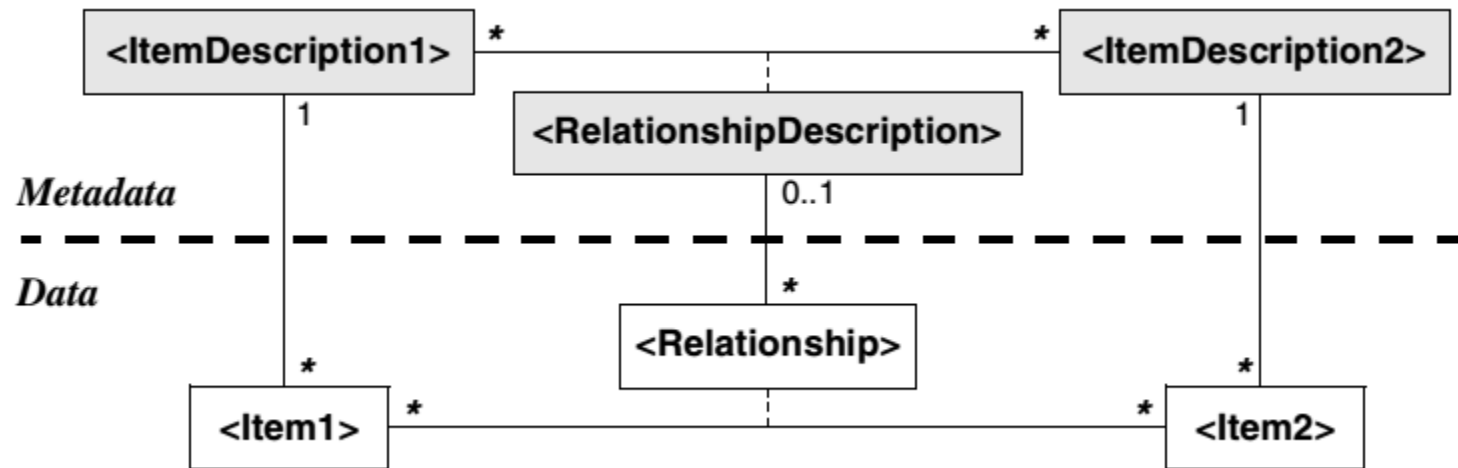


Ejemplo de uso

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Homomorfismo

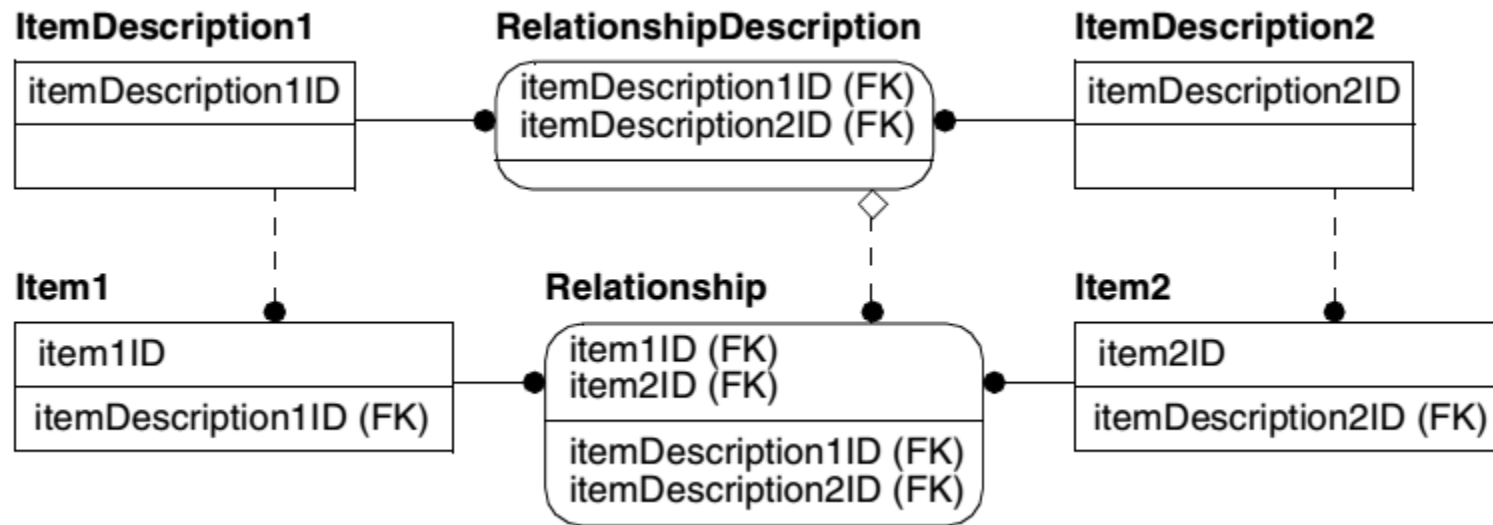


Se emplea cuando los metadatos se relacionan entre sí y por analogía, los respectivos datos “concretos” tienen similares relaciones.

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Homomorfismo



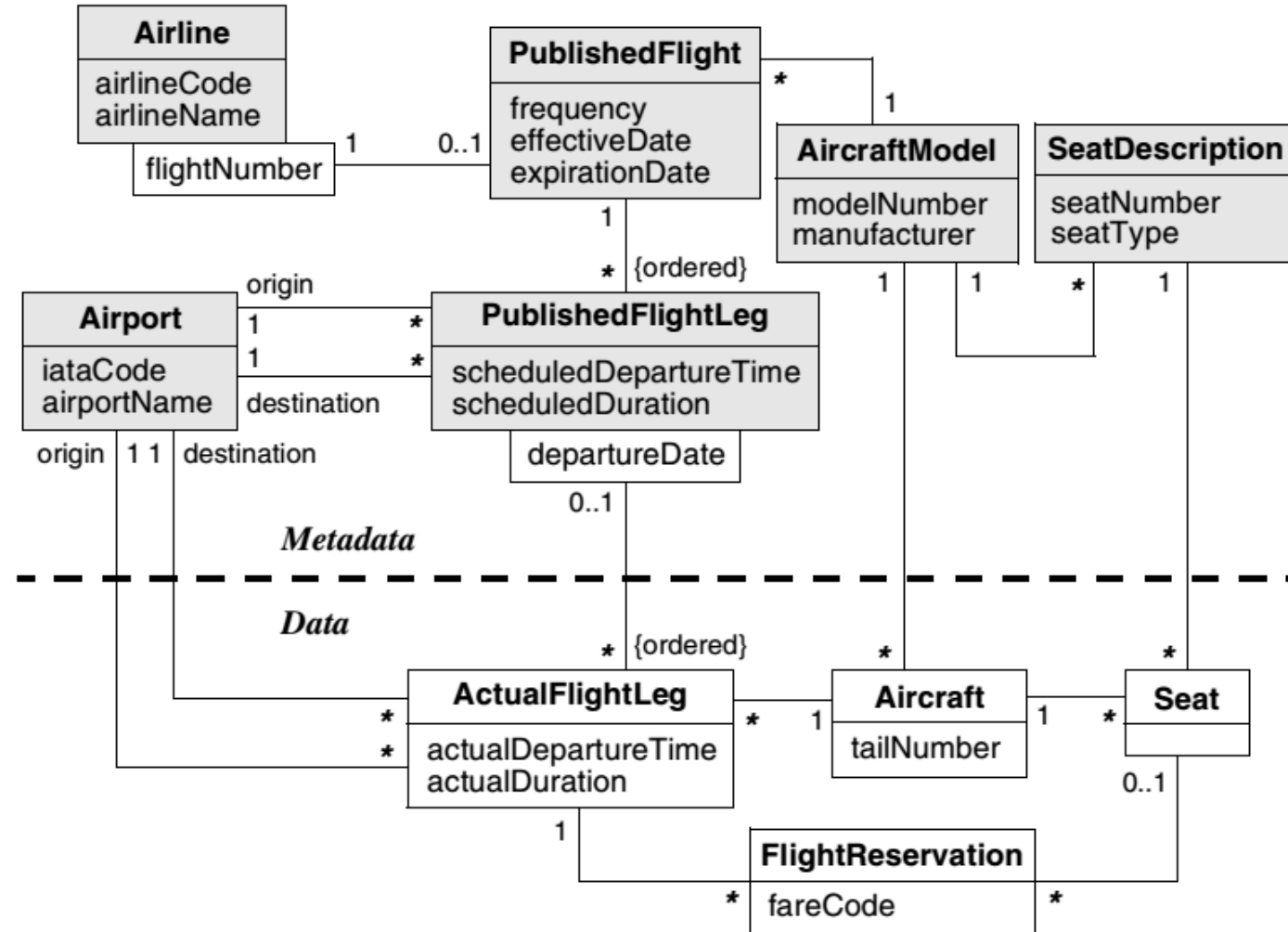
Notación IDEF1X

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Homomorfismo

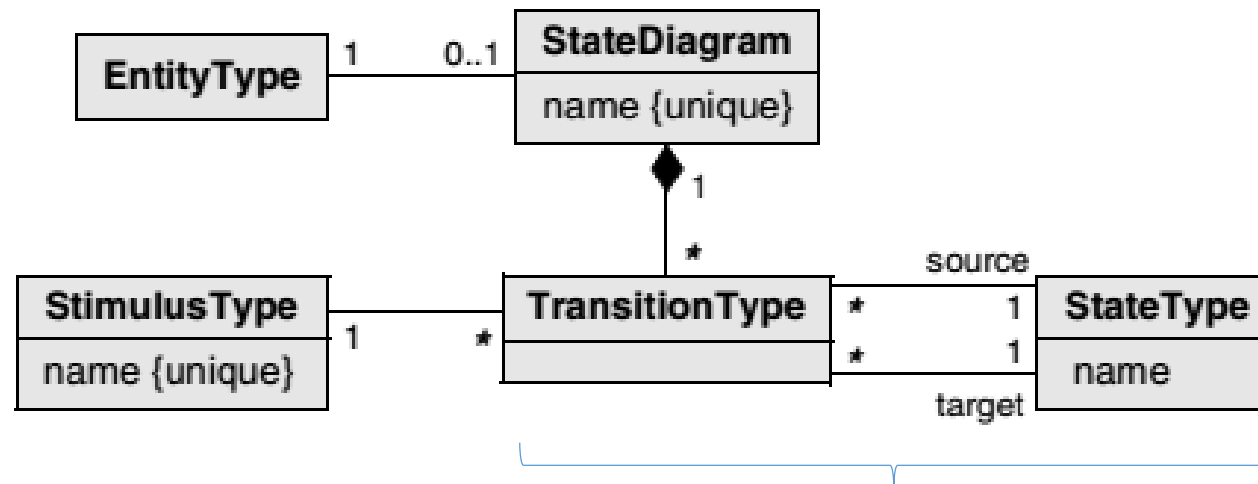
Ejemplo



Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Máquina de estado para un tipo de entidad (diagrama de flujo)



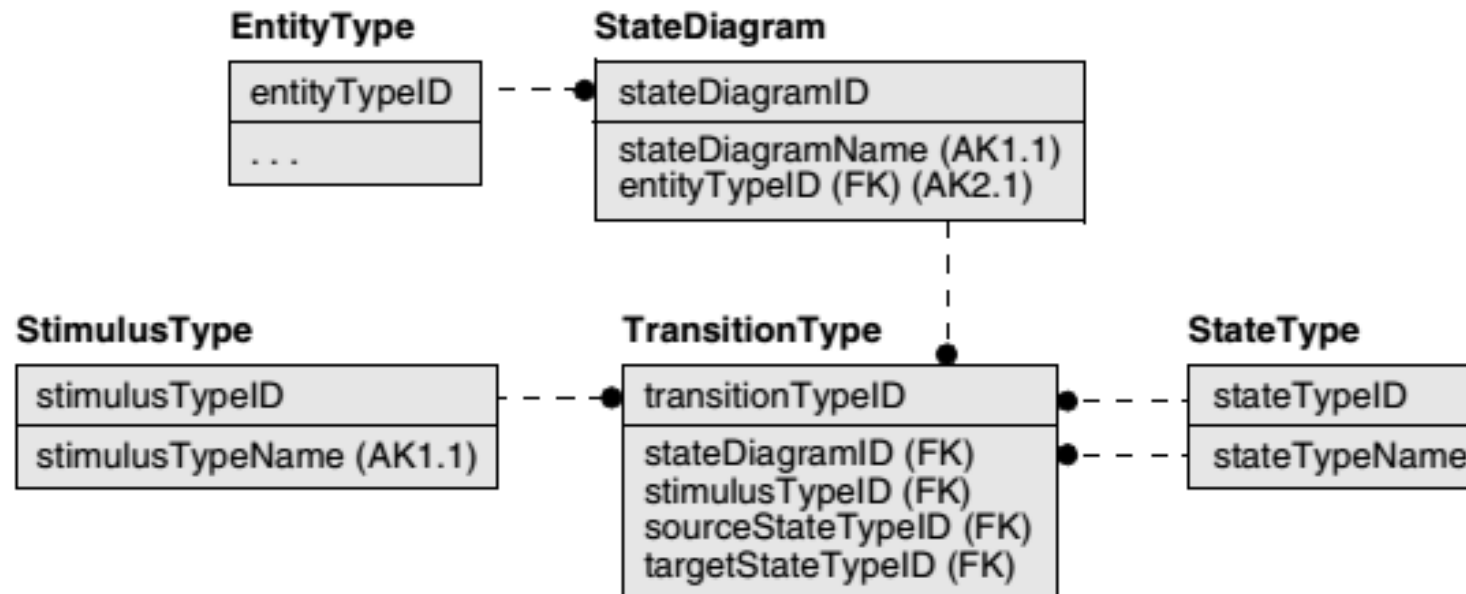
Grafo dirigido de arcos y nodos

Representa los posibles cambios de estado por los que puede atravesar un tipo de entidad.
Representa el flujo (almacena el diagrama de flujo), no las ocurrencias.

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Máquina de estado para un tipo de entidad (diagrama de flujo)

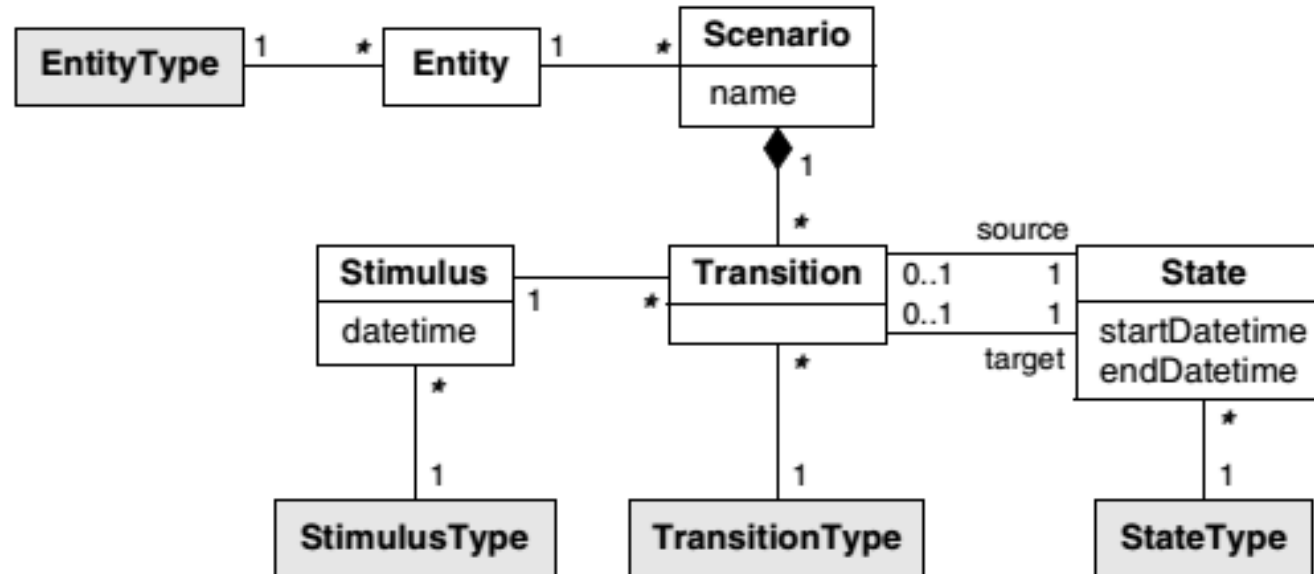


Notación IDEF1X

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Máquina de estado para escenarios (control de flujo)



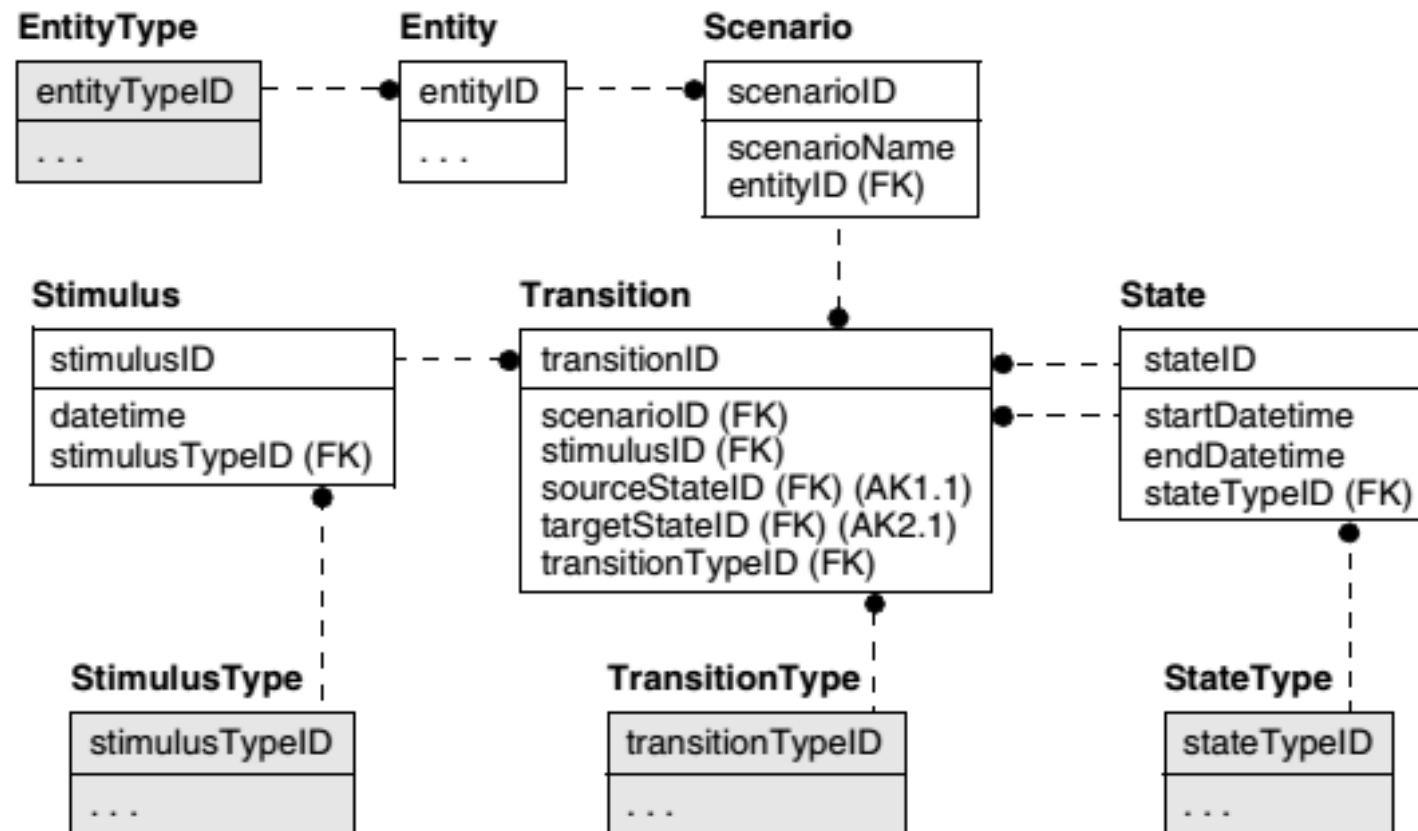
Cada entidad solo puede tener un estado en un momento dado

En este modelo sí se permite guardar la información específica de un flujo, considerando el tiempo en que una entidad cambia de estado y el momento en que recibió un estímulo dado para hacerlo.

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Máquina de estado para escenarios (control de flujo)



Notación IDEF1X

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Codificado ligero

Hardcoding {

personID	height	weight	eyeColor	hairColor
1	180	90	brown	black
2	190	95	blue	brown

El modelo **entidad-atributo-valor**, es la representación de un modelo flexible donde se pueden reflejar objetos con sus atributos

Softcoding {

personID
1
2

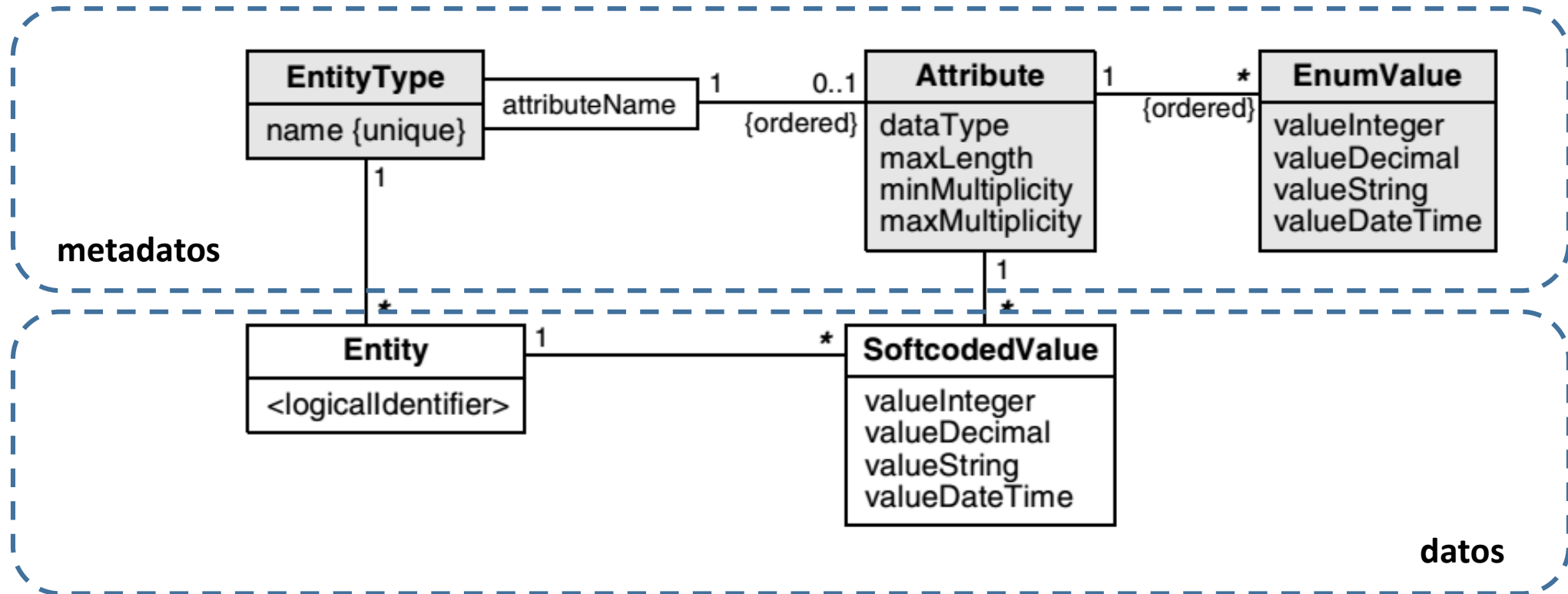
attribID	name
1	height
2	weight
3	eyeColor
4	hairColor

value ID	value Number	value String	person ID	attrib ID
1	180		1	1
2	90		1	2
3		brown	1	3
4		black	1	4
5	190		2	1
6	95		2	2
7		blue	2	3
8		brown	2	4

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Codificado ligero



Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

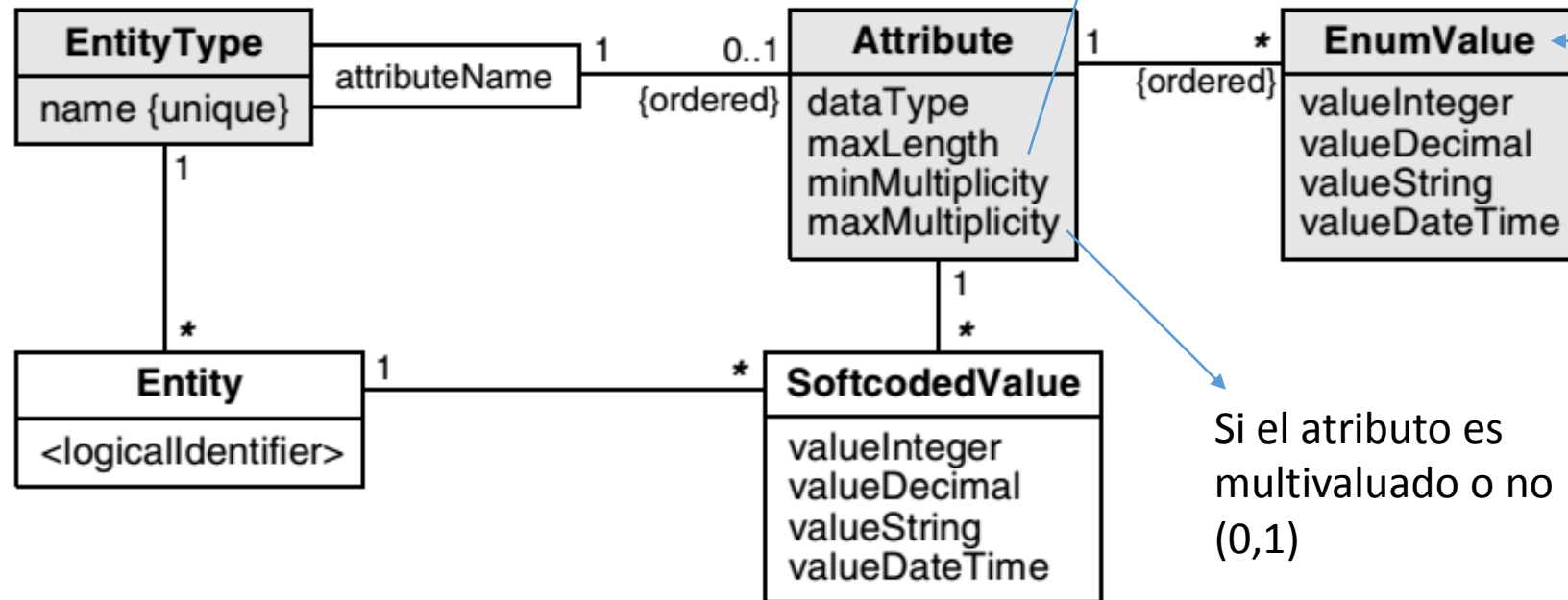
Codificado ligero

Describe a un grupo de entidades con iguales atributos, comportamiento, relaciones y semántica.

Definen los valores débilmente codificados de las entidades que pertenecen a este tipo de entidad

Si el atributo es opcional o no (0,1) para cada entidad de un tipo

Algunos atributos pueden tener un conjunto de datos predefinidos



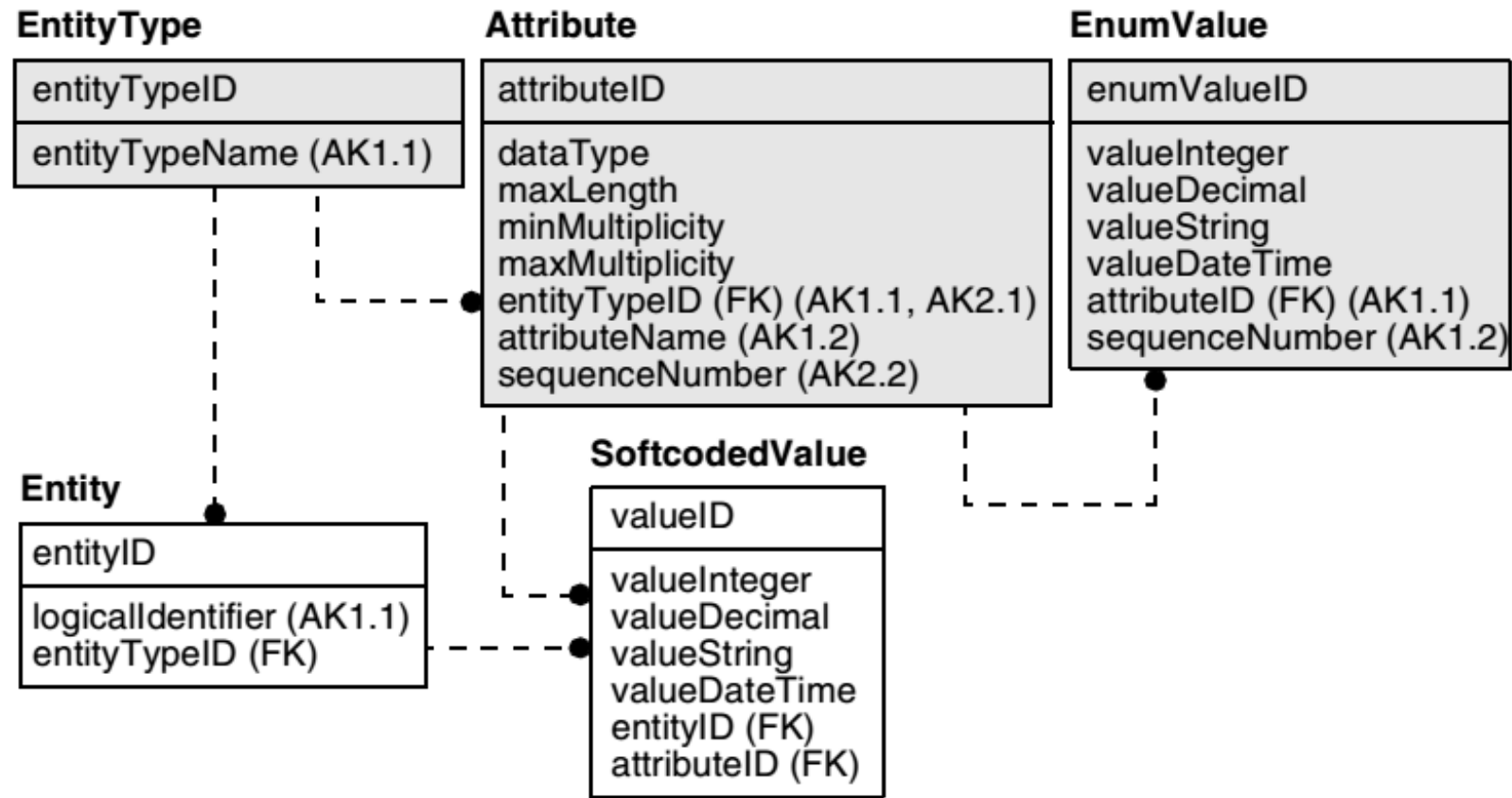
Si el atributo es multivaluado o no (0,1)

Una entidad puede tener cualquier cantidad de valores débilmente codificados.

Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

Codificado ligero

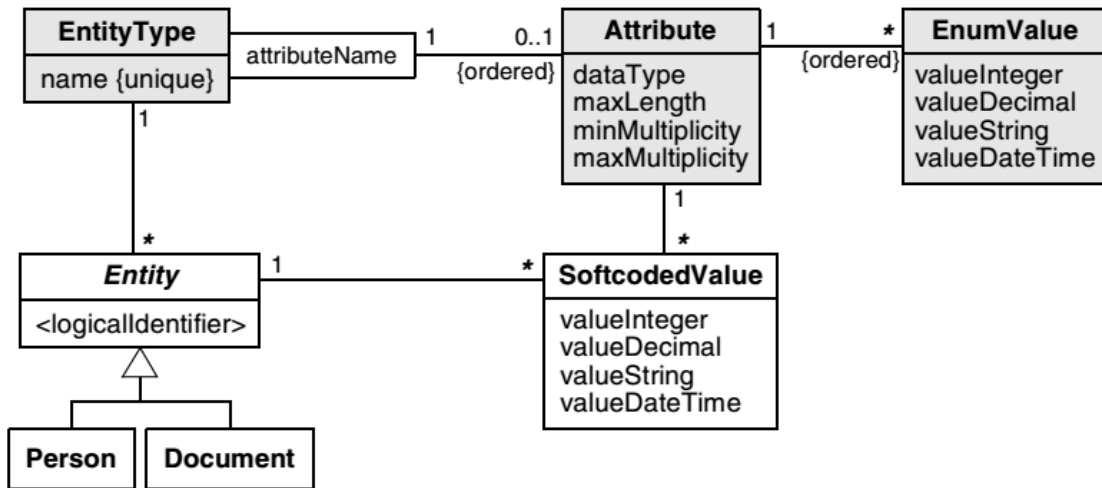


Notación IDEF1X

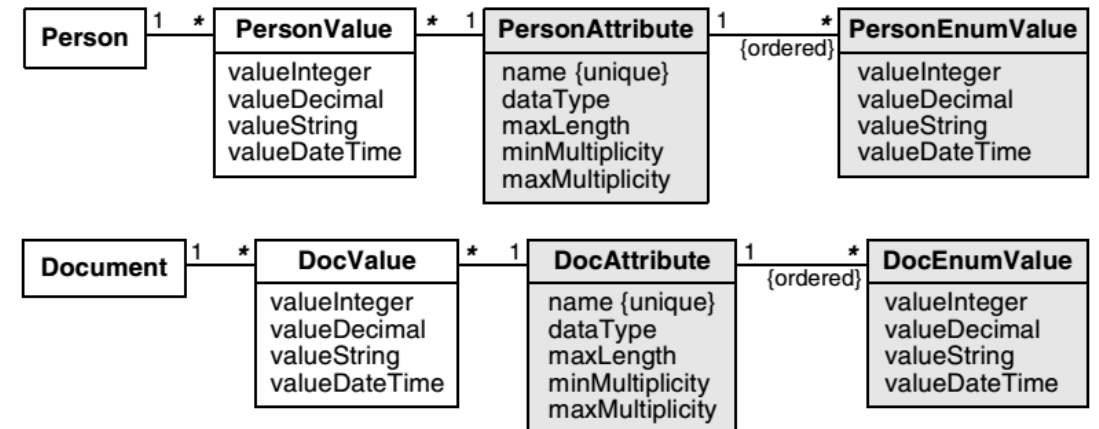
Modelo Entidad Relación

Patrones de diseño

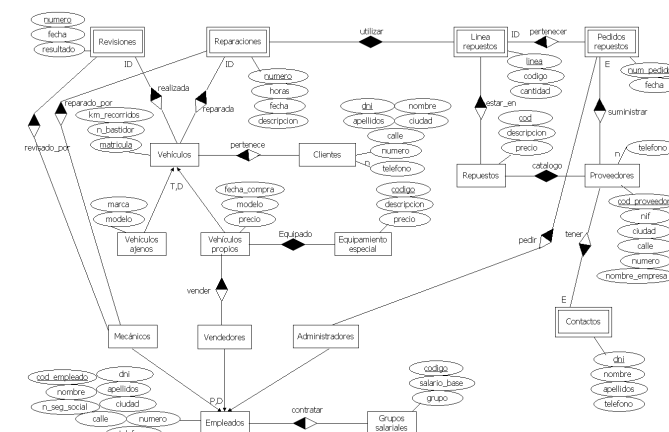
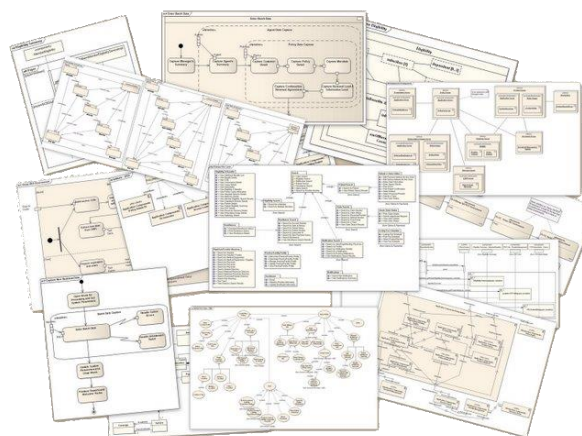
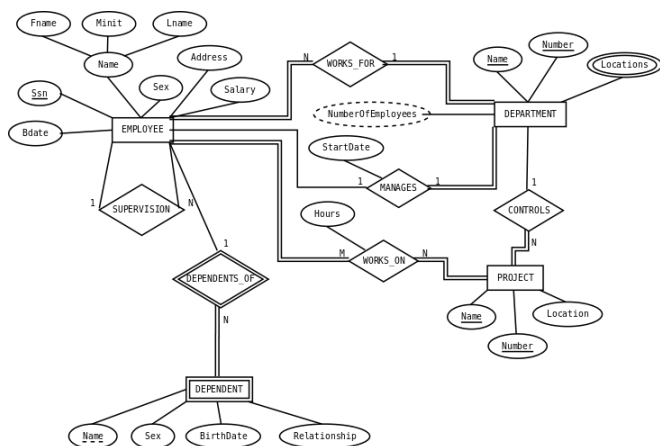
Codificado ligero (empleo en una aplicación)



Heredar la posibilidad de tener valores débilmente codificados (cuando lo utilizan muchas entidades)



Clonar la estructura que permite tener valores débilmente codificados (cuando lo utilizan pocas entidades)



Modelación conceptual de bases de datos relacionales

Dr.C. Arturo César Arias Orizondo

Xalapa, Veracruz, México
2017