

I - **MODELOS DE DATOS**

Un modelo de datos es una serie de conceptos que puede utilizarse para describir un conjunto de datos y las operaciones para manipularlos.

Un modelo de datos es un conjunto de conceptos que sirven para describir la estructura de una base de datos: los datos, las relaciones entre los datos y las restricciones que deben cumplirse sobre los datos.

Esta es la definición que hemos visto de lo que es un modelos de datos. Indicábamos una clasificación de los modelos en función del nivel :

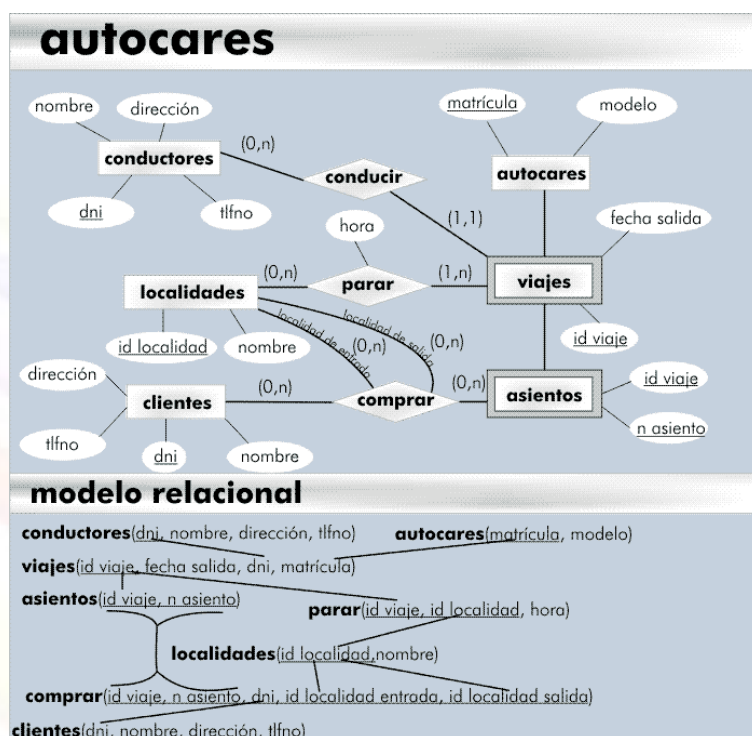
- modelos de alto nivel o modelos conceptuales : son los mas cercanos a los usuarios, es como los usuarios perciben los datos
- modelos de nivel medio o modelos lógicos : Describimos los sistemas de información de una forma intermedia entre el lenguaje de la maquina y como los entienden los usuarios
- modelos de bajo nivel : se ocupan de conceptos mas cercanos a la implementación física del sistema de información.

Los modelos conceptuales se utilizan para representar la realidad a un alto nivel de abstracción. Mediante los modelos conceptuales se puede construir una descripción de la realidad fácil de entender. En los modelos lógicos, las descripciones de los datos tienen una correspondencia sencilla con la estructura física de la base de datos.

En el diseño de bases de datos se usan primero los modelos conceptuales para lograr una descripción de alto nivel de la realidad, y luego se transforma el esquema conceptual en un esquema lógico. El motivo de realizar estas dos etapas es la dificultad de abstraer la estructura de una base de datos que presente cierta complejidad.

Algunas diferencias importantes entre el modelo lógico y el modelo conceptual :

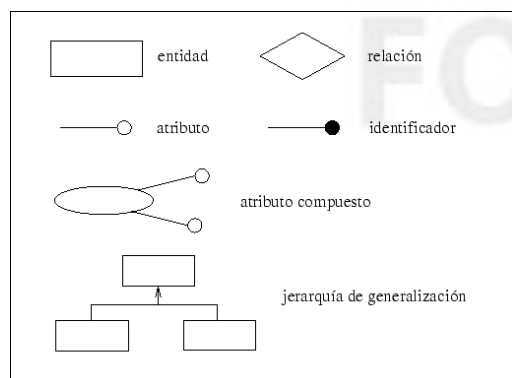
- El modelo conceptual es independiente del DBMS que se vaya a utilizar.
- El lógico depende de un tipo de SGBD en particular
- El modelo lógico es más cercano al ordenador
- Es más cercano al usuario el modelo conceptual, el lógico forma el paso entre el informático y el sistema.



1.1 Modelos de datos conceptuales

Los modelos conceptuales deben ser buenas herramientas para representar la realidad, por lo que deben poseer las siguientes cualidades:

- Expresividad: deben tener suficientes conceptos para expresar perfectamente la realidad.
- Simplicidad: deben ser simples para que los esquemas sean fáciles de entender.
- Minimalidad: cada concepto debe tener un significado distinto.
- Formalidad: todos los conceptos deben tener una interpretación única, precisa y bien definida.



El *modelo entidad-relación* es el modelo conceptual más utilizado para el diseño conceptual de bases de datos. Fue introducido por Peter Chen en 1976. El modelo entidad-relación está formado por un conjunto de conceptos que permiten describir la realidad mediante un conjunto de representaciones gráficas y lingüísticas.

Originalmente, el modelo entidad-relación sólo incluía los conceptos de entidad, relación y atributo. Más tarde, se añadieron otros conceptos, como los atributos compuestos y las jerarquías de generalización, en lo que se ha denominado *modelo entidad-relación extendido*.

1.1.1 Modelo Entidad-Relación

Fue ideado por Peter Chen en los años 1976 y 1977 a través de dos artículos. Se trata de un modelo que sirve para crear esquemas conceptuales de bases de datos. De hecho es prácticamente un estándar para crear esta tarea.

Se le llama modelo E/R e incluso EI (Entidad / Interrelación). Sus siglas más populares son las E/R por que sirven para el inglés y el español.

Inicialmente (en la propuesta de Chen) sólo se incluían los conceptos de entidad, relación y atributos. Después se añadieron otras propuestas (atributos compuestos, generalizaciones,...) que forman el llamado modelo entidad relación extendido (se onoce con las siglas ERE)

Los conceptos mas importantes son :

- Entidad
- Cjto entidades
- Relación
- Conjunto de relaciones
- Atributos
- Valor
- Dominio

Una entidad es un objeto que existe y se distingue de otros objetos de acuerdo a sus características llamadas atributos .

Una entidad es una "cosa" u "objeto" del mundo real que es diferenciable del resto de objetos.

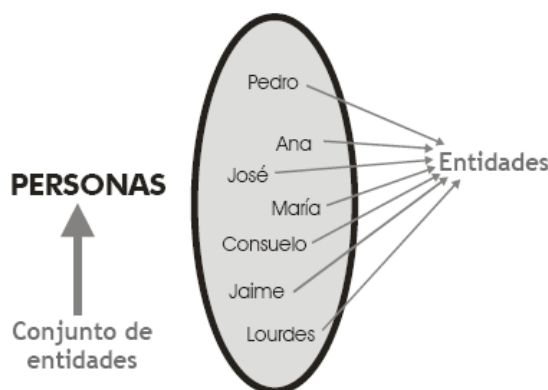
Las entidades pueden ser concretas como una persona o abstractas como una fecha. Una entidad es un objeto concreto, no un simple dato: el coche que tenemos en el garaje es una entidad, "Mercedes" sin embargo es la marca de ese coche, es decir es un atributo de esa entidad.

Un nombre de entidad sólo puede aparecer una vez en el esquema conceptual.

Un conjunto de entidades es un grupo de entidades del mismo tipo. Por ejemplo el conjunto de entidades CUENTA, podría representar al conjunto de cuentas de un banco X, o ALUMNO representa a un conjunto de entidades de todos los alumnos que existen en una institución.

Definimos conjunto de entidades como un grupo de entidades que comparten las mismas propiedades o atributos.

En algunos libros actuales se suele llamar entidad a lo que anteriormente se ha definido como conjunto de entidades. De este modo hablaríamos de la entidad PERSONAS. Mientras que cada persona en concreto sería una ocurrencia o un ejemplar de la entidad persona.



Pueden existir entidades que pertenecen a mas de un conjunto de entidades. Por ejemplo la entidad "Pedro Alvarez" pertenece al conjunto de entidades cliente y al conjunto de entidades persona.

Una entidad se caracteriza y distingue de otra por los atributos, en ocasiones llamadas propiedades, que representan las características de una entidad.

Los atributos son un conjunto de elementos que representan a una entidad. Los atributos describen las propiedades que posee cada miembro de un conjunto de entidades.

Los atributos de una entidad pueden tomar un conjunto de valores permitidos al que se le conoce como dominio del atributo. Así cada entidad se describe por medio de un conjunto de parejas formadas por el atributo y el valor de dato. Habrá una pareja para cada atributo del conjunto de entidades.

Definimos valor como lo que se introduce en cada atributo para definir la entidad.

Definimos dominio como el conjunto de valores que puede tomar un determinado atributo.

Formalmente un atributo de un conjunto de entidades es una función que asigna al conjunto de entidades un valor del dominio.

Puede haber varios atributos definidos sobre un mismo dominio.

Ejemplo

En un banco tenemos dos conjuntos entidades :

- clientes
- empleados

Dentro del conjunto de entidades cliente tenemos para diferenciar cada entidad cliente los atributos :

- id
- nombre
- apellidos

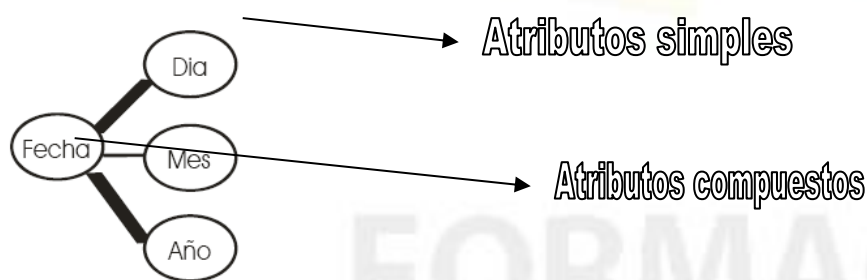
Dentro del conjunto de entidades empleados tenemos para diferenciar cada entidad empleado los atributos:

- id
- nombre
- apellidos

Para ir introduciendo entidades debemos colocar datos a cada uno de los atributos de cada conjunto de entidades. Esos datos deben estar dentro de un determinado dominio.

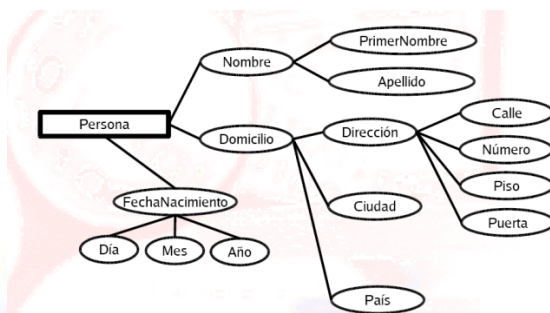
Teniendo en cuenta que los atributos podemos dividirlos en subpartes formando una estructura jerárquica , realizamos la siguiente clasificación :

- **simples**. Un atributo simple es un atributo que tiene un solo componente, que no se puede dividir en partes más pequeñas que tengan un significado propio.
- **compuestos**. Un atributo compuesto es un atributo con varios componentes, cada uno con un significado por sí mismo. Un grupo de atributos se representa mediante un atributo compuesto cuando tienen afinidad en cuanto a su significado, o en cuanto a su uso.



Los atributos también pueden clasificarse en:

- **monovalentes**. Un atributo monovalente es aquel que tiene un solo valor para cada ocurrencia de la entidad a la que pertenece, es decir solo posee un único valor para una entidad determinada.
- **polivalentes**. Un atributo polivalente es aquel que tiene varios valores para cada ocurrencia de la entidad a la que pertenece. A estos atributos también se les denomina multivaluados, y pueden tener un número máximo y un número mínimo de valores. *La cardinalidad de un atributo indica el número mínimo y el número máximo de valores que puede tomar para cada ocurrencia de la entidad a la que pertenece. El valor por omisión es (1,1).*



Ejemplo

Por ejemplo el atributo nombre puede tener un único valor, luego es un atributo monovalente.

El atributo teléfono puede tener varios valores, luego es un atributo polivalente. Podemos definir la cardinalidad como (1,5)

Por último, los atributos pueden ser **derivados**. Un atributo derivado es aquel que representa un valor que se puede obtener a partir del valor de uno o varios atributos, que no necesariamente deben pertenecer a la misma entidad o relación.

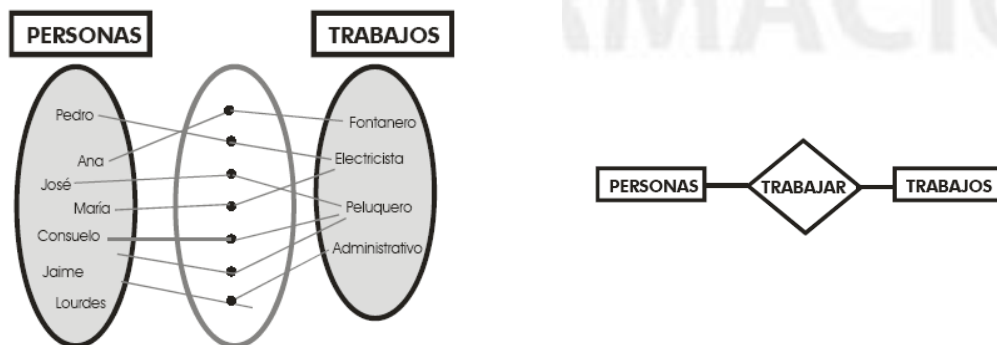
Ejemplo

El atributo edad puede ser un atributo derivado si existe en el conjunto de entidades el atributo fecha de nacimiento.

Se define el valor nulo cuando una entidad no tiene un valor para un determinado atributo.

Una relación es la asociación que existe entre dos a más entidades.

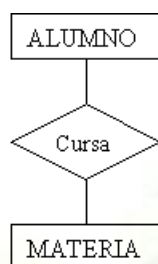
Por ejemplo, se puede definir una relación entre el alumno Ramón y el profesor Pepe. Esta relación especifica que Pepe es un profesor de Ramón



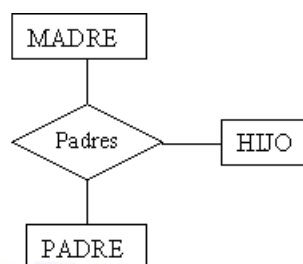
Un conjunto de relaciones es un grupo de relaciones del mismo tipo.

Tema 1 - Alpe Formación - Realizado por Ramón Abramo

Las entidades que están determinadas en una relación se denominan **entidades participantes**. La cantidad de entidades que intervienen en una relación determina el **grado de la relación**. La relación ALUMNO-MATERIA es de grado 2, ya que intervienen la entidad ALUMNO y la entidad MATERIA. La relación PADRES, puede ser de grado 3, ya que involucra las entidades PADRE, MADRE e HIJO.



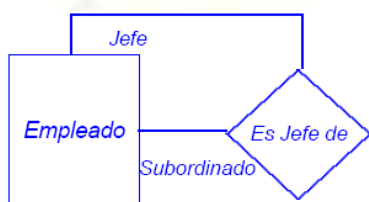
Ejemplo de relación de grado 2



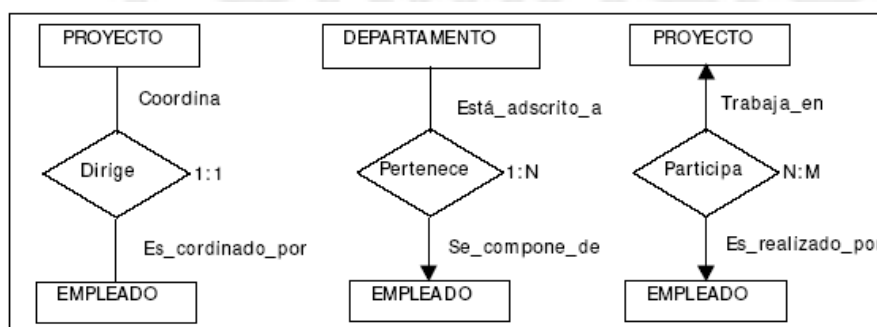
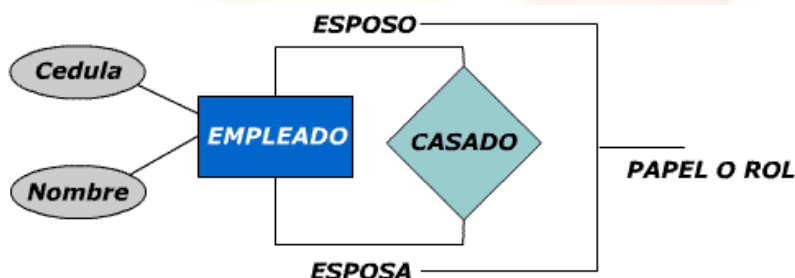
Ejemplo de relación de grado 3

involucradas en una relación se denominan **entidades participantes**. La cantidad de entidades que intervienen en una relación determina el **grado de la relación**. La relación ALUMNO-MATERIA es de grado 2, ya que intervienen la entidad ALUMNO y la entidad MATERIA. La relación PADRES, puede ser de grado 3, ya que involucra las entidades PADRE, MADRE e HIJO.

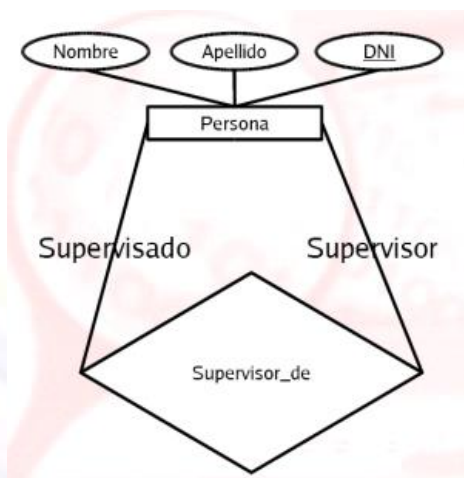
Aunque el modelo E-R permite relaciones de cualquier grado, la mayoría de las aplicaciones del modelo sólo consideran relaciones del grado 2. Cuando son de tal tipo, se denominan **relaciones binarias**.



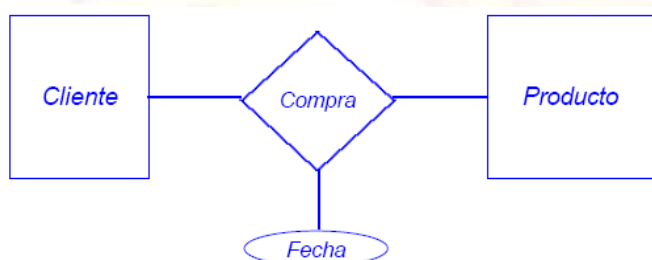
La función que tiene una relación se llama **papel**, generalmente no se especifican los papeles o roles, a menos que se quiera aclarar el significado de una relación.



Un **conjunto de relaciones recursivo** es cuando el mismo conjunto de entidades participan más de una vez en la relación con distintos papeles es decir existen relaciones entre entidades del mismo conjunto. El nombre de estos papeles es importante para determinar la función de cada participación.



Las relaciones, como las entidades, pueden tener atributos descriptivos.



Considérese un conjunto de relaciones impositor que asocia el conjunto de relaciones cliente y cuenta. Se podría asociar el atributo fecha-acceso a esta relacion para especificar la fecha mas reciente que un cliente accedió a una cuenta.

Ejemplo

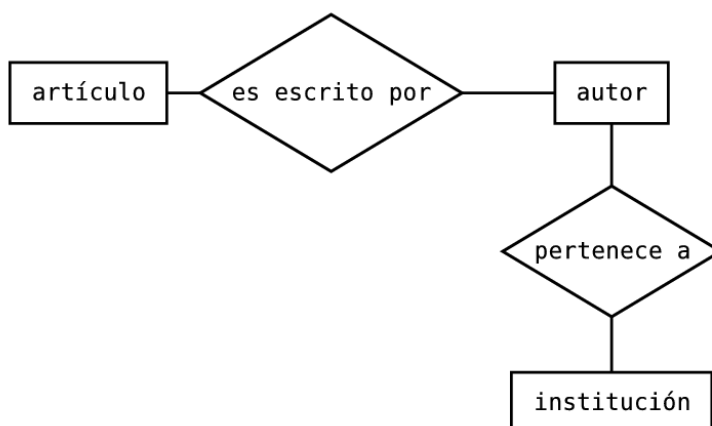
Se quiere modelar un sistema para manejar artículos científicos. Un artículo está escrito por un autor, aunque a veces pueden ser varios. Obviamente una misma persona puede participar en más de un artículo. Cada artículo tiene título, resumen y contenido. Cada autor pertenece a alguna institución.

Los conjuntos de entidades que pueden extraerse de esta descripción podrían ser:

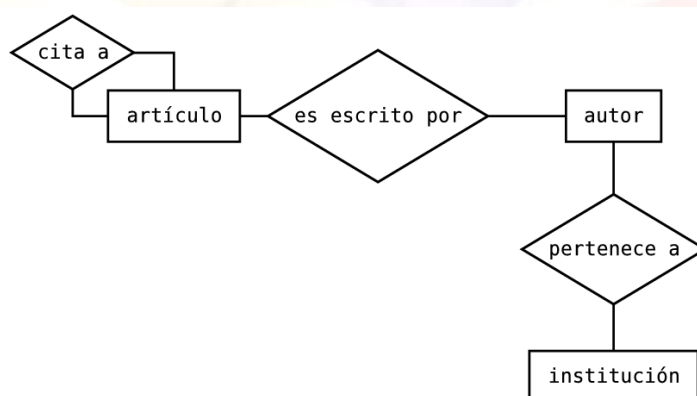
- artículo
- autor
- institución

Los atributos de un artículo serían el título, el resumen y el contenido. Un autor tendría los atributos de una persona: el nombre, la nacionalidad y la fecha de nacimiento. De una institución sólo tomaremos el nombre.

Entre estas entidades podemos reconocer las siguientes relaciones: el artículo es escrito por los autores; el autor pertenece a una institución.

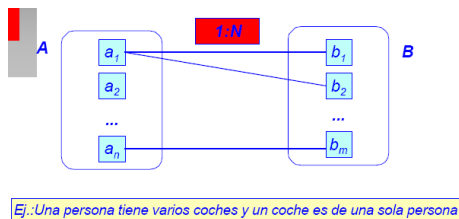
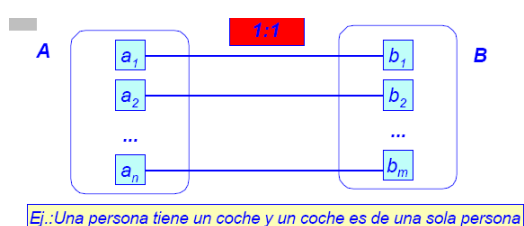


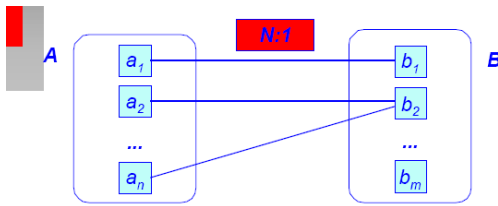
Continuando con el ejemplo, pueden existir relaciones entre entidades de un mismo conjunto. De estas relaciones se dice que son recursivas. Un ejemplo de esto serían las referencias (citaciones) entre artículos: cada artículo publicado tiene un conjunto de otros artículos que aparecen en la sección "referencias". En nuestro modelo, esto sería una relación de artículos a artículos.



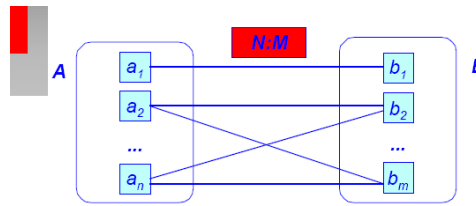
Otra de las características importantes que hay que tener en cuenta en este modelo es la cardinalidad de cada extremo en una relación. La cardinalidad expresa cuántas del conjunto de entidades de un extremo de la relación están relacionadas con cuántas entidades del conjunto del otro extremo.

La cardinalidad expresa el número de entidades a las que otra entidad puede estar asociada vía un conjunto de relaciones.





Ej.: Una persona tiene un coche y un coche es de varias personas



Ej.: Una persona tiene varios coches y un coche es de varias personas

Pueden ser :

- uno a uno
- uno a varios
- varios a uno
- varios a varios

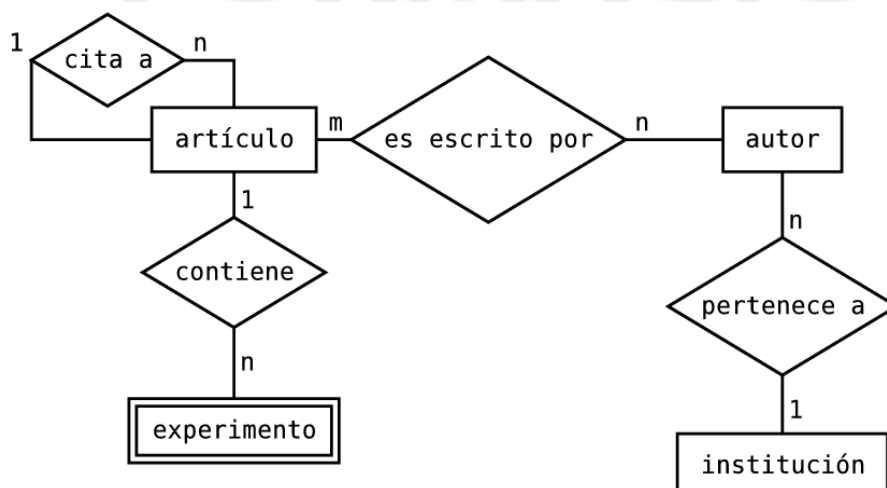
Por ejemplo, un artículo puede ser escrito por un solo autor o por varios, pero nunca por ninguno; un autor puede pertenecer a exactamente una institución (no para cero o varias); un artículo puede tener cero, uno o varios experimentos. Finalmente, un autor puede escribir muchos artículos, o ninguno. Observe que las cardinalidades en algunos casos dependen de restricciones arbitrarias: se podría decidir aceptar sólo aquellos autores que han escrito al menos un artículo (y con esto cambiaría la última regla mencionada); hemos decidido considerar sólo la institución primaria para la cual un determinado autor trabaja (y esto ha determinado nuestra segunda regla).

Se define un conjunto de relaciones como total u obligatoria si cada entidad participa en al menos una relación.

Se define un conjunto de relaciones como parcial u opcional si solo algunas entidades participan en las relaciones.

Ejercicio 1

Explicar el siguiente esquemas E/R



Algunos atributos de un conjunto de entidades son especiales. De partida es necesario definir cuáles de ellos son opcionales y cuáles son obligatorios. Como el nombre lo indica, un **atributo obligatorio** es aquel que siempre debe estar definido para toda entidad. Un **atributo opcional**, en cambio, puede quedar sin definir para algunas de las entidades del conjunto de entidades. En general, es deseable que la mayor cantidad de atributos posible se definan como obligatorios, puesto que permite simplificar mucho algunas operaciones, al tiempo que asegura una mejor integridad de los datos.

Otro concepto importante relacionado con los atributos es el de las llaves o claves.

Una superclave de una entidad es un atributo o conjunto de atributos que permite distinguir de modo único cada entidad dentro de un conjunto de entidades.

Por ejemplo, el nombre y NIF de una persona sería una superllave. Sólo el nombre no podría serlo, puesto que dos personas pueden tener el mismo nombre. Un conjunto de entidades puede tener más de una superllave; otra superllave para personas podría ser el nombre, la fecha de nacimiento y la dirección postal, puesto que es muy improbable que dos personas hayan nacido el mismo día, vivan en la misma casa y se llamen igual; pero omitiendo cualquiera de esos atributos es razonable esperar encontrar coincidencias.

Además, una superclave puede contener más atributos de los necesarios para identificar unívocamente cada entidad. Eliminando los atributos innecesarios de las superclaves se obtienen las llaves candidatas. Por ejemplo, en el caso del nombre y NIF, usando sólo el NIF serviría también como superclave, y por lo tanto como llave candidata. Observe que todos **los atributos que forman una llave candidata son obligatorios**, puesto que si falta alguno, no es posible identificar completamente la entidad.

Una clave candidata son las superclaves mínimas.

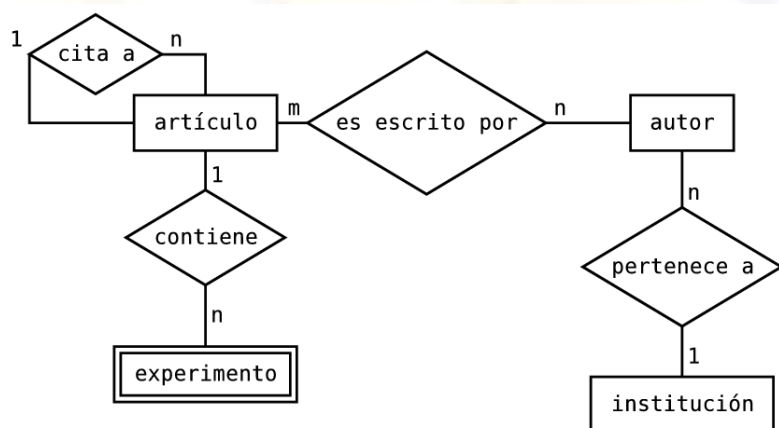
Finalmente, se escoge una de las llaves candidatas y se designa como llave primaria del conjunto de entidades.

La clave primaria es la clave candidata elegida por el diseñador de la base de datos como elemento principal para identificar las entidades dentro de un conjunto de entidades.

Algunos conjuntos de entidades pueden no tener atributos suficientes para formar una llave primaria. En este caso, se dice que es un conjunto de *entidades débil*.

Ejemplo

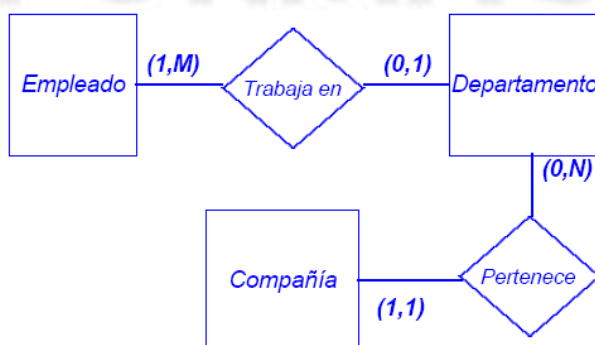
En nuestro ejemplo anterior, todos los conjuntos de entidades son fuertes, puesto que sus elementos cuentan con los atributos suficientes para ser identificados unívocamente. Para ilustrar este nuevo concepto, incluiremos en nuestro modelo los datos de los experimentos que se publican en cada artículo para obtener observaciones sobre las hipótesis que los autores plantean. Cada artículo puede utilizar uno, ninguno o varios experimentos; algunos experimentos serán similares o iguales entre artículos;



no hay ningún código asociado intrínsecamente a un experimento, ni modo alguno de distinguirlos de forma unívoca entre todos los artículos. Pero dentro de cada artículo, cada experimento es único. Así, un experimento tendrá un atributo obligatorio que le permitirá ser discriminado de entre el conjunto de experimentos de un mismo artículo (por ejemplo, el número que el mismo autor le asigna en el artículo).

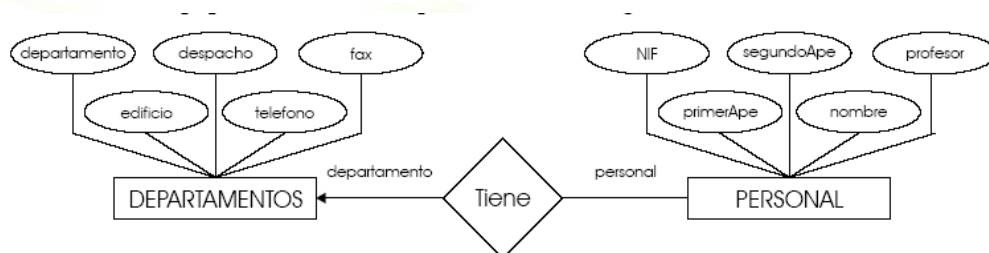
Ejercicio 2

Explicar el siguiente esquema E/R :



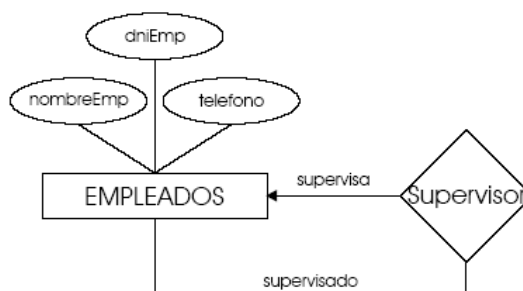
Ejercicio 3

Explicar el siguiente esquema E/R :



Ejercicio 4

Explicar el siguiente esquema E/R :

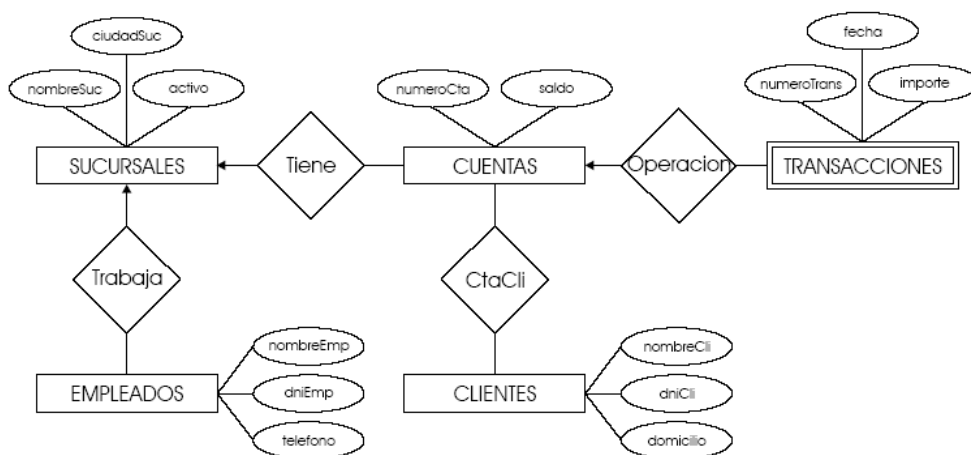


Ejercicio 5

La base de datos BANCO se ocupa de las sucursales, clientes, empleados, cuentas y operaciones que se realizan en el banco. Supongamos que una vez terminada la fase de recopilación y análisis de requerimientos, los diseñadores de la base de datos crearon la siguiente descripción:

- El banco está organizado en sucursales, cada una de las cuales tiene un nombre único, está situada en una ciudad y tiene un activo determinado.
- Además, los empleados de una sucursal tienen un nombre un DNI y un teléfono de contacto.
- Nos interesa saber en qué sucursal trabaja un empleado
- Cada sucursal tiene un número indeterminado de cuentas, donde cada una de ellas tiene un número de cuenta y un saldo.
- Nos interesa saber cuáles son las cuentas de una sucursal.
- Cada cuenta corriente puede pertenecer a varios clientes del banco, y éstos tienen un nombre, un DNI y un domicilio.
- Además un cliente, como es natural puede tener varias cuentas en el mismo banco.
- Nos interesa saber cuáles son los titulares de una cuenta

- También se desean guardar las operaciones que se realizan sobre una cuenta, con un número de transacción, una fecha y el importe de la transacción



1.1.2 Conjuntos de entidades débiles

Un conjunto de entidades puede no tener suficientes atributos para formar una clave primaria. Ese conjunto de entidades puede definirse como conjunto de entidades débiles

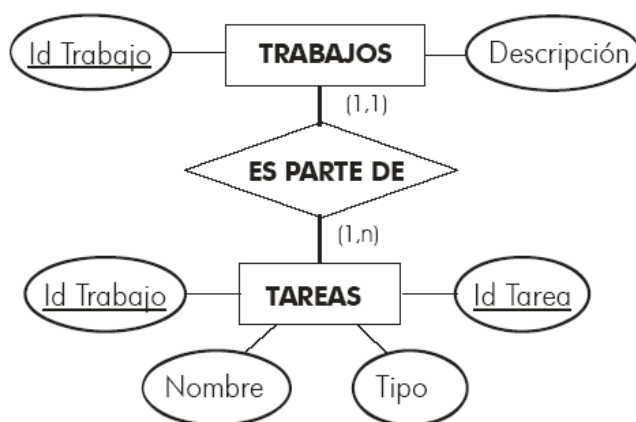
Una entidad débil es aquella que por si sola no puede tener una clave primaria.

Una entidad fuerte es aquella que tiene clave primaria.

Para que un conjunto de entidades débiles pueda existir, debe estar asociada con otro conjunto de entidades. Este conjunto se denomina conjunto de entidades identificadoras o propietarias. Cada entidad débil debe estar asociada con una entidad identificadora. La relación que asocia el conjunto de entidades identificadoras con el conjunto de entidades débiles se denomina relación identificadora.

Luego un conjunto de entidades débil podemos concluir como aquel conjunto en el cual la existencia de una entidad depende de la existencia de un cierta entidad en otro conjunto de entidades denominado conjunto de entidad fuerte.

Aunque el conjunto de entidades débiles no tiene clave primaria, se necesita conocer un medio para distinguir todas las entidades que forman el conjunto. El conjunto de atributos de la entidad débil que permiten realizar esta distinción se denomina discriminante.

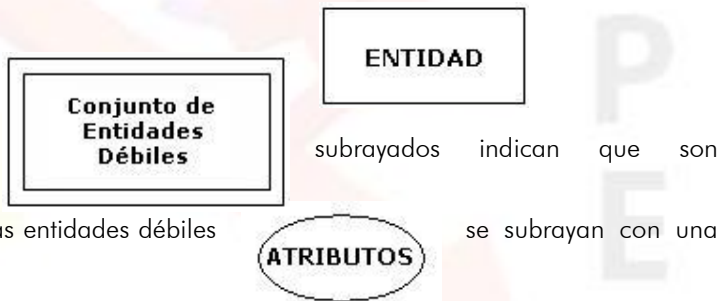


La clave primaria de un conjunto de entidades débiles se forma con el discriminante mas la clave primaria del conjunto de entidades propietarias.

1.1.3 Representación grafica del modelo E/R

Bueno, ahora nos falta describir como se representa un modelo E-R gráficamente, la representación es muy sencilla. Deben ser lo suficientemente claros para poder entender el funcionamiento de la base de datos.

- Rectángulos : representan un conjunto de entidades
 - o Dobles : conjuntos de entidades débiles.
- Elipses : Representan los atributos. Aquellos atributos



miembros de la clave primaria. Los discriminantes de las entidades débiles

se subrayan con una

- o Dobles : atributos multivalorados
- o Discontinuas : atributos derivados

- Rombos : representan conjuntos de relaciones
 - o Dobles : cuando el conjunto de relaciones asocia un
- Líneas : unen los atributos a los conjuntos de entidades y conjuntos de relaciones.

- o Dobles : indican participación total de una entidad en un conjuntos de relaciones, es decir cada entidad en el conjunto de entidades aparece al menos en una relación en ese conjunto de relaciones..

Otra forma de representar los conjuntos de entidades y sus atributos consiste mostrar los atributos en forma de lista dentro del rectángulo.



Ejercicio 6

Explicar el siguiente diagrama E/R



EJEMPLO SIMPLE DIAGRAMA ENTIDAD RELACION

Existen diversas maneras de representar la cardinalidad :

- representar únicamente la cardinalidad máxima es decir el número máximo de relaciones que puede tener una entidad con entidades del otro conjunto de entidades con que se asocia.
 - o Utilizando directamente números para representar la cardinalidad
 - o Utilizando flechas. Donde exista flecha la cardinalidad es de 1. Donde no exista flecha la cardinalidad es de n(infinito o varios).



uno-a-uno



muchos-a-uno



muchos-a-muchos

- Representar la cardinalidad mínima y máxima, es decir el grado de cardinalidad.
 - o (valor mínimo, valor máximo)
 - o Valor mínimo..valor máximo

Para representar la relación a varios se puede utilizar n,m,*,*,∞

Como se aprecia el valor mínimo realmente es una restricción de obligatoriedad o no en la participación de las entidades en la relación. Si es cero (0), es opcional la participación, en otro caso (valor 1) es requerida

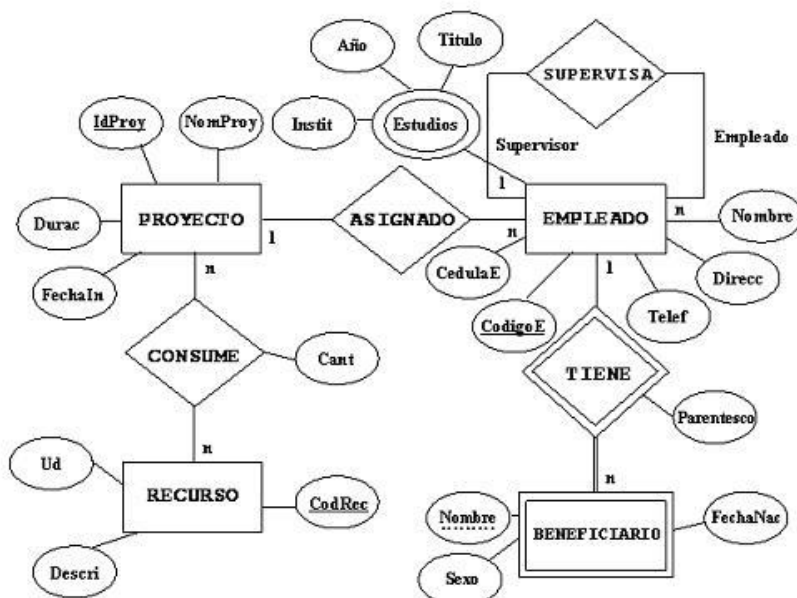
Ejercicio 6(2)

En el ejercicio anterior representar la cardinalidad utilizando :

- flechas
- números
- límites de cardinalidad

Ejercicio 7

Explicar el siguiente diagrama E/R.



Se tiene una empresa desarrollando varios proyectos, a los que son asignados varios empleados, pero cada empleado solo está vinculado a un proyecto, en un momento dado. Cada proyecto consume diferentes recursos en cantidades determinadas: los empleados están a cargo de un supervisor, que es un empleado también. Los empleados pueden tener personas beneficiarias (hijos, esposas, padres, etc.).

Clasificar e identificar las entidades y los atributos. Expresar con sus palabras las relaciones e identificar los límites de cardinalidad, expresando su significado.

Ejercicio 8

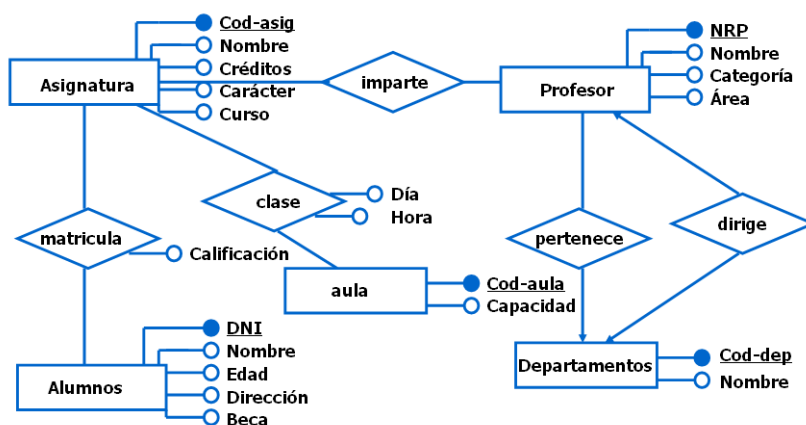
Con los siguientes datos realizar el diagrama E/R

Entidades:

Asignatura	Alumno	Profesor	Departamento	Aula
Cod-asig	Nom-al	Nom-prof	Nom-dep	Cod-aul
Nom-as	DNI	NRP	Cod-dep	Capaci
Créditos	Fecha-n	Área-con		
Carácter	Dirección	Categoría		
Curso	Beca			

Relaciones:

	Participan	Cardinalidad	Atributos
Matricula	Alum.-Asig.	N:M	Calificación
Imparte	Prof.-Asig.	N:M	
Clase	Asig.-Aula	N:M	Día, hora
Pertenece	Prof.-Dept.	N:1	
Dirige	Prof.-Dept.	1:1	

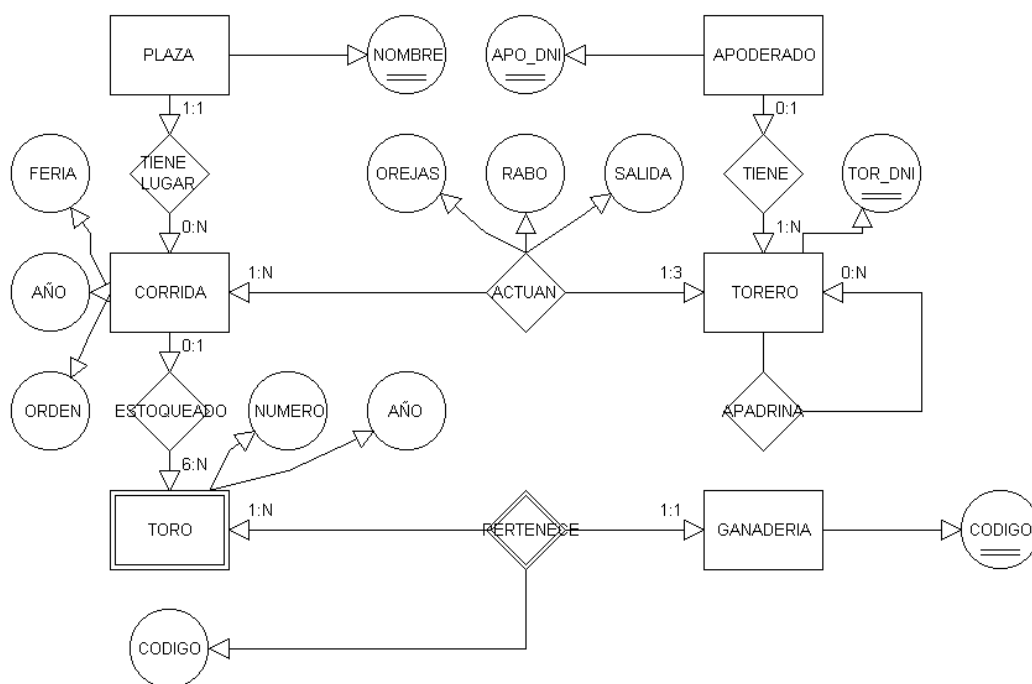


Ejercicio 9

Realizar el diagrama E/R del siguiente sistema de información.

La asociación "Amigos de la Fiesta" desea recoger en una base de datos toda la información acerca de las corridas de todos que se celebran en España y de todos los datos relacionados con ellas.

- Se desea tener información acerca de cada corrida, identificada conjuntamente por un número de orden, la feria en la que se celebra y el año de celebración (por ejemplo: orden = 2, feria = San Isidro, Año = 1999).
- En una determinada corrida actúan una serie de toreros (mínimo 1 y máximo 3) de los que desea guardar su DNI, nombre, apodo y fecha en que tomó la alternativa (fecha en la que se convirtió en matador de toros). Además se desea saber quien fue el torero que le dio la alternativa (padrino) en su día (un torero puede dar la alternativa a varios toreros o a ninguno).
- En cada corrida un torero obtiene una serie de premios (cuántas orejas, cuántos rabos y si salió por la puerta grande o no) de los que se desea mantener información.
- Cada torero puede tener un apoderado del que es protegido. A su vez, un apoderado lo puede ser de varios toreros. De él se desea saber su DNI, nombre, dirección y teléfono.
- Una corrida se celebra en una plaza de toros de la que se desea saber su nombre que se supone único, localidad, dirección y aforo. En una misma plaza se pueden celebrar varias corridas de toros.
- En cada corrida son estoqueados al menos 6 toros. Cada toro viene identificado por el código de la ganadería a la que pertenece, el año en que nació y un número de orden. Además se desea mantener información acerca de su nombre y color así como el orden en que fue toreado.
- Cada toro pertenece a una ganadería determinada. De cada ganadería se pretende saber su código, localidad y antigüedad (fecha de creación).



1.1.4 Algunas consideraciones a la hora de realizar E/R

Hay una serie de puntos que pueden llegar a ser conflictivos cuando uno desarrolla un diseño conceptual mediante un esquema E/R. Las nociones de conjunto de entidades y conjunto de relaciones no son precisas, y es posible definir un conjunto de entidades y las relaciones entre ellas de diferentes formas. En este apartado se examinan cuestiones básicas de diseño de un esquema de bases de datos E-R. Los puntos a estudiar son :

- Uso de conjuntos de entidades o conjuntos de relaciones : No siempre está claro si un objeto se expresa mejor mediante un conjunto de entidades o mediante un conjunto de relaciones. Una posible guía para determinar si usar un conjunto de entidades o un conjunto de relaciones es designar un conjunto de relaciones para describir una acción que ocurre entre entidades. Este enfoque puede también ser útil para decidir si ciertos atributos se pueden expresar más apropiadamente como relaciones.
- Utilizar conjuntos de relaciones de grado 2 o superior : Las relaciones en las bases de datos son generalmente binarias. Algunas relaciones que parecen no ser binarias podrían ser representadas mejor con varias relaciones binarias ya que normalmente son de mas facil comprensión. De hecho, siempre es posible reemplazar un conjunto de relaciones no binarias (n -aria, para $n > 2$) por un número de diferentes conjuntos de relaciones binarias. Por simplicidad, considérese el conjunto de relaciones abstracto R , ternario ($n = 3$), y los conjuntos de entidades A , B , y C . Se sustituye el conjunto de relaciones R por un conjunto de entidades E y se crean tres conjuntos de relaciones: RA , relacionando E y A , RB , relacionando E y B , RC , relacionando E y C . Si el conjunto de relaciones R tiene atributos, éstos se asignan al conjunto de entidades E ; por otra parte se crea un atributo de identificación especial para E (debido a que cada conjunto de entidades debe tener al menos un atributo para distinguir los miembros del conjunto).
- Ubicación de los atributos en las relaciones : La cardinalidad de una relación nos puede liar sobre los atributos de las relaciones. Los atributos de los conjuntos de relaciones uno a uno o uno a varios pueden estar asociados con uno de los conjuntos de entidades participantes, en lugar de con el conjunto de relaciones. En las relaciones varios a varios no puede ocurrir.
 - o Un atributo de la relación en una relación uno a uno se puede colocar en cualquiera de las entidades participantes
 - o Un atributo de la relación en una relación de uno a varios o de varios a uno se podrá colocar siempre en la entidad donde la relacion sea de varios (nunca en la de uno porque supondré duplicar las entidades)
- Utilizar un conjunto de entidades o atributos : Cuando utilizamos un elemento como atributo o como un conjunto de entidades? La respuesta no es directa, depende del sistema de información que se este modelando. Una posible regla es que cuando sobre el elemento se desee colocar información adicional se pondrá como conjunto de entidad, sin embargo cuando se trata de almacenar únicamente información simple se colocara como atributo. Por ejemplo un nombre será normalmente un atributo, sin embargo un teléfono puede ser un atributo o un conjunto de entidades.

1.1.5 Algunas consideraciones a la hora de realizar los diagramas

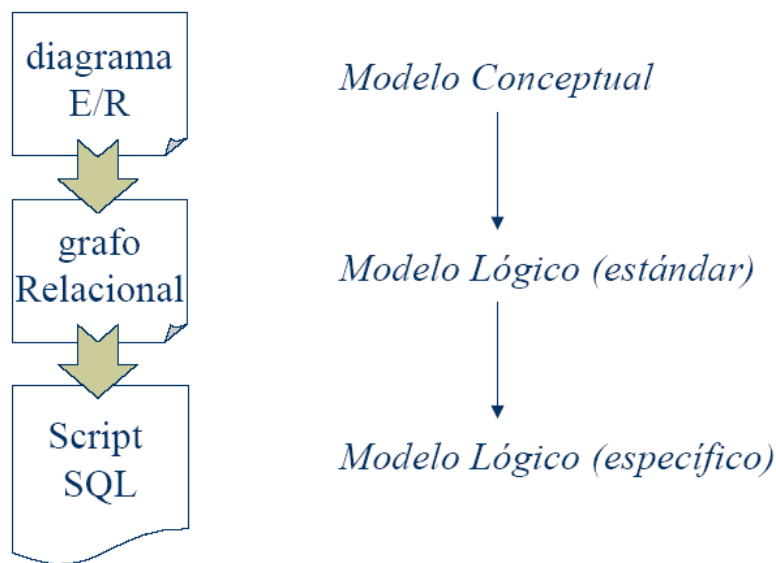
A la hora de realizar los diagramas E/R hay que tener cuidado con los siguientes aspectos :

- existen diferentes símbolos para representar cada uno de los elementos

- los ordenes de cardinalidad en algunas ocasiones se colocan en el lado de la relacion
- la participación total en muchas ocasiones no se representa
- Otras veces la participación total se coloca como limites de cardinalidad.

1.1.6 Pasar de modelo E/R a un modelo de tablas

Antes de pasar en el tema siguiente a estudiar en profundidad el modelo relacional, vamos a ver como podemos pasar de un modelo conceptual a un modelo relacional.



Una vez que tengamos el modelo relacional podemos realizar las consultas utilizando el lenguaje de algebra relacional (no especifico de ninguna base de datos) para poder pasarlo después a un lenguaje específico de alguna base de datos (por ejemplo el SQL).

Un diagrama E-R, puede ser representado también a través de una colección de tablas. Para cada una de las entidades y relaciones existe una tabla única a la que se le asigna como nombre el del conjunto de entidades y de las relaciones respectivamente, cada tabla tiene un número de columnas que son definidas por la cantidad de atributos y las cuales tienen el nombre del atributo. Aunque la conversión parece trivial vamos a estudiar con detalle cada una de las situaciones en que nos podemos encontrar y realizar la conversión.

- conjunto de entidades fuerte
- conjunto de entidades débil
- conjunto de relaciones
- conjunto de relaciones fuerte-débil
- participación total

TABLA DE EMPLEADOS

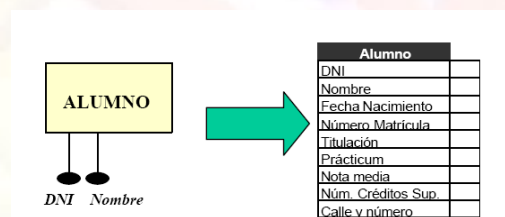
Atributos (columnas)

Id.	Apellidos	Nombre	Cargo	Tratamiento	Fecha de nacimiento	Fecha de contratación
1	Davolio	Nancy	Representante de ventas	Srta.	08-dic-48	01-may-92
2	Fuller	Andrew	Vicepresidente comercial	Dr.	19-feb-52	14-ago-92
3	Leverling	Janet	Representante de ventas	Srta.	30-ago-63	01-abr-92
4	Peacock	Margaret	Representante de ventas	Srta.	19-sep-37	03-may-93
5	Buchanan	Steven	Gerente de ventas	Sr.	04-mar-55	17-oct-93
6	Suyama	Michael	Representante de ventas	Sr.	02-jul-63	17-oct-93
7	King	Robert	Representante de ventas	Sr.	29-may-60	02-ene-94
8	Callahan	Laura	Coordinador ventas interno	Srta.	09-ene-58	05-mar-94
9	Dodsworth	Anne	Representante de ventas	Srta.	27-ene-66	15-nov-94
* ico)						

Tuplas (filas o registros)

En principio las entidades fuertes del modelo Entidad Relación son transformados al modelo relacional siguiendo estas instrucciones:

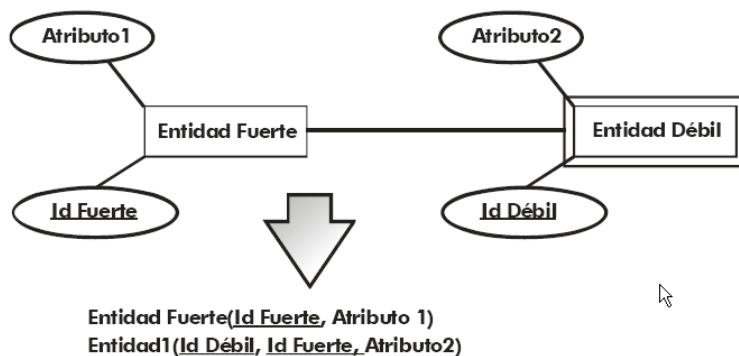
- Entidades. Las entidades pasan a ser
- Atributos. Los atributos pasan a ser
- Identificadores principales. Pasan a ser



tablas
columnas o atributos de la
claves primarias

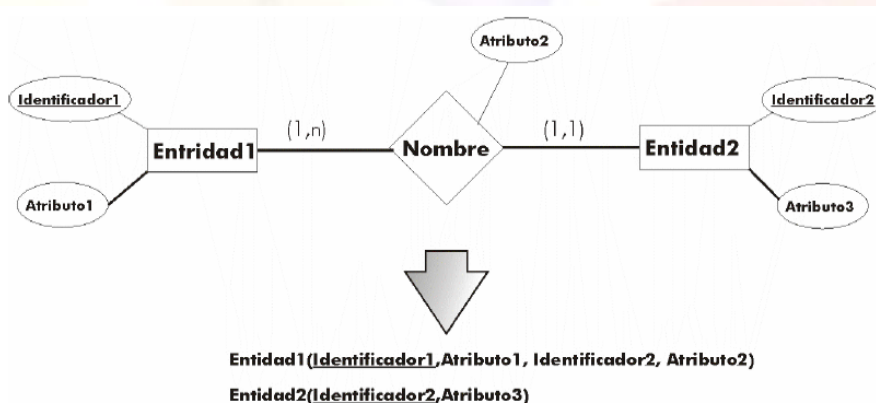
Cuando tenemos un conjunto de entidades débil representamos esta en el modelo relacional :

- entidad débil : como una tabla
- atributos entidad débil y atributos de la entidad fuerte que forman la clave principal : Las columnas o campos de la tabla.
- Clave principal : discriminante y clave principal de la entidad fuerte.

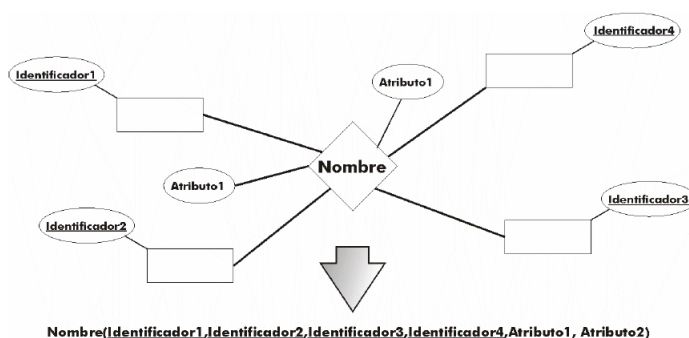


Cada relación es una tabla en el modelo relacional. Pero hay que distinguir según el tipo de relación.

- relación varios a varios : En las relaciones varios a varios, la relación se transforma en una tabla cuyos atributos son: los atributos de la relación y las claves de las entidades relacionadas. La clave principal la forman las claves principales de las entidades relacionadas
- relación de uno a varios : Las relaciones binarios de tipo uno a varios no requieren ser transformadas en una tabla en el modelo relacional. En su lugar la tabla del lado varios (tabla relacionada) incluye como campo el identificador de la entidad del lado uno y los atributos de la relación. Así en el dibujo, el identificador2 en la tabla Entidad1 pasa a ser un campo. En el caso de que el número mínimo de la relación sea de cero (puede haber ejemplares de la entidad1 sin relacionar), se deberá permitir valores nulos en la clave identificador2. En otro caso no se podrán permitir (ya que siempre habrá un valor relacionado). Normalmente esta técnica de eliminar la relación debido a la cardinalidad se le denomina combinación de tablas.



- relación de 1 a 1 : En el caso de relaciones uno a uno, la tabla del conjunto de relaciones se puede combinar con las tablas de cualquiera de los conjuntos de entidades.
- Relación de grado n : Las relaciones ternarias, cuaternarias y n-arias que unen más de dos relaciones se transforman en una tabla que contiene los atributos de la relación más los identificadores de las entidades relacionadas. La clave principal la forman las claves principales de las entidades relacionadas



- relaciones débiles-fuertes : Un conjunto de relaciones uniendo un conjunto de entidades débiles con el correspondiente conjunto de entidades fuertes es un caso especial. Este caso se suele denominar redundancia de tablas. Este tipo de relaciones suelen ser de varios a uno y no tienen atributos. La entidad débil además siempre tiene una participación total. En general, la tabla para el conjunto de relaciones que une un conjunto de entidades débiles con su correspondiente conjunto de entidades fuertes es redundante y no necesita estar presente en una representación tabular de un diagrama E-R.

Cuando tenemos un atributo multivalorado debemos crear una nueva tabla para él. Se ha visto que los atributos en un diagrama E-R generalmente se asocian directamente en columnas para las tablas apropiadas. Los atributos multivalorados, sin embargo, son una excepción; para estos atributos se crean tablas nuevas.

Para un atributo multivalorado *M* se crea una tabla *T* con una columna *C* que corresponde a la clave primaria del conjunto de entidades o conjunto de relaciones del que *M* es atributo.

Los atributos compuestos se manejan creando un atributo separado para cada uno de los atributos componentes; no se crea una columna separada para el propio atributo compuesto

1.1.7 Errores más comunes a la hora de realizar el diagrama E/R

Dos entidades no se pueden conectar directamente con una línea. La forma de conectar entidades es mediante relaciones.

1.2 Modelo E/R extendido

Aunque los conceptos básicos de E-R pueden modelar la mayoría de las características de las bases de datos, algunos aspectos de ciertas bases de datos se pueden modelar utilizando algunos conceptos no utilizados en el modelo convencional. Por ejemplo algunos autores colocan las entidades débiles como una característica del modelo E/R extendido. Al igual que esta característica existen otras que caracterizan la extensión del modelo E/R.

En este punto vamos a comentar las características E-R extendidas :

- especialización
- generalización
- conjuntos de entidades de nivel más alto y más bajo
- herencia de atributos
- agregación.

1.2.1 Generalización y especialización

Mediante estas características podemos crear arboles jerárquicos con las entidades. Los conjuntos de entidades de nivel más alto y nivel más bajo también se pueden llamar **superclase y subclase**, respectivamente.

Ejemplo

Por ejemplo una entidad edificio podría clasificarse en :

- Vivienda unifamiliar
- hotel
- hospital
- Ayuntamiento

La superclase sería edificio y las subclases serían vivienda, hotel, hospital, ayuntamiento.

El proceso de designación de subgrupos dentro de un conjunto de entidades se denomina especialización. La especialización lo que realiza es una subclasificación del conjunto de entidades buscando atributos distintos en cada subclase.

La generalización es una relación contenedora que existe entre el conjunto de entidades de nivel más alto y uno o más conjuntos de entidades de nivel más bajo. La generalización lo que realiza es una agrupación de conjunto de entidades que comparten algunos atributos comunes.

Lo opuesto a la generalización se denomina especialización, para todos los propósitos prácticos, la generalización es una inversión simple de la especialización.

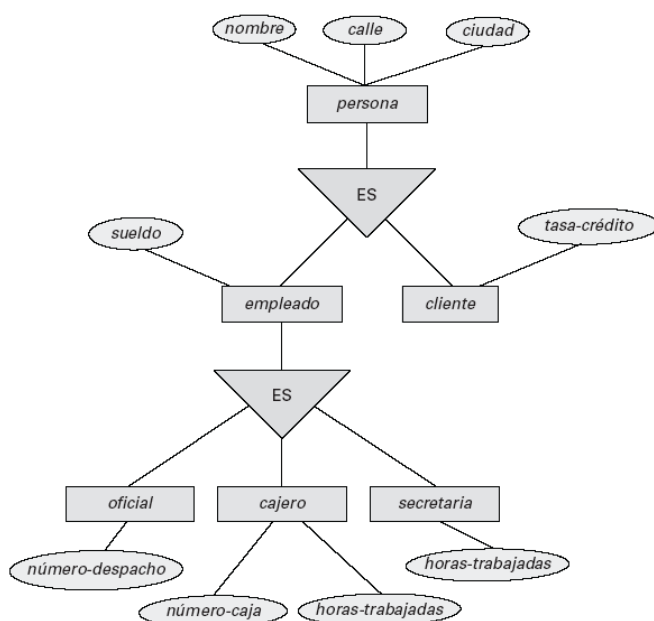
La especialización parte de un conjunto de entidades simple; enfatiza las diferencias entre las entidades dentro del conjunto mediante la creación de distintos conjuntos de entidades de nivel más bajo. Estos conjuntos de entidades de nivel más bajo pueden tener atributos, o pueden participar en relaciones que no se aplican a todas las entidades del conjunto de entidades de nivel más alto. Realmente, la razón de que el

diseñador aplique la especialización es representar tales características diferentes. Si cliente y empleado no tuvieran cada una atributos únicos que no tuvieran las entidades persona en la que participan, no habría necesidad de especializar el conjunto de entidades persona.

La generalización procede de observar que varios conjuntos de entidades que comparten algunas características comunes (se describen mediante los mismos atributos y participan en los mismos conjuntos de relaciones). Basada en sus similitudes, la generalización sintetiza estos conjuntos de entidades en uno solo, el conjunto de entidades de nivel más alto. La generalización se usa para resaltar las similitudes entre los conjuntos de entidades de nivel más bajo y para ocultar las diferencias; también permite economizar la representación para que los atributos compartidos no estén repetidos.

Ejemplo

Considérese el conjunto de entidades persona con atributos nombre, calle y ciudad. Una persona puede clasificarse además como: cliente o empleado



Cada uno de estos tipos de persona se describen mediante un conjunto de atributos que incluyen los atributos del conjunto de entidades persona más otros posibles atributos adicionales. Por ejemplo, las entidades cliente se pueden describir además mediante el atributo id-cliente, mientras que las entidades empleado se pueden describir además mediante los atributos idempleado y sueldo.

La especialización de persona permite distinguir entre las personas basándose en si son empleados o clientes.

Se puede aplicar repetidamente la especialización para refinar el esquema de diseño.

Ejemplo

Los empleados del banco se pueden clasificar en uno de los siguientes: oficial, cajero, secretaria. Cada uno de estos tipos de empleado se describe por un conjunto de atributos que incluye todos los atributos del conjunto de entidades empleado más otros adicionales.

Por ejemplo, las entidades oficial se puede describir por el atributo número-despacho, las entidades cajero por los atributos número-sección y horas-semana, y las entidades secretaria por el atributo horas-semana.

Un conjunto de entidades se puede especializar por más de una característica distintiva. Cuando se forma más de una especialización de un conjunto de entidades, una entidad en particular puede pertenecer a varias especializaciones.

Ejemplo

La característica distintiva entre entidades empleado es el trabajo que realiza el empleado. Otra especialización coexistente podría estar basada en si la persona es un trabajador temporal o fijo, resultado en los conjuntos de entidades empleado-temporal y empleado-fijo. Una empleada dada puede ser una empleada temporal y secretaria.

En términos de un diagrama E-R, la especialización se representa mediante un componente triangular etiquetado ES. La relación ES se puede llamar también relación superclase-subclase. Los conjuntos de entidades de nivel más alto y más bajo se representan como conjuntos de entidades regulares, es decir, como rectángulos que contienen el nombre del conjunto de entidades.

En términos del propio diagrama E-R no se distingue entre especialización y generalización.

En una jerarquía, un conjunto de entidades dado puede estar implicado como un conjunto de entidades de nivel más bajo sólo en una única relación ES. Si un conjunto de entidades es un conjunto de entidades de nivel más bajo en más de una relación ES, entonces el conjunto de entidades tiene **herencia múltiple**, y la estructura resultante se denomina **retículo**.

Se define la característica de herencia múltiple cuando un conjunto de entidades de nivel bajo participa en una relación "ES" con mas de un conjunto de entidades de nivel superior.

1.2.2 Herencia de atributos

Una propiedad crucial de las entidades de nivel más alto y más bajo creadas mediante especialización y generalización es la herencia de atributos.

Los atributos de los conjuntos de entidades de nivel más alto se dice que son heredados por los conjuntos de entidades de nivel más bajo.

Ejemplo

Por ejemplo, cliente y empleado heredan los atributos de persona. Así, cliente se describe mediante sus atributos nombre, calle y ciudad y adicionalmente por el atributo id-cliente; empleado se describe mediante sus atributos nombre, calle y ciudad y adicionalmente por los atributos id-empleado y sueldo.

Un conjunto de entidades de nivel más bajo también hereda la participación en los conjuntos de relaciones en los que su superclase participa.

La herencia de atributos se aplica en todas las capas de los conjuntos de entidades de nivel más bajo. Los conjuntos de entidades anteriores pueden participar cualquier relación en que participe el conjunto de entidades de nivel alto.

1.2.3 Restricciones

Si se llega a una porción dada de un modelo E-R mediante especialización o generalización, el resultado es básicamente el mismo:

- Un conjunto de entidades de nivel más alto con atributos y relaciones que se aplican a todos los conjuntos de entidades de nivel más bajo. → generalización
- Conjuntos de entidades de nivel más bajo con características distintivas que se aplican sólo en un conjunto de entidades particular. → especialización

Todo lo enumerado en este punto es común a ambas técnicas (aunque solo hablemos de la generalización).

Para modelar un sistema de información más exactamente, el diseñador de la base de datos puede elegir colocar ciertas restricciones en una generalización particular. Un tipo de restricción *implica determinar qué entidades pueden ser miembros de un conjunto de entidades de nivel más bajo dado* :

- **Definido por condición.** En los conjuntos de entidades de nivel más bajo, la relación miembro se evalúa en función de si una entidad satisface o no una condición explícita o predicado. Por ejemplo, asúmase que el conjunto de entidades de nivel más alto cuenta tiene el atributo tipo-cuenta. Todas las entidades cuenta se evalúan según la definición del atributo tipo-cuenta. Sólo aquellas entidades que satisfagan la condición tipo-cuenta = «cuenta de ahorro» podrán pertenecer al conjunto de entidades de nivel más bajo cuenta-ahorro. Todas las entidades que satisfagan la condición tipo-cuenta = «cuenta corriente» estarán incluidas en cuentacorriente.

- **Definido por el usuario.** Los conjuntos de entidades de nivel más bajo definidos por el usuario no están restringidos mediante una condición de miembro; en cambio, las entidades se asignan a un conjunto de entidades dado por el usuario de la base de datos. Por ejemplo, asúmase que, después de tres meses de empleo, se asignan los empleados del banco a uno de los cuatro grupos de trabajo. Los grupos se representan, por tanto, como cuatro conjuntos de entidades de nivel más bajo del conjunto de entidades de nivel más alto empleado. Un empleado dado no se asigna a una entidad grupo automáticamente en términos de una condición que lo defina explícitamente. En su lugar, la asignación al grupo se hace de forma individual por el usuario a cargo de la decisión. La asignación se implementa mediante una operación que añade una entidad a un conjunto de entidades.

Un segundo tipo de restricciones se define *según si las entidades pueden pertenecer a más de un conjunto de entidades de nivel más bajo en una generalización simple*. Los conjuntos de entidades de nivel más bajo pueden ser uno de los siguientes:

- **Disjunto o exclusivo.** Una restricción sobre el carácter disjunto requiere que una entidad no pertenezca a más de un conjunto de entidades de nivel más bajo. En el ejemplo, una entidad cuenta puede satisfacer sólo una condición para el atributo tipo-cuenta; una entidad puede ser bien una cuenta de ahorro o bien una cuenta corriente, pero no ambas cosas a la vez.
- **Solapado.** En las generalizaciones solapadas, la misma entidad puede pertenecer a más de un conjunto de entidades de nivel más bajo en una generalización simple. Como ilustración, tomando el ejemplo del grupo de trabajo del empleado, asúmase que ciertos directores participen en más de un grupo de trabajo. Un empleado dado puede, por lo tanto, aparecer en más de uno de los conjuntos de entidades grupo que son conjuntos de entidades de nivel más bajo de empleado. Así, la generalización es solapada.

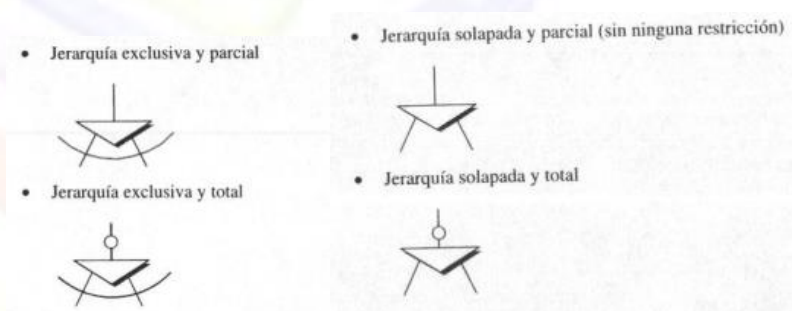
La entidad de nivel más bajo solapada es el caso predeterminado.

Una restricción final, la **restricción de completitud** en una generalización o especialización, especifica si un conjunto de entidades de nivel más alto debe pertenecer o no a al menos a uno de los conjuntos de entidades de nivel más bajo en una generalización. Esta restricción puede ser una de las siguientes:

- **Generalización o especialización total.** Cada entidad de nivel más alto debe pertenecer a un conjunto de entidades de nivel más bajo.
- **Generalización o especialización parcial.** Algunas entidades de nivel más alto pueden no pertenecer a algún conjunto de entidades de nivel más bajo.

La generalización parcial es la predeterminada.

La forma de representar estas restricciones en un diagrama E/R :

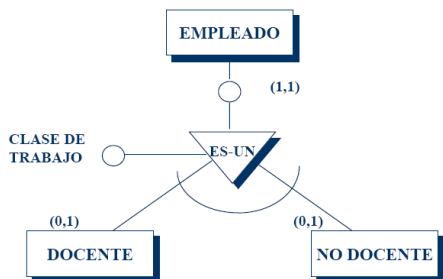


Se puede especificar una generalización total en un diagrama E-R usando una línea doble para conectar el rectángulo que representa el conjunto de entidades de nivel más alto con el símbolo del triángulo (esta notación es similar a la notación de participación total en una relación).

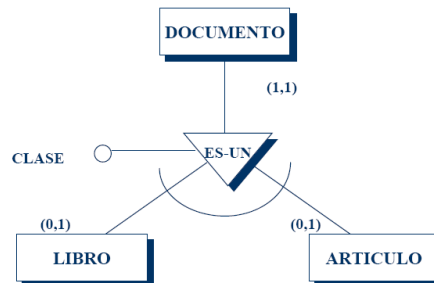
La generalización de cuenta es total: todas las entidades cuenta deben ser o bien cuentas de ahorro o bien cuentas corrientes. Debido a que el conjunto de entidades de nivel más alto alcanzado a través de la generalización está generalmente compuesta únicamente por aquellas entidades del conjunto de entidades de nivel más bajo, la restricción de completitud para un conjunto de entidades de nivel más alto generalizado es habitualmente total. Cuando la restricción es parcial, la entidad de nivel más alto no aparece necesariamente en el conjunto de entidades de nivel más bajo. Los conjuntos de entidades grupo de trabajo ilustran una especialización parcial. Como los empleados se asignan a grupos sólo después de llevar tres meses en el trabajo, algunas entidades empleado pueden no ser miembros de ningún conjunto de entidades grupo de nivel más bajo.

Ejemplos

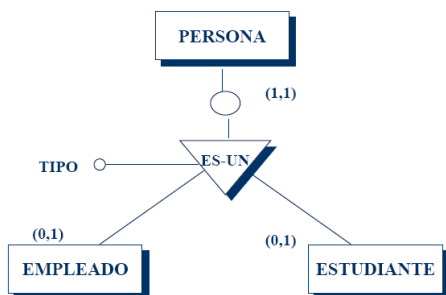
Ejemplo de generalización total sin solapamiento



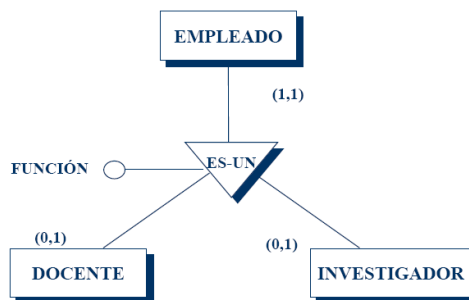
Ejemplo de generalización parcial sin solapamiento



Ejemplo de generalización total con solapamiento



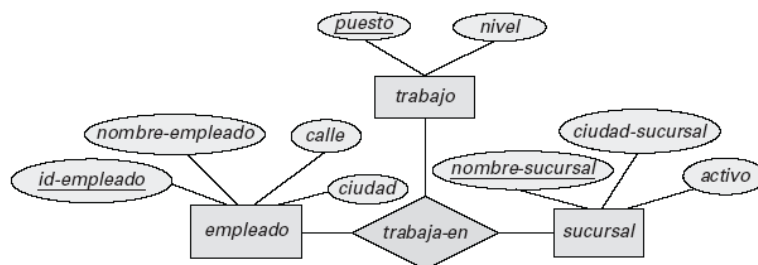
Ejemplo de generalización parcial con solapamiento



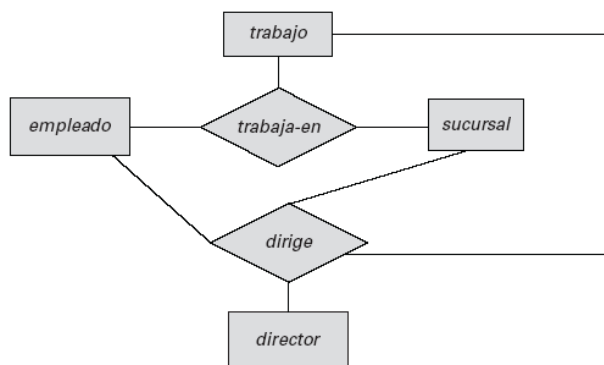
Se puede ver que ciertos requisitos de inserción y borrado son consecuencia de las restricciones que se aplican a una generalización o especialización dada. Por ejemplo, cuando se coloca una restricción de completitud total, una entidad insertada en un conjunto de entidades de nivel más alto se debe insertar en al menos uno de los conjuntos de entidades de nivel más bajo. Con una restricción de definición por condición, todas las entidades de nivel más alto que satisfacen la condición se deben insertar en el conjunto de entidades de nivel más bajo. Finalmente, una entidad que se borra de un conjunto de entidades de nivel más alto, también se debe borrar de todos los conjuntos de entidades de nivel más bajo asociados a los que pertenezca.

1.2.4 Agregación

Una limitación del modelo E-R es que no resulta posible expresar relaciones entre relaciones. Para ilustrar la necesidad de tales construcciones considérese la relación ternaria trabaja-en entre empleado, sucursal y trabajo



Supóngase ahora que se desean registrar los directores para las tareas realizadas por un empleado en una sucursal; es decir, se desean registrar directores por combinaciones (empleado, sucursal, trabajo). Asíumase que existe una entidad director. Una alternativa para representar esta relación es crear una relación cuaternaria dirige entre empleado, sucursal, trabajo y director (se necesita una relación cuaternaria; una relación binaria entre director y empleado no permitiría representar las combinaciones [sucursal,trabajo] de un empleado que están dirigidas por un director). Al usar los constructores básicos del modelado E-R se obtiene el diagrama E-R de la Figura.



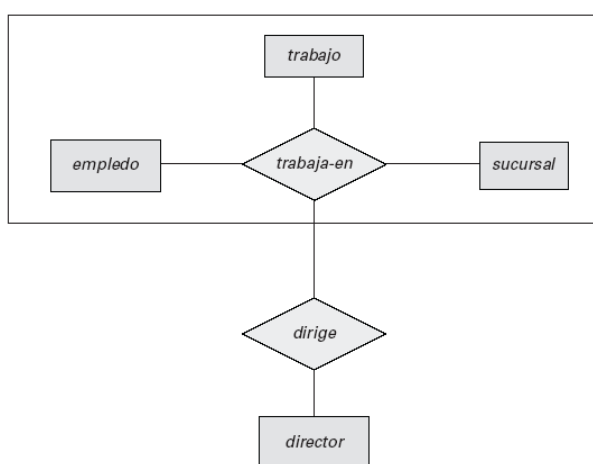
Parece que los conjuntos de relaciones trabaja-en y dirige se pueden combinar en un único conjunto de relaciones.

No obstante, no se deberían combinar, dado que algunas combinaciones empleado, sucursal, trabajo puede que no tengan director.

Hay información redundante en la figura resultante, ya que cada combinación empleado, sucursal, trabajo

en dirige también lo está en trabaja-en. Si el director fuese un valor en lugar de una entidad director, se podría hacer que director fuese un atributo multivalorado de la relación trabaja-en. Pero esto implica que es más difícil (tanto lógicamente como en coste de ejecución) encontrar, por ejemplo, los triples empleado-sucursaltabajo de los que un director es responsable. Como el director es una entidad director, se descarta esta alternativa en cualquier caso.

La mejor forma de modelar una situación como ésta es usar la agregación. La agregación es una abstracción a través de la cual las relaciones se tratan como entidades de nivel más alto. Así, para este ejemplo, se considera el conjunto de relaciones trabaja-en (que relaciona los conjuntos de entidades empleado, sucursal y trabajo) como un conjunto de entidades de nivel más alto denominado trabaja-en. Tal conjunto de entidades se trata de la misma forma que cualquier otro conjunto de entidades. Se puede crear entonces una relación binaria dirige entre trabaja-en y director para representar quién dirige las tareas. En la Figura se muestra una notación para la agregación que se usa habitualmente para esta situación.

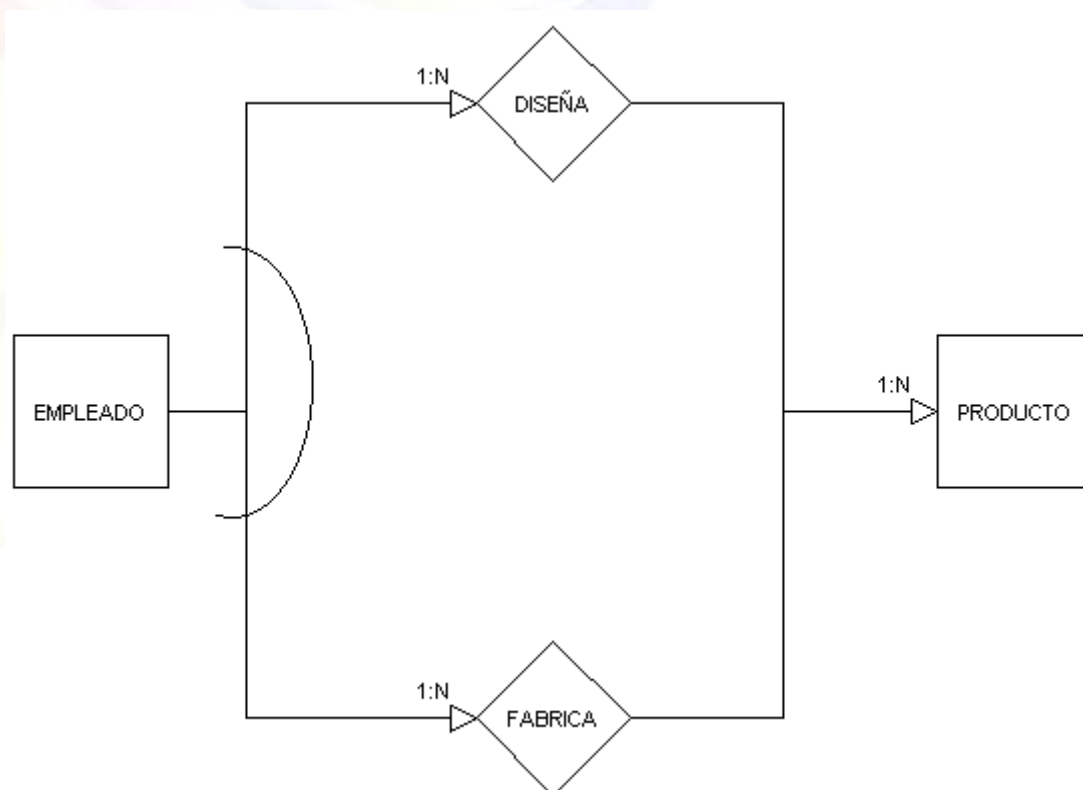


1.2.5 Restricciones entre las relaciones

En algunas ocasiones nos podemos encontrar con ciertas restricciones que podemos colocar entre las relaciones.

1.2.6 Restricción de Exclusividad

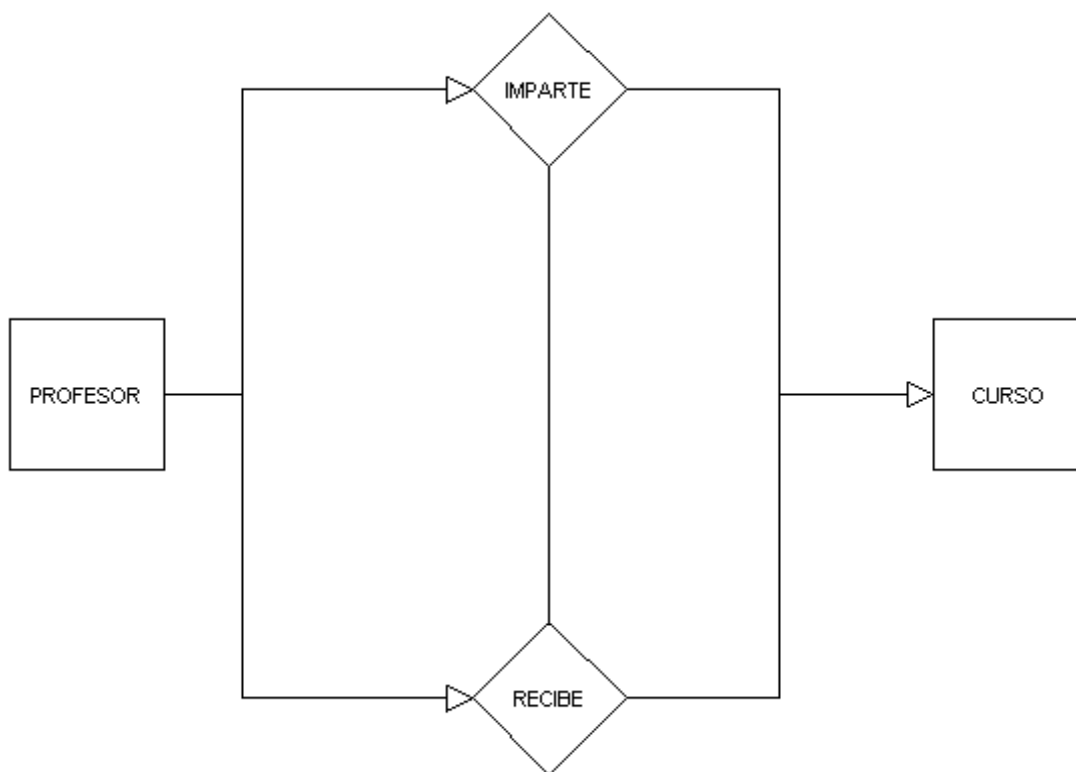
Dos o más interrelaciones son de exclusividad cuando cada ejemplar de la entidad presente en todas sólo puede combinarse con ejemplares de una sola de las entidades restantes. Por ejemplo:



Los empleados, en función de sus capacidades, o son diseñadores de productos o son operarios y los fabrican, no es posible que ningún empleado sea diseñador y fabricante a la misma vez.

1.2.7 Restricción de Exclusión

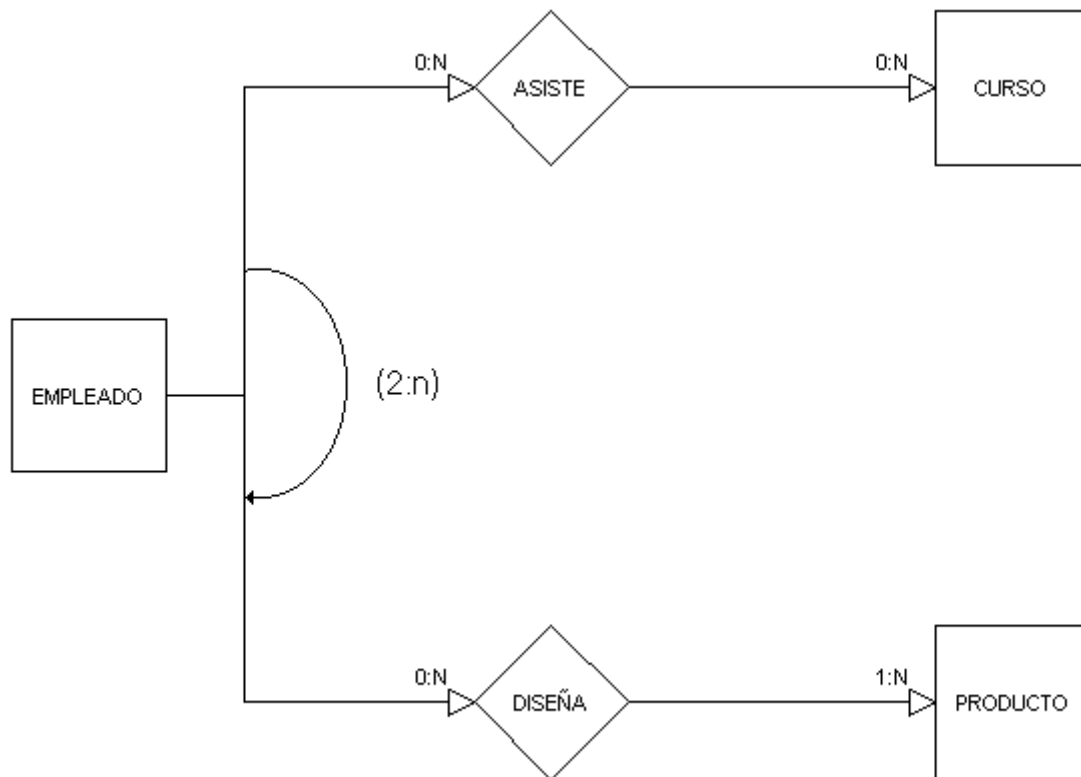
Se produce una restricción de exclusión cuando los ejemplares de las entidades sólo pueden combinarse utilizando una interrelación. Es el caso del siguiente ejemplo:



Un profesor no puede recibir e impartir el mismo curso, aunque al contrario que en la restricción anterior puede impartirlo o recibirlo.

1.2.8 Restricción de Inclusividad

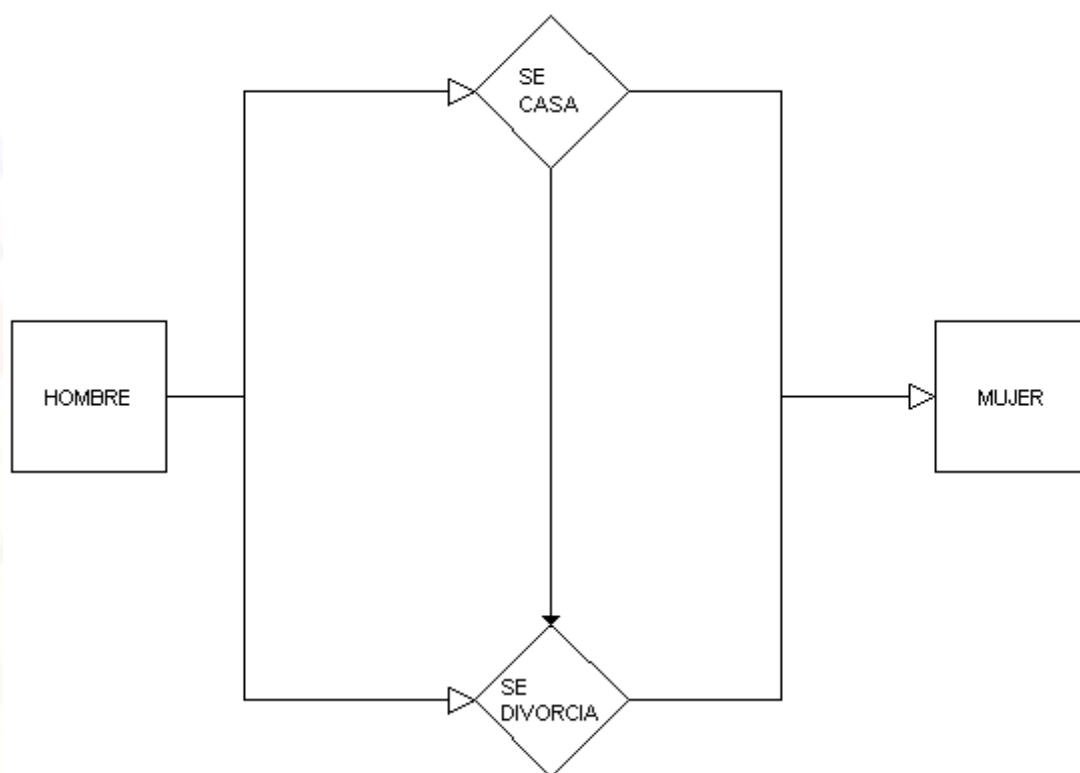
Se dice que una relación es de inclusividad cuando todo ejemplar de una entidad que participa en una interrelación ha tenido que participar en la otra. Por ejemplo:



Para que un empleado pueda trabajar como diseñador de productos deber haber asistido, al menos, a dos cursos.

1.2.9 Restricción de Inclusión

Se establece una restricción de inclusión cuando todo ejemplar de una entidad, para participar en la asociación con otro elemento de otra entidad mediante una interrelación, es necesario que ambos elementos estén asociados por una segunda interrelación. Por ejemplo:



Para que un hombre se divorcie de una mujer, previamente ha de haberse casado con ella.