

MODELO ENTIDAD/INTERRELACIÓN

En este capítulo analizaremos el modelo Entidad/Interrelación, uno de los modelos conceptuales más extendidos en las metodologías de diseño de bases de datos y en las herramientas CASE (ayudan al desarrollo automatizado de aplicaciones, nosotros hemos utilizado la herramienta Studio Case). Después de presentar la historia del modelo, estudiaremos su componente estática y el formalismo gráfico asociado a ésta (que ha contribuido sin duda a su éxito), y profundizaremos en otros aspectos introducidos en posteriores extensiones y refinamientos, los cuales, al dotarlo de más elementos semánticos, lo convierten en un instrumento fundamental en el diseño conceptual de bases de datos. Vamos a ocuparnos tan sólo de la parte estática del modelo, ya que la componente dinámica del mismo apenas tiene interés en modelos de este tipo, enfocados al **diseño conceptual** de bases de datos.

1. PRESENTACIÓN DEL MODELO

Los modelos de datos convencionales no ofrecen la suficiente capacidad de abstracción ni el poder expresivo como para captar la semántica del mundo real, haciendo difícil la comunicación del diseñador con el usuario. Entre los modelos de datos que surgen a fin de paliar estos problemas, destaca el Modelo Entidad/Interrelación (E/R), propuesto por Peter P. Chen en 1976. Según Chen, "El modelo E/R puede ser usado como una base para una vista unificada de los datos", adoptando "el enfoque más natural del mundo real que consiste en entidades e interrelaciones".

Posteriormente otros muchos autores han investigado y escrito sobre el modelo, proponiendo importantes aportaciones. Realmente no se puede considerar que exista un único modelo E/R, sino más bien lo que podríamos llamar una *familia de modelos*, por lo que hay importantes diferencias en la presentación que del modelo hacen distintos autores. En el modelo que vamos a exponer se incluyen la mayoría de las extensiones que se han ido aportando a lo largo del tiempo.

El modelo E/R permite al diseñador concebir la base de datos a un nivel superior de abstracción, aislándolo de consideraciones relativas a la máquina (tanto en su nivel lógico como físico) y a los usuarios en particular (nivel externo), y centrándolo en un plano infológico en el que la información desempeña un papel fundamental. El modelo, como su nombre indica, se apoya en dos conceptos: *entidad e interrelación*. Para CHEN (1976), una **entidad** es "una cosa que se puede identificar claramente" y "una **interrelación** una vinculación entre entidades".

Desde que fue propuesto, el modelo E/R ha tenido una gran difusión y ha despertado un enorme interés en la comunidad informática dedicada a las bases de datos, prueba de ello son los innumerables congresos dedicados al tema, entre los que caben destacar las *Conferencias Internacionales sobre el enfoque E/R* que se celebran anualmente; es también el modelo más extendido en las herramientas CASE de ayuda al diseño de bases de datos.

2. ESTÁTICA DEL MODELO E/R

En el modelo E/R, tal como fue propuesto por Chen, se distinguen los siguientes elementos: Entidad, Interrelación, Dominio (para Chen *conjunto de valores*) y Atributo.

2.1. Entidad

Se puede definir una **entidad** como cualquier objeto (real o abstracto) que existe en la realidad y acerca del cual queremos almacenar información en la base de datos. HALL (1976) la define como "algo con realidad objetiva que existe o puede ser pensado". Según ANSI (1977), es "una persona, lugar, cosa, concepto o suceso, real o abstracto, de interés para la empresa". La estructura genérica que describe un conjunto de entidades aplicando la abstracción de clasificación se denomina **tipo de entidad**, (*concepto que engloba a todas los elementos de un conjunto de entidades*) mientras que **entidad** es cada uno de los ejemplares de ese tipo de entidad; por tanto, el tipo de entidad es el resultado de la *clasificación* de un conjunto de entidades. Por ejemplo, CURSO es un tipo de entidad que describe las características comunes de un conjunto de cursos; un ejemplar del tipo de entidad CURSO será, por ejemplo, "Diseño de Bases de Datos Relacionales" y otro "Introducción a los Sistemas de Bases de Datos". Otro tipo de entidad podría ser PROFESOR y un ejemplar del mismo sería el profesor D. Francisco Sánchez.

El conjunto de ejemplares de un tipo de entidad en un momento dado será la **extensión** de ese tipo de entidad, mientras que la **intensión** es el tipo de entidad (definición) *propriamente dicho*. Cuando por el contexto se sobreentiende que nos estamos refiriendo a un tipo de entidad, se simplifica a veces la expresión y se utiliza únicamente entidad. Chen habla de *conjunto de entidades* (*entity set*), lo que para él es análogo a tipo de entidad.

Si una entidad pertenece a un tipo de entidad, ha de cumplir el **predicado** (la condición que ha de cumplir un objeto para ser un ejemplar de un tipo de entidad) asociado al correspondiente tipo de entidad. Matemáticamente, un conjunto de ejemplares de un tipo de entidad se define entonces como:

$$\{ e : p(E) \}$$

Siendo e un ejemplar del tipo de entidad E y p el predicado asociado a E , por ejemplo, el tipo de entidad PROFESOR, cuyo predicado asociado es "Persona que ejerce o enseña una materia o arte" tiene un ejemplar "D. Francisco Sánchez" que pertenece a él, ya que cumple dicho predicado.

La representación gráfica de un tipo de entidad en este modelo es un rectángulo etiquetado en cuyo interior está el nombre del tipo de entidad, como podemos ver en la Fig. 1.

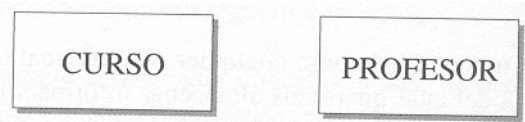


Fig. 1. Representación de tipos de entidades regulares

Existen dos clases de entidades: **regulares**, que son aquellas cuyos ejemplares tienen existencia por sí mismos (como CURSO y PROFESOR), y **débiles**, en las cuales la existencia de un ejemplar depende de que exista un cierto ejemplar de otro tipo de entidad (por ejemplo, EDICION depende de CURSO), y la desaparición de un determinado curso de la base de datos hace que desaparezcan también todas las ediciones de dicho curso. De esta forma si se elimina una entidad regular se elimina la entidad débil de la que depende.

Los tipos de entidad débil se representan con dos rectángulos concéntricos con su nombre en el interior, como se puede observar en la Fig.

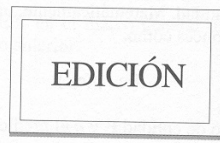


Fig. Representación de una entidad débil

Aunque es fácil entender el concepto de entidad, no lo es su definición formal; por esta razón, se ha afirmado a veces que es preferible dejar el término sin definir. En nuestra opinión, el problema, más que en la definición en sí misma, se encuentra en que un cierto objeto del mundo real se cataloga en ocasiones como una entidad, mientras que en otras se considera una propiedad de una entidad o una interrelación; un ejemplo muy repetido de ello es el color, el cual es en general una propiedad de una entidad (como es el caso del color de un coche); sin embargo, en una fábrica de pinturas probablemente sería apropiado modelar el color como una entidad que tendría sus propiedades.

Algunos autores han intentado precisar el concepto de entidad. Así, hay quien propone tres reglas generales que debe cumplir una entidad:

- Tiene que tener existencia propia.
- Cada ejemplar de un tipo de entidad debe poder distinguirse de las demás.
- Todos los ejemplares de un tipo de entidad deben tener las mismas propiedades.

Sin embargo, la primera de estas reglas no es aplicable a las entidades débiles, cuya existencia depende de la existencia de la entidad regular de la cual dependen.

En cuanto a la segunda de estas condiciones supone la obligación de un identificador que permita distinguir los distintos ejemplares de un tipo de entidad, lo que tampoco es universalmente aceptado (ni por los autores, ni por los modelos, ni por los productos).

Respecto a la tercera: ¿hasta qué punto todos los ejemplares de un tipo de entidad tienen las mismas propiedades en el caso de que el modelo admita valores nulos (especialmente los inaplicables)?

2.2. Interrelación

Se entiende por *interrelación* una asociación, vinculación o correspondencia entre entidades. Denominaremos **tipo de interrelación** a la estructura genérica que describe un conjunto de interrelaciones, mientras que interrelación será cada uno de los ejemplares concretos; por tanto, el tipo de interrelación es el resultado de *clasificar* un conjunto de interrelaciones.

Por ejemplo, *Imparte* es un tipo de interrelación que vincula los dos tipos de entidad PROFESOR y CURSO; un ejemplar del tipo de interrelación *Imparte* es la vinculación entre el profesor D. Francisco Sánchez y el curso "Diseño de Bases de Datos Relacionales".

Representaremos el tipo de interrelación mediante un rombo etiquetado con el nombre de la interrelación, unido mediante líneas a los tipos de entidad que asocia, como se puede observar en la Fig. 3, en donde establecemos la interrelación Imparte entre PROFESOR y CURSO.



Fig. 3. Representación de la relación Imparte entre PROFESOR y CURSO

Entre dos tipos de entidad puede existir más de un tipo de interrelación, como se puede observar en la Fig. 4.

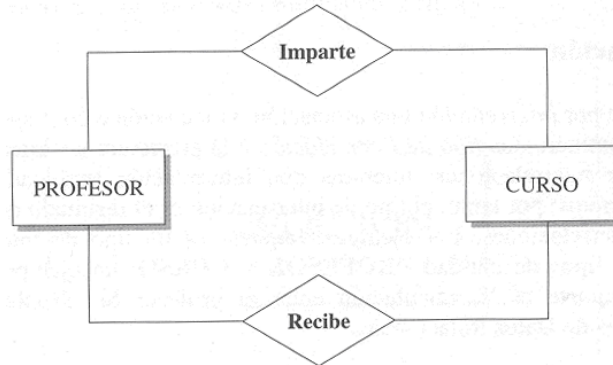


Fig. 4. Dos tipos de entidad entre los que existen dos tipos de interrelación

La interrelación puede considerarse un tipo especial de entidad cuya existencia depende de la existencia de las entidades a las que relaciona, pero su especificidad hace necesario definirla como un elemento del modelo de datos distinto de la entidad. Un ejemplo es el matrimonio, que puede ser visto como una interrelación entre dos personas o como una entidad en sí misma.

2.3. Dominio y valor

Las distintas propiedades o características de un tipo de entidad o de interrelación toman *valores* para cada ejemplar de éstas. El conjunto de posibles valores que puede tomar una cierta característica se denomina **dominio**. Se define dominio, como un conjunto de valores homogéneos con un nombre.

Por ejemplo, el valor "inglés" se toma del dominio *Idiomas*, y cumple el predicado de ser uno de los idiomas posibles del conjunto ("español", "inglés", "francés"); el dominio *Nombre_curso* es una tira de caracteres. Un dominio puede definirse por **intensión**, especificando el tipo de datos (por ejemplo, carácter 30 para el Nombre_curso o fecha para la Fecha_edición); o por **extensión**, declarando el valor de cada elemento del dominio (como es el caso de Idioma). El dominio se representa gráficamente con un círculo u óvalo etiquetado con su nombre. En la Fig. 5 mostramos dos formas de representar un dominio, aunque usaremos la de la derecha.

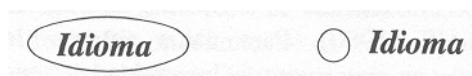


Fig. 5. Dos formas de representación de un dominio

NOTA: nosotros utilizaremos la segunda.

El dominio es un elemento del modelo que tiene existencia propia independiente de cualquier otro elemento.

2.4. Atributo

Cada una de las propiedades o características que tiene un tipo de entidad o un tipo de interrelación se denomina **atributo**; los atributos toman valores de uno o varios dominios. Por tanto, podemos decir que el atributo le da una determinada interpretación al dominio (o a los dominios) en el contexto de un tipo de entidad o de un tipo de interrelación.

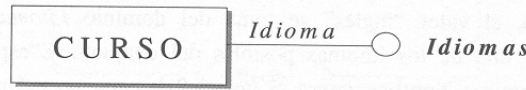


Fig. 6.1. Representación de atributo (izq.) y dominio (der.) en una entidad

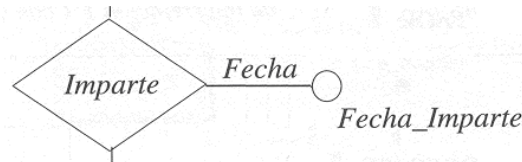


Fig. 6.2. Representación de atributo (izq.) y dominio (der.) en una relación

La representación gráfica de un atributo consiste en cualificar con un nombre la línea que une el dominio con el tipo de entidad o de interrelación (ver Fig. 6). Sin embargo, para simplificar la representación gráfica y siempre que coincida el nombre del dominio con el atributo, será suficiente con el círculo u óvalo con el nombre del atributo, es decir, no vamos a utilizar el dominio ya que al poner el atributo normalmente va a coincidir.

En el esquema conceptual resultante del modelado sólo especificaremos los atributos más significativos; en la Fig. 7 se representan los tipos de entidad CURSO y PROFESOR y el tipo de interrelación *Imparte* con alguno de sus atributos.

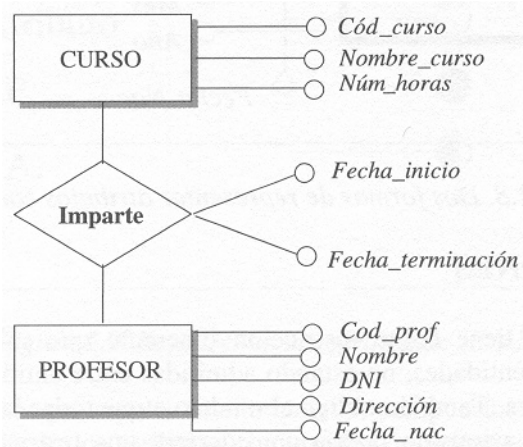


Fig. 7. Representación de atributos en tipos de entidades y de interrelación

A diferencia de los dominios que tienen vida propia, es decir, existen por sí mismos, la existencia de un atributo está ligada a la del correspondiente tipo de entidad. Así la fecha de nacimiento de un empleado (*Fecha_Nac*) no tiene sentido si de nuestro esquema desaparece el tipo de entidad EMPLEADO; sin embargo, el dominio *Fechas* puede existir con independencia de cualquier otro tipo de entidad o atributo.

Por otro lado, debemos observar que mientras los tipos de entidad tienen atributos, sus ejemplares toman valores para cada atributo, aunque a veces, a fin de simplificar, se hable de forma poco precisa de los atributos de una entidad.

Además, varios atributos distintos pueden tomar valores de un mismo dominio. Por ejemplo, los atributos *Fecha_nacimiento* y *Fecha_venta* pueden tomar valores del dominio *Fechas*.

El modelo E/R admite (como se deduce de la definición de atributo) atributos compuestos, es decir, atributos definidos sobre más de un dominio; por ejemplo, el atributo *Fecha_Nac* de la entidad PROFESOR puede estar definido sobre los dominios *Día*, *Mes*, y *Año*. En la Fig. 8 se muestran dos formas de representar los atributos compuestos.

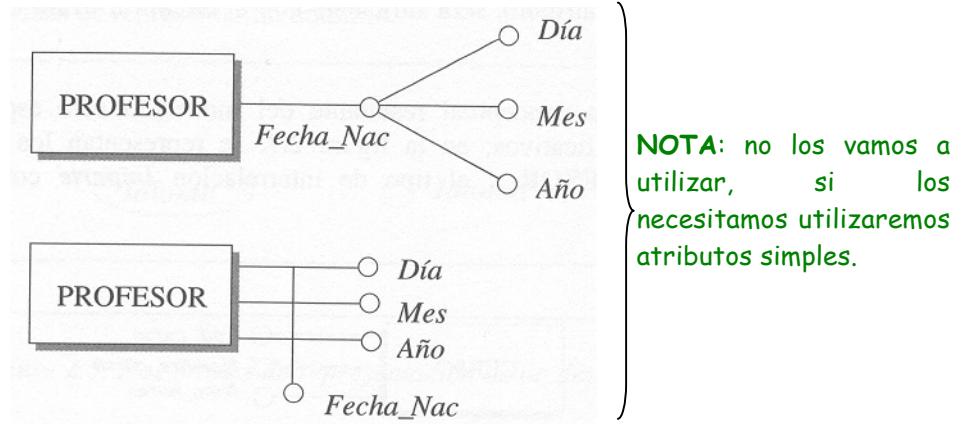


Fig. 8. Dos formas de representar atributos compuestos

NOTA: No puede existir un atributo sin estar relacionado con una entidad o una relación.

3. RESTRICCIONES

El modelo E/R tiene como restricción inherente (que forma parte del modelo) que sólo permite establecer interrelaciones entre entidades, no estando admitidas entre entidades e interrelaciones ni entre interrelaciones. También obliga el modelo a que todas las entidades tengan un identificador, lo que asimismo podría considerarse una restricción inherente. El no tener apenas restricciones inherentes dota al modelo de una gran flexibilidad para la representación del mundo real.

En cuanto a restricciones de integridad, únicamente consideramos las restricciones específicas, distinguiendo entre las restricciones sobre valores y las estructurales.

- Las restricciones sobre valores se establecen mediante la definición de dominio, la cual permite limitar los valores del dominio y, por tanto, los de los atributos sobre él definidos, a los de un determinado tipo de datos, o restringirlos a los comprendidos en un rango, o bien declarar los valores posibles en el caso de que la definición se haga por extensión.
- Las restricciones estructurales se refieren tanto a atributos como a interrelaciones; estas últimas las analizaremos más adelante cuando tratemos la semántica de las interrelaciones, mientras que de las que atañen a los atributos nos ocupamos a continuación.

Entre todos los atributos de un tipo de entidad han de existir uno o varios (simples y/o compuestos) que identifiquen unívocamente cada uno de los ejemplares de ese tipo de entidad. Cada uno de estos conjuntos de atributos se denomina **Identificador Candidato (IC)**. Cuando un IC es compuesto, el número de los atributos que lo componen debe ser mínimo, en el sentido de que la eliminación de cualquiera de ellos le haría perder su carácter identificador. Luego todo IC debe cumplir la condición de ser unívoco y mínimo. Entre los IC se elige uno como **Identificador Principal (IP)** y el resto serán **Identificadores Alternativos (IA)**. La representación gráfica de estos atributos queda reflejada en la Fig. 9.

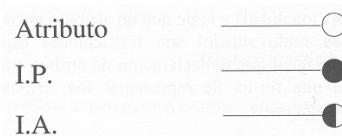


Fig. 9. Representación gráfica de IP y IA

Los identificadores principales (o alternativos) compuestos se pueden representar de forma análoga a la de los atributos compuestos tal como se muestra en el ejemplo de la Fig. 10.

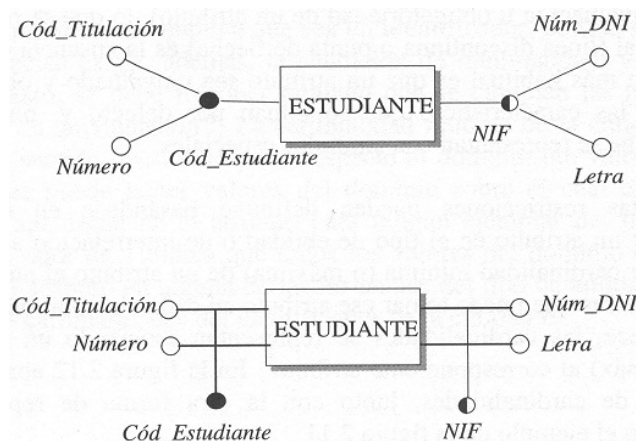
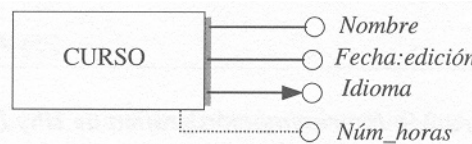


Fig. 10. Ejemplo de IP y de IA compuestos

El modelo E/R permite también **atributos multivaluados y opcionales** (nulos o "faltantes"). En general un atributo toma, para cada ejemplar de entidad, un único valor de cada dominio (o dominios) subyacente(s) (un libro tiene un único título, un único ISBN, etc.), pero también existen atributos que pueden tomar más de un valor (un curso puede impartirse en más de un idioma, o un profesor puede tener más de un teléfono); estos atributos reciben el nombre de multivaluados frente a los univaluados que toman un solo valor.

Por otro lado, puede obligarse a un atributo de un tipo de la entidad a que tome, como mínimo, un valor del (o de los) dominio(s) subyacente(s) para cada ejemplar de entidad; es decir, el valor de ese atributo es *obligatorio* (no puede ser nulo) para todo ejemplar de la entidad. La prohibición de valores nulos para un atributo (no admitir la opcionalidad) y la de que un atributo pueda tomar más de un valor (no admitir que sea multivaluado) son restricciones específicas sobre la estructura de los atributos, al igual que la declaración de atributos identificadores. En la Fig. 11 se muestra una forma de representar los atributos multivaluados/univaluados y opcionales/obligatorios.



NOTA: el Núm_horas es un campo que admite valores nulos con lo que nunca será un IP.

Fig. 11. Ejemplo de atributos multivaluado (Idioma) y opcional (Núm_Horas)

Se puede observar en la figura anterior que, en lugar de representar la existencia de restricción (univaluación u obligatoriedad de un atributo), lo que se representa con un símbolo especial (línea discontinua o punta de flecha) es la ausencia de restricción; la razón es que lo más habitual es que un atributo sea univaluado y obligatorio, por lo que son éstas las características que se toman por defecto y, por tanto, son las contrarias las que se representan con símbolos especiales.

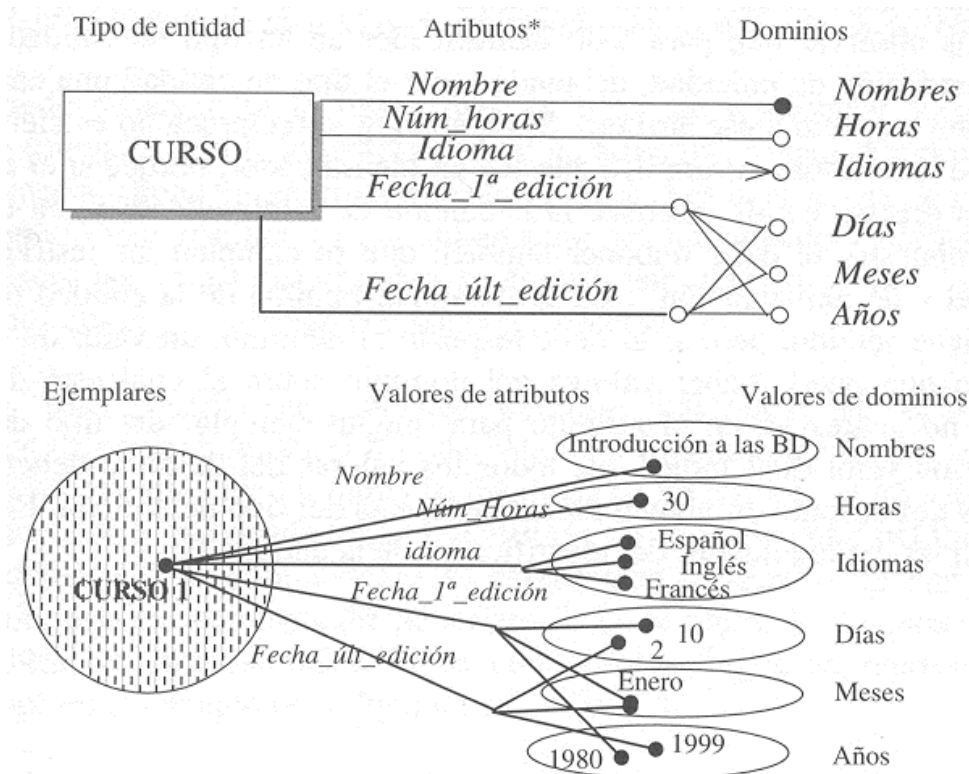


Fig. 14. Ejemplo del tipo de entidad CURSO, con alguno de sus atributos, y de un ejemplar de CURSO con sus valores.

4. PRIMERA APROXIMACIÓN A LA SEMÁNTICA DE LAS INTERRELACIONES

El contenido semántico de las interrelaciones se ha ido completando con conceptos tales como las cardinalidades, la dependencia en existencia y en identificación, la abstracción de generalización, etc.; en este epígrafe vamos a comenzar viendo los elementos de una interrelación que aparecen en el modelo básico así como algunos aspectos semánticos como las dependencias en existencia y en identificación. Posteriormente, en otros epígrafes, iremos extendiendo la semántica de las interrelaciones.

4.1. Elementos de un tipo de interrelación

En un tipo de interrelación se pueden distinguir los siguientes elementos:

- **Nombre:** Al igual que las entidades, los dominios y los atributos, cada tipo de interrelación tiene un nombre que lo distingue unívocamente del resto (siempre es único), y mediante el cual ha de ser referenciado. Como hemos indicado anteriormente, en la representación gráfica del tipo de interrelación (un rombo etiquetado) siempre ha de aparecer el nombre, el cual aporta semántica al modelo; otros modelos de datos (como el jerárquico e incluso el relacional para ciertos tipos de interrelación) no soportan esta semántica.
- **Grado:** Es el número de "tipos de entidad" (entidades) que participan en un tipo de interrelación. Así, un tipo de interrelación es de grado 2 (o binaria) cuando asocia dos tipos de entidad como las de las Fig. 3 y Fig. 4. Un caso particular de interrelaciones son las *reflexivas* (grado 1), las cuales asocian un tipo de entidad consigo misma; en la Fig. 15 se muestra el tipo de interrelación reflexiva *Consta* que asocia TEMA con TEMA, en la que se refleja la posibilidad de que un cierto tema (por ejemplo, informática) esté compuesto por (sub)temas (por ejemplo, bases de datos, sistemas operativos, lenguajes, etc.).

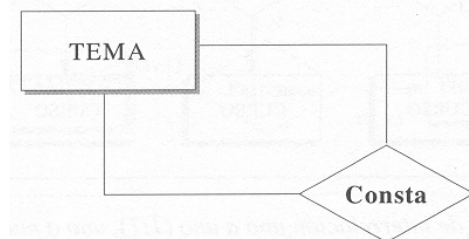


Fig. 15. Ejemplo de un tipo de interrelación reflexiva (grado 1)

Pueden existir también tipos de interrelación que asocien más de dos tipos de entidad (grado n , siendo n mayor que 2) como en la Fig. 16. En este ejemplo se muestra el tipo de entidad **profesor** con los **temas** y **cursos** que **imparte**. (El profesor D. Francisco Sánchez imparte el tema "El Modelo E/R" en el curso "Sistemas de Bases de Datos". El profesor D. José Díaz imparte el tema "Los ficheros" en el curso "Programación avanzada". El profesor D. José Díaz imparte el tema "La normalización" en el curso "Sistemas de Bases de Datos", ...)

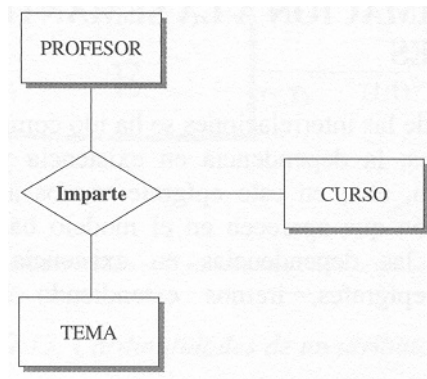


Fig. 16. Ejemplo de un tipo de interrelación de grado superior a dos

- **Tipo de correspondencia:** Es el número máximo de ejemplares de un tipo de entidad que pueden estar asociados, en una determinada interrelación, con un ejemplar de otro(s) tipo(s); para representarlo gráficamente, bien se pone una etiqueta con 1:1, 1:N o N:M según corresponda al lado de la interrelación, o bien se orienta el arco de unión en el sentido 1 a N mediante una punta de flecha, tal como aparece en la Fig. 17, donde se han incluido ambos tipos de representación en tres ejemplos de tipos de interrelación.

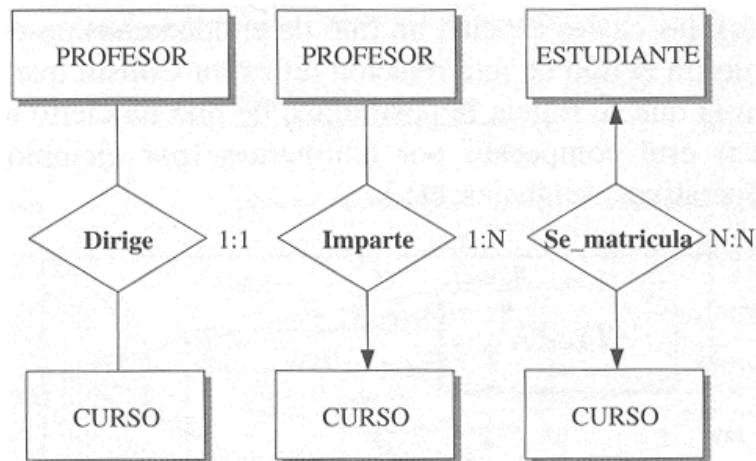


Fig. 17. Ejemplos de interrelación uno a uno (1:1), uno a muchos (1:N) y muchos a muchos (N:M)

- **Papel ("rol"):** Es la función que cada uno de los tipos de entidad realiza en el tipo de interrelación; se representa poniendo el nombre del **papel** en el arco que une cada tipo de entidad con el tipo de interrelación (ver Fig. 18). Siempre que no exista ambigüedad (o que sea lo suficientemente clara la relación) se suele prescindir de representar el papel.

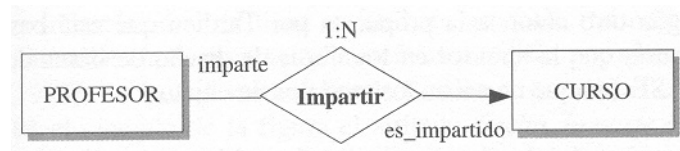


Fig. 18. Representación de los "papeles" en un tipo de interrelación

4.2. Cardinalidad de un tipo de entidad

Se define como el **número mínimo y máximo** de ejemplares de un tipo de entidad que pueden estar interrelacionadas con un ejemplar del otro, u otros tipos de entidad que participan en el tipo de interrelación. Se representa gráficamente mediante una etiqueta del tipo (0,1), (1,1), (0,n) ó (1,n), según corresponda, al lado de los tipos de entidades asociados por el tipo de interrelación, tal como aparece en la Fig. 19.

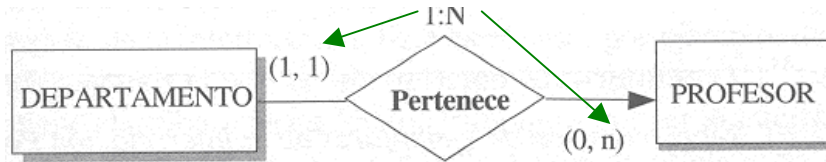


Fig. 19. Ejemplo de interrelación en la que aparecen las cardinalidades

Este ejemplo hay que interpretarlo:

Hacia la derecha: como que 1 departamento puede no tener profesores (0) o que a él pueden pertenecer 1, 2, o más (n) profesores.

Hacia la izquierda: Un profesor de nuestra base de datos deberá pertenecer a 1 (primer 1) departamento y sólo a 1 (segundo 1).

Se puede observar que el **tipo de correspondencia** coincide con la cardinalidad máxima.

En la Fig. 20 se muestran algunos ejemplares de la interrelación *Pertenece* entre DEPARTAMENTO y PROFESOR, en la que se ha supuesto que pueden existir departamentos que (por estar recién creados) no tienen ningún empleado y que todo empleado tiene que pertenecer siempre a un único departamento.

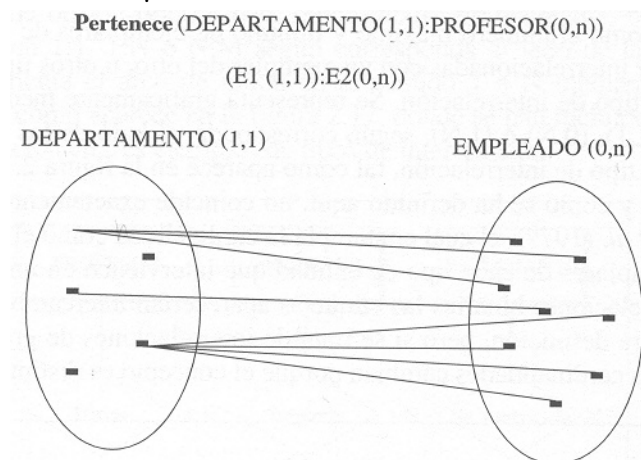


Fig. 20. Representación de ejemplares de la interrelación *Pertenece*

4.3. Atributos de las interrelaciones

Cuando una interrelación 1:N tiene un atributo asociado (tal como aparece en la Fig. 21), el atributo podríamos haberlo asignado a la entidad cuya cardinalidad máxima es N (en el ejemplo de la Fig. 21 el atributo *Fecha_imparte* podría llevarse a EDICIÓN), con independencia de los valores de las cardinalidades mínimas.

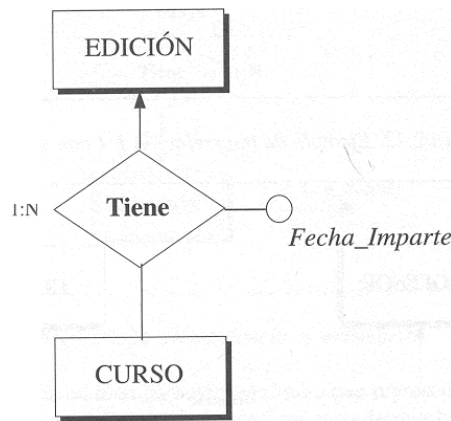


Fig. 21. Interrelación 1:N con atributo

Semánticamente, sin embargo, puede ser, en ocasiones, de interés conservar el atributo dependiendo de la interrelación. Éste es el caso, por ejemplo, del esquema de la Fig. 22 donde tenemos el tipo de interrelación **Matrimonio** (1:1) entre HOMBRE Y MUJER, que tiene el atributo *fecha* (del matrimonio). Por ser la interrelación 1:1, para cada par (hombre_x, mujer_y) existe una sola fecha válida de celebración del matrimonio, fecha que no es una propiedad de ninguno de los dos ejemplares, sino del hecho de la unión entre ellos, es decir, de la interrelación.

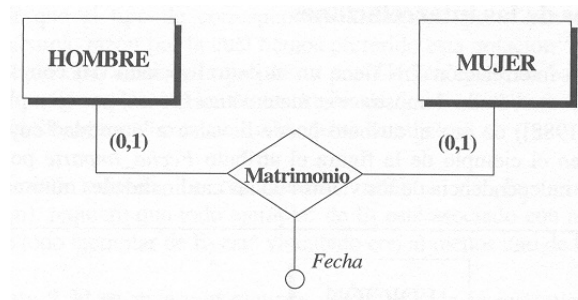


Fig. 22. Ejemplo de interrelación 1:1 con un atributo

Los atributos de las interrelaciones N:M, son propios de la interrelación y no de las entidades vinculadas por ella; pueden incluso ser multivaluados como en el ejemplo de la Fig. 23 donde un profesor puede dar el mismo curso en varias fechas distintas, por lo que *Fecha* es un atributo multivaluado.

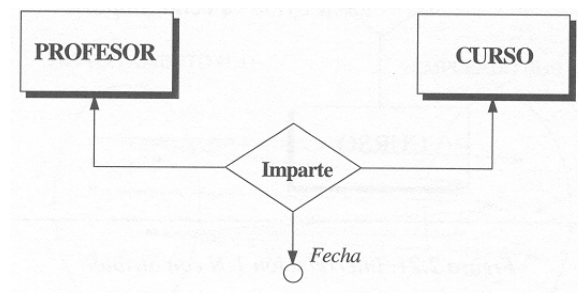


Fig. 23. Ejemplo de interrelación N:M con un atributo multivaluado

4.4. Dependencia en existencia y en identificación

Como en el caso de los tipos de entidad, los tipos de interrelación se clasifican también en regulares y débiles, según estén asociando dos tipos de entidad regulares, o un tipo de entidad débil con un tipo de entidad (regular o débil), respectivamente. Es interesante distinguir, dentro del tipo de interrelación débil, la dependencia en existencia y la dependencia en identificación.

Se dice que hay dependencia **en existencia** cuando los ejemplares de un tipo de entidad (entidad débil) no pueden existir (en nuestra base de datos) si desaparece el ejemplar del tipo de entidad regular del cual dependen. Se dice que existe dependencia **en identificación** cuando además de cumplirse la condición anterior, los ejemplares del tipo de entidad débil no se pueden identificar por sí mismos, es decir, mediante los propios atributos del tipo de entidad, y exigen añadir el identificador principal del tipo de entidad regular del cual dependen. Se ve claramente que una dependencia en identificación es siempre una dependencia en existencia (no ocurre lo contrario), y el tipo de interrelación es débil en ambos casos.

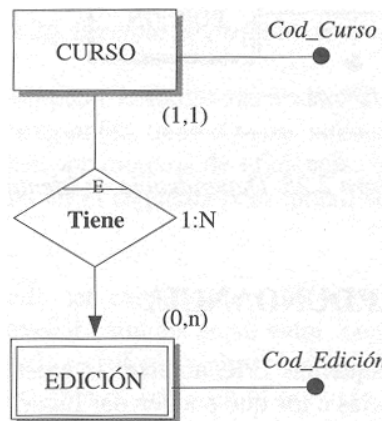


Fig. 24. Dependencia en existencia

Si existe dependencia en identificación, el rombo que representa la interrelación va etiquetado con **ID**, y con una **E** (o sin etiqueta) en caso de que la dependencia sea en existencia. En la Fig. 24 se puede observar que los datos acerca de las ediciones de un curso sólo tendrán interés en tanto éste permanece en la base de datos, con lo que hay una dependencia en existencia. Sin embargo, cada edición tiene un identificador que lo distingue del resto independientemente del curso al que pertenezca. Por ejemplo, para el curso uno E1, E2, para el curso dos E3, E4, E5, etc.

En el supuesto de que las ediciones no tuvieran un identificador único, por ejemplo, E1, E2 fuesen ediciones del curso C1; E1, E2, E3 del curso C2, etc., entonces se dice que edición depende en identificación de curso. En la Fig. 25 se representa una dependencia en identificación donde se indica que el identificador de **EDICIÓN** (al que hemos llamado *Id_Edición*) se forma mediante el código de edición (*Cód_Edición*) más el identificador de la entidad de la cual depende **EDICIÓN** en la interrelación *Tiene*, es decir, *Cód_Curso*.

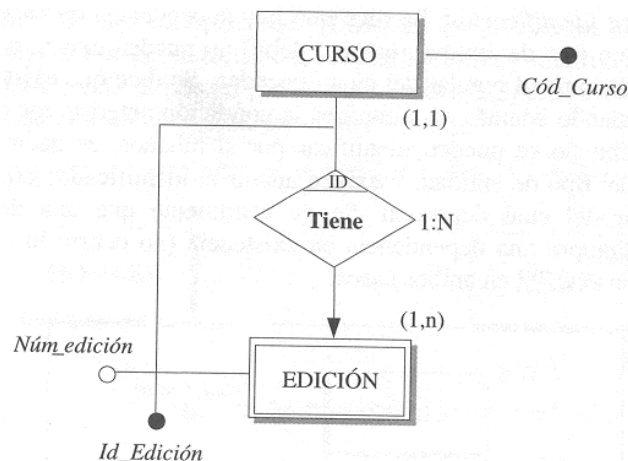


Fig. 25. Dependencia en identificación

5. CONTROL DE REDUNDANCIA

Es preciso, en los esquemas E/R, analizar la existencia de redundancias, por los problemas de inconsistencias a los que pueden dar lugar.

Decimos que un elemento de un esquema es redundante cuando puede ser eliminado sin pérdida de semántica.

Existen dos formas principales de redundancia, según el elemento del modelo E/R al que está asociada: redundancia en los *atributos* (atributos derivados) y redundancia en las *interrelaciones* (denominadas también por algunos autores interrelaciones derivadas).

5.1. Atributos derivados

Entendemos por **atributos derivados** (o calculados) aquellos que se obtienen a partir de otros ya existentes, por lo que, aunque son redundantes, no dan lugar a inconsistencias, siempre que en el esquema se indique su condición de derivados y la fórmula mediante la que han de ser calculados.

En la Fig. 26 tenemos el atributo *número de ediciones*, que puede ser calculado a partir de los ejemplares de edición mediante la interrelación *tiene*. Para indicarlo gráficamente utilizaremos la etiqueta **DI** en el atributo calificado como derivado, almacenando la regla de derivación en el diccionario de datos.

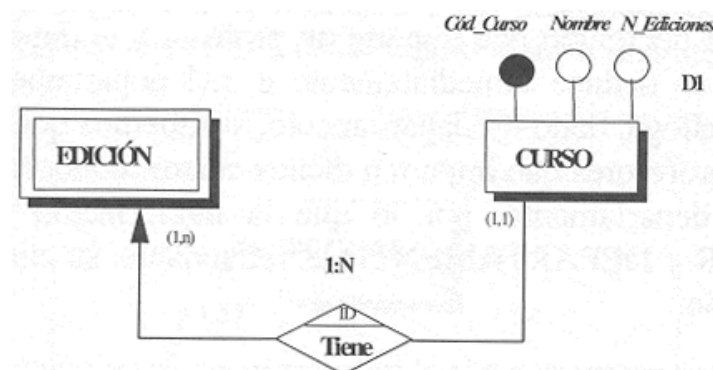


Fig. 26. Ejemplo de atributo derivado

Incluir en el esquema conceptual atributos derivados, a pesar de que pueden ser generados a partir de otros ya existentes, tiene a veces interés por razones semánticas. Aunque también se podría hacer por motivos de eficiencia; sólo por esta causa no se deberían incluir dichos atributos en el esquema conceptual, sino en el lógico, o mejor aún, en el físico.

Un atributo derivado puede ser calculado en dos momentos distintos:

- Bien en actualizaciones que pueden provocar cambios en su valor.
- Bien cuando se recupera.

En el primer caso, el atributo derivado se calcula y almacena (por lo que, por ejemplo, en el modelo de datos Codasyl se dice que es *real*)

En el segundo no está almacenado y se calcula cuando se realiza una consulta (por lo que se dice que es *virtual*). El tomar una u otra decisión es propio del diseño físico, ya que se hace por motivos de eficiencia, y dependerá del número de actualizaciones frente al de recuperaciones.

5.2. Interrelaciones redundantes (o interrelaciones derivadas)

Se dice que una **interrelación es redundante** cuando su eliminación no implica pérdida de semántica porque existe la posibilidad de realizar la misma asociación de ejemplares por medio de otras interrelaciones.

Es condición necesaria, aunque no suficiente, para que una interrelación sea redundante que forme parte de un ciclo, por lo que hay que estudiar detenidamente los ciclos en el diagrama E/R.

En el ejemplo de la Fig. 27 se da un ciclo entre PROFESOR, CURSO y DEPARTAMENTO, por lo que en principio es posible que aparezca alguna interrelación redundante. Supongamos que un profesor sólo puede impartir cursos de doctorado que estén adscritos al departamento al que él pertenece; en este caso, si se conocen los cursos de doctorado que imparte un profesor y el departamento al que está adscrito cada curso, se deduce inmediatamente a qué departamento pertenece dicho profesor; de forma análoga, dado un departamento, si sabemos qué cursos de doctorado tiene adscritos y los profesores que imparten dichos cursos, conoceremos qué profesores pertenecen a dicho departamento, por lo que la interrelación pertenece entre las entidades PROFESOR y DEPARTAMENTO es redundante, su eliminación no produce pérdida de información.

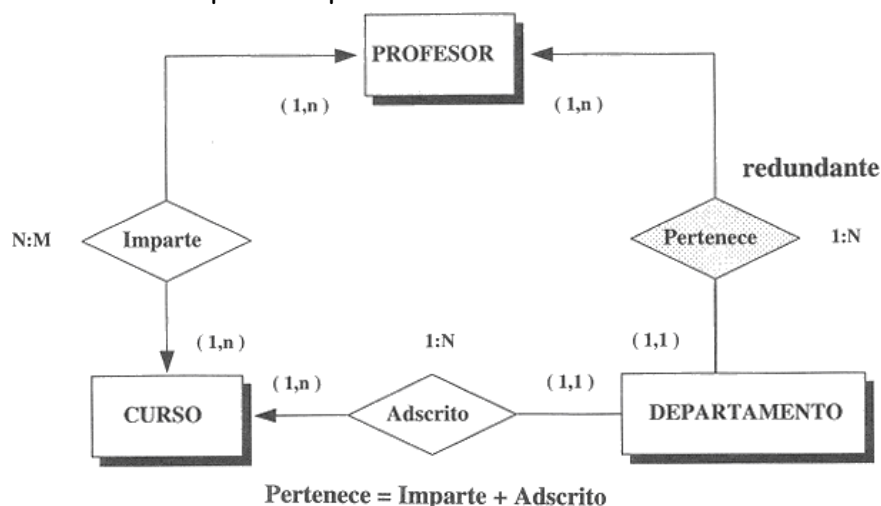


Fig. 27. Ciclo en el que aparece una interrelación redundante

En la Fig. 28, a pesar de que también existe un ciclo, no hay ninguna interrelación redundante. En este ejemplo la semántica es distinta y un departamento puede no tener adscritos cursos de doctorado; además un mismo curso puede estar adscrito a distintos departamentos y puede haber profesores que no impartan ningún curso. La interrelación *pertenece* no puede deducirse en este caso de las otras dos, ya que aunque sepamos los cursos que ha impartido un profesor y los departamentos a los que están adscritos dichos cursos, no podemos saber a qué departamento en concreto pertenece dicho profesor; tampoco se tiene esta información para los profesores que no imparten ningún curso. La interrelación *imparte* tampoco es redundante, ya que un curso de doctorado puede ser impartido por diversos departamentos y a cada uno de los cuales pertenecen varios profesores, por lo que no se puede saber qué profesor en concreto imparte un determinado curso. Por último, la interrelación *adscrito* tampoco es redundante, ya que un curso impartido por un profesor no tiene por qué estar necesariamente adscrito al departamento al que pertenece dicho profesor: hay departamentos que no tienen cursos adscritos y los profesores de estos departamentos pueden colaborar en cursos adscritos a otros departamentos distintos del suyo.

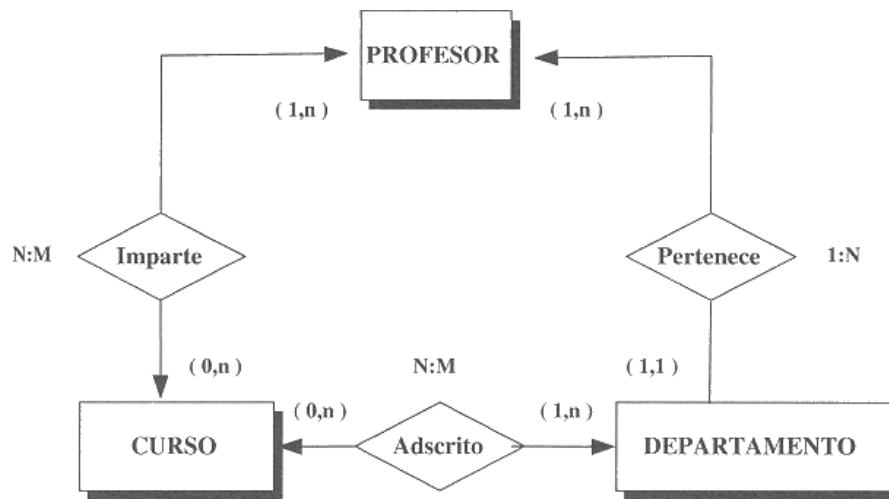


Fig. 28. Ciclo en el que no aparece una interrelación redundante

Existen otros casos en los que la interrelación, a pesar de poder ser deducida a partir de otras presentes en el esquema, no se puede eliminar porque posee atributos.

Se puede decir, como norma general, que la existencia de un ciclo no implica la existencia de interrelaciones redundantes. Deben estudiarse con mucho detenimiento las cardinalidades mínimas de las entidades, así como la semántica que aportan las interrelaciones, para poder afirmar con seguridad que existen interrelaciones redundantes. Habrá que analizar si al eliminar una interrelación es *siempre* posible el paso, tanto en un sentido como en el inverso, entre las dos entidades unidas por la interrelación que se considera redundante, y habrá que comprobar también que no se pierdan atributos.

En resumen, para que una interrelación pueda ser eliminada por redundante se tiene que cumplir:

- Que exista un ciclo
- Que las interrelaciones que componen el ciclo sean equivalentes semánticamente
- Que se puedan asociar los ejemplares de las dos entidades que estaban interrelacionadas, aún habiéndose eliminado la interrelación
- Que la interrelación o bien no tenga atributos o bien éstos puedan ser transferidos a otra a fin de no perder su semántica.

6. INTERRELACIONES DE GRADO SUPERIOR A 2

Cuando se presenta un tipo de interrelación de *grado* n ($n > 2$), es preciso analizar si es propiamente de tal grado, ya que a veces es posible su descomposición en otras de menor grado; mientras que, otras veces, no es posible tal descomposición, ya que la semántica recogida en una y otra solución no es la misma. Así, por ejemplo, en el esquema de la Fig. 29 podemos observar que la información almacenada en la interrelación *Imparte*, que asocia tres entidades, se refiere a que un profesor imparte un tema en un curso (se supone que las cardinalidades son las que aparecen en la Fig., donde un profesor en un cierto curso puede tratar varios temas distintos, pero al menos tratará uno, etc.); si sustituimos esta interrelación por las tres *Imparte1*, *Trata* y *Entra*, de ellas no se puede deducir los temas que trata un profesor en un curso determinado, aunque sepamos los cursos que ha impartido ese profesor, qué temas entran en esos cursos y cuáles son los temas que trata ese profesor. Por tanto, **no es posible la descomposición de esta interrelación de grado 3 en tres de grado 2 sin pérdida de semántica**.

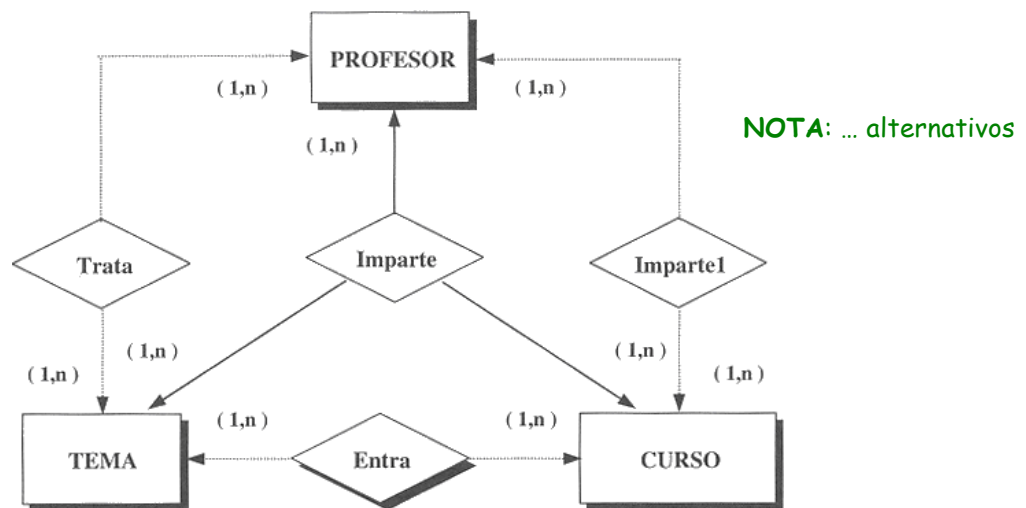


Fig. 29. Ejemplo de un tipo de interrelación de grado 3 que no puede ser descompuesta sin pérdida de semántica

En la Fig. 30, sin embargo, se muestra la interrelación *Imparte* entre PROFESOR, CURSO Y ESTUDIANTE que sí puede ser descompuesta sin perder semántica en las interrelaciones *Imparte1*, *Da_clase* y *Asiste*, ya que éstas aportan la misma semántica que la interrelación de grado tres. Cuando un tipo de interrelación de grado n ($n > 2$) puede ser sustituido por otros de grado menor, sin pérdida de semántica, se debe llevar a cabo tal sustitución.

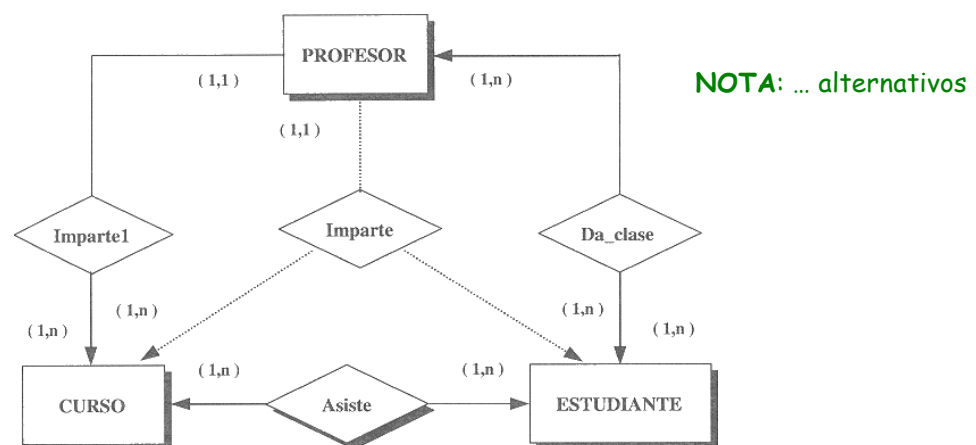


Fig. 30. Ejemplo de descomposición, sin pérdida de semántica, de un tipo de interrelación de grado 3

La existencia de una interrelación de grado superior a 2 no es incompatible con la existencia de interrelaciones de menor grado en las que participen los mismos tipos de entidad. Por ejemplo, en la Fig. 31 la interrelación de grado 3 *Suministra* coexiste con las tres interrelaciones de grado 2 (*Puede_suministrar*, *Interviene* y *Necesita*), ya que éstas recogen las piezas que puede suministrar un proveedor o para los proyectos que puede suministrar, etc., mientras que la de grado 3 representa las piezas que, de hecho, están siendo suministradas para un cierto proyecto por un determinado proveedor; por tanto, la semántica de la interrelación ternaria es distinta de la de las interrelaciones binarias y el usuario podría necesitar que se mantuvieran tres interrelaciones (*Interviene* sí es redundante con respecto a *Suministra*).

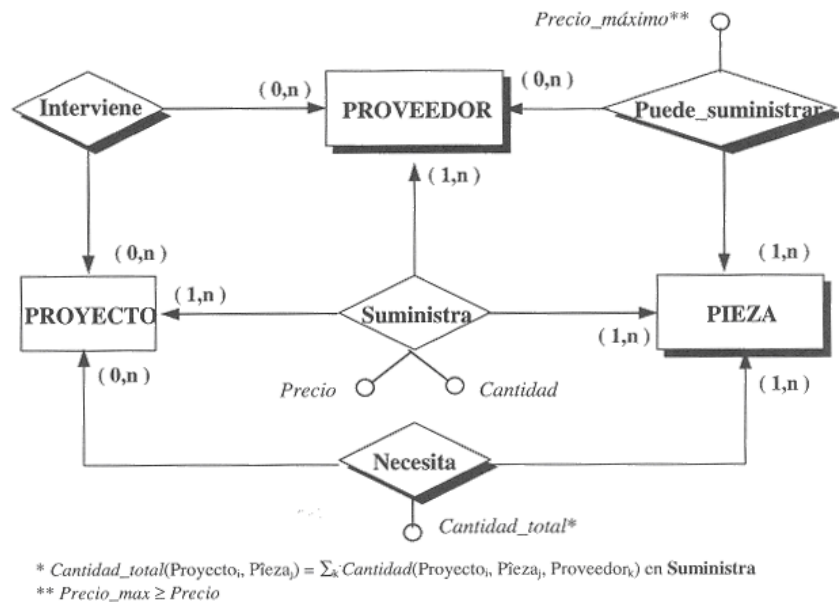


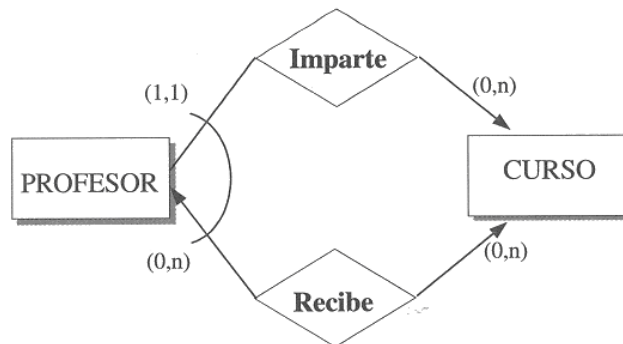
Fig. 31. interrelación de grado 3 que coexiste con otras de grado 2

7. OTRAS RESTRICCIONES SOBRE INTERRELACIONES

Existen, además de las vistas hasta ahora, otras restricciones que afectan a los tipos de interrelación y a sus ejemplares, como son: restricción de exclusividad, restricción de exclusión, restricción de inclusividad y restricción de inclusión. Se trata de extensiones del modelo E/R que no es habitual recoger en conjunto, ni tampoco lo es diferenciar entre exclusión y exclusividad o entre inclusión e inclusividad.

7.1. Restricción de Exclusividad

Decimos que dos (o más) tipos de interrelación tienen una restricción de exclusividad con respecto a un tipo de entidad que participa en ambas interrelaciones cuando cada ejemplar de dicho tipo de entidad sólo puede pertenecer a uno de los tipos de la interrelación, pero en el momento en que pertenezca a uno ya no podrá formar parte del otro. Por ejemplo, si suponemos que un profesor puede impartir cursos de doctorado o recibirlos, pero no ambas cosas, tendríamos una interrelación *imparte* y otra *recibe*, entre profesor y curso, con una restricción de exclusividad entre sí. En la Fig. 32 se muestra la representación de la exclusividad. El arco señala las interrelaciones que son exclusivas:

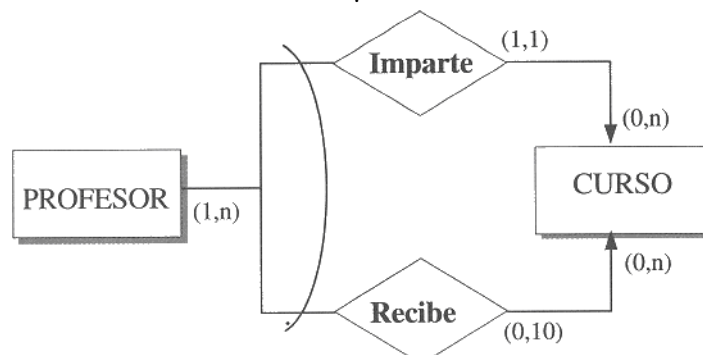


NOTA: El arco indica que un profesor imparte cursos o recibe cursos, no puede hacer las dos cosas

Fig. 32. Ejemplo de tipo de interrelación "exclusiva"

El significado de la Fig. 32 es el siguiente: un profesor puede impartir o no cursos de doctorado (0,n), y puede o no recibirlos (0,n), pero si un profesor imparte estos cursos no puede recibirlos y viceversa. Un curso de doctorado es impartido por un solo profesor (1,1), pero a él pueden asistir varios profesores o ninguno (0,n). Sin embargo, con esta notación no se representa la cardinalidad de PROFESOR con respecto a ambas interrelaciones, o dicho de otro modo, no sabemos si es obligatorio que un profesor tenga que impartir o bien recibir un curso.

En la Fig. 33 se muestra otra notación para las interrelaciones exclusivas en la que, además de la cardinalidad de PROFESOR con respecto a *Imparte* y *Recibe*, por separado, se muestra la cardinalidad de PROFESOR con respecto a ambas interrelaciones.



NOTA: Otra forma de expresarlo, un curso o lo recibe o lo imparte un profesor o más de uno.

Fig. 33. Ejemplo de tipo de interrelación "exclusiva" con otra notación que permite captar más semántica

No es obligatorio que las interrelaciones exclusivas lo sean respecto al mismo tipo de entidad (en este caso *CURSO*), sino que podrían serlo respecto a distintos tipos. Véase, por ejemplo, Fig. 34, donde si un profesor percibe una beca no puede estar contratado en un proyecto.

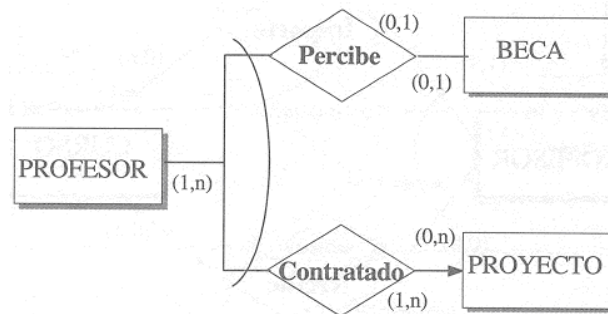
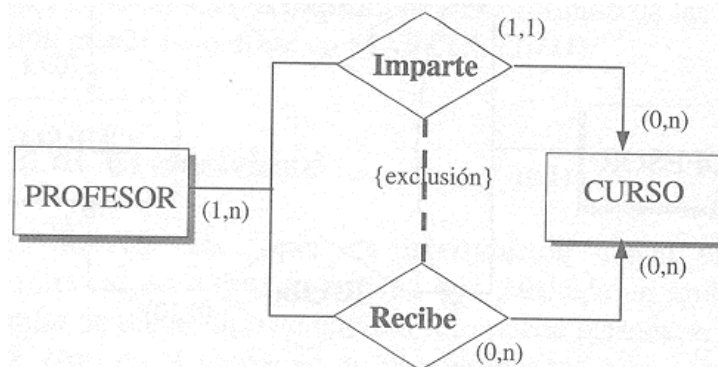


Fig. 34. Ejemplo de interrelaciones exclusivas de un tipo de entidad respecto a dos

7.2. Restricción de Exclusión

La restricción de exclusividad en el ejemplo anterior indicaba que un profesor podía impartir o recibir cursos, pero no ambas cosas; si el profesor no es doctor podrá recibir cursos de doctorado y en caso contrario impartirlos. Supongamos ahora que se permite a un profesor ya doctor matricularse en cursos aunque él, a su vez, esté impartiendo otros cursos. En este caso la restricción que debemos imponer es que un profesor no esté impartiendo y recibiendo el mismo curso. Es decir, que todo ejemplar de profesor que esté unido a un ejemplar de curso mediante la interrelación *imparte*, no podrá estar unido al mismo ejemplar de curso mediante la interrelación *recibe*. En este caso decimos que existe una restricción de exclusión y se representa tal y como aparece en el ejemplo de la Fig. 35.

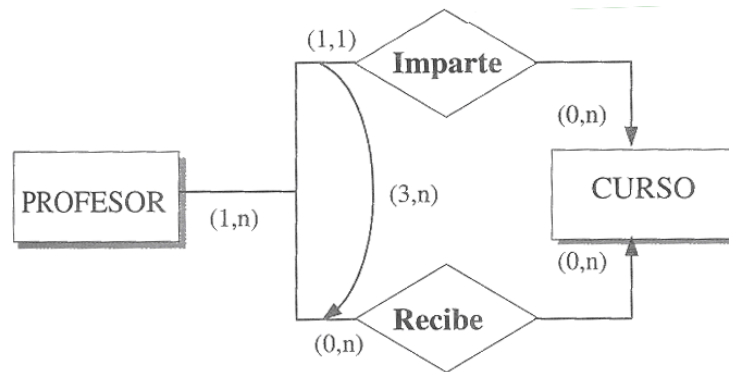


NOTA: Un profesor puede impartir cursos y puede recibir otros que no sean los que está impartiendo.

Fig. 35. Ejemplo de interrelación con restricción de exclusión.

7.3. Restricción de Inclusividad

Supongamos ahora que se desea imponer la restricción de que sólo pueden impartir clases en nuestro programa de doctorado aquellos profesores que hayan realizado al menos un curso dentro de este mismo programa, aunque no tiene por qué ser el mismo que él imparte. Aplicamos entonces una restricción de inclusividad entre dos (o más) tipos de interrelación con respecto a uno de los tipos de entidad que participa en ambas interrelaciones, por la cual todo ejemplar de dicho tipo de entidad que participa en uno de los tipos de interrelación tiene necesariamente que participar en la otra. En la Fig. 36 se muestra la notación gráfica propuesta para este tipo de interrelación.



NOTA: Para que un profesor pueda impartir un curso tiene que haber recibido un curso cualquiera.

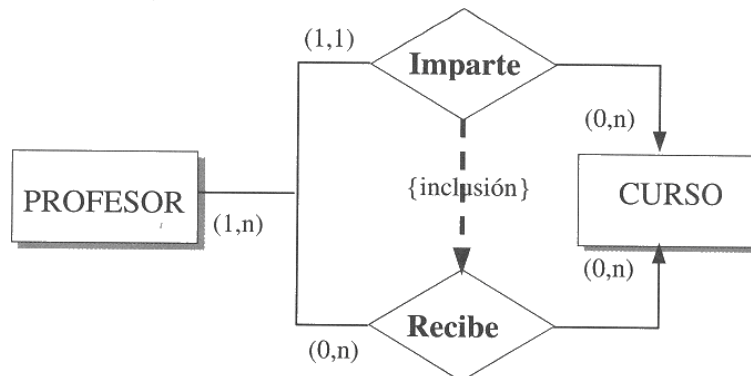
Fig. 36. Ejemplo de tipo de interrelación con restricción de inclusividad

En este ejemplo se representa que si un profesor participa en *Imparte* tiene que participar necesariamente en *Recibe*. La cardinalidad sobre la flecha de inclusividad, (3,n), indica el número mínimo y máximo de cursos que tiene que recibir un determinado profesor para que se le permita impartir cursos.

7.4. Restricción de Inclusión

A veces es preciso imponer una restricción más fuerte: si un profesor imparte un curso es porque previamente ha tenido que recibir dicho curso. Aplicamos pues una restricción de inclusión, representada en la Fig. 34, por la cual todo ejemplar de profesor que esté unido a un ejemplar de curso mediante la interrelación *imparte*, tiene necesariamente que estar unido al mismo ejemplar de curso mediante la interrelación *recibe*.

Si se considera la dimensión temporal se pueden tener casos más complejos de modelado, como por ejemplo que todo profesor que imparta un curso tiene que haberlo recibido antes (restricción de inclusión con el histórico de recibe) pero no puede estar recibéndolo a la vez que lo imparte (restricción de exclusión con el actual de recibe).



NOTA: Un profesor para impartir un curso, tiene que haberlo recibido antes ese mismo curso.

Fig. 37. Ejemplo de tipo de interrelación con restricción de inclusión

NOTA: ...ión = con el mismo no, pero con otro sí
...dad = uno u otro, no los dos.

8. GENERALIZACIÓN/ESPECIALIZACIÓN

En el modelo E/R básico propuesto por CHEN (1976) no se encontraba este tipo de abstracción que fue introducido en posteriores extensiones del modelo. La jerarquía de generalización/especialización, en el modelo E/R, se considera como un caso especial de interrelación entre varios tipos de entidad (subtipos) y un tipo más general (supertipo) cuyas características son comunes a todos los subtipos. La interrelación que se establece entre los subtipos y el supertipo corresponde a la noción de "es_un," o más precisamente "es_un_tipo_de".

Aunque existen distintas convenciones para representar estas jerarquías de generalización/especialización, nosotros utilizamos un triángulo cuya base es paralela al rectángulo que representa la entidad del supertipo al cual está conectado; triángulo que también se une a los subtipos, tal como se muestra en la Fig. 38.

Esta clase de interrelación tiene la característica de que todo ejemplar de un subtipo es también un ejemplar del supertipo, aunque no sucede lo contrario, con lo que las cardinalidades serán siempre (1,1) en el supertipo y (0,1) en los subtipos.

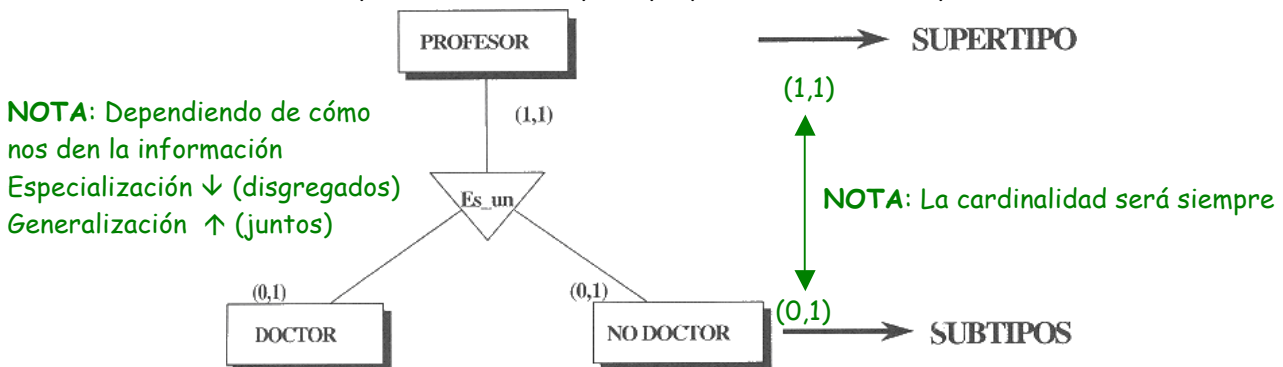


Fig. 38. Ejemplo de jerarquía de supertipo/subtipos

La aparición de estas jerarquías en el modelado de bases de datos puede surgir de dos formas distintas:

a) Generalización. Se observa que dos o más tipos de entidad comparten varios atributos y/o tipos de interrelación, de donde se deduce la existencia de un tipo de entidad de nivel superior (supertipo) que contiene los atributos y los tipos de interrelación comunes a todos los subtipos, Sería sacar factor común de los atributos.

b) Especialización. Se observa que un tipo de entidad tiene ciertos atributos y/o tipos de interrelación que tienen sentido para unos ejemplares pero no para otros, por lo que es conveniente definir uno o varios subtipos que contengan estos atributos y/o tipos de interrelación específicos, dejando en el supertipo los que son comunes.

Por tanto, si nos movemos de los subtipos hacia el supertipo, se trata de una generalización; mientras que si primero identificamos el supertipo y, a partir de él, llegamos a los subtipos, se trata de una especialización.

Puede ocurrir que se formen, por generalización y/o especialización, jerarquías a más de un nivel donde un subtipo es, a su vez, supertipo de otros, como ocurre en la Fig. 39, donde se puede observar una jerarquía a dos niveles donde uno de ellos se ha obtenido por generalización de *profesor* y *estudiante* en *persona*, y el otro nivel por especialización de *profesor* en *numerario* y *no numerario*.

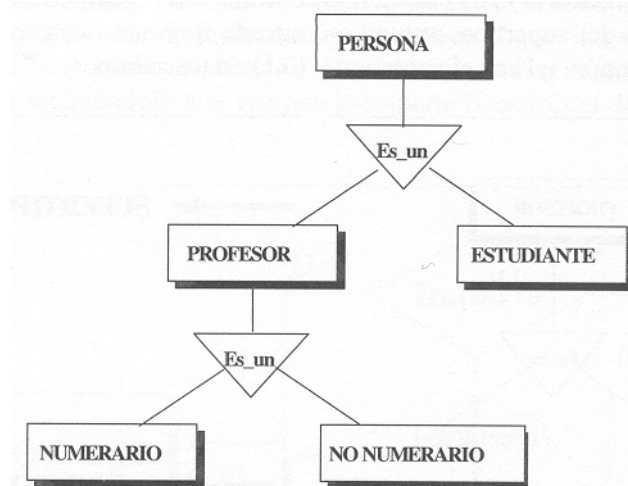


Fig. 39. Ejemplo de jerarquía de generalización/especialización a dos niveles

Otra característica muy importante de esta clase de interrelaciones es la **herencia**, ya que, en principio todo atributo del supertipo pasa a ser un atributo de los subtipos; por ejemplo, en la jerarquía de la Fig. 38 tanto los doctores como los no doctores *son* (o *son tipos de*) profesores, por lo que heredarán todos los atributos de PROFESOR (*Código, Nombre, DNI, Dirección, etc.*).

En este tipo de abstracción los atributos comunes a todos los subtipos (incluidos los identificadores) se asignan al supertipo, mientras que los atributos específicos se asocian al subtipo al cual pertenecen. Del mismo modo, las interrelaciones que afectan a todos los subtipos se asocian al supertipo, dejándose para los subtipos las interrelaciones específicas en las que sólo participa el correspondiente subtipo.

La división en subtipos (*especialización*) puede venir determinada por una condición predefinida (por ejemplo, en función de los valores de un atributo) en cuyo caso se representará la condición (o el atributo *discriminante*) asociada al triángulo que representa la interrelación. Si no interesa considerar ninguna condición predefinida, deberá ser el usuario, en el momento de insertar un ejemplar en la base de datos, quien especifique a cuál de los subtipos pertenece.

La abstracción de generalización/especialización tiene algunas restricciones semánticas de las que nos ocuparemos a continuación. Atendiendo a si los subtipos se solapan o son disjuntos, y a si la unión de los subtipos recubre o no al supertipo, se pueden distinguir cuatro clases de generalización. Si un mismo ejemplar del supertipo puede pertenecer a más de un subtipo habrá **solapamiento**, y si sólo puede pertenecer a uno de los subtipos existirá **exclusividad**; por otro lado, si todo ejemplar del supertipo tiene que pertenecer a algún subtipo tendremos **totalidad**, y si, por el contrario, no tiene obligatoriamente que pertenecer a algún subtipo habrá **parcialidad**.

La combinación de estas posibilidades da lugar a cuatro tipos de jerarquías, donde representaremos por un arco el hecho de que los subtipos sean disjuntos y con un círculo la presencia de una jerarquía total, como puede observarse en la Fig. 40, en la cual se presenta una jerarquía total de subtipos disjuntos, ya que:

- . Tanto un doctor como un no doctor son profesores (por tener una jerarquía de generalización)
- . Un mismo profesor no puede ser a la vez doctor y no doctor (exclusividad)
- . Todo profesor tiene que ser obligatoriamente un doctor o un no doctor (totalidad)

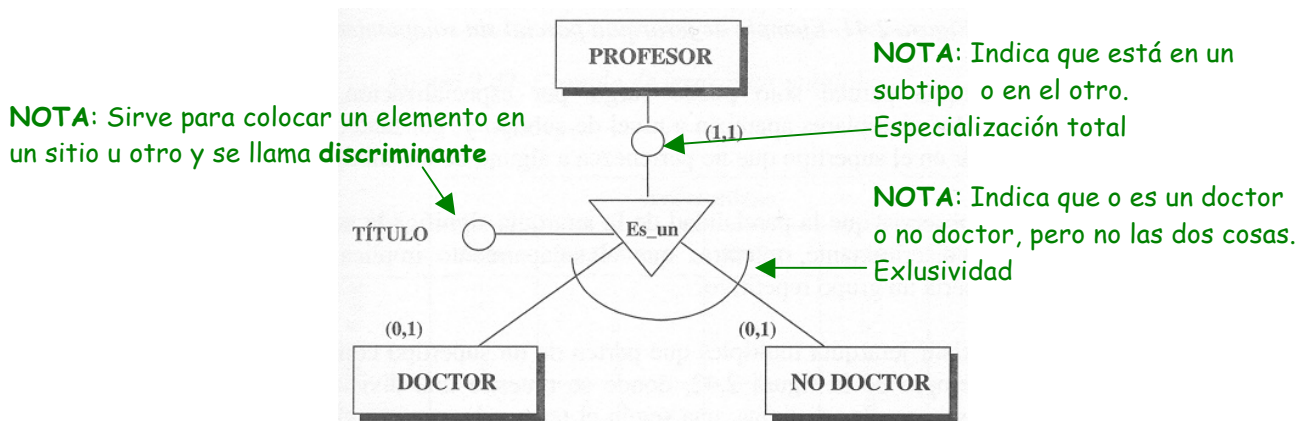


Fig. 40. Ejemplo de jerarquía total sin solapamiento

En la Fig. 41 se puede observar cómo el supertipo DOCUMENTO y los subtipos LIBRO y ARTÍCULO forman una jerarquía disjunta y parcial, que se traduciría en lo siguiente:

- . Tanto un artículo como un libro son documentos
- . Un mismo documento no puede ser a la vez un artículo y un libro (exclusividad)
- . Un documento puede no ser ni un artículo ni un libro (parcialidad)

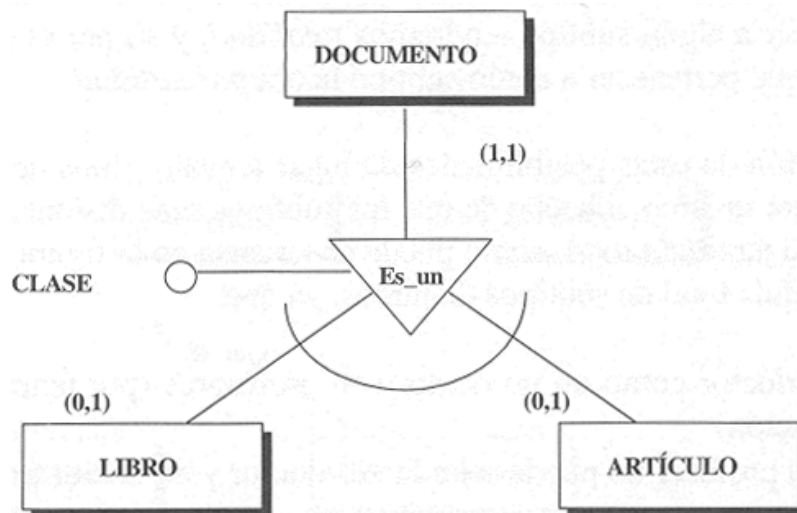


Fig. 41. Ejemplo de jerarquía parcial sin solapamiento

Una jerarquía parcial sólo puede surgir por especialización, ya que en la generalización los ejemplares aparecen a nivel de subtipo y, por tanto, no puede existir ningún ejemplar en el supertipo que no pertenezca a alguno de los subtipos.

Hay que observar que la parcialidad de la jerarquía significa la admisión de nulos en el atributo discriminante, mientras que el solapamiento implica que el atributo discriminante sería un grupo repetitivo.

Pueden existir jerarquías múltiples que parten de un supertipo común, como puede verse en el ejemplo de la Fig. 42, donde se muestra una división de la entidad CURSO en dos jerarquías distintas, una según el tema y la otra por el idioma; *Tema* e *Idioma* son los atributos discriminantes, cada uno en su correspondiente jerarquía.

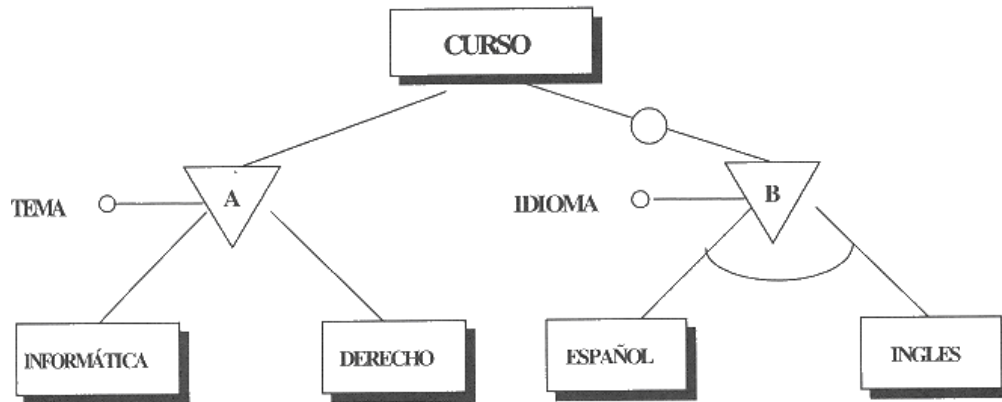


Fig. 42. Ejemplo de jerarquías múltiples

Hasta ahora hemos considerado que se trataba de *jerarquías estrictas*, es decir, que podían solaparse ejemplares de subtipos que dependían del mismo supertipo, pero no subtipos de ramas distintas; puede ocurrir, sin embargo, que un subtipo tenga más de un supertipo, formándose un verdadero *retículo* o *red* de generalización (véase Fig. 44). En este caso, la herencia ya no es simple, sino que se convierte en múltiple, pudiéndose presentar conflictos a la hora de heredar atributos. Existen modelos de datos que en caso de conflicto definen un orden de prioridad en la herencia; otros, por el contrario, permiten heredar atributos iguales de dos supertipos distintos pero teniendo que renombrar alguno de ellos.

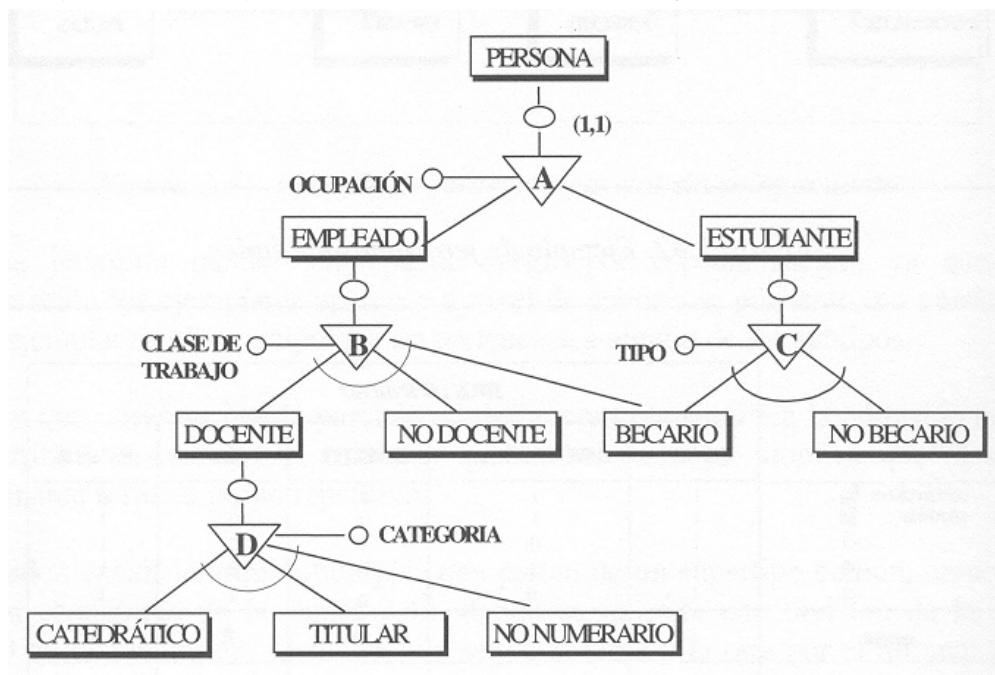


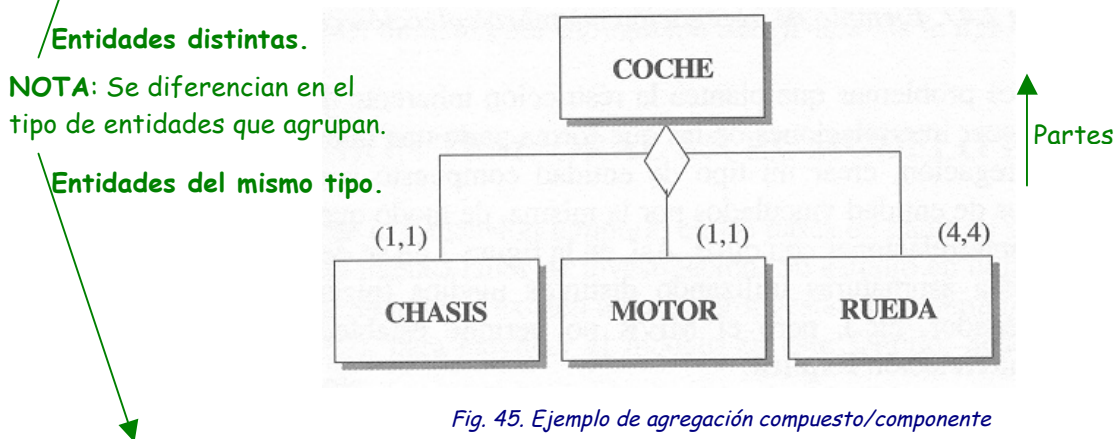
Fig. 44. Ejemplo de red de generalización

9. AGREGACIÓN

La **agregación** es una abstracción que permite representar tipos de entidad compuestos que se obtienen por unión de otros más simples. Al tipo compuesto nos referimos como el **todo**, mientras que los componentes son las **partes**. Esta extensión del modelo E/R no aparece en su primera versión del mismo, pero se recoge posteriormente, en especial en todas las propuestas relativas al modelado de objetos.

Nosotros vamos a reducir los tipos de agregación a dos: *compuesto/componente* y *miembro/colección*, debido a que son los que tienen más aplicación en el diseño de bases de datos.

- La **agregación compuesto/componente**, como su propio nombre indica, es una abstracción que permite representar que un *todo* se obtiene por la unión de diversas *partes* que pueden ser tipos de objetos distintos y que desempeñan diferentes papeles en la agregación. Por ejemplo, ver Fig. 45, un coche puede verse como la unión del chasis, el motor y las cuatro ruedas.



- La **agregación miembro/colección** es la abstracción que permite representar un *todo* como una colección de partes, donde todas las partes son de un mismo tipo y desempeñan el mismo papel. Por ejemplo, en la Fig. 46 se puede observar cómo un bosque es un todo formado por la agregación de árboles; cada árbol es una parte, pero todos ellos son de un mismo tipo y desempeñan el mismo papel.

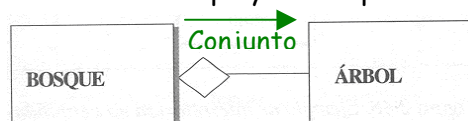


Fig. 46. Ejemplo de agregación miembro/colección

En la agregación miembro/colección a veces se desea establecer un orden entre las partes. Por ejemplo, una flota está compuesta por barcos pero, a diferencia de lo que ocurre con el bosque, en la flota cada barco tiene un determinado orden. Esto se representa mediante una restricción de orden, tal y como se puede observar en la Fig. 47, donde los barcos se ordenan, dentro de la flota, según el valor del atributo *Núm_barco*. Esta restricción se puede recoger, igualmente, en los actuales modelos de objetos. Sin embargo, en el diseño lógico en el modelo relacional, esta restricción no se puede recoger directamente.

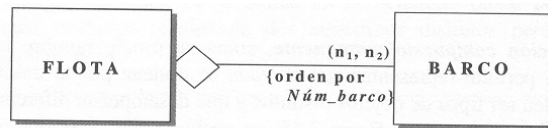


Fig. 47. Ejemplo de agregación miembro/colección con orden

Para paliar los problemas que plantea la restricción inherente del modelo E/R que no permite establecer interrelaciones de las que forma parte una interrelación, se puede, mediante una agregación, crear un tipo de entidad compuesto por un tipo de interrelación y los tipos de entidad vinculados por la misma, de modo que este nuevo tipo de entidad se pueda interrelacionar con otros. Así, en la Fig. 48 se desea representar que un profesor explica asignaturas utilizando distintos medios (pizarra, transparencias, diapositivas, ordenador, etc.), pero el modelo E/R no permite establecer la interrelación **Utiliza** sobre la interrelación **Explica**.

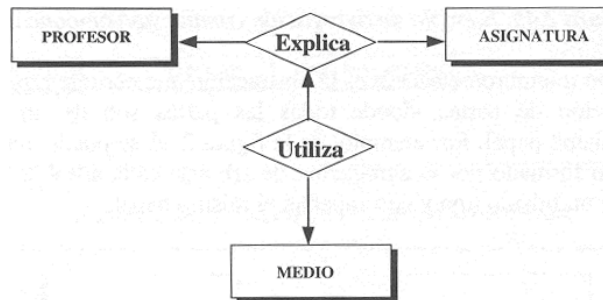


Fig. 48. Ejemplo de interrelación no permitida

Una solución a este problema aparece en la Fig. 49.1, en la cual se crea un tipo de entidad "EXPLICACIÓN" por agregación de PROFESOR *Explica* ASIGNATURA.

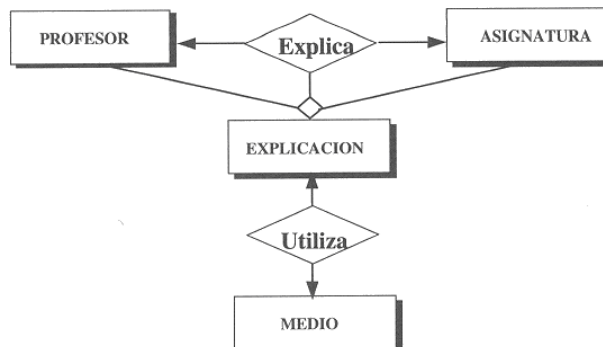


Fig. 49.1. Solución por agregación del ejemplo de la Fig. 48

Otra forma de representar la Fig 49.1 podría ser la siguiente, mostrada en la Fig 49.2.

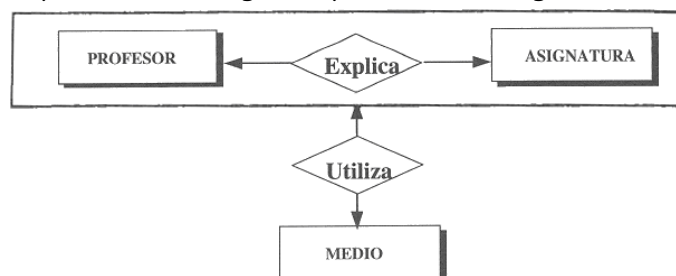


Fig. 49.2. Una representación alternativa para representar la agregación.

tra solución a este ejemplo podría haber sido la siguiente, mostrada en la Fig 49.3.

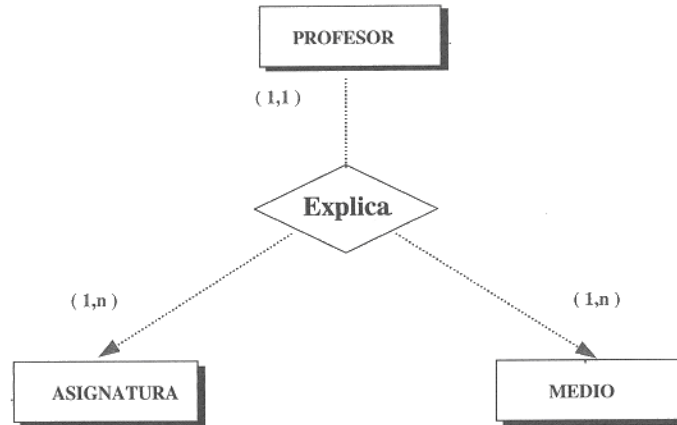


Fig. 49.3. Una solución alternativa para representar la agregación

Otro ejemplo de una agregación podría ser el siguiente mostrado en la Fig 49.4.

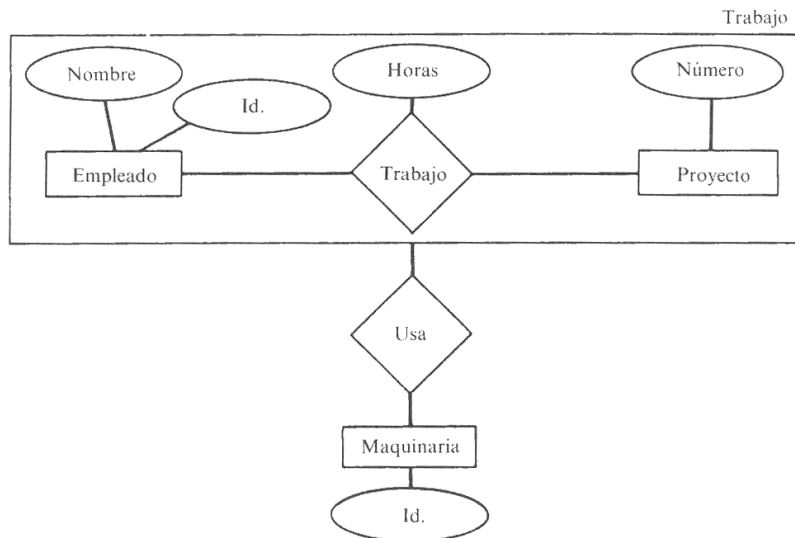


Fig. 49.4. Otro ejemplo de representación de una agregación

10. LA DIMENSIÓN TEMPORAL EN EL MODELO E/R

El tratamiento de la dimensión temporal en las bases de datos es un tema complejo sobre el cual hay una intensa labor de investigación. Su estudio en el marco del modelo E/R es poco habitual, aunque sí existen algunas propuestas para extender el modelo en este sentido; nosotros lo vamos a tratar muy brevemente.

Es indudable la necesidad de establecer un método semántico y gráfico que recoja de algún modo, en el esquema conceptual, el transcurso del tiempo y su influencia en la forma en que varían los datos. La aproximación más simple la constituyen atributos de tipo fecha que aparecen asociados a algunas entidades (véase la Fig. 50).

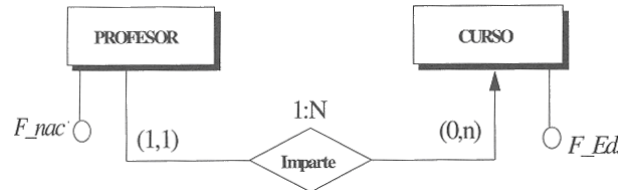


Fig. 50. Ejemplo de entidades con atributos temporales

En este caso, la fecha de nacimiento de un profesor o la fecha en la que se impartió un curso son datos temporales recogidos en el esquema, pero se trata sólo de atributos que han de recibir un tratamiento especial en cuanto a las operaciones, y no se puede considerar realmente una aproximación semántica a la dimensión temporal.

Por otro lado, podemos analizar si los datos que se pretenden almacenar van a constituir una base de datos histórica o, si por el contrario, sólo nos interesa el estado actual de los mismos. La diferencia entre estos tipos de esquemas se puede apreciar en la Fig. 51.1 donde se refiere a los préstamos actuales de libros en una biblioteca, de forma que una vez finalizado el préstamo la correspondiente información desaparece de la base de datos, sin que exista fichero histórico. En la parte inferior se representa el esquema conceptual de todos los préstamos que se han realizado en la biblioteca, recogiendo, además, el periodo de tiempo que duró el préstamo.

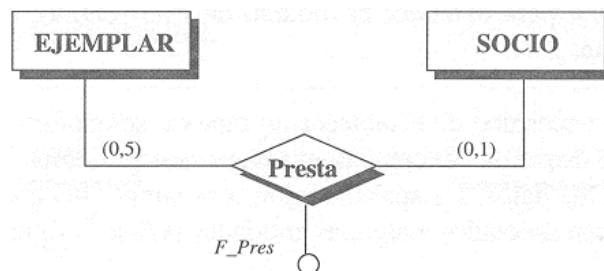
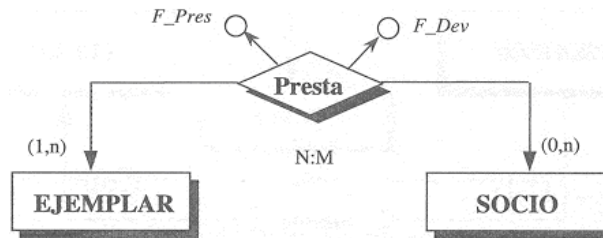


Fig. 51.1. Dimensión temporal (escasa) en un esquema conceptual E/R

En caso de tratarse de datos históricos, los tipos de entidad o de interrelación correspondientes tendrán asociados siempre atributos de tipo *fecha*. Para sucesos puntuales, es decir, sin duración, bastará con un solo atributo de este tipo, mientras que para poder almacenar hechos que transcurren en un periodo de tiempo determinado necesitaremos una *fecha_inicio* y una *fecha_fin*.

En las bases de datos históricas en las que una interrelación entre dos ejemplares concretos se pueda repetir en el tiempo, el atributo fecha será multivaluado, como ocurre en la Fig. 51.2, donde el mismo ejemplar se puede prestar al mismo socio en repetidas ocasiones.



NOTA: El 5 que aparecía en la cardinalidad del EJEMPLAR ahora tendríamos que comprobarla mediante programación.

Fig. 51.2. Dimensión temporal (amplia) en un esquema conceptual E/R

A veces resulta interesante representar la evolución de un tipo de entidad a lo largo del tiempo y aparece la noción de *estado*. Por ejemplo, si deseamos reflejar si un libro está en la biblioteca o se encuentra prestado, añadiremos al tipo de entidad un atributo que denominamos *estado*, que indicará en qué estado concreto se encuentra la entidad y que en muchos casos lleva asociado otro atributo, que es la fecha en la que se ha producido el cambio de estado; es también habitual en este tipo de aplicaciones que se desee tener constancia de la evolución de los estados, en cuyo caso se podría crear una nueva entidad, como *SITUACIÓN*, que tendría como atributos, entre otros posibles, *estado* y *fecha*. Observando el mundo real de los sistemas de información nos damos cuenta de que este mecanismo se utiliza sobre todo en la gestión de expedientes.

11. CONSTRUCCIÓN DE UN ESQUEMA E/R

En la Fig. 52 puede observarse el proceso de construcción de un esquema E/R. **Se parte del análisis del universo del discurso** (lo que también podría denominarse «realidad empresarial»), analizando los listados, pantallas, normativas, etc., y realizando un conjunto de entrevistas a varios niveles de la empresa.

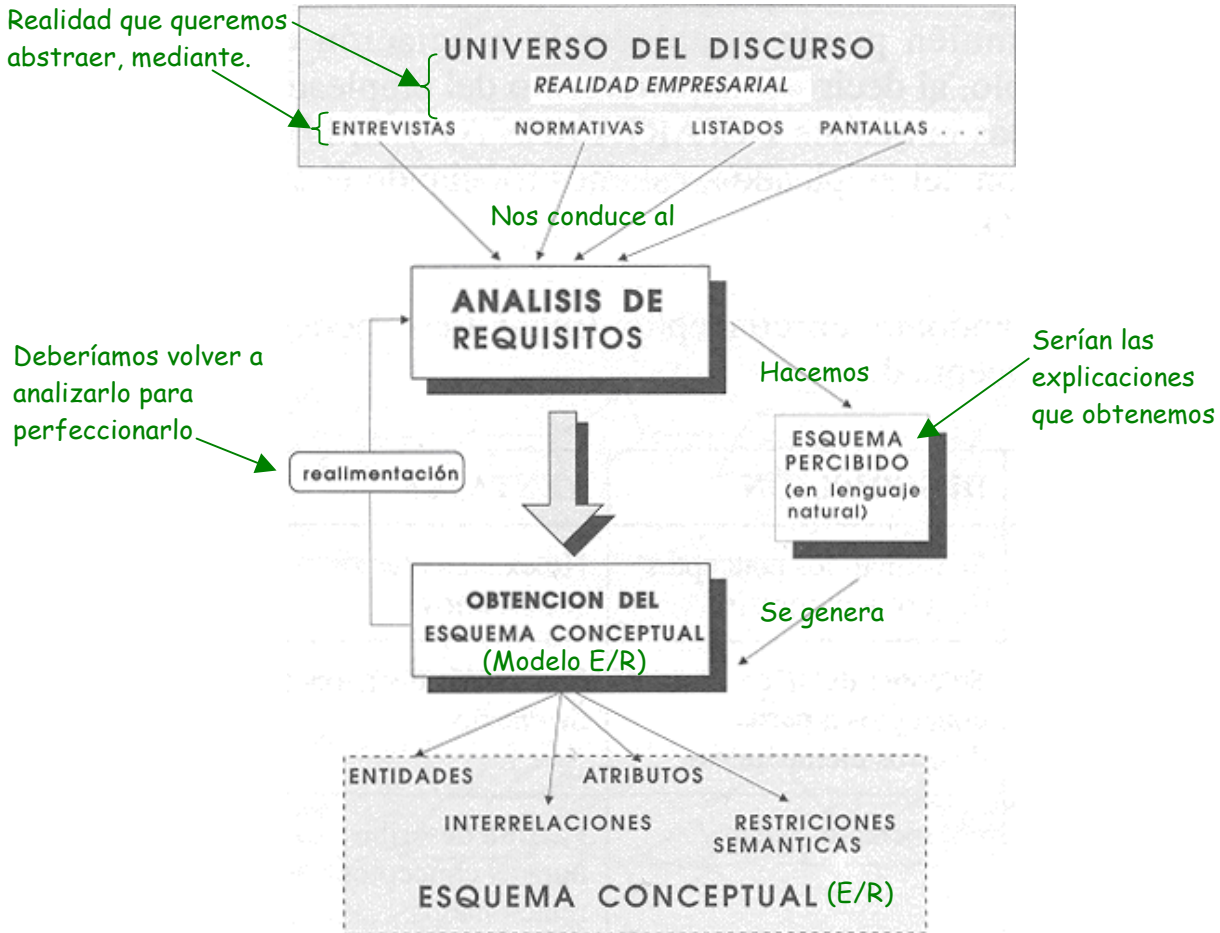


Fig. 52. Proceso de construcción de un esquema E/R

Posteriormente se elabora un **esquema percibido expresado en lenguaje natural**, que nos facilita la obtención del esquema con lo que se hace preciso por tanto, «interpretar» las frases del lenguaje natural en el que está descrito el esquema percibido, y convertirlas en elementos del modelo E/R (un **esquema E/R** con sus correspondientes entidades, atributos e interrelaciones).

Si bien no existen reglas deterministas que nos digan qué elemento va a ser una entidad o cuál, va a ser una interrelación, sí se pueden enunciar unos principios generales que, junto al buen criterio del diseñador, puedan ayudar a elaborar un primer esquema conceptual:

- Un sustantivo (**nombre común**) que actúa como sujeto o complemento directo en una frase es, en general, una **entidad**, aunque podría ser un atributo. Por ejemplo, en la frase «Los empleados trabajan en proyectos», existen dos posibles entidades: EMPLEADO y PROYECTO.
- Los **nombres propios** nos suelen indicar ocurrencias de una entidad, es decir, un **ejemplar**, por ejemplo, «Juan Manuel» indica una ocurrencia de EMPLEADO.
- Un **verbo** es una **interrelación**, en la frase anterior «trabajar» indica una interrelación entre las dos entidades: EMPLEADO y PROYECTO.

- Una **preposición o frase preposicional** entre dos nombres suele ser una **interrelación**, o también puede establecer la **asociación** entre una entidad y sus atributos. Por ejemplo, al decir «el departamento del empleado», estamos indicando la interrelación entre las entidades DEPARTAMENTO y EMPLEADO, mientras que si decimos «la dirección del empleado», estamos asociando el atributo DIRECCIÓN a la entidad EMPLEADO.

Por tanto, basándonos en conceptos lingüísticos podemos llegar a perfilar un primer esquema conceptual.

Se pueden destacar cuatro estrategias a la hora de construir un esquema E/R que se resumen en la tabla siguiente:

ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DESCENDENTE	Se refinan los conceptos de forma progresiva	No existen efectos secundarios	Requiere un alto nivel de abstracción
ASCENDENTE	Se construyen los conceptos a partir de otros elementales	Facilita las decisiones de diseño	Necesidad de reestructuración
INSIDE-OUT	"Mancha de aceite"	Facilita describir nuevos conceptos relacionados	Sólo se tiene una visión global al final
MIXTO	Partición de requisitos descendente, int. ascendente	"Divide y vencerás"	Requiere decisiones críticas acerca del esqueleto inicial

- En la estrategia **descendente** se parte de una única entidad que describe el universo del discurso (por ejemplo, EMPRESA) que se va descomponiendo sucesivamente con mayor nivel de detalle, como se muestra en la Fig. 53.
- En la **ascendente**, por el contrario, se parte del nivel más bajo, es decir, los atributos que se van agrupando en entidades. Posteriormente se crean las interrelaciones entre las entidades y las jerarquías de generalización hasta obtener el esquema completo.
- El método más usual es, sin embargo, el de "**mancha de aceite**". Se empieza creando un esquema E/R en una parte del papel, completándose, a medida que se examina, el esquema percibido en lenguaje natural y el resto de entidades e interrelaciones hasta «ocupar» todo el papel, de forma análoga a la manera en la que se extiende el aceite en un mantel.

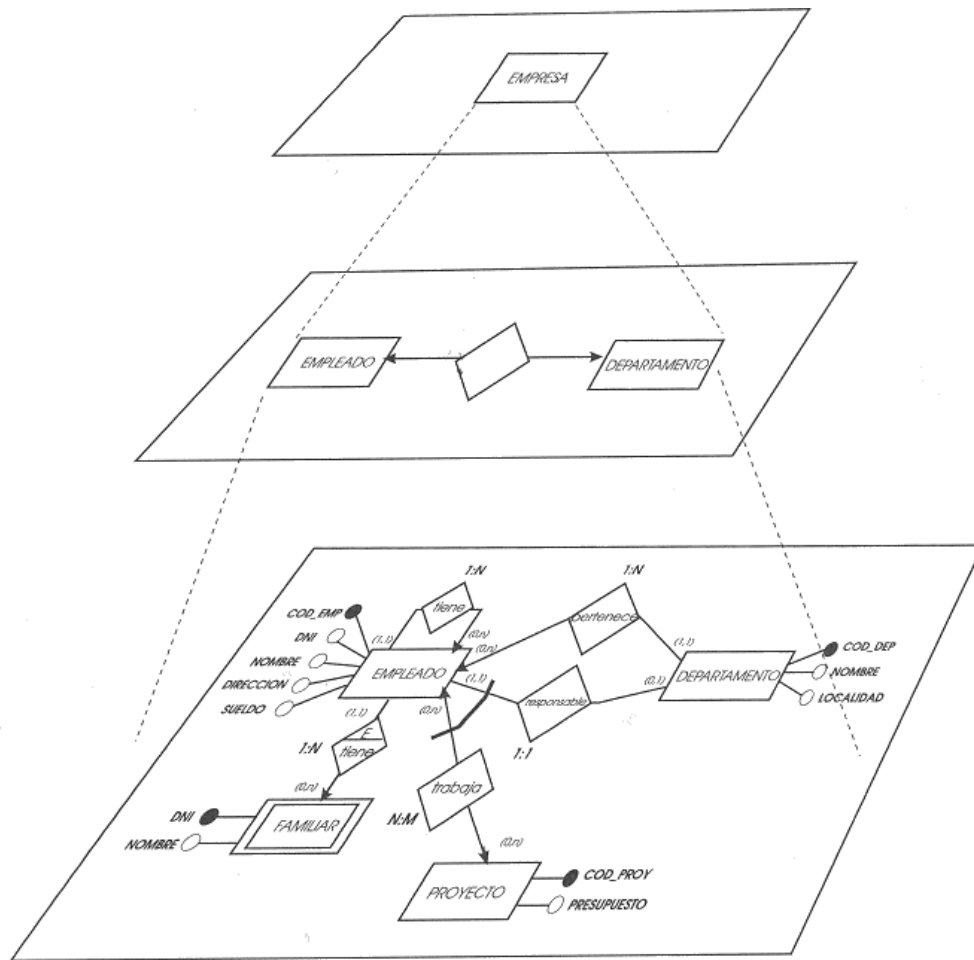


Fig. 53 Construcción descendente de un esquema E/R

Una vez construido un esquema E/R hay que analizar si existen redundancias, ya que éstas pueden acarrear problemas a la hora de implementar la base de datos.

Además de la existencia de atributos redundantes (los que se derivan de otros mediante algún cálculo y que deben ser eliminados del esquema E/R, o bien marcados como redundantes), hay que estudiar detenidamente los ciclos en el diagrama E/R ya que pueden indicar la existencia de interrelaciones redundantes.


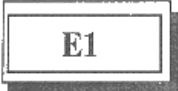





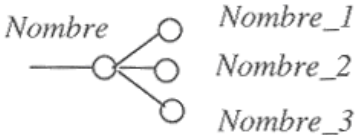
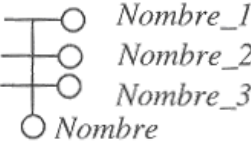





Se puede decir como norma general que la existencia de un ciclo no implica la existencia de interrelaciones redundantes. Debe estudiarse con mucho detenimiento tanto las cardinalidades mínimas de las entidades como la semántica que aportan las interrelaciones, para poder afirmar, con seguridad, que existen interrelaciones redundantes. Habrá que analizar si al eliminar una interrelación es siempre posible el paso, tanto en un sentido como en el inverso, entre las dos entidades unidas por la interrelación que se considera redundante.

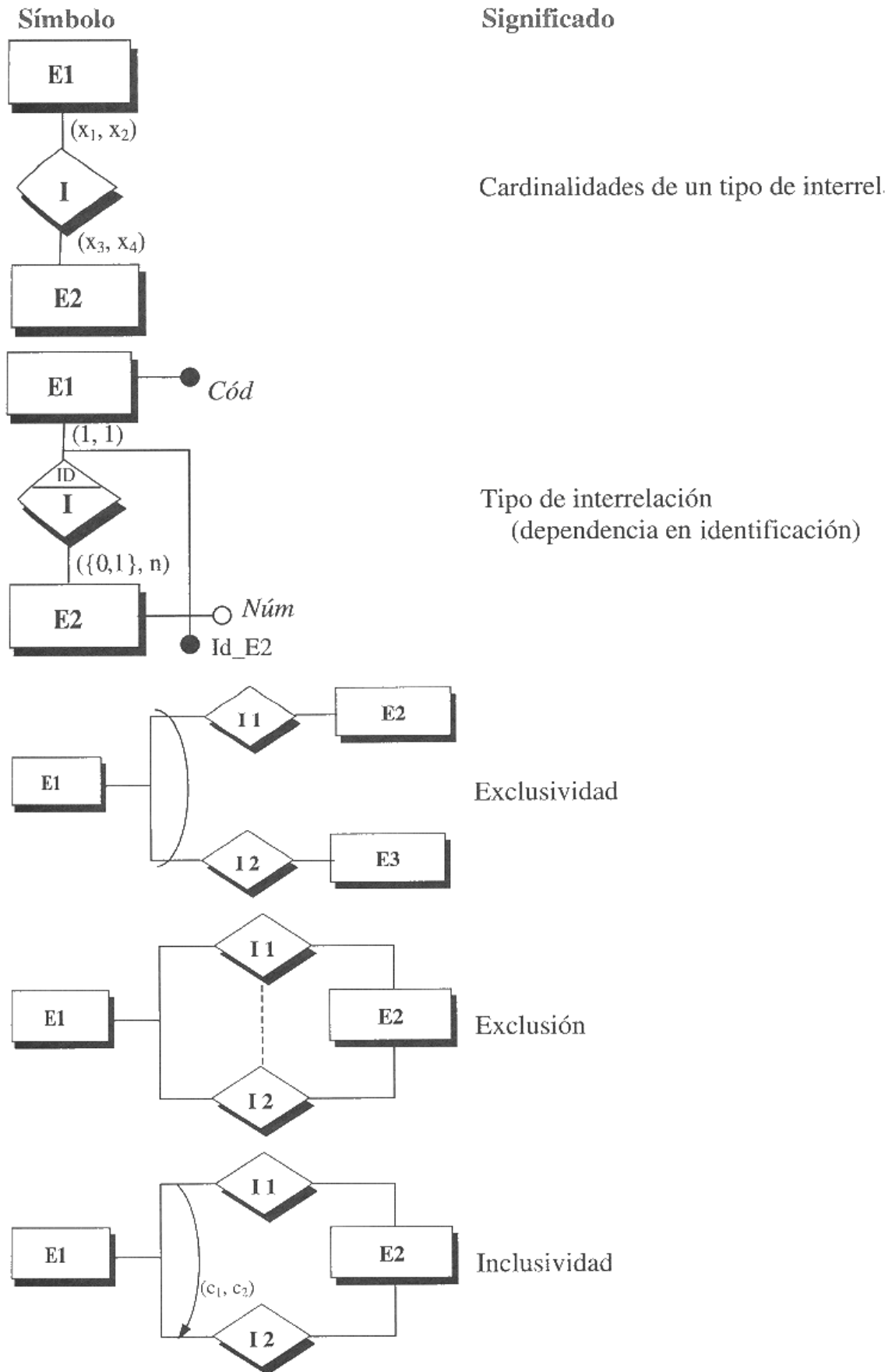
12. REPRESENTACIÓN GRÁFICA

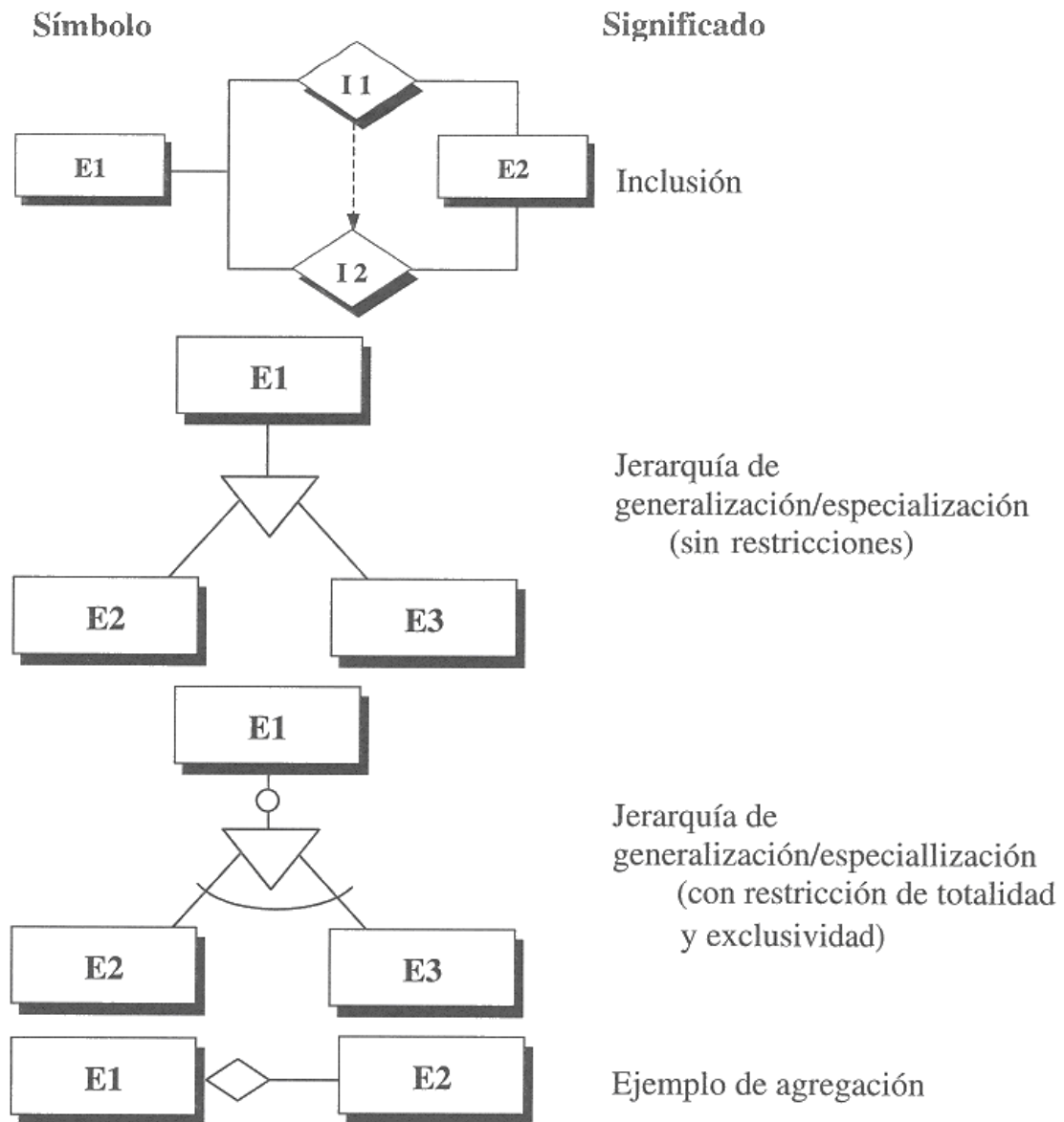
Una de las características de los modelos de datos es su forma de representación que puede ser en grafos o en tablas.

CHEN (1976), al presentar el modelo E/R, propone tanto una representación en grafos como en tablas, lo que se comprende si se tiene en cuenta que la finalidad del modelo era, como se indicaba en el mismo título del artículo, conseguir "una vista unificada de los datos", por lo que no se podía limitar a un único tipo de diagramas. Sin embargo, la representación en tablas apenas ha tenido difusión en tanto que los grafos propuestos han tenido una amplia aceptación. Por esta razón nosotros sólo hemos considerado de interés la representación en grafos y, aunque hemos ido mostrando la forma de representar cada uno de los elementos del modelo a la vez que los íbamos presentando, creemos conveniente mostrar juntas todas las convenciones que hemos utilizado, tal como se puede ver en el anexo de este documento.

ANEXO: SIMBOLOGÍA DEL MODELO ENTIDAD/INTERRELACIÓN

Símbolo	Significado
	Tipo de entidad regular
	Tipo de entidad débil
	Tipo de interrelación
	Tipo de interrelación (dependencia en existencia)
 <i>Nombre</i>	Atributo
 <i>Nombre</i>	Identificador Principal (IP)
 <i>Nombre</i>	Identificador Alternativo (IA)
Atributo compuesto	
	Representación 1
	Representación 2
 <i>Nombre</i>	Atributo derivado (D es la etiqueta que contendrá la fórmula de derivación)
 <i>Nombre</i>	Atributo opcional y multivaluado (sin restricciones)
 <i>Nombre</i>	Atributo obligatorio y univaluado
 <i>Nombre</i>	Atributo opcional y univaluado
 <i>Nombre</i>	Atributo obligatorio y multivaluado





ANEXO: ETAPAS EN EL DISEÑO DE UNA BASE DE DATOS