

TEMA 2: Modelo **Conceptual**

Módulo

Bases de Datos

para los ciclos

Desarrollo de Aplicaciones Web

Desarrollo de Aplicaciones Multiplataforma



Bases de Datos FP-GS; Tema2:ModeloConceptual

© Gerardo Martín Esquivel, Septiembre de 2017

Algunos derechos reservados.

Este trabajo se distribuye bajo la Licencia "Reconocimiento-No comercial-
Compartir igual 3.0 Unported" de Creative Commons disponible en

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

2.1 Modelos de datos.....	3
2.1.1 Modelo conceptual.....	3
2.1.2 Modelo lógico.....	3
2.1.3 Modelo físico.....	3
2.2 Diagramas E/R.....	4
2.2.1 Entidad y ocurrencia de entidad.....	4
2.2.2 Interrelación.....	5
2.2.3 Rol.....	6
2.2.4 Cardinalidad y participación.....	6
Cardinalidad en relaciones no binarias.....	7
2.2.5 Atributos.....	7
Identificadores y descriptores.....	7
Tipos de atributos.....	9
Dominios.....	10
2.2.6 Entidades débiles.....	11
2.3 El Modelo E/R Ampliado.....	12
2.3.1 Generalización y especialización.....	12
Restricciones semánticas sobre la especialización.....	13
2.3.2 Exclusividad (conjuntos disjuntos).....	14
2.3.3 Exclusión.....	15
2.3.4 Inclusividad.....	16
2.3.5 Inclusión.....	16
2.3.6 Agregación.....	17
Agregación Compuesto/Componente.....	17
Agregación Miembro/Colección.....	17
Utilidad de la agregación.....	17
2.3.7 Dimensión temporal.....	18
2.3.8 Supuestos semánticos y semántica no reflejada.....	19
2.3.9 Control de redundancias.....	19
2.3.10 Descomposición de relaciones de grado superior.....	22

2.1 Modelos de datos

El diseño de una base de datos es el proceso mediante el cual analizamos una parcela del mundo real y extraemos los datos que son relevantes. La creación de una base de datos es, normalmente, una parte del desarrollo de software porque lo normal es que cualquier aplicación requiera una base de datos. Recordamos las fases por las que pasa el desarrollo de software, pero detallando exclusivamente la parte que afecta a la base de datos:

- **Análisis:** Se construye el **modelo conceptual** de la base de datos.
- **Diseño:** Se construye el **modelo lógico** de la base de datos.
- **Codificación:** Se construye el **modelo físico** de la base de datos.
- **Pruebas**
- **Mantenimiento**

2.1.1 Modelo conceptual

Durante la **fase de análisis** se celebran reuniones del equipo informático con los futuros usuarios de la base de datos, porque los informáticos no conocen la realidad del problema (empresa, proceso, etc.). De estas reuniones se obtiene un documento de Especificación de Requisitos Software que permite elaborar el **modelo conceptual**. Este modelo debe permitir representar la realidad de una forma sencilla (que puedan entender los usuarios que no son informáticos) pero exacta, de modo que se eliminen las imprecisiones. Usaremos el **diagrama Entidad/Relación**, conocido por toda la comunidad informática.

2.1.2 Modelo lógico

Durante la **fase de diseño** y a partir del diagrama Entidad/Relación construimos el **modelo lógico** que es más técnico y requiere de conocimientos informáticos para su comprensión. Este modelo define la estructura de los datos para que sean posibles las situaciones definidas en el modelo conceptual. Usaremos el **esquema relacional** que se obtiene, desde el diagrama E/R, con pasos sencillos.

2.1.3 Modelo físico

Durante la **fase de codificación** y a partir del esquema relacional construimos el **modelo físico**, sobre un ordenador y usando un SGBD concreto. Generalmente se expresa en un lenguaje de programación de BD como **SQL** y más concretamente con el sublenguaje **DDL**.

2.2 Diagramas E/R

El **Modelo Entidad Relación (ME/R)** fue ideado por **Peter Chen** en 1976. Se trata de un estándar que, a través de diagramas, permite representar el problema con exactitud y que es fácil de entender. El modelo de Peter Chen ha sido aceptado globalmente aunque algunos autores modifican ligeramente parte de la representación. Posteriormente al trabajo de Chen se añadieron otros conceptos que no recogía el modelo original dando lugar a lo que se conoce como modelo **Entidad/Relación extendido**.

Comenzamos con los conceptos básicos del Modelo Entidad/Relación inicial:

2.2.1 Entidad y ocurrencia de entidad

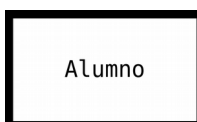
Una **entidad** es cualquier tipo de objeto o tipo de concepto cuya información nos interesa recoger. Suelen ser personas o cosas que son relevantes en el trozo de mundo que queremos modelar, como **Empleado**, **Vehículo**, etc.

La primera tarea para crear el **ME/R** es determinar las entidades de nuestro sistema. Por ejemplo en un concesionario de coches está claro que una entidad será **Vehículo**, mientras que **Color** será solamente una característica para describir a los vehículos, sin embargo en una fábrica de pinturas **Color** probablemente sea una entidad.

Nota: En 1979 **Tardieu** propuso las 3 reglas generales que debe cumplir una entidad: 1) existencia propia; 2) cada ejemplar debe poder distinguirse de los demás; 3) todos los ejemplares han de tener los mismos atributos. No obstante no existe consenso con estas reglas.

Cada entidad se representa con un rectángulo con el nombre en el interior. Cada nombre de entidad aparece una sola vez en el diagrama. Será un sustantivo en singular.

Ejemplo: Representación de la entidad **Alumno**.



Una **ocurrencia de entidad** (o **ejemplar de la entidad**) es una instancia concreta de una entidad. Por ejemplo, una entidad es **Coche** y una ocurrencia de la entidad **Coche** es “**Seat Málaga con matrícula 1111AAA**”.

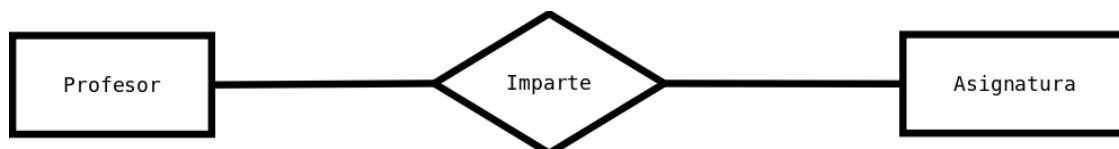
Nota: En algunos documentos se utilizan los términos **tipo de entidad** y **entidad** para referirse a la entidad y ocurrencia respectivamente. Durante este curso y para evitar confusiones nosotros usaremos la terminología **entidad y ocurrencia**.

2.2.2 Interrelación

Una **interrelación** (o relación) es una asociación entre dos o más entidades.

Cada interrelación se representa con un rombo con un nombre en el interior, normalmente un verbo. Intentaremos buscar un nombre que indique lo mejor posible la relación sin abusar de los verbos generales.

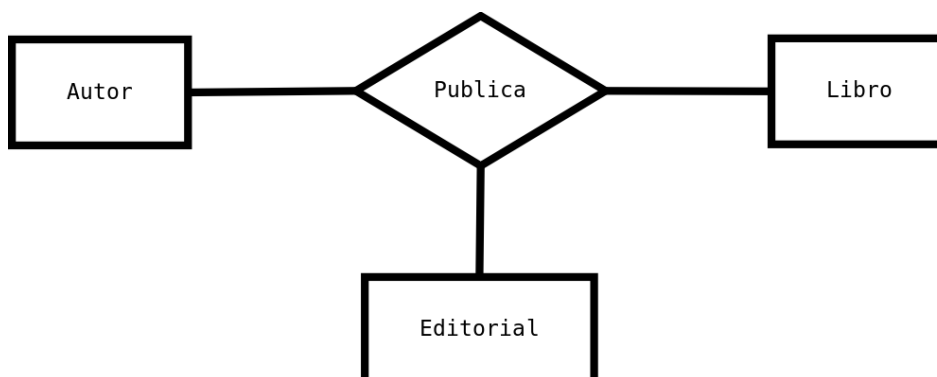
Ejemplo: Relación binaria (o de grado 2), porque se da entre dos entidades:



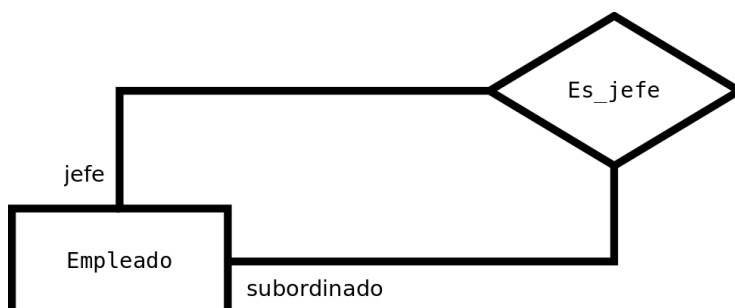
Fíjate que en este ejemplo hemos llamado **Imparte** a la relación, de modo que podemos leer "**Profesor imparte asignaturas**". También podríamos haberla llamado **Es_impartida** porque de derecha a izquierda se leería "**Asignatura es impartida por Profesor**".

En realidad, elijamos un nombre u otro, siempre encontraremos que sólo ofrece una lectura correcta en uno de los sentidos, pero eso no será importante.

Ejemplo: Relación ternaria (o de grado 3), porque se da entre tres entidades:



Ejemplo: Relación unaria (o reflexiva, de grado 1), porque hay una única entidad que participa de la relación varias veces con papeles distintos:



Muy raras veces encontraremos relaciones **n-arias**, es decir, con grado mayor de 3. Generalmente se pueden descomponer en otras relaciones de grado 2 o 3. Incluso las de grado 3 suelen tener alternativas en grado 2 sin perder semántica (aunque no siempre).

2.2.3 Rol

Llamamos **rol** al papel que ejerce una entidad en una relación. Normalmente no es necesario incluirlo, pero hay veces que sí. Así, en el ejemplo anterior necesitamos indicar que la entidad **Empleado** participa de la relación **Es_jefe** con **rol subordinado** por un lado y con **rol jefe** por otro.

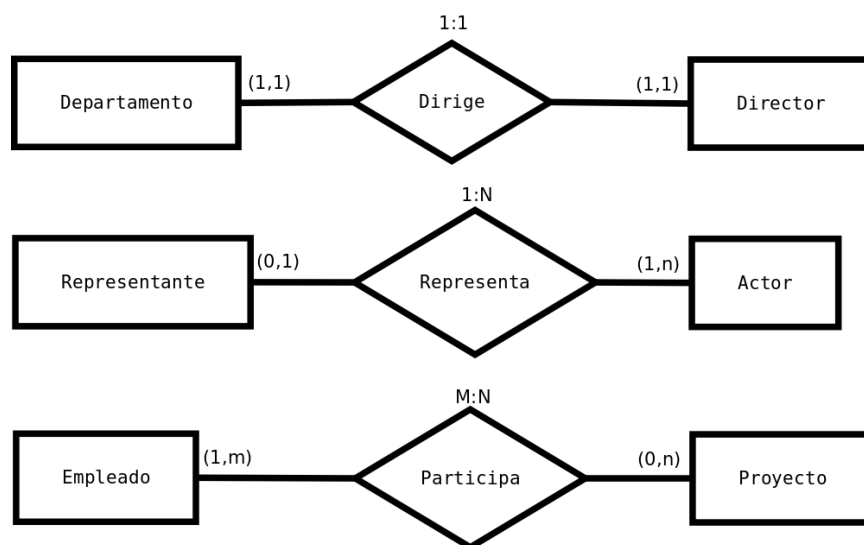
Nota: En algunas ocasiones podrás encontrar que las relaciones reflexivas se completan con una punta de flecha para indicar el sentido de la lectura (En el ejemplo anterior se puede poner "**Es_jefe_de**" y la punta de flecha en subordinado). La idea de esta otra notación es ahorrarse la necesidad de escribir los roles, pero nosotros usaremos la primera opción.

2.2.4 Cardinalidad y participación

Llamamos **Participación** de una entidad en la relación a la pareja de números que indican el mínimo y máximo de ocurrencias de esa entidad que se pueden relacionar con una ocurrencia de la otra entidad. Las opciones son: **(0,1)**, **(1,1)**, **(0,n)** y **(1,n)**. Se escribe sobre la línea que une a la entidad con la relación.

Llamamos **Cardinalidad** de una relación a la pareja de números que se obtiene de coger el mayor número de cada una de las participaciones de las entidades que relaciona. Se escribe sobre el rombo de la relación.

Para averiguar esta información serán necesarias entrevistas con las personas que conocen el sistema que estamos modelando.



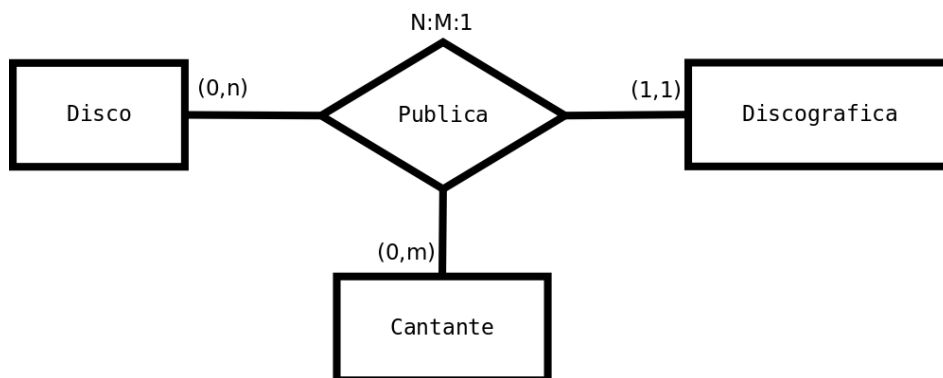
- Cada **Departamento** tiene un solo **Director** y cada **Director** dirige un solo **Departamento**.
- Un **Representante** representa varios **Actores**, pero cada **Actor** tiene un único **Representante**.
- Cada **Empleado** participa en varios **Proyectos** y cada **Proyecto** se realiza por varios **Empleados**.

Nota: En otros sitios lo que aquí llamamos **participación** y **cardinalidad** es referido como **cardinalidad** y **correspondencia** respectivamente. Como puedes ver, los nombres de todos los conceptos implicados en el **modelo E/R** pueden generar mucha confusión por lo que durante el curso tenemos que llegar a acuerdos para usar siempre los mismos nombres.

CARDINALIDAD EN RELACIONES NO BINARIAS

Ya sabemos que las relaciones pueden implicar a más de 2 entidades. No suele ser habitual encontrar relaciones de grado 4 y superior y cuando ocurre, generalmente, se pueden descomponer en relaciones de grado menor. Pero las relaciones de grado 3 son más comunes.

Para conocer la cardinalidad en una relación de grado 3 se calculan las participaciones (mínima y máxima) de una entidad para cada pareja de las otras 3 entidades.



- Para conocer la **participación de la entidad Disco**, suponemos una pareja concreta de **Discográfica** y **Cantante** y vemos que para esa pareja puede haber un mínimo de **0** discos y un máximo de **muchos** discos **(0,n)**.
- Para conocer la **participación de la entidad Discográfica**, suponemos una pareja concreta de **Disco** y **Cantante** y vemos que esa pareja puede asociarse con un mínimo de **1** discográfica y un máximo de **1** discográfica **(1,1)**.
- Para conocer la **participación de la entidad Cantante**, suponemos una pareja de **Disco** y **Discográfica** y vemos que esa pareja puede grabar con un mínimo de **0** cantantes (si es un disco instrumental) y un máximo de **muchos** cantantes **(0,m)**.
- Con el mayor número de cada participación obtenemos la cardinalidad **(N:M:1)**.

2.2.5 Atributos

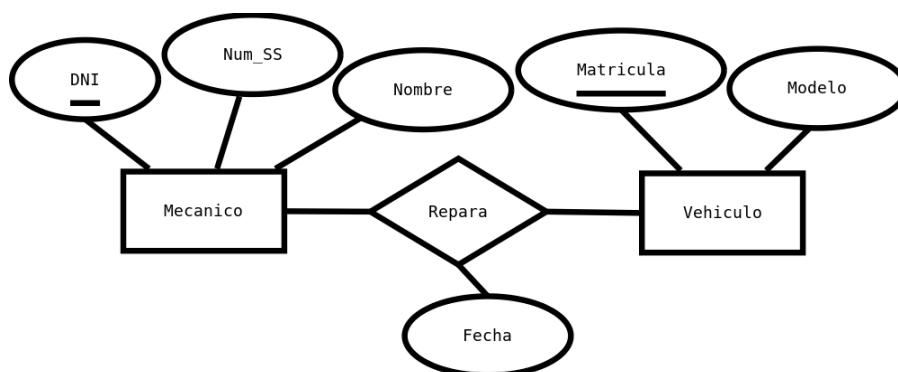
Los **atributos** son las características que definen una entidad. Por ejemplo, si tenemos una entidad **Persona**, sus atributos serán el **nombre**, los **apellidos**, el **DNI**, etc.

IDENTIFICADORES Y DESCRIPTORES

- **Identificadores**: son atributos que identifican de manera única a cada ocurrencia de la entidad, es decir, no puede haber dos ocurrencias con el mismo valor para ese atributo. Tampoco podrá haber una ocurrencia con valor nulo en ese atributo. Para una **Persona**, podría ser el **DNI** o el número de la **Seguridad Social**. Para un **Coche** podría ser la **Matrícula**.
 - ◆ **Principal**: de entre todos los atributos de una entidad que sean identificadores elegiremos uno y ese será el identificador principal. El atributo principal también se conoce como **clave primaria**.
 - ◆ **Alternativos**: el resto de los atributos identificadores que no elegimos como principal serán identificadores alternativos.

- **Descriptores:** los atributos normales, que no sean identificadores son descriptores.

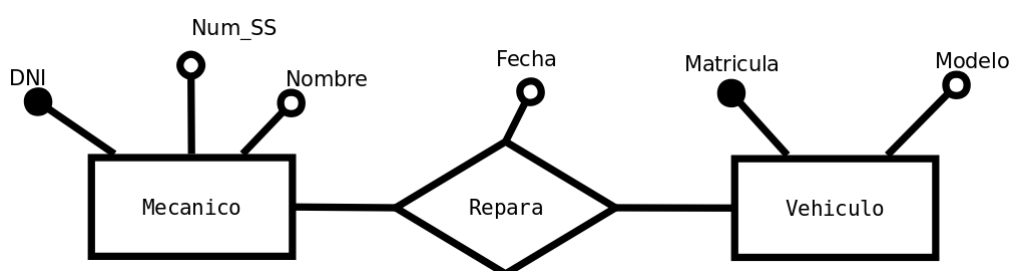
Los atributos se representan con una elipse con el nombre dentro, unida directamente a la entidad. Si es clave principal el nombre del atributo estará subrayado.



En el dibujo anterior vemos que:

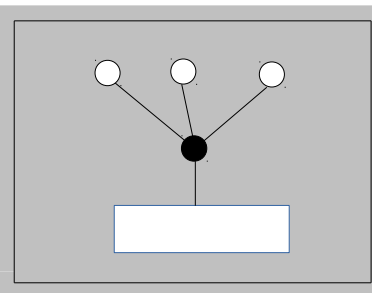
- La entidad **Mecánico** tiene tres atributos: **DNI**, **Num_SS** y **Nombre**. El **DNI** es la clave primaria y por eso está subrayado. **Num_SS** es una clave alternativa pero en esta notación eso no se señala.
- La entidad **Vehículo** tiene dos atributos: **Matrícula** y **Modelo**. La **Matrícula** es la clave primaria y por eso está subrayado.
- También las Interrelaciones pueden tener atributos, en este caso la Interrelación **Repara** tiene un atributo **Fecha**. Todos los atributos de una Interrelación serán descriptores, o sea, no tienen identificadores.

Alternativamente también se puede representar un atributo con un circulito unido a la entidad, con el nombre al lado. En este caso, los descriptores tendrán un círculo vacío, la clave primaria un círculo relleno y los identificadores alternativos un círculo con la mitad rellena.



En este ejemplo, observamos que la entidad **Mecánico** tiene un identificador principal (**DNI**) y un identificador alternativo (**Num_SS**). El diseñador de la base de datos decide cual de los dos será el principal.

Nota: Cuando entre los atributos de una entidad no existe ningún identificador, podemos construirlo uniendo varios atributos de manera que el conjunto de ellos no repitan valor dos ocurrencias distintas. Eso es lo que se conoce como **clave compuesta** (una clave compuesta debe ser mínima, es decir, no incluye ningún atributo que se pueda quitar y siga siendo clave). Sin embargo, existe una forma de simplificar esto y es añadir un nuevo atributo a la entidad, como un código, al que asignaremos valores distintos para cada ocurrencia.



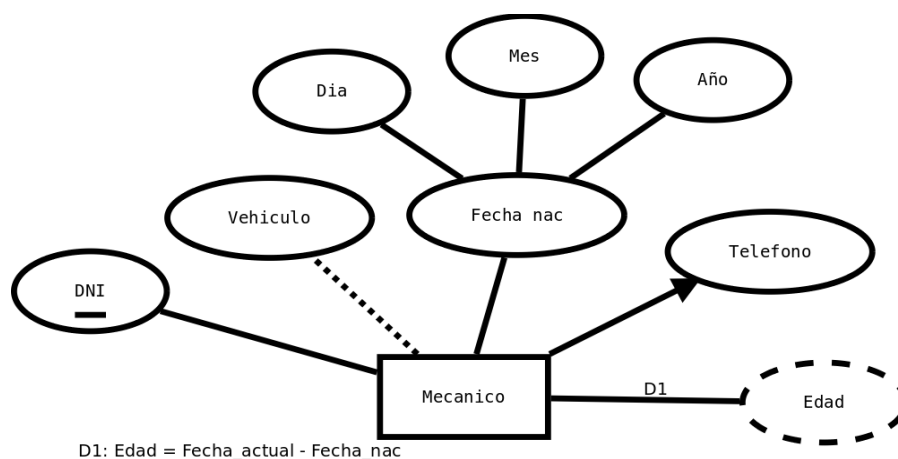
TIPOS DE ATRIBUTOS

Según determinadas características de los atributos, también se pueden clasificar como:

- **obligatorios/opcionales:** Son **obligatorios** los que siempre deben tomar un valor para cada ocurrencia de la entidad (se representan con línea continua). Son **opcionales** los que no siempre tienen un valor, es decir, pueden dejarse en blanco, lo que se conoce como **valor nulo** (se representan con línea discontinua).
- **compuestos/atómicos:** Los atributos **compuestos** son los que se puede descomponer en atributos más sencillos, como la **fecha** (que se puede descomponer en **día**, **mes** y **año**). En las imágenes siguientes puedes ver como se representan los atributos compuestos. Los atributos que no se pueden descomponer se llaman **atómicos**.
- **univaluados/multivaluados:** Los atributos **univaluados** (o simples) son los que para cada ocurrencia no pueden tener más de un valor. Los atributos **multivaluados** pueden tener varios valores para una misma ocurrencia de entidad (por ejemplo, **números de teléfono** para la entidad **Cliente**). Se representa con punta de flecha hacia el circulito del atributo. Basta que un ejemplar tenga varios teléfonos para que el atributo sea multivaluado. Ten en cuenta que la decisión de si un atributo es univaluado o multivaluado dependerá de lo que nos cuente el cliente sobre el funcionamiento de su empresa.
- **derivado:** Se dice que un atributo es **derivado** cuando su valor se puede calcular a partir de otros atributos. Por ejemplo, en un sistema donde ya tenemos la **fecha de nacimiento**, la **edad** será un atributo derivado. En un sistema donde tenemos el **precio** de un producto y el **tipo de IVA** aplicable, la cantidad a pagar de **IVA** es un atributo derivado.

Los atributos derivados **NO DEBEN APARECER EN EL ME/R**. No obstante, si por algún motivo necesitas reflejarlo debes usar una elipse discontinua y en la línea del atributo podría aparecer la fórmula para calcularlo (O una referencia D_i , donde i es un número. Después, en el diccionario de datos se concreta la fórmula que corresponde a esa referencia). Un atributo derivado puede ser calculado en dos ocasiones:

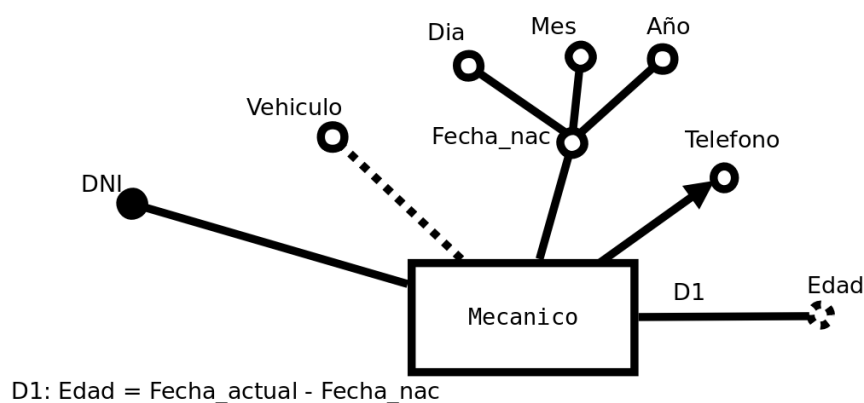
- Al actualizar los datos de los que depende (se calcula y almacena). Dato **real**.
- Cuando el usuario lo solicita (se calcula y se muestra). En ese caso el dato no se almacena y se dice que es **virtual**.



En este ejemplo:

- el **DNI** es la clave primaria (por eso está subrayada) y es un atributo obligatorio para todo mecánico (por eso se une con línea continua).
- El atributo **vehículo** es un atributo opcional, porque puede haber mecánicos que no tengan vehículo (por eso se une con una línea discontinua).
- La **fecha de nacimiento** es un atributo compuesto que se compone de tres subdatos.
- El **teléfono** es un dato multivaluado porque un mismo mecánico puede tener más de un número de teléfono (por eso se une con una flecha).
- La **edad** es un atributo derivado porque se puede saber a partir de la fecha de nacimiento y la fecha actual, por eso no debe aparecer en el modelo. Si tuviese que aparecer, la pondremos con una elipse discontinua, como en la imagen.

Con la notación alternativa quedaría así:



DOMINIOS

Cada atributo tiene un **dominio**: el conjunto de todos los valores posibles que podría tener ese atributo. Normalmente no aparecen en el ME/R porque resultan evidentes. Por ejemplo, el dominio del atributo **DNI** será el conjunto de todas las combinaciones posibles de 8 dígitos y una letra.

Cuando sea necesario indicar el dominio se hará junto al nombre del atributo separándolo con el símbolo dos puntos (:) y se puede definir de dos formas:

- por **intensión**: diciendo el tipo de dato: cadena, número entero, número real, etc.
- por **extensión**: enumerando todos los valores posibles.

Ejemplos:



El atributo **Edad** tendrá un valor que corresponde con un **número entero**.

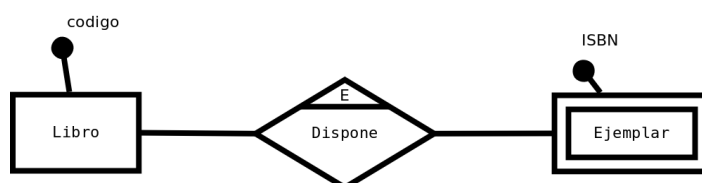
El atributo **Salario** tendrá un valor que será un **número real** porque puede tener decimales.

El atributo **Color** lo definiremos por extensión nombrando todos los valores posibles que puede adoptar, en este caso: **rojo**, **azul**, **verde** y **amarillo**.

2.2.6 Entidades débiles

Una **entidad débil** (se representan con un doble rectángulo) es aquella que depende de otra entidad para existir o para identificarse. La entidad débil siempre estará asociada a esa **entidad fuerte** de la que depende mediante una relación (**relación débil**). Esta última será una relación de existencia o una relación de dependencia.

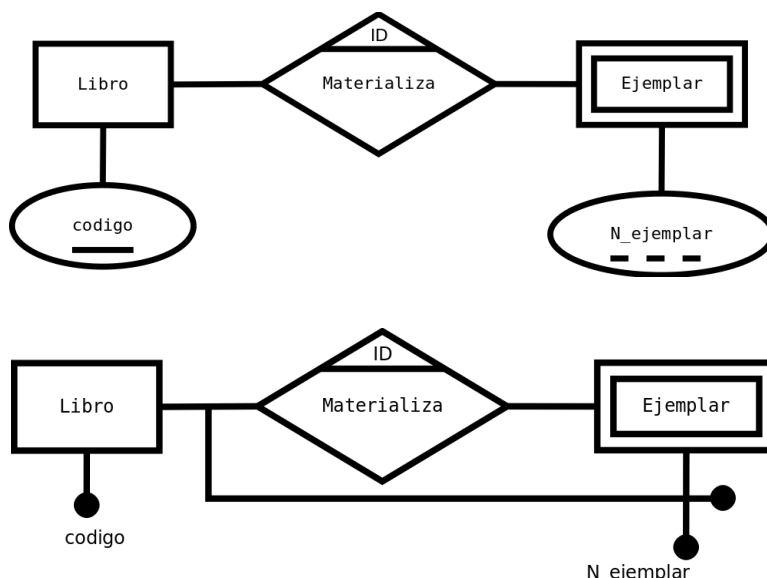
- En la **dependencia de existencia** la entidad débil desaparecería si desapareciera la entidad fuerte de la que depende. Las **ocurrencias** de la entidad débil no tienen sentido en la BD sin la presencia de las ocurrencias de la entidad fuerte con la que se relacionan. Las relaciones débiles por dependencia de existencia se representan con una **E** sobre una línea en la parte superior del rombo.



En este ejemplo sobre una biblioteca, la entidad **Ejemplar** sería débil porque su existencia depende de otra entidad **Libro**. Es decir, las ocurrencias de la entidad **Ejemplar** sólo pueden existir mientras exista la ocurrencia de la entidad **Libro** con la que se relacionan.

Imagina que en la biblioteca no disponemos del **Quijote**. En ese caso no existe una ocurrencia de ese libro (título, autor, año de creación, etc), por lo tanto no tiene sentido que haya datos sobre distintos ejemplares de ese libro.

- En la **dependencia de identificación** además de haber dependencia de existencia, no es posible crear una clave principal con los atributos propios de la entidad débil, sino que necesitamos incluir atributos de la entidad fuerte para poder completar la identificación de las ocurrencias. Hay dos notaciones equivalentes:



Una **entidad fuerte** o regular es la que no es débil, es decir, existe por sí misma y tiene identificadores internos.

Nota: Podríamos considerar dependencia de existencia en todos los casos en los que la participación es **(1,1)**, así que en realidad la única dependencia que nos interesa señalar es la dependencia de identificación y podemos obviar el resto.

2.3 El Modelo E/R Ampliado

Tras el modelo original de **Peter Chen** se han añadido nuevos conceptos que permiten describir la semántica de problemas más complejos.

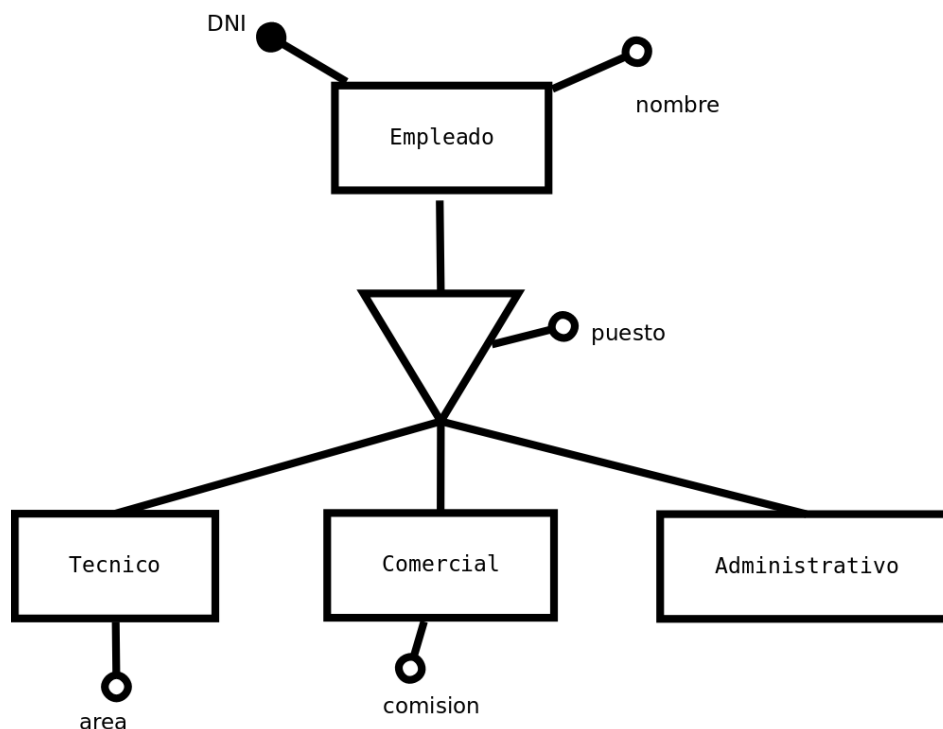
2.3.1 Generalización y especialización

La **generalización** es un caso especial de relación entre varias entidades (que llamaremos **subentidades**) y otra entidad (que llamaremos **superentidad**), cuyas características son comunes a todos los subtipos. El mecanismo contrario se llama **especialización**.

Una entidad **E** es una generalización de un grupo de entidades, si cada ocurrencia de cada una de esas entidades es también una ocurrencia de **E**.

De abajo arriba "**Es_un**" es cierto para todas las ocurrencias, hacia abajo no.

Esta relación se representa con un triángulo isósceles pegado por la base a la superentidad. Cuando la especialización se debe al valor de un atributo concreto (**discriminante**), éste atributo se colocará como atributo de la relación (en el triángulo).



Esto puede surgir cuando se observa que dos más entidades comparten varios atributos y/o relaciones, de donde se deduce la existencia de una entidad de nivel superior (**supertipo**) que contiene los atributos y relaciones comunes a todos los **subtipos** (generalización); o puede surgir cuando se observa que un tipo de entidad tiene ciertos atributos y/o relaciones que tienen sentido para unas ocurrencias pero no para otras, por lo que es conveniente definir los subtipos que contengan esos atributos y/o relaciones específicos, dejando en el supertipo los que son comunes.

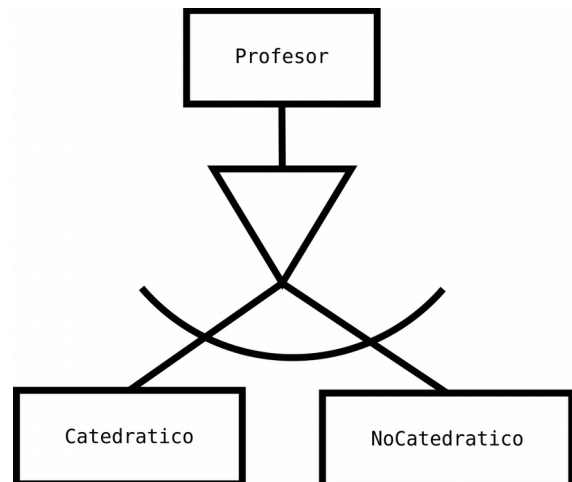
Si los subtipos no tienen atributos propios no tiene sentido detallar la especialización, a no ser que el subtipo tenga interrelaciones con otras entidades, aparte de las interrelaciones del supertipo.

Las subentidades siempre tendrán todos los atributos de la superentidad, además de los suyos propios, por lo que no hace falta ponerlos más que en la superentidad.

RESTRICCIONES SEMÁNTICAS SOBRE LA ESPECIALIZACIÓN

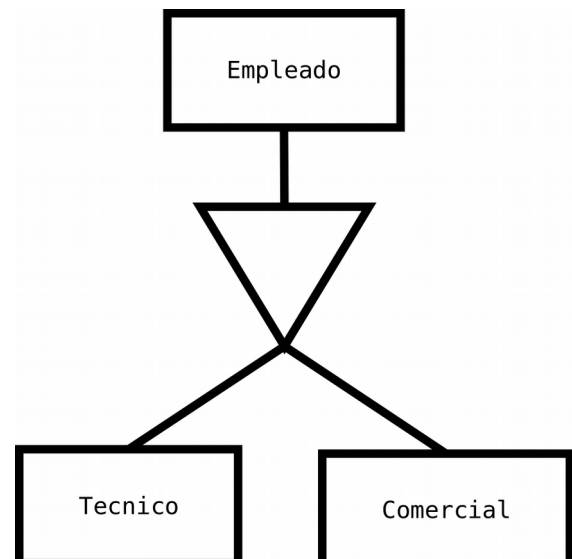
- **Especialización exclusiva:** cada una de las ocurrencias de la superentidad sólo puede materializarse en una de las especializaciones. Se representa con un arco alrededor del vértice del triángulo.

En el ejemplo un profesor no podrá ser Catedrático y NoCatedrático a la vez



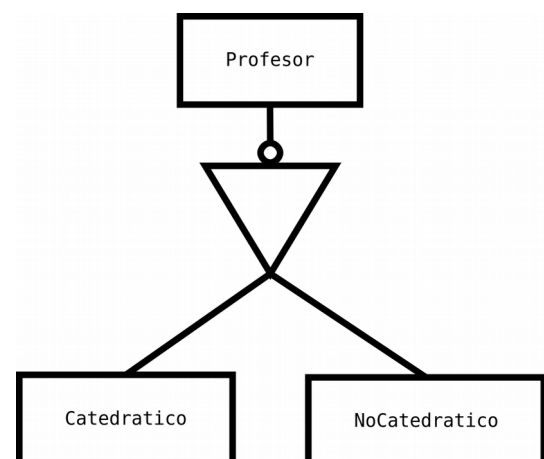
- **Especialización inclusiva (o solapada):** Cuando las ocurrencias de la superentidad pueden materializarse a la vez en varias ocurrencias de las subentidades. Se representa sin el arco.

En el ejemplo, un técnico también puede ser comercial.



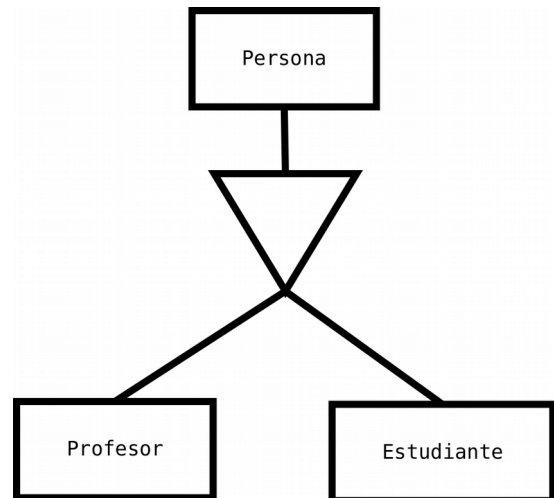
- **Especialización total:** Cuando la superentidad tiene que materializarse obligatoriamente en una de las subentidades. Se representa con un mini-círculo en la parte trasera del triángulo.

Todos los profesores tienen que pertenecer a alguno de los subgrupos: Catedrático o NoCatedrático



- **Especialización parcial:** La superentidad no tiene por qué materializarse en una subentidad (es opcional). Se representa sin círculo.

En el ejemplo, existen personas que no son ni Profesor ni Estudiante



Nota: Si tenemos parcialidad, el atributo discriminante tendrá que admitir nulos; si tenemos solapamiento, el atributo discriminante será un multivaluado.

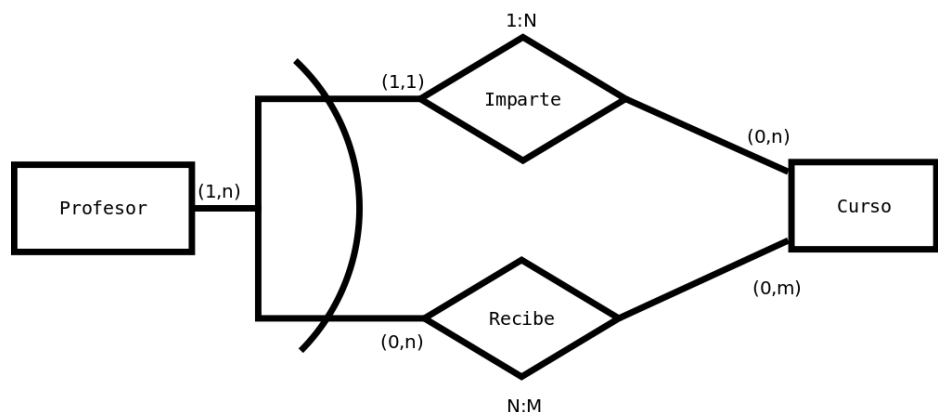
En la generalización/especialización las participaciones siempre son **(1,1) en la superentidad** y **(0,1) o (1,1) en las subentidades**, aunque no suelen anotarse.

2.3.2 Exclusividad (conjuntos disjuntos)

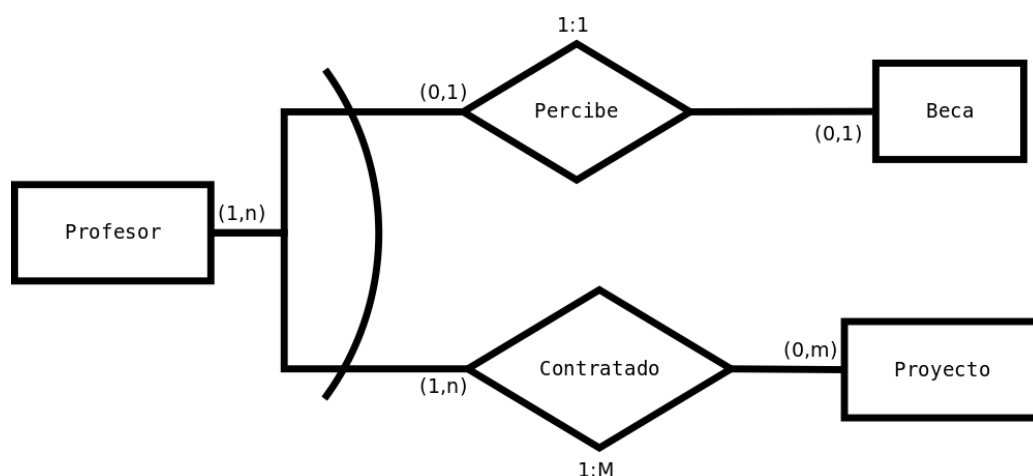
Existe exclusividad entre dos o más relaciones con respecto a una entidad que participa en ambas relaciones cuando cada ocurrencia de dicha entidad sólo puede pertenecer a una de las relaciones, pero no a las dos.

Se representa con un arco que abarca las líneas de la entidad a esas relaciones.

Ejemplo 1: Cursos de perfeccionamiento para profesores



En este ejemplo, los cursos de perfeccionamiento los imparten los propios profesores, que pueden participar como alumnos o como docentes, pero las relaciones **Imparte** y **Recibe** son **exclusivas respecto de la entidad Profesor** (ver el arco) y eso significa que **un mismo Profesor no puede participar de ambas relaciones a la vez**, es decir, no puede impartir y recibir cursos (aunque se trate de cursos distintos).

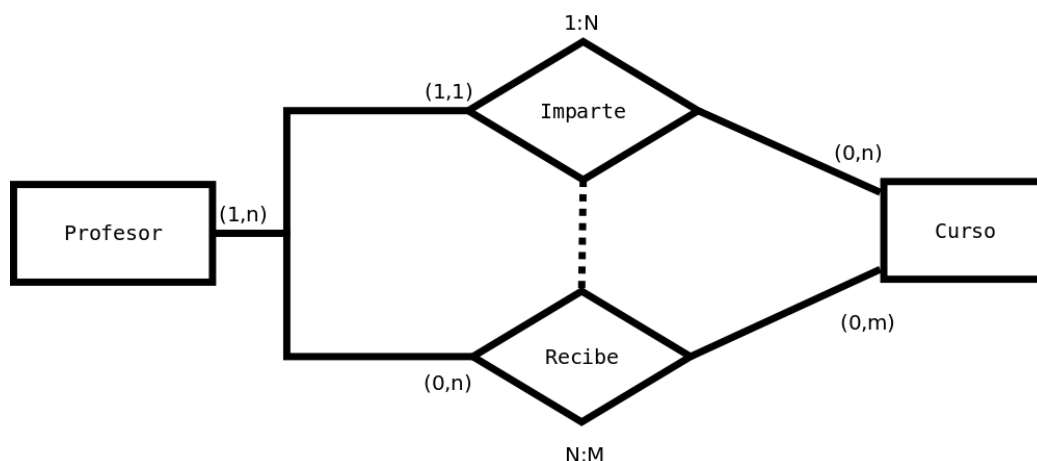
Ejemplo 2: Profesores becados y contratados

En este ejemplo, los profesores pueden recibir becas o estar contratados para un proyecto, pero las relaciones **Percibe** y **Contratado** son exclusivas respecto de la entidad **Profesor** (ver el arco) y eso significa que **un mismo Profesor no puede participar de ambas relaciones a la vez**, es decir, no puede estar becado y contratado para un proyecto.

2.3.3 Exclusión

Existe exclusión de una ocurrencia de una entidad si no puede estar ligada a la misma ocurrencia de otra entidad a través de dos relaciones distintas. Es decir, una ocurrencia de una entidad que esté ligada a otra entidad mediante una relación, no podrá estar ligada a la misma ocurrencia de la otra entidad mediante otra relación.

Se representa con una línea discontinua entre las dos relaciones.

Ejemplo: Cursos de perfeccionamiento para profesores

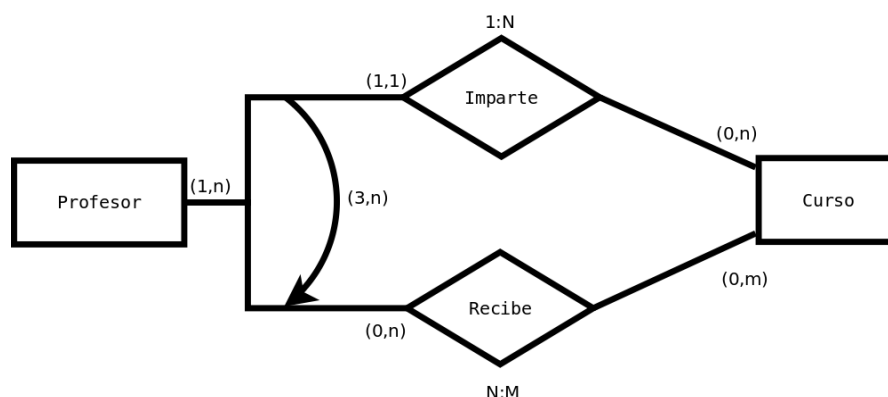
En este ejemplo, los cursos de perfeccionamiento los imparten los propios profesores, que pueden participar como alumnos o como docentes, pero existe **exclusión entre los profesores** (ver la línea discontinua) y eso significa que **un mismo Profesor no se puede relacionar con el mismo Curso con ambas relaciones a la vez**, es decir, no puede impartir y recibir el mismo curso (aunque si cursos distintos).

2.3.4 Inclusividad

Existe inclusividad entre dos o más relaciones respecto de una entidad que participa en ambas, si toda ocurrencia de la entidad que participa en una de las relaciones tiene que forzosamente participar en la otra.

Se representa con un arco entre las líneas de las relaciones a la entidad, con punta de flecha hacia la relación que se tiene que dar como requisito.

Ejemplo: Cursos de perfeccionamiento para profesores



En este ejemplo, los cursos de perfeccionamiento los imparten los propios profesores, que pueden participar como alumnos o como docentes, pero existe **inclusividad de la relación Imparte y Recibe con respecto de la entidad Profesor** (ver arco con flecha) y eso significa que **un Profesor no se puede relacionar con Cursos a través de Imparte si no se relaciona a través de Recibe**, es decir, no puede impartir cursos si no los ha recibido. (No tiene que tratarse del mismo curso).

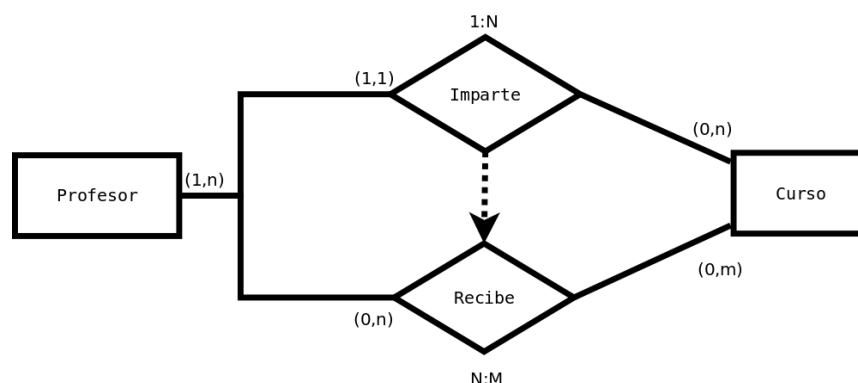
La participación del arco **(3,n)** dice cuantos cursos ha de recibir el Profesor para poder impartir.

2.3.5 Inclusión

Existe inclusión entre dos o más relaciones respecto de una entidad que participa en ambas, si toda ocurrencia de la entidad que esté ligada una ocurrencia de la otra entidad mediante una relación tiene que estar forzosamente ligada a la misma ocurrencia de la otra entidad mediante la otra relación.

Se representa con una línea discontinua entre las dos relaciones, con punta de flecha hacia la relación que se tiene que dar como requisito.

Ejemplo: Cursos de perfeccionamiento para profesores



En este ejemplo, los cursos de perfeccionamiento los imparten los propios profesores, que pueden participar como alumnos o como docentes, pero existe ***inclusión de la relaciones Imparte y Recibe con respecto de la entidad Profesor*** (ver línea discontinua con flecha) y eso significa que ***un Profesor no se puede relacionar con un Curso a través de Imparte si no se relaciona con el mismo Curso a través de Recibe***, es decir, no puede impartir un curso que no haya recibido.

Nota: Si se considera la dimensión temporal se generan casos más complejos. Por ejemplo, que el ***Curso*** que se ***Imparte*** se haya tenido que recibir con anterioridad y no simultáneamente.

2.3.6 Agregación

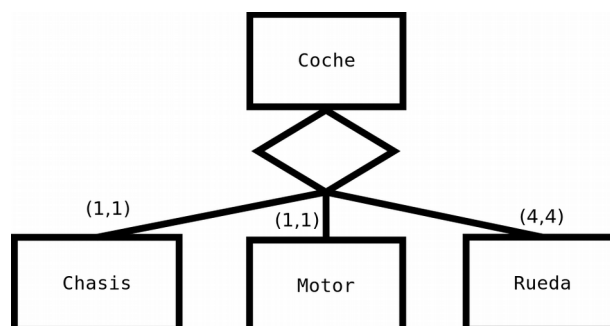
La agregación o meronimia permite representar entidades compuestas que se obtienen por unión de otras más simples.

Se representa con un rombo (pequeño y sin nombre) pegado a la entidad compuesta (el todo). Las entidades simples se unen a ese rombo con líneas. La participación del todo es siempre (1,1), por eso no se indica.

AGREGACIÓN COMPUESTO/COMPONENTE

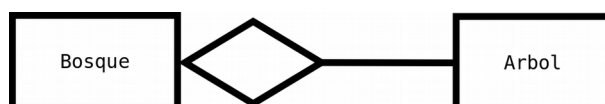
Representa que un todo se obtiene por la unión de las partes.

Ejemplo: componentes de un coche



AGREGACIÓN MIEMBRO/COLECCIÓN

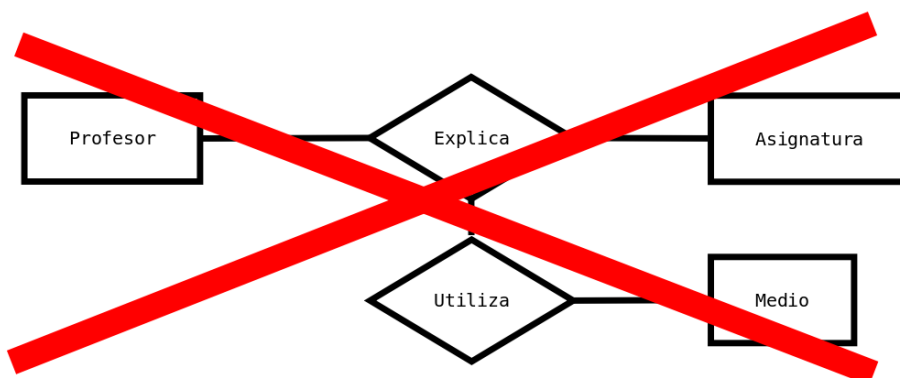
Representa un todo como una colección de partes, donde todas las partes son de un mismo tipo y desempeñan el mismo papel.



UTILIDAD DE LA AGREGACIÓN

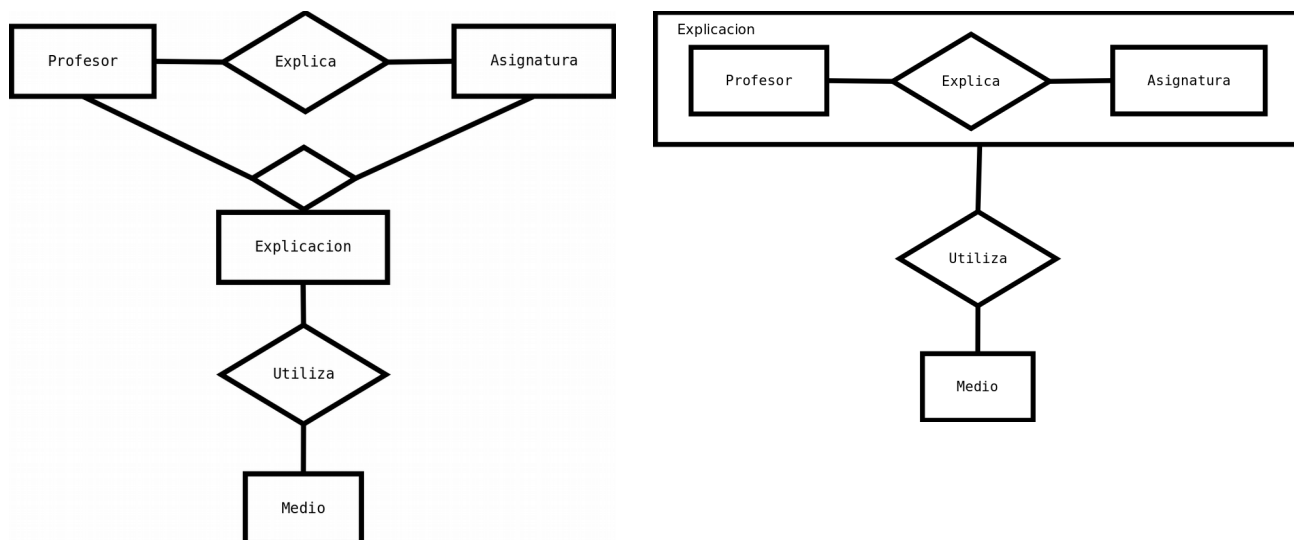
Al margen del uso que por definición tiene la agregación, una utilidad añadida es que permite solucionar una de las limitaciones del modelo E/R: la de que una relación nunca se puede relacionar con otra relación directamente.

Ejemplo: Solución imposible en el modelo E/R



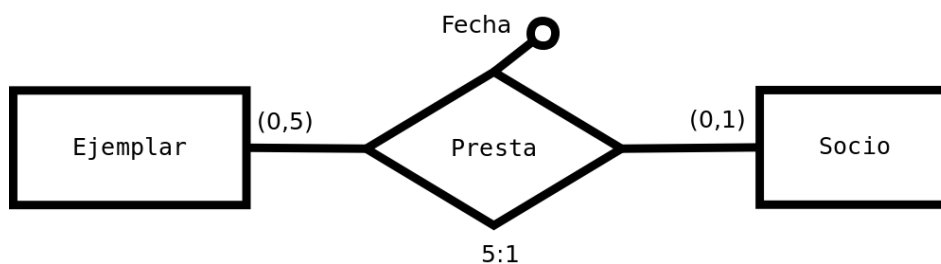
Ejemplo: Solución posible en el modelo E/R

Haciendo uso de la agregación podemos crear una nueva entidad (**Explicación**) que se compone de **Profesor** y **Asignatura** y que, ahora sí, se puede relacionar con **Medio** a través de una interrelación. Las siguientes son dos notaciones equivalentes para la agregación de ese caso:

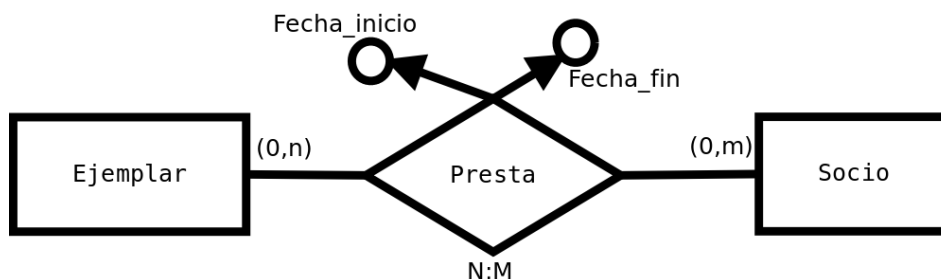
**2.3.7 Dimensión temporal**

La dimensión temporal no está muy desarrollada en el modelo E/R, pero tendremos que tener en cuenta si estamos creando una BD donde sólo nos interesa el estado actual de las cosas o si nos interesa el histórico de datos.

Supongamos, por ejemplo, que estamos modelando los préstamos de libros a los usuarios de una biblioteca. En el primero de los casos sólo nos interesa el estado actual de las cosas, es decir, si un libro está prestado y quién lo tiene. La solución podría ser esta:



Por otro lado, si nos interesa guardar un archivo histórico con el que poder saber cuántas veces se ha prestado un libro o en qué periodos, la solución podría ser esta otra:



2.3.8 Supuestos semánticos y semántica no reflejada

Junto al diagrama E/R deberíamos acompañar un texto que incluya:

- Los **supuestos semánticos**: Son las suposiciones, sobre información que no aparece en el enunciado, que hacemos para completar el diagrama. En la mayoría de las ocasiones se trata de participaciones mínimas o máximas que no se definen o no quedan claras.

En ningún caso los supuestos semánticos pueden añadir elementos nuevos que no se desprendan del enunciado.

Ejemplo:

“Hemos supuesto que todos los fabricantes de cocinas fabrican al menos un mueble puesto que cuando contactan con nuestra organización deben disponer de algún producto que vender. También hemos supuesto que la participación mínima de la entidad distribuidor en vende es cero porque es menos restrictiva y eso permite incorporar distribuidores a nuestra base de datos antes de que hagan la primera venta.”

- La **semántica no reflejada**: En ocasiones no conseguimos incluir en el diagrama toda la información del enunciado, bien porque el modelo E/R no ofrece herramientas, bien porque se trata de información que no es relevante en este nivel pero que será importante en el modelo lógico o en el físico.

Ejemplo:

“No se ha reflejado el hecho de que la clave primaria de la entidad Revisión se incrementa automáticamente.”

2.3.9 Control de redundancias

Un elemento se dice redundante cuando se puede eliminar sin pérdida de semántica. Hay dos tipos de redundancia:

- **atributos derivados**: Son los atributos que se pueden calcular u obtener a partir de otros ya existentes. Son redundantes, pero no inconsistentes siempre que en el esquema se indique su condición de derivados y la fórmula para calcularlos.

Si aparecen en el E/R habrá que poner una etiqueta con la fórmula junto a él y círculo/elipse discontinuo. No obstante, puesto que su presencia sólo ofrece eficiencia en la mayoría de los casos, deberíamos tenerlo en cuenta sólo en el modelo lógico (esquema relacional) o mejor, en el físico (cuando lo implementamos en un ordenador).

- **relaciones derivadas**: Son las relaciones cuya eliminación no implica pérdida de semántica porque se puede realizar la misma asociación de ocurrencias a través de otras relaciones.

Todas las relaciones redundantes forman parte de un ciclo (aunque no todas las relaciones en ciclos son redundantes), por eso los ciclos hay que analizarlos detenidamente.

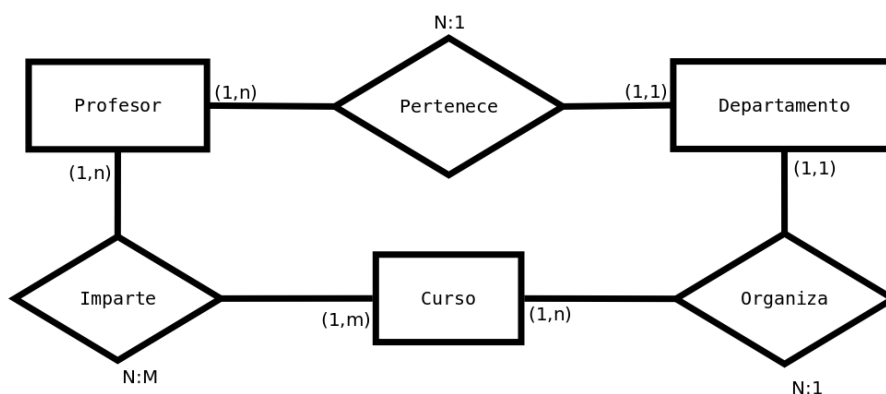
Para que una relación pueda eliminarse por redundante es necesario:

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

Ejemplo: Ciclo con relación redundante

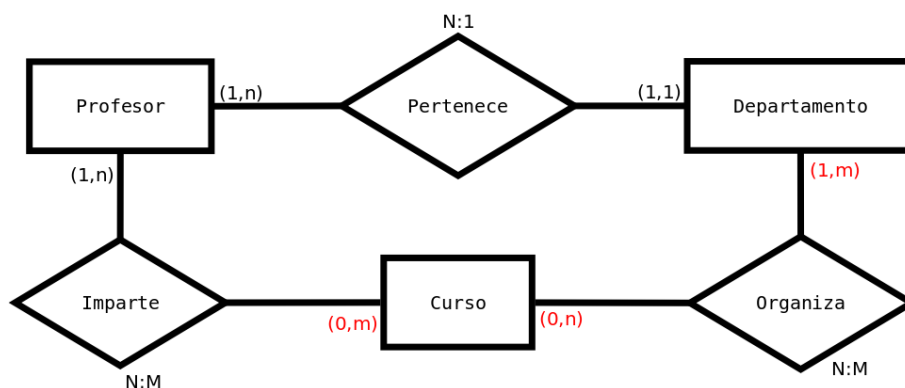
Observa el siguiente diagrama y ten en cuenta que un profesor sólo imparte cursos del departamento al que pertenece. Para empezar vemos que hay un ciclo y, siempre que eso ocurra tendremos que analizar si alguna de las relaciones implicadas (**Pertenece**, **Imparte** o **Organiza**) son redundantes. Puesto que los profesores pertenecen a único departamento e imparten cursos de ese departamento, observamos que se puede eliminar la relación **Pertenece** sin perder nada de semántica. Porque (de izquierda a derecha) podemos saber para cada Profesor el Departamento al que pertenece, a través de los cursos que imparte y (de derecha a izquierda) para cada Departamento podemos saber los profesores que lo componen, al saber quien imparte los cursos que organiza.

Conclusión: La relación **Pertenece** es redundante y no tiene atributos. Se puede eliminar.



Ejemplo: Ciclo sin relaciones redundantes

En el siguiente diagrama tienes que tener en cuenta que los profesores pueden impartir cursos que organizan departamentos distintos al suyo.



También hay un ciclo y aunque se parece mucho al ejemplo anterior hay algunos cambios que están marcados en color rojo: un departamento puede no organizar cursos, un curso puede estar organizado por varios departamentos y un profesor puede no impartir ningún curso. En este caso, la relación **Pertenece** no es redundante, porque aunque sepamos los cursos que imparte un profesor y los que organiza un departamento, no podemos saber el departamento al que pertenece cada profesor. Y menos aún con los profesores que no imparten cursos.

A continuación deberíamos preguntarnos si sobra alguna de las otras dos relaciones. Y vemos que **Imparte** tampoco es redundante, ya que un curso lo organizan varios departamentos, cada uno de los cuales tiene varios profesores y sin la relación **Imparte** no podemos saber que profesor imparte cada curso. Por último, la relación **Organiza** tampoco sobra, porque desde cada Departamento podemos saber los profesores que lo componen, pero como ahora un profesor puede impartir cursos de departamentos ajenos, nunca sabremos los cursos que organiza el departamento.

Con más detalle:

¿Por qué no es redundante la relación **Pertenece**?

- El cero de **(0,m)**: Un profesor puede no impartir ningún curso y no llegaría a estar relacionado con su departamento si quitamos la relación **Pertenece**.
- La **m** de **(1,m)** Un curso puede estar organizado por varios departamentos y no tenemos forma de saber cual de ellos es al que pertenece el profesor si quitamos la relación **Pertenece**.
- El cero de **(0,n)** Un departamento puede no organizar cursos y dejará de estar relacionado con todos los profesores, a pesar de que sabemos que tiene que tener al menos un profesor.

¿Por qué no es redundante la relación **Imparte**?

- El **(1,m)** "un curso lo organizan varios departamentos" y el **(1,n)** "un departamento tiene varios profesores": A partir de un curso llegaríamos a todos los profesores de todos los departamentos implicados en el curso, sin poder saber cuáles de ellos lo imparten.
- El **(0,n)**: A partir de un profesor pasamos por su departamento y obtenemos todos los cursos de ese departamento, sin saber cuál de ellos es el que imparte el profesor.

¿Por qué no es redundante la relación **Organiza**?

- A partir de un curso, pasamos por todos los profesores que lo imparten y llegamos a los departamentos a los que pertenecen, pero no sabemos cuáles de esos departamentos organizan el curso. (Recuerda que nos dicen que en este segundo ejemplo, los profesores pueden impartir cursos que organizan departamentos ajenos al suyo).

En cualquier caso, para estudiar la redundancia de relaciones en ciclos hay que:

1. Analizar las participaciones mínimas.
2. Analizar la semántica que aporta la relación.
3. Analizar si las ocurrencias de las dos entidades siguen estando relacionadas por el otro camino, en ambos sentidos.
4. Comprobar que no se pierden atributos.

2.3.10 Descomposición de relaciones de grado superior

Las relaciones de grado mayor que 2 son más difíciles de manejar que las relaciones binarias. Cuando encontremos relaciones que asocian 3 o más entidades también debemos preguntarnos si se pueden descomponer en relaciones binarias (como siempre, sin eliminar semántica). A veces es posible, otras veces, no.

Si una relación compleja se puede cambiar por relaciones binarias, debemos hacer esa sustitución. Podría ser que ese cambio genere un ciclo y, en ese caso, lo analizaremos como en el apartado anterior para eliminar las relaciones que sean redundantes, si las hay.