

Modelo Entidad-Relación (E/R, del inglés entity-relationship)

También llamado **Modelo Conceptual de Datos**, es una técnica de representación de las relaciones que tienen los datos y que permite recrear la realidad que queremos modelizar en nuestra base de datos.




El modelo E/R fue introducido en el año 1976 por P. Chen [Che76¹] y se formalizó en [Ng81²]. El modelo E/R describe los datos como **entidades, relaciones y atributos**.

En esencia, el modelo entidad-relación (en adelante E/R), consiste en buscar las entidades que describan los objetos que intervienen en el problema y las relaciones entre esas entidades. Todo esto se plasma en un *esquema gráfico* que tiene por objeto, por una parte, ayudar al programador durante la codificación y por otra, al usuario a comprender el problema y el funcionamiento del programa.

La realización de un modelo E/R es siempre un paso previo al diseño que finalmente se implementará en una base de datos y comprende exclusivamente una representación (utilizando símbolos gráficos) del diseño de los datos, y no de lo que se pretende hacer con ellos.

El **Diagrama entidad-interrelación (E/R)** permite representar gráficamente la estructura lógica de una base de datos mediante los siguientes elementos:

- **Rectángulos**: representan las **entidades**.
- **Elipsis**: representan los **atributos** de las entidades y de las interrelaciones.
- **Rombos**: representan las **interrelaciones** entre las entidades.
- **Líneas**: **enlazan** atributos a entidades, atributos a interrelaciones y entidades a interrelaciones. Nunca enlazan entidades con entidades.

Concepto relacional	Representación gráfica
Entidad	
Interrelación	
Atributo	

Definiremos algunos conceptos que se usan en el modelo E/R. Estas definiciones nos serán útiles tanto para explicar la teoría, como para entendernos entre nosotros y para comprender otros textos sobre el modelado de bases de datos. Se trata de conceptos usados en libros y artículos sobre bases de datos, de modo que será interesante conocerlos con precisión.

Una **ENTIDAD** es una cosa u objeto concreto o abstracto que existe en el mundo, real y que puede diferenciarse de otros; no es una propiedad concreta sino un objeto que puede poseer múltiples propiedades (atributos). Constituye una representación de un objeto individual concreto del mundo real.

CONJUNTO DE ENTIDADES es la clase o tipo al que pertenecen entidades con características comunes. Es decir, las *entidades que poseen las mismas propiedades* forman *conjuntos de entidades*. Si hablamos de personas, tú y yo somos entidades, como individuos. Si hablamos de vehículos, se tratará de ejemplares concretos de vehículos, identificables por su matrícula, el número de chasis o el de bastidor.

¹ P. Chen. The entity relationship model-toward a unified view of data. TODS, 1(1), marzo 1976

² A. Silberschatz, H. F. Korth, and S. Sudarsan. Fundamentos de Bases de Datos (4a edición). McGraw Hill, 2002



Ejemplos de entidad y conjunto de entidad

Una entidad (o tipo de entidad) está formada por un conjunto de ocurrencias de entidad del mismo tipo.

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

Entidad tipo y ocurrencia

- Un **tipo de entidad (o entidad tipo)** es una categoría generalizada que define un conjunto de entidades más específicas con los mismos atributos. Normalmente, se abrevia y solo se utiliza el término **entidad**.
- Una **ocurrencia de entidad** es un ejemplar de un tipo de entidad que comparte atributos con otras ocurrencias, cada una de las cuales tiene su propio valor para cada atributo. También se usa el término **instancia**.

En el **modelado de bases de datos** trabajaremos con **conjuntos de entidades**, y no con entidades individuales. La idea es generalizar de modo que el modelo se ajuste a las diferentes situaciones por las que pasará el proceso modelado a lo largo de su vida. Será el usuario final de la base de datos el que trabaje con entidades. Esas entidades constituirán los datos que manejará con la ayuda de la base de datos.

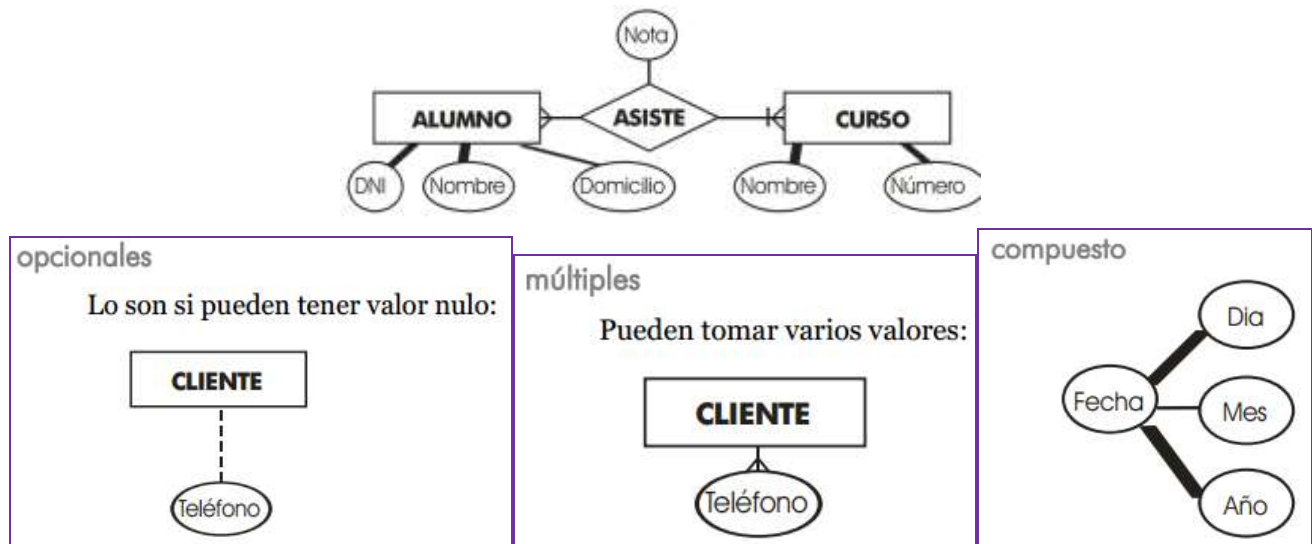
ATRIBUTOS

Describen propiedades de las entidades y las relaciones. Cada una de las características que posee una entidad, y que agrupadas permiten distinguirla de otras entidades del mismo conjunto.

En el caso de las personas, los atributos pueden ser características como el nombre y los apellidos, la fecha y lugar de nacimiento, residencia, número de identificación... Si se trata de una plantilla de empleados nos interesarán otros atributos, como la categoría profesional, la antigüedad, etc. En el caso de vehículos, los atributos serán la fecha de fabricación, modelo, tipo de motor, matrícula, color, etc.

Según el conjunto de entidades al que hallamos asignado cada entidad, algunos de sus atributos podrán ser irrelevantes, y por lo tanto, no aparecerán; pero también pueden ser necesarios otros. Es decir, el conjunto de atributos que usaremos para una misma entidad dependerá del conjunto de entidades al que pertenezca, y por lo tanto del proceso modelado. *Por ejemplo, no elegiremos los mismos atributos para personas cuando formen parte de modelos diferentes. En un conjunto de entidades para los socios de una biblioteca, se necesitan ciertos atributos. Estos serán diferentes para las mismas personas, cuando se trate de un conjunto de entidades para los clientes de un banco.*

En este modelo se representan con un **círculo**, dentro del cual se coloca el nombre del atributo



IDENTIFICADOR O CLAVE

Estaremos de acuerdo en que es muy importante poder identificar claramente cada entidad y cada interrelación. Esto es necesario para poder referirnos a cada elemento de un conjunto de entidades o interrelaciones, ya sea para consultarlo, modificarlo o borrarlo. No deben existir ambigüedades en ese sentido.

En principio, cada entidad se puede distinguir de otra por sus atributos. Aunque un subconjunto de atributos pueda ser iguales en entidades distintas, el conjunto completo de todos los atributos no se puede repetir nunca. Pero a menudo son sólo ciertos subconjuntos de atributos los que son diferentes para todas las entidades.

Clave: es un conjunto de atributos que identifican de forma unívoca una entidad: es el conjunto mínimo compuesto por uno o más atributos que permite identificar de manera unívoca a una ocurrencia de entidad dentro de un tipo de entidad.

Se indican **subrayando** el nombre del identificador.

En nuestro ejemplo de las entidades persona, podemos pensar que de una forma intuitiva sabemos qué atributos distinguen a dos personas distintas. Sabemos que el nombre por sí mismo, desde luego, no es uno de esos atributos, ya que hay muchas personas con el mismo nombre. A menudo, el conjunto de nombre y apellidos puede ser suficiente, pero todos sabemos que existen ciertos nombres y apellidos comunes que también se repiten, y que esto es más probable si se trata de personas de la misma familia.

Las personas suelen disponer de un documento de identidad que suele contener un número que es distinto para cada persona. Pero habrá aplicaciones en que este valor tampoco será una opción: podemos tener, por ejemplo, personas en nuestra base de datos de distintas nacionalidades, o puede que no tengamos acceso a esa información (una agenda personal no suele contener ese tipo de datos), también hay personas, como los menores de edad, que generalmente no disponen de documento de identidad.

Con otros tipos de entidad pasa lo mismo.

En el caso de vehículos no siempre será necesario almacenar el número de matrícula o de bastidor, o tal vez no sea un valor adecuado para usar como clave (ya veremos más adelante que en el esquema físico es mucho mejor usar valores enteros).

En ocasiones, por un motivo u otro, creamos un atributo artificial para usarlo sólo como clave. Esto es perfectamente legal en el modelo E-R, y se hace frecuentemente porque resulta cómodo y lógico

Para que un atributo sea considerado un buen identificador tiene que cumplir:

- Deben distinguir a cada ejemplar teniendo en cuenta las entidades que utiliza el modelo. No tiene que ser un identificador absoluto.
- Todos los ejemplares de una entidad deben tener el mismo identificador.
- Cuando un atributo es importante aun cuando no tenga una entidad concreta asociada, entonces se trata de una entidad y no de un atributo

En una entidad, es posible que haya **más de una clave**.

Todas las claves posibles se denominan **claves candidatas**, mientras que la clave elegida por el diseñador de la base de datos para identificar cada entidad (o instancia) se denomina **clave primaria**. La **clave ajena** es el conjunto de atributos de una entidad que, a su vez, es clave primaria de otra entidad con la que está interrelacionada.

TIPOS DE ENTIDADES

- **REGULARES O FUERTES**. Son las entidades normales que tienen existencia por sí mismas sin depender de otras. tienen una clave primaria

PERSONAS

- **DÉBILES**. son las que no tienen entre sus atributos una clave primaria, por lo que dependen de una entidad fuerte que les permite identificar cada uno de sus atributos mediante una interrelación. *Por ejemplo la entidad tarea laboral sólo podrá tener existencia si existe la entidad trabajo*

TAREAS LABORALES

DOMINIO: conjunto de valores posibles para un atributo.

Una fecha de nacimiento o de matriculación tendrá casi siempre un dominio, aunque generalmente se usará el de las fechas posibles. Por ejemplo, ninguna persona puede haber nacido en una fecha posterior a la actual. Si esa persona es un empleado de una empresa, su fecha de nacimiento estará en un dominio tal que actualmente tenga entre 16 y 65 años. (Por supuesto, hay excepciones...). Los números de matrícula también tienen un dominio, así como los colores de chapa o los fabricantes de automóviles (sólo existe un número limitado de empresas que los fabrican).

Generalmente, los dominios nos sirven para limitar el tamaño de los atributos. Supongamos que una empresa puede tener un máximo de 1000 empleados. Si uno de los atributos es el número de empleado, podríamos decir que el dominio de ese atributo es (0,1000).

Con nombres o textos, los dominios limitarán su longitud máxima. Sin embargo, los dominios no son demasiado importantes en el modelo E-R, nos preocuparemos mucho más de ellos en el modelo relacional y en el físico.

RELACIONES ENTRE ENTIDADES

Interrelación: es la asociación o conexión entre conjuntos de entidades.

Es el elemento del modelo que permite relacionar en sí los datos del modelo. Aunque en realidad, salvo para nombrar el modelo, usaremos el término *interrelación*, ya que relación tiene un significado radicalmente diferente dentro del modelo relacional, y esto nos puede llevar a error.

El término *relación*

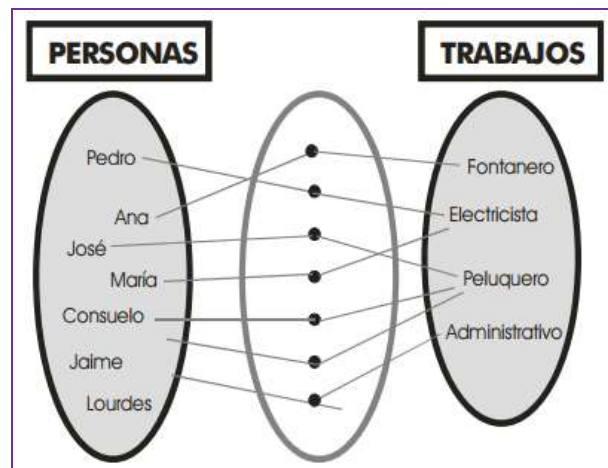
El término *relación* se refiere a una *tabla en el modelo relacional*, que representa una entidad o una *interrelación en el modelo conceptual E/R*. Lo utilizan algunos autores para referirse de manera poco ortodoxa al concepto de *interrelación* (en inglés, *relationship*) entre entidades, y algunos SGBD para hacer referencia al vínculo entre tablas.

Tengamos los dos conjuntos: de personas y de vehículos. Podemos encontrar una interrelación entre ambos conjuntos a la que llamaremos *posee*, y que asocie una entidad de cada conjunto, de modo que un individuo posea un vehículo.

Por ejemplo, en el caso de que tengamos una entidad personas y otra entidad trabajos.



Ambas se realizan ya que las personas trabajan y los trabajos son realizados por personas:

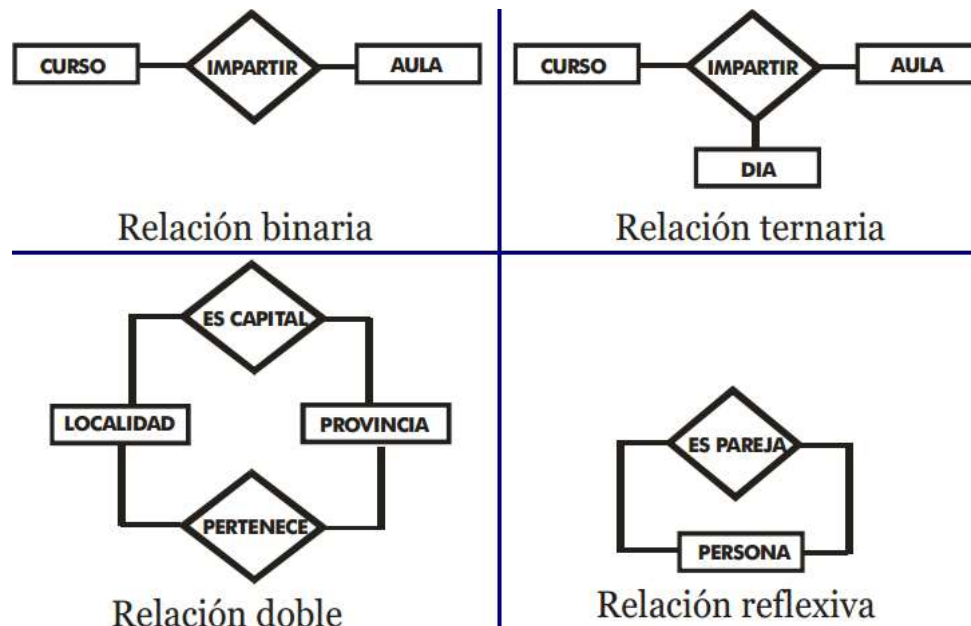


Ejemplo de relación

Grado: número de conjuntos de entidades que intervienen en una interrelación.

De este modo, en la anterior interrelación intervienen dos entidades, por lo que diremos que es de grado 2 o binaria. También existen interrelaciones de grado 3, 4, etc. Pero las más frecuentes son las interrelaciones binarias.

Podemos establecer una interrelación ternaria (de grado tres) entre personas, de modo que dos personas sean padre y madre, respectivamente, de una tercera.



Existen además tres tipos distintos de interrelaciones binarias, dependiendo del número de entidades del primer conjunto de entidades y del segundo. Así hablaremos de interrelaciones 1:1 (uno a uno), 1:N (uno a muchos) y N:M (muchos a muchos).

Nuestro ejemplo anterior de "persona posee vehículo" es una interrelación de 1:N, ya que cada persona puede no poseer vehículo, poseer uno o poseer más de uno. Pero cada vehículo sólo puede ser propiedad de una persona. Otras relaciones, como el matrimonio, es de 1:1, o la de amistad, de N:M.

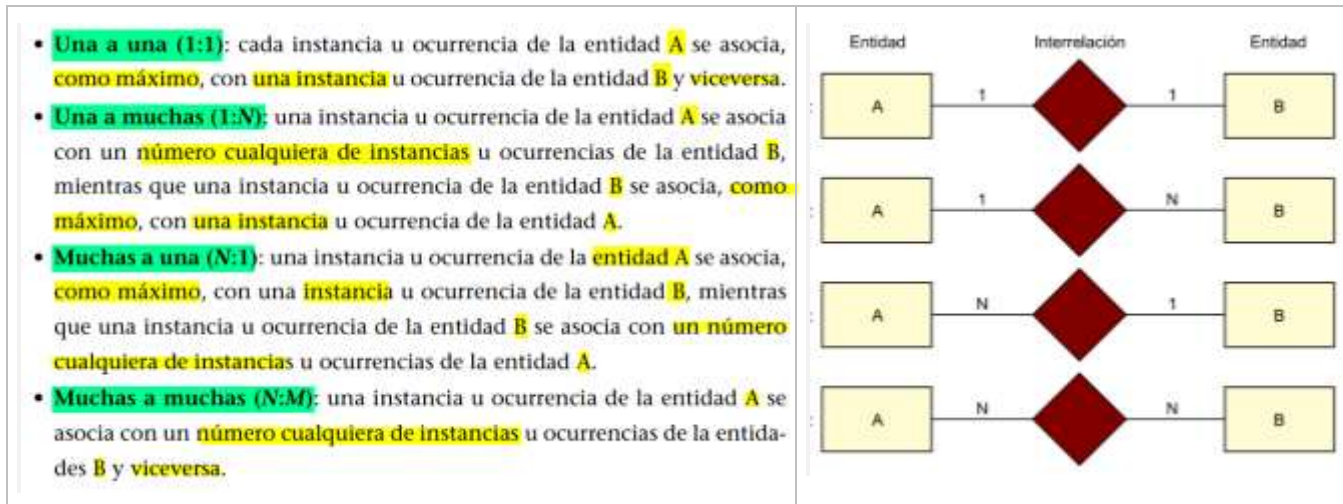
CARDINALIDAD

La correspondencia de *cardinalidades*, o **razón de cardinalidad**, expresa el número de entidades a las que otra entidad puede estar asociada por medio de una interrelación. Dicho de otro modo, expresa el número de entidades con las que puede asociarse una entidad.

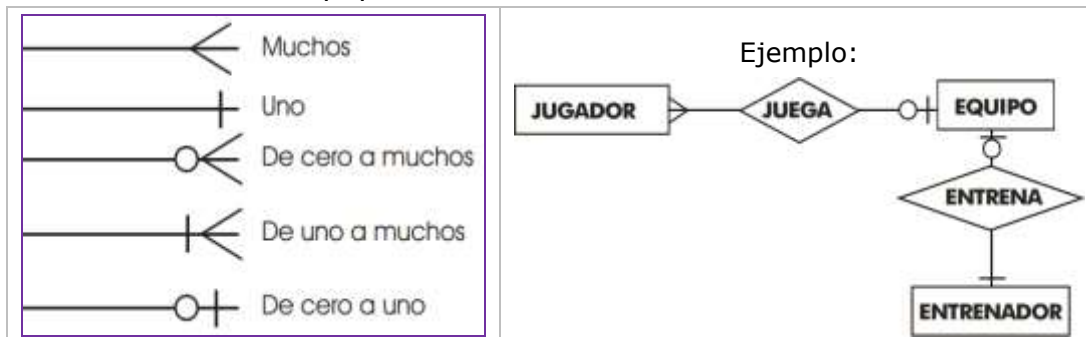
Se anota en términos de:

- **cardinalidad MÍNIMA.** Indica el número mínimo de asociaciones en las que aparecerá cada ejemplar de la entidad (el valor que se anota es de cero o uno)
- **cardinalidad MÁXIMA.** Indica el número máximo de relaciones en las que puede aparecer cada ejemplar de la entidad (puede ser uno o muchos)

De acuerdo con lo anterior, entre dos entidades A y B se pueden establecer las correspondencias siguientes.



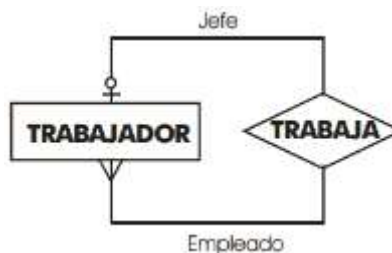
En los esquemas entidad / relación la cardinalidad se puede indicar de muchas formas. Actualmente una de las más populares es esta:



En el ejemplo, cada equipo cuenta con varios jugadores. un jugador juega como mucho en un equipo y podría no jugar en ninguno. Cada entrenador entrena a un equipo (podría no entrenar a ninguno), el cual tiene un solo entrenador

A veces en las líneas de la relación se indican **roles**.

Los **ROLES** representan el papel que juega una entidad en una determinada relación. Ejemplo:



Convenio para los nombres de los elementos de los esquemas ER

Se siguen las siguientes pautas:

- **Tipos de entidad:** nombres en singular ... en MAYÚSCULA
- **Tipos de relación:** verbos ... en MAYÚSCULA
- **Atributos:** nombres en singular ... primera letra en MAYÚSCULA
- **Roles:** ... en minúscula

Pasos para el diseño

1. Encontrar **entidades** (conjuntos de entidades)
2. Identificar **atributos** de las entidades
3. Buscar **identificadores**
4. Especificar las **relaciones** y **cardinalidades**
5. Identificar **entidades débiles**
6. **Especializar** y **generalizar** entidades donde sea posible

Ejemplo guía

Durante esta guía vamos utilizar el ejemplo de una empresa para ilustrar los conceptos del modelo Entidad-Relación (E/R).

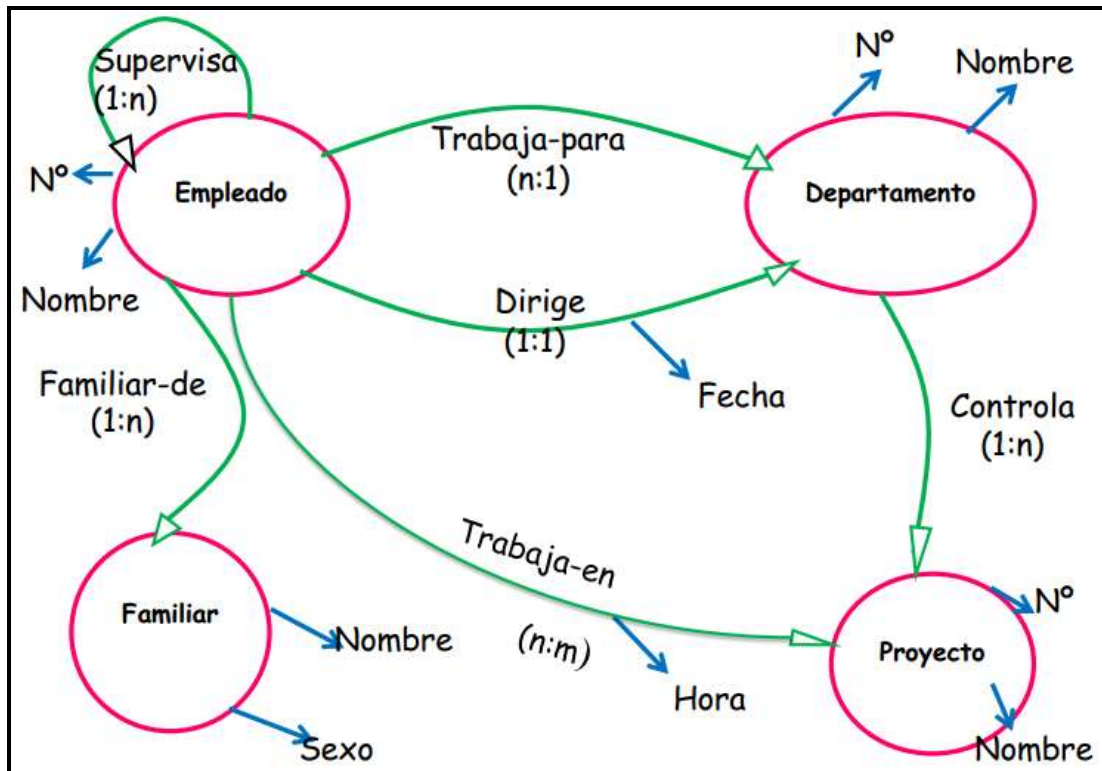
Supongamos que después del análisis de requisitos se obtiene la siguiente especificación:

La empresa está organizada en departamentos. Cada departamento tiene un "nombre único", un "número único" y siempre tiene un empleado que lo dirige. Nos interesa la "fecha" en que dicho empleado comenzó a dirigir el departamento. Un departamento puede estar distribuido en varios lugares.

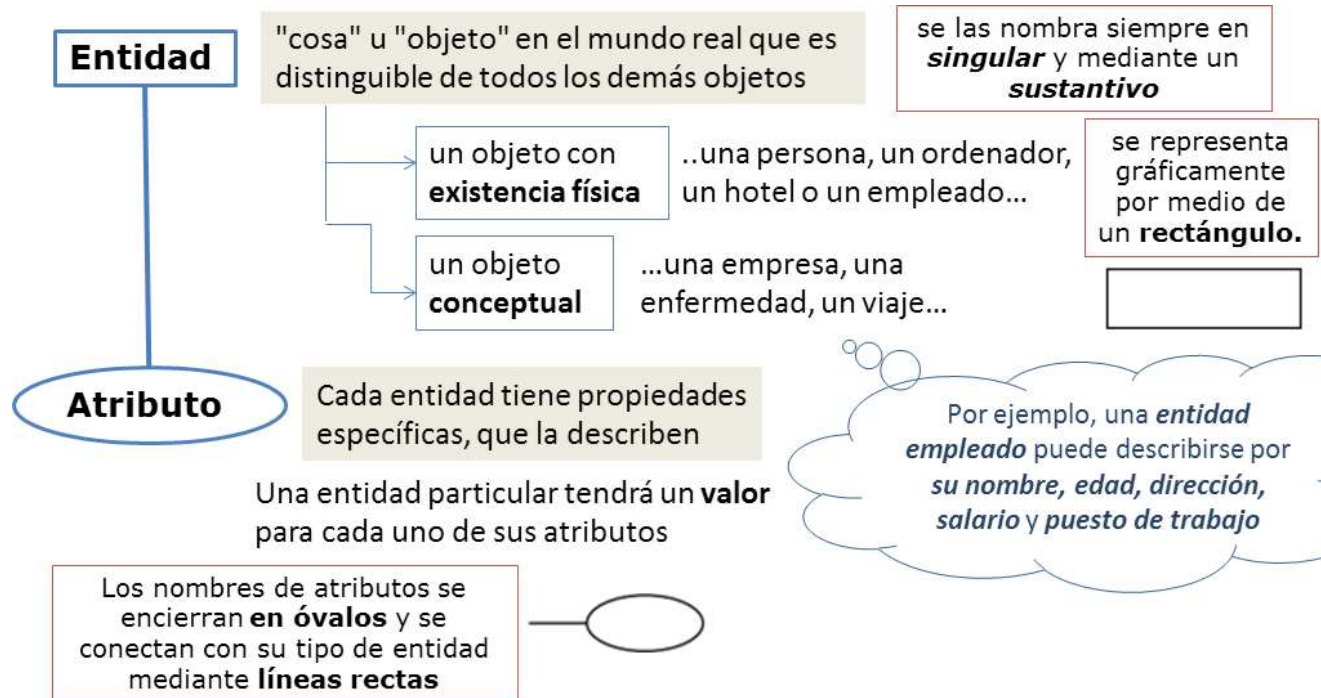
Cada departamento controla un cierto número de proyectos, cada uno de los cuales tiene un "nombre" y número únicos", y se efectúa en un solo "lugar". Un departamento puede no estar involucrado en proyectos.

Almacenaremos el "nombre", "numero de seguridad social", "dirección", "salario", "sexo y fecha de nacimiento" de cada empleado. Todo empleado está asignado a un departamento, pero puede trabajar en varios proyectos, que no necesariamente estarán controlados por el mismo departamento. Nos interesa el "número de horas por semana" que un empleado trabaja en cada proyecto, y también quien es "supervisor directo" de cada empleado. No todo empleado es supervisor.

Queremos mantenernos al tanto de los familiares de cada empleado para administrar sus seguros. De cada familiar almacenaremos el "nombre", "sexo", "fecha de nacimiento" y "parentesco con el empleado".

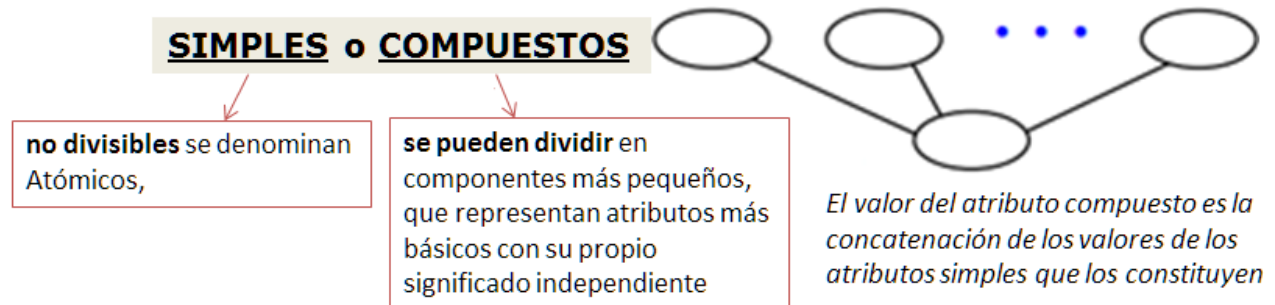


A. Entidades y atributos



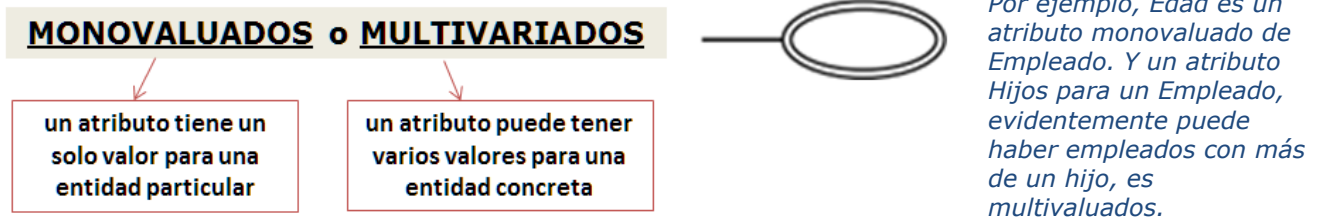
Supongamos que tenemos dos entidades e1 y e2. La entidad **e1** es una entidad empleado con atributos: Nombre, Dirección, Edad y Puesto de trabajo, y valores para esos atributos: "Pedro", "Calle Real No1 2oA, 15002, A Coruna", 25 y "Conserje" respectivamente. La entidad **e2** es una entidad departamento, con atributos "Numero de departamento", "Nombre de departamento" y "Localidad", con valores: 10, "Ventas" y "A Coruña" respectivamente.

Se manejan varios **tipos distintos de atributos**: simples o compuestos; monovaluados o multivaluados y almacenados o derivados.



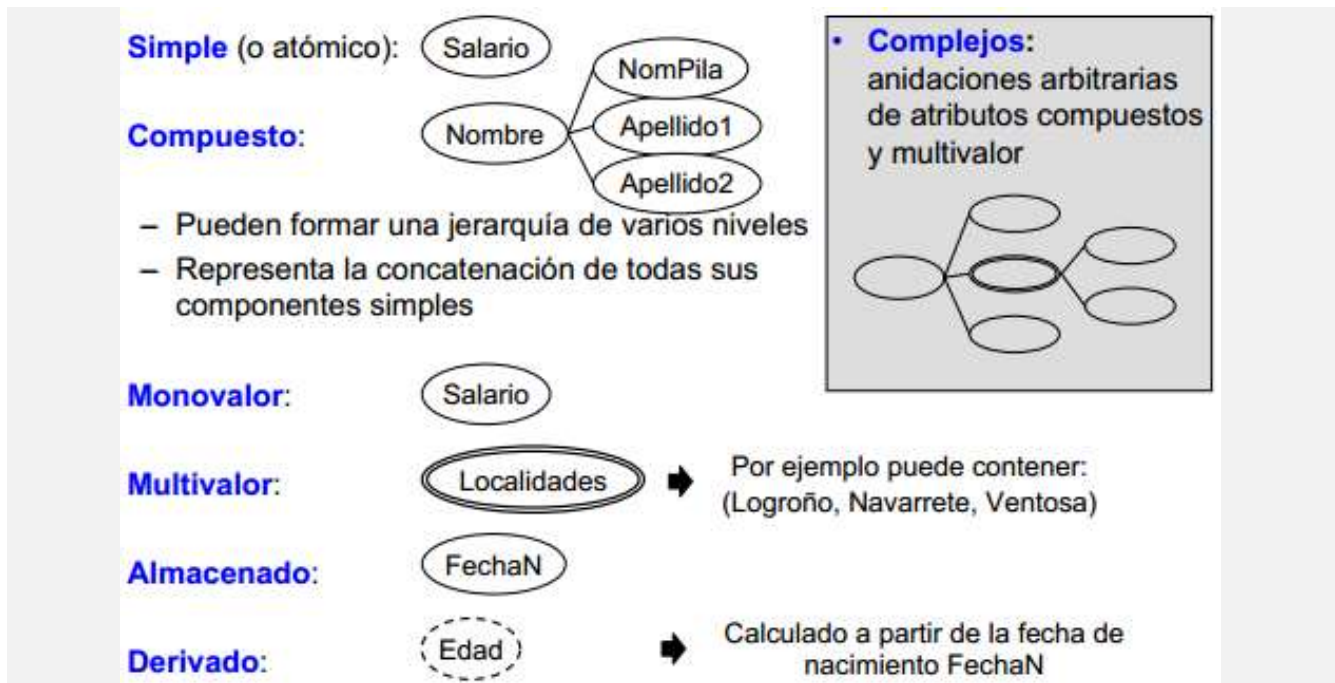
Por ejemplo, el atributo Dirección de la entidad empleado se puede dividir en Calle, Numero, Piso, Puerta, Código Postal y Ciudad, así para la entidad e1 los valores serían: "Real", 1, 2, "A", 15002 y "A Coruña" respectivamente.

Los atributos compuestos son útiles para modelar situaciones en las que un usuario en unas ocasiones *hace referencia al atributo compuesto como una unidad*, pero otras veces *se refiere específicamente a sus componentes*. Si solo se hace referencia al atributo compuesto como un todo, no hay necesidad de subdividirlo en sus atributos componentes.



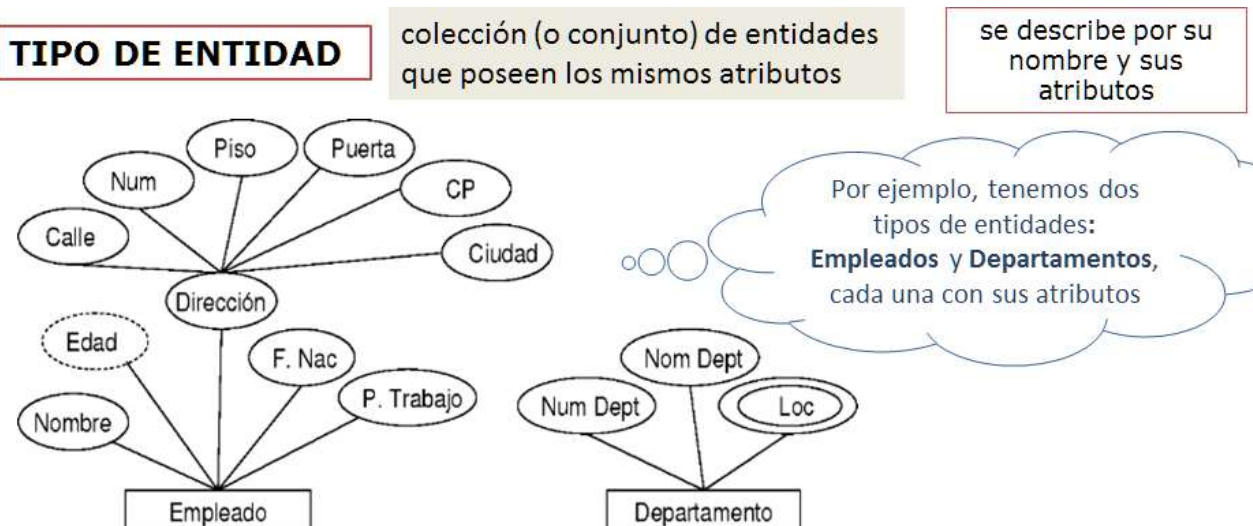
ALMACENADOS o DERIVADOS

Consideremos por ejemplo el atributo Edad de los empleados. No tiene sentido almacenar dicho atributo, puesto que al poco tiempo de almacenar en la base de datos la edad de un empleado, esta puede quedar desfasada. Lo más lógico sería almacenar la fecha de nacimiento, y cada vez que se consultara la edad de un empleado, un procedimiento la calculara a partir de la fecha de nacimiento del empleado y la fecha en la que se realiza la consulta. En este caso, el atributo Fecha de Nacimiento es el atributo **almacenado** y Edad será el atributo **derivado**.



B. Tipos de entidad, conjuntos de entidades

Por lo regular, una base de datos contiene **grupos de entidades similares**. Por ejemplo, una empresa que da empleo a cientos de empleados seguramente querrá almacenar información similar sobre cada uno de ellos. Estas entidades empleado comparten los mismos atributos, pero cada entidad tiene *su propio valor* (o valores) para cada atributo.



Cada ocurrencia de los tipos de entidad anteriores tendrá valores para cada uno de los atributos, como vimos para las entidades e1 (ocurrencia del tipo de entidad Empleado) y e2 (ocurrencia del tipo de entidad Departamento).

conjunto de entidades

colección de todas las entidades de un tipo particular de entidad en la base de datos en cualquier instante

se le suele dar el mismo nombre que al tipo de entidad

Por ejemplo, EMPLEADO se refiere tanto al tipo de entidad como al conjunto de las entidades de todos los empleados de la base de datos.



DOMINIOS

Los dominios NO se representan en los diagramas ER

Cada uno de los atributos simples de un tipo de entidad está asociado a un conjunto de valores (o dominio de valores), que especifica los **valores que es posible asignar** a ese atributo para cada entidad individual

Podemos suponer que los valores del atributo Puesto de Trabajo del tipo de entidad Empleado puede únicamente tomar el conjunto de valores (dominio) {Conserje, Vendedor, Ingeniero Júnior, Ingeniero Senior}. Se podría especificar dominios menos concretos, por ejemplo, el dominio del atributo Nombre podría ser el conjunto de las cadenas de caracteres alfabéticos separadas por caracteres de espacio en blanco.

C. Claves

Es necesario tener una forma de especificar como las entidades dentro de un conjunto de entidades dado son distinguibles. Conceptualmente las entidades individuales son distintas; desde una perspectiva de bases de datos, sin embargo, la diferencia entre ellas se debe expresar en término de sus atributos.

los valores de los atributos de una entidad deben ser tales que permitan **identificar unívocamente** a la entidad

Una **clave** permite identificar un conjunto de atributos suficiente para distinguir las entidades entre sí.

SUPERCLAVE

un conjunto de uno o más atributos que, tomados colectivamente, permiten identificar de forma única una entidad en el conjunto de entidades

Una característica que debemos buscar siempre en las claves es que contengan el número mínimo de atributos, siempre que mantengan su función. Diremos que una **clave es mínima** cuando si se elimina cualquiera de los atributos que la componen, deja de ser clave. Si en una entidad existe más de una de estas claves mínimas, cada una de ellas es una **clave candidata**.

Por ejemplo, el atributo Numero de Seguridad Social (NSS) es una superclave del conjunto de entidades Empleado, porque no hay dos empleados con el mismo NSS. Análogamente, la combinación de los atributos Nombre y NSS es una superclave del conjunto de entidades Empleado. El atributo Nombre de Empleado no es una superclave, porque varias personas pueden tener el mismo nombre.

una superclave puede contener atributos innecesarios



Si **K** es una superclave, entonces también lo es cualquier superconjunto de **K**.
Interesan las superclaves tales que los subconjuntos propios de ellas no son superclave.

Tales superclaves mínimas se llaman **claves candidatas**.

Es posible que conjuntos distintos de atributos pudieran servir como clave candidata. Supóngase que una combinación de Nombre y Dirección de los Empleados es suficiente para distinguir entre los miembros del conjunto de entidades Empleado. Entonces, los conjuntos {NSS} y {Nombre, Dirección} son claves candidatas. Aunque los atributos NSS y Nombre juntos puedan distinguir entidades Empleado, su combinación no forma una clave candidata, ya que el atributo NSS por sí solo es una clave candidata.

CLAVE PRIMARIA

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

Una clave (**primaria, candidata y superclave**) es una propiedad del conjunto de entidades, más que de las entidades individuales.

La **clave primaria** se debería elegir de manera que sus atributos nunca, o muy raramente, cambien.

atributos de un conjunto de entidades que son miembros de la **clave** primaria aparecen subrayados dentro del ovalo



Es una clave candidata elegida de forma arbitraria, que usaremos siempre para identificar una entidad. Si disponemos de varias claves candidatas no usaremos cualquiera de ellas según la ocasión. Esto sería fuente de errores, de modo que siempre usaremos la misma clave candidata para identificar la entidad.

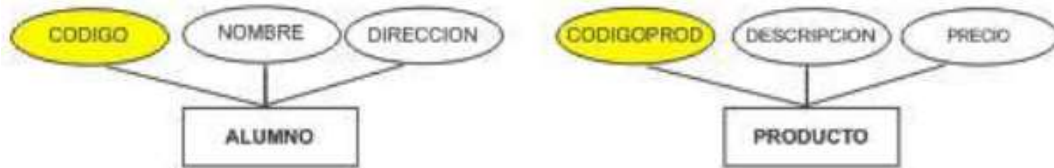
Por ejemplo, el campo direccion de un Empleado no debería formar parte de la clave primaria, porque probablemente cambiara.

Para identificar interrelaciones el proceso es similar, aunque más simple. Tengamos en cuenta que para definir una interrelación usaremos las claves primarias de las entidades interrelacionadas. De este modo, el identificador de una interrelación es el conjunto de las claves primarias de cada una de las entidades interrelacionadas.

Por ejemplo, si tenemos dos personas identificadas con dos valores de su clave primaria, clave1 y clave2, y queremos establecer una interrelación "es padre de" entre ellas, usaremos esas dos claves. El identificador de la interrelación será clave1,clave2

CLAVE PRIMARIA (PRIMARY KEY – PK)

Una clave primaria es aquella clave candidata que el diseñador eligió como principal arbitrariamente, es decir, esta será la que identifique los elementos de cada entidad de manera única e irrepetible.



CLAVE FORÁNEA (FOREIGN KEY – FK)

Es la llave primaria de la entidad padre que fue agregada a la entidad hijo por medio de la relación entre ambas, vale decir que en la entidad fuerte sigue siendo clave primaria, pero al pasar a la entidad débil, pasa como clave secundaria o foránea, pero sólo en la entidad débil será foránea.



CLAVE CANDIDATA

Las claves candidatas son simplemente aquellas claves las cuales no fueron seleccionadas como clave primaria, exactamente alguna de esas claves es seleccionada como PK y las restantes si existe alguna son llamadas claves alternas, pero pueden servir para identificar en una consulta de datos a la entidad en un momento dado.

DEPENDENCIA DE EXISTENCIA

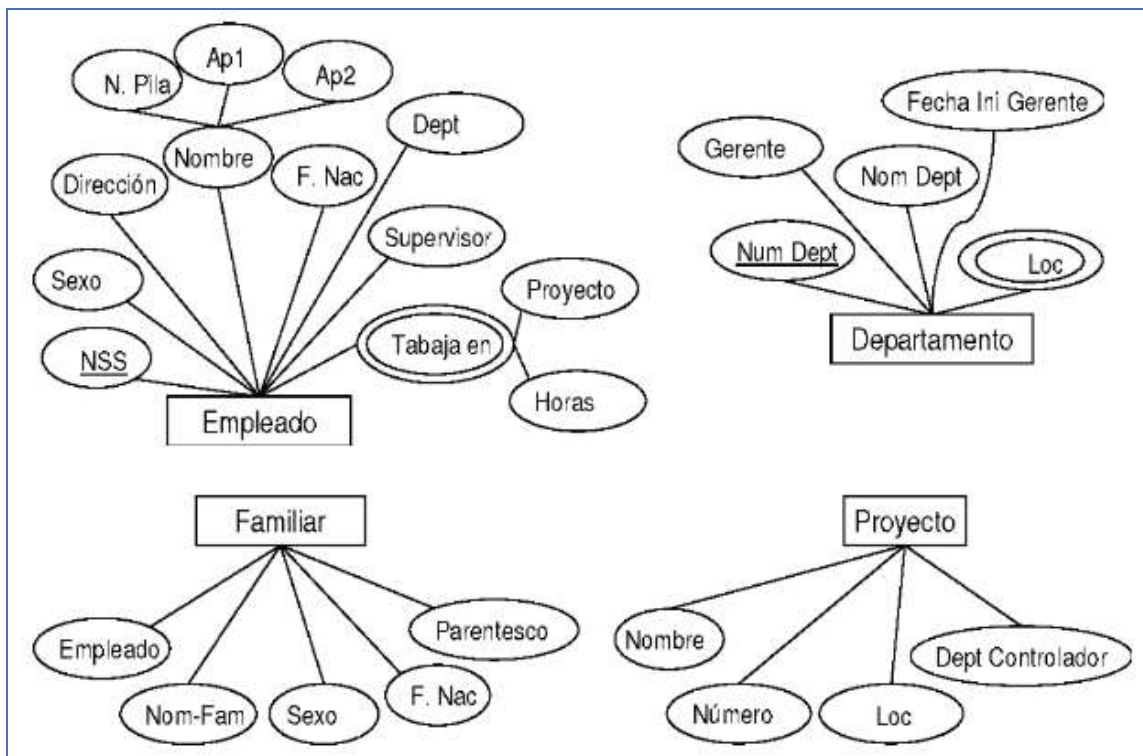
Decimos que existe una dependencia de existencia entre una entidad, subordinada, y otra, dominante, cuando la eliminación de la entidad dominante, conlleva también la eliminación de la entidad o entidades subordinadas.

Desde cierto punto de vista, podemos considerar que las entidades dominantes y sus entidades subordinadas forman parte de una misma entidad. Es decir, una entidad está formada por ella misma y sus circunstancias (citando a Ortega :-). Esas circunstancias podrían ser, en el caso de nuestro vehículo, además de los viajes que ha hecho, los dueños que ha tenido, las revisiones que se le han efectuado, averías, etc. Es decir, todo su historial.

Diseño conceptual inicial de la base de datos Empresa

En el caso que nos ocupa, podemos encontrar cuatro tipos de entidad:

1. Un **tipo de entidad** Departamento con los **atributos** Nombre, Numero, Localizaciones, Gerente y Fecha-Inicio-Gerente. Localizaciones es el único **atributo multivaluado**. Tanto Nombre como Numero son **claves candidatas** de este tipo de entidad.
2. Un **tipo de entidad** Proyecto con los **atributos** Nombre, Numero, Localización y Departamento-Controlador. Tanto Nombre como Numero son **claves candidatas**.
3. Un **tipo de entidad** Empleado con los **atributos** Nombre, NSS, Sexo, Dirección, Salario, Fecha-Nacimiento, Departamento y Supervisor. Tanto Nombre como Dirección pueden ser **atributos compuestos**; sin embargo, esto no se especificó en los requisitos. Debemos remitirnos a los usuarios para ver si alguno de ellos va hacer referencia a los componentes individuales de Nombre (Nombre de pila, Apellido1, Apellido2) o de Dirección.
4. Un **tipo de entidad** Familiar con los **atributos** Empleado, Nombre-Familiar, Sexo, Fecha-Nacimiento y Parentesco (con el empleado).



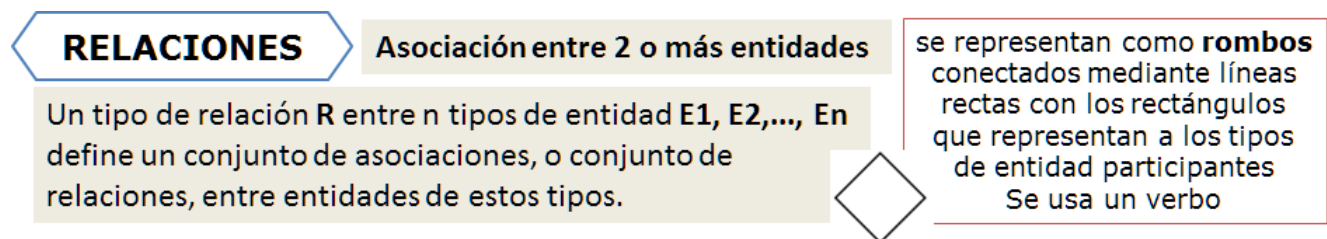
Hasta aquí no hemos representado el hecho de que un empleado puede trabajar en varios proyectos, ni el número de horas a la semana que un empleado trabaja en cada proyecto. Tenemos dos alternativas: un atributo compuesto multivaluado de Empleado llamado Trabaja-en, con componentes simples (Proyecto, Horas), la otra alternativa es añadir al tipo de entidad Proyecto un atributo compuesto multivaluado llamado Trabajadores, con componentes individuales (Empleado, Horas). Elegimos la primera alternativa. El atributo Nombre del tipo de entidad Empleado aparece como atributo compuesto, probablemente como resultado de haber consultado con los usuarios.

D. Relaciones, tipos de relación, roles y restricciones estructurales

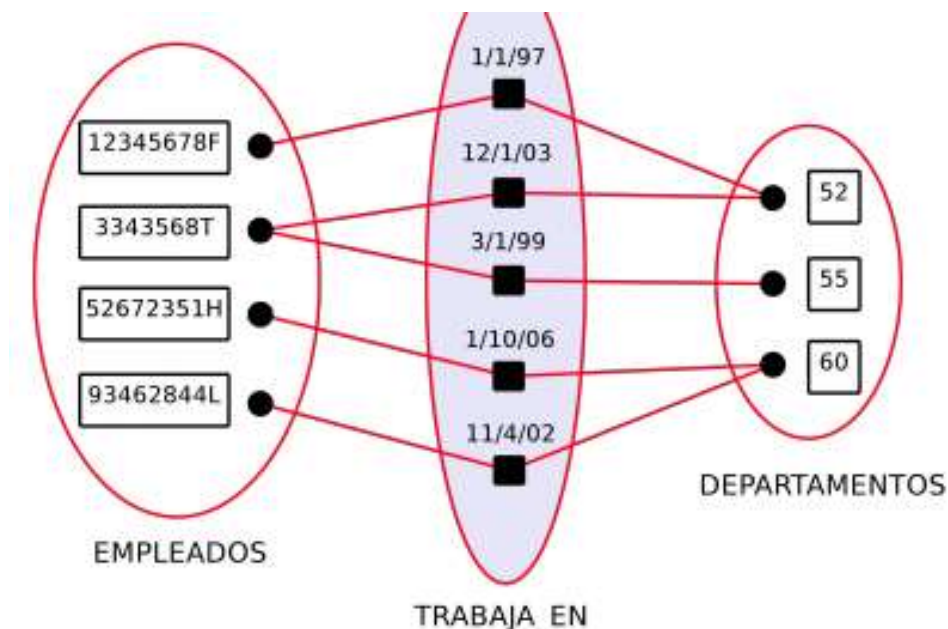
Hay varias relaciones implícitas entre los diversos tipos de entidad. De hecho, siempre que un atributo de un tipo de entidad hace referencia a otro tipo de entidad, hay alguna **relación**.

Por ejemplo, el atributo Gerente de Departamento se refiere a un empleado que dirige el departamento; el atributo Departamento Controlador de Proyecto se refiere al departamento que controla el proyecto; el atributo Supervisor de Empleado se refiere a otro empleado (el que supervisa a ese empleado); el atributo Departamento de Empleado se refiere al departamento para el cual trabaja el empleado, etc. En el modelo E/R, estas referencias no se deben representar como atributos, sino como relaciones.

- **Tipos, conjuntos e instancias de relaciones**



En términos matemáticos, **R** es un **conjunto de instancias de relación** r_i , donde cada r_i asocia **n** individuos (e_1, e_2, \dots, e_n) y cada entidad e_j de r_i es miembro del tipo de entidad **Ej**, $1 < j < n$.



Ejemplo de una instancia del conjunto de relaciones binarias Trabaja_En

TIPO DE RELACIÓN

un tipo de relación y su correspondiente conjunto de relaciones se designan normalmente con el mismo nombre **R**

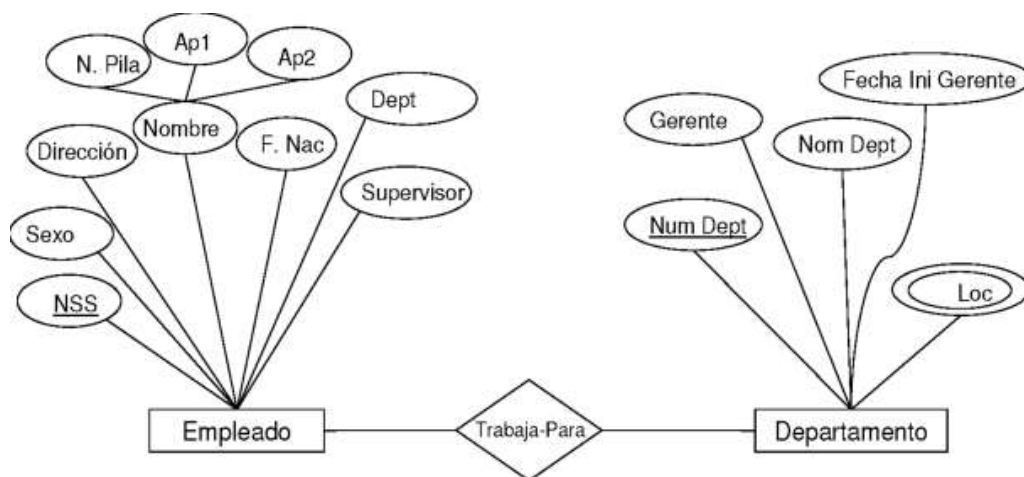
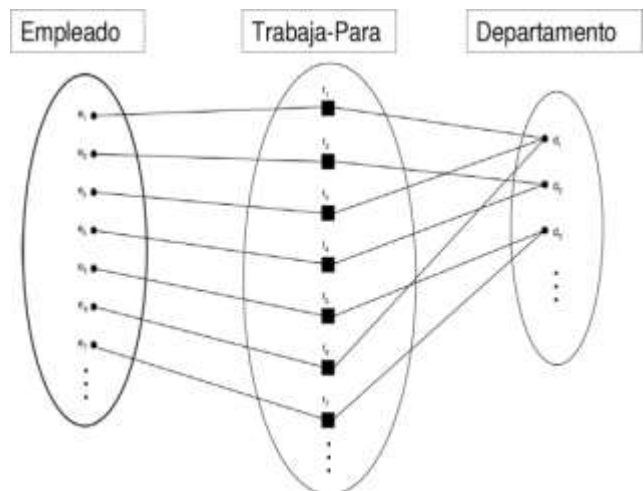
es una **relación matemática** sobre E_1, E_2, \dots, E_n , un **subconjunto del producto cartesiano** $E_1 \times E_2 \times \dots \times E_n$.

cada uno de los **tipos de entidad** E_1, E_2, \dots, E_n participa en el **tipo de relación** **R** y, cada una de las **entidades individuales** e_1, e_2, \dots, e_n participa en la **instancia de la relación** $r = (e_1, e_2, \dots, e_n)$

En términos informales, cada instancia de relación r_i de **R** es una **asociación de entidades**, donde la asociación incluye exactamente una entidad de cada tipo de entidad participante. Cada una de estas instancias de relación r_i representa el hecho de que las entidades que participan en r_i están relacionadas entre sí de alguna manera.

Por ejemplo, consideremos un tipo de relación *Trabaja-Para* entre los tipos de entidad *Empleado* y *Departamento*, que asocia a cada empleado con el departamento para el que trabaja. Cada instancia de relación de *Trabaja-Para* asocia una entidad empleado y una entidad departamento.

Se ilustra el ejemplo, donde cada instancia de relación r_i aparece conectada a las entidades departamento y empleado que participan en r_i .

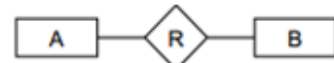


- **Grado de relación, nombres de rol y relaciones recursivas**

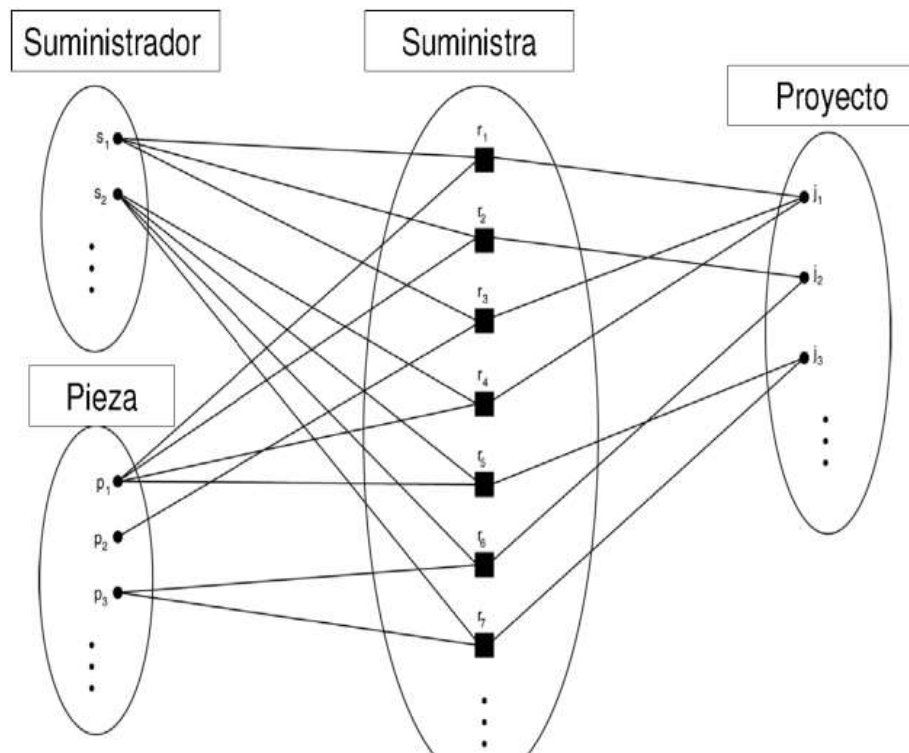
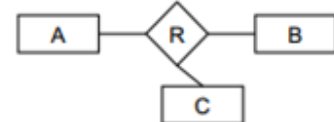
GRADO de tipo de relación

Es el número de *tipos de entidad* que participan en él

tipos de relación *grado dos* → BINARIOS



tipos de relación *grado tres* → TERNARIOS



Se muestra un ejemplo de tipo de relación ternario, Suministrar, donde cada instancia de relación r_i asocia tres entidades (un proveedor sg , una pieza pj y un proyecto ji) siempre que sg suministre la pieza pj al proyecto j .

En ocasiones resulta conveniente considerar un tipo de relación en términos de atributos.

Tomemos como ejemplo el tipo de relación Trabaja-Para. Consideremos el atributo llamado Departamento (Dept en la figura) del tipo de entidad Empleado, cuyo valor para cada entidad empleado es (una referencia) a la entidad departamento a la cual pertenece el empleado. Por tanto el dominio de este atributo es el conjunto de todas las entidades Departamento. Este atributo Departamento, implementa el tipo de relación Trabaja-Para.

Cada tipo de entidad que participa en un **tipo de relación** desempeña un **rol** específico en el tipo de relación

ROL

indica el **papel** que una entidad participante del tipo de entidad **desempeña en cada instancia** del tipo de relación, y ayuda a explicar el significado de la relación

Por ejemplo, en el tipo de relación *Trabaja-Para*, *Empleado* desempeña el papel de empleado o trabajador y *Departamento* tiene el papel de departamento o contratante.



En el ejemplo: las entidades de **EMPLEADO** desempeñan el rol de **"trabajador"** en las relaciones de **TRABAJA_PARA**.

Los roles **NO son necesarios** si los tipos de entidad relacionados son **distintos**. En el ejemplo: si **NO** hubiera rol, los empleados desempeñarían el rol de **"el empleado"** en las relaciones de **TRABAJA_PARA**.



Sin roles ... ¿cómo se sabe a qué se refiere el (0,N) y el (0,1)?

Cada nombre del tipo de entidad se puede usar como el nombre del Rol

Los roles **son obligatorios** si se repiten tipos de entidad en el tipo de relación. Los tipos de relación (como **DIRIGE**), donde un mismo tipo de entidad participa varias veces, se llaman **tipos de relación recursivos**.

El mismo tipo de entidad **participa más de una vez** en un tipo de relación con **diferentes papeles**. El nombre del papel resulta indispensable para distinguir el significado de cada participación.

El tipo de entidad *Empleado* participa dos veces en *Supervisión*: una vez con el papel de supervisor (*jefe*), y una vez en el papel de supervisado (o subordinado). Cada instancia de relación *ri* en *Supervisión* asocia dos entidades empleado *ei* y *ek*, una de las cuales desempeña el papel de supervisor y la otra el de supervisado.

• Restricciones sobre los tipos de relación

RESTRICCIONES sobre los tipos de relación

limitan las posibles combinaciones de entidades que pueden participar en los correspondientes tipos de relación

1. CARDINALIDAD
2. PARTICIPACIÓN

Se determinan **a partir de la realidad**, es decir del significado que tienen los tipos de entidad y tipos de relación en el mundo real, y no depende de los conjuntos de entidades o conjuntos de relación que en un momento dado se puedan estar considerando o almacenando en la base de datos. Por ejemplo, podríamos tener una empresa en donde los empleados solo pueden trabajar para un departamento.

1. Restricciones de integridad de clave o cardinalidad

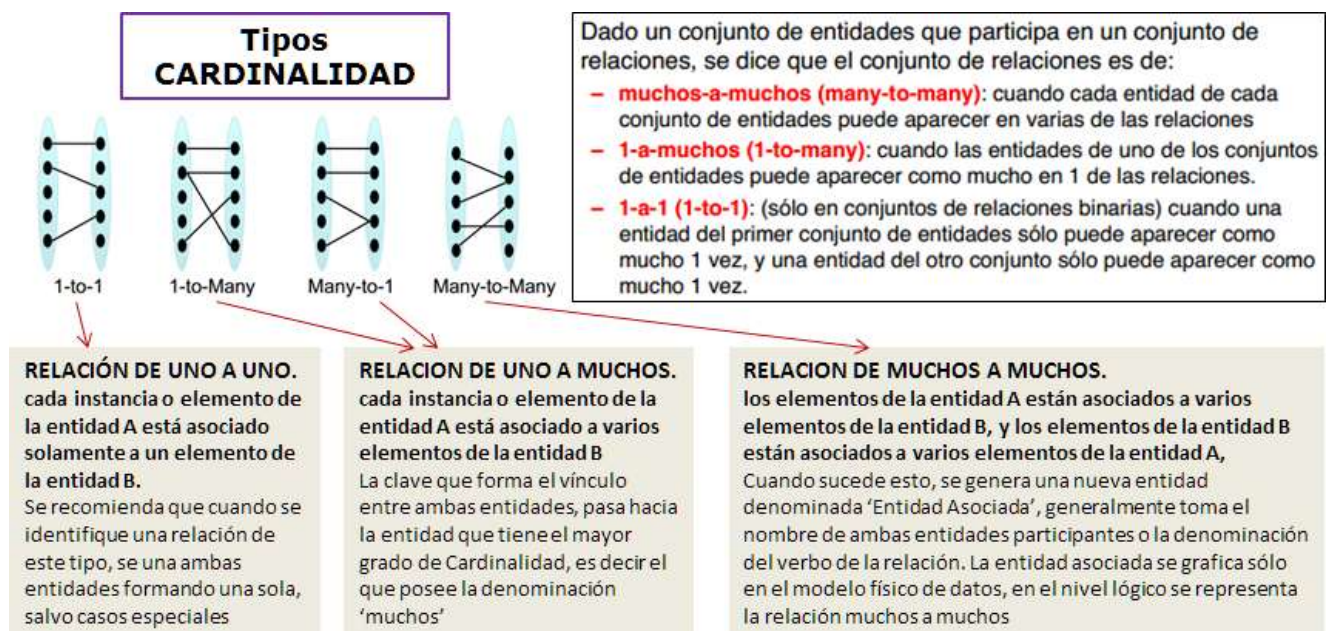
CARDINALIDAD

especifica el **número mínimo** y el **número máximo** de correspondencias en las que puede tomar parte cada ocurrencia de dicha entidad

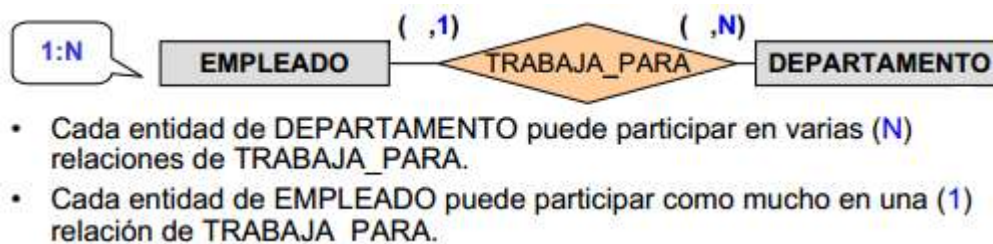
CARDINALIDAD MÍNIMA se representa con el número **0** o **1**

CARDINALIDAD MÁXIMA se representa con el **1** o **M**

La variante '0' se da cuando exista la posibilidad de que algún elemento de la entidad A no esté necesariamente asociado a un elemento de la entidad B



La cardinalidad de un tipo de relación binaria especifica el número de instancias de relación en los que puede participar una entidad.



Por ejemplo, en el tipo de relación binaria Trabaja-Para, Departamento: Empleado tiene una cardinalidad 1:N, lo que significa que cada departamento puede estar relacionado con muchos empleados, pero un empleado solo puede estar relacionado con (trabajar para) un departamento.

Un ejemplo de tipo de relación 1:1 es *Dirige* (Por ejemplo, relaciona una entidad departamento con el empleado que dirige este departamento (como un empleado solo puede trabajar para un departamento, por lo tanto la relación es 1:1).

El tipo de relación *Trabaja-En* tiene cardinalidad N:M, porque un empleado puede trabajar en varios proyectos, y en un proyecto pueden trabajar varios empleados.

2. Restricciones de participación y dependencia de existencia

RESTRICCIÓN de PARTICIPACIÓN

especifica si la existencia de una entidad depende de que esté relacionada con otra entidad a través del tipo de relación.

La participación de una entidad en una relación es **obligatoria (TOTAL)** si la existencia de cada una de sus ocurrencias requiere la existencia de, al menos, una ocurrencia de la otra entidad participante. Si no, la participación es **opcional (PARCIAL)**.

- **Total**: Cuando todas las entidades aparecen en alguna relación del conjunto de relaciones. En los diagramas, se representan por una **línea gruesa** uniendo el conjunto de entidades al de relaciones.
- **Parcial**: Cuando no todas las entidades aparecen en alguna relación del conjunto de relaciones.

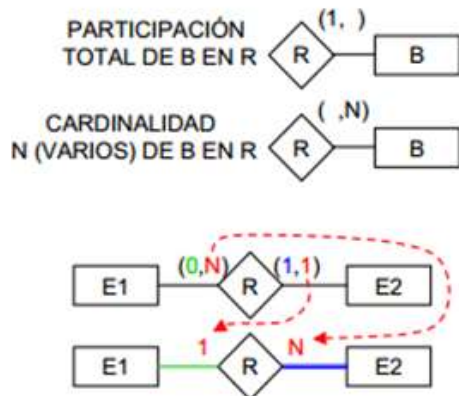


- **Total** (dependencia de existencia): toda entidad de DEPARTAMENTO debe participar al menos en una (1) relación de DIRIGE (porque todo departamento debe tener un director).
- **Parcial**: algunas entidades de EMPLEADO no participan (0) en ninguna relación de DIRIGE y otras sí (no todos los empleados son directores de departamento).

Si la política de una empresa establece que todo empleado debe pertenecer a un departamento, un empleado solo puede existir si participa en una instancia del tipo de relación *Trabaja-Para*. Se dice que la participación de Empleado en *Trabaja-Para* es una Participación Total, porque toda entidad del conjunto de entidades empleado debe estar relacionada con (al menos) una entidad departamento a través de *Trabaja-Para*. No cabe esperar que todo empleado dirija un departamento, así que la participación de Empleado en el tipo de relación *Dirige* es parcial, lo que significa que algunas (parte del conjunto de) entidades empleado están relacionadas con una entidad departamento a través de *Dirige*, pero no necesariamente todas.

Representación CARDINALIDAD y PARTICIPACIÓN en diagramas ER

notación de mínimos-máximos



Se asocia un **par** de números enteros (**mín**, **máx**) a cada **participación** de un tipo de entidad **E** en un tipo de relación **R**.

- **mín** y **máx** indican respectivamente el mínimo y máximo de relaciones en las que participa una entidad.
- $0 \leq \text{mín} \leq \text{máx} \leq 1$
- **mín=0** indica **participación parcial** y **mín>0** **participación total**.

Los números significan que, para cada entidad **e** de **E**, **e** debe participar en al menos **mín**. y como máximo en **máx** instancias del tipo de relación **R** en todo momento.

En esta notación, **mín=0** indica **participación parcial**, mientras que **mín > 0** implica **participación total**.

Los valores de **mín** correspondientes a las participaciones de los tipos de entidad en el tipo de relación nos indican la cardinalidad.

La **notación mínimo-máximo (mín, máx)**: admite poner otros números además de 0 ó 1 para el mínimo (participación) y 1 ó N para el máximo (cardinalidad):

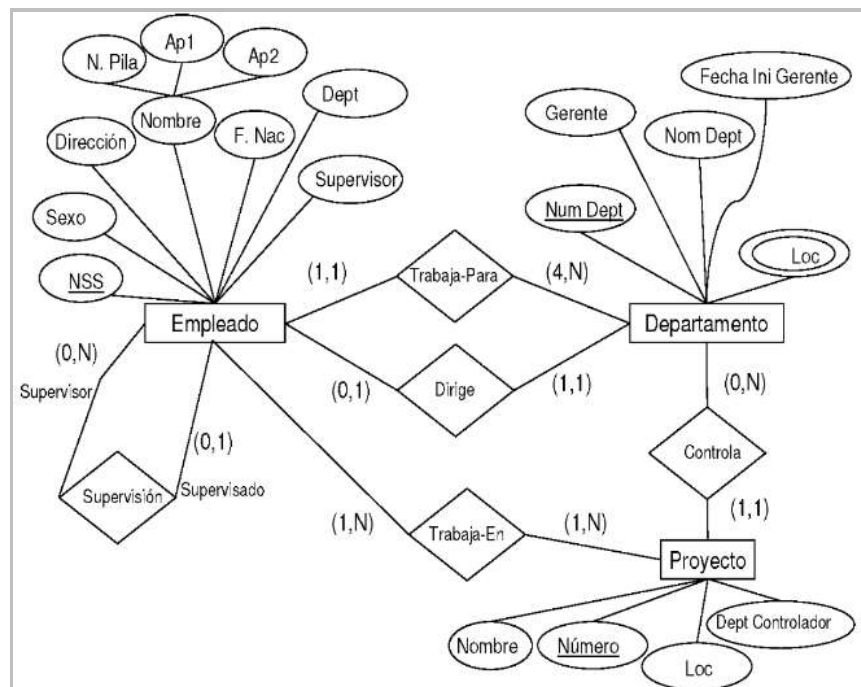
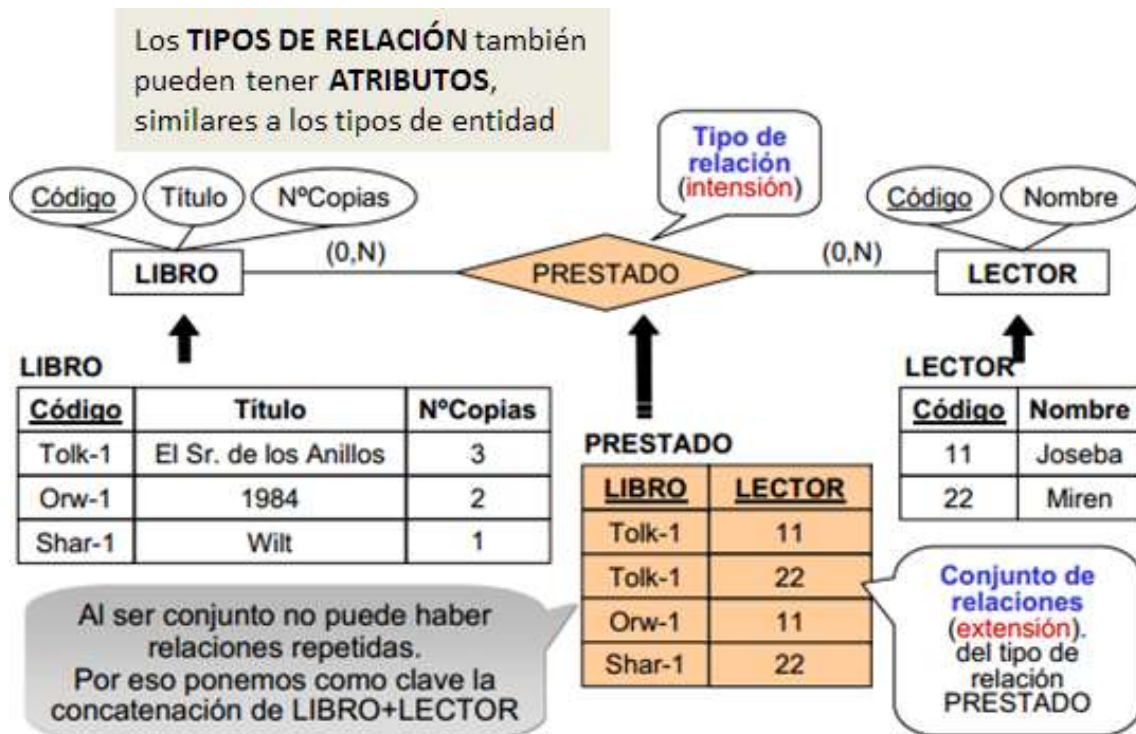


Diagrama E/R con notación de mínimos máximos

• **Atributos de los tipos de relación**



Por ejemplo, para registrar el número de horas por semana que un empleado trabaja en un proyecto, podemos incluir un atributo Horas para el tipo de relación Trabaja-En. Otro ejemplo sería incluir la Fecha-Inicio-Gerente en el tipo de relación Dirige.



- Estos atributos **NO** pueden ser clave: ~~✗~~
- La **clave** de los tipos de relación **1:1** puede ser cualquiera de los dos tipos de entidad. En **1:N** el tipo de entidad con cardinalidad 1 y en **N:M** ambos tipos de entidad de manera conjunta.
- Estos atributos **no modifican la clave** de un tipo de relación.
- Según sea 1:1, 1:N ó N:M **el atributo** del tipo de vínculo **puede situarse alternativamente en alguno de los tipos de entidad** participantes, como muestran las flechas en los ejemplos.

En el caso del atributo Fecha-Inicio-Gerente, no hay mucha diferencia en incluir el atributo asociado al tipo de entidad Departamento, o asociado al tipo de relación Dirige, puesto que es una relación 1:1, y por lo tanto a cada entidad Departamento, le corresponde una única entidad del tipo de relación Dirige.

Sin embargo, en el caso del atributo Horas, no es posible asignarlo al tipo de entidad Proyecto (ni a Empleado) porque a cada entidad proyecto, le puede corresponder más de una instancia del tipo de relación, es decir, varios empleados.

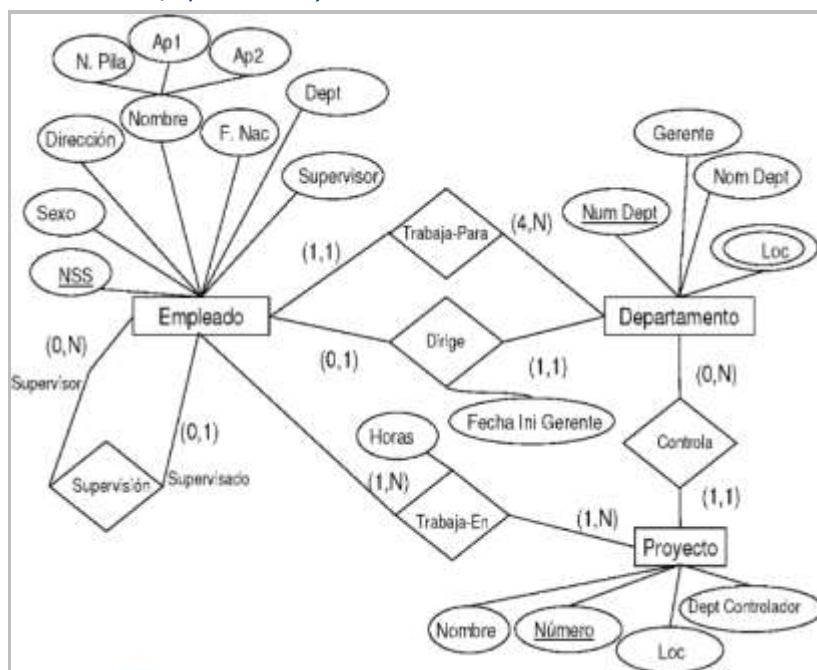
El atributo Horas solo puede estar asignado a un par (entidad proyecto ep, entidad empleado ei) indicando las horas que un empleado trabaja para un proyecto, así que la única solución es que sea un atributo del tipo de relación.

Resumiendo, los atributos de los tipos de relación **1:N** y **1:1** se pueden trasladar a al menos uno de los tipos de entidad participantes. En el caso de **1:1** a cualquiera de los dos tipos de entidad participantes, mientras que en el caso **1:N** se puede trasladar al tipo de entidad que tiene una participación con cardinalidad 1.

Como vimos en el ejemplo anterior, el atributo Fecha-Inicio-Gerente (al ser una relación 1:1) se puede colocar en cualquiera de los dos tipos de entidad. Sin embargo, si quisiésemos saber para cada empleado la fecha desde la cual trabajan para el departamento al que están asignados, ese atributo se podría colocar en el tipo de relación Trabaja-Para o bien el tipo de entidad Empleado (el que tiene cardinalidad 1 en la relación).

En el caso de los tipos de relación **N:M**, algunos atributos pueden estar determinados por la combinación de la entidades participantes en una instancia del tipo de relación, y no por alguna de ellas sola.

Como vimos con el ejemplo del atributo Horas, tales atributos deberán especificarse como atributos del tipo de relación. Así el ejemplo, después de añadir el atributo Horas y recolocar el atributo Fecha-Inicio-Gerente, queda tal y como se muestra



Modelo entidad relación extendido (EER)

Abarca los conceptos del modelo Entidad Relación (E/R) e incluye los conceptos de subclase, superclase, herencia, especialización y generalización.

En el modelo entidad relación extendido aparecen nuevos tipos de relaciones. Son las **relaciones ISA (es un)** y las **entidades débiles**

✓ Relaciones IS a, o relaciones de herencia

Son relaciones de tipo **is a (es un)** aquellas en las que una entidad se descompone en **entidades especializadas**.

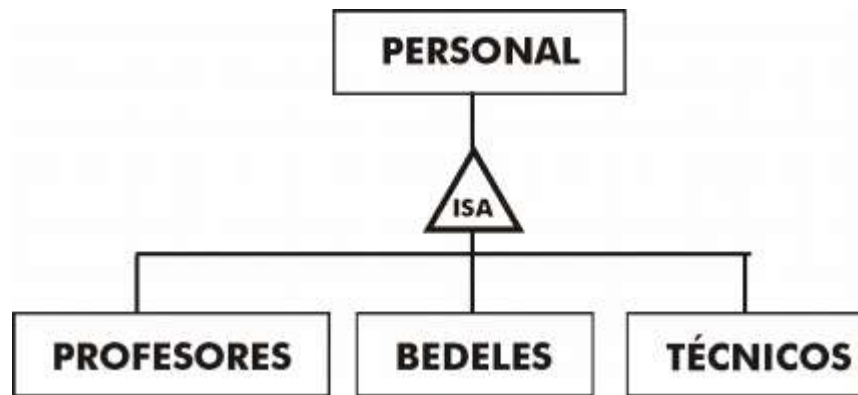
Se utilizan para unificar entidades agrupándolas en una entidad más general (generalización) o bien para dividir una entidad general en entidades más específicas (especificación): aunque hoy en día a todas ellas se las suele llamar generalización e incluso relaciones de herencia.

- Las **especializaciones** consisten en que una entidad se divide en entidades más concretas. La entidad general comparte con las especializadas sus atributos. Se observa una especialización cuando hay ejemplares para los que no tienen sentido algunos de los atributos, mientras que para otros sí.
- Se denomina **generalización** si se agrupan varias entidades en una o más entidades generales. Se observa una generalización si en varias entidades se observan atributos iguales, lo que significa que hay una entidad superior que posee esos atributos.

Se habla de **superentidad** refiriéndonos a la entidad general sobre las que derivan las otras (que se llaman **subentidades**). En la superentidad se indican los atributos comunes a todas las subentidades, se sobreentiende que las subentidades también tienen esos atributos, pero no se indica en el diagrama.

Normalmente cuando tenemos una especialización las subentidades comparten clave con la superentidad (además de los atributos comunes); esto es muy matizable y de hecho hoy en día ningún diseñador intenta distinguir entre si tenemos una especialización o una generalización, porque al final ambas implican los mismos resultados. Sí interesan otras cuestiones en las relaciones ISA.

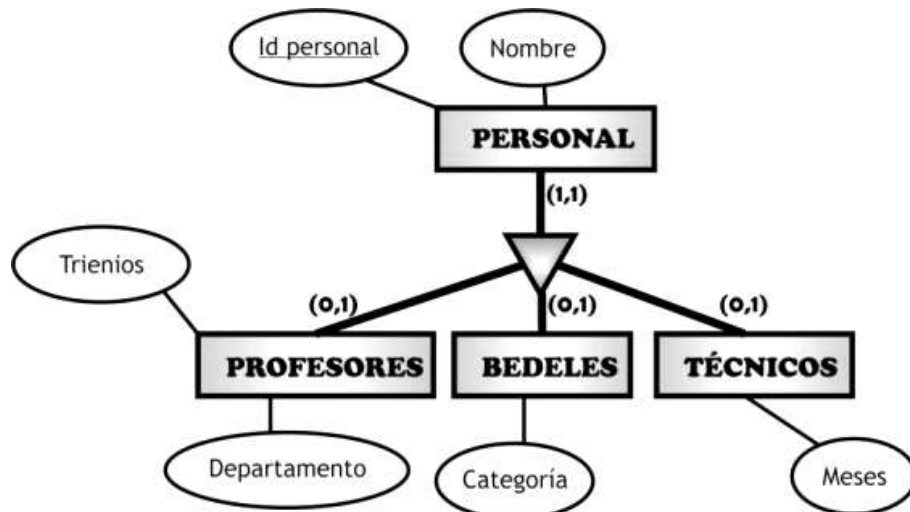
En cualquier caso la representación en el modelo es la misma, se representan con un triángulo que tiene el texto ISA. Ejemplo:



En estas relaciones se habla también de herencia, ya que tanto los profesores como los bedeles como los otros, heredan atributos de la entidad personal (se habla de la superentidad personal y de la subentidad profesores). Se puede colocar un círculo (como el del número cero) en lado de la superentidad para indicar que es opcional la especialización, de otro modo se tomará como obligatoria (el personal tiene que ser alguna de esas tres cosas)

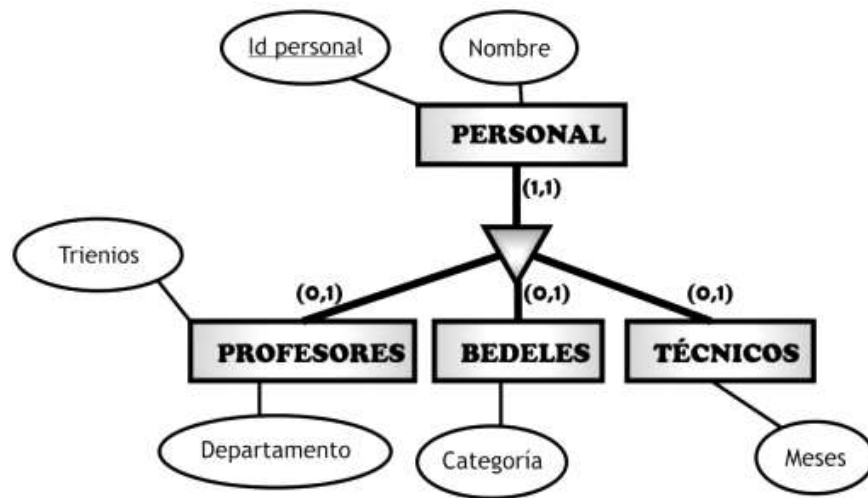
En general se suelen indicar las cardinalidades en las relaciones ISA, pero se suele sobreentender (cuando no se indican explícitamente) que hay un (0,1) encima de cada subentidad (que significa que cada ejemplar de la subentidad solo puede relacionarse como mucho con uno de la subentidad e incluso con ninguno; un empleado de personal podría ser o no ser un profesor).

Pero se puede perfectamente indicar la cardinalidad (se usa ya la notación de ISA con triángulo hacia abajo que es la más popular en España actualmente):

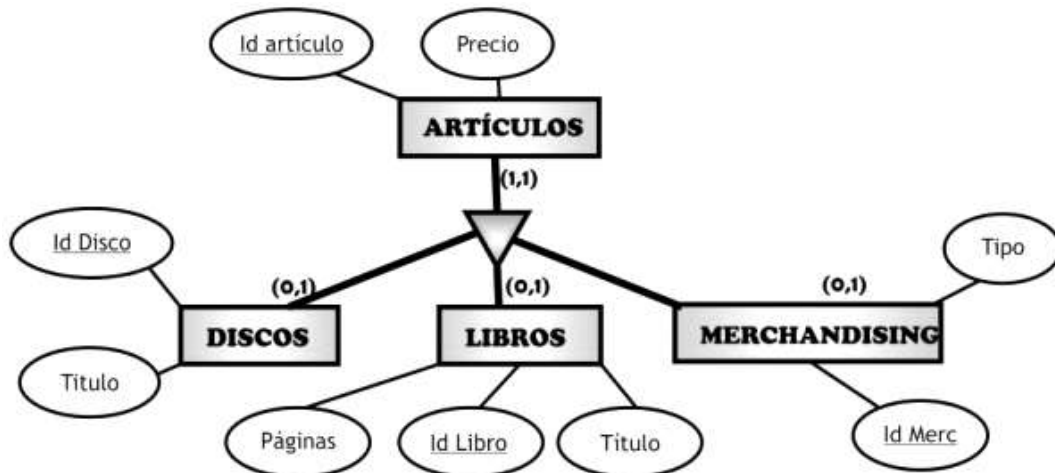


Ejemplo de relación ISA

De hecho cualquier cardinalidad sería válida (aunque lo normal es que solo aparezcan ceros y unos).

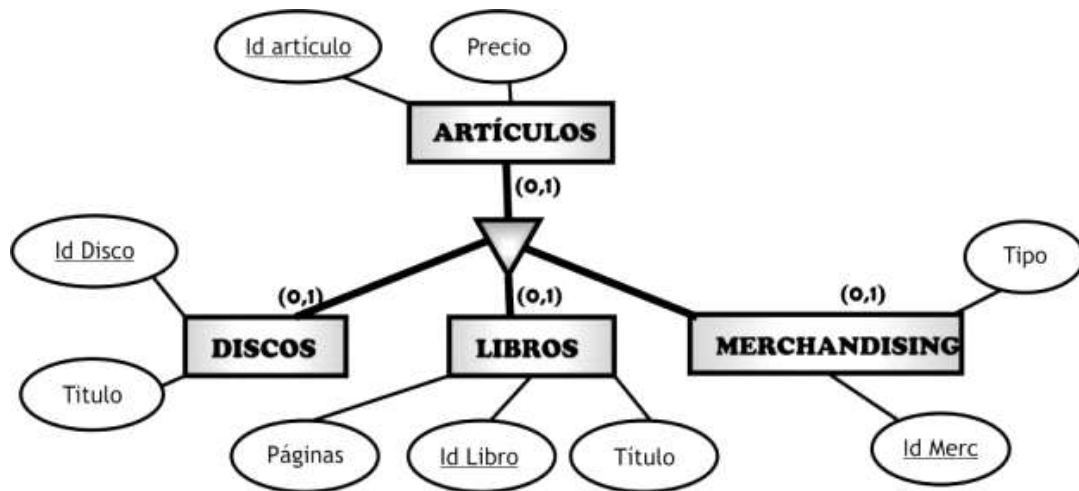


En esta relación de herencia, la clave de la superentidad es clave de las subentidades. En la relación ISA anterior, los profesores, bedeles y técnicos heredan el atributo id personal y el nombre, el resto son atributos propios sólo de cada entidad (trienios pertenece sólo a los profesores, en este ejemplo)



La clave de la superentidad no es clave de las subentidades.

En la ilustración anterior se utiliza una clave distinta para cada subentidad (es decir, discos, libros y merchandising tienen clave propia), no la heredan. Es posible tener esta situación incluso (aunque no es muy habitual):

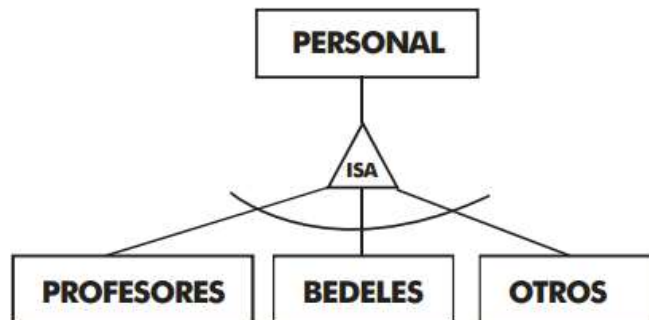


Discos, Libros y Merchandising no se relacionan obligatoriamente con la superentidad Artículos. Es un caso en el que no hay relación obligatoria con la superentidad; es decir, un disco podría no ser un artículo (porque a lo mejor quiero meter discos en mi base de datos que no vendo). No es muy habitual utilizar de esta forma relaciones ISA, pero desde luego es posible. En muchas ocasiones no se indican las cardinalidades y se sobreentiende que la superentidad tiene un 1,1 y las subentidades 0,1.

EXCLUSIVIDAD

En las relaciones ISA (y también en otros tipos de relaciones) se puede indicar el hecho de que cada ejemplar sólo puede participar en una de entre varias ramas de una relación. Este hecho se marca con un arco entre las distintas relaciones. En las relaciones ISA se usa mucho, por ejemplo:

Se puede indicar también exclusividad cuando entre varias líneas hacia una relación, las entidades sólo pueden tomar una. Se representa con un ángulo en el diagrama:



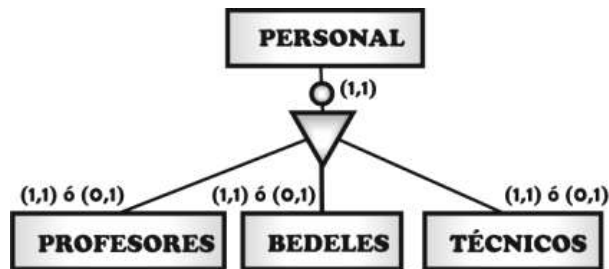
En el ejemplo, el personal sólo puede ser o bedel, o profesor o técnico; una y sólo una de las tres cosas. No puede ser dos cosas a la vez (es por cierto la forma más habitual de relación ISA).

TIPOS DE RELACIONES ISA

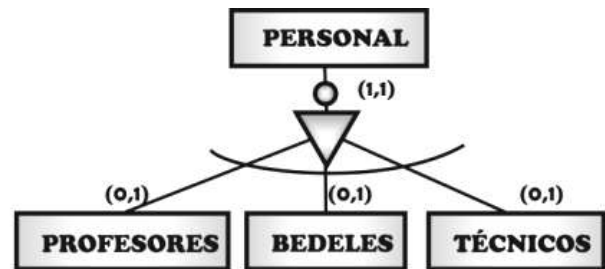
Realmente lo que hay que matizar bien en las relaciones ISA es la forma de relacionarse la superentidad con la subentidad. Eso se matiza en base a dos conceptos:

- **Obligatoriedad.** Indica si los ejemplares obligatoriamente se relacionan con ejemplares de las subentidades. Es decir si hay personal que no es profesor ni bedel ni técnico o si fijo es alguna de esas tres profesiones. Hay dos posibilidades:
 - **Relaciones de jerarquía parcial.** Indican que hay ejemplares de la superentidad que no se relacionan con ninguna subentidad (hay personal que no es ni profesor, no bedel ni técnico). Se indican con cardinalidad mínima de cero en la superentidad.
 - **Relaciones de jerarquía total.** Indican que todos los ejemplares de la superentidad se relacionan con alguna subentidad (no hay personal que no sea ni profesor, ni bedel ni técnico). Se indican con cardinalidad mínima de uno en la superentidad.
- **Número de relaciones.** En este caso se mide con cuántas subentidades se relaciona la subentidad; es decir, si hay personal que pueda ser profesor y bedel a la vez o si solo puede ser una cosa. Posibilidades:
 - **Relaciones de jerarquía solapada.** Indican que un ejemplar de la superentidad puede relacionarse con más de una subentidad (el personal puede ser profesor y bedel). Ocurren cuando no hay dibujado un arco de exclusividad.
 - **Relaciones de jerarquía exclusiva.** Indican que un ejemplar de la superentidad sólo puede relacionarse con una subentidad (el personal no puede ser profesor y bedel). Ocurren cuando hay dibujado un arco de exclusividad.

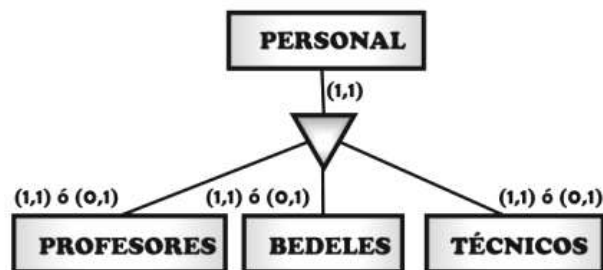
La forma gráfica más aceptada actualmente para representar este tipo de relaciones, sería la siguiente:



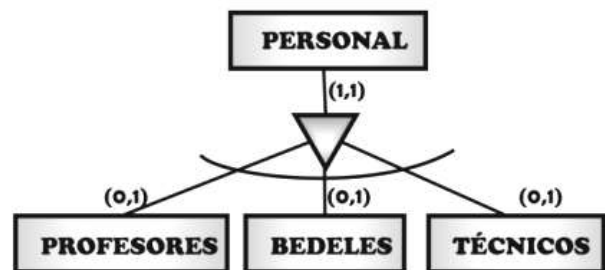
Relación ISA solapada total



Relación ISA exclusiva total



Relación ISA solapada parcial



Relación ISA exclusiva parcial

✓ Entidades débiles

Ya se ha comentado antes que una entidad débil es aquella cuya existencia depende de otra. Ahora vamos a clarificar más estas entidades. Efectivamente ocurren cuando hay una entidad más fuerte de la que dependen. Lógicamente tienen relación con esa entidad.

En la forma clásica se representaría de esta forma:



Relación candidata a entidad débil

En el diagrama la relación entre las tareas y los trabajos es 1 a **n** (cada trabajo se compone de **n** tareas). Una tarea obligatoriamente está asignada a un trabajo, es más no tiene sentido hablar de tareas sin hablar del trabajo del que forma parte.

Hay incluso (aunque no siempre) una **dependencia de identificación** ya que las tareas se identifican por un número de tarea y el número de trabajo al que se asignan. Esto es un síntoma definitivo de que se trata de una entidad débil.

Tipos de ENTIDAD DÉBIL

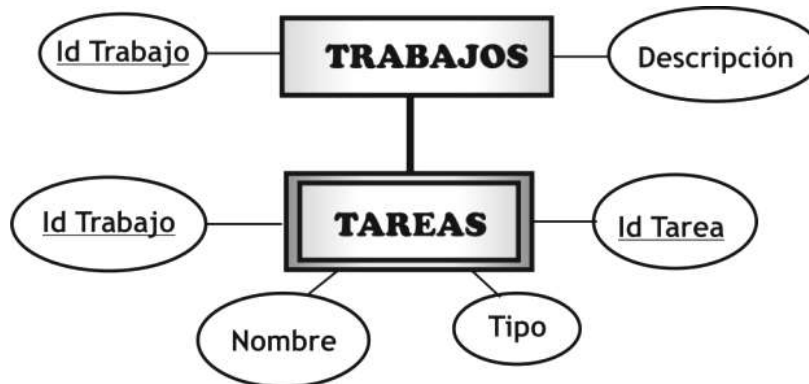
tipos de entidad que **no tienen atributos clave propios**
En contraste, los tipos de entidad regulares que tienen atributo/s clave se suelen llamar tipos de entidad fuertes

Las entidades que pertenecen a un tipo de **entidad débil** se identifican por su relación con entidades específicas de otro tipo de entidad, en **combinación** con algunos de los **valores de sus atributos**.

Decimos que este otro tipo de entidad es el tipo de **entidad propietario** o tipo de **entidad padre**, y llamamos al tipo de relación que las une, **relación identificador** del tipo de entidad débil.

Un tipo de entidad débil **siempre tiene una restricción de participación total** (dependencia de existencia) con respecto a su relación identificador, porque una entidad débil no se puede identificar sin una entidad propietaria. Sin embargo no toda dependencia de existencia da lugar a un tipo de entidad débil

Todas las entidades débiles tienen este tipo de relación 1 a n con respecto a la entidad fuerte de la que depende su existencia, por eso se representan de esta otra forma:



Entidad débil relacionada con su entidad fuerte

No hace falta dibujar el rombo de la relación ni la cardinalidad, se sobreentiende el tipo y cardinalidad (1 a n) que posee. No siempre el identificador de la entidad débil incluye el identificador de la entidad fuerte; cuando ocurre se habla de una dependencia de identificación, pero no todas las entidades débiles las poseen.

Por ejemplo, una entidad Expediente de un alumno no puede existir sin que exista una entidad Alumno, aunque puede tener un Número de expediente que lo identifique, y por tanto no es una entidad débil.

Consideremos el tipo de entidad Familiar, relacionado con Empleado, que sirve para llevar el control de los familiares de cada empleado a través de un tipo de relación 1:N. Los atributos de Familiar son Nombre (nombre de pila del familiar), Fecha de nacimiento, Sexo y Parentesco (con el empleado).

Es posible que dos familiares de dos empleados distintos tengan los mismos valores de Nombre, Fecha de nacimiento, Sexo y Parentesco, pero seguirán siendo entidades distintas. Se identificarán como entidades distintas sólo después de determinar la entidad empleado particular con la que está relacionada cada una de ellas.

Normalmente, los tipos de **entidad débiles** tienen una **clave parcial**, que es el conjunto de atributos que pueden identificar de manera única las entidades débiles relacionadas con la misma entidad propietaria.

En nuestro ejemplo, si suponemos que nunca dos familiares del mismo empleado tendrán el mismo nombre, el atributo Nombre de Familiar será la clave parcial. En el peor de los casos, todos los atributos de la entidad débil formarán la clave parcial.

La clave primaria real de los tipos de entidad débil estará formada por la **clave parcial más la clave primaria del tipo de entidad propietario**.

En los diagramas E/R, un tipo de entidad débil y su relación identificador se distinguen **rodeando el rectángulo y el rombo con líneas dobles**. Los atributos de la clave parcial se subrayan con una línea punteada o discontinua.

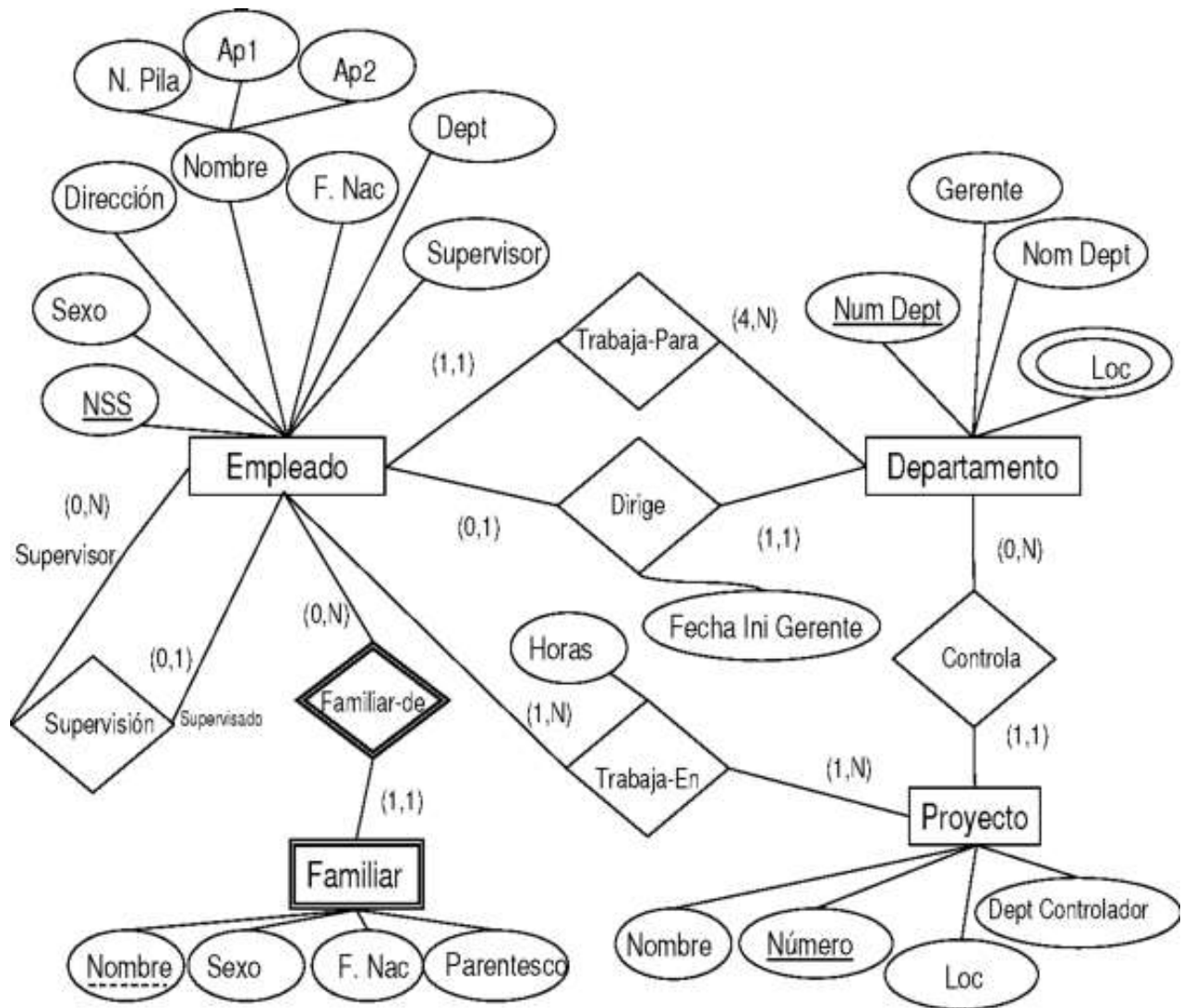


Diagrama E/R con un tipo de entidad débil.