

Tema 3 – Modelo Entidad Relación

1º DAW – Bases de Datos

J. Carlos Moreno

Curso 2023/2024

Tabla de contenido

3	Modelo Entidad Relación.....	2
3.1	Metodologías de Desarrollo de Bases de Datos	2
3.1.1	Modelado Conceptual	2
3.1.2	Transformación de esquemas conceptuales E/R a esquemas relacionales.....	3
3.1.3	Diseño físico	3
3.2	Introducción Modelo Entidad Relación.....	3
3.3	Definición MER	5
3.4	Elementos del Modelo Entidad Relación	6
3.4.1	Entidades.....	6
3.4.2	Atributos	6
3.4.3	Tipos de atributos	7
3.4.4	Dominios	9
3.4.5	Otras Notaciones	10
3.4.6	Interrelaciones	11
3.5	Extensiones Modelo Entidad Relación	26
3.5.1	Entidades Fuertes y Débiles	26
3.5.2	Relaciones Fuertes y Débiles	27
3.5.3	Jerarquías: Generalización y Especialización.....	31
3.6	Caso Práctico.....	37
3.6.1	Análisis de Requisitos	37
3.6.2	Diseño Propuesto	38

3 Modelo Entidad Relación

3.1 Metodologías de Desarrollo de Bases de Datos

Aunque existen distintas metodologías para el desarrollo de BD, Elsmari y Navathe (1997), en este curso se seguirá la propuesta en De Miguel et al. (1999) que cubre las fases de diseño conceptual, diseño lógico estándar y diseño lógico específico. La figura 3.1 muestra las fases de esta metodología con los modelos que se aplican en cada una de ellas.

Aunque el uso de esquemas conceptuales facilita el diseño de BD no siempre la fase de modelado conceptual se lleva a cabo. La parte derecha de la Figura 3.1 muestra la metodología completa de diseño de BD mientras que la parte izquierda muestra el diseño de BD partiendo del diseño relacional de una BD.

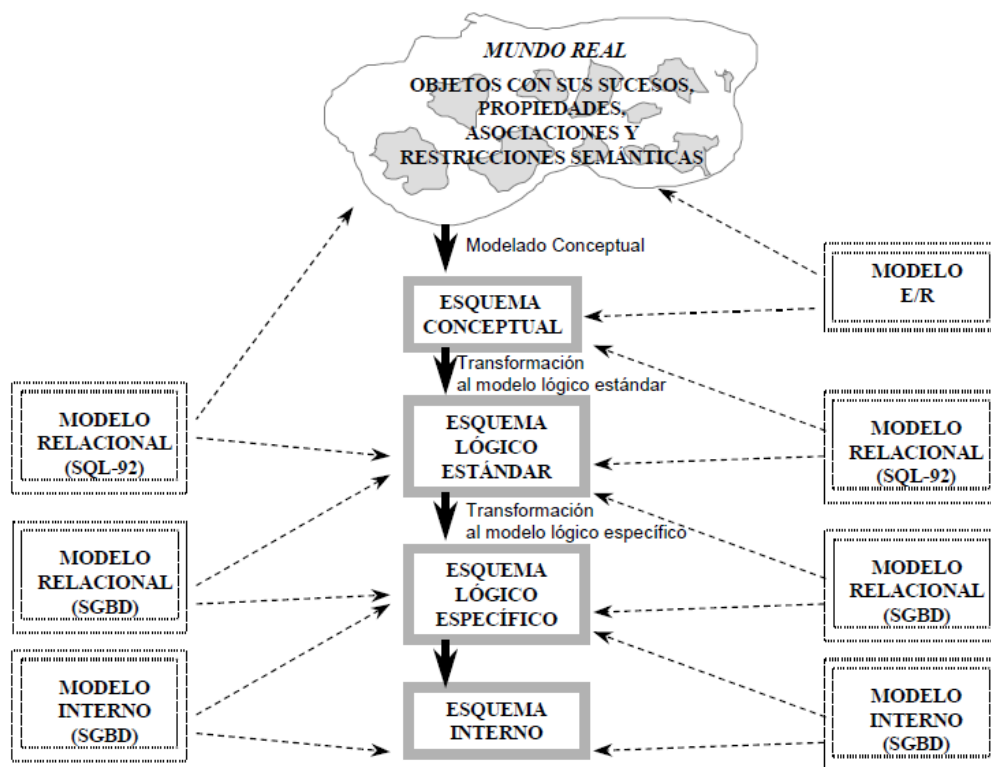


Ilustración 3-1 Fases Desarrollo Bases de Datos

3.1.1 Modelado Conceptual

Consiste en la representación del UD (parte del mundo real que se quiere almacenar en la BD) en esquemas conceptuales E/R. Mediante los constructores del modelo E/R se recoge toda la semántica que puede obtenerse mediante la observación del UD o bien a partir de unas especificaciones textuales (esquemas descriptivos) que describan la información que debe contener la BD. En este libro se construirán esquemas conceptuales de BD a partir de esquemas descriptivos.

Esta primera fase de análisis tiene como objetivo poder validar con el usuario (persona o conjunto de personas que nos encargan una BD para cubrir sus necesidades de negocio) la

información que contendrá la BD. Por ello, los esquemas E/R son los de mayor nivel de abstracción (capacidad para ocultar los detalles y fijarse en lo esencial), con constructores muy naturales (estructuras muy cercanas al usuario y fácilmente comprensibles por personas no informáticas). Nótese que los esquemas conceptuales no son directamente implementables en un ordenador; por ello, no tienen ninguna connotación física y pueden traducirse a cualquier modelo lógico. El esquema E/R viene a ser para una BD como los planos de un arquitecto son imprescindibles para una casa: algo necesario a priori en la construcción de una BD. Sin estos planos es imposible conocer cuáles son los requisitos que deberán contemplarse en la BD.

La construcción de esquemas E/R es una labor creativa que se realiza en sucesivos pasos de refinamiento; consecuentemente, no todos los analistas obtendrán el mismo esquema E/R cuando modelan una determinada realidad pues dependerá de la labor intelectual que lleve a cabo cada uno en su visión del UD. Sin embargo, si es posible seguir una serie de heurísticas o recomendaciones de gran utilidad cuando se modela una BD. En el capítulo dedicado al modelo E/R se estudiarán estas heurísticas en detalle.

3.1.2 Transformación de esquemas conceptuales E/R a esquemas relacionales

Una vez se ha validado con el usuario el esquema E/R correspondiente a la BD ya es posible realizar la transformación a un esquema lógico, en nuestro caso, a un esquema relacional. Para este paso si que existe un procedimiento exhaustivo a seguir con el fin de traducir todos los constructores del modelo E/R a constructores del modelo Relacional. En un primer paso, se hace una transformación al modelo relacional estándar (SQL-92). El modelo relacional estándar no es directamente implementable en un SGBD relacional pues cada SGBD implementa de manera libre un subconjunto de este estándar. Es en la fase de transformación a un modelo lógico específico (es decir, el propio de cada SGBD comercial) cuando ya se habla de BD directamente trasladables a un producto comercial.

3.1.3 Diseño físico

En esta fase se tienen en cuenta aspectos relacionados con la carga de la BD, la optimización de consultas y otros aspectos relacionados con la eficiencia en el almacenamiento y funcionamiento de la BD y que son realizadas por el administrador de la BD a través de las utilidades que proporciona el SGBD que se vaya a utilizar.

Como se observa en la parte izquierda de la Figura 3.1, también es posible realizar el diseño de la BD directamente en el modelo relacional sin llevar a cabo previamente la fase de modelado conceptual. En este caso, el diseñador plasmará directamente en un esquema relacional la semántica del mundo real que debe quedar recogida en la BD.

3.2 Introducción Modelo Entidad Relación

Los datos constituyen en la actualidad el arma más poderosa de cualquier organización o empresa. Una buena gestión de los datos puede influir de manera más que notable en los beneficios de cualquier organización. Pongámonos en el caso de una entidad bancaria y pensemos en los miles de clientes con cuyos datos se realizan operaciones diarias; la mala utilización de los mismos puede traer consigo pérdidas enormes para la empresa. En ocasiones esta mala utilización puede ser debida a la falta de formación de los empleados, pero muchas veces es ocasionada por un mal diseño del sistema de información o base de datos que gestiona los datos.

Hoy en día todas las empresas cuentan con herramientas informáticas de creación de bases de datos; entonces, ¿por qué se producen fallos?. La respuesta no está en las herramientas en sí, sino, y reincidiendo en el tema, en cómo se diseña la base de datos. Cada herramienta dispone de sus propios utensilios de diseño, pero todos ellos se basan en los mismos conceptos teóricos, conceptos que si se desconocen no pueden ser aplicados.

Por lo dicho anteriormente parece, si no completamente necesario, sí al menos muy conveniente, la utilización de un modelo de datos que permita diseñar bases de datos a nivel conceptual (y por tanto muy cercana al usuario) y por supuesto la formación de personal cualificado en este campo.

El modelo Entidad/Interrelación (E/R) es un modelo conceptual que ha demostrado ser muy válido para cumplir con este objetivo, pues está a un nivel de abstracción lo suficientemente elevado como para poder diseñar cualquier base de datos con independencia de la máquina en la que se implemente. Además, en la actualidad disponemos en el mercado de una amplia gama de herramientas que automatizan en gran parte las tareas del diseño y que toman como base este modelo de datos.



La herramienta del modelo Entidad relación fue creado por el

Ilustración 3-2. Peter Chen, 1948 Taiwán

El modelo E/R fue propuesto por Peter Chen en 1976. ANSI en 1978 lo seleccionó como modelo estándar para los sistemas de diccionarios de recursos de la información. Desde entonces muchos autores se han interesado por él, estudiándolo y ampliándolo, consiguiendo así diversas variantes del modelo (distintas formas de representación de los objetos), pero todas ellas parten del mismo concepto: el conocimiento del mundo real que se desea representar a través de un análisis de los requisitos o especificaciones del problema.

En la realización del esquema o diseño conceptual de cualquier base de datos es fundamental el conocimiento del problema a modelar y es en este conocimiento donde representan un papel primordial los usuarios finales del sistema, pues es en esta primera etapa de modelización en la que el diseñador de la base de datos debe hacer tantas entrevistas como sean necesarias con los usuarios para conseguir clarificar todas las especificaciones del problema. Una vez clarificados los objetivos y las necesidades se deberá pasar al diseño propiamente dicho de la base de datos.

El modelo E/R, como todos los modelos, consiste en un conjunto de conceptos, reglas y notaciones que permiten formalizar la semántica del mundo real que se pretende modelar (también denominada Universo del Discurso) en una representación gráfica o diagrama que denominamos esquema de la Base de Datos.

En este capítulo se explican cuáles son los elementos básicos que componen el modelo E/R y cómo se utilizan a la hora de diseñar una Base de Datos.

3.3 Definición MER

Un diagrama o **modelo entidad-relación** (a veces denominado por sus siglas en inglés, E-R "Entity relationship", en español DER "**Diagrama de Entidad Relación**", o MER) es una herramienta para el modelado de datos que permite representar las entidades relevantes de un sistema de información así como sus interrelaciones y propiedades.

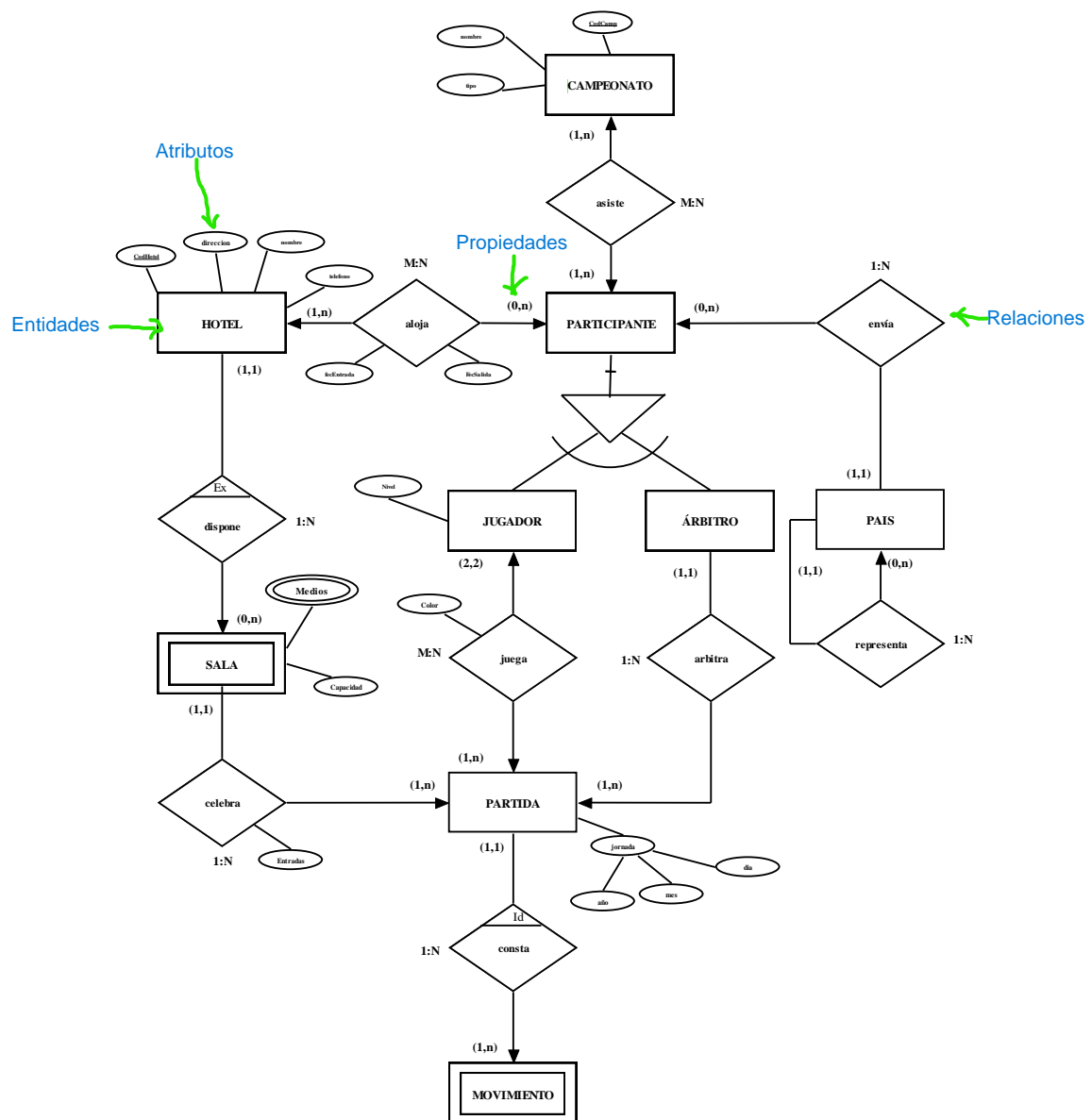


Ilustración 3-3. Base de Datos Campeonato de Ajedrez

3.4 Elementos del Modelo Entidad Relación

Los elementos u objetos básicos del modelo E/R son cuatro:

- Entidades
- Interrelaciones
- Atributos
- Dominios. El dominio no se representa en el Modelo Entidad-Relación

A continuación se explican cada uno de ellos.

3.4.1 Entidades

Las entidades, también llamadas tipos de entidad, representan conjuntos de elementos con existencia propia y que se caracterizan por las mismas propiedades. Generalmente son personas, cosas, lugares, ..., es decir, conceptos sobre los que necesitamos guardar información y distinguibles de los demás objetos. Su representación gráfica se hace por medio de un rectángulo dentro del cual se escribe el nombre de la entidad en mayúsculas (generalmente un sustantivo). Y en plural.

Por ejemplo, si queremos diseñar una base de datos para gestionar todos los alumnos de los cursos Mentor, entre los tipos de entidad que deberíamos definir estarían ALUMNO y CURSO. El primero representaría el conjunto de todos los alumnos que se inscriben en los diferentes cursos, el segundo recogería todos los cursos ofertados por el aula Mentor. Su representación gráfica sería (véase el esquema de la ilustración 3.4).

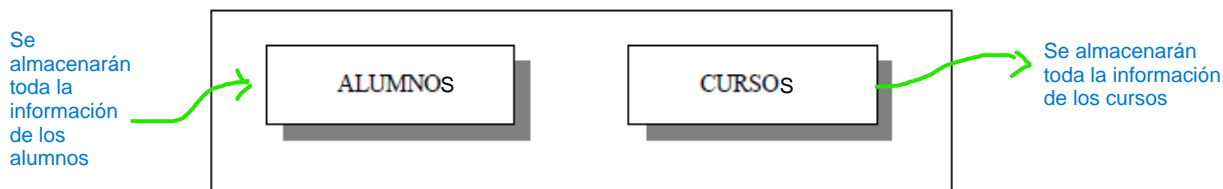


Ilustración 3.4. Dos ejemplos de entidades

3.4.2 Atributos

Todo tipo de entidad tiene unas características o cualidades propias que queremos recoger dentro de nuestro diseño. El modelo E/R define estas cualidades como atributos, así por ejemplo el nombre del alumno, el teléfono, etc., describen propiedades de cada uno de los miembros que pertenecen al tipo de entidad ALUMNO. Estas propiedades no tienen existencia propia, es decir, sólo tienen sentido en el esquema de la Base de Datos en tanto en cuanto aparecen formando parte de una entidad o, como veremos más adelante, de otro de los elementos del modelo E/R, de una interrelación.

Supongamos que de cada alumno queremos la información referente a su D.N.I., Nombre, Dirección, Teléfono y Nacionalidad. En la ilustración 3.4, aparece cómo representamos los atributos en el modelo E/R.

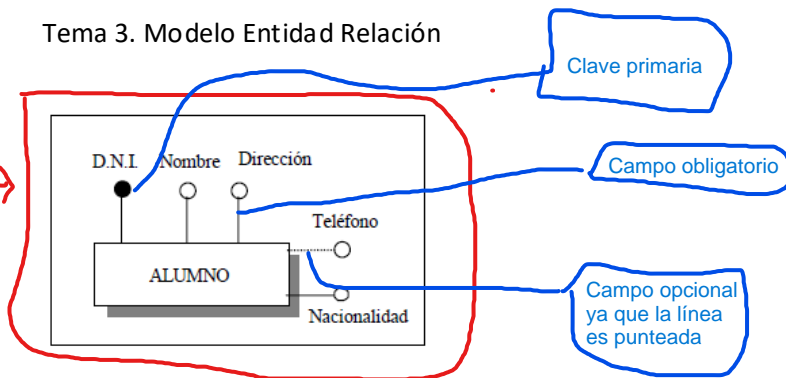


Ilustración 3-5. Ejemplo de Atributos

Los ejemplares, también denominados ejemplares o elementos, de un tipo de entidad se definen como los valores correspondientes a los atributos que hemos definido para ella.

Por ejemplo dos ejemplares del tipo de entidad ALUMNO serían:

- (DNI, 7515958), (Nombre, Juan), (Dirección, C/ Irún, nº 9 Madrid), (Teléfono, 91-675-65- 65), (Nacionalidad, Española)
- (DNI, 7077777), (Nombre, Ana), (Dirección, C/ Bailén, nº 9, Madrid), (Teléfono, 91-678-98- 99), (Nacionalidad, Española)

Por lo tanto los valores de los atributos constituyen una parte importante de los datos que almacenaremos posteriormente en la Base de Datos. Es importante destacar que un mismo concepto no tiene por qué representarse siempre de la misma forma (por ejemplo, como una entidad o como un atributo). Así, si estuviéramos modelando una Base de Datos para una tienda de ropa, probablemente tendríamos una entidad denominada PRENDA y uno de sus atributos podría ser Color (roja, negra, etc.). Sin embargo, si estuviéramos hablando de una Base de Datos para gestionar la información de un taller de vehículos dedicado a trabajos de chapa y pintura, el concepto de color puede tener tal importancia que pase a ser una entidad COLOR, pues tiene existencia propia y un conjunto de propiedades (código de color, textura, tipo de mezcla, etc.).

3.4.3 Tipos de atributos

Clasificación:

- **Según su Funcionalidad:**
 - **Atributo Identificador Principal (AI):** Atributo o conjunto mínimo de atributos que distinguen unívocamente una ocurrencia del resto de ocurrencias de la misma entidad. A todos los atributos identificadores se les asigna la etiqueta AIC (Atributo Identificador Candidato). Concepto equivalente al de Clave Principal visto en el tema anterior.
 - **Descriptor:** Caracteriza a una ocurrencia pero no la distingue del resto de ocurrencias de entidad
- **Según su opcionalidad**
 - **Opcionales:** pueden tomar valores nulos
 - **Obligatorios:** necesariamente deben tener un valor para cada ocurrencia de la entidad
- **Según su cardinalidad**

Atributos que pueden tomar varios valores

- **Multivaluados:** para una misma ocurrencia de entidad pueden tomar varios valores. Ej. una persona puede tener más de un teléfono
- **Univaluados:** toman un único valor para cada ocurrencia

- **Según su carácter**

- **Simples:** atributos cuyo valor debe introducir el usuario
- **Derivados:** campos calculados a partir de datos simples de manera dotan de cierta ambigüedad al modelo. El campo Edad de la entidad Alumno puede ser derivado del campo FechaNacimiento.

El valor de un atributo lo puedo obtener de otros atributos:

Ej: Edad sería un campo derivado ya que se puede obtener del campo fechaNacimiento

Como se puede observar en la ilustración 3.5 no todos los atributos se representan de la misma forma; ello significa que existen diversas formas de recoger restricciones semánticas sobre los atributos de una entidad o de una interrelación. En el ejemplo aparece el atributo D.N.I. con un círculo negro, este tipo de atributo se denomina identificador principal (IP) y lo que indica es que el atributo o propiedad DNI es único para cada ejemplar del tipo entidad ALUMNO.

Para poder distinguir una ejemplar de otra, dentro de un mismo tipo de entidad, el modelo E/R obliga a que cada vez que definimos un tipo de entidad se defina un atributo que identifique cada ejemplar, es decir, un IP o Clave Primaria. Por lo tanto en todos los tipos de entidad tiene que aparecer de forma obligatoria una característica que identifique de forma única cada uno de los ejemplares.

Esta es la representación que nos proporciona el modelo E/R para distinguir este tipo de atributo del resto de atributos que componen el tipo de entidad. En un tipo de entidad sólo puede aparecer un identificador principal, pero pueden existir distintos atributos que también identifiquen los ejemplares de esta; este tipo de atributos se denominan Identificadores Alternativos (IA) o Claves Alternativas.

Veamos un ejemplo, supongamos que queremos añadir para el tipo de entidad ALUMNO, la dirección de correo electrónico que este posee, sabiendo que es única para cada uno de los alumnos. El atributo e-mail sería un identificador alternativo y como vemos en la ilustración 3.6 se representa con un círculo mitad negro mitad blanco, indicando que su valor es único para cada ejemplar del tipo de entidad ALUMNO.

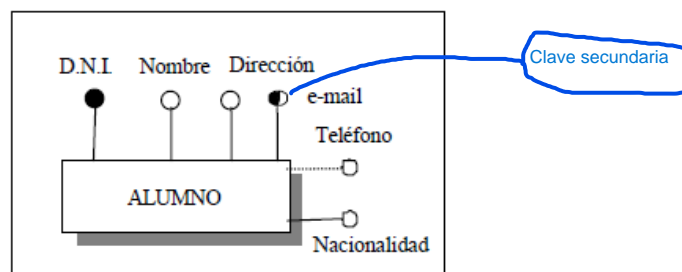


Ilustración 3-6. Entidad Alumnos y sus atributos

En el ejemplo de la figura 3.6, el atributo Teléfono aparece representado con una línea de puntos lo que significa que estamos ante un Atributo Opcional que nos informa de que existen alumnos que puede que no tengan número de teléfono o que al fin y al cabo es un atributo cuyo valor no es demasiado importante y por eso no lo ponemos como obligatorio. Por tanto,

cuando los valores de un atributo van a ser desconocidos o por alguna otra causa no van a tener valor se denominan Atributos Opcionales.

Supongamos que para el tipo de entidad CURSO es importante recoger las siguientes propiedades: nombre, libro de consulta y dirección Web. De estas tres características de CURSO elegiremos como identificador principal el nombre, ya que cada curso tiene un nombre distinto, la dirección Web sería un identificador alternativo porque toma valores únicos para cada curso y libro de consulta sería un atributo opcional ya que permitimos que haya cursos que no tengan o que desconozcamos su libro de referencia. La entidad CURSO con sus atributos queda representada en la figura 3.7.

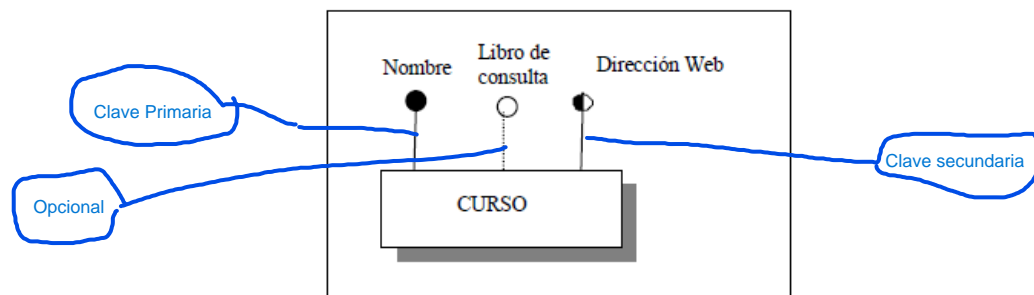


Ilustración 3-7. Ejemplo de atributos IP, IA y Opcional

Existen otras formas de recoger restricciones semánticas sobre los atributos que se estudiarán más adelante, en donde ampliaremos estos conceptos.

3.4.4 Dominios

Supongamos que el atributo nacionalidad, véase figura 3.8, sólo puede tomar los valores “española” o “extranjera”. Para los conjuntos de valores sobre los que se definen los atributos utilizaremos un objeto del modelo E/R denominado Dominio. Un dominio se define por un nombre y un conjunto de valores. En nuestro ejemplo véase la definición del dominio Nacionalidad en la figura 3.9 resaltado en color azul.

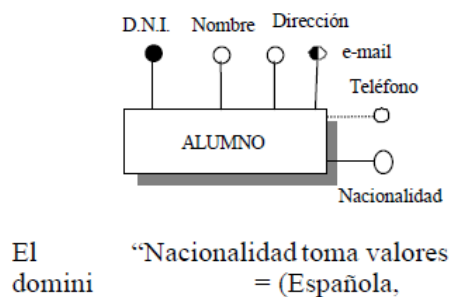
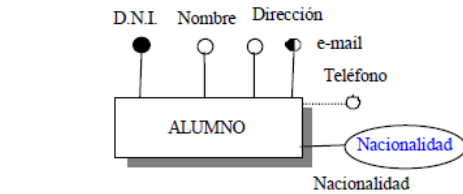
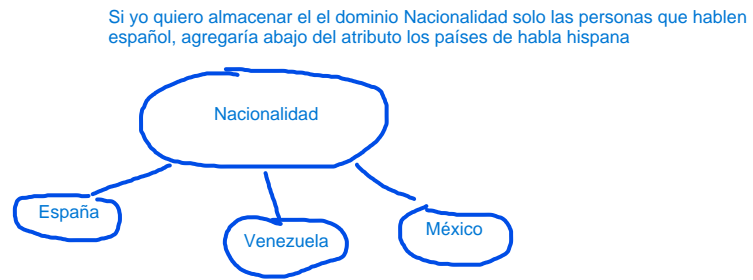


Ilustración 3-8. Dominio Nacionalidad y su representación textual



Nacionalidad = (Española,



Si yo quiero almacenar el el dominio Nacionalidad solo las personas que hablen español, agregaría abajo del atributo los países de habla hispana

Ilustración 3-9. Dominio Nacionalidad

En general los dominios no se suelen representar en el modelo por problemas de espacio, pero para tener constancia de los valores que puede tomar un atributo se suele anotar después de la representación gráfica una representación textual.

3.4.5 Otras Notaciones

Notación EN2002, especificaciones:

- Atributo Identificador Principal (AIP). El nombre del atributo irá en negrita y subrayado con una línea.
- Atributo Identificador Alternativo. El nombre del atributo subrayado con doble línea
- Atributos Opcionales (admiten valor nulo). Con línea punteada desde el atributo a la entidad
- Atributos Multivaluados (admiten varios valores). La elipse tendrá doble borde. Se puede etiquetar la línea con el valor mínimo y máximo admitidos.
- Atributos Derivados. La elipse tendrá un borde punteado.

Esta es la notación que usaremos en clases

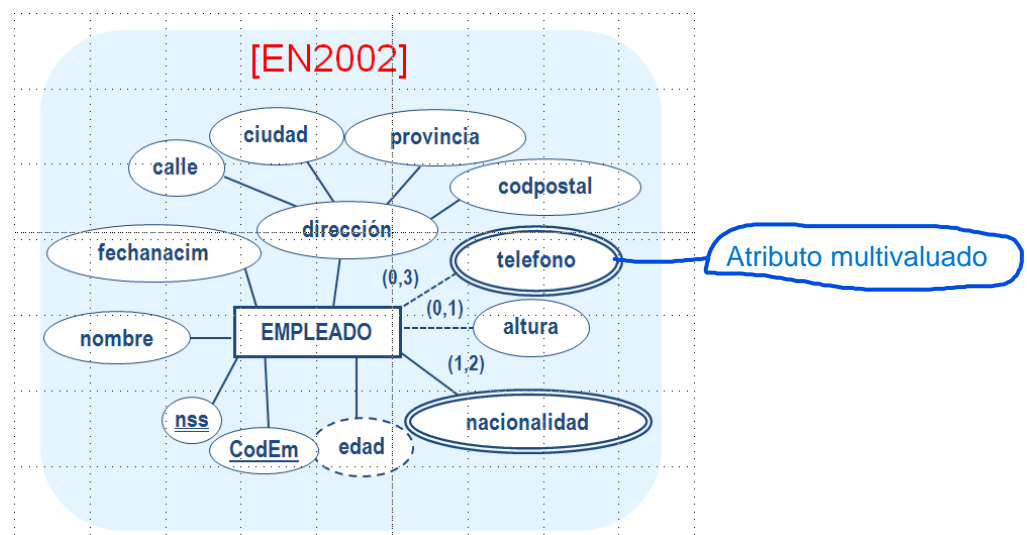


Ilustración 3-10. Notación EN2002

Dirección -> Atributo derivado de: calle, ciudad, provincia y codpostal.

Clave primaria: DNI

Claves secundarias: NSS, N-F

Teléfono: Campo Opcional y multivaluado

Edad: Campo derivado de fechanacim

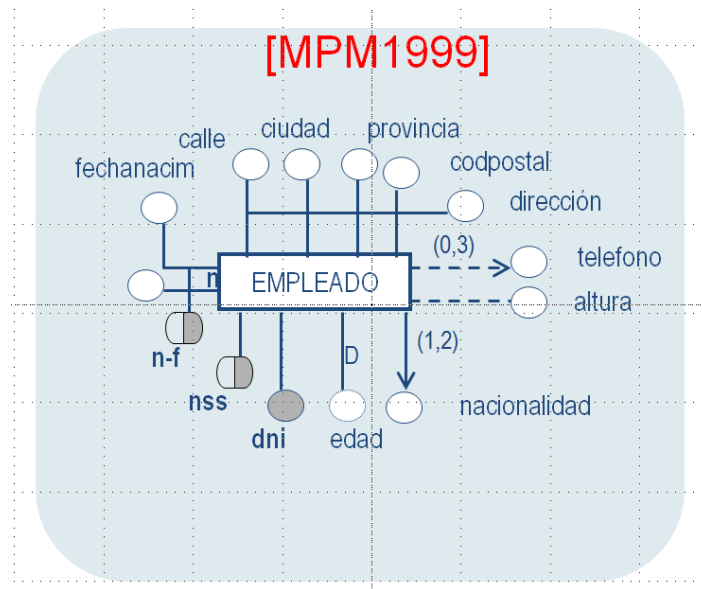


Ilustración 3-11. Notación MPM 1999

3.4.6 Interrelaciones

Las interrelaciones representan asociaciones del mundo real entre una o más entidades. Por ejemplo, en la figura 3.4 presentábamos los alumnos y los cursos del Mentor como entidades sin ningún tipo de relación, pero para poder expresar que un alumno está matriculado en distintos cursos y que en un curso se pueden matricular alumnos necesitamos una Interrelación que nos muestre la asociación existente entre ellos. Por lo tanto, vemos la necesidad de poder representar este concepto ya que aparece continuamente en el mundo real; algunos ejemplos son: “las sucursales de una entidad bancaria están relacionadas con sus clientes”, “las editoriales se relacionan con los libros que publican”, “los tutores de los cursos Mentor tienen asignados una serie de alumnos”, etc.

Gráficamente las interrelaciones se representan mediante un rombo unido a los tipos de entidad mediante líneas; dentro del rombo se escribe el nombre de la interrelación en minúsculas, que en general, suele coincidir con un verbo en infinitivo.

Volviendo al ejemplo anterior veamos como se representa la relación existente entre los alumnos que realizan cursos. Podríamos definir una interrelación Realizar entre ambas entidades, como muestra la figura 3.12.

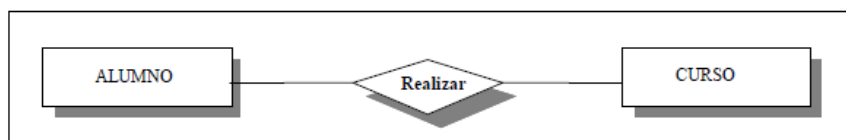


Ilustración 3-12. Ejemplo de Interrelación

No todas las relaciones o asociaciones son iguales, en general se dividen en relaciones que denominamos de uno a muchos, como por ejemplo la que presentamos a continuación: “una sucursal es únicamente de una entidad bancaria (uno) pero una entidad bancaria posee varias sucursales (muchos)”. También existen las relaciones muchos a muchos, como por ejemplo

“un curso Mentor tiene asociados tutores (muchos) y los tutores pueden tutorar distintos cursos Mentor (muchos)”.

Para poder recoger estas características que nos distinguen unas relaciones de otras, que nos permite, además, recoger más información acerca del problema que estamos modelando, vamos a introducir los siguientes propiedades de una interrelación: grado, tipo de correspondencia y cardinalidad.

3.4.6.1 Grado

El grado de una interrelación es el número de entidades que intervienen en ella, debe ser como mínimo dos, es decir, el número de entidades que intervienen en una interrelación debe ser de al menos dos; existe un caso especial en el que sólo participa una entidad en la interrelación aunque de dos formas distintas (es lo que se denomina interrelación **reflexiva**, como se verá después). En el ejemplo de la figura 3.12 se representa una interrelación **binaria**, denominada así por tratarse de una interrelación entre dos tipos de entidad. De la misma forma, cuando el grado es tres se habla de interrelaciones **ternarias** y, en general, de interrelaciones **n_arias** cuando el grado es n. El tipo de interrelaciones que aparece de forma habitual en el modelado de una Base de Datos es la interrelación binaria y a partir de ahora nos centraremos solo en este tipo de interrelaciones.

3.4.6.1.1 Binarias

Binaria: Es la más frecuente, es cuando participan 2 entidades:

- Taller tiene un jefe
- Equipo formado por jugadores
- Un profesor pertenece a un departamento

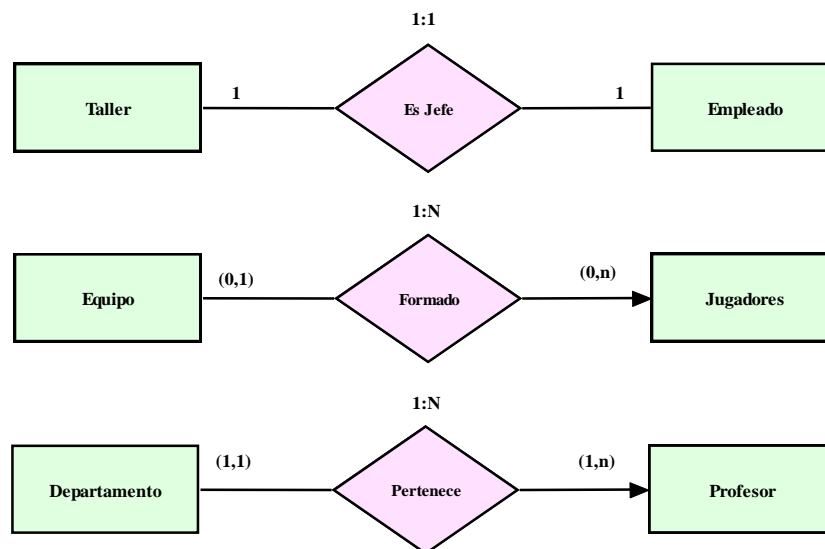


Ilustración 3-13. Relaciones Binarias

3.4.6.1.2 Ternarias

Participan 3 entidades en la relación. Permiten modelar ciertas restricciones del sistema:

- Torero Lidia Toro en una Corrida

- Actor interpreta un papel en una película
- Profesor Imparte Clases en un Aula

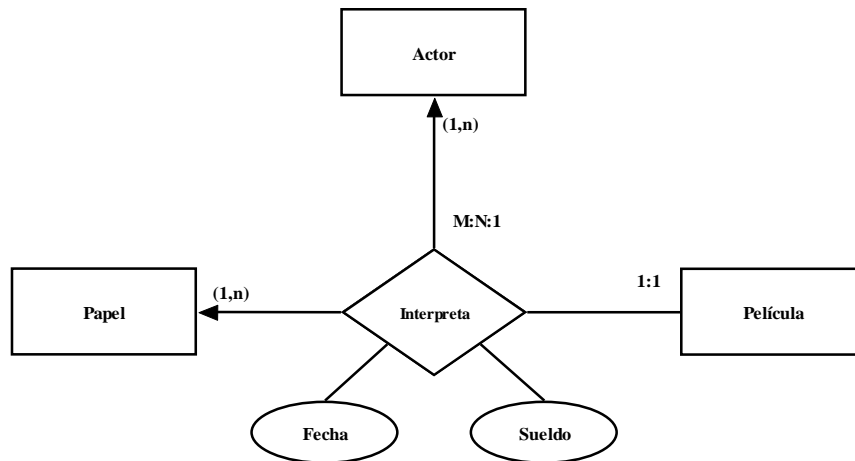


Ilustración 3-14. Ejemplo de relación ternaria

En la figura 3.14 se muestra un ejemplo de relación ternaria en la que participan 3 entidades Actor, Papel y Película, además la relación **Interpreta** tiene atributos propios que es la fecha en la que se realizó dicha interpretación y el sueldo que cobró. Una ocurrencia de la relación interpreta podría ser:

- $\{(CodPapel,1), (CodActor, 23), (CodPelicula, 2020), (Fecha, 12/12/2010), (Sueldo, 34.000 \text{ €})\}$

Detallar que la relación interpreta asume como atributos las claves primarias o Atributos Identificadores Principales de las entidades que relaciona que son CodPapel, CodActor y CodPelicula.

También pueden existir relaciones cuaternarias, aunque son menos usuales y complican en gran medida el modelo.

3.4.6.1.3 Reflexivas

Sólo participa una entidad en la relación. La relación la establece una entidad sobre sí misma:

- Una película Es Continuación de otra película
- Un trabajador Es Representante de otro trabajador
- Un empleado es supervisor de otro empleado, o todo empleado tiene un supervisor

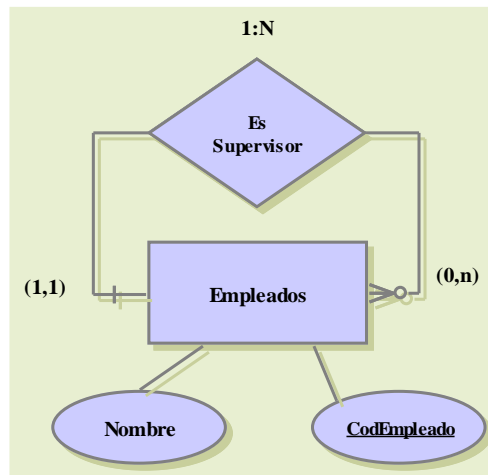


Ilustración 3-15. Ejemplo de relación reflexiva

En la figura 3.15 se muestra un ejemplo de relación reflexiva en la que un empleado es supervisor de varios empleados o los empleados disponen de un supervisor. ¿Cómo serían las ocurrencias en este caso de la Entidad Empleados?:

- {{CodEmpleado, 001), (Nombre, Juan), (CodSupervisor, 002}}
- {{CodEmpleado, 002), (Nombre, Pedro), (CodSupervisor, Null)}
- {{CodEmpleado, 003), (Nombre, María), (CodSupervisor, 002)}

En la ocurrencia anterior CodEmpleado sería la Clave Principal de Empleados mientras que CodSupervisor sería una Clave Ajena que referencia a la Clave Principal de la misma tabla de empleados, el valor de CodSupervisor debe existir en la columna CodEmpleado. Con el ejemplo de las ocurrencias anteriores estoy indicando que el empleado supervisor de Juan y María es Pedro.

3.4.6.2 Tipo de Correspondencia

El Tipo de correspondencia de una interrelación binaria se define como el número máximo de ejemplares de un tipo de entidad que pueden estar asociados con un ejemplar del otro tipo de entidad. Su representación gráfica se hace por medio de un par X:Y colocado sobre el rombo de la interrelación, donde X e Y representan los ejemplares asociadas de los tipos de entidad en estudio.

Los tipos de Correspondencia de una relación posibles son:

- 1:1 (uno a uno)
- 1:N (uno a varios)
- M:N (varios a varios)

3.4.6.2.1 Uno a Uno

Considerando una relación binaria entre el juego de entidades A y el B, el tipo de correspondencia es 1:1 cuando:

- “Una instancia u ocurrencia de A está relacionada con una y solo una ocurrencia de B y una instancia u ocurrencia de B está relacionada con una y sólo una de A.”

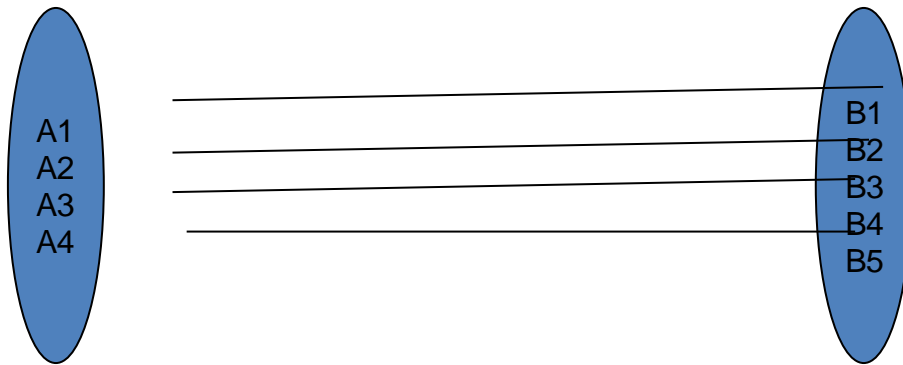


Ilustración 3-16. Relaciones Uno a Uno

Veamos el ejemplo “Director dirige Colegios”:

- ¿Un colegio por cuántos directores es dirigido? Sólo 1
- ¿Un director cuántos colegios dirige? Sólo 1

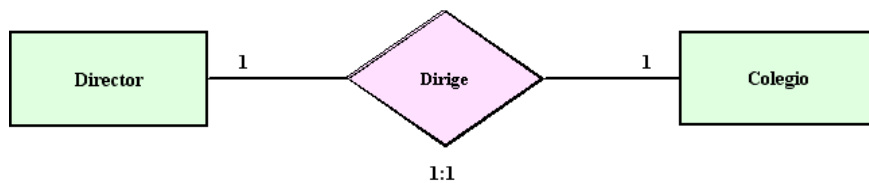


Ilustración 3-17. Director dirige colegio

3.4.6.2.2 Uno a Varios

Considerando una relación binaria entre el juego de entidades A y el B, adquieren un tipo de correspondencia 1:N:

- “Cuando una instancia u ocurrencia de A está relacionada con varias instancias u ocurrencias de B y una ocurrencia de B con una única ocurrencia de A”.

Son las más frecuentes y fáciles de modelar

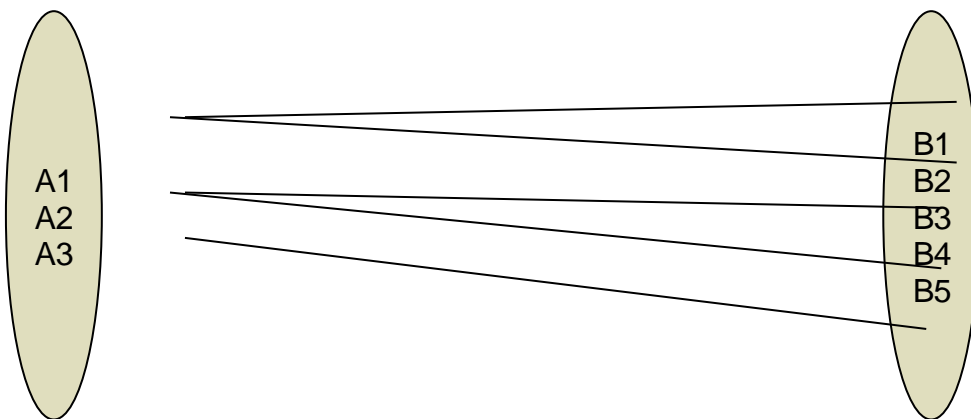


Ilustración 3-18, Relación 1:N

Veamos el ejemplo “Equipo formado por jugadores”:

- ¿Un equipo por cuántos jugadores puede estar formado? Respuesta: por muchos (n)

- ¿Un jugador a cuántos equipos pertenece? Respuesta: solo a 1 (1)

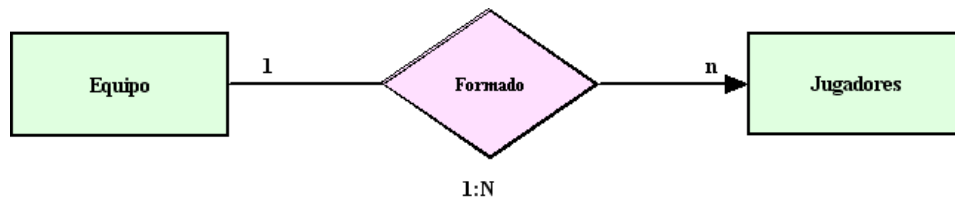


Ilustración 3-19. Relación 1:N

Veamos el ejemplo **“Profesor pertenece a Departamento”**:

- ¿Un profesor a cuántos departamentos pertenece? Respuesta: sólo a 1 (1)
- ¿Un departamento por cuántos profesores puede estar formado? Respuesta: por varios (N)

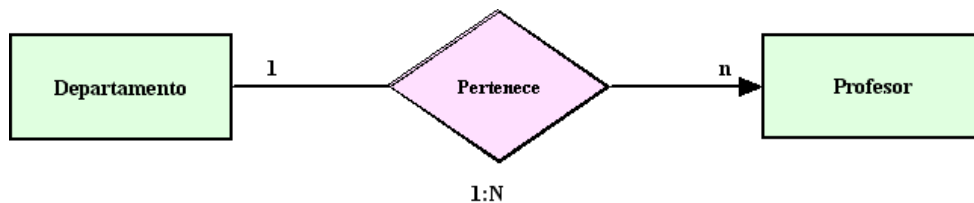


Ilustración 3-20. Relación 1:N

3.4.6.2.3 Varios a varios

Considerando una relación binaria entre el juego de entidades A y el B, el tipo de correspondencia es M:N

- Cuando una instancia u ocurrencia de A está relacionada con varias instancias u ocurrencias de B y una ocurrencia de B con varias ocurrencias de A.

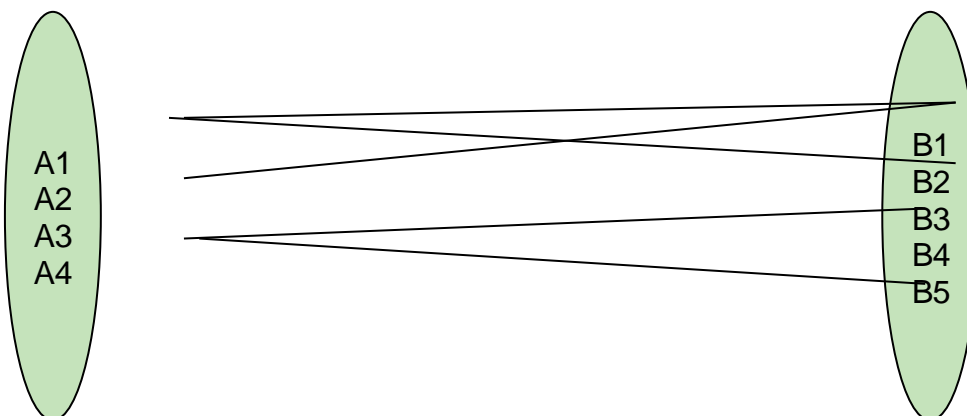


Ilustración 3-21. Relaciones M:N

Veamos el ejemplo **“Alumnos se matricula en Asignaturas”**:

- En un contexto académico a nivel de Formación Profesional. ¿Un Alumno en cuántas asignaturas se puede matricular? Respuesta: muchas (N)
- ¿A una asignatura cuántos alumnos se pueden matricular? Respuesta: varios (N)

Notese que las flechas van en ambas direcciones

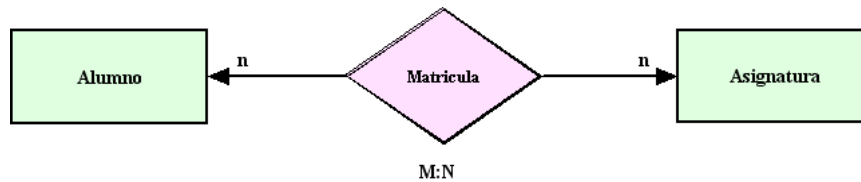


Ilustración 3-22. Relación M:N

Veamos el ejemplo “Chófer Conduce Coche”:

- En el contexto de una empresa de transportes. Un Chófer puede conducir varios coches
- Un Coche puede ser conducido por varios Chófers

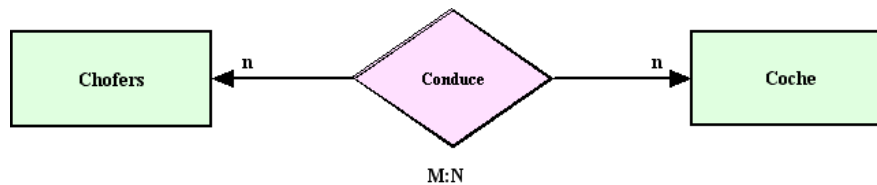


Ilustración 3-23, Relación M:N

3.4.6.2.4 Ejemplos varios

En nuestro ejemplo “Alumno Realiza Curso”, en principio, el número de cursos a los que un alumno puede optar es ilimitado y el de alumnos que realizan un curso también, por tanto la correspondencia sería N:M o muchos a muchos (Figura 3.24).

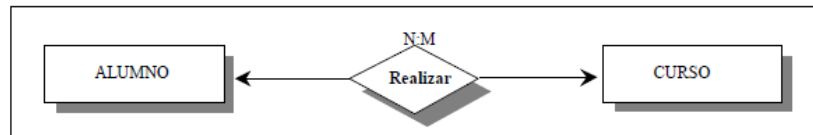


Ilustración 3-24. Tipo de correspondencia N:M

Si, por el contrario, en las especificaciones del problema se nos dijera que cada alumno solo puede matricularse de un curso, el tipo de correspondencia entre ALUMNO y CURSO cambiaría, sería 1:N o uno a muchos, y se representaría de la manera que aparece en la figura 3.25.

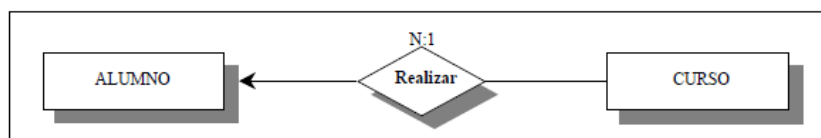


Ilustración 3-25. Tipo de correspondencia N:1

3.4.6.3 Cardinalidad

La cardinalidad de un tipo de entidad que interviene en una interrelación binaria se define como el número mínimo y el número máximo de ejemplares de un tipo que pueden relacionarse con un elemento de otro tipo de entidad.

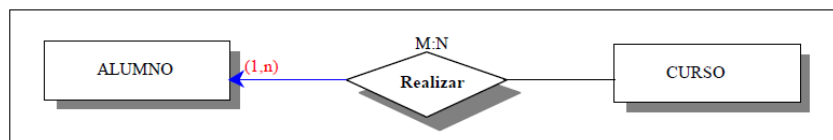
El concepto de Cardinalidad también denominado Clase de Pertenencia, permite especificar si todas las ocurrencias de una entidad participan o no en la relación establecida con otra entidad:

- Clase de Pertenencia Obligatoria: Toda ocurrencia de A debe estar relacionada con al menos una ocurrencia de B. Cardinalidad mínima es 1.
- Clase de Pertenencia Opcional: no toda ocurrencia de A necesita estar relacionada con otra de B. Cardinalidad mínima es 0.

Para representar las cardinalidades utilizamos un par (x, y) situado sobre la línea que une el tipo de entidad con la interrelación, donde x indica el número mínimo e y el número máximo. Además, y cuando la cardinalidad máxima es n , se dibuja una punta de flecha hacia la entidad correspondiente (figura 3.14).

El tipo de cardinalidad de una entidad para una relación binaria puede tomar los siguientes valores: $(0,1)$, $(1,1)$, $(0,n)$ ó $(1,n)$.

En el ejemplo que nos ocupa y suponiendo que no se establece ninguna restricción adicional, el número mínimo de alumnos que pueden matricularse en un curso es uno (no tendría sentido un curso con 0 matriculados), y el número máximo n (número ilimitado), por tanto la cardinalidad del tipo de entidad ALUMNO es $(1,n)$ como se muestra en la figura 3.26.



3-26. Ejemplo de Cardinalidades

La interpretación de la interrelación Realizar sería “un curso Mentor es realizado como mínimo por un alumno y como máximo n ”. Si tuviéramos limitación en la matriculación de los alumnos en un curso, por ejemplo, los cursos Mentor como máximo admiten 40 alumnos, lo representaríamos de la siguiente forma:

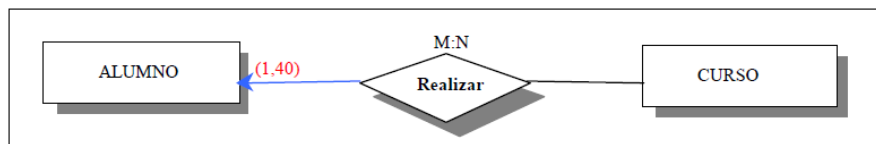


Ilustración 3-27. Ejemplo de Cardinalidades

De la misma manera, el número mínimo de cursos que puede realizar un alumno es uno y el máximo n , es decir, la cardinalidad de CURSO es $(1,n)$ y por tanto tendríamos que representar la punta de flecha hacia la entidad CURSO y encima de esta línea la cardinalidad como se muestra en la figura 3.28.

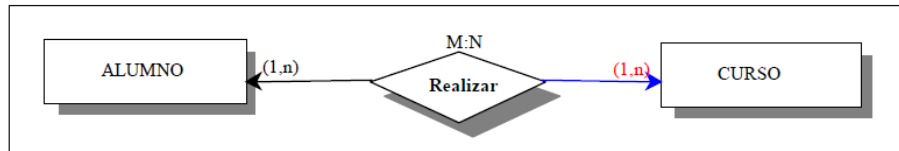


Ilustración 3-28. Cardinalidades de la interrelación Realizar

Las cardinalidades mínimas y máximas son, como se puede apreciar, una extensión del tipo de correspondencia y nos dan más información referente al tipo de interrelación que estamos representando. Así el tipo de correspondencia de una relación binaria se puede obtener a partir de la cardinalidad máxima las entidades que participan, por ejemplo, el tipo de correspondencia Realizar se puede determinar por:

- Cardinalidad máxima de la entidad ALUMNO: N
- Cardinalidad máxima de la entidad CURSO: N

De lo que se puede deducir que el Tipo de Correspondencia de Realizar sería N:N, pero este tipo de notación no se suele por lo que la sustituimos por M:N.

En resumen obtener la cardinalidad de una entidad en una relación es un proceso que requiere conocer la naturaleza del problema que estamos modelando, en el ejemplo que nos ocupa simplemente requiere responder a las siguientes cuestiones:

Cardinalidad de Alumno:

- UN CURSO ¿Cuántos alumnos lo pueden realizar? ¿Mínimo? Y ¿Máximo? (1, n)

Cardinalidad de Curso:

- Un ALUMNO ¿Cuántos cursos puede realizar? ¿Mínimo? Y ¿Máximo? (1,n)

3.4.6.3.1 Ejemplo Empleados y Departamentos

Veamos otro ejemplo con la relación que existe entre los empleados de una empresa y el departamento en el que trabajan. Sabemos que un empleado trabaja en un departamento y que a cada departamento se le asigna al menos un empleado. De cada empleado se desea la siguiente información: un código de empleado (número que le identifica), DNI, nombre completo, dirección, teléfono y número de afiliación de la seguridad social. Para los departamentos necesitamos un nombre, único para cada uno de ellos, una localización y un número de teléfono.

¿Cuál sería su diseño en el modelo E/R?

Podemos detectar de forma clara que necesitamos dos entidades, EMPLEADO y DEPARTAMENTO, objetos que tienen existencia propia con determinadas características. Para la entidad EMPLEADO tenemos como identificador principal el código de empleado, figura 3.18; el DNI, que es único para cada empleado será un atributo alternativo ya que hemos elegido el código como identificador principal por especificaciones del problema (figura 3.29).

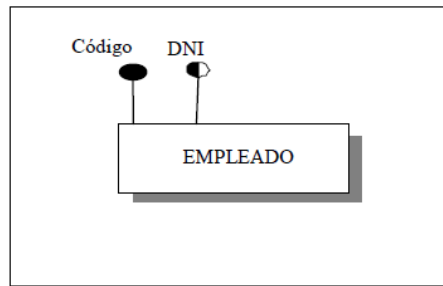


Ilustración 3-29. Empleado con IP e IA

Los atributos nombre y dirección de EMPLEADO son obligatorios ya que dicha información la consideramos importante; por ejemplo, sin ellos no podríamos mandar la nómina o contactar por cualquier causa con los empleados de la empresa. El teléfono lo podemos considerar como un atributo opcional y, por último, el número de afiliación de la seguridad social (NSS) al tomar valores únicos para cada empleado lo consideraremos un atributo identificador alternativo. La entidad EMPLEADO con sus propiedades queda representada como se muestra en la figura 3.30.

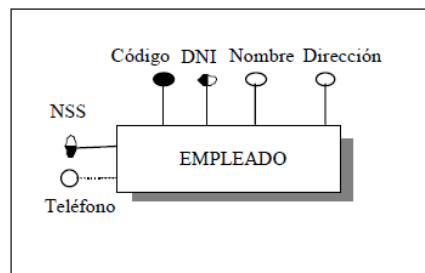


Ilustración 3-30. Atributos de la entidad empleado

Un razonamiento similar nos llevará a representar la entidad DEPARTAMENTO con las características que la definen como se muestra en la figura 3.31.

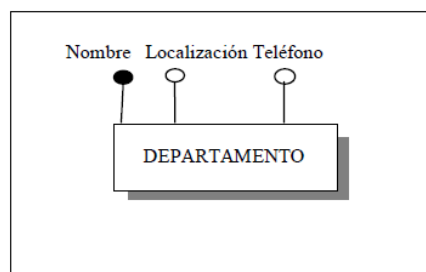


Ilustración 3-31. Atributos de la entidad departamento

La interrelación que une las entidades representadas anteriormente, EMPLEADO y DEPARTAMENTO, es binaria ya que relaciona dos entidades; el tipo de correspondencia es 1:N o de uno a muchos, ya que un empleado está asignado a un departamento y a un departamento pertenecen varios empleados. Por último, se indican las cardinalidades que recogen explícitamente como se relacionan cada una de los ejemplares de las entidades participantes en dicha interrelación (figura 3.21).

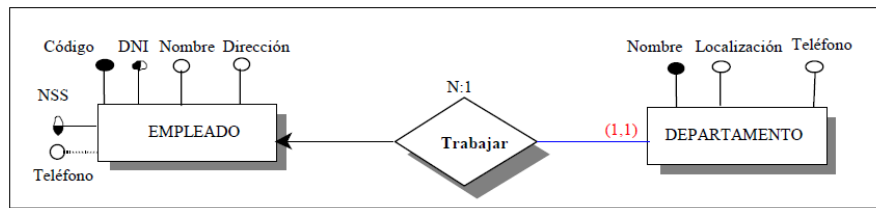


Ilustración 3-21. Interrelación Trabajar

La **cardinalidad de la entidad DEPARTAMENTO** en esta interrelación viene dada a partir de la siguiente pregunta:

- ¿Un EMPLEADO en cuantos DEPARTAMENTOS TRABAJA? Como mínimo y como máximo. *Respuesta: un empleado trabaja como mínimo en 1 departamento y como máximo en 1.* Por lo tanto la cardinalidad de DEPARTAMENTO es (1,1), tendríamos una línea continua entre el rombo de la interrelación y la entidad DEPARTAMENTO para reflejar este hecho. Otra forma de interpretarlo sería “Un empleado sólo puede trabajar en un departamento”

La **cardinalidad de la entidad EMPLEADOS** en esta interrelación viene dada a partir de la siguiente pregunta:

- ¿En Un DEPARTAMENTO cuantos EMPLEADOS TRABAJAN? Como mínimo y como máximo. *Respuesta: en un departamento trabaja como mínimo 1 empleado y como máximo varios (n).* Por lo tanto la cardinalidad de EMPLEADOS es (1,n), tendríamos una línea continua entre el rombo de la interrelación y la entidad EMPLEADOS con punta de flecha hacia EMPLEADOS. Otra forma de interpretarlo sería “En un departamento trabajan como mínimo un empleado y como máximo N”.

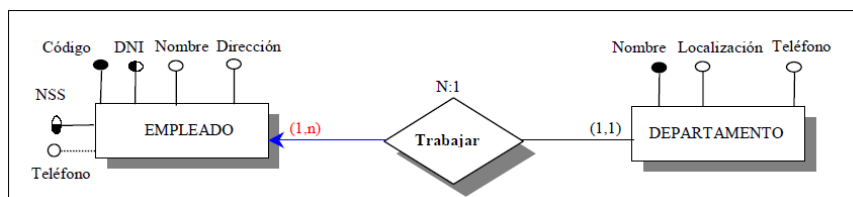


Ilustración 3-32. Interrelación Trabajar

3.4.6.3.2 Cardinalidad Relaciones Reflexivas

Como ya se comentó en apartados anteriores es un tipo especial de relación que asocia una entidad consigo misma. Es una relación donde una misma entidad participa dos veces. Ahora bien cada vez lo hará cumpliendo un papel o un rol distinto.

Ejemplo

“Los empleados pueden ser Jefes de otros empleados”. Para ello empleamos la relación Supervisa que asocia la entidad empleado consigo misma.

La entidad Empleados participa dos veces en la relación **Supervisa**, cada vez cumpliendo uno de los siguientes roles:

1. Rol de “Ser Jefe De”
2. Rol de “Estar Subordinado A”

Ahora debemos de determinar la cardinalidad de Empleados en cada uno de los roles:

- Rol de Ser Jefe De. ¿Un empleado de cuantos empleados puede ser jefe? Como mínimo y como máximo.
 - Como mínimo la respuesta cero, es decir, puede haber empleados que no sean jefes. En caso de contestar 1 estaríamos interpretando entonces que todos los empleados son jefes, lo cual, puede que no represente al modelo real de datos.
 - Como máximo la respuesta es varios, ya que un empleado puede ser jefe de varios.
- Rol de Estar Subordinado A. ¿Un empleado cuántos empleados puede tener como Jefe? Como mínimo y como máximo.
 - Como mínimo la respuesta es 1. Interpretamos que obligatoriamente todos los empleados tienen un empleado jefe, así mismo podríamos contestar 0 lo que indicaría que puede haber empleados que no tengan empleados jefes.
 - Como máximo la respuesta es 1. Interpretamos que como máximo un empleado sólo podrá tener un jefe, nunca más de uno.

La representación de dicha relación se muestra en la figura 3.33:

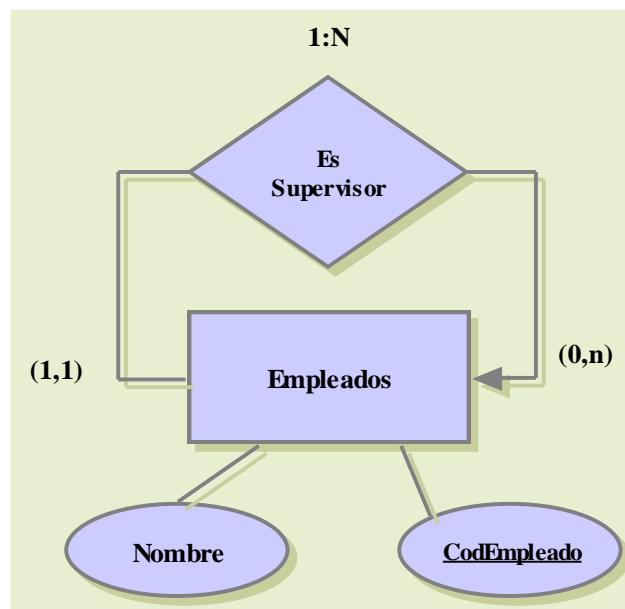


Ilustración 3-333. Relación Reflexiva

3.4.6.4 Atributos de una interrelación

Como ya se ha mencionado, los atributos no solo están referidos a los tipos de entidad. Las interrelaciones también pueden tener atributos propios, atributos cuyos valores tienen sentido únicamente en el caso de que se establezca la relación entre los tipos de entidad que las une, como pueden ser las fechas de comienzo y de finalización de un curso, que no tienen sentido si dicho curso no es realizado por al menos un alumno. Un ejemplo de estos atributos se muestra en la figura 3.34 en color verde.

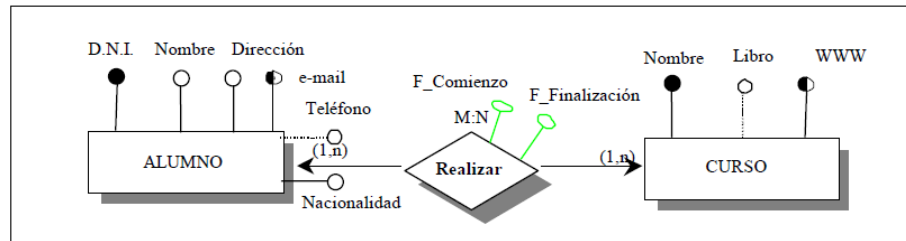


Ilustración 3-34. Atributos en la relación

¿Cómo serían los ejemplares de la interrelación “Realizar”? Si pensamos en el mundo real, los valores nos vienen dados de la siguiente forma: Juan ha realizado el curso de “Iniciación a Internet” durante el periodo de 12-02-96 al 05-06-96. Algo parecido ocurre en el modelo E/R, los elementos que se encuentran en la interrelación “Realizar” son de la siguiente forma:

- {(DNI, 7515458), (Nombre, Iniciación a Internet), (F_Comienzo, 12-02-96), (F_Finalización, 05-06-96)}.
- {(DNI, 856593), (Nombre, Access Avanzado), (F_Comienzo, 02-12-96), (F_Finalización, 15-03-97)}.

Todos estos ejemplares se corresponden con los valores de los atributos identificadores de los tipos de entidad ALUMNO y CURSO que están relacionados, junto con los atributos propios de la interrelación. La interpretación o lectura que tienen estos elementos es la siguiente:

- el alumno con DNI 7515458 ha realizado el curso “Iniciación a Internet” durante el periodo del 12-02-96 al 05-06-96
- el alumno con DNI 856593 ha realizado el curso “Access Avanzado” durante el periodo del 02-12-96 al 15-03-97.

Hay que distinguir entre una ejemplar de un tipo de entidad y un tipo de interrelación, pues una ejemplar de un tipo de interrelación existe siempre y cuando existan ejemplares de los tipos de entidad que intervienen en la asociación. Los ejemplares no tienen representación gráfica en el modelo E/R pues se corresponden con los datos que realmente se almacenarán en la base de datos y no con el diseño conceptual de ésta.

Ejemplo “Clientes se han alojado en hotel”:

“Una serie de Clientes se han alojado en un hotel, necesitaría saber los días en los que se ha realizado el alojamiento y el coste correspondiente”

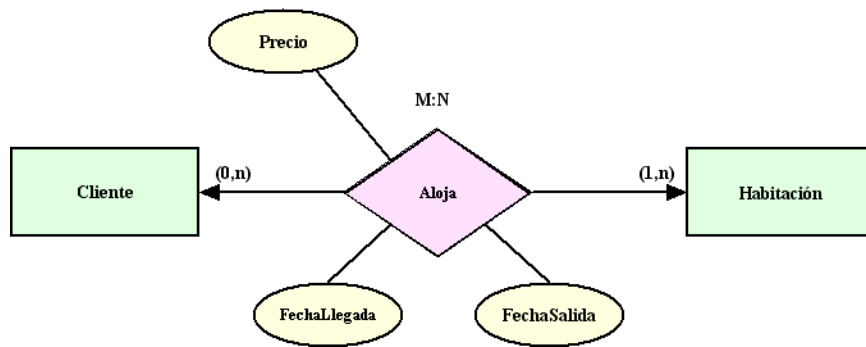


Ilustración 3-5. Atributos en la relación Aloja

Hemos visto los elementos básicos del modelo E/R que nos permitirán el diseño de la Base de Datos de forma Conceptual, es decir, tendremos una representación sencilla y natural del caso que queremos modelar que, además, no depende del Sistema Gestor de Bases de Datos que utilizamos para su posterior implementación y que lo que intentará será recoger de la mejor forma posible todas las especificaciones del problema de manera que sea fácilmente comprensible por usuarios no informáticos.

3.4.6.5 Relaciones Ternarias

En la mayoría de las veces las relaciones son binarias, sin embargo vemos que a veces por los requisitos del sistema de información surge la necesidad de formar relaciones que asocien a tres o más entidades.

En el caso de las relaciones ternarias el tipo de correspondencia puede ser de alguno de los siguientes tipos:

- M:N:P
- 1:M:N
- 1:1:M
- 1:1:1

Ejemplo

Veamos el caso de la Calificación de un Alumno en una determinada Asignatura y en una determinada Evaluación, se desea saber además la Nota y la Fecha.

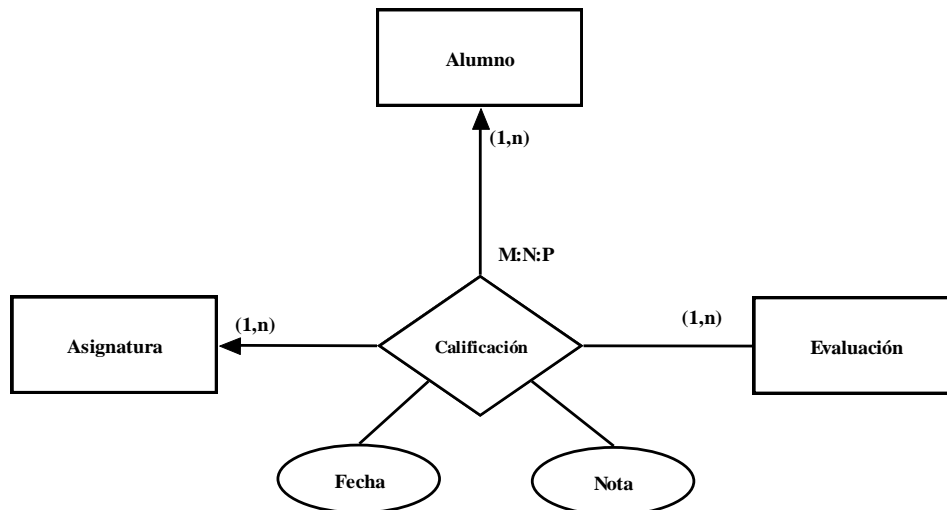


Ilustración 3-34. Relación Ternaria

Para determinar la cardinalidad de la Entidad E1 que participan en una relación de grado 3 y en general para relaciones de grado $k \geq 3$, se fija una combinación de dos instancias de las entidades restantes; y se calcula el número mínimo y máximo de instancias de E1 que se relacionan con dicha combinación.

Veamos cardinalidades de Alumno, Asignatura y Evaluación con la relación ternaria Calificación:

- Alumnos: fijamos las entidades restantes Asignatura y Evaluación, así formulamos la siguiente pregunta “¿En una Asignatura y en una Evaluación cuántos alumnos se califican como mínimo y como máximo?” **(1,n)**
- Asignatura: fijamos las entidades Alumno y Evaluación, y formulamos “¿En una Evaluación y con un Alumno cuántas asignaturas califica; como mínimo y como máximo?” **(1,n)**
- Evaluación: fijamos las entidades Asignatura y Alumno. “¿En una Asignatura y con un Alumno cuántas evaluaciones se califican; como mínimo y como máximo?” **(1,n)**

El tipo de correspondencia de la relación Calificación es **M:N:P** determinada por la cardinalidad máxima de cada una de las entidades. En la figura 3.34 vemos como quedaría el diagrama Entidad Relación con la inclusión además de los atributos Fecha y Nota que formarán parte de la Relación Ternaria “Calificación”.

Por último se muestran ejemplos de algunas ocurrencias de la relación Calificación:

- $\{(CodAlumno,1), (CodAsignatura, 2), (CodEvaluacion, 3), (Fecha, "12/12/2015"), (Nota, 6.28)\}$
- $\{(CodAlumno,2), (CodAsignatura, 2), (CodEvaluacion, 3), (Fecha, "12/12/2015"), (Nota, 7.28)\}$
- $\{(CodAlumno,2), (CodAsignatura, 1), (CodEvaluacion, 3), (Fecha, "12/12/2015"), (Nota, 6.28)\}$

3.5 Extensiones Modelo Entidad Relación

Posteriormente al modelo E/R propuesto por Chen se realizaron algunas extensiones para darle más riqueza semántica. Esto significa que se le han añadido nuevos conceptos para que el modelo se adapte mejor a la realidad que queremos modelar, es decir, recoja mayor semántica.

Vamos a introducir algunos de estos nuevos conceptos retomando el ejemplo visto en el apartado anterior sobre una empresa en el que habíamos representado la relación que existía entre los empleados y los departamentos de la empresa.

Supongamos que la empresa es un consorcio de distintas librerías especializadas en libros y revistas informáticas llamada INTERFAZ. Sabemos que los empleados de INTERFAZ están asignados a un departamento y que la relación entre EMPLEADO y DEPARTAMENTO se representa como se indica en la figura 3.35.

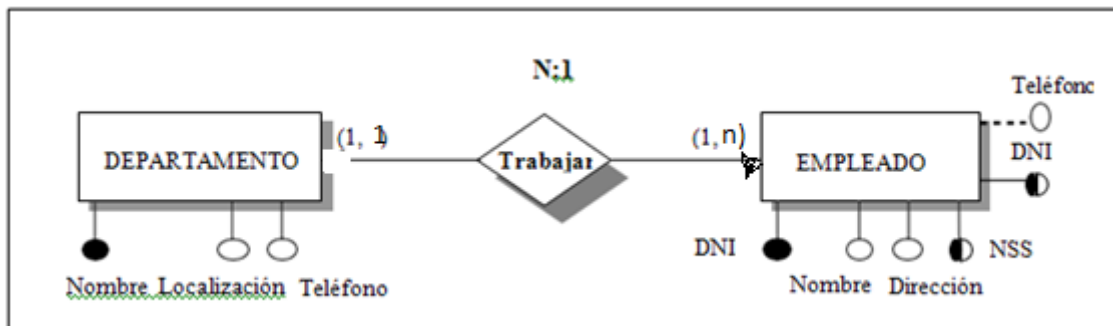


Ilustración 3-35. Relación Trabaja en

3.5.1 Entidades Fuertes y Débiles

En apartados anteriores se estudió que las entidades en un esquema E/R son los objetos principales sobre los que debe recogerse información y generalmente denotan personas, lugares, cosas o eventos de interés. En esta sección vamos a estudiar cómo las entidades pueden clasificarse por la fuerza de sus atributos identificadores.

Las **entidades fuertes o regulares** tienen existencia propia, es decir, poseen identificadores internos que determinan de manera única la existencia de sus ejemplares.

Las **entidades débiles** son dependientes de otras entidades y pueden serlo por dos motivos:

- bien porque la existencia de sus ejemplares en la base de datos depende de una entidad fuerte
- bien porque sus ejemplares requieran para su identificación de los atributos identificadores (algunas veces llamados atributos externos) de otra entidad.

El concepto de entidad débil está directamente relacionado con las restricciones de tipo semántico del MER, y más concretamente con la denominada **Restricción de Existencia**, es decir, cuando la existencia de una entidad no tiene sentido sin la existencia de otra.

Por ejemplo, los ejemplares correspondientes a los alumnos del MENTOR no dependen de ninguna otra entidad para existir en la base de datos; por ello la entidad ALUMNO es una

entidad fuerte. Sin embargo, en el caso de una base de datos de una cadena hotelera podríamos tener el tipo de entidad HABITACIÓN dependiente del tipo de entidad HOTEL ya que para que existan ejemplares de HABITACIÓN es necesario que existan ejemplares de HOTEL. Una ejemplar de HABITACIÓN no tiene existencia por sí misma porque siempre estará asociada a una ejemplar de HOTEL. Además, si se elimina un determinado ejemplar de la entidad HOTEL de la base de datos también deberán desaparecer los ejemplares de la entidad HABITACIÓN asociadas a él.

La representación de una entidad débil difiere de la de una entidad regular pues el rectángulo de la entidad débil es de doble recuadro como se muestra en la figura 3.36.



Ilustración 3-36. Entidad Débil

3.5.2 Relaciones Fuertes y Débiles

La clasificación anterior entre entidades fuertes y débiles da lugar a dos tipos de interrelaciones según los tipos de entidades que asocian.

Las **interrelaciones fuertes** relacionan tipos de entidades regulares o fuertes. La gran mayoría de las relaciones binarias que hemos visto hasta ahora son regulares o fuertes.

Las **interrelaciones débiles** relacionan un tipo de entidad regular y un tipo de entidad débil. Ya dijimos que una entidad débil es aquella que depende de otra entidad, pues bien, dependiendo del tipo de dependencia, existen dos tipos de relaciones débiles:

- Dependencia en existencia.
- Dependencia en identificación

3.5.2.1 Dependencia en existencia

Este tipo de interrelación refleja que los ejemplares del tipo de entidad débil que se relacionan con un determinado ejemplar del tipo de entidad regular dependen de él y, si éste desaparece, ellos también. O dicho de una forma más formal

- a) *“Una entidad B tiene dependencia en existencia de otra entidad A cuando eliminando una ocurrencia de A no tiene sentido seguir manteniendo en el modelo las ocurrencias de B relacionadas”.*

Muchas veces para comprobar dicha dependencia se pregunta:

- b) Pregunta ¿Tiene sentido dejar en el modelo ocurrencias de B si se elimina una ocurrencia de A con la que está relacionada?. Si la respuesta es NO existe dependencia en Existencia

Veamos un ejemplo que clarifique esta definición:

Supongamos que la empresa INTERFAZ necesita conocer los datos de los familiares que están a cargo de cada empleado de la empresa (cónyuge, hijos, etc.) para de esta manera apoyar a aquellos cuya carga familiar sea numerosa.

Para saber los familiares que dependen de cada empleado debemos crear un nuevo tipo de entidad, que denominaremos FAMILIAR, cuyos atributos podrían ser el DNI (como IP), el nombre completo y parentesco con el empleado. Como se puede observar, la existencia de un miembro de la familia depende plenamente de que ese miembro tenga a una persona de su familia trabajando en la empresa, o lo que es lo mismo que exista un ejemplar de EMPLEADO que este relacionado con él; es decir, los familiares sólo existen en la base de datos si existe un empleado con el que se relacionen y si un determinado EMPLEADO se va de la empresa, entonces se eliminarán todas los ejemplares de FAMILIAR que dependan de él. Así, tenemos una interrelación de dependencia en existencia entre EMPLEADO y FAMILIAR representada como muestra la figura 3.37.

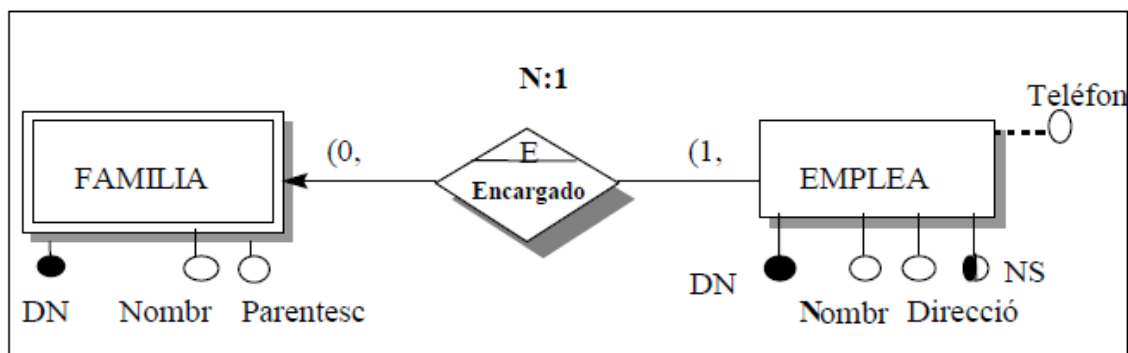


Ilustración 3-37. Dependencia en Existencia

En nuestra notación EN2002 las Relaciones Débiles con Dependencia en Existencia se representan en el diagrama E/R con doble borde y una E en el interior.

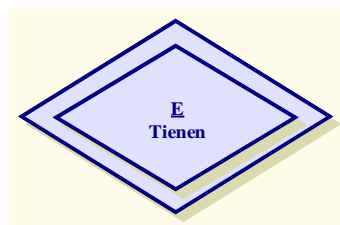


Ilustración 3-38. Dependencia en Existencia

El ejemplo anterior con la notación que vamos a usar en el curso quedaría de la siguiente forma:

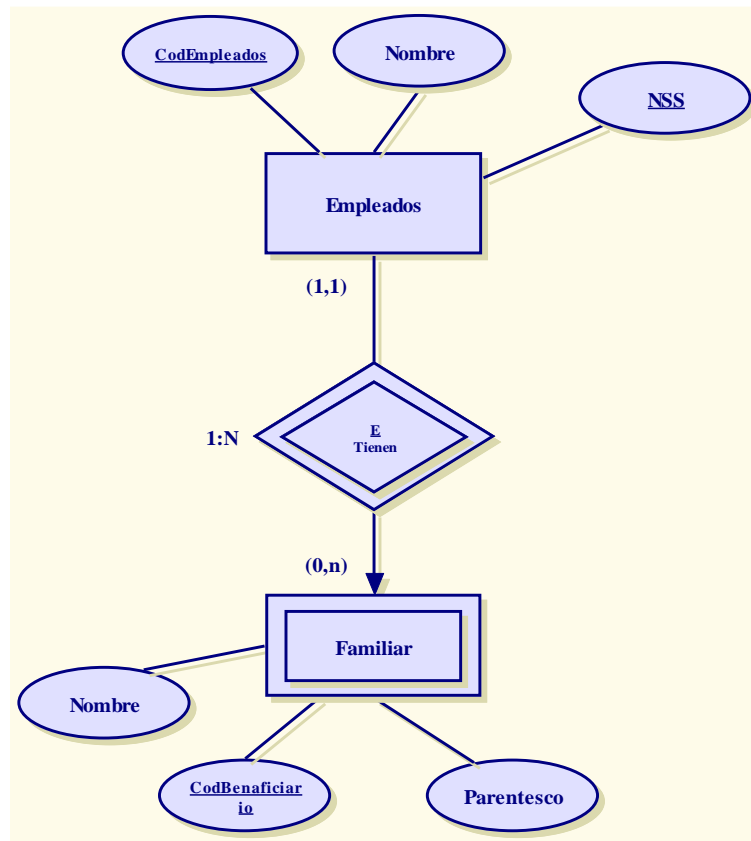


Ilustración 3-39. Representación Completa Dependencia Existencia

3.5.2.2 Dependencia en Identificación

Se produce cuando una entidad B tiene dependencia en existencia de otra entidad A y además una ocurrencia de la Entidad Débil B no puede identificarse por sí misma, necesita la clave primaria de la ocurrencia de A relacionada. En estos casos la AIP de la Entidad Débil se forma mediante la unión del AIP de la Entidad Fuerte A más el AIP de la Entidad Débil B.

c) Su clave es (clave_entidad_regular, clave_entidad_débil)

Este tipo de interrelación complementa a la anterior en que, además de que los ejemplares del tipo de entidad débil dependen de la existencia de un ejemplar de la entidad regular, también necesitan para su identificación el IP de la entidad regular. Así, veíamos anteriormente que la entidad HABITACIÓN era débil respecto al HOTEL al que pertenece. Si construimos la interrelación existente entre ambas entidades debemos pensar si el atributo "Nº de Habitación" de la entidad HABITACIÓN es suficiente para identificar cada ejemplar de esta.

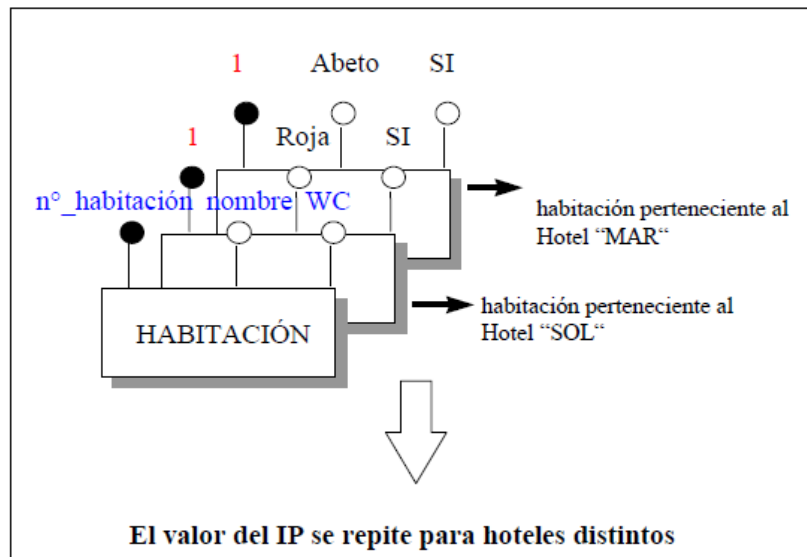


Ilustración 3-40. Ocurrencias de la Entidad Habitación

Como se muestra en la figura 3.40 el IP, es decir, el número de habitación se repite para distintos hoteles (la habitación número 1 existe en el hotel “Mar” y en el hotel “Sol”). Para solucionar este problema, existen dos caminos:

- La primera consiste en cambiar el IP, por ejemplo, poner el nombre de la habitación como IP; esto significa que los nombres de la habitación no pueden repetirse en los distintos hoteles y esto no es posible asegurarlo.
- La segunda, y más razonable, consiste en crear una interrelación débil de dependencia en identificación, es decir, los ejemplares de la entidad débil requieren para su identificación de los atributos identificadores de la entidad fuerte. Así, cada ejemplar de HABITACIÓN está identificada por la concatenación de su número y del nombre del hotel en que se encuentra. Por ejemplo, la habitación 1 “Sol”, habitación 1 “Mar”, etc. Su representación es la que se muestra en la figura 3.41.

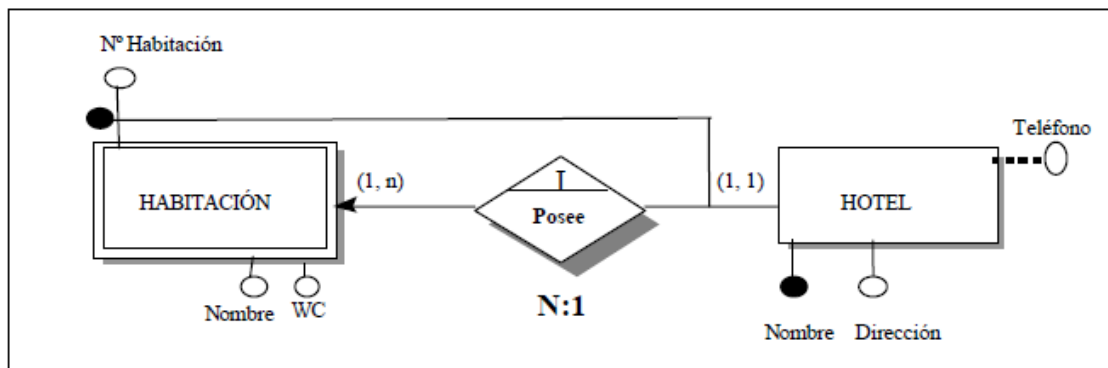


Ilustración 3-41. Dependencia en Identificación

Las relaciones débiles que impliquen una dependencia en Identificación se representan en la notación EN2002 con doble borde y una ID o I en su interior, además del nombre de la relación:

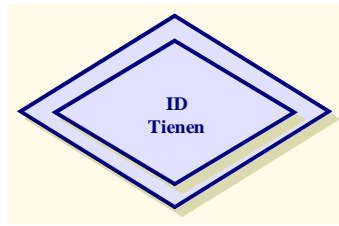


Ilustración 3-42. Notación Dependencia en Identificación

Aplicando nuestra notación veamos cómo quedaría la relación los libros tienen ejemplares:

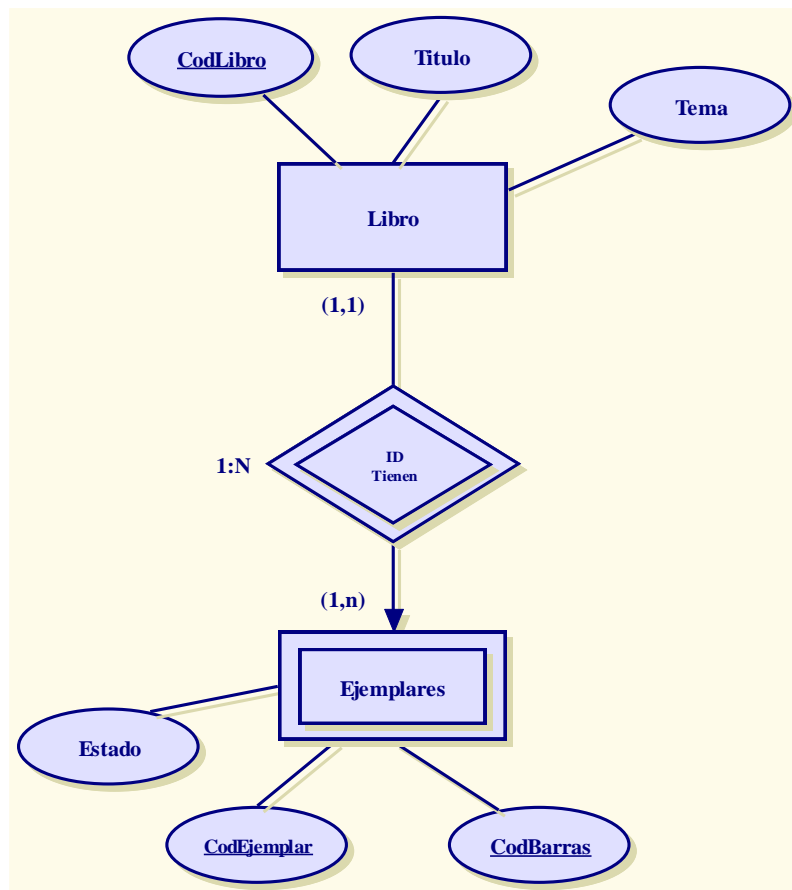


Ilustración 3-43. Representación Libros Tienen Ejemplares

3.5.3 Jerarquías: Generalización y Especialización

En muchas ocasiones varias entidades comparten ciertos atributos y/o relaciones o, inversamente que un grupo de ocurrencias de una misma entidad se diferencian de otro grupo en que poseen atributos y/o relaciones propias.

Para reflejar lo expuesto anteriormente se añade al Modelo E/R el concepto de **Jerarquía**.

Consiste en una entidad llamada **supertipo** que agrupa atributos e interrelaciones comunes a los distintos **subtipos** que son versiones reducidas del supertipo con sus propios atributos y relaciones. Entre el Supertipo y los subtipos se establece una relación “Es Un” o “Es un tipo de”. La representación gráfica quedaría como se muestra en la figura 3.44.

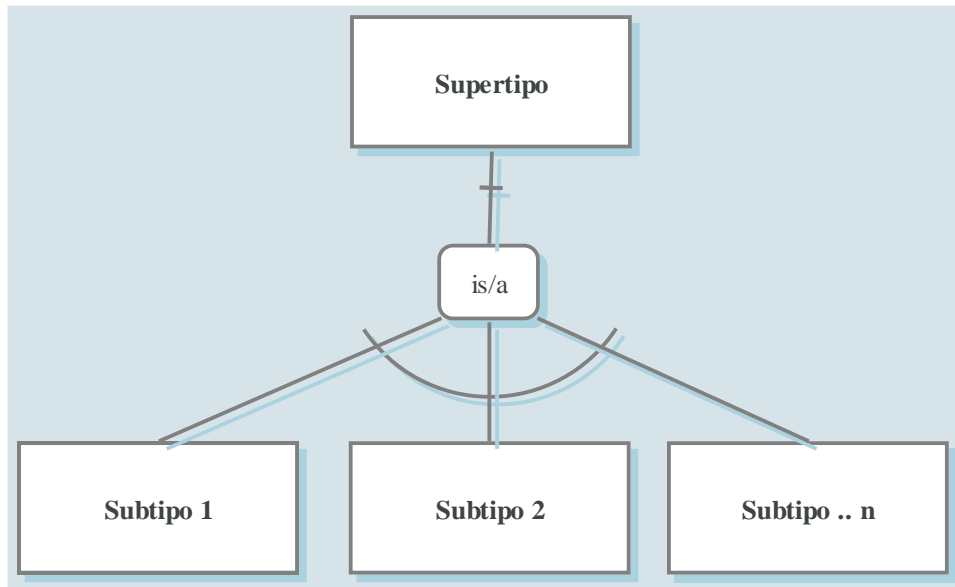


Ilustración 3-44. Jerarquías

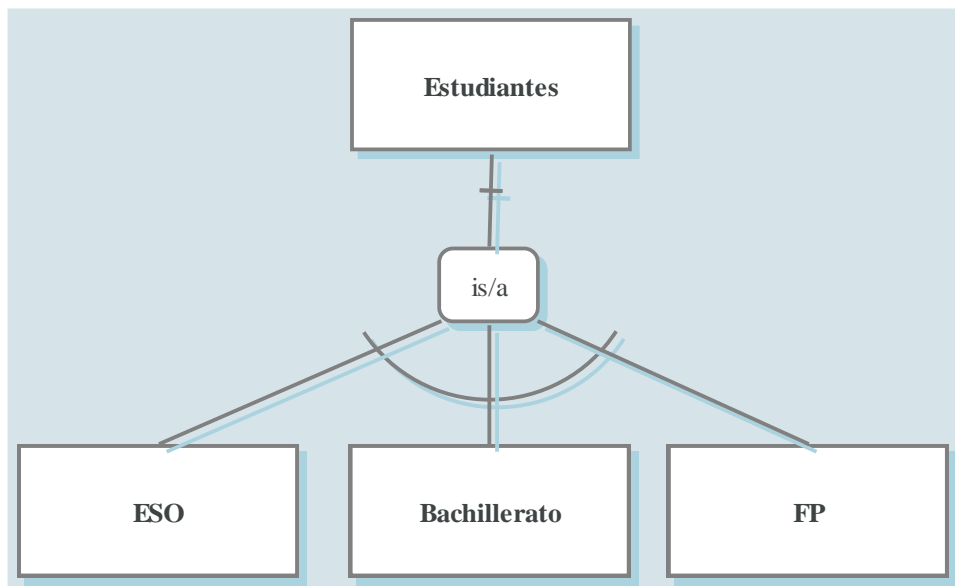


Ilustración 3-45. Ejemplo Jerarquía

3.5.3.1 Características de las jerarquías

Características generales que determinan las jearquías son las siguientes:

- Una instancia de subtipo también es instancia del supertipo, las cardinalidades serán: (1,1) en el supertipo y (0,1) o (1,1) en el subtipo
- Una instancia no puede existir sólo por ser miembro de un subtipo: también debe ser miembro del supertipo
- Una instancia del supertipo puede no ser miembro de ningún subtipo

- Un subtipo puede tener atributos propios (específicos) y participar en relaciones por separado
- Un subtipo hereda todos los atributos del supertipo, y toda relación en la que participa el supertipo

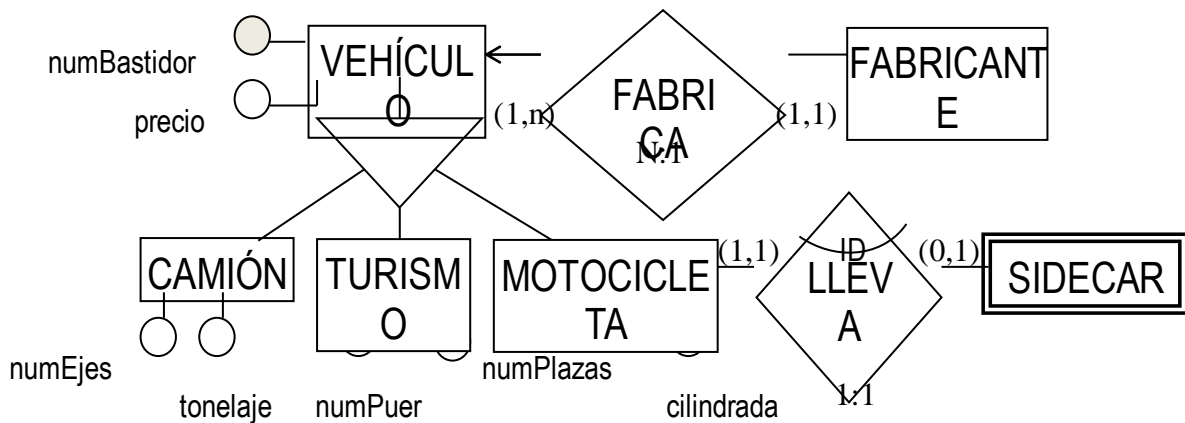


Ilustración 3-46. Características Jerarquías

3.5.3.2 Tipos de Jerarquías

Las jerarquías se pueden formar por:

- **Especialización**, varias ocurrencias de una entidad se diferencian en algún atributo y/o relación, por lo que se crea un subtipo para reflejar es hecho. Se trata de convertir una entidad (supertipo) en varias entidades (subtipos) a los cuales se le asignan los atributos y/o las relaciones específicas.
- **Generalización**, cuando varias entidades comparten atributos y/o relaciones de manera que se crea un supertipo común a todas ellas. Se trata de convertir varias entidades en una sola entidad con los atributos comunes.

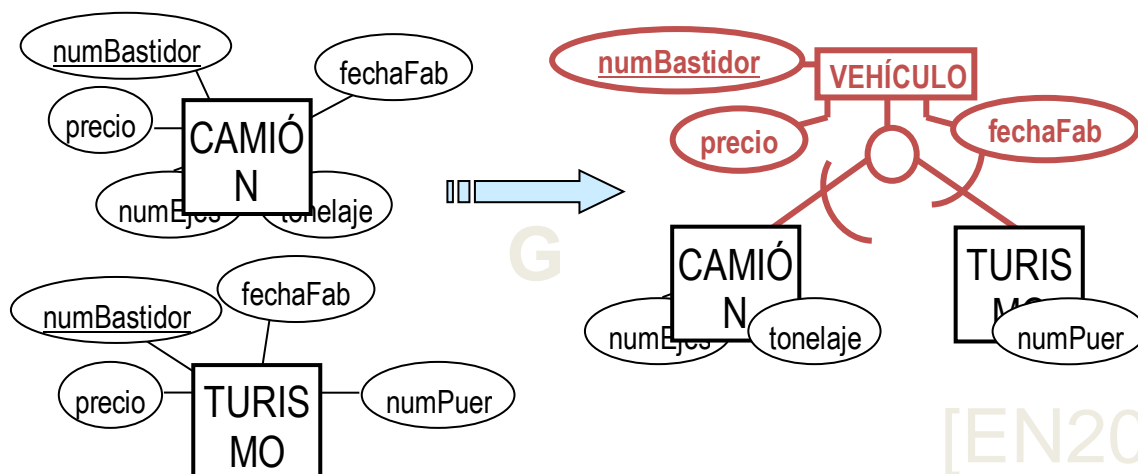


Ilustración 3-47. Ejemplo de Generalización

3.5.3.3 Restricciones de las Jerarquías

Sobre las jerarquías se pueden aplicar dos tipos de restricciones

- Restricciones de Disjunción
- Restricciones de Completitud

Restricciones de Disjunción

- ¿A cuántos subtipos puede pertenecer a la vez una instancia del supertipo?

Disjunta.

Cuando una instancia del supertipo puede ser miembro de, como máximo, una de los subtipos.

Notación

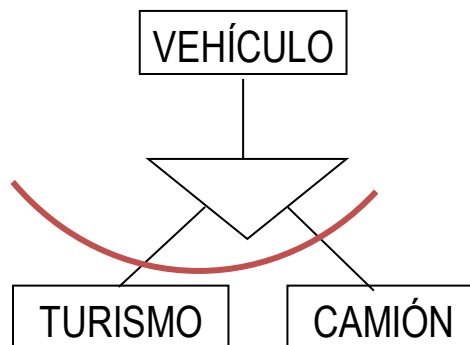


Ilustración 3-48. Notación Jerarquía Disjunta

Solapada

Cuando una instancia del supertipo puede ser, a la vez, miembro de más de un subtipo

Notación

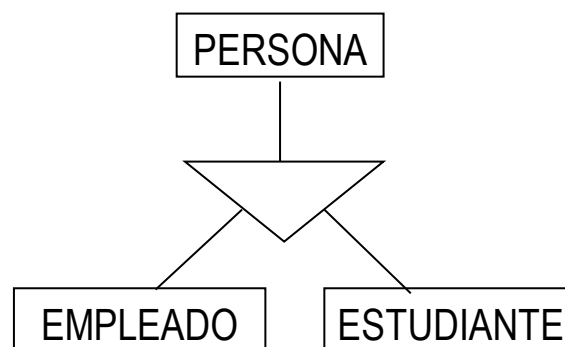


Ilustración 3-49. Notación Jerarquía Solapada

Restricción de Completitud

- ¿Toda instancia del supertipo es miembro de alguno de los subtipos?

Total

Cuando toda instancia del supertipo debe ser instancia de alguno de los subtipos

Notación

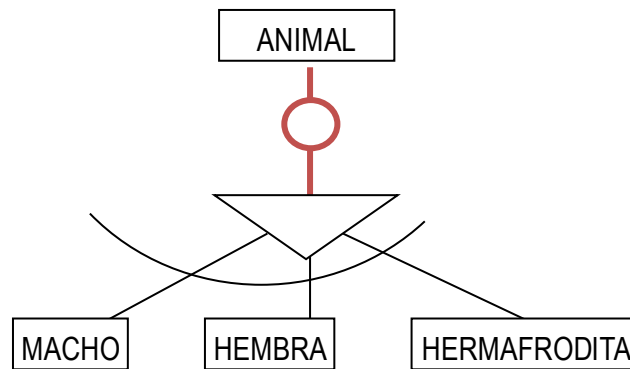


Ilustración 3-50. Notación Jerarquía Total

Parcial

Cuando alguna de las instancias del supertipo no pertenezcan a ninguno de los subtipos.

Notación

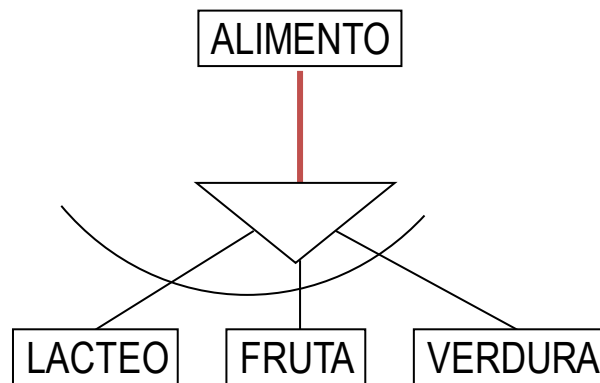


Ilustración 3-51. Notación Jerarquía Parcial

Las restricciones de disyunción y completitud son independientes entre sí y dan lugar a 4 tipos de jerarquías:

- Disjunta y Total
- Disjunta y Parcial
- Solapada y Total
- Solapada y Parcial

Vemos un ejemplo de cada uno de estos tipos:

Disjunta Total

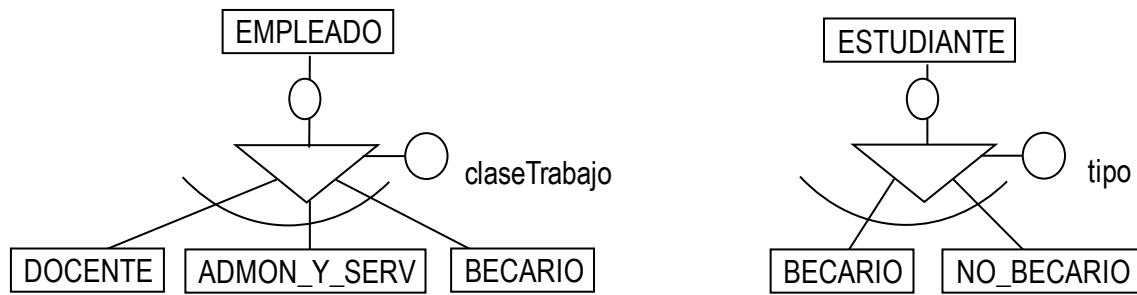


Ilustración 3-52. Disjunta y Total

Disjunta Parcial

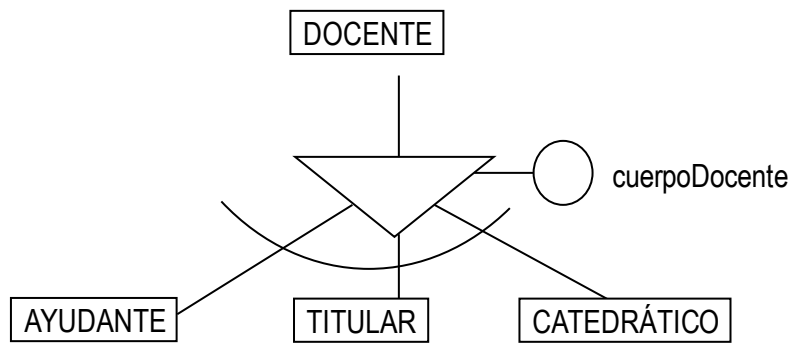


Ilustración 3-53. Disjunta y Parcial

Solapada Total

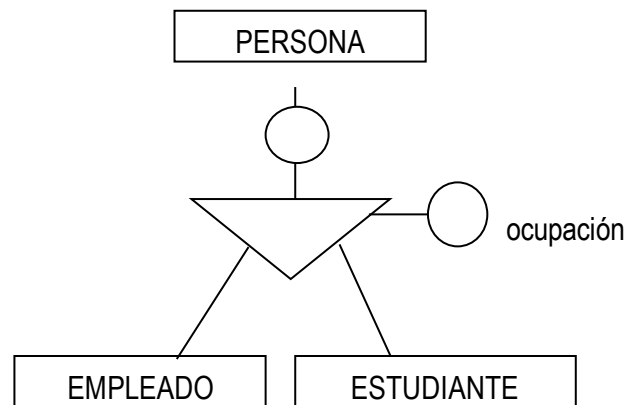


Ilustración 3-54. Jerarquía Solapada Total

Solapada Parcial

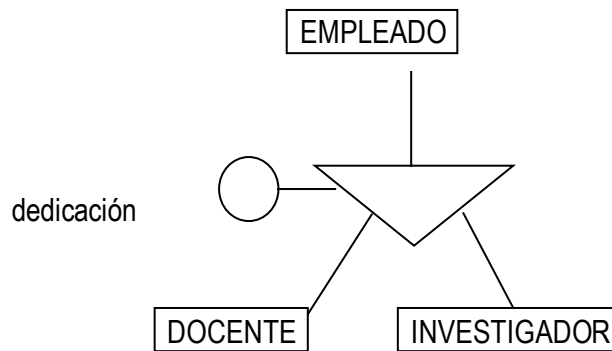


Ilustración 3-55. Jerarquía Solapada Parcial

3.6 Caso Práctico

Para este caso práctico se ha pensado en una continuación del ejemplo que se ha ido desarrollando a lo largo de este capítulo sobre el diseño de una Base de Datos que recoja información acerca del proyecto llevado a cabo por el Ministerio de Educación y Ciencia denominado MENTOR. Hay que tener en cuenta que los supuestos semánticos de este ejemplo son hipotéticos.

3.6.1 Análisis de Requisitos

A continuación se expondrán los requisitos que se van considerar en este apartado para llevar a cabo el diseño de la base de datos. Dicho proyecto se encarga de ofertar cursos por Internet para alumnos del territorio nacional:

- La información que se desea almacenar en la Base de Datos se refiere a los alumnos matriculados en cada curso, teniendo en cuenta la fecha de inicio y la fecha de finalización de cada alumno en un determinado curso y sabiendo que un alumno se ha podido matricular de uno o varios cursos y que un curso tiene como mínimo un alumno.
- De los alumnos se desea saber el DNI, nombre completo, dirección, teléfono, nacionalidad, pero sólo interesa saber si la nacionalidad es española o no, y la dirección de correo electrónico. La dirección de correo electrónico es imprescindible para poder realizar los cursos y además es única para cada alumno.
- La información referente a los cursos consta del nombre, título del libro de consulta que se utiliza (aunque existen cursos que no lo poseen) y dirección de Internet donde se encuentra todo el material que se puede utilizar durante el curso.
- Cada curso tiene asociado un grupo de personas expertas, llamadas tutores, que son las encargadas de resolver las dudas propuestas por los alumnos, la evaluación de los mismos e incluso el hombro para que estos se desahoguen. Dentro de los tutores de un mismo curso existe una figura importante que es la de coordinador que se encarga de realizar labores de unificación y planificación. No hay que olvidar que una persona experta puede ser tutora de varios cursos y que además un coordinador de curso es un tutor. La información que se quiere almacenar en la BD acerca de los tutores es la siguiente: DNI, nombre completo y dirección de correo electrónico.
- El proyecto MENTOR, además, tiene en cuenta que ha de facilitar a los alumnos el acceso a Internet y por lo tanto ha instalado aulas con todos los servicios necesarios para el pleno desarrollo de los cursos.

- Cada alumno pertenece a un aula y el mantenimiento tanto de los ordenadores como de los programas se lleva a cabo por los administradores de aula.
- Cada aula tiene asignado un código único, un nombre y una dirección.
- La información que se necesita de cada administrador es su DNI, nombre completo, dirección de correo electrónico.

3.6.2 Diseño Propuesto

Para realizar el diseño conceptual de la BD en el modelo E/R seguiremos una serie de pasos que nos ayudarán a identificar los elementos básicos del modelo. Estos pasos son iterativos, es decir, un esquema E/R se construye según distintas fases de refinamiento. Además, las soluciones no son únicas, cada diseñador puede ver el mundo real de distinta forma, dando lugar a distintos esquema E/R válidos. Sin embargo, si se puede estudiar si un determinado esquema E/R refleja mejor que otro los supuestos semánticos del enunciado. No hay que olvidar que en el esquema E/R de una base de datos hay que recoger la mayor semántica posible y no dejar para las siguientes fases de desarrollo (diseño lógico e implementación) ningún supuesto semántico, siempre que sea posible.

Proceso:

1. Identificación y enumeración de las posibles Entidades
2. Identificación y enumeración de las Relaciones
3. Representación gráfica de las Interrelaciones
4. Esquema Entidad Relación definitivo

3.6.2.1 Identificar y enumerar las Entidades

Consiste en identificar y enumerar las posibles entidades teniendo en cuenta la siguiente heurística:

- *“En general, un tipo de entidad es un sustantivo dentro de una oración con una serie de propiedades o características”.* Por ejemplo, DNI del alumno, nombre del curso, etc...

En el texto presentamos en **negrita** y subrayado los tipos de entidad que hemos detectado.

- La información que se desea almacenar en la Base de datos se refiere a los alumnos matriculados en cada curso. Teniendo en cuenta la fecha de inicio de cada alumno en un determinado curso así como su fecha de finalización y sabiendo que un alumno se ha podido matricular de uno o varios cursos y que un curso tiene como mínimo un alumno.
- De los alumnos se desea saber el DNI, nombre completo, dirección, teléfono, nacionalidad, pero sólo interesa saber si la nacionalidad es española o no, y la dirección de correo electrónico. La dirección de correo electrónico es imprescindible para poder realizar los cursos y además única para cada alumno.
- La información referente a los cursos consta de nombre de este, título del libro de consulta que utiliza (aunque existen cursos que no lo poseen) y dirección de Internet donde se encuentra todo el material del que consta.
- Cada curso tiene asociado un grupo de personas expertas, llamadas tutores, que son las encargadas de resolver los problemas propuestos por los alumnos, la evaluación de los mismos e incluso el hombro para que estos se desahoguen. Dentro de los tutores de un mismo curso existe una figura importante que es la de coordinador que se encarga de

realizar labores de unificación. No hay que olvidar que una persona experta puede ser tutora de varios cursos y que además un coordinador de curso es un tutor. La información que se quiere almacenar en la BD acerca de los **tutores** es la siguiente: DNI, nombre completo y dirección de correo electrónico.

- El proyecto MENTOR, además, tiene en cuenta que ha de facilitar a los alumnos el acceso a Internet y por lo tanto ha instalado aulas con todos los servicios necesarios para el pleno desarrollo de los cursos.
- Cada alumno pertenece a un aula y el mantenimiento tanto de los ordenadores como de los programas se lleva a cabo por los administradores de aula.
- Cada **aula** tiene asignado un código único, un nombre y una dirección.
- La información que se necesita de cada **administrador** es su DNI, nombre completo, dirección de correo electrónico.

Los tipos de entidades que hemos localizado son: ALUMNO, CURSO, TUTOR, AULA y ADMINISTRADOR. Del enunciado se podría deducir que COORDINADOR es también un tipo de entidad; dejamos para más adelante la discusión sobre si este concepto puede representarse como una entidad, un atributo o una interrelación.

Una vez determinado se elabora una tabla con las entidades y sus correspondientes atributos.

Entidades	
Nombre Entidad	Atributos
Alumno	DNI, Nombre, Dirección, Teléfono, Nacionalidad, Email
Curso	Nombre, Título Libro, Web
Tutor	DNI, Nombre, Email
Aula	Código, Nombre, Dirección
Administrador	DNI, Nombre, Email

3.6.2.2 Identificar y enumerar las relaciones

Identificar y enumerar las posibles interrelaciones, teniendo en cuenta la siguiente heurística:

- *“Una interrelación viene reflejada por un verbo dentro de una oración que normalmente relaciona dos entidades”*

En el texto aparece un número correlativo como superíndice en los verbos que indican la posible existencia de una interrelación:

- La información que se desea almacenar en la Base de datos se refiere a los alumnos matriculados¹ en cada curso. Teniendo en cuenta la fecha de inicio de cada alumno en un determinado curso así como su fecha de finalización y sabiendo que un alumno se ha podido matricular de uno o varios cursos y que un curso tiene como mínimo un alumno.
- De los **alumnos** se desea saber el DNI, nombre completo, dirección, teléfono, nacionalidad, pero sólo interesa saber si la nacionalidad es española o no, y la dirección de correo electrónico. La dirección de correo electrónico es imprescindible para poder realizar los cursos y además única para cada alumno.
- La información referente a los **cursos** consta de nombre de este, título del libro de consulta que utiliza (aunque existen cursos que no lo poseen) y dirección de Internet

donde se encuentra todo el material del que consta.

- Cada curso tiene asociado² un grupo de personas expertas, llamadas tutores, que son las encargadas de resolver los problemas propuestos por los alumnos, la evaluación de los mismos e incluso el hombro para que estos se desahoguen. Dentro de los tutores de un mismo curso existe una figura importante que es la de coordinador que se encarga de realizar labores de unificación. No hay que olvidar que una persona experta puede ser tutora de varios cursos y que además un coordinador de curso es un tutor. La información que se quiere almacenar en la BD acerca de los tutores es la siguiente: DNI, nombre completo y dirección de correo electrónico.
- El proyecto MENTOR, además, tiene en cuenta que ha de facilitar a los alumnos el acceso a Internet y por lo tanto ha instalado aulas con todos los servicios necesarios para el pleno desarrollo de los cursos.
- Cada alumno pertenece³ a un aula y el mantenimiento⁴ tanto de los ordenadores como de los programas se lleva a cabo por los administradores de aula.
- Cada aula tiene asignado un código único, un nombre y una dirección.
- La información que se necesita de cada administrador es su DNI, nombre completo, dirección de correo electrónico.

Para que nos sea más sencillo saber qué tipos de entidades están relacionadas vamos a construir una matriz donde en la primera fila y la primera columna se enuncian los tipos de entidad anteriormente enumerados y se señalará en el cruce de filas y columnas aquellas interrelaciones que hemos detectado. De esta forma se facilita también la identificación de posibles interrelaciones que no aparecen explícitamente expresadas en los supuestos semánticos del enunciado pero que son, bien de sentido común, bien deducidas del enunciado; estas interrelaciones también tienen que aparecer en el esquema E/R de la base de datos.

RELACIONES					
	ALUMNO	CURSO	TUTOR	AULA	ADMINISTRADOR
ALUMNO		Matricular ¹		Pertenecer ³	
CURSO			Asociar ² ¿Coordinar? ?		
TUTOR					
AULA					Mantener ⁴
ADMINISTRADOR					

En la tabla se muestra el nombre de las Relaciones y una numeración que indica el orden en el que han ido apareciendo en el texto; se muestran sombreadas las celdas que representan

interrelaciones simétricas a las definidas en el resto de las celdas. Además de las interrelaciones extraídas del texto hay que estudiar si en las celdas vacías deberían aparecer nuevas interrelaciones. Así, podría existir la interrelación Coordinar entre TUTOR y CURSO; dejaremos esta interrelación entre interrogaciones con el fin de estudiar posteriormente si debe reflejarse de esta forma.

3.6.2.3 Representación Gráfica de las Relaciones

El proceso consiste en representar en notación Diagrama Entidad Relación las relaciones estudiando el Tipo de Correspondencia y las Cardinalidades de las Entidades participantes, con los atributos correspondientes.

3.6.2.3.1 Relación Matricular

Tanto los atributos de CURSO como de ALUMNO se presentaron a lo largo del capítulo, pero recordamos que el IP (identificador principal) de CURSO es Nombre y el de ALUMNO es DNI. Tanto el atributo WWW como el e-mail son identificadores alternativos, es decir, los valores que toman para cada elemento del tipo de entidad CURSO o ALUMNO son únicos; Los atributos Libro y Teléfono son opcionales.

La figura 3.56 muestra el esquema E/R correspondiente a la interrelación Matricular.

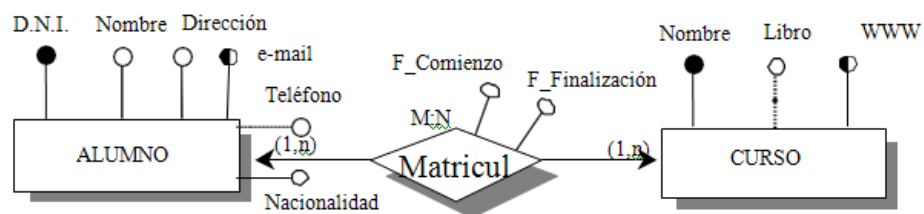


Ilustración 3-56. Relación Matricular

3.6.2.3.2 Relación Asociar

Antes de analizar las propiedades de la interrelación Asociar veamos los atributos del tipo de entidad TUTOR.

Según se muestra en el enunciado, la información que se requiere para los tutores es: DNI, nombre completo y dirección de correo. De estos tres atributos tenemos que elegir cual de ellos puede ser el IP. Elegiremos el DNI aunque bien podría ser la dirección de correo si esta es única. Por lo que el e-mail será un atributo alternativo y el nombre completo un atributo obligatorio.

El tipo entidad y sus atributos quedan representados como muestra la figura 3.57

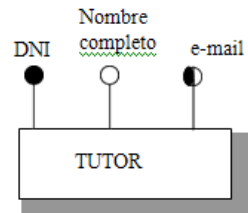


Ilustración 3-57. Atributos Tutor

La interrelación Asociar relaciona las entidades TUTOR y CURSO; tenemos que estudiar el tipo de correspondencia y las cardinalidades máximas y mínimas para completar las propiedades de la interrelación.

Si leemos detenidamente las especificaciones del texto tenemos que un tutor puede realizar sus labores en varios cursos y que en un curso puede ser tutorado por varias personas expertas (tutores) por lo tanto el Tipo de Correspondencia de la Relación es N:M o muchos a muchos.

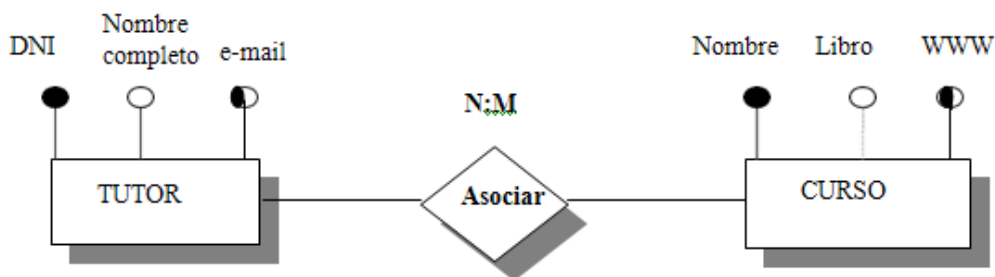


Ilustración 3-58. Relación Asociar

Veamos ahora las cardinalidades máximas y mínimas del tipo de entidad CURSO en la interrelación Asociar; para ello, tenemos que mirar al tipo de entidad TUTOR y preguntarnos:

- ¿Un Tutor a cuántos Cursos puede estar asociado? (Mínimo). La respuesta podría ser 0 si consideramos que podemos tener tutores que en un momento dado no estén tutorando ningún curso, o, por el contrario, podríamos poner un 1 con lo que supondríamos que todos los tutores que tenemos en nuestra base de datos siempre estarán ocupados con algún curso. Nos quedamos con la primera alternativa para poder dejar descanso a los tutores. De esta forma la cardinalidad mínima es 0.
- ¿Un Tutor a cuántos Cursos puede estar asociado? (Máximo). En este caso, como en las especificaciones no se restringe el número de cursos que un tutor puede impartir, la cardinalidad máxima será N.

Gráficamente, representamos las cardinalidades de la entidad CURSO (Figura 3.59).

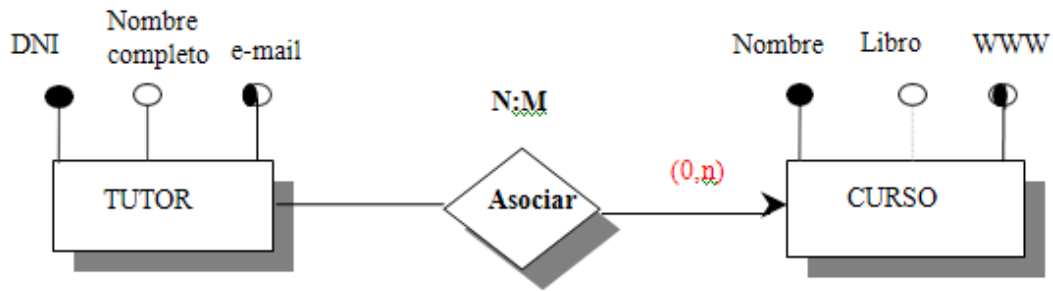


Ilustración 3-59. Cardinalidad de la Entidad Curso

De forma análoga se razonaría para el caso de las cardinalidades asociadas a TUTOR (figura 3.60).

- ¿Un curso como mínimo a cuántos Tutores puede estar asociado? (cardinalidad mínima 1) y como máximo por N (cardinalidad máxima N).

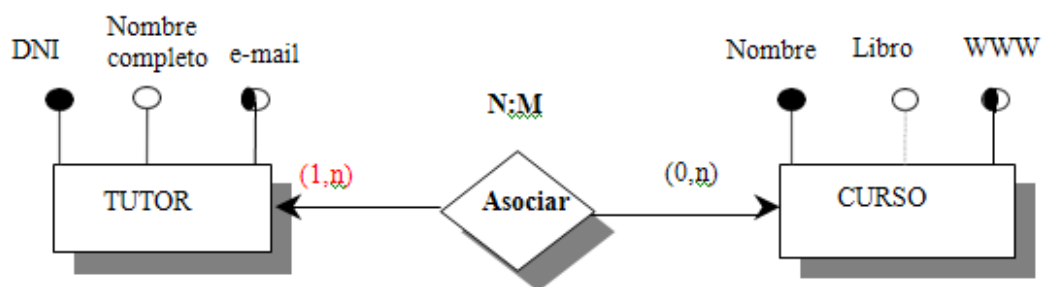


Ilustración 3-60. Cardinalidad de Tutor

En los pasos 1 y 2 dejamos sin estudiar el concepto de coordinador de los cursos. Volviendo a releer el texto nos preguntamos ¿qué pasa con la figura del coordinador?, ¿cuál sería su representación?

Como bien se indica en los supuestos semánticos del enunciado, el coordinador es también un tutor y, además, puede desarrollar una función añadida de planificación en determinados cursos. Esto significa que un tutor en determinados cursos (pero solamente en aquellos donde participa) puede realizar dos labores: tutor y coordinador. Por lo que una solución puede ser considerar, dentro de la interrelación Asocia un atributo, Coordinador, definido dentro del dominio Verdad que toma los valores (SI, NO), y el cual nos indicará con el valor SI que un determinado tutor desarrolla la función de coordinador en un curso con el que se relaciona (Figura 3.61).

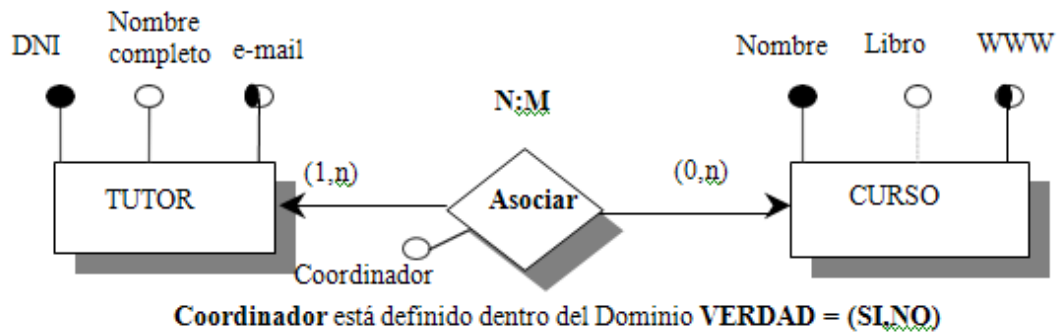


Ilustración 3-61. Coordinador

Analicemos como se interpreta el atributo Coordinador en la interrelación Asocia. El atributo Coordinador toma un valor para cada ejemplar de la interrelación Asocia; esto significa que como un determinado curso puede tener más de un tutor y el atributo Coordinador podría tomar el valor de SI en esas ejemplares de la interrelación Asocia, entonces estamos permitiendo en el esquema E/R que un curso tenga más de un coordinador. Esto significa que no respetamos uno de los supuestos semánticos del enunciado.

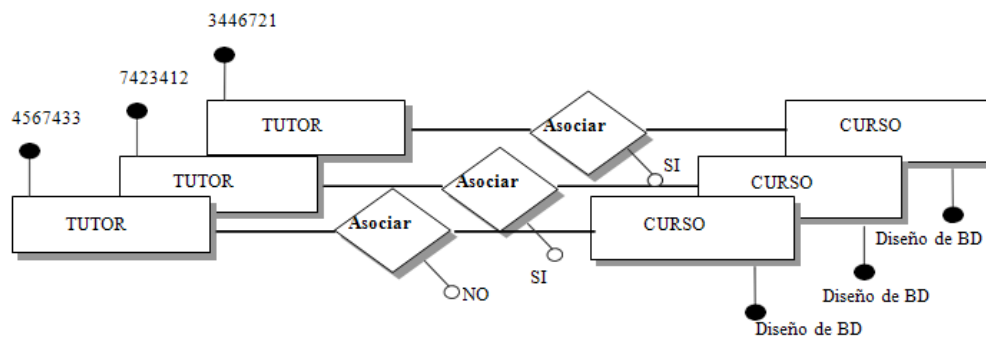


Ilustración 3-62. Ejemplares de Asociar

Veámoslo con los ejemplos de ejemplares de la interrelación mostrados en la figura 2.34; el curso “Diseño de BD” tiene tres tutores cuyos DNI son 3446721, 7423412, 4567433. El tutor con DNI 4567433 no es coordinador y los tutores con DNI 3446721 y 7423412 están definidos con coordinadores. Si no queremos violar la restricción semántica de que un curso no tenga más de un coordinador, entonces en el diseño lógico de la BD se debería definir algún mecanismo que cuando se haya definido un coordinador para un curso, entonces no se permita introducir ninguno más.

Sin embargo, la solución de la figura 3.63 si contempla la restricción semántica consistente en que los coordinadores de los cursos deben ser tutores de los mismos, es decir, no es posible definir un coordinador de un curso que no sea tutor del mismo.

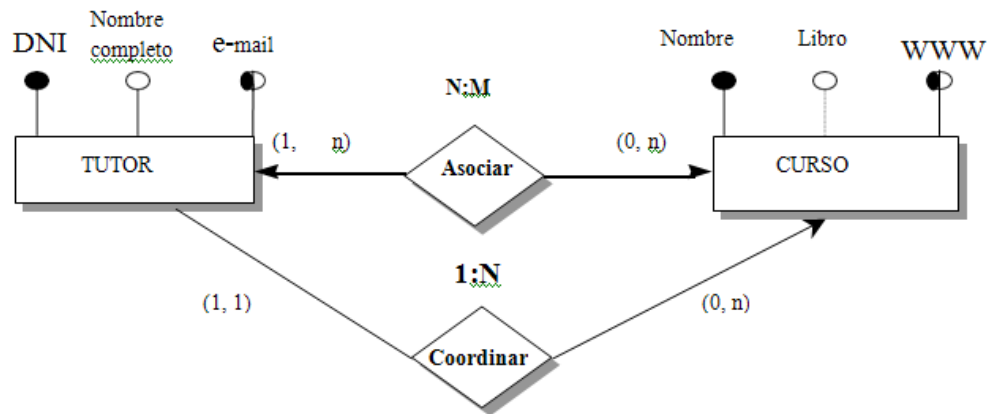


Ilustración 3-63. Relación Coordinar

Otra posible solución para representar la semántica de la figura de coordinador de un curso consiste en utilizar otra interrelación denominada Coordinar entre TUTOR y CURSO con las cardinalidades mostradas en la figura 3.63. La interrelación Coordinar representa que un determinado TUTOR puede ser coordinador de más de un CURSO y que un CURSO tiene uno y solo un TUTOR que lo coordina.

El esquema entidad relación obtenido hasta el momento sería

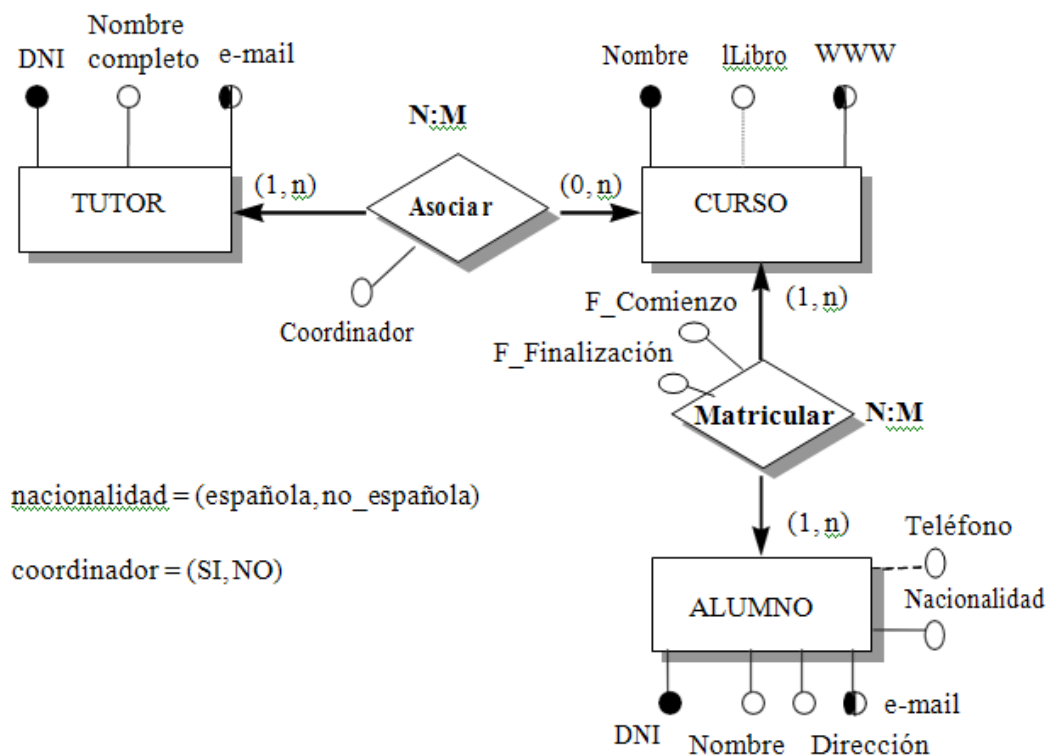


Ilustración 3-64. Diagrama E/R Parcial

3.6.2.3.3 Relación Pertenecer

Esta interrelación asocia las entidades ALUMNO y AULA. En primer lugar se representarán los atributos del tipo de entidad AULA que (código_aula, nombre y dirección). El código_aula será el IP, y el resto de atributos serán obligatorios.

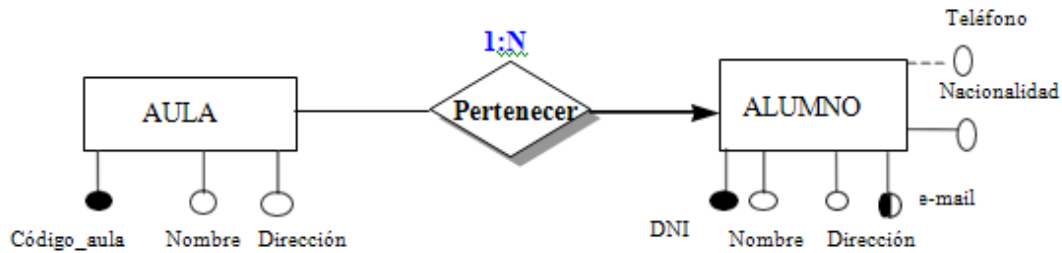


Ilustración 3-65. Relación Pertenecer

Para la interrelación Pertenecer tenemos un tipo de correspondencia de uno a muchos porque según el enunciado cada ALUMNO pertenece a un AULA (suponemos que un alumno no puede estar asociado a más de un aula); además, un AULA puede tener asociados varios ALUMNOS (figura 3.65).

Las cardinalidad mínima y máxima de ALUMNO es (1,n) ya que no tendría mucho sentido mantener un aula sin alumnos (figura 3.65). La cardinalidad mínima y máxima de AULA es (1,1) ya que un alumno está asociado a 1 sólo aula.

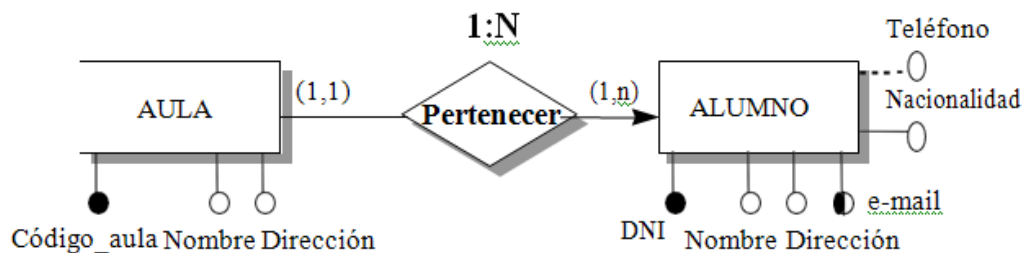


Ilustración 3-66. Cardinalidades AULA y ALUMNO

El esquema entidad relación obtenido hasta el momento se muestra en la figura 3.67

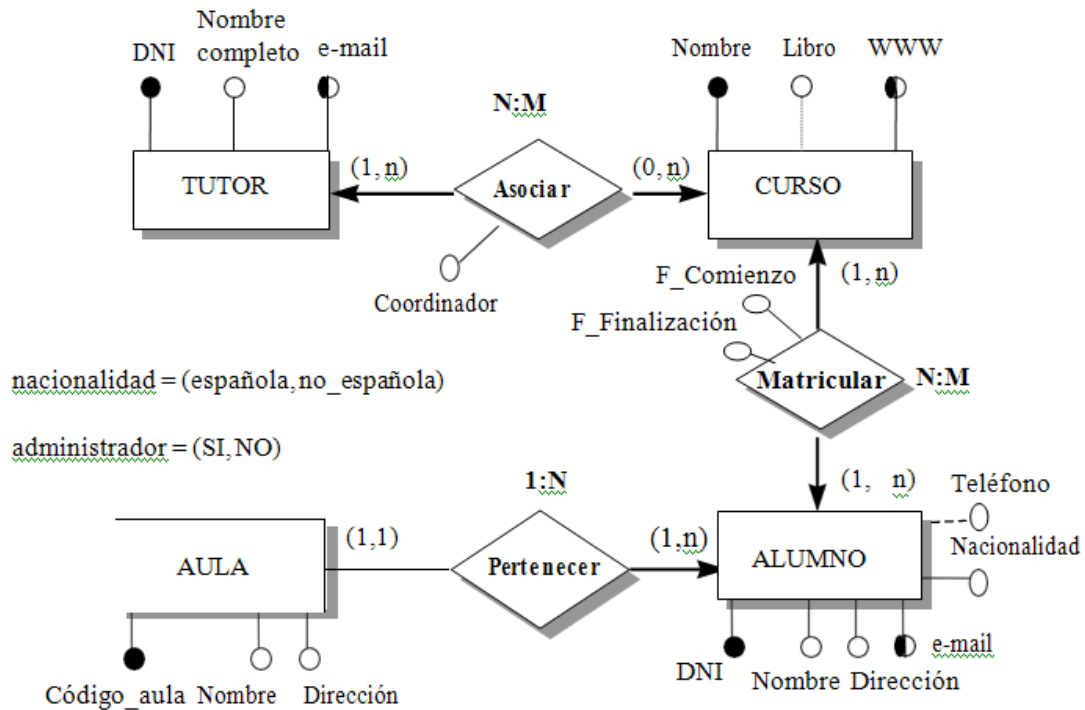


Ilustración 3-67. Esquema E/R parcial

3.6.2.3.4 Relación Mantener

La interrelación Mantener se da entre las entidades ADMINISTRADOR y AULA. Los atributos del tipo de entidad ADMINISTRADOR son DNI, nombre completo y e-mail y representan el IP, un atributo obligatorio y otro alternativo, respectivamente.

El tipo de correspondencia es de uno a muchos (1:N) ya que un ADMINISTRADOR solamente puede estar asignado a un AULA y sin embargo un AULA puede ser mantenida por más de un ADMINISTRADOR lo que nos indica también las cardinalidades: (1,n) para el tipo de entidad ADMINISTRADOR y (1,1) para el tipo de entidad AULA.

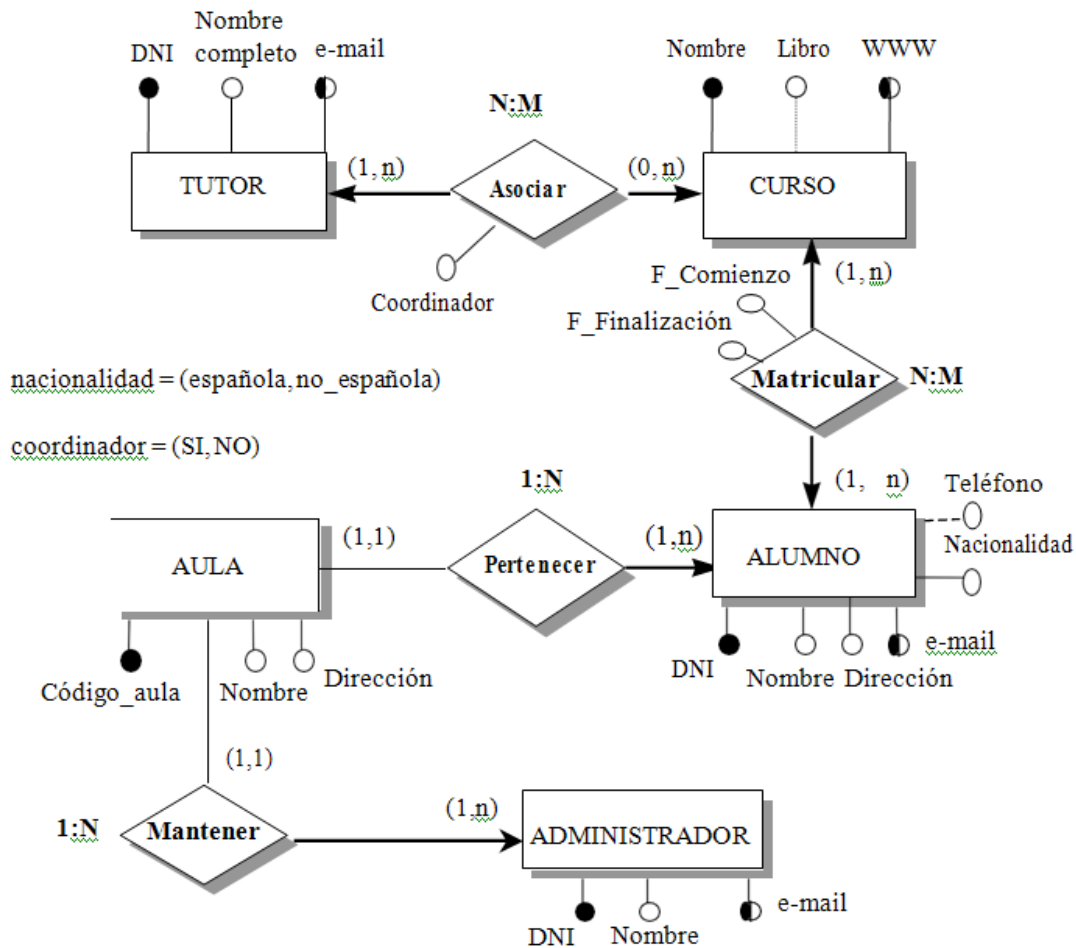


Ilustración 3-68. Esquema E/R Completo

Observando el esquema E/R final, las entidades TUTOR y ADMINISTRADOR tienen atributos comunes. Podemos identificar generalizaciones si encontramos una serie de atributos comunes a un conjunto de entidades; estos atributos comunes describirán al supertipo y los atributos particulares permanecerán en los subtipos. Puede ocurrir que los subtipos no tengan atributos propios, como es el caso que nos ocupa; en ese caso, sólo existirán subtipos si éstos van a participar en interrelaciones (aparte de las interrelaciones en las que participe el supertipo). Así, podemos tener, como muestra la figura 2.42, el supertipo PERSONA con los atributos DNI, nombre y e-mail y los subtipos TUTOR y ADMINISTRADOR que no tienen ningún atributo propio. Los subtipos TUTOR y ADMINISTRADOR siguen participando en las mismas interrelaciones que en la figura 2.41. Sin embargo, el supertipo PERSONA no participaría en ninguna interrelación; por ello, se ha optado por eliminar la generalización de la solución propuesta.

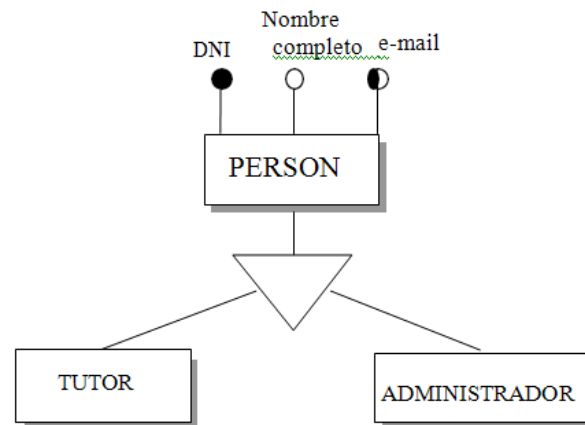


Ilustración 3-69. Generalización de Persona

3.6.2.4 Diagrama Entidad Relación Completo

