



TEMA 2: EL MODELO ENTIDAD-RELACION

2.1 Introducción:

El proceso de diseñar una Base de Datos comienza con el análisis de la información que debe contener y de las relaciones entre los componentes de esa información.

El diseño de una base de datos se realiza a dos niveles. El primero es el **nivel conceptual**, en la cual se contempla una estructura abstracta y no implementable directamente con un SGBD. El segundo es el **nivel físico**, en el cual la base de datos es ya implementable. Detalladamente, las fases del diseño de una base de datos son las siguientes:

1. Descripción en lenguaje natural.
2. Creación del Diagrama Entidad-Relación (E-R). También conocido como "diagrama de Chen". Estos diagramas modelizan el problema mediante entidades asociadas por relaciones. Adoptan la forma de grafos donde los datos se relacionan mediante flechas.
3. Elección del modelo de datos (usualmente el relacional).
4. Conversión del diagrama E-R al modelo relacional (tablas).
5. Normalización (eliminar diversos defectos de diseño).
6. Optimización (según criterios de almacenamiento interno, como el espacio en disco y el tiempo medio de acceso).

Las **tres primeras fases pertenecen al nivel conceptual del diseño de bases de datos** mientras que las **tres últimas se relacionan con el nivel físico**. Cuando se utiliza una base de datos para gestionar información, se está plasmando una parte del mundo real en una serie de tablas, registros y campos ubicados en un ordenador; creándose un modelo parcial de la realidad. Antes de crear físicamente estas tablas en el ordenador se debe realizar un modelo de datos.

El modelo de datos más extendido es el denominado **ENTIDAD-RELACIÓN (E-R)**. En el modelo E-R se parte de una situación real a partir de la cual se definen entidades y relaciones entre dichas entidades. El modelo E-R está basado en una percepción del mundo real consistente en objetos básicos llamados **entidades y relaciones** (Que vinculan o relacionan a las entidades). Es una técnica para el modelado de datos de un sistema de información utilizando diagramas entidad relación.

2.2 Conceptos Básicos:

Existen tres nociones básicas que emplea el modelo de datos E-R:

- **Conjuntos de Entidades.**
- **Conjuntos de Relaciones.**
- **Atributos.**

2.3 Conjuntos de Entidades

- **Entidad:** Representa una "cosa" u "objeto" del mundo real con existencia independiente, es decir, se diferencia unívocamente de cualquier otro objeto o cosa, incluso siendo del mismo tipo.



Ejemplos:

- Una **persona**.
- Un **automóvil**. (Aunque sean de la misma marca, el mismo modelo,..., tendrán atributos diferentes, por ejemplo, el número de motor).
- Una **casa** (Aunque sea exactamente igual a otra, aún se diferenciará en su dirección).

Una **entidad** puede ser un objeto con existencia física como: una persona, un animal, un casa, etc. (**entidad concreta**), o un objeto con existencia conceptual como: un puesto de trabajo, una asignatura de clases, un nombre, etc (**entidad abstracta**).

Una entidad está descrita y se representa por sus características o atributos. Por ejemplo, la entidad Persona puede llevar consigo las características: Numero de Cédula, Nombre, Apellido, Sexo, Estatura, Peso, Fecha de nacimiento, etc...

➤ **Conjunto de entidades:** Es una colección de entidades que comparten los mismos atributos o propiedades.

Un conjunto de entidades dentro de una entidad, tiene valores específicos asignados para cada uno de sus atributos, de esta forma, es posible su identificación unívoca.

➤ **Atributos:** Una entidad se representa mediante un conjunto de atributos. Los atributos describen propiedades que posee cada miembro de un conjunto de entidades.

Ejemplo: El Conjunto de Entidades **Estudiante** (no_carnet, nombre_est, edad, sexo):

Estudiante = { [01-00492-0,Juan, 22, M], [01-02365-0,Roberto, 24, M], [09-05263-0,María, 22, F] };

Representa a un conjunto entidad compuesto por tres entidades del mismo tipo donde cada entidad está compuesta por tres atributos que representan en el mundo real atributos como: Número de Carné, Nombre, Edad y el Sexo de un estudiante.



El mismo conjunto de entidades y sus atributos en forma tabular:

01-00492-0	Juan	22	M
01-02365-0	Roberto	24	M
09-05263-0	María	22	F

2.4 Atributos:

Dominio del Atributo: Es el conjunto de valores permitidos para un atributo en particular. Para cada atributo, existe un dominio del mismo, este hace referencia al tipo de datos que será almacenado o a restricciones en los valores que el atributo puede tomar (Cadenas de caracteres, números, solo dos letras, solo números mayores que cero, solo números enteros...). El dominio del atributo Nombre_cliente es el conjunto de todas las cadenas de texto con una cierta longitud máxima. Tomando en cuenta este último aspecto se puede definir el concepto de atributo de una manera más formal: Una función que asigna al conjunto de entidades un Dominio.

Dado que un conjunto de entidades puede tener diferentes atributos, cada entidad se puede describir como un conjunto de pares de la forma (atributo, valor), un par para cada atributo del conjunto de entidades.

Por ejemplo una entidad concreta de cliente se puede describir mediante el conjunto:

{(Id_Cliente, 281-161278-0008D), (Nombre_Cliente, Luis), (Calle_Cliente, Central), (Ciudad_Cliente, Granada)}, significando con esta notación que la entidad describe un cliente llamado Luis que tiene un número de cedula igual a 281-161278-0008D y que reside en Granada en la calle Central.

Autor del libro: cadenas de caracteres de una cierta longitud

Año de nacimiento del cliente: números de cuatro cifras

2.4.1 Atributos Simples y Compuestos

Atributo Simple: Es aquel que no puede subdividirse en más atributos de forma lógica. **Ejemplo:** Atributo sexo.

Atributo compuesto: Son aquellos que pueden dividirse en sub-partes cada una de las cuales corresponde a otro atributo. **Ejemplo:** Nombre_cliente podría estructurarse como un **atributo compuesto** de las siguientes sub-partes: Nombre, Primer_Apellido, Segundo_Apellido siendo cada uno de los componentes atributos simples. Se utilizan los atributos compuestos en un diagrama E-R con el fin de hacer más claro el modelo.



Jerarquía de Atributos

La utilización reiterada de atributos compuestos genera una jerarquía de atributos en el diagrama E-R; esto sucede cuando un atributo compuesto contiene a su vez atributos compuestos, tal como se muestra en el siguiente ejemplo.



Atributos Compuestos: Dirección del Cliente y Calle

Atributos Monovalorados y Multivalorados: Los atributos que se han especificado en los ejemplos anteriores tienen todos un solo valor para una entidad concreta. **Por ejemplo:** la edad, el atributo Número_Prestamo para una entidad específica del conjunto de entidades **Préstamo** referencia a un número de préstamo, si al contrario la entidad referencia a más de un valor se dice que el atributo es Multivalorado, en este caso específico sería que Número_Préstamo para una entidad específica pudiese asumir más de un valor.

Atributos Derivados: El valor para este tipo de atributos se puede derivar de los valores de otros atributos o entidades relacionadas. Por ejemplo sea el conjunto de entidades cliente que tiene un atributo denominado préstamos que representa cuantos préstamos tienen un cliente en el banco. Este atributo se puede derivar contando el número de entidades préstamo asociadas con ese cliente.

Como otro ejemplo, considérese el conjunto de entidades **Empleado** el cual tiene un atributo edad, que indica la edad del cliente. Si el conjunto de entidades también tiene un atributo Fecha_de_Nacimiento, se puede calcular la edad en función de la Fecha de Nacimiento, algo similar sucede con la antigüedad del empleado la cual se puede obtener a partir de la fecha de ingreso de este a la empresa.

Atributos con valores nulos: Un atributo toma un valor nulo cuando una entidad no tiene un valor para un atributo. El valor nulo también puede indicar "no aplicable" es decir, que el valor no existe para esa entidad. **Ejemplo:** No todas las personas tienen un segundo nombre. Nulo puede también significar que el valor de un atributo es desconocido. Un valor desconocido puede ser de dos tipos: **Perdido** (el valor existe pero no se cuenta con esa información) o **desconocido** (no se conoce si el valor existe realmente o no).



Ejemplos de Valores Nulos:

- (1) Una dirección que tiene entre sus componentes la calle pero la persona vive en las afueras y no se puede relacionar ninguna calle con la dirección, en este caso el dato no existe, no es aplicable.
- (2) El número de teléfono de una persona.

2.5 Conjunto de relaciones

Una relación es una asociación entre diferentes entidades.

Un Conjunto de Relaciones es un conjunto de relaciones del mismo tipo. Formalmente es una relación matemática con $n \geq 2$ de conjuntos entidades no necesariamente diferentes. Si $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$ son conjuntos de entidades, entonces un conjunto de relaciones R es un sub conjunto de:

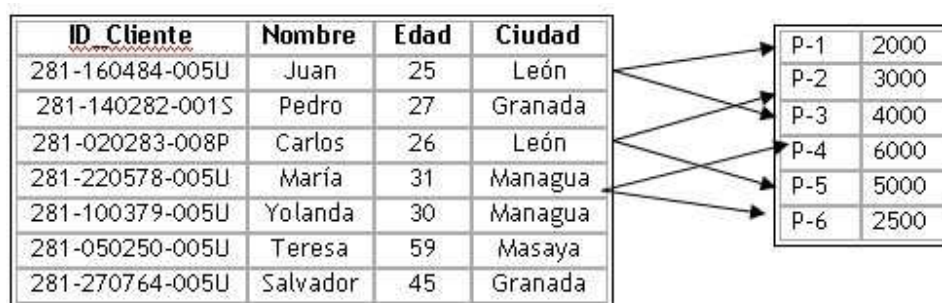
$$\{(e_1, e_2, e_3, \dots, e_n) \mid e_1 \in E_1, e_2 \in E_2, e_3 \in E_3, \dots, e_n \in E_n\}$$

Donde $(e_1, e_2, e_3, \dots, e_n)$ es una relación.

Ejemplo:

Considérense dos conjuntos de entidades **Cliente** y **Prestamo**. Se define el conjunto de relaciones **Prestatario** para denotar la asociación entre clientes y los préstamos bancarios que los clientes hayan realizado en el Banco.

Tome en cuenta que no todos los clientes tienen un préstamo y algunos tienen más de uno.



Ejemplo de relaciones entre dos tablas

Otros Ejemplos:

- La pertenencia de un préstamo a una sucursal.
- La apertura de una cuenta por un cliente en una sucursal.
- El préstamo de un libro a un usuario de la biblioteca.
- El alquiler de una película a un socio en el videoclub.
- Las estrellas que participan en una película.
- Los estudios que realizan películas.



2.6 Grado de una relación

Es el número de entidades implicadas en una relación.

Tipo:

- **Unaria:** Relación con la misma entidad (grado 1).
- **Binaria:** Relación entre dos entidades (grado 2), es la más frecuente.
- **Ternaria:** Relación entre tres entidades (grado 3).

Ejemplo: Relación CLIENTE-PRÉSTAMO-SUCURSAL

Instancia ("Aurelio", "A12", "P-1"), significa que el cliente Aurelio tiene préstamo con código P-1 en la sucursal de León.

- **n-aria:** Relación entre n entidades, es muy poco frecuente.

Ejemplos de Grados de una Relación:

➤ Préstamo de Libros a Usuarios de una Biblioteca

Préstamo(Usuarios, Libros)----→**Relación**

Usuarios (nombre, apellido1, apellido2, direccion, codigopostal, ciudad)

Libros (titulo, autor, editorial, año)

➤ Alquiler de Películas a Socios de un VideoClub

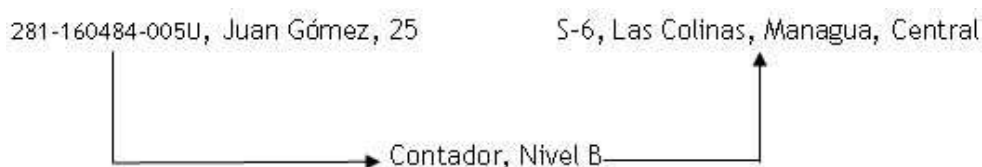
Alquiler (Socios, Películas) ----→**Relación**

Socios (nombre_socio, apellidos_socio, direccion_socio, telefono_socio, ciudad_socio, fechaalta)

Películas (titulo, genero, duracion, clasificacion, año, pais, precioalquiler)

2.6.1 Relaciones Ternarias

La mayoría de relaciones son como la indicada entre Cliente y Préstamo es decir relaciones binarias, sin embargo en una relación pueden intervenir más de dos conjuntos de entidades, así por ejemplo Considérense los conjunto de entidades: **Empleado, Sucursal y Trabajo** donde Empleado contenga los datos básicos de los trabajadores de una empresa, Sucursal contenga los datos básicos de cada una de las sucursales del banco como ciudad donde está ubicada la sucursal, su dirección, etc y Trabajo indique el tipo de trabajo que realiza: Gerente, Contador, Cajero, Auditor etc, así como el nivel o Jerarquía con respecto al tipo de trabajo que desempeña: Nivel A, Nivel B. Así un ejemplar de esta relación podría ser:



La relación **Empleado-Sucursal-Trabajo** indica en este ejemplar que : El empleado Juan Gómez con número de identidad 281-160484-005U y 25 años de edad ocupa el cargo de Contador Nivel B en la sucursal del Banco Popular "Las Colinas" ubicada en Managua en la calle Central, este tipo de



relación se denomina relación Ternaria. De hecho pueden existir relaciones que involucren cuatro, cinco relaciones pero como se verá posteriormente en general lo más adecuado es realizar los diseños del modelo E-R procurando hasta donde sea posible utilizar relaciones binarias.

2.6.2 Concepto de Participación y Ejemplar

La asociación entre conjuntos de entidades se conoce como **participación**; es decir los conjuntos de entidades $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$ participan en el conjunto de relaciones R .

Un **Ejemplar** de relación en un esquema E-R representa que existe una asociación entre las entidades de la empresa del mundo real que se está modelando, ejemplo:

Sean los Conjuntos de entidades Cliente y Préstamo dadas en forma tabular arriba:

Por medio de este gráfico se indica que la entidad:

Cliente(Id_Cliente, Nombre_Cliente, Edad_Cliente, Ciudad_Cliente)

C1	Juan	Central	León
----	------	---------	------

Está en relación con la entidad **Préstamo** (Cod_Préstamo, Saldo_Prestamo)

P-1	2000
-----	------

La regla que vincula ambas entidades es producto de la vida real de la empresa; esto quiere decir que en la realidad el cliente con identificación 281-160484-005U de nombre Juan, de 25 años, que vive en la ciudad de León tiene un préstamo de 2,000 córdobas con código P-1, de igual manera se pueden interpretar el resto de vinculaciones. En este caso podemos afirmar que tanto la fila de **Cliente** como la fila de **Préstamo** conforman un **ejemplar** de la relación, así mismo podríamos decir que el cliente Juan con identificación 281-160484-005U con el préstamo P-1 **participan** en este ejemplar de relación (Son una parte de la relación).

2.6.3 Restricciones de Participación

La participación de un conjunto de entidades E en un conjunto de relaciones R se dice que es total si cada entidad en E participa al menos en una relación en R . Si sólo algunas entidades en E participan en relaciones en R , la participación del conjunto de entidades E en la relación R se llama parcial. Por ejemplo, se puede esperar que cada entidad Préstamo esté relacionada con al menos un Cliente mediante la relación Prestatario. Por lo tanto, la participación de Préstamo en el conjunto de relaciones Prestatario es total. En cambio, un individuo puede ser cliente de un banco tenga o no tenga un préstamo en el banco. Así, es posible que sólo algunas de las entidades Cliente estén relacionadas con el conjunto de entidades Préstamo mediante la relación Prestatario, y la participación de Cliente en el conjunto de relaciones Prestatario es por lo tanto parcial.



2.7 DIAGRAMA ENTIDAD RELACIÓN

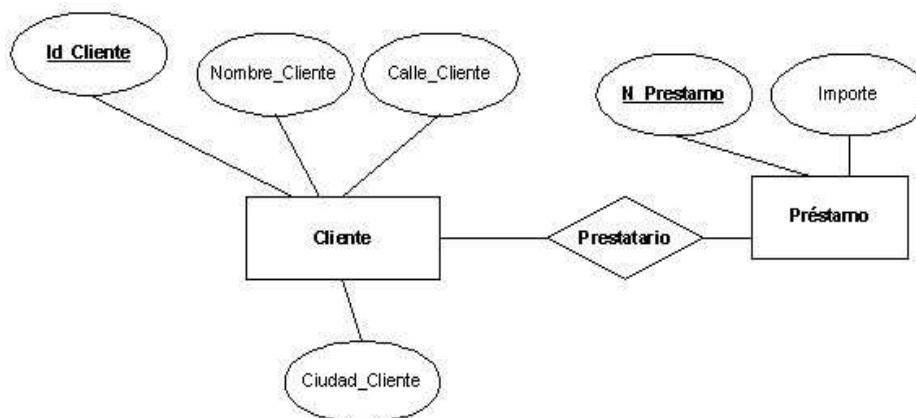
Propuesto por Chen a mediados de los años setenta como medio de representación conceptual de los problemas, permite expresar gráficamente la estructura lógica general de una Base de Datos. Físicamente adopta la forma de un grafo escrito en papel al que se denomina diagrama Entidad-Relación. Sus elementos fundamentales son las **entidades** y las **relaciones**.

Objetivo del diagrama: Representar la lógica general de una base de datos mediante un diagrama simple.

2.7.1 Componentes Básicos del Diagrama

- **Rectángulos:** Representan conjuntos de "entidades".
- **Elipses:** Representan "atributos".
- **Rombos:** Representan conjuntos de "relaciones".
- **Líneas:** Se utilizan para unir los atributos a conjuntos de entidades, así mismo unen los conjuntos de entidades a conjuntos de relaciones.
- **Elipses Dobles:** Representan atributos multivalorados.
- **Elipses Discontinuas:** Denotan atributos Derivados.
- **Líneas Dobles:** Que indican participación total de una entidad en un conjunto de relaciones.
- **Rectángulos Dobles:** Que representan Conjuntos de Entidades débiles.

Ejemplo:



Ejemplo de un Diagrama E-R Simple

Cliente: Es una Entidad, con atributos: Id_Cliente, Nombre_Cliente, Calle_Cliente y Ciudad_Cliente. Nótese que el atributo Id_Cliente está subrayado a diferencia del resto de los atributos que no lo están, esto indica que Id_Cliente es la llave primaria del Conjunto entidad Cliente; es decir que este atributo debe de ser diferente en cada una de las entidades y además debe existir en cada una de ellas (No se permiten valores nulos para este atributo). Por otra parte este atributo representa al conjunto de entidades clientes en la relación.



Préstamo: es una entidad, cuyos atributos son: $N_Préstamo$, $Importe$; en este caso la llave primaria es el atributo $N_Préstamo$.

Atributos de la relación: Los atributos de la relación en este ejemplo son: **$Id_Cliente$** y **$N_Préstamo$** , las cuales son llaves primarias de las entidades involucradas en la relación, es decir en este caso las entidades heredan sus llaves primarias como atributos a la relación. Como veremos posteriormente esto no siempre sucede va a depender fundamentalmente de la cardinalidad de las relaciones.

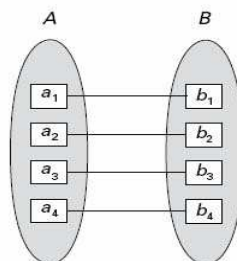
2.7.2 Correspondencia de Cardinalidades

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

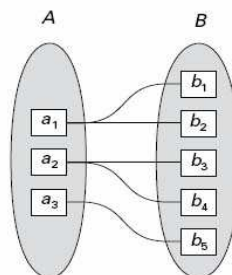
Una de las formas utilizadas para determinar la cardinalidad de una relación entre dos conjuntos de entidades (**A**, **B**) es determinar la cardinalidades mínimas y máximas de un conjunto de entidades respecto a una determinada relación.

Los posibles valores para las cardinalidades mínimas y máximas de un conjunto entidad son: **Uno a Uno** (1, 1), **Uno a Varios** (1, N), **Varios a Uno** (N, 1), **Varios a Varios** (N, N).

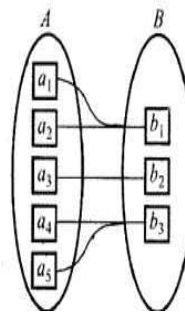
- **Uno a uno (1,1):** Una entidad en A se asocia con a lo sumo una entidad en B, y una entidad en B se asocia con a lo sumo una entidad en A.



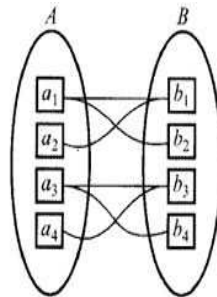
- **Uno a varios (1, N):** Una entidad en A se asocia con cualquier número de entidades en B (ninguna o varias). Una entidad en B, sin embargo, se puede asociar con a lo sumo una entidad en A.



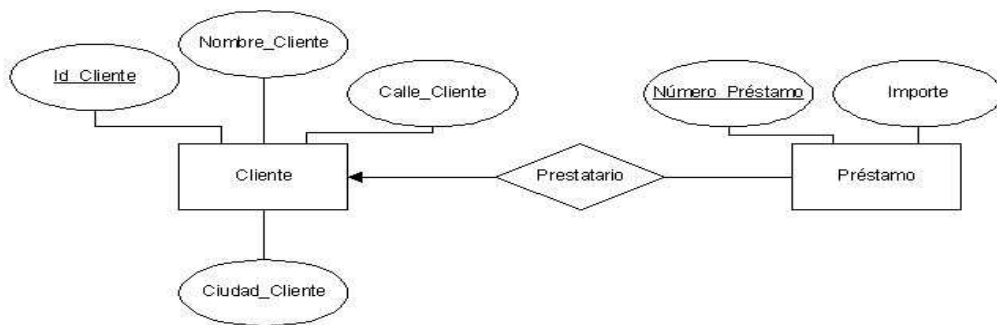
Varios a Uno (N, 1): Una entidad en A se asocia con a lo sumo una entidad en B; una entidad en B se puede asociar con cualquier número de entidades en A.



Varios a Varios (N, N): Una entidad en A se asocia con cualquier número de entidades en B, y una entidad en B se asocia con cualquier número de entidades en A.

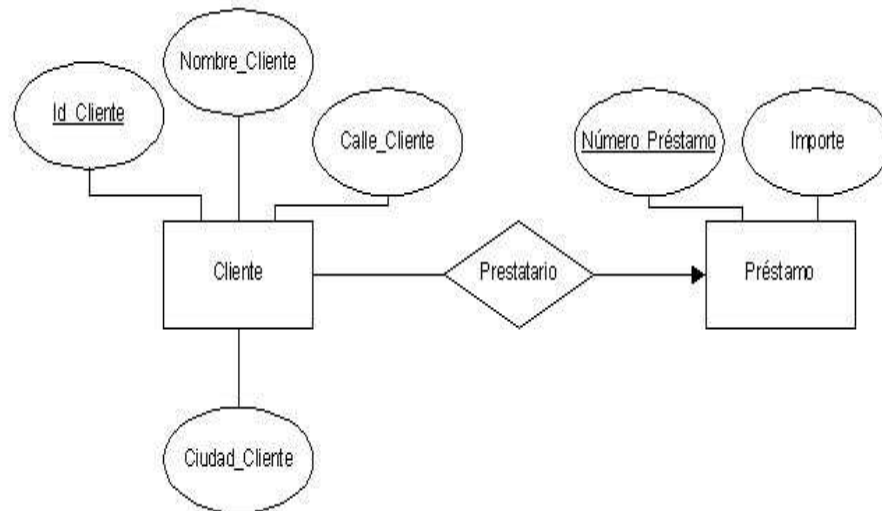
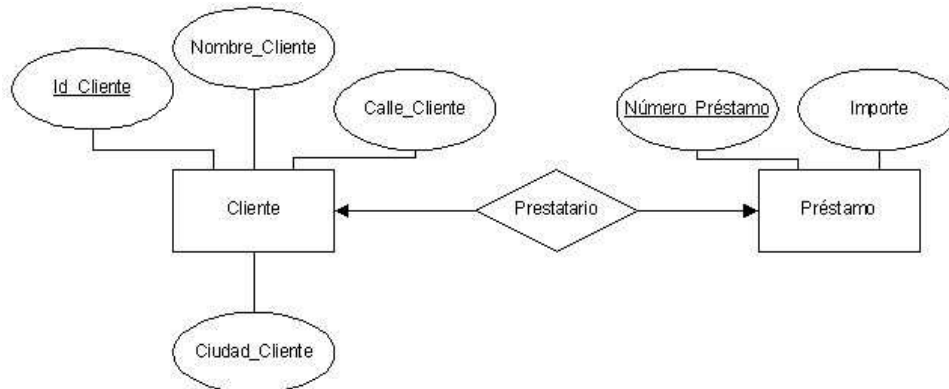


Ejemplos de Conjuntos de relaciones con diversas cardinalidades.



(a)

(a) Ejemplo de relación Uno a varios

**(b) Ejemplo de Relación Varios a uno****(c) Ejemplo de Relación Uno a uno**

Para simplificar las notaciones relacionadas con las cardinalidades de las relaciones usaremos la siguiente notación: Un conector que termine en flecha indicara que se trata de la entidad de la parte uno de la cardinalidad. Por otra parte si el conector no termina en flecha indicará que esta entidad es la parte de muchos de la cardinalidad.

Así en la figura (a) podemos notar que la relación Prestatario tiene una cardinalidad de Uno a Varios, es decir un cliente puede tener varios préstamos. Por otra parte la figura (b) muestra una relación de muchos a uno entre Cliente y Préstamo es decir que un préstamo puede ser asumido por varios clientes y que cada cliente solo puede tener un préstamo. Finalmente la figura (c) muestra una relación de uno a uno, los conectores de las entidades involucradas en al relación terminan en flecha, lo que indica que cada cliente solo puede tener un préstamo y que cada préstamo solo puede afectar a un cliente.

Como podemos haber observado en estos ejemplos el tipo de cardinalidad impone restricciones sobre los datos que pueda contener el conjunto de relaciones.



2.8 Fases para la obtención del modelo E-R

La definición del modelo conceptual con la técnica propuesta por Chen propone una secuencia de fases para la obtención del modelo:

1. Identificar las entidades dentro del sistema: para ello, debe conocerse el funcionamiento del sistema en estudio, a través de estudios de usuarios, de necesidades de información, de tipos de información, etc. Como guía puede utilizarse para la definición de las entidades objetos reales, personas, actividades del sistema, objetos abstractos, etc.
2. Determinar las claves o identificadores de entidades: señalar aquellos atributos que identifiquen inequívocamente cada ocurrencia de la entidad, y que no puedan ofrecer valores nulos.
3. Establecer las relaciones entre las entidades, describiendo el grado de las mismas: estudiar las asociaciones entre las entidades, para definir su importancia dentro del contexto del sistema, y obtener su cardinalidad.
4. Dibujar el modelo de datos: representar gráficamente el modelo obtenido.
5. Identificar y describir los atributos de cada entidad: señalar aquellas propiedades de la entidad de interés para el sistema.
6. Verificaciones: eliminación de las relaciones redundantes y que puedan ser obtenidas a través de combinar otras asociaciones.

EJEMPLO:

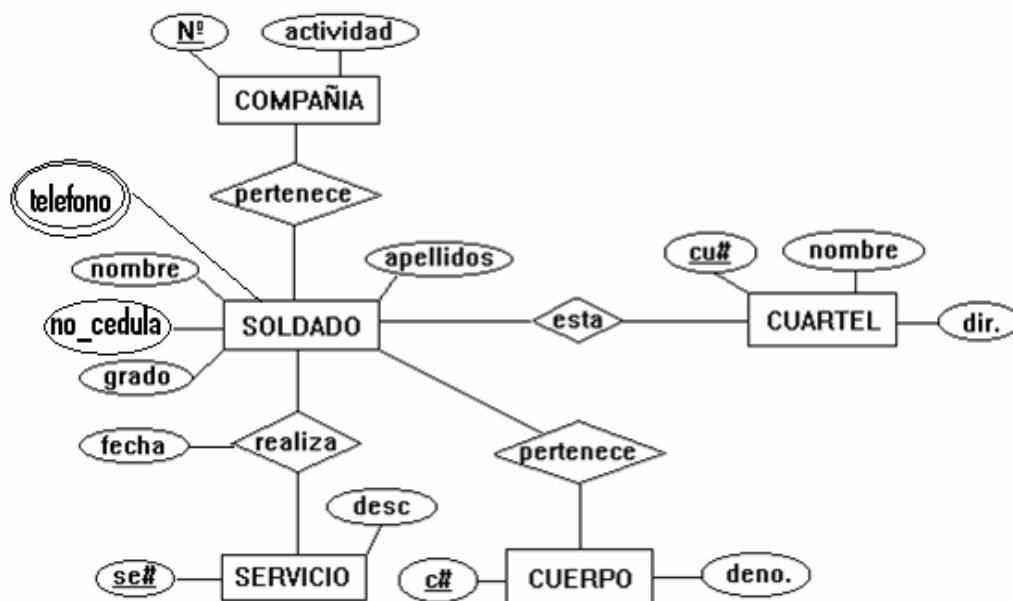
El Ministerio de Defensa de Nicaragua desea diseñar una Base de Datos para llevar un cierto control de los soldados que realizan sus estudios de preparación en la academia.

Los datos significativos a tener en cuenta son:

- Un soldado se define por número de cédula, nombre, apellidos, dirección, teléfono (pueden ser varios), graduación.
- Existen varios cuarteles, cada uno se define por su código de cuartel, nombre y ubicación.
- Hay que tener en cuenta que existen diferentes Cuerpos del Ejército (Infantería, Artillería, Armada,), y cada uno se define por un código de Cuerpo y denominación.
- Los soldados están agrupados en compañías, siendo significativa para cada una de éstas, el número de compañía y la actividad principal que realiza.
- Se desea controlar los servicios que realizan los soldados (guardias, cuarteleros,...), y se definen por el código de servicio y descripción.

Consideraciones de diseño:

- Un soldado pertenece a un único cuerpo y a una única compañía, durante todo el servicio militar. A una compañía pueden pertenecer soldados de diferentes cuerpos, no habiendo relación directa entre compañías y cuerpos.
- Los soldados de una misma compañía pueden estar destinados en diferentes cuarteles, es decir, una compañía puede estar ubicada en varios cuarteles, y en un cuartel puede haber varias compañías. Eso si, un soldado sólo esta en un cuartel.
- Un soldado realiza varios servicios a lo largo de la mili. Un mismo servicio puede ser realizado por más de un soldado (con independencia de la compañía), siendo significativa la fecha de realización.



2.9 Claves o superclaves

Es necesario tener una forma de especificar cómo las entidades dentro de un conjunto de entidades dado y las relaciones dentro de un conjunto de relaciones dado son distinguibles. Conceptualmente las entidades y las relaciones individuales son distintas; desde una perspectiva de bases de datos, sin embargo, la diferencia entre ellas se debe expresar en términos de sus atributos. Por lo tanto, los valores de los atributos de una entidad deben ser tales que permitan identificar unívocamente a la entidad. En otras palabras no se permite que ningún par de entidades tengan exactamente los mismos valores de sus atributos.

Una clave permite identificar un conjunto de atributos suficiente para distinguir las entidades entre si. Las claves también ayudan a identificar unívocamente a las relaciones.

2.9.1 Claves de Conjuntos Entidades

El concepto de **superclave** permite diferenciar las entidades y relaciones individuales en términos de sus atributos. Una **superclave** es un conjunto de uno o más atributos que, tomados colectivamente, permiten identificar de forma única una entidad en el conjunto de entidades.

Existe un conjunto de **claves candidatas**, es decir, se pueden formar distintos conjuntos de atributos que identifiquen una entidad. Es decir, se puede incluir atributos innecesarios en una clave candidata, de forma que subconjuntos propios de ella no son clave. Se usa el término de **clave primaria** para denotar una clave candidata que es elegida por el diseñador como elemento principal para identificar las entidades (preferiblemente, no debe contener atributos innecesarios). Se debería elegir de manera que sus atributos nunca, o muy raramente, cambien. Por ejemplo, el atributo dirección de una persona no debería formar parte de una clave primaria.



Ejemplo: entidad *Persona* = {num_cedula, num_seg_social, nombre, direccion}

Claves candidatas = { {num_cedula,nombre}, {num_cedula,num_seg_social}, {num_cedula}, {num_seg_social} }

Clave primaria = {num_cedula} - También podría haberse elegido {num_seg_social}.

2.9.2 Claves de Conjuntos Relaciones

La clave primaria de un conjunto de entidades permite distinguir entre las diferentes entidades del conjunto. Se necesita un mecanismo similar para distinguir entre las diferentes relaciones de un conjunto de relaciones.

Sea *R* un conjunto de relaciones que involucra los conjuntos de entidades *E*₁, *E*₂, ..., *E*_{*n*}. Sea clave-primaria (*E*_{*i*}) el conjunto de atributos que forma la clave primaria para el conjunto de entidades *E*_{*i*}.

Asúmase por el momento que los nombres de los atributos de todas las claves primarias son únicos y que cada conjunto de entidades participa sólo una vez en la relación. La composición de la clave primaria para un conjunto de relaciones depende de la estructura de los atributos asociados al conjunto de relaciones *R*.

- Si el conjunto de relaciones *R* no tiene atributos asociados, entonces el conjunto de atributos: *clave-primaria (E*₁*) U clave-primaria (E*₂*) U ... U clave-primaria(E*_{*n*}*)*. Describe una relación individual en el conjunto *R*.
- Si el conjunto de relaciones *R* tiene atributos *a*₁, *a*₂, ..., *a*_{*m*} asociados a él, entonces el conjunto de atributos: *clave-primaria (E*₁*) U clave-primaria(E*₂*) U ... U clave-primaria(E*_{*n*}*) U {a*₁*, a*₂*, ..., a*_{*m*}*}*. Describe una relación individual en el conjunto *R*.

En ambos casos, el conjunto de atributos *clave-primaria (E*₁*) U clave-primaria(E*₂*) U ... U clave-primaria(E*_{*n*}*)* forma una superclave para el conjunto de relaciones.

En el caso de que los nombres de atributos de las claves primarias no sean únicos en todos los conjuntos de entidades, los atributos se renombran para distinguirlos; el nombre del conjunto de entidades combinado con el atributo formaría un nombre único. En el caso de que un conjunto de entidades participe más de una vez en un conjunto de relaciones el nombre del papel se usa en lugar del nombre del conjunto de entidades para formar un nombre único de atributo.

2.9.3 Ubicación de los atributos de las relaciones

La razón de cardinalidad de una relación puede afectar a la situación de los atributos de la relación. La estructura de la clave primaria para el conjunto de relaciones depende de la correspondencia de cardinalidades asociada al conjunto de relaciones.

Como ejemplo, considérese el conjunto de entidades Cliente y Cuenta, y un conjunto de relaciones Impositor con el atributo fecha_acceso. Suponga que el conjunto de relaciones es Varios a Varios



(N:M). Entonces la clave primaria de Impositor consiste en la unión de las primarias de Cliente y Cuenta.

Los atributos de los conjuntos de relaciones Uno a Uno (1:1) o Uno a Varios (1:N) pueden estar asociados con uno de los conjuntos de entidades participantes, en lugar de con el conjunto de relaciones. Por ejemplo, especificamos que **Impositor** es un conjunto de relaciones uno a varios tal que un Cliente puede tener varias Cuentas, pero cada Cuenta está asociada únicamente con un Cliente. En este caso, el atributo fecha-acceso, que especifica cuándo accedió por última vez el cliente a la cuenta, podría estar asociado con el conjunto de entidades Cuenta. Como cada entidad Cuenta participa en una relación con a lo sumo un ejemplar de cliente, hacer esta designación de atributos tendría el mismo significado que si se colocase fecha-acceso en el conjunto de relaciones Impositor. Los atributos de un conjunto de relaciones Uno a Varios se pueden colocar sólo en el conjunto de entidades de la parte «varios» de la relación. Por otra parte, para los conjuntos de entidades uno a uno, los atributos de la relación se pueden asociar con cualquiera de las entidades participantes. La decisión de diseño de dónde colocar los atributos descriptivos en tales casos — como un atributo de la relación o de la entidad— podría reflejar las características de la empresa que se modela. El diseñador puede elegir mantener fecha-acceso como un atributo de Impositor para expresar explícitamente que ocurre un acceso en el punto de interacción entre los conjuntos de entidades cliente y cuenta.

La elección de la colocación del atributo es más clara para los conjuntos de relaciones varios a varios. Volviendo al ejemplo, especificamos el caso quizá más realista de Impositor que es un conjunto de relaciones Varios a Varios, expresando que un cliente puede tener una o más cuentas, y que una cuenta puede ser mantenida por uno o más clientes. Si se expresa la fecha en que un cliente específico accedió por última vez a una cuenta específica, fecha-acceso debe ser un atributo del conjunto de relaciones Impositor, en lugar de una de las entidades participantes. Si fecha-acceso fuese un atributo de Cuenta, por ejemplo, no se podría determinar qué cliente hizo el acceso más reciente a una cuenta conjunta. Cuando un atributo se determina mediante la combinación de los conjuntos de entidades participantes, en lugar de por cada entidad por separado, ese atributo debe estar asociado con el conjunto de relaciones varios a varios.

2.10 Conjuntos de entidades débiles

Un conjunto de entidades puede no tener suficientes atributos para formar una clave primaria. Tal conjunto de entidades se denomina **conjunto de entidades débiles**. Un conjunto de entidades que tiene una clave primaria se denomina **conjunto de entidades fuertes**.

Como ilustración, considérese el conjunto de entidades **Pago**, que tiene los tres atributos: número-pago, fecha-pago e importe-pago. Los números de pago son generalmente números secuenciales, empezando por 1, generados por separado por cada préstamo. Así, aunque cada entidad pago es distinta, los pagos para diferentes préstamos pueden compartir el mismo número de pago. Así, este conjunto de entidades no tiene una clave primaria; es un conjunto de entidades débiles. Para que un conjunto de entidades débiles tenga sentido, debe estar asociada con otro conjunto de entidades, denominado el conjunto de entidades **identificadoras o propietarias**. Cada entidad débil debe estar asociada con una entidad **identificadora**; es decir, se dice que el conjunto de entidades débiles depende existencialmente del conjunto de entidades identificadoras. Se dice que el conjunto de



entidades identificadoras es propietaria del conjunto de entidades débiles que identifica. La relación que asocia el conjunto de entidades débiles con el conjunto de entidades identificadoras se denomina relación identificadora. La relación identificadora es varios a uno del conjunto de entidades débiles al conjunto de entidades identificadoras y la participación del conjunto de entidades débiles en la relación es total.

Entidad Fuerte

P-215	5000
-------	------

Entidades Débiles

P-215	1	500	1/01/03
P-215	2	600	1/02/03
P-215	3	600	1/03/03

En nuestro ejemplo, el conjunto de entidades identificador para Pago es Préstamo, y la relación Préstamo-Pago que asocia las entidades pago con sus correspondientes entidades Préstamo es la relación identificadora. Aunque un conjunto de entidades débiles no tiene clave primaria, no obstante se necesita conocer un medio para distinguir todas aquellas entidades del conjunto de entidades que dependen de una entidad fuerte particular. El **discriminante** de un conjunto de entidades débiles es un conjunto de atributos que permite que esta distinción se haga. Por ejemplo, el discriminante del conjunto de entidades débiles Pago es el atributo número-pago, ya que, para cada préstamo, un número de pago identifica de forma única cada pago para ese préstamo. El discriminante de un conjunto de entidades débiles se denomina la clave parcial del conjunto de entidades.

La clave primaria de un conjunto de entidades débiles se forma con la clave primaria del conjunto de entidades identificadoras, más el discriminante del conjunto de entidades débiles. En el caso del conjunto de entidades Pago, su clave primaria es {número-préstamo, número-pago}, donde número-préstamo es la clave primaria del conjunto de entidades identificadoras, es decir, préstamo, y número-pago distingue las entidades pago dentro del mismo préstamo. El conjunto de entidades identificadoras no debería tener atributos descriptivos, ya que cualquier atributo requerido puede estar asociado con el conjunto de entidades débiles.

Un conjunto de entidades débiles puede participar en relaciones distintas de relaciones identificadoras. Por ejemplo, la entidad Pago podría participar en una relación con el conjunto de entidades Cuenta, identificando la cuenta desde la que se realizó el pago. Un conjunto de entidades débiles puede participar como propietario en una relación identificadora con otro conjunto de entidades débiles. También es posible tener un conjunto de entidades débiles con más de un conjunto de entidades identificadoras. Una entidad débil en concreto podría ser identificada por una combinación de entidades, una de cada conjunto de entidades identificadoras. La clave primaria de la entidad débil consistiría de la unión de las claves primarias de los conjuntos de entidades identificadoras más el discriminante del conjunto de entidades débiles.

Un conjunto de entidades débiles se indica en los diagramas E-R mediante un rectángulo dibujado con una línea doble y la correspondiente relación de identificación mediante un rombo dibujado con línea doble. En algunos casos, el diseñador de la base de datos puede elegir expresar un conjunto de



entidades débiles como un atributo compuesto multivalorado del conjunto de entidades propietarias.

Un conjunto de entidades débiles se puede modelar más adecuadamente como un atributo si sólo participa en la relación identificadora y si tiene pocos atributos. Alternativamente, una representación de conjunto de entidades débiles será más adecuada para modelar una situación en la que el conjunto participe en otras relaciones además de la relación identificadora y donde el conjunto de entidades débiles tenga muchos atributos.

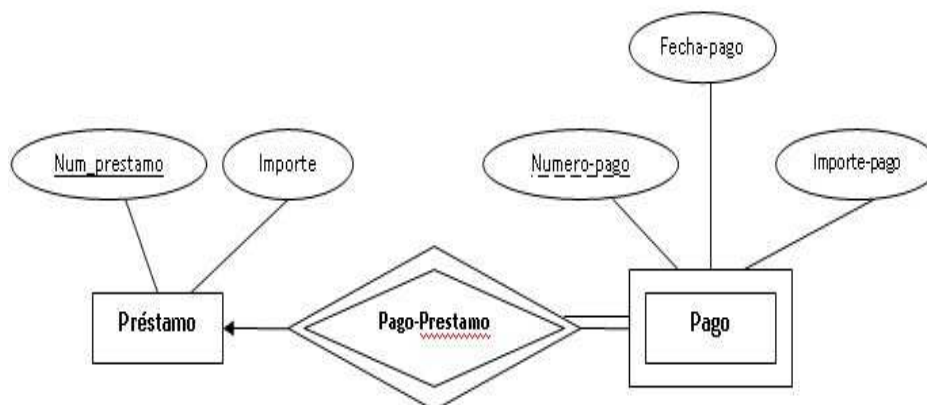


Figura: Diagrama E-R con un conjunto de entidades débiles

2.11 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO E-R EXTENDIDO

Aunque los conceptos básicos de E-R pueden modelar la mayoría de las características de las bases de datos, algunos aspectos de una base de datos pueden ser más adecuadamente expresados mediante ciertas extensiones del modelo E-R básico. En este apartado se discuten las características E-R extendidas de especialización, generalización, conjuntos de entidades de nivel más alto y más bajo, herencia de atributos y agregación.

2.11.1 Especialización

Un conjunto de entidades puede incluir subgrupos de entidades que se diferencian de alguna forma de las otras entidades del conjunto. Por ejemplo, un subconjunto de entidades en un conjunto de entidades puede tener atributos que no son compartidos por todas las entidades del conjunto de entidades. El modelo E-R proporciona una forma de representación de estos grupos de entidades distintos.

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

- Cliente
- Empleado

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



proceso de designación de subgrupos dentro de un conjunto de entidades se denomina **especialización**. La especialización de persona permite distinguir entre las personas basándose en si son empleados o clientes.

Se puede aplicar repetidamente la especialización para refinar el esquema de diseño. Por ejemplo, los empleados del banco se pueden clasificar en uno de los siguientes:

- Oficial
- Cajero
- Secretaria

Cada uno de estos tipos de Empleado se describe por un conjunto de atributos que incluye todos los atributos del conjunto de entidades empleado más otros adicionales. Por ejemplo, las entidades Oficial se puede describir por el atributo número-despacho, las entidades Cajero por los atributos número-sección y horas-semana, y las entidades Secretaria por el atributo horas-semana. Además, las entidades Secretaria pueden participar en una relación secretaria-de, que identifica al empleado ayudado por una secretaria.

Un conjunto de entidades se puede especializar por más de una característica distintiva. En el ejemplo, la característica distintiva entre entidades Empleado es el trabajo que realiza el empleado. Otra especialización coexistente podría estar basada en si la persona es un trabajador temporal o fijo, resultado en los conjuntos de entidades empleado-temporal y empleado-fijo. Cuando se forma más de una especialización de un conjunto de entidades, una entidad en particular puede pertenecer a varias especializaciones. Por ejemplo, una empleada dada puede ser una empleada temporal y secretaria. En términos de un diagrama E-R, la especialización se representa mediante un componente triangular etiquetado **ES**. La etiqueta ES representa, por ejemplo, que un cliente «es» una persona. La relación **ES** se puede llamar también relación **superclase-subclase**. Los conjuntos de entidades de nivel más alto y más bajo se representan como conjuntos de entidades regulares, es decir, como rectángulos que contienen el nombre del conjunto de entidades.

2.11.2 Generalización

El refinamiento a partir de un conjunto de entidades inicial en sucesivos niveles de subgrupos de entidades representa un proceso de diseño descendente en el que las distinciones se hacen explícitas. El proceso de diseño puede ser también de una forma ascendente, en el que varios conjuntos de entidades se sintetizan en un conjunto de entidades de nivel más alto basado en características comunes. El diseñador de la base de datos puede haber identificado primero el conjunto de entidades cliente con los atributos nombre, calle, ciudad e id-cliente, y el conjunto de entidades empleado con los atributos nombre, calle, ciudad, id-empleado y sueldo. Hay similitudes entre el conjunto de entidades Cliente y el conjunto de entidades Empleado en el sentido de que tienen varios atributos en común. Esta similitud se puede expresar mediante la **generalización**, que es una relación contenedora que existe entre el conjunto de entidades de nivel más alto y uno o más conjuntos de entidades de nivel más bajo.

En el ejemplo, Persona es el conjunto de entidades de nivel más alto y los conjuntos de entidades Cliente y Empleado son de nivel más bajo. Los conjuntos de entidades de nivel más alto y nivel más bajo también se pueden llamar **superclase** y **subclase**, respectivamente. El conjunto de entidades



Persona es la superclase de las subclases Cliente y Empleado. Para todos los propósitos prácticos, la generalización es una inversión simple de la especialización. Se aplicarán ambos procesos en combinación en el curso del diseño del esquema E-R para una empresa. En términos del propio diagrama E-R no se distingue entre especialización y generalización. Los niveles nuevos de representación de entidades serán distinguidos (especialización) o sintetizados (generalización) cuando el esquema de diseño llegue a expresar completamente la aplicación de base de datos y los requisitos de uso de la base de datos. Las diferencias entre los dos enfoques se pueden caracterizar mediante su punto de partida y el objetivo global.

La especialización parte de un conjunto de entidades simple; enfatiza las diferencias entre las entidades dentro del conjunto mediante la creación de distintos conjuntos de entidades de nivel más bajo. Estos conjuntos de entidades de nivel más bajo pueden tener atributos, o pueden participar en relaciones que no se aplican a todas las entidades del conjunto de entidades de nivel más alto. Realmente, la razón de que el diseñador aplique la especialización es representar tales características diferentes. Si Cliente y Empleado no tuvieran cada una atributos únicos que no tengan las entidades Persona en la que participan, no habría necesidad de especializar el conjunto de entidades Persona.

La generalización procede de observar que varios conjuntos de entidades que comparten algunas características comunes y basada en esas similitudes, la generalización sintetiza estos conjuntos de entidades en un solo, el conjunto de entidades de nivel más alto. La generalización se utiliza para resaltar las similitudes entre los conjuntos de entidades de nivel más bajo y para ocultar las diferencias; también permite economizar la representación para que los atributos compartidos no estén repetidos.

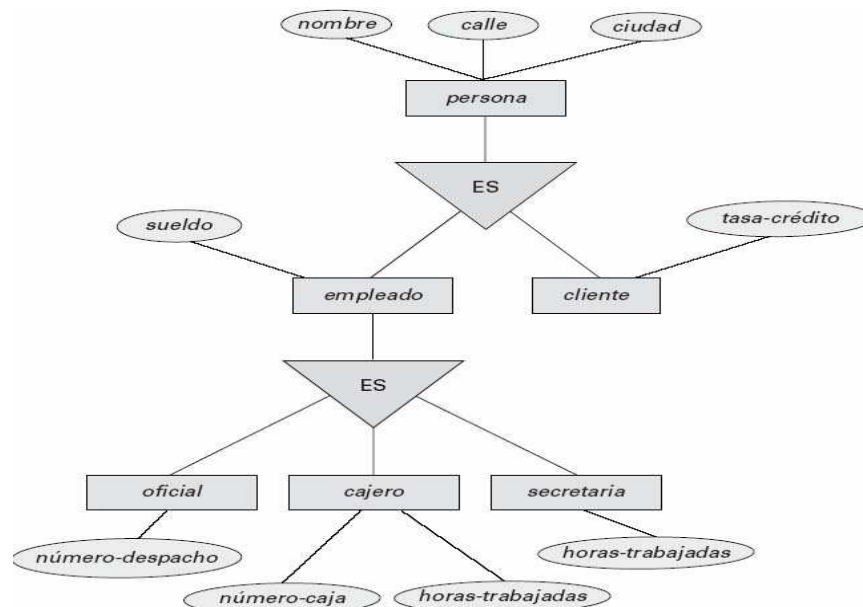


Diagrama E-R que ilustra la representación de la Especialización y Generalización



2.11.3 Herencia de atributos

Una propiedad crucial de las entidades de nivel más alto y más bajo creadas mediante especialización y generalización es la herencia de atributos. Los atributos de los conjuntos de entidades de nivel más alto se dice que son heredados por los conjuntos de entidades de nivel más bajo. Por ejemplo, *Cliente* y *Empleado* heredan los atributos de *Persona*. Así, *Cliente* se describe mediante sus atributos nombre, calle y ciudad y adicionalmente por el atributo id-cliente; *Empleado* se describe mediante sus atributos nombre, calle y ciudad y adicionalmente por los atributos id-empleado y sueldo.

Un conjunto de entidades de nivel más bajo (o subclase) también hereda la participación en los conjuntos de relaciones en los que su entidad de nivel más alto (o superclase) participa.