

EL MODELO ENTIDAD-RELACIÓN

POR

RICARDO ROCHA C.

Aclaración

Este documento puede servir de apoyo para el curso de Bases de Datos 1 para el tema de modelo entidad-relación. El documento fue escrito por el Sr. Ricardo Rocha C.; por lo tanto, es de su propiedad intelectual.

Me he tomado la libertad de corregir algunos aspectos menores de ortografía. He cambiado algunas expresiones con el objetivo de aclarar algunos aspectos. También he adicionado algunos comentarios. A pesar de esto, el documento puede aún contener errores, los cuales, espero ir corrigiendo en versiones posteriores, pero siempre respetando la autoría del Sr. Rocha. Si encuentra errores le ruego me escriba a fjmoreno@unal.edu.co.

Aunque en lo fundamental, el documento concuerda con la notación presentada en el curso, el documento podría contener algunos aspectos menores que podrían estar en conflicto con los presentados en clase. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones estos aspectos se reducen a opiniones o al uso de una determinada palabra o expresión que he preferido no cambiar con el fin de respetar el estilo y las ideas del Sr. Rocha.

Agradezco igualmente algunos errores detectados por el estudiante Santiago Areiza Tamayo.

Atentamente,
Francisco Moreno
Febrero 2017

CONTENIDO

1. ¿QUÉ ES MODELAJE?	5
2. UN EJEMPLO SENCILLO	7
3. CONCEPTOS ESENCIALES	10
3.1 Entidades	10
3.2 Relaciones	11
3.3 Atributos	14
3.3.1 Generalidades	14
3.3.2 Identificador Único	17
3.3.3 Atributos opcionales y obligatorios.	17
3.3.4 Representación de atributos.	17
4. EXTENSIÓN AL CASO DE ESTUDIO.	19
4.1 Planteamiento.	19
4.2 Diferentes relaciones definidas sobre las mismas entidades.	20
4.3 Reemplazo de relaciones 1:1 por relaciones 1:N.	21
4.4 Entidades de intersección.	21
4.5 Modelo final.	26
5. IDENTIFICACIÓN DE ENTIDADES, RELACIONES Y ATRIBUTOS.	30
5.1 Introducción.	30
5.2 Pasos del Modelaje.	31
5.2.1 Identificación de entidades.	31
5.2.2 Identificación de relaciones.	32

5.2.3	Elaboración del diagrama entidad-relación.	33
5.2.4	Identificación de atributos.	34
5.2.4.1	Identificador único.	34
5.2.4.2	Número de atributos.	35
5.2.4.3	Caso de estudio.	35
5.3	Supertipos.	37
5.4	Entidades de referencia.	38
5.5	Relaciones condicionales.	41
5.6	Relaciones no transferibles.	42
5.7	Integridad referencial.	42
5.8	Atributos discretos y continuos.	43
6.	ESTRUCTURAS CLÁSICAS Y PATRONES GENÉRICOS.	45
6.1	Jerarquías.	45
6.2	Transición de estados	47
6.3	Explosión de materiales.	48
6.4	Clasificación.	49
6.5	Supertipos y clasificación.	50
6.6	Transacciones isomorfas.	51

1. ¿QUÉ ES MODELAJE?

Durante años, se han construido sistemas computarizados cada vez más complejos y de más vasto alcance.

Sin embargo, esta tarea ha sido acometida sin prestar suficiente atención: a minimizar la redundancia de los datos, a lograr su verdadera integración y a capturar la semántica de los mismos.

El enfoque tradicional se caracterizaba por el desarrollo aislado de aplicaciones, cada una de las cuales poseía su propio sistema de archivos y su propio entorno de operación.

Como consecuencia, los sistemas resultantes estaban aislados entre sí, siendo común que los mismos datos estuvieran almacenados simultáneamente (con distintos grados de actualización) en diferentes aplicaciones y que resultara sumamente costoso o impracticable integrar datos provenientes de las mismas.

Estos problemas originaron un interés creciente por las tecnologías de bases de datos, interés que hoy se traduce en el uso generalizado de las mismas en proyectos de desarrollo de todas las escalas.

Para lograr un correcto aprovechamiento de la tecnología de bases de datos; no obstante, es imperioso definir un correcto diseño de las mismas, con el propósito de reducir la redundancia de los datos y permitir su navegación por todos los conceptos relevantes, especialmente para el soporte a las consultas no programadas.

A diferencia de los sistemas de archivos convencionales (en los que las estructuras de datos se modelaban intuitivamente a partir de los requerimientos expresados por el usuario) las bases de datos exigen el uso de técnicas formales para la definición de estructuras de almacenamiento y recuperación.

Así mismo, a diferencia de los programas en lenguajes de tercera generación (en los que la lógica de cómputo se implementaba de una manera informal y algo caprichosa) las herramientas de cuarta generación empleadas con bases de datos suponen el diseño de transacciones basadas en eventos.

El *modelaje* es el proceso mediante el cual se identifican las propiedades estáticas (esto es, las estructuras de datos) y dinámicas (esto es, las operaciones) de un dominio de aplicación con miras a su transformación en un diseño implementable en un sistema computarizado.

Así, el modelaje provee la herramienta conceptual para el analista de sistemas, desde una perspectiva formal, que posibilita la derivación (casi) mecánica de especificaciones de diseño e, incluso, de programación.

Como cabría esperar, no existe una única o mejor forma de modelaje, pues algunos modelos de datos resultan más apropiados que otros para el análisis de ciertos dominios de aplicación.

Sin embargo, desde hace ya algunos años, se ha estandarizado el uso de una técnica, denominada modelaje entidad-relación, que resulta apropiada para modelar las propiedades de un amplio espectro de dominios, habiendo sido empleada indistintamente

para el diseño lógico de bases de datos jerárquicas, de redes y relacionales.

Lo que hace al modelaje entidad-relación tan universal es que no está enfocado al diseño de un modelo de bases de datos particular y que dispone de técnicas de transformación para muchos de ellos.

El problema central del diseño lógico, como se le concibe hoy día, es el de la correcta y completa representación de propiedades de un dominio de aplicación y el de la transformación de dicha representación en especificaciones de almacenamiento, recuperación y desarrollo de programas de aplicación.

El modelaje entidad-relación se centra en la representación de propiedades del dominio de forma independiente de la implementación y en proveer técnicas de transformación a distintos modelos de bases de datos.

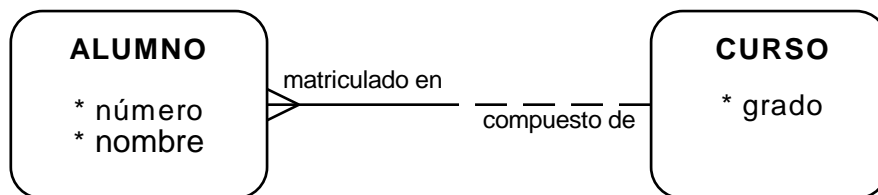
Este documento trata las técnicas esenciales del modelaje entidad-relación.

2. UN EJEMPLO SENCILLO

Todos recordamos la organización de los colegios de primaria de nuestra infancia, en los que una misma maestra atendía a todos los alumnos de cada curso, dictando todas las materias del pensum¹ y efectuando evaluaciones periódicas de cada una.

Si se limita la perspectiva a los cursos y los alumnos, se aprecia que un alumno dado solo debe estar matriculado en un curso, en tanto que, en un mismo curso puede estar compuesto de muchos alumnos.

Esta propiedad se ilustra mediante el siguiente diagrama.



Cada una de las cajas del diagrama de la figura representa un *entidad* y la línea trazada entre las dos una *relación* definida sobre ellas.

Esta línea tiene un extremo abierto (muchos, "pata de gallo") al lado izquierdo y un extremo que termina en un punto (uno) al lado derecho. La línea punteada indica que la relación es opcional y la línea continua indica que la relación es obligatoria. El diagrama indica; por lo tanto, que un curso puede estar compuesto de muchos alumnos, y que cada alumno debe estar matriculado en un curso.

Los ítems anteceditos de un asterisco son los atributos de cada entidad, siendo propiedades de las mismas que sirven para describirlas.

La relación se puede leer de izquierda a derecha para indicar que:

- Un ALUMNO debe estar matriculado en un CURSO.

En tanto que, leída de derecha a izquierda, indica que:

- Un CURSO puede estar compuesto de muchos ALUMNOS.

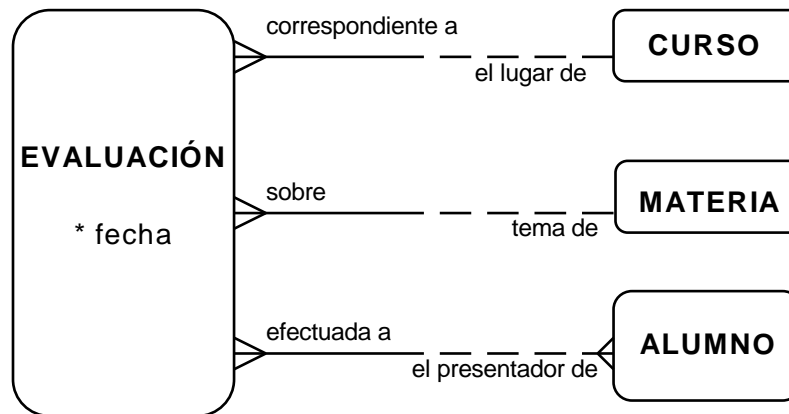
Nótese que el verbo "debe" se emplea para indicar que la relación es obligatoria.

La relación descrita es una relación 1:N (o "de uno a muchos"). Esta es la forma más común de relación entre dos entidades.

Analizando ahora las evaluaciones que periódicamente se realizan en un curso sobre cada

¹ Mejor plan de estudios.

materia, se tiene un diagrama como el siguiente:



En este diagrama se aprecia que la entidad **EVALUACIÓN** está asociada simultáneamente con **CURSO**, **MATERIA** y **ALUMNO**, aunque de maneras diferentes.

Leyendo la línea de relación entre curso y evaluación se tiene que:

- Un **CURSO** puede ser el lugar de muchas **EVALUACIONES**.
- Una **EVALUACIÓN** debe ser correspondiente a un **CURSO**.

La línea punteada que parte de **CURSO** hacia **EVALUACIÓN** indica que en lo que respecta a curso, la relación es opcional (esto es, se puede dar que un curso no tenga aún evaluación, es decir, es como el primer día de clase).

La línea continua que va desde **EVALUACIÓN** a **CURSO** indica que en lo que respecta a la evaluación, la relación es obligatoria; esto es, una evaluación solo se puede practicar en un curso y no tiene sentido fuera del contexto del mismo.

El mismo análisis procede para la relación existente entre **EVALUACIÓN** y **MATERIA**, en la cual la línea de relación se puede leer como:

- Una **MATERIA** puede ser tema de muchas **EVALUACIONES**
- Una **EVALUACIÓN** debe ser sobre una **MATERIA**.

Examinando la línea de relación entre las entidades **EVALUACIÓN** y **ALUMNO**, se encuentra que ambos extremos están abiertos. Esta relación se puede leer como:

- Una **EVALUACIÓN** debe ser efectuada a muchos **ALUMNOS**
- Un **ALUMNO** puede ser el presentador de muchas **EVALUACIONES**.

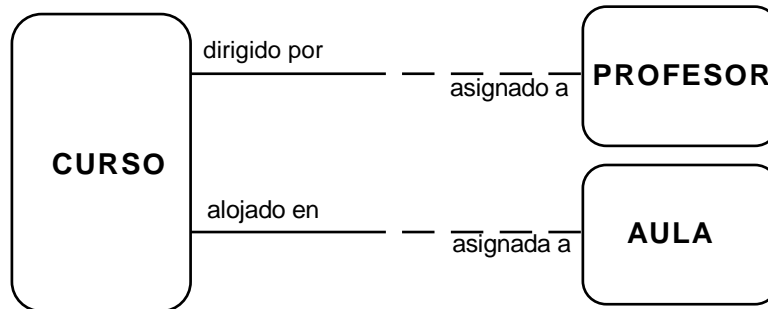
Nótese que la relación es obligatoria para **EVALUACIÓN** y opcional para **ALUMNO**.

A diferencia de las relaciones anteriores, esta relación es M:N (o de muchos a muchos); esto es, una misma evaluación se puede haber efectuado (simultáneamente) para muchos alumnos, en tanto que un mismo alumno puede haber presentado (en el tiempo) muchas

evaluaciones.

Esta es una forma común de relación entre dos entidades, aunque no tanto como la relación 1:N.

Analizando ahora las relaciones entre CURSO, PROFESOR y AULA resulta un diagrama como el siguiente:



Nótese que, en las dos relaciones, ninguno de los extremos está abierto: Las relaciones *uno a uno* son una forma de relación entre dos entidades poco común en la mayoría de los modelos.

La línea de relación entre PROFESOR y CURSO se puede leer como:

- Un CURSO debe ser dirigido por un PROFESOR y
- Un PROFESOR puede estar asignado a un CURSO.

Esto enfatiza el hecho de que no puede existir un curso para el cual no se haya asignado un profesor, en tanto que es razonable suponer la existencia de un profesor al que no se haya asignado un curso.

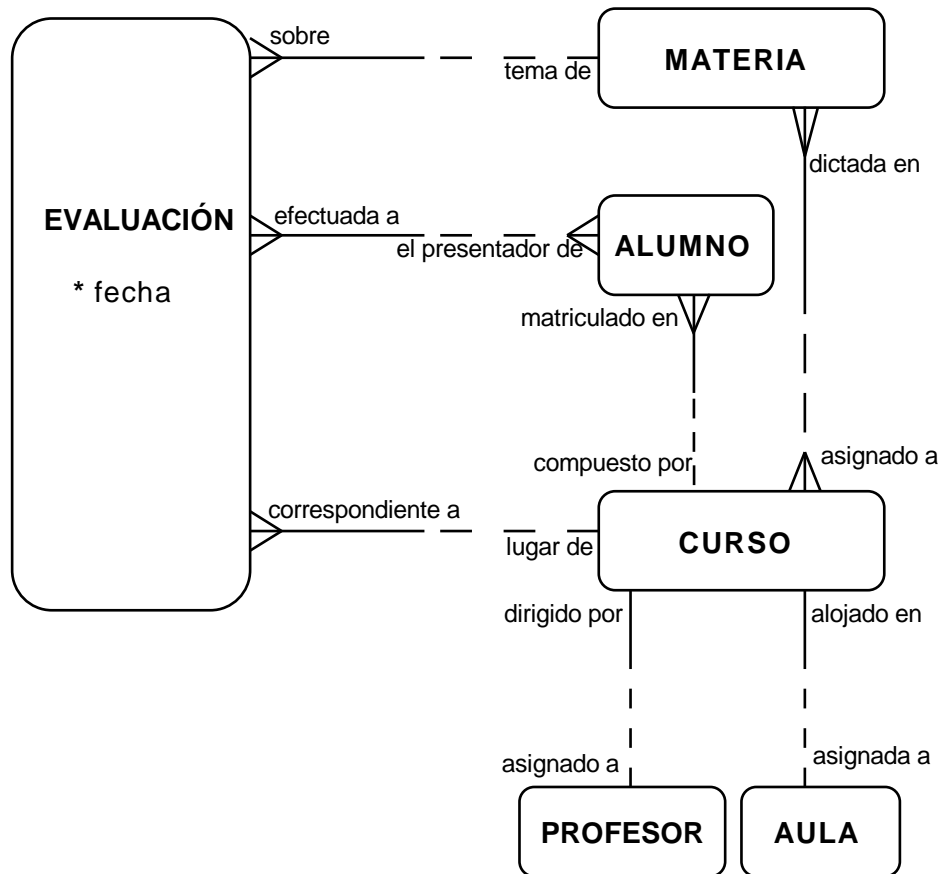
La línea de relación entre AULA y CURSO se puede leer como:

- Un CURSO debe estar alojado en un AULA y
- Un AULA puede estar asignada a un CURSO

Esta relación establece que no puede existir un curso tal que no esté localizado en un aula,

en tanto que un aula puede estar vacía y no haber sido asignada a ningún curso.

En la página siguiente se presenta un modelo completo de lo analizado hasta ahora.



3. CONCEPTOS ESENCIALES

En esta sección se definen de manera formal los conceptos esenciales del modelaje entidad-relación: entidad, relación y atributo.

3.1 ENTIDADES

Una entidad es una cosa u objeto significativo (real o imaginario) acerca del cual se requiere conocer o almacenar información.

Las entidades se representan esquemáticamente mediante cajas de bordes redondeados, dentro de las cuales se coloca el nombre de la entidad. Este nombre va siempre en singular y en mayúsculas.

El tamaño y disposición de la caja dentro del diagrama son arbitrarios, requiriéndose que posean suficiente espacio para colocar el nombre de la entidad (preferiblemente sin

abreviaturas) y dispuestas para hacer el diagrama entidad-relación legible.

Así, es común alargar las cajas para permitir que las líneas de relación se conecten a ellas sin cruzarse o curvarse, para evitar que el diagrama parezca una telaraña.

El nombre de la entidad debe representar la clase de objeto tratado, no una instancia. Así, los nombres Albert Einstein o Stephen Hawking no pueden nombrar una entidad; la entidad es CIENTÍFICO y los dos anteriores son instancias de esa entidad.

Es posible que haya sinónimos válidos de uso equivalentes en el dominio de aplicación analizado. Se debe escoger un nombre primario; los sinónimos se pueden mostrar en mayúsculas, precedidos de una barra inclinada / (*slash*).



ALUMNO/ESTUDIANTE

Toda cosa u objeto se debe representar exactamente mediante una entidad. Esto es, las entidades son mutuamente excluyentes en todos los casos.

Toda entidad debe ser identificable sin ambigüedad. Esto es, toda instancia de una entidad debe ser identificable de forma separada y distinta de todas las demás instancias de la misma entidad. (Véase la sección 3.3.2, Identificador Único).

3.2 RELACIONES

Una relación es una asociación nombrable, significativa entre dos entidades.

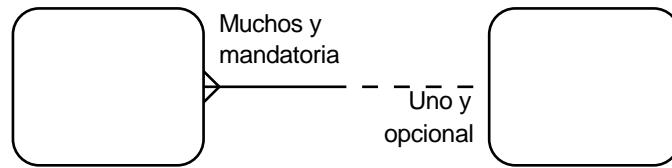
Una relación es binaria, en el sentido de que corresponde siempre a la asociación entre dos entidades o de una entidad consigo misma.

Toda relación tiene dos extremos, para cada uno de los cuales existen:

- Una leyenda.
- Un grado o cardinalidad (uno o muchos).
- Una opcionalidad (opcional u obligatoria).

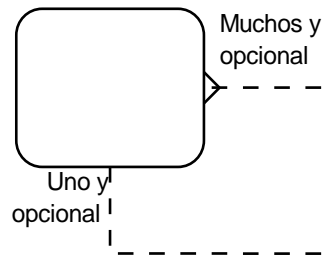
Una relación se representa mediante una línea que conecta las cajas correspondientes a

las dos entidades o que conecte recursivamente a una caja consigo misma.



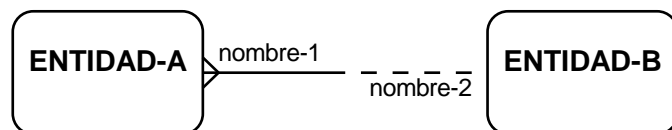
La relación más común es la de grado 1:N, obligatoria en el extremo N y opcional en el extremo 1.

Una relación recursiva suele representar jerarquías definidas sobre una misma entidad, como se muestra en el siguiente diagrama.



Este diagrama podría corresponder, por ejemplo, a una jerarquía de cargos en una empresa (jefes y subordinados).

El nombre de cada relación se coloca en minúscula junto al extremo apropiado, como se muestra.



Cuando el extremo de la relación es obligatoria se emplea el verbo debe antes del nombre

de la relación. Para relaciones opcionales, se emplea el verbo puede.

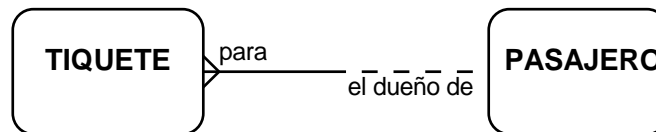
Así, el diagrama anterior se lee de izquierda a derecha como:

- Una ENTIDAD-A debe ser nombre-1 un ENTIDAD-B.

Y leído de derecha a izquierda:

- Una ENTIDAD-B puede ser nombre-2 muchos ENTIDAD-A.

Esto puede parecer incomprensible hasta que se lea un ejemplo real.



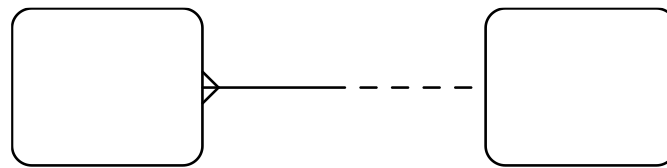
- Un TIQUETE debe ser para un PASAJERO y

- Un PASAJERO puede ser el dueño de muchos TIQUETES.

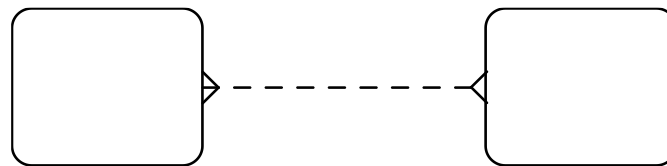
El plural del nombre de la entidad se emplea cuando el grado es muchos.

Al elaborar diagramas entidad-relación se logra mayor legibilidad al colocar el extremo abierto (muchos) en el lado izquierdo o superior. Adicionalmente, el uso de los verbos ser

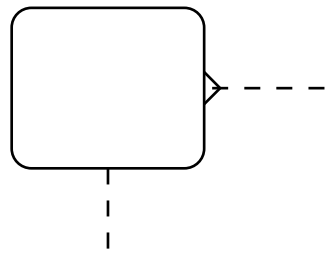
y estar provee nombres de la relación mas significativos y útiles.



Muchos a uno



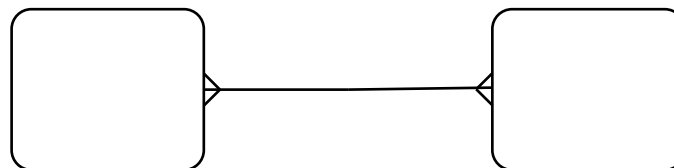
Muchos a muchos



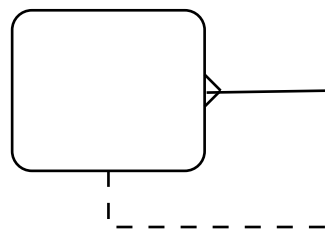
Jerarquía recursiva de muchos a uno

Las relaciones anteriores son muy comunes.

Las relaciones siguientes son poco comunes².



Relación obligatoria de muchos a muchos



Jerarquía infinita

3.3 ATRIBUTOS

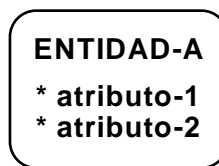
3.3.1 Generalidades

Un atributo es cualquier detalle que sirve para:

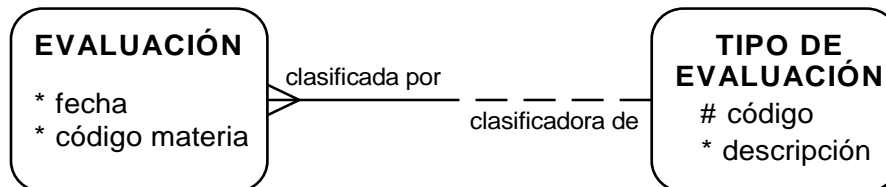
- Identificar.
- Describir.
- Cualificar.
- Clasificar.
- Expresar el estado de una entidad.

Un atributo puede ser texto, un número, una figura y así sucesivamente, según se requiera. En procesamiento de datos se tiende a usar únicamente texto y números, pero es razonable incluir otros tipos de datos tales como gráficos (por ejemplo, fotografías), sonido y vídeos.

Para representar un atributo, se escribe su nombre en minúscula y singular, opcionalmente acompañado de un ejemplo de su valor.



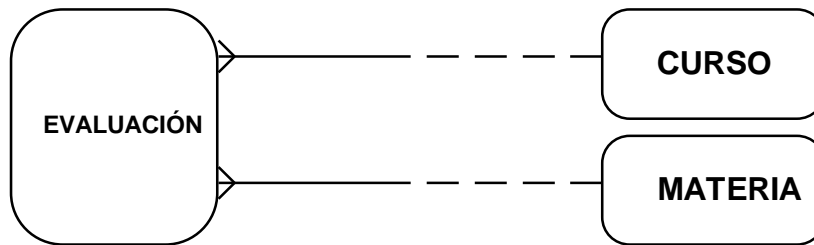
En el ejemplo de la siguiente figura, los atributos resultan necesarios para distinguir las dos entidades.



En este caso, puede haber solo cuatro o cinco tipos de evaluación, pero puede haber cientos de evaluaciones a lo largo del año escolar.

Los atributos deben describir únicamente a las entidades con las que están asociadas. Esto puede parecer obvio, pero es el error más común asociado con la identificación de atributos. Por ejemplo, ¿es 'nombre de materia' un atributo de evaluación o de materia propiamente dicho? Es un atributo de materia, pero en el mundo real se ve replicado en muchos contextos, incluyendo la evaluación. ¿Por qué? En un sistema manual, usar el nombre de materia es una forma muy conveniente de representar una relación. Cuando se encuentran estas situaciones, se debe trazar una línea de relación, creando una entidad si es necesario,

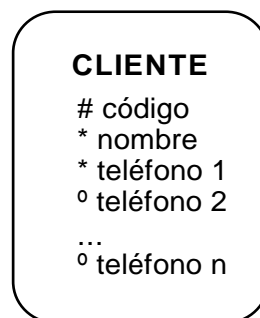
como se ilustra en la siguiente figura.



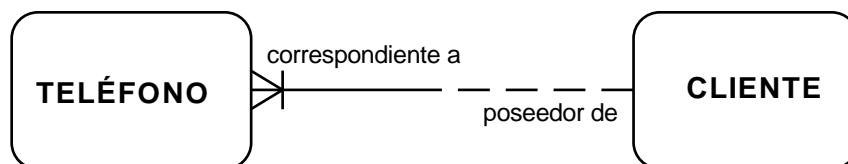
Una entidad suele tener entre dos y ocho atributos. Si se encuentran más de ocho, probablemente hay entidades o relaciones ocultas en el modelo.

No se debe emplear el nombre de la entidad como parte del nombre del atributo, pues resulta redundante, ya que un atributo describe únicamente a una entidad.

Una entidad solo puede tener un valor para cada atributo en un momento dado. Si resulta esencial tener múltiples valores, es necesario crear una entidad para almacenarlos y una relación de muchos a uno con la entidad original, como se ilustra en el siguiente diagrama.



Siguiendo la regla anterior, se tendría el diagrama de la figura siguiente.



El nombre de un atributo se debe escribir en singular y minúscula. Un nombre plural coincide, usualmente, con el problema de repetición mencionado anteriormente.

Así mismo, la repetición de atributos puede revelar la existencia de entidades faltantes en el modelo.

Un atributo se transforma en una entidad cuando tiene significado completo en sí mismo, con relaciones y atributos propios.

Este es el caso del atributo tipo evaluación en la entidad EVALUACIÓN, que tiene como atributos propios la descripción y el código y debe, por lo tanto, ser tratado como una entidad

en sí misma.

3.3.2 Identificador Único

Toda entidad debe poder ser identificada con unicidad mediante uno de sus atributos o una combinación de los mismos, denominado identificador único. Por lo tanto, siempre resulta necesario determinar qué atributo o atributos sirven para identificar una entidad.

3.3.3 Atributos opcionales y obligatorios.

Un atributo puede tener valor solo durante una parte del tiempo o ser desconocido. Esta clase de atributos se denomina opcional y se representa mediante un pequeño círculo (sin rellenar) antepuesto al nombre del atributo.

El valor de un atributo que debe ser siempre conocido, se representa mediante un asterisco (*) o un punto (.) antepuesto al nombre del atributo. Nótese que esto se aplica a los atributos cuyo valor debe ser siempre conocido, invalidando instancias de la entidad en las que no haya valor para estos.

3.3.4 Representación de atributos.

Toda entidad debe ser identificable en forma única, de manera que cada instancia de la misma se pueda diferenciar de modo separado de las demás instancias de la misma entidad.

Los atributos empleados para diferenciar instancias conforman el identificador de la entidad.

El identificador único puede ser un atributo, combinación de atributos o combinación de atributos y relaciones.

Nótese que una misma entidad puede tener más de una forma de identificación única.

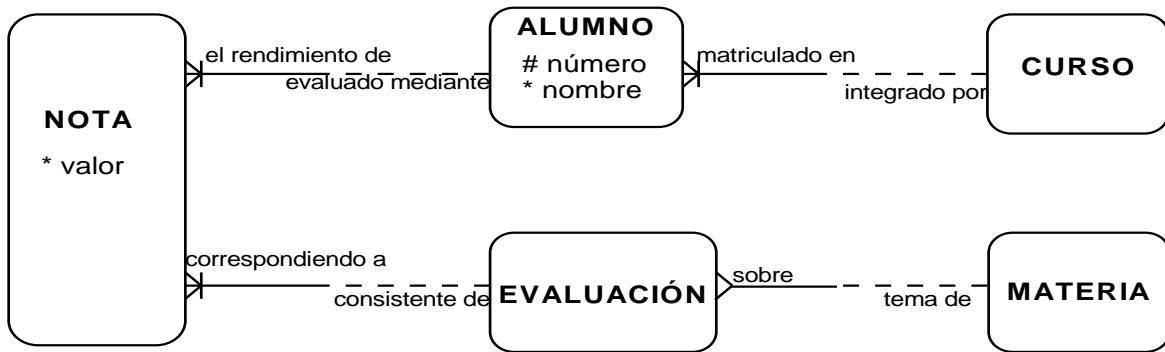
Así, por ejemplo, un empleado se puede identificar tanto con su número de cédula como con un código interno asignado por la organización.

A los atributos que se pueden emplear alternativamente como identificadores de una entidad se les denomina identificadores alternativos³.

El método esencial para representar el identificador único en un diagrama entidad relación consiste en anteceder con el signo # a cada atributo que contribuya al identificador único y en colocar una barra cruzada en la línea de la(s) relación(es) que participa(n) del

³ No se presenta simbología especial para ellos.

identificador.



En este diagrama, para identificar a un alumno, se requiere el curso y el número de lista, en tanto que, para identificar la nota, se requiere el alumno junto con la evaluación.

4. EXTENSIÓN AL CASO DE ESTUDIO.

En nuestro ejemplo se han apreciado las construcciones esenciales empleadas para la elaboración de un modelo entidad-relación, así como los conceptos esenciales del modelaje.

En esta sección se extiende el ejemplo para los colegios de bachillerato, examinando también algunas construcciones de agregación.

4.1 PLANTEAMIENTO.

En bachillerato, un mismo profesor puede dictar una o más materias en varios cursos o paralelos, dándose también que en distintos cursos se estudien distintas materias.

Entre las entidades más relevantes de este dominio de aplicación se tienen:

CURSO	Cada uno de los grados anuales de estudio.
PARALELO	Cada uno de los grupos correspondientes a cada curso, identificados generalmente con las letras A, B, C, etc.
AULA	Espacio físico donde se aloja cada paralelo.
PROFESOR	Instructor encargado de dictar las materias correspondientes a cada curso en cada paralelo.
MATERIA	Asignatura objeto de estudio en los distintos cursos.
ALUMNO	Estudiante asignado a cada paralelo.
EVALUACIÓN	Examen en el que se revisa el rendimiento de cada alumno en cada materia.

Entre estas entidades se podrían identificar, a priori, las siguientes relaciones:

CURSO/PARALELO	1:N Un curso puede estar dividido en muchos paralelos (nombrados A, B, C, etc.), en tanto que un paralelo debe ser correspondiente a un curso.
PARALELO/AULA	1:1 Un paralelo debe estar ubicado en un aula, en tanto que un aula puede estar asignada a un paralelo.
PARALELO/ALUMNO	1:N Un paralelo puede estar compuesto de muchos alumnos, en tanto que un alumno debe ser asignado a un paralelo.
PROFESOR/PARALELO	1:1 Un profesor puede ser el director de un paralelo, en tanto que un paralelo debe ser dirigido por un profesor.
PROFESOR/PARALELO	M:N Un profesor puede ser quien dicta clase en muchos paralelos, en tanto que un paralelo puede ser atendido por muchos profesores.
PROFESOR/MATERIA	M:N Un profesor puede ser quien dicta muchas materias, en tanto que una materia puede ser dictada por muchos

profesores.

CURSO/MATERIA M:N Un curso debe ser asignado a muchas materias, en tanto que una materia puede ser dictada en muchos cursos.

MATERIA/EVALUACIÓN 1:N Una materia puede ser tema de muchas evaluaciones, en tanto que una evaluación debe ser efectuada sobre una materia.

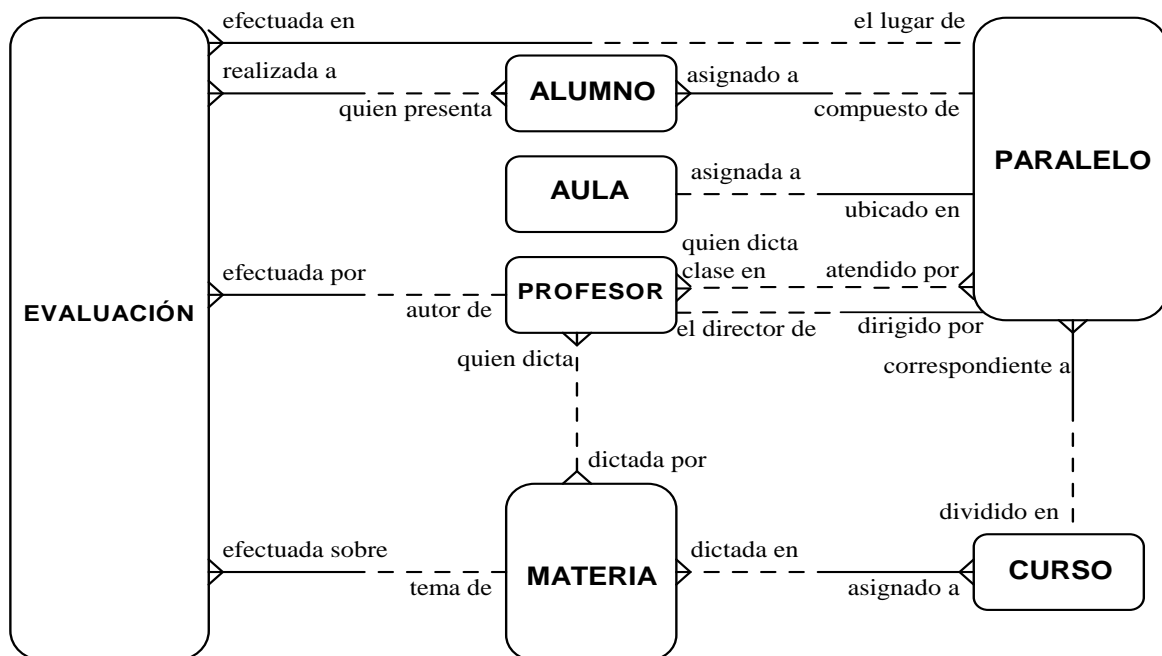
PARALELO/EVALUACIÓN 1:N Un paralelo puede ser el lugar de muchas evaluaciones, en tanto que una evaluación debe ser efectuada en un paralelo.

PROFESOR/EVALUACIÓN 1:N Un profesor puede ser autor de muchas evaluaciones, en tanto que una evaluación debe ser efectuada por un profesor.

ALUMNO/EVALUACIÓN M:N Un alumno puede ser quien presenta muchas evaluaciones, en tanto que una evaluación debe ser realizada a muchos alumnos.

¡Atención! Las relaciones mencionadas constituyen únicamente un punto de partida en el análisis y resultan de nuestra comprensión intuitiva del dominio de aplicación, siendo necesario refinarlas para llegar a un modelo completo y consistente.

El diagrama entidad-relación correspondiente a las entidades y relaciones identificadas es:



Examinando algunas de estas relaciones se encuentran casos especiales dignos de discusión.

4.2 DIFERENTES RELACIONES DEFINIDAS SOBRE LAS MISMAS

ENTIDADES.

Nótese que entre las entidades PROFESOR y PARALELO existen dos relaciones de diferente significado:

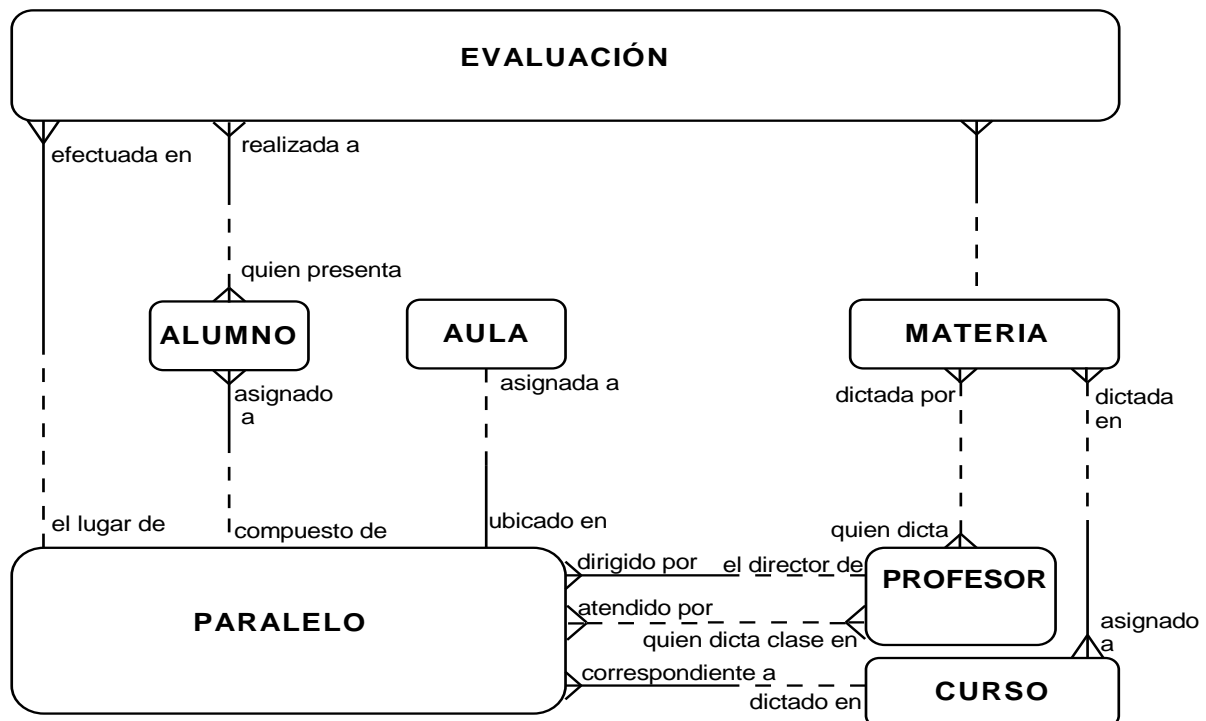
- El director de.
- Quien dicta clase en.

No es necesario dictar clase en un paralelo para dirigirlo, de la misma forma que es posible dictar clase en un paralelo y no ser director del mismo.

La existencia de varias relaciones diferentes definidas sobre las mismas entidades es válida y no se debe desestimar su posible ocurrencia en un modelo entidad-relación.

4.3 REMPLAZO DE RELACIONES 1:1 POR RELACIONES 1:N.

En algunos casos, se puede presentar que la relación ser director de sea 1:N; esto es, que un mismo profesor pueda ser (simultáneamente) director de varios paralelos. En tal caso, se debe usar la forma 1:N.



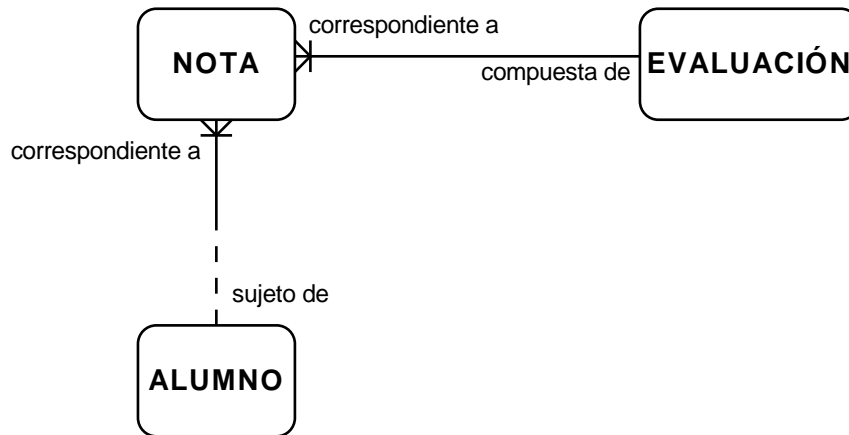
4.4 ENTIDADES DE INTERSECCIÓN.

En la variedad de modelaje entidad-relación estudiada en este documento se trata a las relaciones M:N como entidades de intersección; esto es, para toda relación M:N identificada en el modelo se crea una entidad que "interseca" a las entidades participantes en la relación M:N y cuyo identificador único se forma usualmente mediante la combinación de los

identificadores de dichas entidades.

La operación de considerar una relación M:N como entidad en sí misma se conoce como agregación⁴.

Aplicando este procedimiento de resolución a la relación M:N existente entre ALUMNO y EVALUACIÓN, se crea una entidad (NOTA) que interseca a las dos anteriores, como se aprecia en el siguiente diagrama.



Por otro lado, examinando las relaciones M:N:

CURSO/MATERIA	Pensum.
PROFESOR/MATERIA	Estar capacitado para dictar.
PROFESOR/PARALELO	Dictar clase en.

Se observa que NO son relaciones independientes; esto es, no cualquier profesor puede dictar cualquier materia en cualquier paralelo.

De hecho, un profesor solo puede dictar, en un paralelo dado, las materias que esté capacitado para dictar en cada curso.

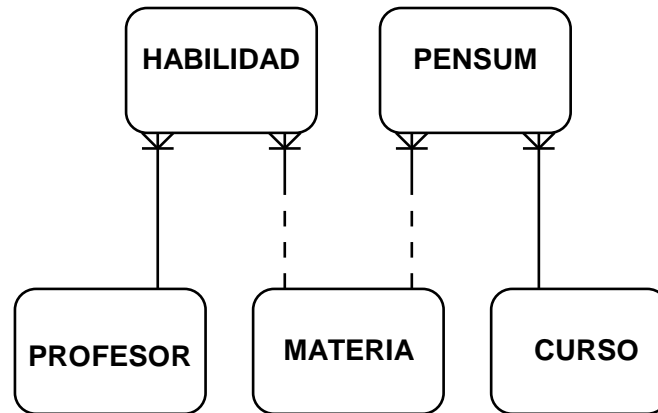
Así mismo, en un paralelo dado, únicamente se pueden estudiar aquellas materias definidas para el curso correspondiente al paralelo.

Esta dependencia corresponde a una forma de relación conocida como relación ternaria; esto es, una relación definida simultáneamente sobre tres entidades y que no siempre se puede descomponer en tres relaciones binarias independientes sin pérdida de información.

Aplicando la técnica de resolución a las relaciones M:N CURSO/MATERIA y

⁴ Discutible. El término agregación se suele usar para otras cosas, pero Rocha lo usa así.

PROFESOR/MATERIA, se definen las entidades de intersección PENSUM y HABILIDAD, respectivamente.



Nótese el uso de las barras perpendiculares trazadas sobre las líneas de las relaciones⁵.

A la entidad de intersección se le denomina débil respecto a la(s) entidad(es) lado 1.

El modelo elaborado hasta ahora, sin embargo, contiene aún un defecto fundamental:

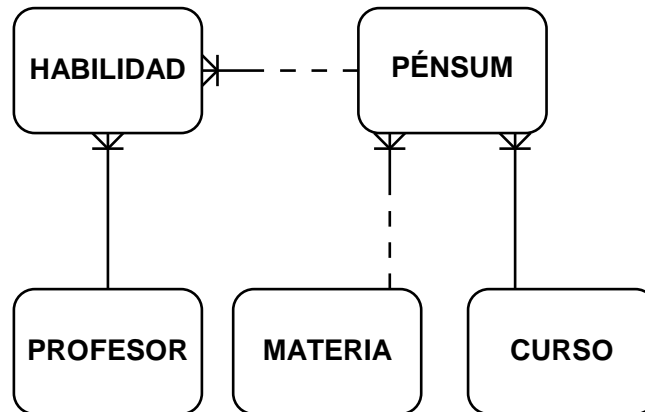
Un profesor habilitado para dictar matemáticas en 3° (álgebra) no necesariamente está habilitado para dictarlas en 6° (cálculo).

Es decir, no existe una relación directa entre PROFESOR y MATERIA, sino entre PROFESOR y PENSUM (esto es, simultáneamente con MATERIA y CURSO).

Remplazando la relación entre HABILIDAD y MATERIA por la relación HABILIDAD y

⁵ Por simplicidad se ha obviado el nombre de las relaciones en algunos de los diagramas, pero **siempre** deben ir.

PENSUM, se tiene el siguiente diagrama:



En este diagrama se puede representar el hecho de que un PROFESOR puede estar habilitado para dictar la MATERIA matemáticas en los CURSOS 3° y 4° (álgebra), pero no en los CURSOS 5° y 6° (trigonometría y cálculo).

De esta manera, un PROFESOR no se relaciona de forma directa con la entidad MATERIA en general, sino con la intersección PENSUM existente entre MATERIA y CURSO.

Esta técnica permite resolver relaciones ternarias en relaciones binarias sin pérdida de información.

La construcción de "promover" una relación M:N a una entidad y definir nuevas relaciones sobre dicha entidad se denomina agregación⁶ y representa una de las herramientas conceptuales más poderosas del modelaje entidad-relación.

Aplicando mecánicamente esta transformación a la relación M:N existente entre PROFESOR y PARALELO (quien dicta clase en), se podría definir una entidad de intersección, denominada ASIGNACIÓN, que resolvería la relación.

Esta entidad de intersección, sin embargo, no se puede definir directamente entre PROFESOR y PARALELO, pues permitiría asociar cualquier PROFESOR con cualquier PARALELO.

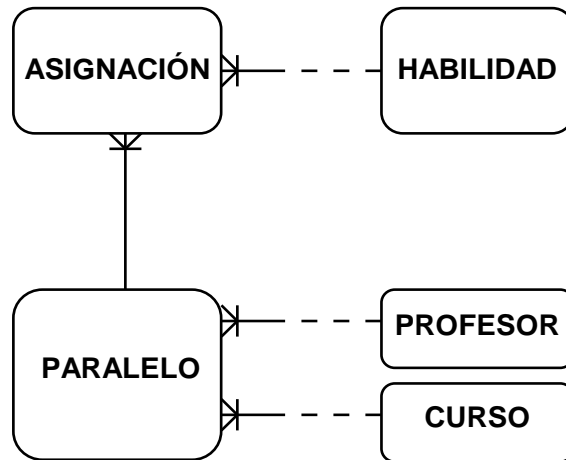
Un análisis más cuidadoso revela que solo es posible asignar un PROFESOR a un PARALELO si el PROFESOR está habilitado para dictar la MATERIA dada en el CURSO correspondiente al PARALELO.

Debido a ello, ASIGNACIÓN debe intersecar las entidades PARALELO y HABILIDAD, en vez de PARALELO y PROFESOR.

Es de notar que (aunque el modelo no lo determina explícitamente), el CURSO correspondiente al PENSUM asociado con la HABILIDAD del PROFESOR debe ser el

⁶ OK, de nuevo no confundir con el concepto de agregación que se usa, por ejemplo, en UML.

mismo CURSO correspondiente al PARALELO con el cual se asocia la HABILIDAD.



Esta construcción se denomina clausura transitiva⁷ de la relación.

Por último, las relaciones directas

MATERIA/EVALUACIÓN Tema de

PROFESOR/EVALUACIÓN Autor de

PARALELO/EVALUACIÓN Lugar de

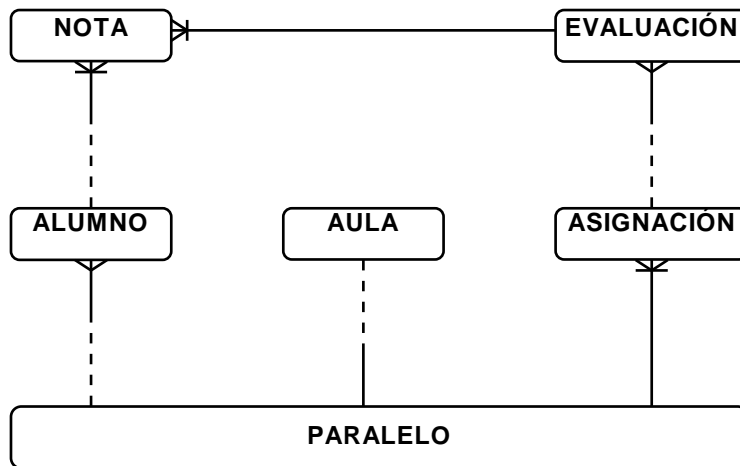
Tampoco son independientes entre sí.

De hecho, solo el PROFESOR que haya sido asignado para dictar MATERIAS en un PARALELO particular (mediante la entidad de intersección ASIGNACIÓN) puede originar EVALUACIONES.

Estas relaciones, por lo tanto, se pueden remplazar por una única relación entre

⁷ El nombre es discutible, pero Rocha lo llama así.

ASIGNACIÓN y EVALUACIÓN como se ilustra en el diagrama.

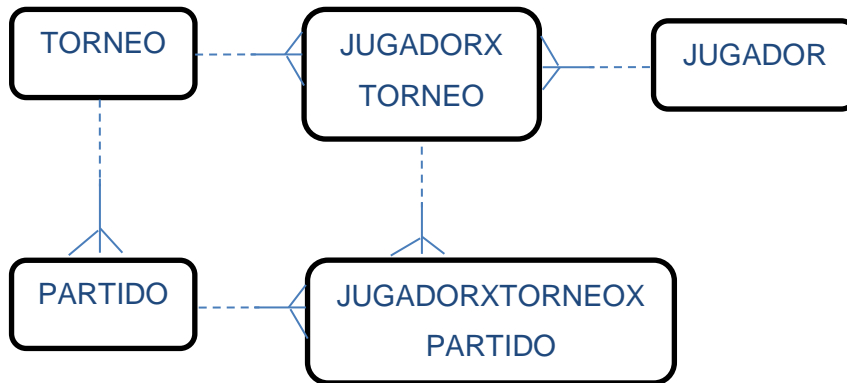


Es de notar que el paralelo correspondiente a la EVALUACIÓN (a través de la entidad ASIGNACIÓN) debe corresponder al PARALELO de los ALUMNOS participantes en la EVALUACIÓN.

Este es, nuevamente, el caso de una clausura transitiva de la relación.

-0-

Veamos otro ejemplo de una clausura transitiva. Sea el diagrama:



Suponga que un jugador solo puede jugar partidos de los torneos en los que él está inscrito, en tal caso, aquí se tiene una clausura transitiva.

-0-

4.5 MODELO FINAL.

Después de estas transformaciones, resultantes de un análisis más detallado, se tiene

como lista de entidades:

CURSO	Cada uno de los grados anuales de estudio.
PARALELO	Cada uno de los grupos correspondientes a cada curso, identificados usualmente con las letras A, B, C, etc.
AULA	Espacio físico donde se aloja cada paralelo.
PROFESOR	Instructor encargado de dictar las materias correspondientes a cada curso en cada paralelo.
MATERIA	Asignatura objeto de estudio en los distintos cursos.
ALUMNO	Estudiante asignado a cada paralelo.
PENSUM	Materias cubiertas por el programa de un curso particular.
HABILIDAD	Materias susceptibles de ser dictadas por un profesor en un curso particular.
ASIGNACIÓN	Asociación entre un profesor, una materia en un curso particular y un paralelo dado.
EVALUACIÓN	Examen en el que se revisa el rendimiento de cada alumno en cada materia.
NOTA	Rendimiento obtenido por un alumno dado en una evaluación particular.

La lista de relaciones identificadas es:

CURSO/PARALELO	1:N Un curso puede estar dividido en muchos paralelos (nombrados como A, B, C, etc.), en tanto que un paralelo debe ser correspondiente a un curso.
PARALELO/AULA	1:1 Un paralelo debe estar ubicado en un aula, en tanto que un aula puede estar asignada a un paralelo.
PARALELO/ALUMNO	1:N Un paralelo puede estar compuesto de muchos alumnos, en tanto que un alumno debe estar asignado a un paralelo.
CURSO/PENSUM	1:N. Un curso debe estar presente en muchos pensum ⁸ , en tanto que un pensum debe ser referenciado por un curso.
MATERIA/PENSUM	1:N Una materia puede estar presente en muchos pensum, en tanto que un pensum debe ser referenciado por una materia.
PENSUM/HABILIDAD	1:N Un pensum puede estar presente en muchas habilidades, en

⁸ Plural: pensa.

tanto que una habilidad debe ser correspondiente a un pensum.

PROFESOR/HABILIDAD 1:N Un profesor debe estar asociado con⁹ muchas habilidades, en tanto que una habilidad debe estar asociada con un profesor.

HABILIDAD/ASIGNACIÓN 1:N Una habilidad puede estar asociada con muchas asignaciones, en tanto que una asignación debe estar asociada con una habilidad.

PARALELO/ASIGNACIÓN 1:N Un paralelo debe estar asociado con muchas asignaciones, en tanto que una asignación debe estar referenciando a un paralelo.

ASIGNACIÓN/EVALUACIÓN 1:N Una asignación puede ser objeto de muchas evaluaciones, en tanto que una evaluación debe ser correspondiente a una asignación.

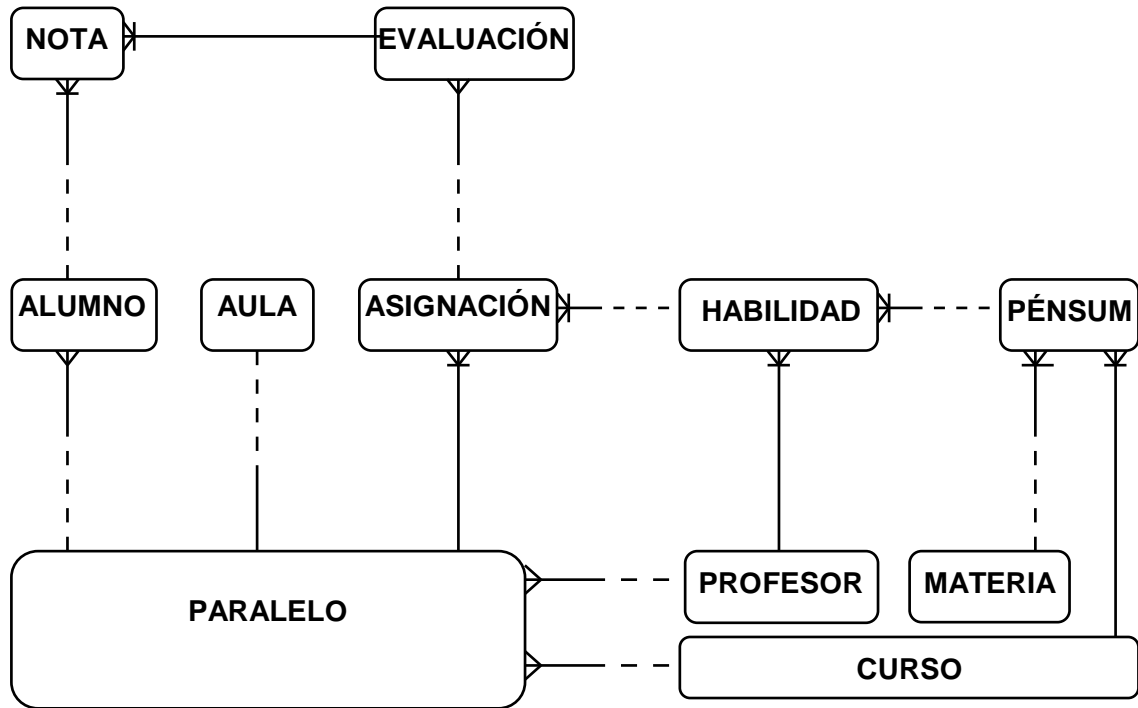
EVALUACIÓN/NOTA 1:N. Una evaluación debe estar compuesta de muchas notas, en tanto que una nota debe ser correspondiente a una evaluación.

ALUMNO/NOTA 1:N. Un alumno puede ser evaluado por muchas notas, en tanto que

⁹ Se debería usar una leyenda más precisa. "Asociado con" es muy genérica.

una nota debe ser correspondiente a un alumno.

El diagrama completo para el modelo en estudio es:



5. IDENTIFICACIÓN DE ENTIDADES, RELACIONES Y ATRIBUTOS.

5.1 INTRODUCCIÓN.

En el ejemplo anterior, se ha efectuado un análisis de entidades y relaciones, sin abordar en detalle la identificación de atributos.

Como se puede apreciar, el modelaje entidad-relación no es una técnica de aplicación mecánica que provea¹⁰, mediante una secuencia estricta y simple de actividades, el modelo preciso.

Excepto en los casos más simples, siempre resulta necesario revisar varias veces el modelo resultante del análisis para capturar con la mayor exactitud posible las propiedades del dominio modelado.

Esta tarea involucra muy de cerca al usuario final, como único árbitro definitivo de las dudas e inconsistencias encontradas, así como para la eliminación de relaciones irrelevantes.

Así, en el ejemplo anterior, no se contemplaron relaciones carentes de importancia para el dominio de aplicación tales como:

ALUMNO/MATERIA ¿Qué relación existe? Quizás que el alumno dado es muy aficionado a la materia. ¿Es esta relación relevante? Podría serlo si el sistema incluyera datos de tipo vocacional, pero no si se limita a calificaciones.

PROFESOR/ALUMNO ¿Qué relación existe? Quizás que el alumno y el profesor son buenos amigos. ¿Es esta relación relevante?

La inclusión de relaciones redundantes es uno de los errores más comunes en el modelaje.

Este es el caso con las dos relaciones anteriormente citadas. Un analista principiante se podría sentir tentado a incluir estas relaciones para responder a preguntas tales como:

- ¿Cuál es la nota promedio de un ALUMNO dado para una MATERIA dada?
- ¿Qué profesores dictan clase sobre cada MATERIA a qué ALUMNOS?

Nótese, sin embargo, que para responder estas preguntas basta con recorrer las relaciones ya definidas en el orden apropiado; por lo tanto, es redundante establecer relaciones directas entre las entidades involucradas.

Así, dado un ALUMNO, se puede enlazar todas sus NOTAS, seleccionando para cada una únicamente aquellas correspondientes a una MATERIA dada y así calcular la nota promedio.

Igualmente, dado un PROFESOR, se puede enlazar todas sus HABILIDADES, enlazando a continuación sus ASIGNACIONES para determinar el PARALELO, a partir del cual se

¹⁰ OK.

pueden enlazar todos los ALUMNOS.

Podría alegarse, quizás, que las primeras relaciones citadas en la sección anterior (aquellas identificadas a priori) eran suficientes para construir un sistema automatizado, sin entrar en las sutilezas de qué profesor puede dictar qué materia o qué materias se cubren en qué cursos.

Lo esencial en un sistema automático, sin embargo, no es solo la habilidad de almacenar los datos propios del dominio de aplicación, sino también (y muy especialmente) garantizar su consistencia.

A este respecto se podría decir que uno de los objetivos centrales del modelaje es modelar (NO en los programas de aplicación) la mayor cantidad posible de propiedades del dominio de aplicación.

Así, se garantiza que en el modelo de datos se puedan evitar inconsistencias que, de otra manera, deberían ser controladas por los programas de aplicación.

Esto, por supuesto, redundará en una reducción de la complejidad y dificultad de mantenimiento de los programas.

Extendiendo este concepto, es fácil observar que una gran cantidad de lógica procedimental necesaria en los programas de aplicación se puede obviar mediante la simple inclusión de entidades y relaciones de carácter abstracto en el modelo de datos. (Véase la sección 5.4. Entidades de Referencia).

5.2 PASOS DEL MODELAJE.

Una vez dotados de la comprensión esencial de los conceptos y construcciones del modelaje entidad-relación se puede planear la secuencia de pasos necesaria para elaborar un modelo completo.

Estos pasos son:

1. Identificación de entidades.
2. Identificación de relaciones.
3. Elaborar el diagrama entidad-relación.
4. Identificación de atributos.
5. Refinar el modelo, comparándolo contra los requisitos establecidos para el dominio de aplicación.
6. Transformar el modelo entidad-relación a un diseño lógico implementable. Por ejemplo, a un esquema de tablas, vistas e índices de una base de datos relacional.

5.2.1 Identificación de entidades.

La identificación de entidades es el paso central del proceso de modelaje. Ejemplos de

entidades típicas son:

Personas naturales o jurídicas, tales como ALUMNO, PROFESOR, CLIENTE, EMPLEADO, PROVEEDOR, etc.

Objetos Tangibles o no, tales como ARTÍCULO, CUENTA CORRIENTE, CUENTA CONTABLE, etc.

Transacciones O eventos, tales como EVALUACIÓN, COMPRA, DESPACHO, CONSIGNACIÓN, TRANSFERENCIA, etc.

Lugares Tales como AULA, CIUDAD, BODEGA, etc.

Conceptos O abstracciones, tales como TIPO DE EVALUACIÓN, TIPO DE CLIENTE, TIPO DE TRANSACCIÓN, UNIDAD DE MEDIDA, etc.

En términos generales, se presenta que solo las personas pueden originar transacciones y que la acción de estas recae siempre sobre un objeto dado.

Por otra parte, las personas (y objetos) suelen residir (o almacenarse) en lugares.

Así mismo, los conceptos permiten controlar y limitar qué tipo de persona puede llevar a cabo qué tipo de transacción y qué tipo de transacción se puede aplicar sobre cada tipo de objeto.

5.2.2 Identificación de relaciones.

En un sistema comercial típico (transaccional) una buena guía para iniciar al análisis es preguntarse:

- ¿Qué transacción ocurre en el modelo? Transacciones: VENTA, DESPACHO, TRANSFERENCIA, ASIENTO CONTABLE, etc.
- ¿Quién origina cada transacción? Personas: CLIENTE, PROFESOR, PROVEEDOR, etc.
- ¿Sobre qué objeto recae la acción de la transacción? Objetos: ARTÍCULO, CUENTA CORRIENTE, CUENTA CONTABLE, etc.
- ¿De qué lugares provienen las personas? ¿En qué lugares se almacenan o procesan los objetos? Lugares: BODEGA para ARTÍCULO, CIUDAD para PROVEEDOR, AULA para PARALELO, etc.
- ¿De qué depende la naturaleza de las transacciones, personas u objetos? Conceptos: UNIDAD para ARTÍCULO, TIPO DE TRANSACCIÓN para TRANSACCIÓN BANCARIA, CLASE DE CLIENTE para CLIENTE, etc.

Véase la Sección 6. (Estructuras Clásicas y Patrones Genéricos) para obtener información acerca de construcciones recurrentes, cuyo conocimiento simplifica el análisis en un nuevo

dominio de aplicación.

5.2.3 Elaboración del diagrama entidad-relación.

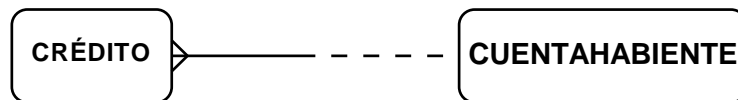
La importancia de los diagramas entidad-relación no debe ser, de ninguna manera, desestimada, como (desafortunadamente) ocurre con la documentación en los sistemas convencionales.

El diagrama entidad-relación no es únicamente un medio de documentación o revisión rápida. Es, ante todo, un instrumento de comunicación con el usuario.

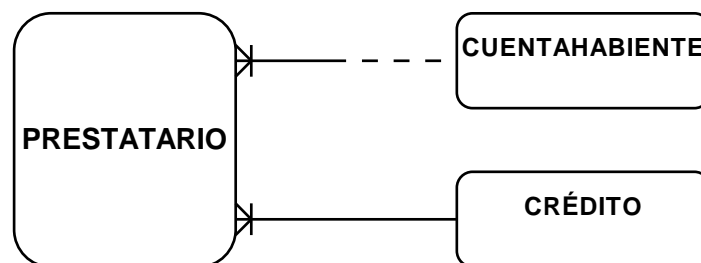
Una experiencia de años en el modelaje entidad-relación muestra que los usuarios finales aprenden con mucha facilidad a interpretar diagramas entidad-relación, validando la completitud y consistencia del mismo, dirimiendo diferencias e identificando formas más adecuadas de modelar.

A continuación se presentan algunos ejemplos de observaciones hechas por usuarios a modelos entidad-relación sometidos a su revisión:

1. "Si, entiendo correctamente lo que dice el diagrama, creo que es un error considerar que un crédito pueda ser conferido a un cuentahabiente. Es perfectamente posible que dos o más clientes del banco sean responsables de un mismo crédito, en cuyo caso se hacen igualmente solidarios por la deuda".

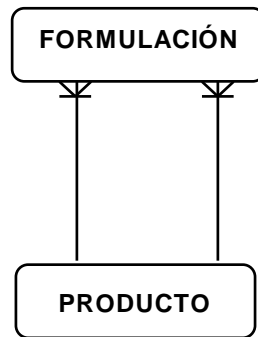


Una relación inicialmente identificada como 1:N resulta ser M:N y requiere, por lo tanto, de una nueva entidad (de intersección).

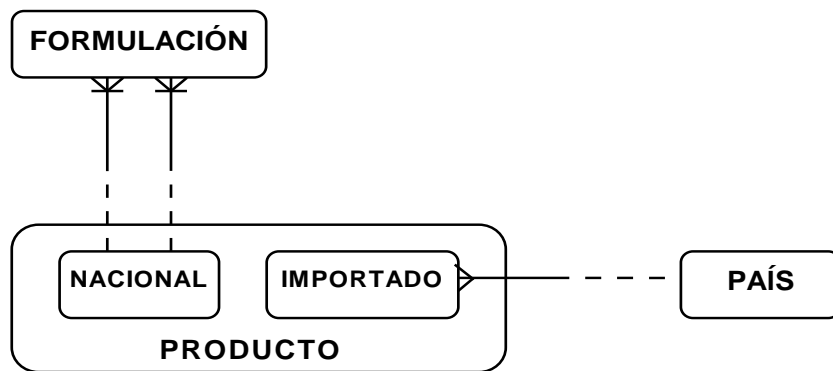


2. "No creo que todos los productos tengan una formulación. Nosotros vendemos también

compuestos importados para los cuales ni conocemos ni nos interesa la formulación".



Una relación debe resultar una relación puede y se introduce una nueva entidad (producto importado) con atributos y relaciones propias.



¡Valide siempre sus diagramas entidad-relación con el usuario final!

5.2.4 Identificación de atributos.

La identificación de atributos es el paso siguiente después de la elaboración (y aprobación) del diagrama entidad-relación.

Es posible que durante este proceso se identifiquen nuevas entidades y relaciones, sutilmente ocultas en el modelo original.

No se desanime. Esa es la naturaleza progresiva del modelaje entidad-relación.

5.2.4.1 Identificador único.

El primero de los atributos que debe ser identificado para cada entidad es el identificador único.

Toda entidad debe tener un identificador único. En los raros casos en que el modelaje no evidencie un atributo (o combinación de atributos) que conformen un identificador único, es

lícito "inventar" uno usando, por ejemplo, números consecutivos¹¹, como en los documentos.

5.2.4.2 Número de atributos.

Usualmente una entidad debe tener, por lo menos, dos atributos.

Este criterio no se aplica necesariamente a las entidades de intersección, que pueden consistir, únicamente, de los identificadores de las entidades intersecadas.

Una entidad puede tener cualquier número de atributos; sin embargo, una entidad con muchos atributos (más de ocho) suele camuflar otras entidades.

5.2.4.3 Caso de estudio.

La identificación de atributos para nuestro caso de estudio sería:

CURSO

número

*nombre

PARALELO

letra

AULA

número

*capacidad (en número de alumnos)

PROFESOR

#número

*nombre

*sexo

ALUMNO

número

*nombre

*sexo

MATERIA

código

*nombre

*área (sociales, técnicas, humanidades, etc.)

PENSUM

*intensidad (en número de horas por semana)

HABILIDAD

¹¹ En ocasiones estos identificadores terminan siendo atributos naturales de las entidades, por ejemplo, número de factura.

*calificación (excelente, bueno, aceptable)

ASIGNACIÓN

*fecha_inicial

*fecha_final

EVALUACIÓN

#número

*tipo de evaluación (mensual, semestral, final)

*fecha

NOTA

*calificación (por ejemplo, de 1 a 10)

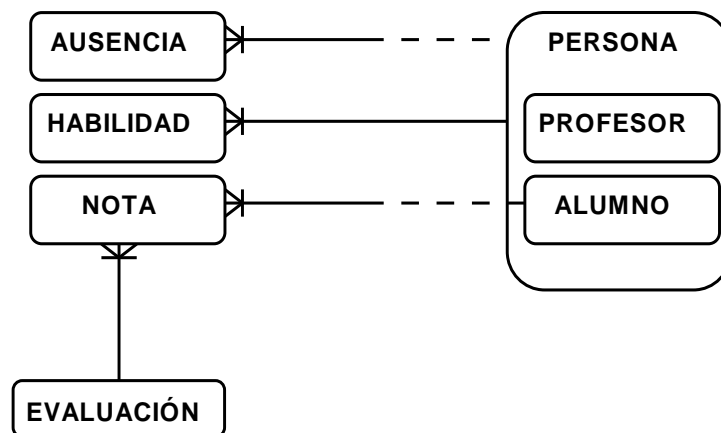
5.3 SUPERTIPOS.

En la lista anterior, se puede apreciar que los atributos de las entidades PROFESOR y ALUMNO son los mismos, lo que se deriva del hecho natural de que ambos son personas, resultando razonable agrupar estas dos entidades en una nueva entidad.

Cuando dos o más entidades comparten atributos (o relaciones) comunes se puede configurar un supertipo.

Un subtipo es un tipo de entidad; esto es, un componente de un supertipo.

En la siguiente figura se presenta el supertipo PERSONA, compuesto de los subtipos ALUMNO y PROFESOR.



El estándar diagramático para la representación de supertipos y subtipos es presentar las cajas de las entidades subtipo dentro de la caja de la entidad del supertipo.

Así, una entidad se puede dividir en dos o más subtipos mutuamente exclusivos.

Los atributos o relaciones comunes a todos los subtipos se definen solo al nivel superior del supertipo.

Los subtipos pueden tener atributos y relaciones propias.

Así mismo, un subtipo puede ser dividido en otros subtipos y así sucesivamente. La experiencia muestra, sin embargo, que dos o tres niveles son suficientes en la mayoría de las circunstancias.

Si un subtipo no resulta tener atributos o relaciones propias, se puede tratar de un sinónimo o un rol jugado por la entidad, pero que no lo diferencia como entidad separada.

Es posible que dos o más subtipos de un mismo supertipo posean relaciones entre sí o con el supertipo.

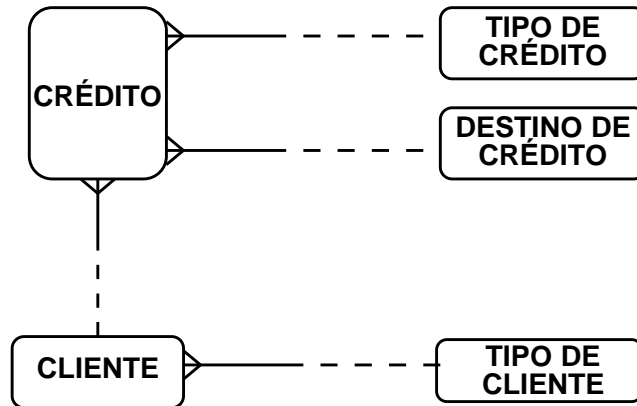
Siempre que se defina un supertipo, es necesario añadirle un atributo (o tipificador) que

indique a qué subtipo particular pertenece una instancia dada del supertipo.

5.4 ENTIDADES DE REFERENCIA.

Una entidad de referencia es aquella que no tiene extremos de relaciones 1:N conectados a ella, esto es, una entidad que es siempre lado 1 de alguna relación y lado N de ninguna. Generalmente, hay pocas entidades de esta naturaleza en un diagrama entidad-relación típico.

Estas entidades suelen corresponder a abstracciones o conceptos tales como TIPO DE CLIENTE (cuentahabiente, empleado, particular, etc.), TIPO DE CRÉDITO (prestatario, hipotecario, quirografario, etc.) y DESTINO DE CRÉDITO (consumo, inversión, fomento, etc.) como en el diagrama de la figura.

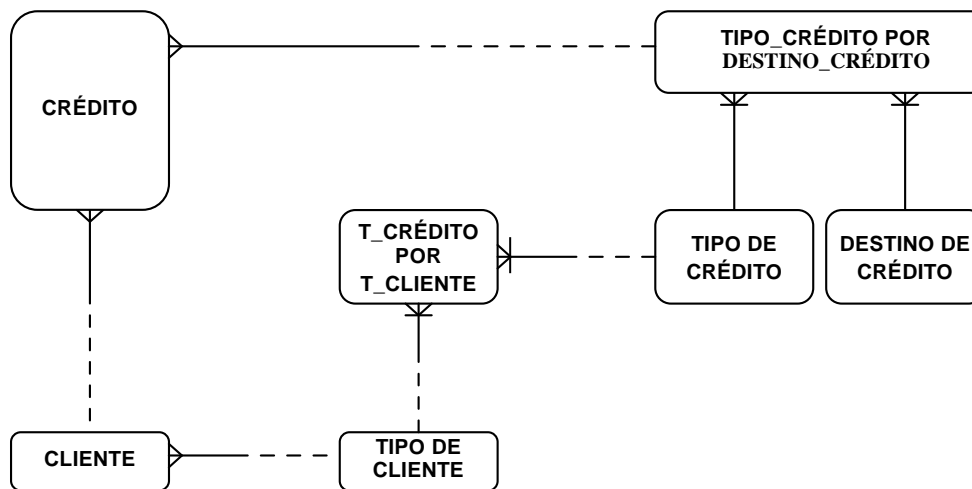


Nótese que estas entidades abstractas suelen tener solo un identificador y una descripción.

Su importancia, sin embargo, no debe ser desestimada pues el modelaje de relaciones entre ellas permite expresar reglas que requerirían extensa lógica procedimental en los programas de aplicación. Así, por ejemplo, se puede establecer que no cualquier TIPO DE CLIENTE puede aplicar para cierto TIPO DE CRÉDITO y que no todo TIPO DE CRÉDITO es aplicable para todo DESTINO DE CRÉDITO.

Dadas estas consideraciones, el diagrama entidad-relación se podría modificar como

aparece en la figura.



Nótese que valores tales como la tasa de interés o el plazo máximo de pago se pueden asociar con las entidades de intersección identificadas, de forma que, por ejemplo, la tasa de interés dependa de la relación entre TIPO DE CLIENTE y DESTINO DE CRÉDITO y el plazo de pago de la relación entre TIPO DE CLIENTE y TIPO DE CRÉDITO.

Estas relaciones (y sus atributos) permiten definir reglas de la organización dentro del modelo de datos, logrando el efecto de:

- Liberar a los programas de aplicación de lógica compleja.
- Permitir cambios en las políticas de la compañía sin tener que modificar los programas.

En aplicaciones convencionales (escritas en lenguajes de tercera generación), estas reglas se suelen colocar dentro de la lógica de programas de aplicación, como se ilustra en el siguiente ejemplo:

/*Tipos de cliente*/

```
#define CUENTAHABIENTE ('C')
#define PARTICULAR ('P')
#define EMPLEADO ('E')
```

/*Tipos de crédito*/

```
#define PRENDARIO ('P')
#define HIPOTECARIO ('H')
#define QUIROGRAFARIO ('Q')
```

/*Destinos de crédito*/

```
#define CONSUMO ('C')
#define INVERSION ('Y')
```

...

```
switch (tipo_cliente) {
case CUENTAHABIENTE:
```

```
switch (tipo_credito) {
  case PRENDARIO:
    plazo_maximo = 120;
    break;
  case HIPOTECARIO:
    plazo_maximo = 360;
    break;

  case QUIROGRAFARIO:
    plazo_maximo = 60;
    break;
}
break;

case PARTICULAR:
  if (tipo_credito == QUIROGRAFARIO) {
    error("Tipo de crédito no aplicable");
    break;
  }
  switch (destino_credito) {
  case CONSUMO:
    tasa_interes = 40.0;
    break;

  case INVERSION:
    tasa_interes = 37.5;
    break;
  }
  break;

case EMPLEADO:
  ...
}
```

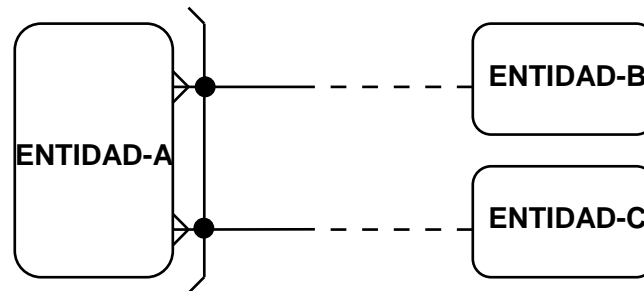
Nótese que en este esquema, todo cambio en las políticas de asignación de crédito y en los valores de plazos máximos o tasas de interés se traducirá en cambios en los programas de aplicación.

Usando las entidades de referencia identificadas y sus relaciones, la lógica del programa de aplicación se hace mucho más genérica y flexible ya que cualquier cambio de políticas respecto de la concesión de créditos o de valores en las tasas de interés y plazos de pago implicarán únicamente la modificación de los registros correspondientes en la base de

datos¹² y no cambios en los programas de aplicación.

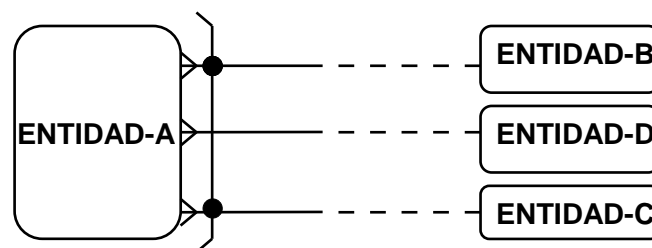
5.5 RELACIONES CONDICIONALES¹³.

Una relación condicional es una relación en la que una instancia de la entidad A se puede relacionar con una instancia de la entidad B en ciertos casos o con una instancia de la entidad C en otros, de forma excluyente, como se ilustra a continuación.



La curva trazada alrededor de las líneas de relación se denomina arco y significa que una instancia de la entidad A se puede relacionar con una instancia de la entidad B o con una instancia de la entidad C, pero no con ambas a la vez.

Nótese el empleo de un punto en la intersección del arco con las líneas de relación. Esta notación se emplea para evitar ambigüedades en el caso en que la entidad A esté relacionada también con una entidad D independiente del arco, como en la siguiente figura.



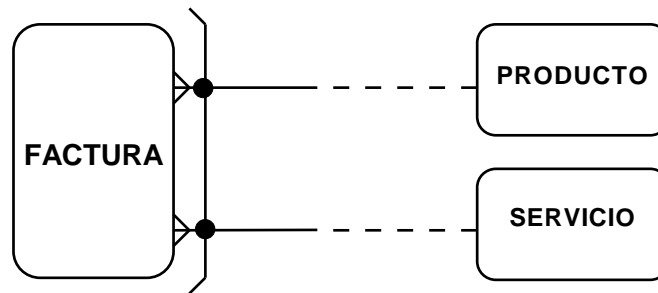
En esta figura, la relación entre A y D no forma parte del arco, es decir, D no está incluida en la relación condicional entre A y B o C.

Un ejemplo de arco se tiene en una empresa de servicio automotor en la que se pueden facturar, indistintamente, productos (tales como copas, parabrisas, etc.) y servicios (tales como lavado del auto, cambio de aceite, etc.) Aquí cada factura se hace para un producto

¹² OK.

¹³ Arcos.

o para un servicio pero no para ambos.



5.6 RELACIONES NO TRANSFERIBLES.

Normalmente, una instancia de una entidad se puede conectar a otra mediante una relación y, subsiguientemente, ser desconectada de esta y reconectada a otra instancia del mismo tipo.

Por ejemplo, un paralelo se puede asociar con un profesor como director de grupo y, posteriormente, se puede asociar con otro si el director original se retira del colegio.

En otros casos; sin embargo, la asociación establecida no es transferible.

Este es el caso del paralelo que está asociado con un curso. No tiene mucho sentido pensar en que, por ejemplo, a mitad de año el paralelo 4A se transforme en 5A.

Esta situación es típica en las relaciones de dependencia en las que el identificador del lado N se construye empleando como componente el identificador del lado 1.

Nótese, en el ejemplo anterior, que el 4 de 4A corresponde al código del curso.

5.7 INTEGRIDAD REFERENCIAL¹⁴.

Otra construcción asociada con las relaciones es la de integridad referencial.

La integridad referencial exige, por ejemplo, que al insertar una fila en la tabla¹⁵ de empleados, el número de departamento de la misma exista también en la tabla de departamentos.

¿Qué ocurre si se borra una fila de la tabla de departamentos?

Hay tres posibilidades para el manejo de la operación de borrado en esta circunstancia:

- Borrar a todos los empleados asociados con el departamento dado. Esta modalidad se

¹⁴ Este es un tema del modelo relacional; sin embargo, Rocha lo menciona en el contexto del modelo E-R.

¹⁵ Estos son conceptos (fila, tabla) del modelo relacional, no del modelo E-R.

conoce como borrado de cascada.

- Inhibir la operación de borrado del departamento si hay empleados asociados con él.
- Desconectar a los empleados asociados con el departamento borrado, en espera (quizás) de que sean subsiguientemente asignados a otro departamento.

La opción de borrado de cascada se aplica cuando la relación entre el lado 1 y el lado N es debe en ambos extremos, de forma que al perder información sobre una instancia de la entidad padre se pierde también toda información sobre las instancias asociadas de la entidad hijo.

La opción de inhibir el borrado se aplica cuando la relación es puede por el lado 1 y debe por el lado N.

La opción de desconectar a las instancias del lado N se aplica cuando la relación es puede en ambos extremos.

Por lo general, el identificador de una entidad no cambia con el paso del tiempo y se debe seleccionar de tal forma que sea lo más estable posible.

En los raros casos en que el identificador de una instancia de entidad cambia de valor, el cambio se debe propagar a todas las instancias de entidades asociadas con la primera a través de relaciones 1:N en las que esta es el lado 1. Esta modalidad de actualizar se conoce como actualización en cascada.

5.8 ATRIBUTOS DISCRETOS Y CONTINUOS.

Como para las entidades y relaciones, algunas propiedades de los atributos se pueden usar para perfeccionar el modelo de datos.

Analizando los atributos identificados en el caso de estudio, se pueden diferenciar dos clases principales para los mismos, dependiendo de la naturaleza de sus valores.

Los atributos continuos pueden tomar cualquier valor, generalmente dentro de un rango dado.

Ejemplo de ello son la calificación en una evaluación, que puede tomar cualquier valor comprendido entre 0 y 10 (9.8, 3.5, 7.0, etc.) y la fecha de evaluación que puede tomar cualquier valor dentro del año lectivo.

Los atributos discretos solo pueden tomar como valor uno de los provistos en una lista predefinida de valores.

Ejemplo de ello son el sexo del alumno, que solo puede tomar los valores F (femenino) o M (masculino) y el área de la materia, que solo puede tomar los valores S (sociales), T (técnicas) o H (humanidades).

Típicamente, los atributos continuos pueden tomar valores arbitrarios solo dentro de un rango dado, denominado dominio, nombre que también se aplica a la lista de valores

Nótese que, en este diagrama, se ha promovido también el atributo tipo de evaluación a una entidad.

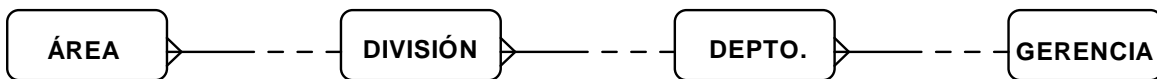
6. ESTRUCTURAS CLÁSICAS Y PATRONES GENÉRICOS.

6.1 JERARQUÍAS.

Con frecuencia, se encuentran relaciones que configuran jerarquías de contención tanto entre distintas entidades (como en un organigrama empresarial) como sobre la misma entidad (como en un plan de cuentas contable).

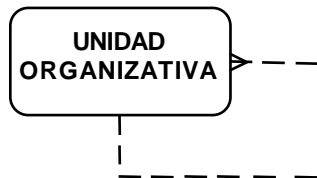
El modelaje de estas jerarquías puede resultar complejo si hay un alto número de entidades involucradas en ella, como en el caso de una gran corporación con muchas subdivisiones.

Así, se pueden encontrar empresas compuestas de gerencias, departamentos, divisiones y áreas, como se ilustra en el diagrama.



Esto puede resultar manejable, hasta que se añaden uno o más niveles.

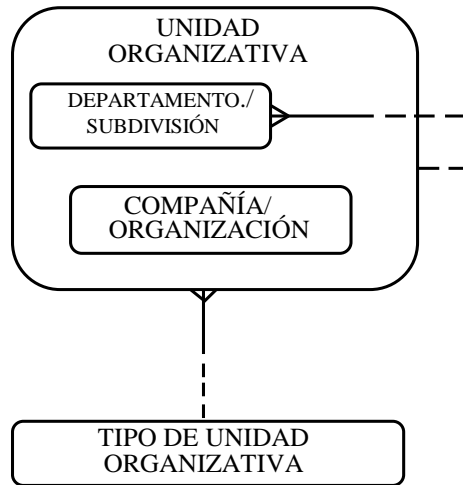
Este diagrama se puede modificar para admitir un número arbitrario de niveles, como se aprecia en la siguiente figura.



Este modelo es útil, pero no diferencia entre la cúspide de la jerarquía y cada uno de los niveles subordinados.

Una alternativa puede ser la construcción de un supertipo para UNIDAD ORGANIZATIVA y la introducción de una entidad de referencia para el tipo de unidad como se ilustra en el

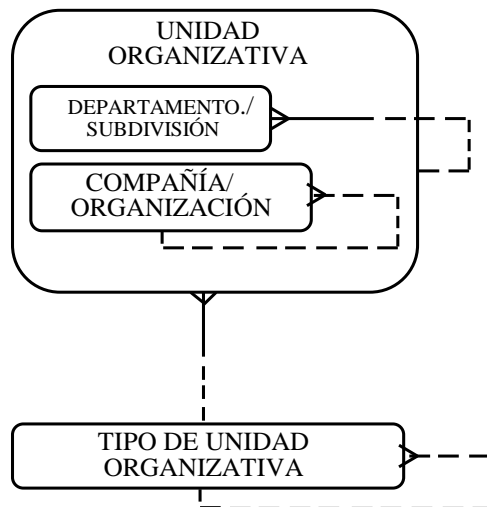
diagrama de la siguiente figura.



En este diagrama se pueden manejar múltiples niveles de jerarquía y se puede diferenciar el nivel superior para modelar relaciones que solo se aplican a él.

Sin embargo, en ciertas aplicaciones financieras puede ser necesario diferenciar compañías que pertenecen a otras compañías.

En este caso se puede modelar la jerarquía de acuerdo con el siguiente diagrama.



Esta extensión reconoce que puede haber compañías dentro de la estructura de otras compañías.

Así mismo, la relación recursiva definida sobre TIPO DE ORGANIZACION permite definir las reglas de qué clase de unidad puede existir debajo de qué otra para cada tipo de

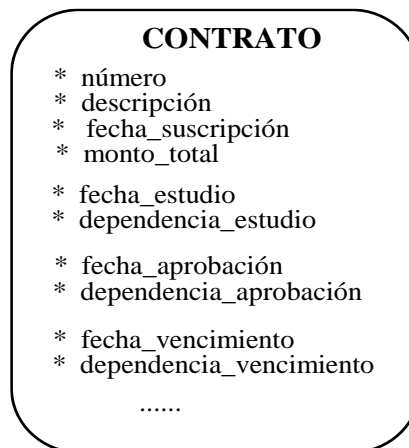
compañía.

6.2 TRANSICIÓN DE ESTADOS

En ocasiones, es preciso modelar las relaciones entre instancias de dos o más entidades a lo largo del tiempo.

Este es el caso, por ejemplo, de un contrato que puede pasar por varios estados a lo largo de su vigencia.

Si es de interés guardar información relativa a las fechas en que cada contrato estuvo en un estado particular y a cargo de qué dependencia, se podría modelar un arreglo de atributos consistentes de la tripleta estado/fecha/dependencia, para cada uno de los posibles estados del contrato, como en la siguiente figura.

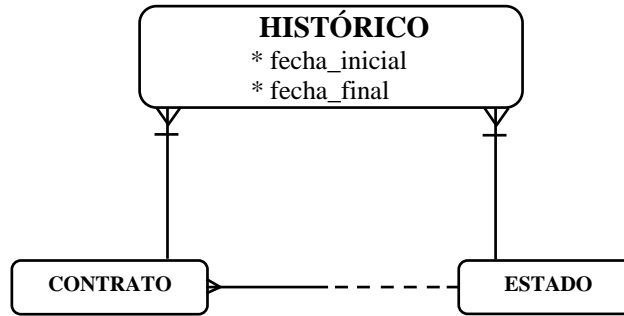


Esta construcción; sin embargo, adolece de varios defectos en la medida en que la mayoría de lenguajes de manipulación de bases de datos (como SQL) no manejan arreglos¹⁶ y, por otra parte, no siempre se siguen los mismos estados de un estado anterior, siendo posible, incluso, que un contrato dado jamás pase por un estado particular.

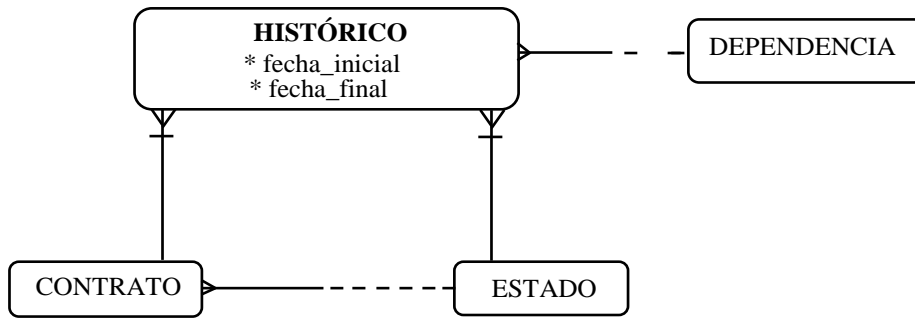
Una mejor manera de modelar esta situación es crear una entidad llamada ESTADO y definir dos relaciones entre esta y CONTRATO: una (1:N) para el estado actual del contrato

¹⁶ SQL ya soporta arreglos, pero su manipulación es incómoda.

y otra (M:N) para la historia de estados pasados, como se ilustra a continuación.

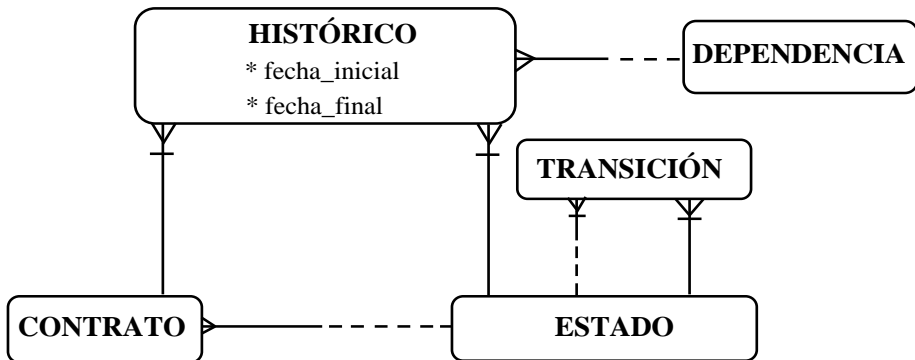


Nótese que la entidad de intersección HISTÓRICO (que implementa la relación M:N entre CONTRATO y ESTADO) se puede, a su vez, relacionar con la entidad DEPENDENCIA.



Así mismo no es posible pasar de un estado cualquiera a otro, pues el universo de siguientes estados posibles depende siempre del estado actual. Esto define una relación M:N entre ESTADO y ESTADO, representable en la entidad de intersección TRANSICIÓN.

Estos refinamientos se aprecian en el siguiente diagrama.



6.3 EXPLOSIÓN DE MATERIALES.

Una relación común en las empresas industriales es la de explosión de materiales, en la

que se identifica:

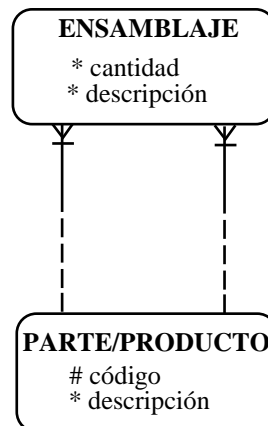
- Qué productos se emplean en la confección de otros productos.
- De qué productos se compone un producto dado.

En este caso, se habla de tipos de partes y productos. El mismo tipo de parte se puede emplear como componente en muchos otros productos y partes. Esto se ilustra a continuación.



Este modelo resulta insuficiente, pues es necesario conocer, además de qué productos participan en la fabricación de otros, las instrucciones de combinación y la cantidad requerida de cada uno en cada formulación.

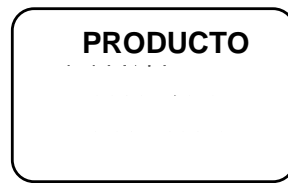
Esto se resuelve mediante una entidad de intersección (ENSAMBLAJE), como se ilustra a continuación.



6.4 CLASIFICACIÓN.

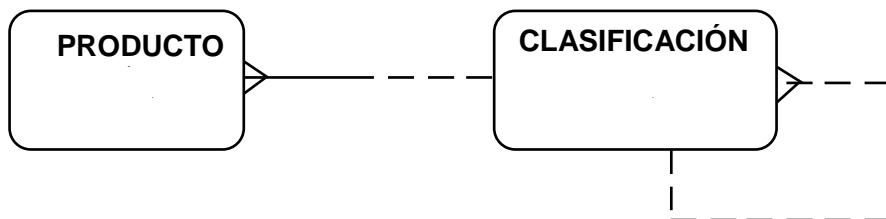
Otra construcción común es la de clasificación o categorización de entidades, como en el

diagrama de la figura.

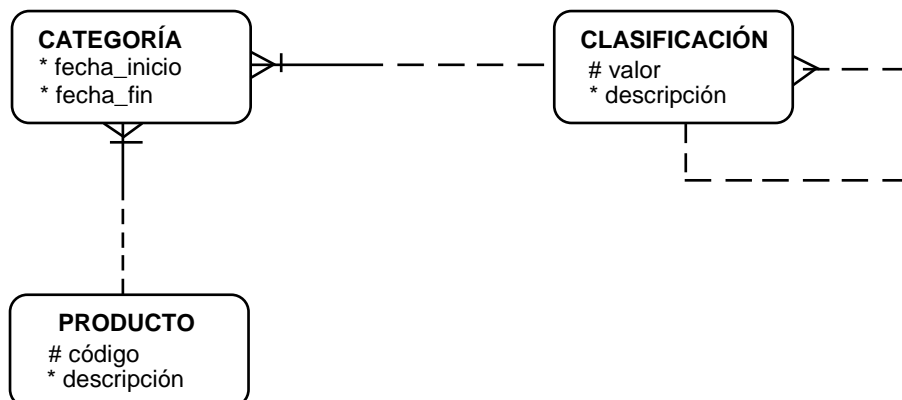


En este caso, se ha usado un atributo para clasificar el producto. Se puede emplear cualquier clasificación para cada producto y se supone que los distintos valores de esta son mutuamente exclusivos, siendo necesario que quien las asigne conozca su significado.

Es posible asociar un significado propio con cada clasificación y (adicionalmente) definir una jerarquía de clasificaciones que detalle completamente la categoría del producto, como en el siguiente diagrama.



Aquí; sin embargo, solo se permite una clasificación del producto. Con frecuencia es necesario clasificar los productos por múltiples conceptos, tales como origen, uso y otras propiedades. Esto se logra reemplazando la relación 1:N existente en el modelo anterior entre **CLASIFICACIÓN** y **PRODUCTO** por una relación M:N implementada en una entidad de intersección.

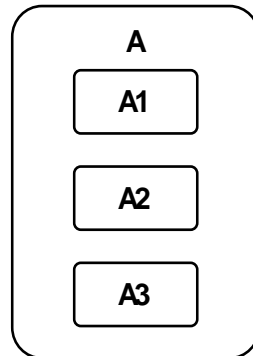


6.5 SUPERTIPOS Y CLASIFICACIÓN.

Hay varias maneras de representar supertipos para una entidad, lo que corresponde, en

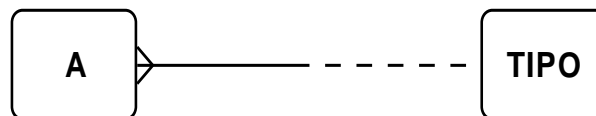
parte, al tema de la clasificación.

Si una entidad A tiene tres subtipos mutuamente exclusivos A1, A2 y A3; se puede representar de la forma convencional como en esta figura.

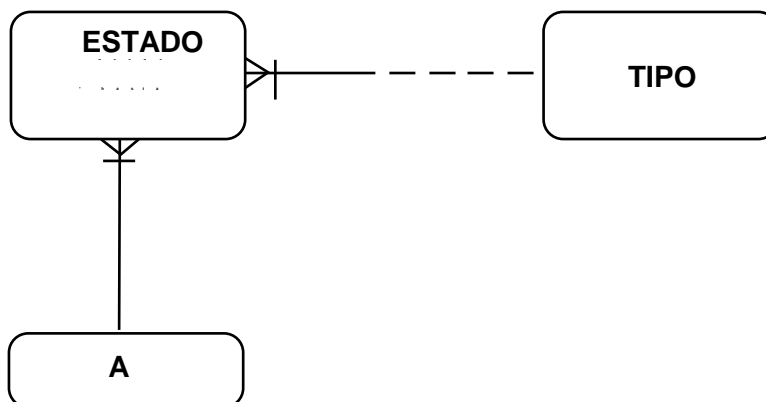


Esta construcción tiene la ventaja de permitir definir atributos y relaciones propias a cada subtipo, pero solo permite definir exactamente tres subtipos a la entidad A.

Una manera más genérica de manejar tipos de entidad puede ser la creación de una entidad de referencia para cualificar a cada instancia del supertipo.



Si un supertipo es ortogonal (esto es, puede constar simultáneamente de varios subtipos) la construcción anterior se puede extender así:

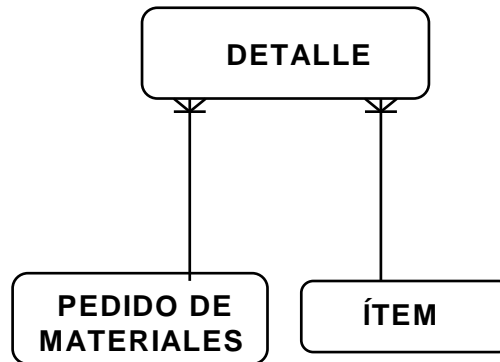


6.6 TRANSACCIONES ISOMORFAS.

Otra construcción clásica es la de transacciones, que modela la estructura de los

documentos manuales que poseen un encabezado y múltiples líneas de detalle.

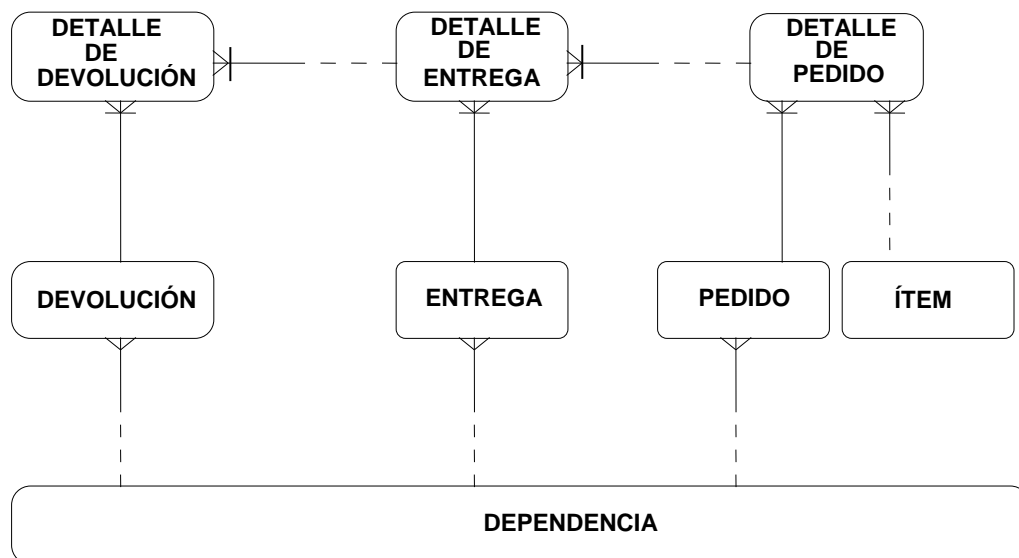
Un ejemplo de esta construcción es un pedido de materiales por parte de una dependencia, como en la figura.



Típicamente, una transacción de este tipo puede dar origen a otra y esta, a su vez, a otra de la misma estructura.

Este es el caso de los pedidos, que pueden originar una o más entregas, las cuales, a su vez, pueden originar una o más devoluciones.

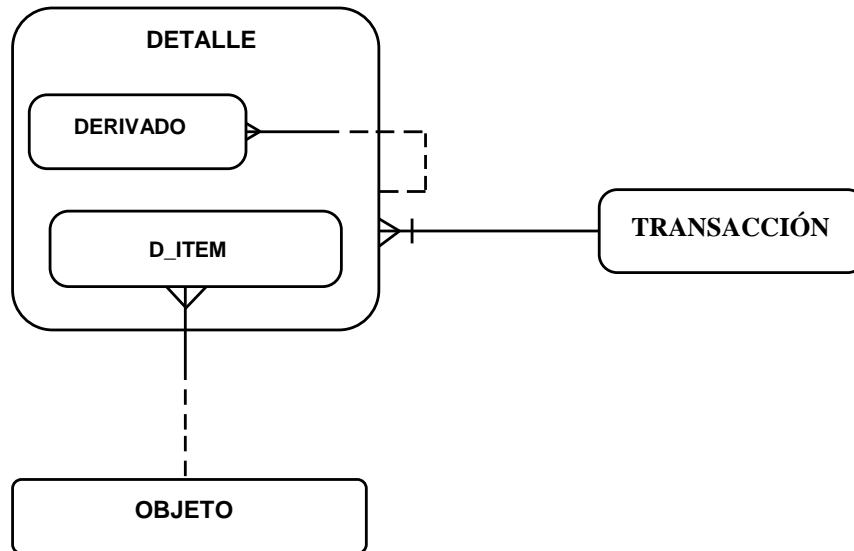
Puesto que solo es posible entregar lo que ha sido pedido y solo es posible devolver lo que ha sido entregado, los detalles de entrega referencian a los detalles de pedido y los detalles de devolución referencian a los detalles de entrega, en tanto que únicamente los detalles de pedido referencian directamente al ítem de inventario. Esto se aprecia en el modelo de la figura.



Nótese que esta construcción es válida para las entregas parciales que, por otra parte, son

la figura más común en los sistemas de suministro del mundo real.

La redundancia se encuentra, sin embargo, en que todos los encabezados (pedido, entrega y devolución) tienen un número y una fecha y referencian a la dependencia y en que todos los detalles tienen un número de renglón y una cantidad. Por lo tanto; las distintas transacciones (encabezado y detalle) se pueden agrupar en dos supertipos, como se ilustra en el diagrama.

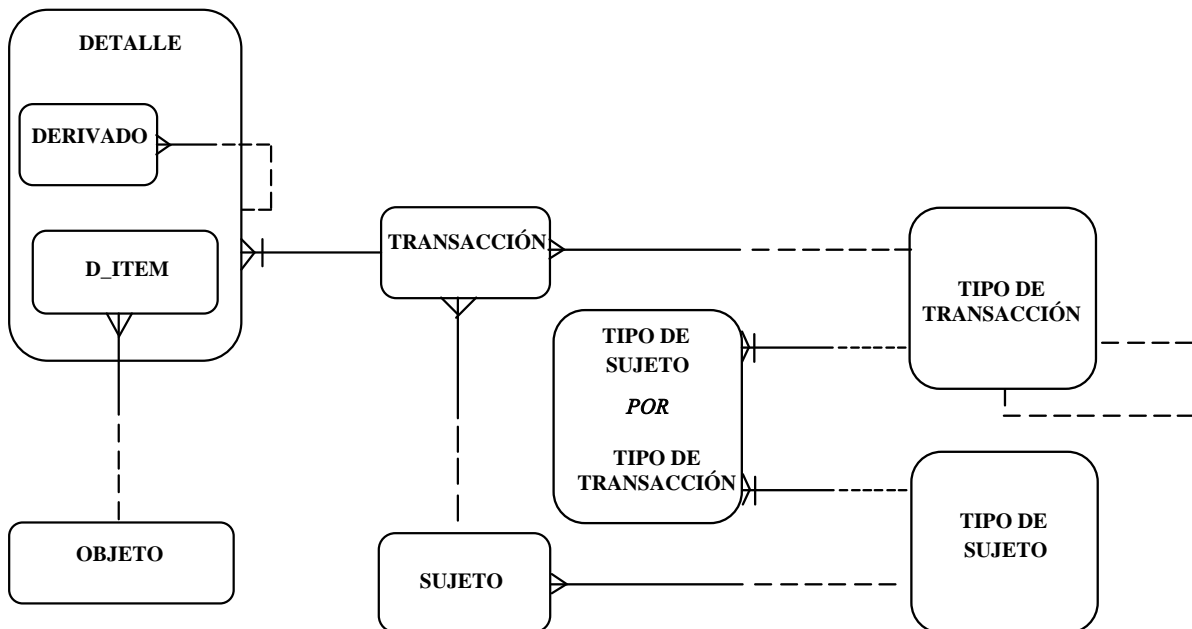


Nótese que la entidad **DETALLE** posee dos subtipos, uno que referencia directamente a **OBJETO** y otro que referencia a un detalle previo de otra transacción.

Esto modela el hecho de que algunas transacciones son originadas por otras anteriores, en tanto que algunas (iniciales) referencian de manera directa a los ítems (objetos).

Si se introduce la entidad de referencia **TIPO DE TRANSACCIÓN** es posible modelar

cualquier secuencia de transacciones, como en el siguiente diagrama.



Nótese la relación recursiva 1:1 definida sobre TIPO DE TRANSACCIÓN que determina qué transacción puede suceder a otra.

Así mismo, se ha incluido una entidad SUJETO, en remplazo de la DEPENDENCIA, para permitir distintos tipos de sujetos de transacción tales como proveedor, cliente, etc.

Como construcción complementaria a esta, se ha definido la entidad de referencia TIPO DE SUJETO y una relación M:N entre esta y TIPO DE TRANSACCIÓN para expresar qué tipos de transacción se pueden originar por qué tipos de sujeto.

Esto último permite modelar distintos roles jugados por cada categoría de entidad.

Un esquema útil para simplificar el modelaje de este tipo de transacción es considerar que, en general:

- Una PERSONA (natural o jurídica) puede ser el origen de muchas TRANSACCIONES, en tanto que una TRANSACCIÓN debe ser originada por una PERSONA.
- Una TRANSACCIÓN debe estar compuesta por muchos DETALLES DE TRANSACCIÓN, en tanto que un DETALLE DE TRANSACCIÓN debe ser perteneciente a una TRANSACCIÓN.
- Un OBJETO puede ser afectado por muchos DETALLES DE TRANSACCIÓN, en tanto que un DETALLE DE TRANSACCIÓN debe estar afectando a un OBJETO.

Para distintos dominios de aplicación en particular, la generalización PERSONA se puede remplazar por CLIENTE, PROVEEDOR o DEPENDENCIA, la generalización TRANSACCION por FACTURA, COMPROBANTE o DESPACHO y la generalización

OBJETO por ITEM DE INVENTARIO, CUENTA CONTABLE o CUENTA CORRIENTE.

En todos los casos, se presenta que uno o más atributos del objeto son afectados por la transacción. Por ejemplo, una transacción de inventarios modifica los atributos existencia y valor total del artículo, un asiento contable afecta los saldos debe y haber de la cuenta contable, una transacción bancaria afecta el atributo saldo de la cuenta corriente.