



POLITÉCNICA

El lenguaje SQL

Bases de datos

Departamento de Sistemas Informáticos

E.T.S.I. de Sistemas Informáticos

Universidad Politécnica de Madrid



Por qué necesitamos SQL



SQL: *Structured Query Language*

- Lenguaje de consulta estructurado para bases de datos relacionales
- Es mucho más que un lenguaje de consulta, puesto que permite además funciones de definición y control de datos
- La estandarización ha sido crucial para su difusión
- Prácticamente la mayoría de los sistemas relacionales soportan las bases de SQL estándar y suelen incluir aportaciones propias
- Utilizado masivamente en la industria

Evolución de SQL

Año	Nombre	Comentarios
1986	SQL-86	Primera versión hecha por ANSI
1989	SQL-89	Revisión menor
1992	SQL-92	Revisión mayor
1999	SQL:1999	Expresiones regulares, consultas recursivas, triggers
2003	SQL:2003	XML básico, sequence, autoincrement
2005	SQL:2005	XML avanzado
2008	SQL:2008	ORDER BY, TRUNCATE
2011	SQL:2011	Datos temporales, FETCH
2016	SQL:2016	Patrones y JSON

Soporte CRUD

- Create:
 - Creación de tablas (CREATE TABLE)
 - Inserción de datos (INSERT INTO)
- Read:
 - Lectura de datos (SELECT)
- Update:
 - Actualización de tablas (ALTER TABLE)
 - Actualización de datos (UPDATE)
- Delete:
 - Borrado de tablas (DROP)
 - Borrado de datos (TRUNCATE y DELETE)

Características de SQL

- Lenguaje de **definición** de datos (*DDL*):
 - Permite diseñar, definir, modificar y borrar las estructuras de almacenamiento de datos.
- Lenguaje de **manipulación** de datos (*DML*):
 - Permite insertar, manipular, modificar y borrar datos
- Lenguaje de **consulta** de datos (*DQL*):
 - Permite recuperar datos
- Lenguaje de control de **transacciones** (*TCL*):
 - Permite controlar el acceso concurrente a la base de datos mediante transacciones
- Lenguaje de **control** de datos (*DCL*):
 - Permite controlar y gestionar los permisos de la base de datos

Sentencias SQL (I)

- Las sentencias SQL están formadas por:
 - Palabras reservadas
 - Palabras definidas por el usuario (nombres de tablas, atributos, etc).
- Características de las sentencias:
 - Case *insensitive*: es indiferente escribir las palabras en mayúsculas o minúsculas
 - Cada cláusula o palabra puede aparecer en líneas diferentes
 - Se puede utilizar la indentación que se quiera
 - Una sentencia o comando SQL finaliza con la aparición del símbolo ;, aunque es opcional si el comando es único

Sentencias SQL (y II)

Expicaremos las sentencias SQL mediante notación BNF:

- Palabras en mayúsculas representan palabras reservadas
- Palabras en minúsculas representan palabras definidas por el usuario
- El símbolo `|` indica una elección entre alternativas
- Las llaves `{}` representan elementos requeridos
- Los corchetes `[]` representan elementos opcionales
- Los `...` indican repetición opcional (0 ó más)

LENGUAJE DE DEFINICIÓN DE DATOS

Schemas (I)

En MySQL un schema es una agrupación de lógica de tablas que constituyen un modelo datos:



Schemas (y II)

Sintaxis:

```
CREATE {DATABASE | SCHEMA} [IF NOT EXISTS] nombre_del_schema  
[ [DEFAULT] CHARACTER SET [=] charset_name  
| [DEFAULT] COLLATE [=] collation_name  
| DEFAULT ENCRYPTION [=] {'Y' | 'N'}];
```

Ejemplo de uso:

```
CREATE SCHEMA etsisi  
DEFAULT CHARACTER SET utf8  
COLLATE utf8_spanish2_ci;
```

Más información sobre COLLATE: [documentación](#)

Creación de tablas

```
CREATE TABLE [schema.]nombre_tabla (
    atributo_1 tipo_1 [UNIQUE] [NOT NULL],
    atributo_2 tipo_2 [UNIQUE] [NOT NULL],
    ...
    atributo_n tipo_n [UNIQUE] [NOT NULL]
);
```

Modificadores de columna:

- UNIQUE: No se permiten valores duplicados.
- NOT NULL: No se permiten valores nulos.

Tipos de datos en SQL

Familia	Tipos
Numéricos	INTEGER, DECIMAL
Texto	VARCHAR(size), TEXT
Enumerados	ENUM('val1', ..., 'valn')
Fecha	DATETIME, TIMESTAMP

Más tipos en <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/data-types.html>

Creación de tablas: ejemplo

ID	NOMBRE	APELLIDOS	DNI	FECHA DE NACIMIENTO
3	Juan	Gómez Pérez	00000000-T	3 de mayo de 1983
67	Lucía	Álvarez León	99999999-R	7 de julio de 1995

```
CREATE TABLE corporacion.personas (
    id          INTEGER      UNIQUE NOT NULL,
    nombre      VARCHAR(30)  NOT NULL,
    apellidos   VARCHAR(60)  NOT NULL,
    dni         VARCHAR(10)  UNIQUE NOT NULL,
    fecha_nac   DATETIME
);
```

Claves primarias

Toda definición de una tabla debe indicar una clave primaria

- Debe referenciar a uno o más atributos que identifiquen únicamente cada fila
- El/los atributo/s deben declararse de la forma habitual

```
CREATE TABLE [schema.]nombre_tabla (
    ...
    PRIMARY KEY (atributo_1[, ..., atributo_n])
);
```

Claves primarias: ejemplo

ID	NOMBRE	APELLIDOS	DNI	FECHA DE NACIMIENTO
3	Juan	Gómez Pérez	00000000-T	3 de mayo de 1983
67	Lucía	Álvarez León	99999999-R	7 de julio de 1995

```
CREATE TABLE corporacion.personas (
    id      INTEGER,
    nombre  VARCHAR(30) NOT NULL,
    apellidos  VARCHAR(60) NOT NULL,
    dni     VARCHAR(10) UNIQUE NOT NULL,
    fecha_nac DATETIME,
    PRIMARY KEY (id)
);
```

Modificación de tablas

Añadir un nuevo atributo:

```
ALTER TABLE [schema.]nombre_tabla  
ADD definición_de_atributo;
```

Modificar un atributo:

```
ALTER TABLE [schema.]nombre_tabla  
MODIFY definición_de_atributo;
```

Eliminar un atributo:

```
ALTER TABLE [schema.]nombre_tabla  
DROP nombre_de_atributo;
```

Eliminación de tablas

Vaciar una tabla (eliminar todas sus filas pero mantener la estructura):

```
TRUNCATE TABLE [schema.]nombre_tabla;
```

Eliminar una tabla (todas sus filas y también la estructura):

```
DROP TABLE [schema.]nombre_tabla;
```

LENGUAJE DE MANIPULACIÓN DE DATOS

(Parte 1)

Inserción de datos (I)

- Los datos deben añadirse fila a fila.
- Los datos añadidos deben cumplir las restricciones de la tabla:
 - La clave debe ser única.
 - No existirán valores nulos si se ha definido el atributo como NOT NULL.
 - Los tipos de datos deben coincidir.
 - No se admiten repeticiones si se ha definido el atributo como UNIQUE.

Inserción de datos (y II)

Inserción de una fila de datos:

```
INSERT INTO [schema.]tabla (atributo_1, ..., atributo_n)
VALUES (valor_1, ..., valor_n);
```

La lista de atributos es opcional. En ese caso, se asume el orden definido en el CREATE TABLE:

```
INSERT INTO [schema.]tabla
VALUES (valor_1, ..., valor_n);
```

Solo podrán omitirse columnas que no hayan sido definidas como NOT NULL.

Inserción de datos: ejemplos (I)

ID	NOMBRE	APELLIDOS	DNI	FECHA_NAC
3	Juan	Gómez	00000000-T	3 de mayo de 1983
67	Lucía	Duque	99999999-R	7 de julio de 1995
101	Diana	Álvarez	12345678-Z	9 de diciembre de 2000

```
INSERT INTO personas (id, nombre, apellidos, dni, fecha_nac)
VALUES (3, "Juan", "Gómez", "00000000-T", "1983-05-03");
```

```
INSERT INTO personas
VALUES (67, "Lucía", "Duque", "99999999-R", "1995-07-07");
```

```
INSERT INTO personas (nombre, apellidos, fecha_nac, dni, id)
VALUES ("Diana", "Álvarez", "2000-12-09", "12345678-Z", 101);
```

Inserción de datos: ejemplos (y II)

Es posible insertar varias filas con una única sentencia `INSERT INTO`

ID	NOMBRE	APELLIDOS	DNI	FECHA_NAC
3	Juan	Gómez	00000000-T	3 de mayo de 1983
67	Lucía	Duque	99999999-R	7 de julio de 1995
101	Diana	Álvarez	12345678-Z	9 de diciembre de 2000

```
INSERT INTO personas VALUES
(3, "Juan", "Gómez", "00000000-T", "1983-05-03"),
(67, "Lucía", "Duque", "99999999-R", "1995-07-07"),
(101, "Diana", "Álvarez", "12345678-Z", "2000-12-09");
```

Valores por defecto

Es posible definir valores por defecto a los atributos.

- Se definen en la sentencia CREATE TABLE:
- Si no se especifica el valor al realizar el `INSERT INTO`, se pone el valor por defecto.

```
CREATE TABLE [schema.]tabla (
    ...
    atributo tipo [UNIQUE] [NOT NULL] [DEFAULT valor],
    ...
);
```

Generación automática de claves

- Es posible generar claves únicas de forma automática
- Se debe definir un atributo numérico como `AUTO_INCREMENT`
- El atributo tomará un valor incremental cada vez que se inserte una nueva fila.
 - No debe especificarse su valor cuando se realiza el `INSERT INTO`

```
CREATE TABLE personas (
    id      INTEGER AUTO_INCREMENT,
    nombre  VARCHAR(30) NOT NULL,
    apellidos VARCHAR(60) NOT NULL,
    fecha_nac DATETIME,
    PRIMARY KEY (id)
);

INSERT INTO personas (nombre, apellidos, fecha_nac)
VALUES ("Juan", "Gómez", "1983-05-03");
```

Modificación de filas

```
UPDATE [schema.]tabla  
    SET atributo = {expresion|selectSQL|NULL|DEFAULT} [, . . . ]  
    [WHERE condición]
```

- `tabla` puede ser una tabla base o una vista actualizable
- El valor que se asigne a un atributo puede ser una expresión, el resultado de una subconsulta (que deberá ir entre paréntesis), el valor `NULL` o el valor por defecto del atributo.
- La modificación afectará a todas las filas que cumplan la condición. Si no se indica, afecta a todas las filas.

Modificación de filas: ejemplo

Incrementar un 15% el valor de la categoría de los conductores de Rivas

```
UPDATE conductores  
    SET categoria = categoría * 1.15  
  WHERE localidad = 'Rivas';
```

Establecer la categoría por defecto a todos los conductores de Loeches

```
UPDATE conductores  
    SET categoria = DEFAULT  
  WHERE localidad = 'Loeches';
```

Eliminación de filas

```
DELETE FROM [schema.]tabla  
[WHERE condición]
```

- No se pueden eliminar partes de una fila
- Si no aparece la cláusula WHERE se vacía la tabla (se eliminan todas las filas)
- El borrado de una fila puede provocar el borrado de filas de otras tablas si no se han establecido políticas adecuadas de **integridad referencial**.

Eliminar todos los proyectos realizados al cliente Felipe Sol

```
DELETE FROM proyectos  
WHERE cliente = 'Felipe Sol';
```

¿Qué es la integridad referencial?

Restricciones referenciales de acuerdo con un conjunto predefinido de reglas para **INSERT**, **UPDATE** Y **DELETE** que gobiernan las operaciones de inserción, borrado, actualización y carga sobre tablas relacionadas mediante claves primarias y claves ajenas

- Se encarga de conservar y garantizar automáticamente la integridad de todos los datos almacenados

Integridad referencial: ejemplo

Supongamos que tenemos las siguientes tablas:

EMPLEADOS

ID_E	NOMBRE	APELLIDOS	ID_D
11	Fernando	Ruiz Pérez	2
67	Raúl	Gómez García	4

DEPARTAMENTOS

ID_D	NOMBRE
2	I+D+i
4	Dirección y gobierno

¿Puedo borrar el departamento 2 sin que afecte a Fernando? ¿Puedo actualizar el departamento 4 sin que afecte a Raúl?

Restricción referencia

Para mantener la **integridad referencial** debemos añadir **restricciones referenciales** cuando definimos las tablas

- Una restricción referencial permite “vincular” la clave foránea de una tabla con la clave primaria de otra tabla (o la misma)
- Se deben definir las opciones de integridad referencial:
 - Política de actualización.
 - Política de borrado.

Restricción referencial en SQL

```
CREATE TABLE corp.departamentos (
    id_d          INTEGER      UNIQUE NOT NULL
    AUTO_INCREMENT,
    nombre        VARCHAR(60) NOT NULL,
    PRIMARY KEY (id_d)
);

CREATE TABLE corp.empleados (
    id_e          INTEGER      UNIQUE NOT NULL AUTO_INCREMENT,
    nombre        VARCHAR(60) NOT NULL,
    apellidos    VARCHAR(60) NOT NULL,
    id_d          INTEGER      NOT NULL,
    PRIMARY KEY (id_e),
    CONSTRAINT [nombre_restriccion]
        FOREIGN KEY (id_d)
        REFERENCES copr.departamentos (id_d)
        [ON DELETE opcion_delete]
        [ON UPDATE opcion_update]
);
```

Reglas de integridad referencial

- `ON DELETE` → ¿qué sucede con la clave foránea al eliminar la clave primaria?
- `ON UPDATE` → ¿qué sucede con la clave foránea al actualizar la clave primaria?
- Cuatro opciones:
 - `RESTRICT` (o `NO ACTION`)¹: impide la propagación de la operación. **Opción por defecto.**
 - `SET NULL`: se pone a `NULL` la clave ajena, siempre que sea posible.
 - `CASCADE`: se propaga la operación.
 - `SET DEFAULT`²: se pone al valor por defecto la clave ajena, si es posible.

¹ La diferencia entre ambas es que `RESTRICT` realiza las comprobaciones inmediatamente, mientras que `NO ACTION` las aplaza. En el caso concreto de MySQL, como no implementa comprobaciones diferidas, no hay diferencia entre ambas.

² Esta opción es ignorada por MySQL.

Restricción referencial: ejemplo

```
CREATE TABLE departamentos (
    id_d      INTEGER AUTO_INCREMENT,
    nombre    VARCHAR(60) NOT NULL,
    PRIMARY KEY (id_d)
);

CREATE TABLE empleados (
    id_e      INTEGER AUTO_INCREMENT,
    nombre    VARCHAR(60) NOT NULL,
    apellidos VARCHAR(60) NOT NULL,
    id_d      INTEGER      NOT NULL,
    PRIMARY KEY (id_e),
    CONSTRAINT
        FOREIGN KEY (id_d)
        REFERENCES departamentos (id_d)
        ON DELETE NO ACTION
        ON UPDATE CASCADE
);
```

Estructura referencial

Conjunto de tablas y restricciones entre ellas de modo que cada tabla del conjunto es padre o dependiente de otra u otras del mismo conjunto

- Gráficamente se indica una flecha desde la clave foránea a la clave primaria.

Existen tres tipos de estructuras:

- Lineal.
- Cíclica.
- Cíclica-autoreferencial.

Estructura lineal (I)

Ejemplo 1:



Ejemplo 2:

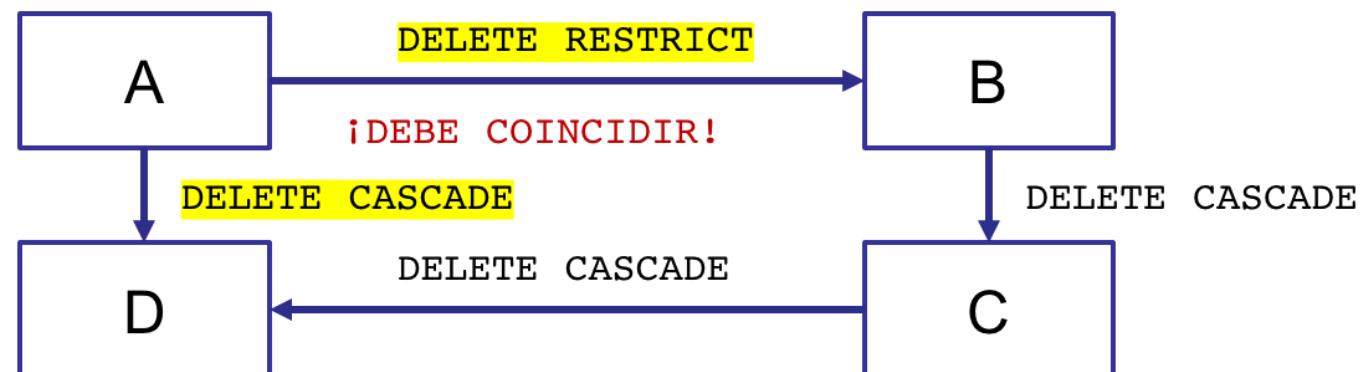


Estructura lineal (y II)

Estructura **válida**:

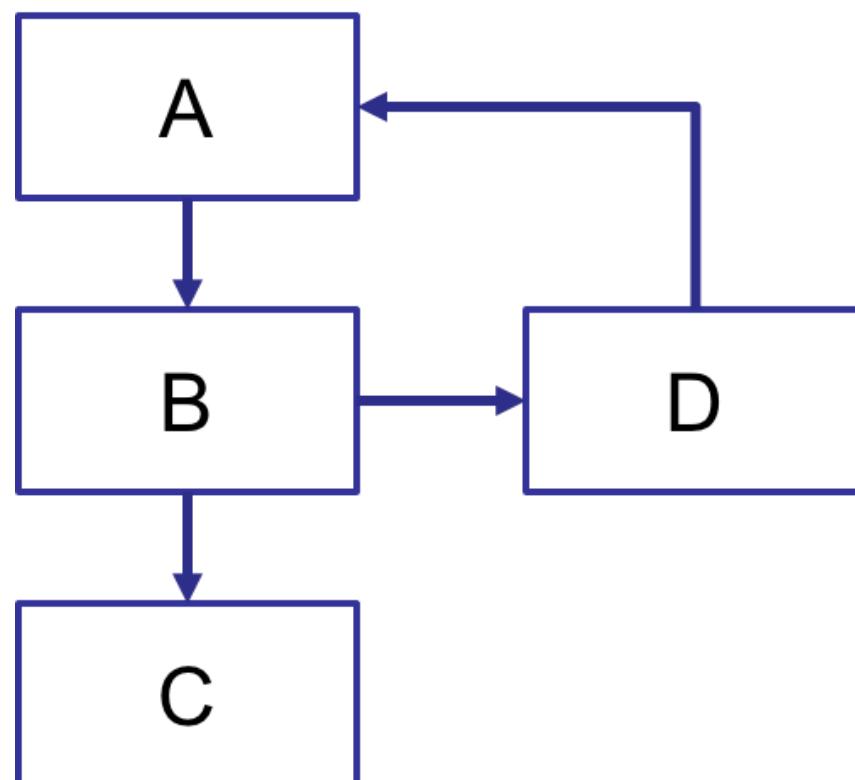


Estructura **inválida**:

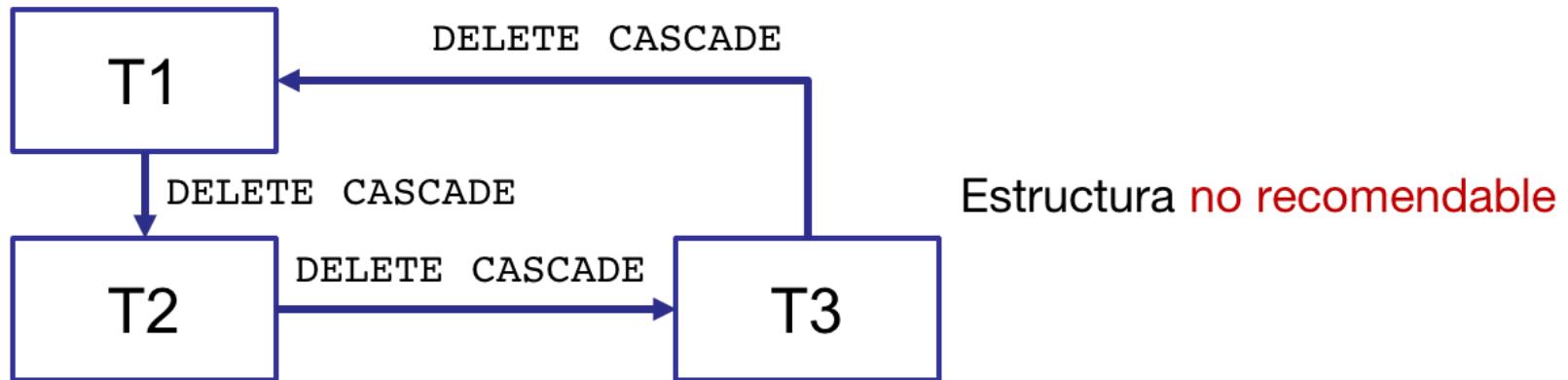


Estructura cíclica (I)

Ejemplo:



Estructura cíclica (II)



T1:

PKT1	FKT3
T1A	T3A
T1B	T3A
T1C	T3B

T2:

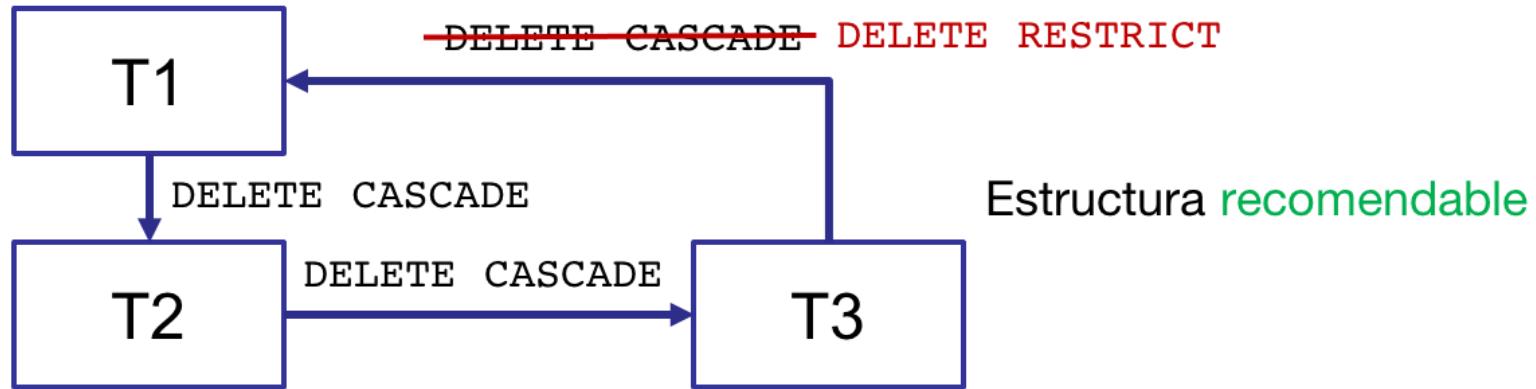
PKT2	FKT1
T2A	T1A
T2B	T1B

T3:

PKT3	FKT2
T3A	T2A
T3B	T2B

Eliminamos de T1 la fila con clave T1A. ¿Qué sucede?

Estructura cíclica (y III)



T1:

PKT1	FKT3
T1A	T3A
T1B	T3A
T1C	T3B

T2:

PKT2	FKT1
T2A	T1A
T2B	T1B

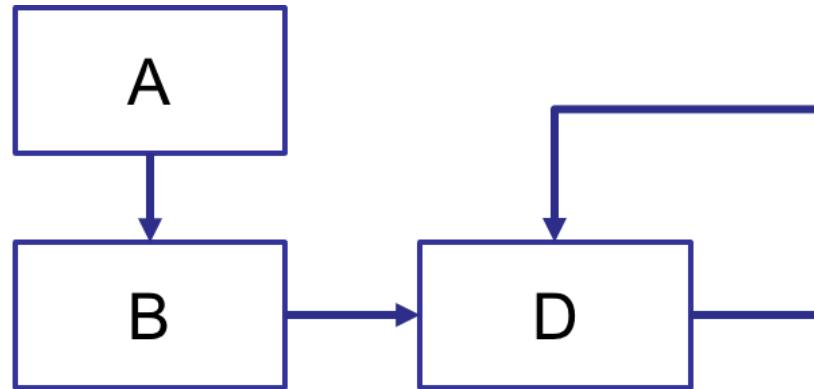
T3:

PKT3	FKT2
T3A	T2A
T3B	T2B

Eliminamos de T1 la fila con clave T1A. ¿Qué sucede?

Estructura cíclica autoreferencial

Ejemplo:



DELETE CASCADE

T1:

PKT1	FKT1
T1A	NULL
T1B	T1A
T1C	T1B

Eliminamos de T1 la fila con clave T1A.
¿Qué sucede?

LENGUAJE DE CONSULTA DE DATOS

Consultas con SQL (I)

La sintaxis para realizar consultas con SQL es la siguiente:

```
SELECT [DISTINCT | ALL] {*}|expresión [[AS] alias] [, ...]
    FROM tabla [[AS] alias] [, ...]
    [WHERE condición]
    [GROUP BY lista_de_atributos]
    [HAVING condición_de_grupo]]
    [ORDER BY lista_de_atributos [ASC|DESC]];
```

Consultas con SQL (y II)

- `SELECT`: indica la información que se desea obtener
- `FROM`: especifica la tabla (o tablas) en las que se encuentra los atributos implicados en la consulta
- `WHERE`: define la condición de búsqueda
- `GROUP BY`: permite agrupar los resultados
- `HAVING`: especifica condiciones de grupo (sólo se emplea `GROUP BY`)
- `ORDER BY`: ordena los resultados

Operadores

SQL define los siguientes operadores para expresar condiciones de fila (WHERE) o grupo (HAVING).

- De comparación: <, <=, >, >=, <>, =
- Lógicos: AND, OR, NOT
- De rango: BETWEEN ... AND ...
- De cadenas: LIKE
- De conjuntos: IN
- IS NULL
- Cuantificadores: ANY, SOME, ALL
- Existenciales: EXISTS

Base de datos de ejemplo

Proyectos

CodP	Descripcion	Localidad	Cliente	Telefono
P01	Garaje	Arganda	Felipe Sol	600111111
P02	Solado	Rivas	José Pérez	912222222
P03	Garaje	Arganda	Rosa López	666999666
P04	Techado	Loeches	José Perez	913333333
P05	Buhardilla	Rivas	Ana Botijo	NULL

Conductores

CodC	Nombre	Localidad	Categoría
C01	José Sánchez	Arganda	18
C02	Manuel Díaz	Arganda	15
C03	Juan Pérez	Rivas	20
C04	Luis Ortiz	Arganda	18
C05	Javier Martín	Loeches	12
C06	Carmen Pérez	Rivas	15

Maquinas

CodM	Nombre	PrecioHora
M01	Excavadora	90
M02	Hormigonera	60
M03	Volquete	70
M04	Apisonadora	110

Trabajos

CodC	CodM	CodP	Fecha	Tiempo
C02	M03	P01	9/10/11	100
C03	M01	P02	9/10/11	200
C05	M03	P02	9/10/11	150
C04	M03	P02	9/10/11	90
C01	M02	P02	9/12/11	120
C02	M03	P03	13/9/11	30
C03	M01	P04	15/9/11	300
C02	M03	P02	15/9/11	NULL
C01	M03	P04	15/9/11	180
C05	M03	P04	15/9/11	90
C01	M02	P04	17/9/11	NULL
C02	M03	P01	18/9/11	NULL

Recuperación simple

Obtener todos los datos de todos los proyectos

```
SELECT codP, descripcion, localidad, cliente, telefono  
      FROM proyectos;  
SELECT * -- equivale a todas las columnas de la tabla  
      FROM proyectos;
```

Obtener los códigos de máquina CodM para todas las máquinas utilizadas

```
-- Necesitamos poner DISTINCT para no devolver  
-- códigos repetidos  
SELECT DISTINCT codM  
      FROM trabajos;
```

Cláusula **DISTINCT**

Elimina los valores duplicados del resultado. Por ejemplo, para la consulta *Obtener las localidades de los conductores*

```
SELECT localidad  
      FROM conductores;
```

Localidad
Arganda
Arganda
Rivas
Arganda
Loeches
Rivas

```
SELECT DISTINCT localidad  
      FROM conductores;
```

Localidad
Arganda
Rivas
Loeches

Cláusula WHERE (I)

La cláusula WHERE contiene una condición simple o compuesta para *filtrar* filas.

Obtener los códigos de los conductores de Arganda

```
SELECT codC  
      FROM conductores  
     WHERE localidad = 'Arganda';
```

CodC

C01

C02

C04

Cláusula WHERE (y II)

Obtener los códigos de los conductores de Arganda que tengan categoría inferior a 18

```
SELECT codC  
FROM conductores  
WHERE localidad = 'Arganda'  
AND categoria < 18;
```

CodC

C02

Operador BETWEEN

- Establece una comparación en un rango.
- Se utiliza con valores numéricos o de fecha.
- También se puede utilizar NOT BETWEEN.

Obtener el nombre de las máquinas cuyo precio por hora esté comprendido entre 70 y 90 euros

```
SELECT nombre, precioHora  
FROM maquinas  
WHERE precioHora BETWEEN 70 AND 90;
```

Nombre	PrecioHora
Excavadora	80

Operador LIKE

Establece una comparación entre cadenas de caracteres con la inclusión de comodines:

- %: secuencia de cero o más caracteres.
- _: sustituye a un único carácter.

Obtener los conductores que se apellidan 'Pérez'

```
SELECT nombre  
      FROM conductores  
     WHERE nombre LIKE '%Pérez%';
```

Nombre

Operador **IN** (I)

Comprueba la pertenencia de un valor a un conjunto dado.

Obtener el nombre de los conductores que residan en Arganda o Rivas

```
SELECT nombre FROM conductores WHERE localidad IN ('Arganda', 'Rivas');
```

Nombre
José Sánchez
Manuel Díaz
Juan Pérez
Luis Ortiz
Carmen Pérez

Operador **IN** (y II)

También se puede utilizar con el modificador NOT.

Obtener el nombre de los conductores que no sean de Arganda

```
SELECT nombre FROM conductores WHERE localidad NOT IN ('Arganda');
```

Nombre
Juan Pérez
Carmen Pérez
Javier Martín

Operador **IS NULL**

Comprueba si un valor es nulo (no nulo con **IS NOT NULL**)

- No se puede conseguir con los operadores de igualdad `=` o diferencia `<>`.

Obtener los partes de trabajo que no figuren con el tiempo empleado

```
SELECT codC, codM, codP, fecha FROM trabajos WHERE tiempo IS NULL;
```

CodC	CodM	CodP	Fecha
C02	M03	P02	15/09/11
C01	M02	P04	17/09/11
C02	M03	P01	18/09/11

Operadores ALL y ANY

Permiten comparar valores con respecto de un conjunto

- El segundo operando **debe** ser una subconsulta.
- Van acompañados de un operador de comparación (`>`, `>=`, `<`, `<=`, `=`, `<>`):
- Comprueba que la condición se cumple para todos (ALL) o al menos para uno (ANY)
- ANY implica que la condición se cumpla respecto de, al menos, un elemento del conjunto.

Obtener proyectos que no sean ninguna de las localidades de aquellos conductores con categoría superior a 17:

```
SELECT descripcion, localidad FROM proyectos
WHERE localidad <> ALL (SELECT localidad FROM conductores
                           WHERE categoria > 17);
```

Operador EXISTS

Indica la existencia o no de un conjunto

- El operando suele ser una subconsulta
- Devuelve TRUE o FALSE dependiendo si la subconsulta devuelve resultado o no, respectivamente

Obtener nombres de las máquinas que se han utilizado en el proyecto P03

```
SELECT nombre FROM maquinas
WHERE EXISTS (SELECT * FROM trabajos
              WHERE trabajos.codM = maquinas.codM
              AND codP = 'P03');
```

Operadores **UNION**, **MINUS** e **INTERSECT**

Unión, diferencia e intersección respectivamente entre conjuntos de resultados

- Los conjuntos deben ser **unión-compatibles** (en esencia, mismas columnas de datos compatibles)

```
SelectSQL {UNION | MINUS | INTERSECT} [ALL] SelectSQL
```

La opción **ALL** **no** elimina duplicados

Operador UNION (I)

Las consultas a unir tienen que estar definidas sobre los mismos dominios.

Obtener los códigos de aquellos conductores que residan en Rivas o tengan categoría inferior a 18

```
SELECT codC  
      FROM conductores  
     WHERE localidad = 'Rivas'
```

UNION

```
SELECT codC  
      FROM conductores  
     WHERE categoria < 18;
```

Operador UNION (y II)

Pueden concatenarse varios UNION.

Obtener los códigos de aquellos conductores que residan en Rivas o tengan categoría inferior a 18 o hayan manejado la máquina M01

```
SELECT codC
  FROM conductores
 WHERE localidad = 'Rivas'
UNION ALL
SELECT codC
  FROM conductores
 WHERE categoria < 18
UNION ALL
SELECT codC
  FROM trabajos
 WHERE codM = 'M01';
```

Operador **MINUS** o **EXCEPT**

Elimina las filas del primer operando que se encuentren en el segundo

- MySQL usa EXCEPT.

Obtener los códigos de aquellos conductores que tengan categoría inferior a 18 y no hayan trabajado con la máquina M03

```
SELECT codC
  FROM conductores
 WHERE categoria < 18
EXCEPT
SELECT codC
  FROM trabajos
 WHERE codM = 'M03';
```

Operador **INTERSECT**

Obtiene las filas comunes al resultado de dos subconsultas.

Obtener los códigos de los conductores que hayan utilizado las máquinas M01 y M03

```
SELECT codC
  FROM trabajos
 WHERE codM = 'M01'
INTERSECT
SELECT codC
  FROM trabajos
 WHERE codM = 'M03';
```

Funciones agregadas

Cinco funciones que permiten combinar los resultados de varias filas

- COUNT: cuenta el número de filas considerando valores duplicados y nulos
- AVG: media aritmética de un atributo o expresión numérica
- SUM: suma de atributos o expresiones numéricas
- MAX: valor máximo de una atributo
- MIN: valor mínimo de un atributo

Funciones agregadas: ejemplos (I)

Obtener el número total de proyectos en los se está trabajando

```
SELECT COUNT(*) FROM trabajos; -- Devuelve 12
```

Obtener el número total de máquinas que se han utilizado en 'P02'

```
SELECT COUNT(DISTINCT codM) FROM trabajos WHERE codP = 'P02'; -- Devuelve 3
```

Obtener el precio medio por hora de las máquinas

```
SELECT AVG(precioHora) FROM maquinas; -- Devuelve 84
```

Funciones agregadas: ejemplos (y II)

Obtener el máximo para el nombre y el precioHora de las máquinas

```
SELECT MAX(nombre), MAX(precioHora) FROM maquinas; -- Devuelve (Volquete, 10)
```

Obtener la máxima fecha, el mínimo tiempo y la suma y media del tiempo de la tabla trabajos

```
SELECT MAX(fecha), MIN(tiempo), SUM(tiempo), AVG(tiempo)
FROM trabajos; -- Devuelve (18/09/11, 20, 1260, 140)
```

Contar el número de filas de la tabla trabajos, número de valores de la columna tiempo y número de valores distintos de dicha columna

```
SELECT COUNT(*), COUNT(tiempo), COUNT(DISTINCT tiempo)
FROM trabajos; -- Devuelve (12, 9, 8)
```

Cláusula GROUP BY (I)

Agrupa los resultados en base a una **clave**, devolviendo una única fila por grupo

- Todo atributo que aparezca en el `SELECT` debe aparecer en el `GROUP BY`
- Suele combinarse con funciones agregadas

Obtener por cada conductor que haya trabajado, el código de éste y la cantidad total de tiempo empleado

```
SELECT codC, SUM(tiempo)
  FROM trabajos
 GROUP BY codC;
```

Cláusula GROUP BY (y II)



```
SELECT codC, SUM(tiempo)
  FROM trabajos
 GROUP BY codC;
```

CodC	SUM(Tiempo)
C01	300
C02	130
C03	500
C04	90
C05	240

Cláusula HAVING (I)

Condición aplicada a los grupos generados por la cláusula GROUP BY

Obtener para los conductores que figuren con más de un trabajo realizado, la suma de tiempos trabajados

```
SELECT codC, SUM(tiempo)
  FROM trabajos
 GROUP BY codC
 HAVING COUNT(*) > 1;
```

CodC	SUM(Tiempo)
C01	300
C02	130

Cláusula HAVING (II)

Obtener para los conductores que hayan utilizado la misma máquina más de una vez entre el 12/09/02 y el 18/09/02, el código de conductor, el código de máquina y el tiempo total empleado

```
SELECT codC, codM, SUM(tiempo) FROM trabajos  
WHERE fecha BETWEEN '12/09/11' AND '18/09/11'  
GROUP BY codC, codM HAVING COUNT(*) > 1;
```

CodC	CodM	SUM(Tiempo)
C01	M02	120
C02	M03	30

Cláusula HAVING (y III)

CodC	CodM	CodP	Fecha	Tiempo
C02	M03	P01	10/09/11	100
C03	M01	P02	10/09/11	200
C05	M03	P02	10/09/11	150
C04	M03	P02	10/09/11	90
C01	M02	P02	12/09/11	120
C02	M03	P03	13/09/11	30
C03	M01	P04	15/09/11	300
C02	M03	P02	15/09/11	null
C01	M03	P04	15/09/11	180
C05	M03	P04	15/09/11	90
C01	M02	P04	17/09/11	null
C02	M03	P01	18/09/11	null

The diagram illustrates the flow of data from a source table to three destination tables. Blue arrows point from the source table rows to the first two destination tables, while a red arrow points to the third. The first destination table contains rows for C01 and C02 with M02 and M03 respectively. The second destination table contains rows for C01 and C02 with M03. The third destination table contains a single row for C05.

C01	M02	120
C01	M02	null
C01	M03	180
C02	M03	30
C02	M03	null
C02	M03	null
C03	M01	300
C02	M03	30
C02	M03	null
C02	M03	null
C03	M01	300
C05	M03	90

Cláusula ORDER BY (I)

- Permite ordenar los resultados de una consulta en función de uno o varios campos.
- Los atributos de ordenación deben aparecer en el SELECT.
- Se puede ordenar en sentido inverso mediante el modificador DESC.

Sintaxis:

```
ORDER BY atributo_1 [DESC] [, ...]
```

Cláusula ORDER BY (y II)

Obtener los partes de trabajo correspondientes al proyecto P04 ordenados ascendente por conductor y máquina

```
SELECT CodC, CodM, CodP FROM trabajos  
WHERE codP = 'P04' ORDER BY codC, codM;
```

CodC	CodM	CodP
C01	M02	P04
C01	M03	P04
C03	M01	P04
C05	M03	P04

Alias de columnas

Es posible modificar el nombre de una columna como resultado de una consulta

- Permite distinguir entre dos columnas con el mismo nombre
- Los alias pueden ir entre comillas ` para definir alias que contengan caracteres especiales

Sintaxis:

```
SELECT atributo_1 [[AS] alias_1] [, . . .]
```

Alias de columnas: ejemplo

Obtener el código (como 'cod conductor') y el nombre de aquellos conductores de Rivas

```
SELECT codC AS `cod conductor`, nombre  
FROM conductores  
WHERE localidad = 'Rivas';
```

cod conductor	nombre
C03	Juan Pérez
C06	Carmen Pérez

Alias de tablas

Es posible modificar el nombre de una tabla para su uso dentro de una consulta

- Permite hacer más legibles consultas complicadas

Sintaxis:

```
...
FROM tabla_1 [[AS] alias_1] [,...]
```

Expresiones en la cláusula SELECT

Se permite añadir expresiones en las que aparezcan atributos y/o constantes y operadores aritméticos

- Deben definirse junto a los atributos a devolver por el SELECT

```
SELECT nombre, 'coste final:' AS texto, (precioHora*1.15) AS nuevoPrecio  
FROM maquinas WHERE precioHora < 110;
```

nombre	texto	nuevoPrecio
Excavadora	coste final:	103,50
Hormigonera	coste final:	79,35
Volquete	coste final:	80,50

Consultas con más de una tabla

Se permite seleccionar dos tablas para obtener información común

- Suele realizarse mediante la Unión Natural o Join:
 - Subconjunto del producto cartesiano de dos tablas en las que se seleccionan las filas con el mismo valor de los atributos comunes
- Debe existir al menos un atributo común entre las tablas participantes
 - Habitualmente se emparejan las claves primarias con las claves foráneas

Consultas con más de una tabla: ejemplos

Obtener nombres de conductores que han utilizado la máquina

'M02'

-- Consulta anidada:

```
SELECT nombre FROM conductores  
WHERE codC IN (SELECT codC FROM trabajos WHERE codM = 'M02');
```

-- Join implícito:

```
SELECT nombre FROM conductores, trabajos  
WHERE conductores.codC = trabajos.codC  
AND codM = 'M02';
```

-- Join explícito:

```
SELECT nombre FROM conductores INNER JOIN trabajos  
ON conductores.codC = trabajos.codC  
WHERE codM = 'M02';
```

Consultas anidadas

Las consultas anidadas establecen una comparación entre dos operandos

- Operador IN.
- Operador ANY.
- Operador ALL.
- Operador de comparación (<, <=, >, >=, =, <>).
- Operador EXISTS.

Consultas anidadas: ejemplos (I)

Operador IN

Obtener la descripción y cliente de aquellos proyectos en los que hayan trabajado máquinas con un precio hora superior a 75 conducidas por conductores de Rivas

```
SELECT descripcion, cliente FROM proyectos
WHERE codP IN (SELECT codP FROM trabajos
                WHERE codM IN (SELECT codM FROM maquinas
                                WHERE precioHora > 75)
                AND codC IN (SELECT codC FROM conductores
                                WHERE localidad = 'Rivas'));
```

Consultas anidadas: ejemplos (II)

Operador ANY

Obtener los trabajadores con categoría inferior a la de algún trabajador de Arganda

```
SELECT nombre FROM conductores  
WHERE categoria < ANY (SELECT categoria FROM conductores  
                      WHERE localidad = 'Arganda');
```

Consultas anidadas: ejemplos (III)

Operador ALL

Obtener conductores que no ha participado en el proyecto 'P01'

```
SELECT nombre FROM conductores  
WHERE codC <> ALL (SELECT codC FROM trabajos  
                      WHERE codP = 'P01');
```

Consultas anidadas: ejemplos (IV)

Operador de comparación

Obtener el conductor de Arganda que tenga la categoría más alta de entre los que sean de Arganda

```
SELECT nombre FROM conductores
WHERE categoria = (SELECT MAX(categoria) FROM conductores
                    WHERE localidad = 'Arganda')
AND localidad = 'Arganda';
```

Consultas anidadas: ejemplos (y V)

Operador EXISTS

Encontrar todos los conductores que no tengan un homónimo en la misma localidad

```
SELECT * FROM conductores C1
WHERE NOT EXISTS (SELECT * FROM conductores C2
                    WHERE C1.nombre = C2.nombre
                      AND C1.localidad = C2.localidad
                      AND C1.codC <> C2.codC);
```

Consultas

El alcance (scope) de las «variables» de una subconsulta se limita a la subconsulta y sus descendientes

```
SELECT * FROM conductores
WHERE codC IN (SELECT codC
                 FROM trabajos T1
                 WHERE codM = 'M02')
      OR codC IN (SELECT codC
                   FROM trabajos T2
                   WHERE T2.fecha = T1.fecha);
```

La consulta **es incorrecta**, porque T1 no es visible desde la segunda subconsulta.

Join implícito

Se debe poner una condición de unión en el WHERE por cada atributo común entre las tablas relacionadas que figuren en la cláusula FROM

Obtener para cada máquina utilizada de precio hora superior a 80, el nombre del conductor, la descripción del proyecto y el nombre de la máquina

```
SELECT c.nombre AS cond, descripcion, m.nombre AS maq  
FROM conductores c, trabajos t, proyectos p, maquinas m  
WHERE c.codC = t.codC  
AND t.codP = p.codP  
AND t.codM = m.codM  
AND precioHora > 80;
```

Cláusula JOIN (explícito)

```
FROM tabla_1 [tipo_join] JOIN tabla_2 ON condicion_join
```

- INNER: Unión natural (por defecto). Sólo se tienen en cuenta filas con igualdad en los atributos comunes
- LEFT [OUTER]: Se tienen en cuenta todas las filas de la tabla del primer operando (izquierda)
- RIGHT [OUTER]: Se tienen en cuenta todas las filas de la tabla del segundo operando (derecha)
- FULL [OUTER]: Se tienen en cuenta todas las filas de ambas tablas

Condición:

```
tabla_1.atributo_común = tabla_2.atributo_comun
```

Cláusula INNER JOIN

Obtener el nombre del conductor y tiempo empleado para aquellos trabajos realizados el 10/09/11

```
SELECT nombre, tiempo FROM conductores INNER JOIN trabajos  
                      ON conductores.codC = trabajos.codC  
WHERE fecha = '10/09/11';
```

Nombre	tiempo
Lidia García	100
Juan Pérez	200
Luisa Ortiz	90
Javier Martín	150

Cláusula NATURAL JOIN

Si los atributos comunes tienen el mismo nombre (y dominio), puede emplearse NATURAL JOIN en lugar de INNER JOIN y no poner la cláusula ON

Obtener el nombre del conductor y tiempo empleado para aquellos trabajos realizados el 10/09/11

```
SELECT nombre, tiempo  
FROM conductores NATURAL JOIN trabajos  
WHERE fecha = '10/09/11';
```

CUIDADO: unirá todas las columnas comunes que dispongan del mismo nombre y dominio, sin importar si estas representan la misma información

INNER JOIN vs LEFT, RIGHT y FULL (I)

INNER JOIN:

```
SELECT nombre, codM, codP, tiempo FROM conductores
INNER JOIN trabajos
    ON conductores.codC = trabajos.codC
WHERE localidad = 'Rivas';
```

nombre	codM	codP	tiempo
Lidia García	P02	M01	200
Lidia García	P04	M01	300

INNER JOIN vs LEFT, RIGHT y FULL (II)

LEFT JOIN:

```
SELECT nombre, codM, codP, tiempo
FROM conductores LEFT JOIN trabajos
    ON conductores.codC = trabajos.codC
WHERE localidad = 'Rivas';
```

nombre	codM	codP	tiempo
Juan Pérez	P02	M01	200
Juan Pérez	P04	M01	300
Carmen Pérez	NULL	NULL	NULL

INNER JOIN vs LEFT, RIGHT y FULL (III)

RIGHT JOIN:

```
SELECT nombre, codM, codP, tiempo
FROM trabajos RIGHT JOIN conductores
    ON conductores.codC = trabajos.codC
WHERE localidad = 'Rivas';
```

nombre	codM	codP	tiempo
Juan Pérez	P02	M01	200
Juan Pérez	P04	M01	300
Carmen Pérez	NULL	NULL	NULL

INNER JOIN vs LEFT, RIGHT y FULL (y IV)

FULL JOIN:

```
SELECT nombre, codM, descripcion, tiempo
FROM conductores c
FULL JOIN trabajos t ON c.codC = t.codC
FULL JOIN proyectos p ON t.codP = p.codP
WHERE c.localidad = 'Rivas'
OR p.localidad = 'Rivas';
```

nombre	codM	codP	tiempo
José Sánchez	M02	Solado	120
Manuel Díaz	M03	Solado	NULL
Juan Pérez	M01	Solado	200
Juan Pérez	M01	Techado	300
Luis Ortiz	M03	Solado	90
Javier Martín	M03	Solado	150
Carmen Pérez	NULL	NULL	NULL
NULL	NULL	Buhardilla	NULL

Vistas

Tabla virtual cuyo contenido está definido por una consulta

- Suelen emplearse para simplificar y personalizar una base de datos

```
CREATE VIEW [schema.]nombre_vista [nombre_columna [, ...]]  
AS select_sql  
[WITH CHECK OPTIONS]
```

Si no se definen los nombres de las columnas se emplean los definidos en el SELECT SQL

- WITH CHECK OPTIONS fuerza a que toda la instrucción de modificación de datos que se ejecuten en la vista sigan los criterios establecidos en el SELECT SQL.

¿Es posible acelerar la ejecución de las consultas?

Si, mediante el uso de **índices**. Estos índices permiten que una consulta recupere eficientemente los datos de una base de datos.

- Los índices están relacionados con tablas específicas y constan de una o más claves
- Una tabla puede tener más de un índice construido a partir de ella
- Las claves se basan en las columnas de las tablas
- Sin un índice, MySQL debe comenzar con la primera fila y luego leer toda la tabla para encontrar las filas relevantes

Usos de los índices

MySQL usa los índices para:

- Encontrar las filas que cumplen la condición de un WHERE de manera rápida
- Obtener filas de otras tablas cuando se hacen JOIN entre ellas
- Encontrar máximos y mínimos mediante las funciones MAX() y MIN()
- Para establecer ordenaciones en los resultados de una consulta

Creando índices (I)

Una posibilidad es definir el índice en el mismo momento que se crea la tabla para la cual se define:

```
CREATE TABLE test (
    id INTEGER,
    col1 VARCHAR(10),
    INDEX(col1(5)) -- 5 primeros caracteres
);
```

Creando índices (y II)

Otra opción es definir el índice de manera explícita mediante una consulta DDL:

```
CREATE [UNIQUE] INDEX index_name
    [index_type]
    ON tbl_name (key_part,...)
key_part: col_name [(length)]
index_type:
    USING {BTREE | HASH}
```

Índices automatizados

InnoDB, el motor de MySQL, crea automáticamente índices en las siguientes situaciones:

- Las claves primarias de las tablas tienen asociadas un índice de manera automática, para que buscar valores duplicados sea eficiente
- De la misma forma, las claves ajena también tienen definidas automáticamente un índice para comprobar eficientemente si el valor de la columna referenciada existe

LENGUAJE DE MANIPULACIÓN DE DATOS

(Parte 2)

Procedimientos, funciones y triggers

Como complemento a las sentencias `INSERT`, `UPDATE` y `DELETE`, y para solventar las limitaciones de estas, dentro del lenguaje SQL también podemos encontrar:

- **Procedimientos almacenados:** ejecutan tareas complejas con múltiples sentencias SQL. Reutilizables y mejoran el rendimiento.
- **Funciones:** devuelven un valor y se usan en consultas. Ideales para cálculos reutilizables.
- **Triggers:** se activan automáticamente tras `INSERT`, `UPDATE` o `DELETE`. Usados para validación de datos.

Procedimiento almacenado

Subrutina que se almacena en una base de datos

- Similar a un subprograma en cualquier otro lenguaje de programación.
- Cuenta con un **nombre**, una **lista de parámetros** y **sentencias SQL**
- Ventajas:
 - **Rápidos**: El SGBD puede aprovechar hasta la caché y además posibilita evitar tráfico de red.
 - **Portables**: Son fácilmente migrables entre servidores.
 - **Fuentes disponibles**: Accesible desde la propia base de datos.

Creación de un procedimiento

```
CREATE PROCEDURE nombre_procedimiento ([param [, . . .]])  
BEGIN  
    cuerpo_procedimiento  
END
```

Los parámetros `param` tienen la siguiente sintaxis:

```
[ IN | OUT | INOUT ] nombre_parametro tipo_parametro
```

El cuerpo estará formado por **sentencias SQL válidas**.

Procedimientos: ejemplo (I)

```
DELIMITER $$  
CREATE PROCEDURE sp_conductores ()  
BEGIN  
    SELECT * FROM conductores;  
END$$  
DELIMITER ;
```

Importante: Cambiar el delimitador de fin de línea por defecto de SQL

- Así se evita que el ; dentro del procedimiento se interprete como fin del mismo
- Para ello usamos el operador DELIMITER.

Procedimientos: ejemplo (y II)

```
1 • CALL sp_conductores()
2
```

The screenshot shows a MySQL Workbench interface with a result grid. The grid has columns for codC, nombre, localidad, and categoria. The data is as follows:

	codC	nombre	localidad	categoria	
▶	C01	José Sánchez	Arganda	18	
	C02	Manuel Díaz	Arganda	15	
	C03	Juan Pérez	Rivas	20	
	C04	Luis Ortiz	Arganda	18	
	C05	Javier Martín	Loeches	12	
	C06	Carmen Pérez	Rivas	15	

Parámetros del procedimiento

Los parámetros de un procedimiento pueden ser de tres tipos

- **IN** (por defecto): El procedimiento puede modificar el valor, pero la modificación no es visible para el invocador cuando el procedimiento acaba
- **OUT**: Su valor inicial es NULL dentro del procedimiento, y su valor es visible para el invocador cuando el procedimiento acaba
- **INOUT**: El parámetro se inicializa en la llamada, puede ser modificado por el procedimiento, y cualquier cambio hecho por el procedimiento es visible tras la ejecución

Ejemplo: parámetro de entrada (I)

```
DELIMITER $$  
CREATE PROCEDURE sp_trabajos (IN conductor VARCHAR(3))  
BEGIN  
    SELECT *  
    FROM trabajos  
    WHERE codC = conductor;  
END$$  
DELIMITER ;  
  
CALL sp_trabajos('C03');
```

Ejemplo: parámetro de entrada (y II)

```
1 •     CALL sp_trabajos('C03')
```

100% 24:1

Result Grid Filter Rows: Search Export:

codC	codM	codP	fecha	tiempo
C03	M01	P02	2019-09-10 00:00:00	200
C03	M01	P04	2019-09-15 00:00:00	300

Ejemplo: parámetro de salida (I)

```
DELIMITER $$  
CREATE PROCEDURE sp_cuenta (IN conductor VARCHAR(3),  
                           OUT num_trabajos INTEGER)  
BEGIN  
    SELECT count(*) INTO num_trabajos  
    FROM trabajos  
    WHERE codC = conductor;  
END$$  
DELIMITER ;  
  
CALL sp_cuenta('C03', @cuenta);  
  
SELECT @cuenta;
```

Ejemplo: parámetro de salida (y II)

```
1 • CALL sp_cuenta('C03', @cuenta);  
2  
3 • SELECT @cuenta;
```

The screenshot shows a MySQL command-line interface window. At the top, there are zoom controls (100%, 16:3), a search bar, and export options. Below the header, the text from the previous code block is entered. The result grid shows one row with the value '2' in the '@cuenta' column.

@cuenta
2

Ejemplo: parámetro de entrada/salida (I)

```
DELIMITER $$  
CREATE PROCEDURE sp_suma (INOUT inicial INTEGER,  
                         IN cantidad INTEGER)  
BEGIN  
    SET inicial = inicial + cantidad;  
END$$  
DELIMITER ;  
  
SET @num = 10;  
CALL sp_suma(@num, 3);  
SELECT @num;
```

Ejemplo: parámetro de entrada/salida (y II)

```
1 • SET @num = 10;  
2 • CALL sp_suma(@num, 3);  
3 • SELECT @num;
```

The screenshot shows a MySQL Workbench interface. At the top, there is a toolbar with zoom controls (100%), a refresh icon, and a timestamp (13:3). Below the toolbar is a menu bar with 'Result Grid' selected, followed by 'Filter Rows:', a search bar with the placeholder 'Search', and an 'Export:' button. The main area displays a result grid with one row. The first column is labeled '@num' and contains the value '13'.

@num
13

Variables y variables de usuario

Ya hemos visto cómo se declaran variables de usuario: anteponiendo una @ delante del nombre:

```
SET @miVar = 10; -- Asignar valor  
SELECT @miVar;   -- Consultar valor
```

Se pueden declarar variables locales en los procedimientos usando **DECLARE**:

```
DECLARE nombre_variable [, . . .] tipo [DEFAULT valor]
```

Ejemplo: variables locales

```
DELIMITER $$  
CREATE PROCEDURE sp_division ()  
BEGIN  
    DECLARE num_maquinas INTEGER;  
    SELECT COUNT(codM) INTO num_maquinas  
    FROM maquinas;  
  
    SELECT codP  
    FROM trabajos  
    GROUP BY codP  
    HAVING COUNT(distinct codM) = num_maquinas;  
END$$  
DELIMITER ;
```

Si hay **varias consultas** en el cuerpo de un procedimiento, se devuelve **el último resultado**.

Sentencias de control de flujo

SQL soporta varias sentencias para controlar el flujo de ejecución de los procedimientos:

- IF
- CASE
- ITERATE
- LEAVE
- LOOP
- WHILE
- REPEAT

Sentencia IF

Evalúa condición y ejecuta las sentencias correspondientes:

```
IF condicion THEN sentencias  
[[ELSEIF condicion THEN sentencias] ...]  
[ELSE sentencias]  
END IF
```

Se pueden encadenar condiciones con ELSEIF.

Sentencia CASE (I)

Evalúa la expresión y ejecuta las sentencias acorde al resultado obtenido:

```
CASE variable_a_evaluar
WHEN valor1 THEN sentencias
[...]
WHEN valorN THEN sentencias
[ELSE sentencias]
END CASE
```

Sentencia CASE (y II)

Alternativa: Comprueba condiciones en lugar de valores:

```
CASE  
WHEN condicion THEN sentencias  
[...]  
[ELSE sentencias]  
END CASE
```

Una vez encuentra una verdadera, ejecuta las sentencias y sale del CASE.

- En caso contrario se ejecuta el fragmento del ELSE.

Bucle LOOP

```
etiqueta_inicio_loop: LOOP
sentencias
IF condicion THEN
    LEAVE etiqueta_inicio_loop;
END IF;
END LOOP;
[etiqueta_fin_loop]
```

Se ejecutan las sentencias **hasta abandonar el bucle con LEAVE.**

Ejemplo: bucle LOOP

```
DELIMITER $$  
CREATE PROCEDURE my_proc_LOOP (IN num INTEGER)  
BEGIN  
    DECLARE x INT;  
    SET x = 0;  
    loop_label: LOOP  
        INSERT INTO number VALUES (rand());  
        SET x = x + 1;  
        IF x >= num THEN  
            LEAVE loop_label;  
        END IF;  
    END LOOP;  
END$$  
DELIMITER ;
```

Bucle REPEAT

```
[etiqueta_inicio:]REPEAT  
    sentencias  
UNTIL condicion  
END REPEAT  
[etiqueta_fin]
```

Las sentencias se repiten hasta que la condición se cumpla.

- Ambas etiquetas son opcionales en este tipo de bucle.

Ejemplo: bucle REPEAT

```
DELIMITER $$  
CREATE PROCEDURE my_proc_REPEAT (IN n INTEGER)  
BEGIN  
    DECLARE sum INT DEFAULT 0;  
    DECLARE x INT DEFAULT 1;  
    REPEAT  
        IF mod(x, 2) = 0 THEN  
            SET sum = sum + x;  
        END IF;  
        SET x = x + 1;  
    UNTIL x > n  
    END REPEAT;  
END $$  
DELIMITER ;
```

Bucle WHILE

```
[etiqueta_inicio:] WHILE condicion DO  
    sentencias  
END WHILE  
[etiqueta_fin]
```

Se ejecutan las instrucciones mientras se cumple la condición.

- Similar al REPEAT pero con la condición de parada invertida.

Ejemplo: bucle WHILE

```
DELIMITER $$  
CREATE PROCEDURE my_proc WHILE (IN n INTEGER)  
BEGIN  
    DECLARE sum INT DEFAULT 0;  
    DECLARE x INT DEFAULT 1;  
    WHILE x <= n DO  
        IF mod(x, 2) <> 0 THEN  
            SET sum = sum + x;  
        END IF;  
        SET x = x + 1;  
    END WHILE;  
END$$  
DELIMITER ;
```

Cursor

Los cursores son unas estructuras de control para recorrer secuencialmente los resultados de una consulta. En otras palabras, es un iterador sobre las filas resultantes de una consulta.

Se suelen utilizar en subrutinas almacenadas en la base de datos, como procedimientos y funciones.

Operaciones con cursos

```
CREATE PROCEDURE curdemo()
BEGIN
    DECLARE done INT DEFAULT FALSE;
    DECLARE b, c INT;
    DECLARE cur CURSOR FOR SELECT id, data FROM t1; -- Creación
    DECLARE CONTINUE HANDLER FOR NOT FOUND SET done = TRUE;
    OPEN cur; -- Apertura
    read_loop: LOOP
        FETCH cur INTO b, c; -- Uso
        IF done THEN
            LEAVE read_loop;
        END IF;
        -- Añadir aquí la lógica de uso del cursor
    END LOOP;
    CLOSE cur; -- Cierre
END;
```

Cursos: detalles importantes

El número (y tipos) de variables donde almacenar el resultado de `FETCH` se corresponde con el número (tipo) de columnas devueltas por la consulta que alimenta el cursor:

```
DECLARE cur CURSOR FOR SELECT id,data FROM t1;  
FETCH cur INTO b, c;
```

Hay que declarar un manejador especial para cuando se alcance el final del cursor en un `FETCH`:

```
DECLARE CONTINUE HANDLER FOR NOT FOUND sentencias;
```

No olvidar: Los cursos **se abren antes de su uso y se cierran al acabar.**

Funciones almacenadas

Al igual que con los procedimientos, MySQL admite funciones almacenadas.

- Son subrutinas que se almacenan en la base de datos pero que devuelven un valor cuando son ejecutadas.
- Por ello, se pueden usar como expresiones en cualquier consulta, condición, etc.

Sintaxis de creación de funciones

```
DELIMITER $$  
CREATE FUNCTION function_name(  
    param1,  
    param2, ...  
)  
RETURNS datatype  
DETERMINISTIC  
BEGIN  
    statements;  
    RETURN (value);  
END $$  
DELIMITER ;
```

Es necesario especificar DETERMINISTIC (determinista) para que el optimizador del SGBD haga su trabajo correctamente

Ejemplo: función (I)

```
DELIMITER $$  
CREATE FUNCTION sf_masiva(cantidad DECIMAL)  
RETURNS DECIMAL  
DETERMINISTIC  
BEGIN  
    DECLARE cmasiva DECIMAL;  
    SET cmasiva = cantidad * 1.21;  
    RETURN (cmasiva);  
END$$  
DELIMITER ;
```

Ejemplo: función (y II)

```
1 •   SELECT codM, sf_masiva(precioHora)
2      FROM maquinas;
```

The screenshot shows a MySQL Workbench interface with the following details:

- Toolbar: 100% zoom, 15:2 aspect ratio.
- Result Grid: The main data area.
- Filter Rows: A search bar with a magnifying glass icon.
- Export: Buttons for CSV and PDF export.
- Data:

codM	sf_masiva(precioHor...
M01	109
M02	73
M03	85
M04	133

Triggers

En ocasiones es necesario comprobar una serie de restricciones en los datos de manera periódica

- Una posible solución es realizar una comprobación *activa*, consultando periódicamente a la base de datos
- Otra solución más eficiente pasaría por utilizar un sistema basado en eventos y realizar la comprobación cuando se dispare

¿Qué eventos suceden en una BBDD?

Durante el uso de una BBDD, pueden ocurrir diferentes eventos que requieran volver a comprobar las restricciones de las que hablábamos

- Se insertan nuevas filas en una tabla
- Se modifica el valor de algún atributo de una o varias filas
- Se eliminan filas de alguna tabla

Caso de estudio

Una empresa quiere garantizar que un empleado nunca gane más dinero que su supervisor

Se plantea programar una consulta que obtenga los salarios de empleados y supervisores directos

¿Se te ocurre una manera mejor?

Modelo basado en eventos

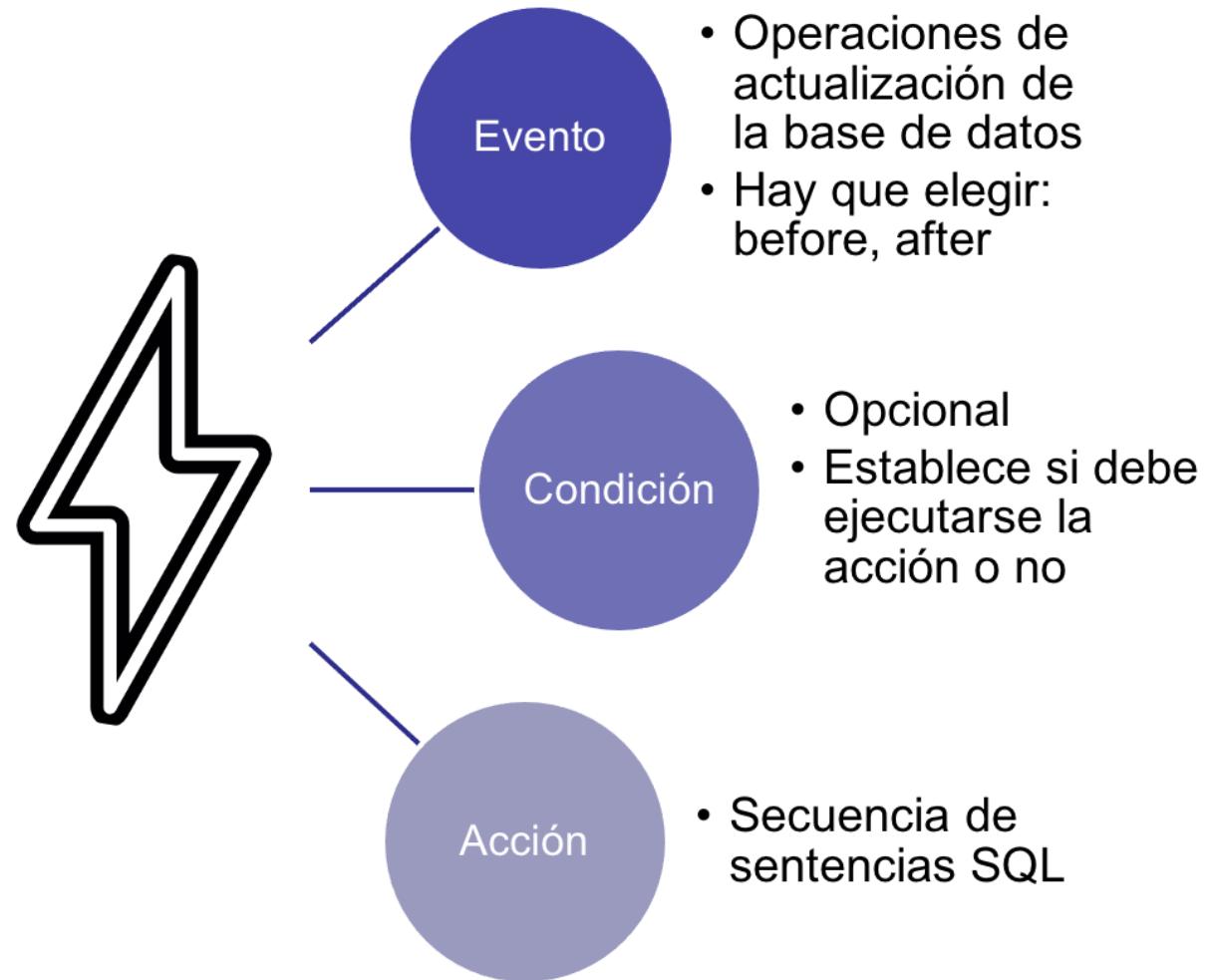
Nos suscribimos a las nuevas filas y modificaciones de la tabla de salarios

Cada vez que se modifica o añade un salario, se dispara el evento

Comprobamos si el nuevo salario es superior al del supervisor

- Si es mayor, se rechaza la inserción o modificación
- En otro caso, no se hace nada

Composición de un Trigger



SQL Trigger

```
DELIMITER //
CREATE TRIGGER upd_check BEFORE UPDATE ON account
FOR EACH ROW
BEGIN
    IF NEW.amount < 0 THEN
        SET NEW.amount = 0;
    ELSEIF NEW.amount > 100 THEN
        SET NEW.amount = 100;
    END IF;
END//
DELIMITER ;
```

Eventos BEFORE y AFTER

Los eventos BEFORE se ejecutan antes de que se lleve a cabo el evento en cuestión:

- BEFORE INSERT
- BEFORE UPDATE
- BEFORE DELETE

Los eventos AFTER se ejecutan una vez se ha producido el evento:

- AFTER INSERT
- AFTER UPDATE
- AFTER DELETE

Variables **NEW** y **OLD** (I)

Una característica interesante de los triggers son las variables **NEW** y **OLD**

- **NEW.columna** es el nuevo valor que se le va a asignar a la columna en cuestión (para eventos **UPDATE** e **INSERT**)
- **OLD.columna** es el valor que tenía la columna en cuestión que se modifica (para eventos **UPDATE** y **DELETE**)

Variables NEW y OLD (y II)

```
DELIMITER //
CREATE TRIGGER t1 BEFORE UPDATE ON account
FOR EACH ROW
BEGIN
    IF NEW.amount < 0 THEN
        SET NEW.amount = 0;
    ELSEIF NEW.amount > 100 THEN
        SET NEW.amount = 100;
    END IF;
END//
DELIMITER ;
```

- Se pueden modificar las variables NEW para cambiar los valores a insertar/modificar en base a unas condiciones
- Las variables OLD solo se pueden leer

Orden de ejecución de los Triggers

- Se pueden definir varios triggers sobre el mismo evento y objeto.
- Es posible especificar el orden de ejecución en el momento de creación del trigger

```
CREATE TRIGGER ins_transaction BEFORE INSERT ON account  
FOR EACH ROW PRECEDES ins_sum
```

...

```
CREATE TRIGGER ins_ttt BEFORE INSERT ON account  
FOR EACH ROW FOLLOWS ins_transaction
```

...

Algunos ejemplos (I)

Forzar el cumplimiento de una determinada restricción:

```
DELIMITER $$  
CREATE TRIGGER no_futuro  
BEFORE INSERT ON alumno  
FOR EACH ROW  
BEGIN  
    IF NEW.fecha_nac > CURRENT_DATE()  
    THEN  
        SIGNAL SQLSTATE '02000'  
        SET MESSAGE_TEXT = 'Error: no aceptamos alumnos del futuro';  
    END IF;  
END$$  
DELIMITER ;
```

Presta atención a la forma de lanzar una excepción en MYSQL

Algunos ejemplos (II)

Corregir valores inusuales o fuera de rango en consultas de inserción y/o modificación:

```
DELIMITER $$  
CREATE TRIGGER trigg1  
BEFORE UPDATE ON usuario  
FOR EACH ROW  
BEGIN  
    IF NEW.edad < 0 THEN  
        SET NEW.edad = 0;  
    END IF;  
END$$  
DELIMITER ;
```

Algunos ejemplos (y III)

Llevar un registro de los elementos que se borran en la base de datos:

```
DELIMITER $$  
CREATE TRIGGER trigg1  
AFTER DELETE ON tabla  
FOR EACH ROW  
BEGIN  
    INSERT INTO deletelog (usuario, idborrado, fecha)  
    VALUES (USER(), OLD.id, NOW());  
END$$  
DELIMITER ;
```

LENGUAJE DE CONTROL DE TRANSACCIONES

El problema (I)

Tendemos a pensar que los SGBD son aplicaciones monousuario

- Pero una de sus principales ventajas es el **acceso concurrente a los datos**



El problema (y II)

Para entender el problema que motiva el uso de transacciones, vamos a realizar varias suposiciones:

- Una **base de datos** se representa básicamente como una colección de elementos de datos con nombres:
$$\{A, B, X, Y, \dots\}$$
- Se definen dos operaciones:
 - **leer_item(X)**: Lee un elemento de la base de datos llamado X en una variable X del programa
 - **escribir_item(X)**: Escribe el valor de la variable de programa X en el elemento de la base de datos llamado X

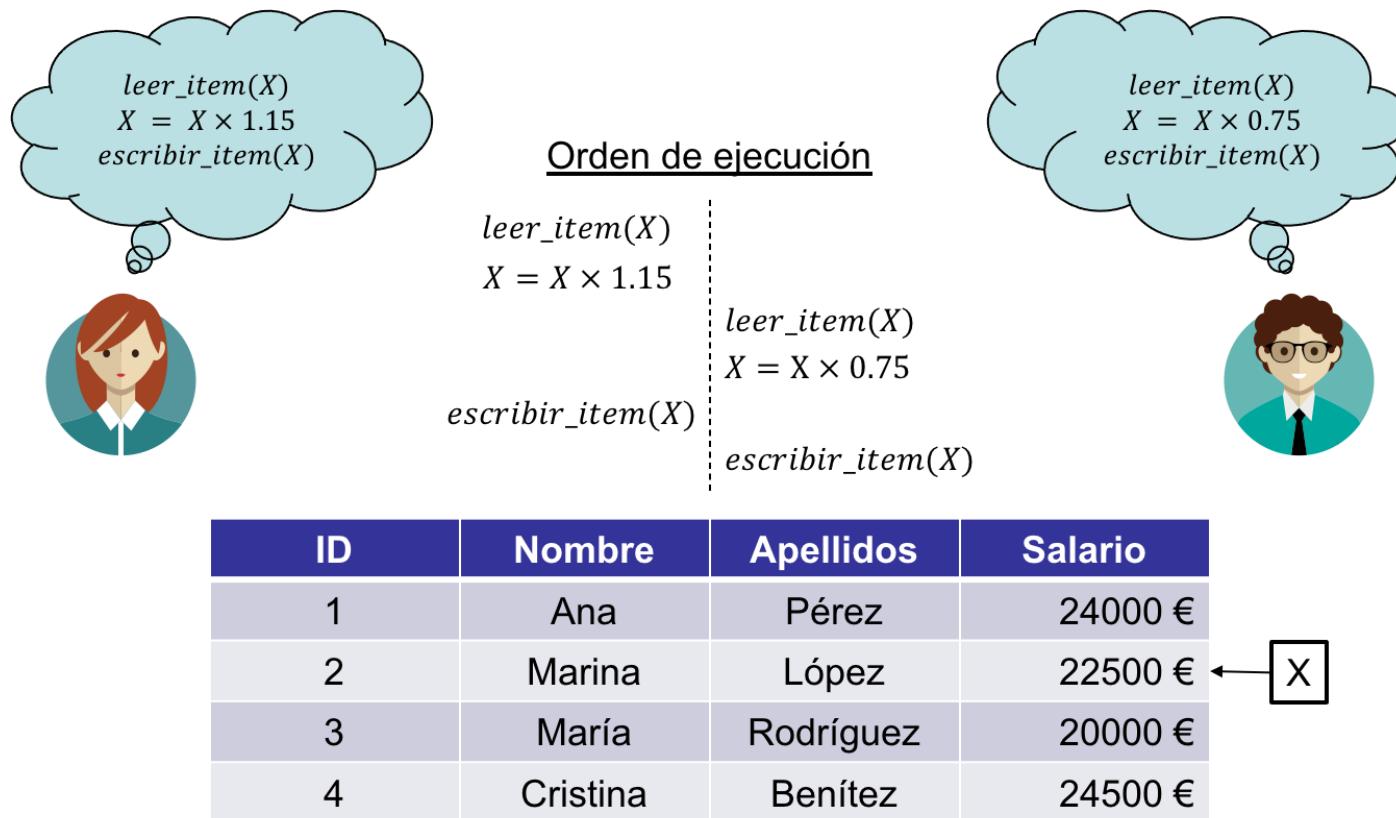
Problema de la actualización perdida (I)



ID	Nombre	Apellidos	Salario
1	Ana	Pérez	24000 €
2	Marina	López	22500 €
3	María	Rodríguez	20000 €
4	Cristina	Benítez	24500 €

X ←

Problema de la actualización perdida (II)



Problema de la actualización perdida (y III)



El elemento X tiene un valor incorrecto porque su actualización se pierde (se sobrescribe)

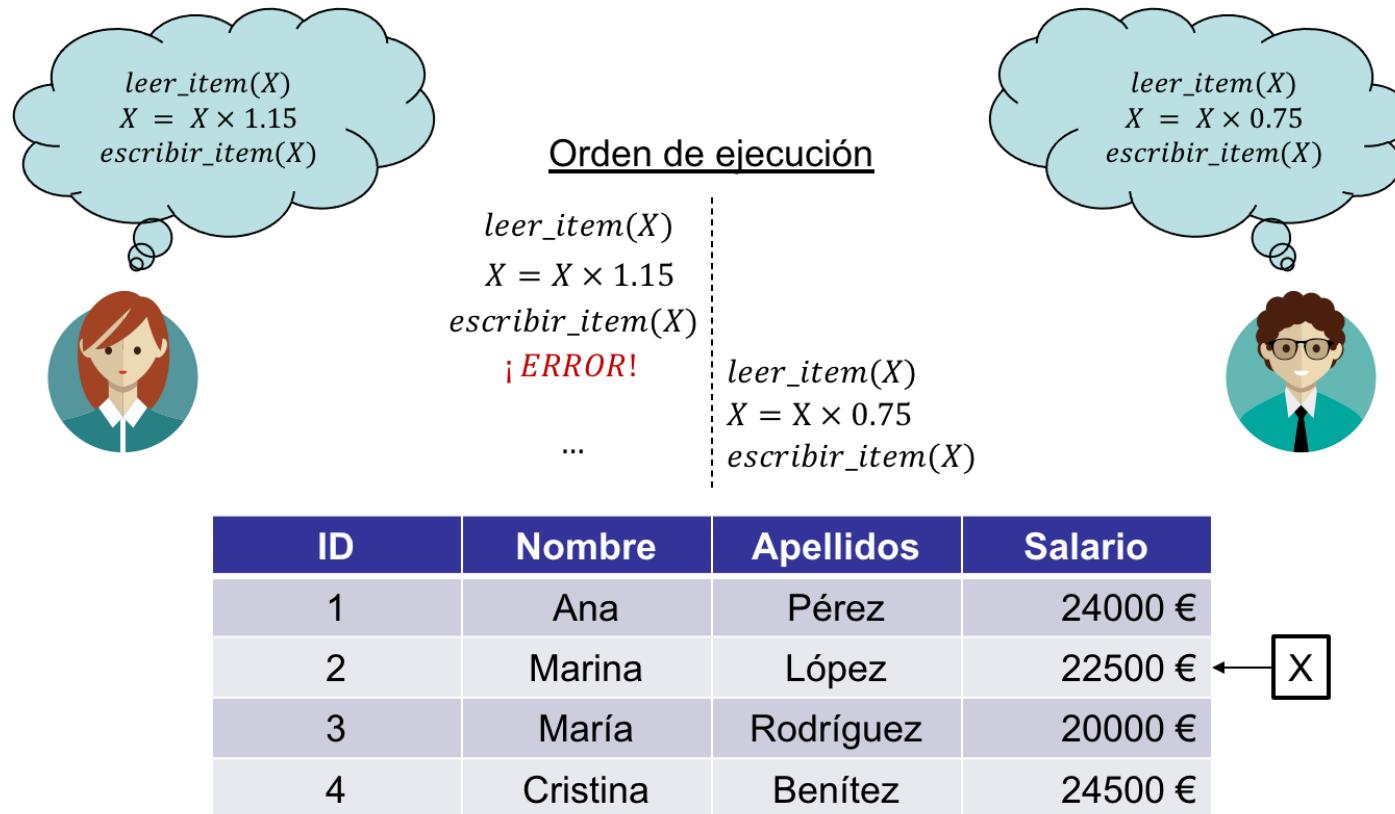
Problema de la lectura sucia (I)



ID	Nombre	Apellidos	Salario
1	Ana	Pérez	24000 €
2	Marina	López	22500 €
3	María	Rodríguez	20000 €
4	Cristina	Benítez	24500 €

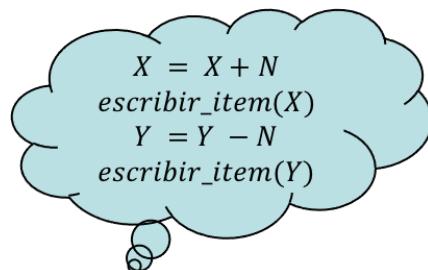
X ←

Problema de la lectura sucia (y II)

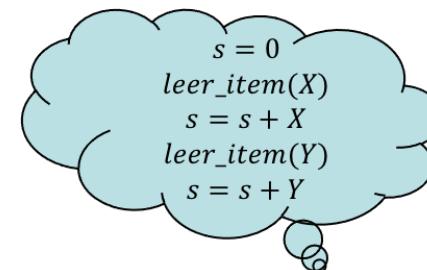


Se ha leído un valor de X que no es el correcto, pues se debería haber restaurado tras el error

Problema del resumen incorrecto (I)



$X = X + N$
escribir_item(X)
 $Y = Y - N$
escribir_item(Y)

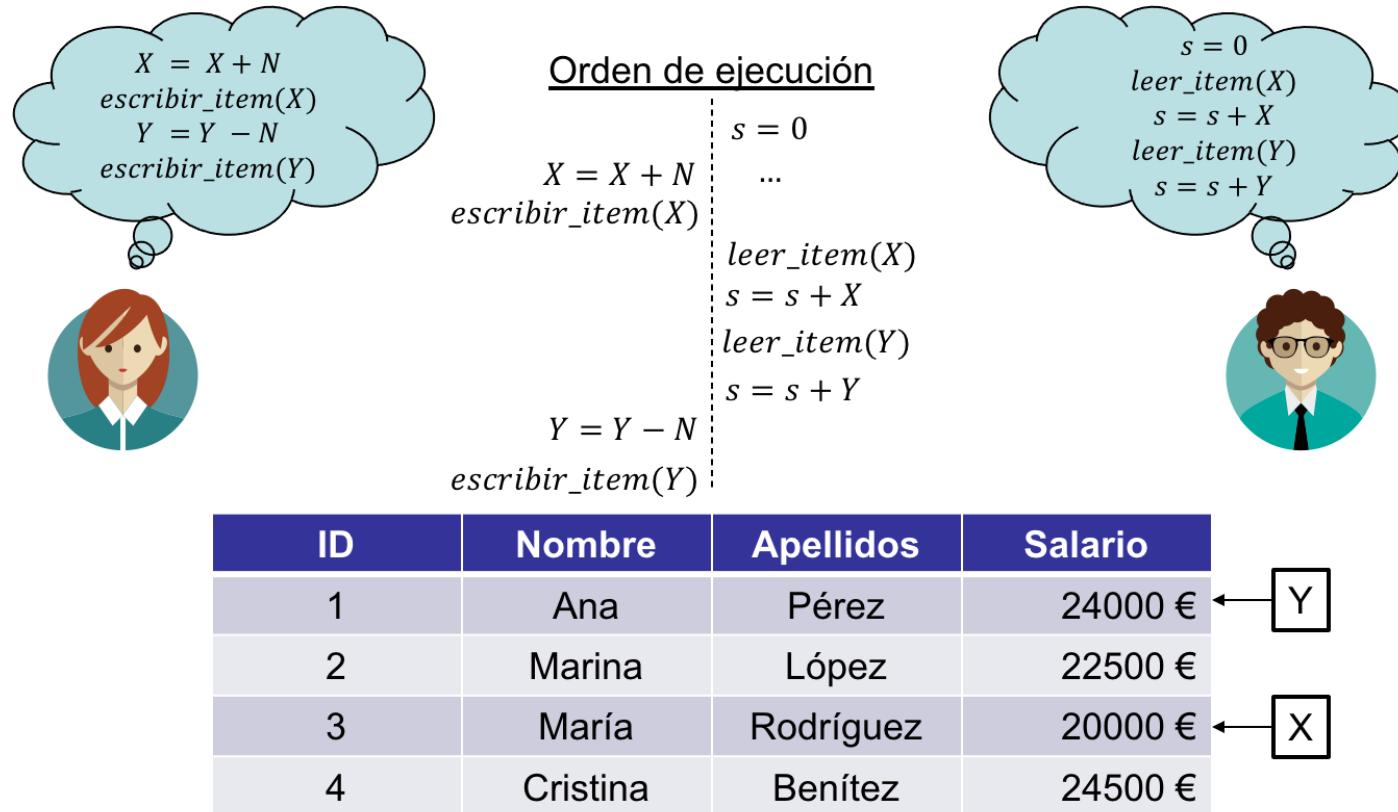


$s = 0$
leer_item(X)
 $s = s + X$
leer_item(Y)
 $s = s + Y$



ID	Nombre	Apellidos	Salario
1	Ana	Pérez	24000 €
2	Marina	López	22500 €
3	María	Rodríguez	20000 €
4	Cristina	Benítez	24500 €

Problema del resumen incorrecto (y II)



Se ha leído un valor inconsistente de Y , ya que la lectura se ha adelantado a la actualización de su valor

Cómo evitar los errores anteriores (I)

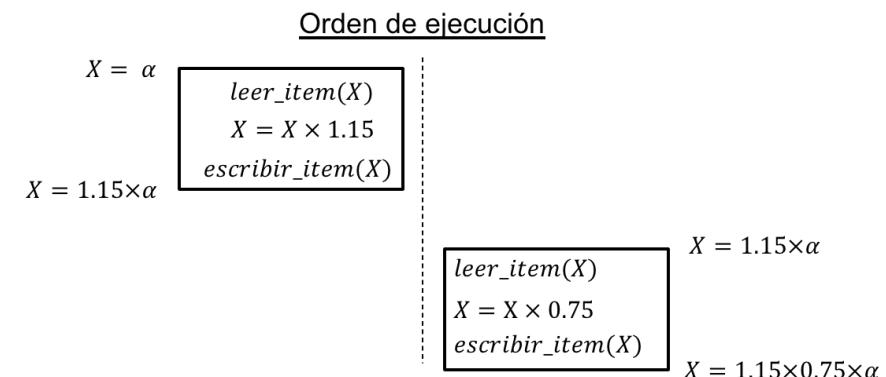
Se podrían agrupar varias instrucciones de lecturas y escrituras de forma que se ejecuten de forma atómica

Orden de ejecución



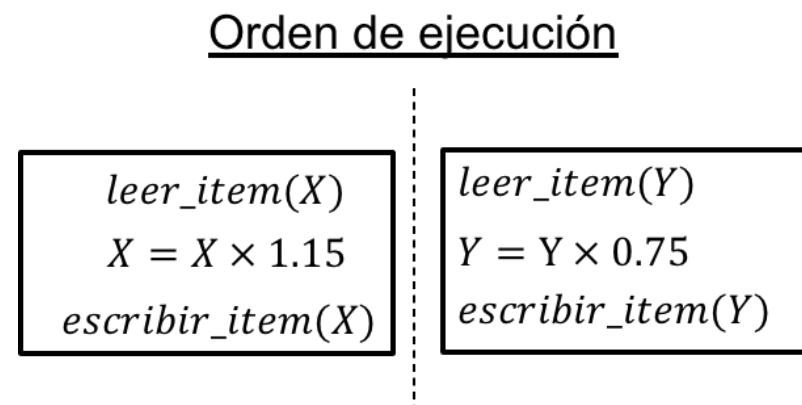
Cómo evitar los errores anteriores (II)

La ejecución de un conjunto de operaciones debe dejar la base de datos en un estado consistente



Cómo evitar los errores anteriores (III)

Las instrucciones agrupadas deberían ejecutarse de manera aislada, de forma que dos conjuntos de instrucciones que no dependan entre sí, se ejecutarían simultáneamente:



Cómo evitar los errores anteriores (y IV)

Los cambios realizados por las operaciones deben ser duraderos, de forma que no les afecten los fallos:



Propiedades deseables: ACID

Deben cumplirse en un SGBD para evitar los errores relacionados con el acceso concurrente a los datos

- **Atomicity**: Instrucciones se ejecutan de manera autónoma
- **Consistency**: Los cambios deben dejar la base de datos en un estado consistente
- **Isolation**: Las instrucciones se ejecutan de manera aislada, sin interdependencias
- **Durability**: Todo cambio debe ser durable en el tiempo y tolerante a fallos

¿Qué es una transacción?

- Es una agrupación de operaciones sobre una base de datos que se ejecutan de forma **atómica, aislada**, mantienen la **consistencia** de la base de datos y los cambios realizados son **duraderos**
- En otras palabras, cumple con las propiedades ACID descritas anteriormente
- El lenguaje SQL nos permite agrupar consultas como transacciones, además de ejecutarlas, confirmarlas y deshacerlas en caso de error

Estados de una transacción

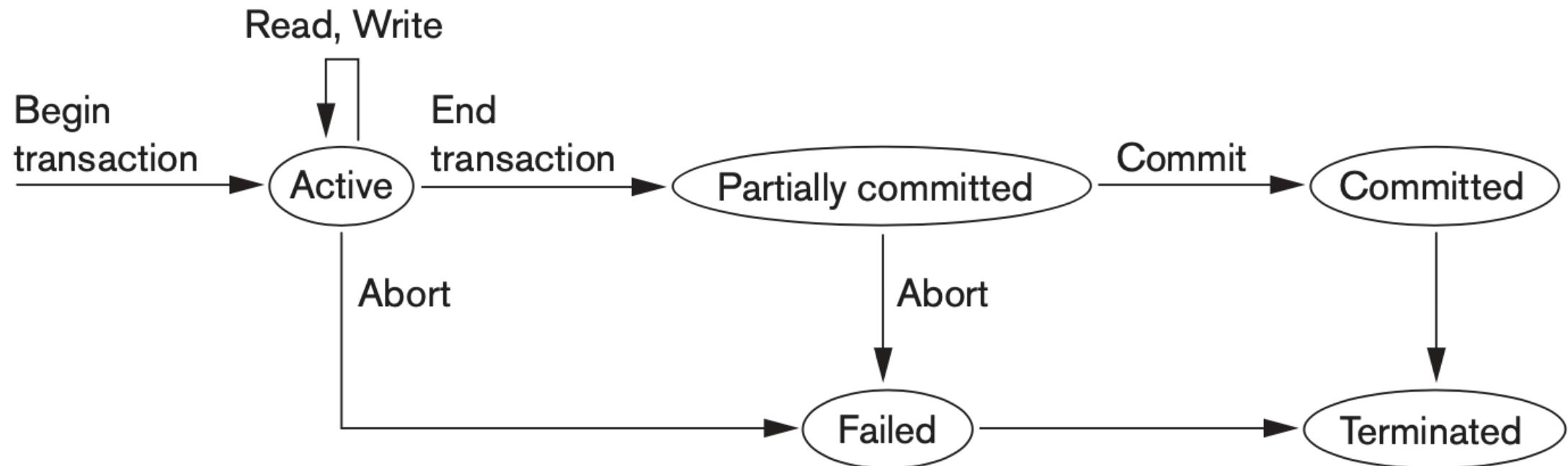


Imagen extraída de “*Fundamentals of Database Systems*”, Elmasri, Navathe.

SQL para transacciones (I)

Empezar una transacción:

```
START TRANSACTION [opción1, opción2, ...]  
-- Alternativa  
BEGIN [WORK]
```

Las opciones que se pueden establecer para la transacción:

```
WITH CONSISTENT SNAPSHOT -- Lecturas consistentes  
READ WRITE -- Transacción de lectura/escritura  
READ ONLY -- Prohibe operaciones de escritura
```

SQL para transacciones (y II)

Confirmar los cambios de una transacción

```
COMMIT [WORK] [AND [NO] CHAIN] [[NO] RELEASE]
```

- **CHAIN**: Abre una nueva transacción inmediatamente a continuación de que se complete ésta.
- **RELEASE**: Desconecta el cliente tan pronto se ejecuta la transacción.

Deshacer los cambios de una transacción:

```
ROLLBACK [WORK] [AND [NO] CHAIN] [[NO] RELEASE]
```

Ejemplos de transacciones

Lectura de un valor y, a continuación, escritura del valor leído:

```
START TRANSACTION;
SELECT @A:=SUM(salary) FROM table1 WHERE type=1;
UPDATE table2 SET summary=@A WHERE type=1;
COMMIT;
```

Transferencia de dinero entre cuentas bancarias:

```
START TRANSACTION;
UPDATE sb_accounts
SET balance = balance - 1000
WHERE account_no = 932656;
UPDATE ca_accounts
SET balance = balance + 1000
WHERE account_no = 933456 ;
COMMIT;
```

Confirmación automática

En MySQL, las transacciones se confirman de forma automática

- Esto es, cada consulta ejecutada se convierte en una transacción y se confirma automáticamente
- Se puede activar/desactivar este comportamiento con la siguiente consulta

```
SET autocommit = {0 | 1}
```

Control de la concurrencia

Los SGBD ejecutan transacciones de manera concurrente.

- Esto da lugar a los problemas asociados a la concurrencia.
- Una forma de solucionar dichos problemas es mediante el uso de bloqueos:
 - Bloqueos de lectura y escritura.
 - Bloqueo en dos fases.
 - Bloqueo optimista y pesimista.

Bloqueos para lectura y escritura

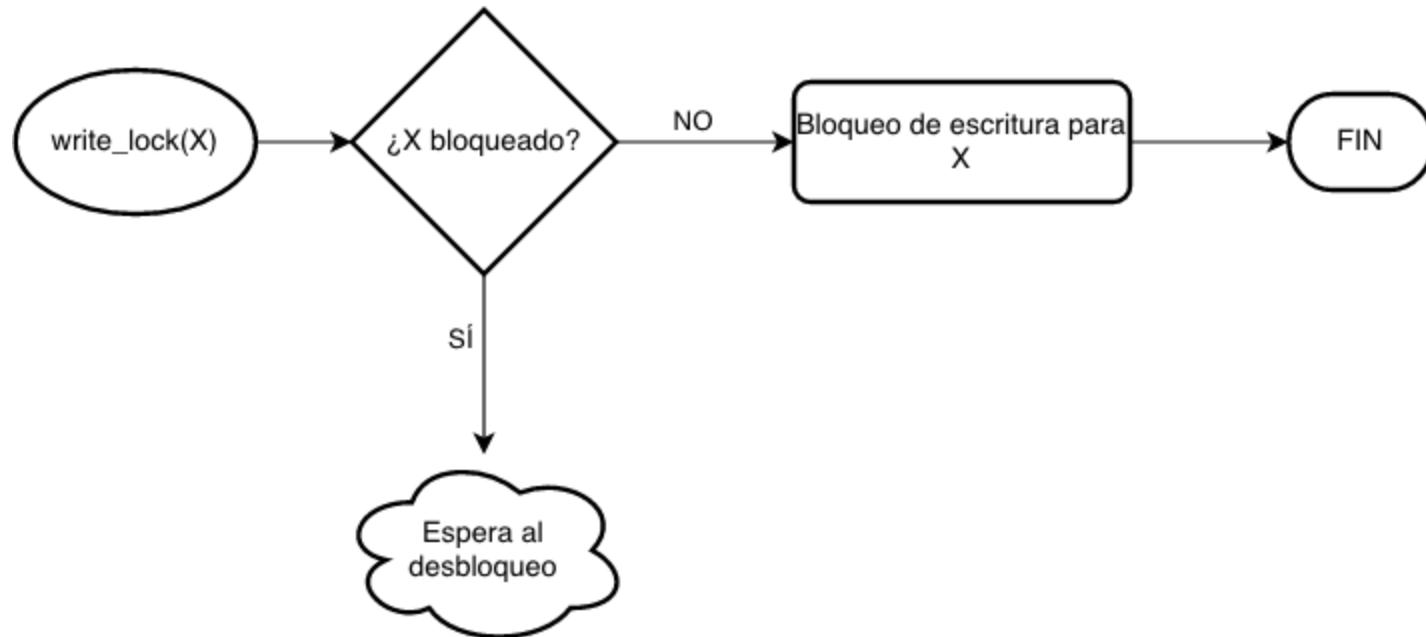
Se gestionan mediante tres operaciones

- **read_lock(X)**
 - Los bloqueos para lectura se pueden simultanear
- **write_lock(X)**
 - El bloqueo para escritura es restrictivo
- **unlock(X)**
 - El desbloqueo de un objeto depende del tipo de bloqueo que tiene

Bloqueo para lectura

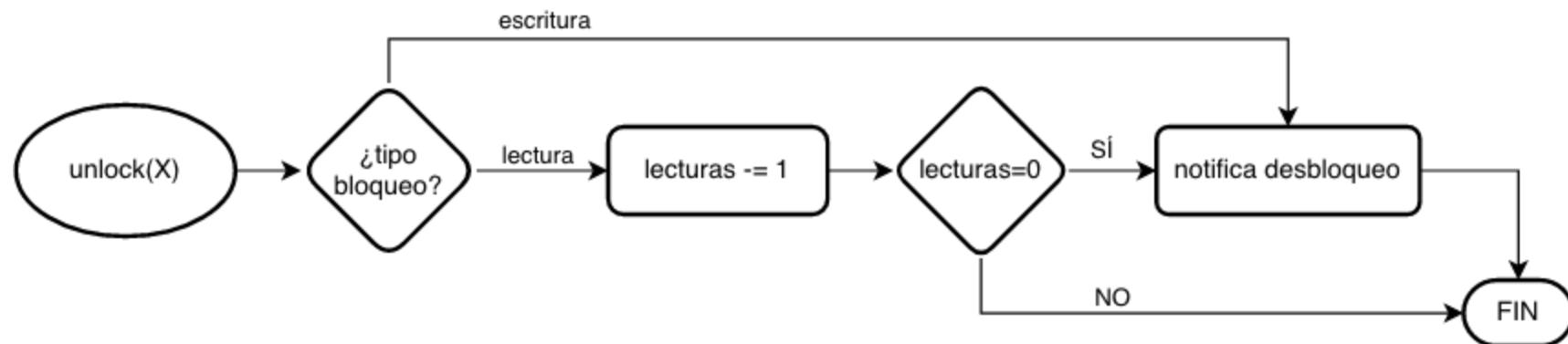


Bloqueo para escritura



- Si el objeto está desbloqueado, se bloquea el mismo para escritura
- Si el objeto está bloqueado, se espera a que quede libre antes de bloquearlo para escritura

Desbloqueo



- Si el bloqueo era por **lectura**, se decrementa en 1 el número de lecturas
- Si el número de lecturas **llega a 0**, se establece que el objeto queda desbloqueado y se notifica a los bloqueos que esperan
- Si el bloqueo era por **escritura**, se desbloquea el objeto y se notifica a los bloqueos que estaban esperando

Bloqueo en dos fases

Para garantizar la ejecución en serie de las transacciones se realiza un **bloqueo en dos fases**:

- *Fase de crecimiento*: se realizan todos los bloqueos de los objetos que se vayan a utilizar en la transacción
- *Fase de liberación*: se liberan aquellos bloqueos solicitados durante la fase anterior.

Bloqueo pesimista y optimista

Bloqueo pesimista:

- Transacciones completamente separadas
- Serializable (nivel de aislamiento)
- Problema: Interbloqueo (prevención por grafos)

Bloqueo optimista:

- Asume que no habrá errores
- Cuando se modifican los datos, se vuelven a leer y si hay modificaciones se produce un error
- El programa debe solucionarlo

Niveles de aislamiento

```
SET [{GLOBAL | SESSION}] TRANSACTION {ISOLATION LEVEL nivel | {READ WRITE | READ ONLY}}
```

Parámetros:

- GLOBAL | SESSION: Se aplica a todas las sesiones o a la actual, respectivamente

Niveles:

- REPEATABLE READ (**por defecto**): Dentro de una misma transacción las lecturas se realizan sobre el conjunto inicial de datos (no bloquea)
- READ COMMITTED: Cada lectura establece su propio conjunto de datos incluso dentro de la misma transacción (no bloquea)
- READ UNCOMMITTED: Permite *lecturas sucias*
- SERIALIZABLE: Bloqueo compartido solo para lectura con otras sesiones

Estas diapositivas están basadas en el siguiente material

- Pedro Pablo Alarcón (2012), *Lenguaje SQL. Aplicación de la Gestión de Información*, Departamento de OEI, Escuela Universitaria de Informática, Universidad Politécnica de Madrid
- Eugenio Santos (2006), *Integridad Referencial. Aplicación de la Gestión de Información*, Departamento de OEI, Escuela Universitaria de Informática, Universidad Politécnica de Madrid

Licencia

Esta obra está licenciada bajo una licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirlGual 4.0 Internacional.

Puede encontrar su código en el siguiente enlace:
<https://github.com/bbddetsisi/material-docente>