5.2 Capa de negocio: EJB 3.x y Entidades JPA

Tecnologías de JEE 5 / JEE 6 para dar soporte a los componentes que forman la **capa de lógica de aplicación**

1. **Soporte de persistencia:** mediante entidades JPA (*Java Persistence API*)
   - Objetos Java cuyo estado (valores de atributos) se almacena de forma permanente en BDs relacionales
   - Representan *objetos de dominio persistentes* manejados por la aplicación JEE
     - Encapsulan los datos manejados por la aplicación cuyo almacenamiento gestiona la capa de datos
   - JPA ofrece facilidades de *mapeo Objeto-Relacional* que ocultan el manejo de bases de datos SQL
   - No son excusivos de JEE ni de la capa de negocio $\Rightarrow$ puede usarse JPA en aplicaciones Java SE ("de escritorio")
2. **Implementación de la lógica de negocio:** mediante componentes EJB (*Enterprise JavaBeans*)
   - Componentes gestionados por el contenedor de EJB que implementan la lógica de la aplicación
     - Su creación y gestión (acceso concurrente, seguridad, transacciones, ...) es responsabilidad del contenedor EJB
     - Gestionan el tratamiento y flujo de datos en la parte del servidor
     - Ofrecen a sus clientes (capa de presentación web, aplicaciones JSE *stand-alone*, otros EJBs, servicios Web) una *interfaz de negocio* con las operaciones que estos pueden ejecutar para acceder y manejar esos datos
   - Pueden funcionar como objetos remotos accesibles mediante RMI/IIOP (RMI sobre Corba) o mediante Servicios Web (SOAP ó REST)
     - EJBs abstraen al programador de esos detalles de bajo nivel típicos de aplicaciones distribuidas

Objetivo de las especificicaciones JPA y EJB3: simplificar el desarrollo

- Uso de **POJOs** (*plain old java objects*): objetos Java simples (sin restricciones especiales)
- Uso de **anotaciones** para especificar metadatos y "configurar" los objetos de negocio manejados por la aplicación
- **Inyección de dependencias** para facilitar la creación de las instancias de objetos
  - Separa la definición de una clase de la instanciación de los objetos de los que depende
  - Contenedor gestiona ciclo de vida de los objetos: creación, "configuración", acceso, uso, invocación, destrucción,...
  - Programador se despreocupa de incluir código en sus componentes para añadir a referencias a otros objetos que puedan necesitar $\Rightarrow$ lo hará el contenedor en base a la información de las anotaciones
  - Elimina la necesidad de ficheros de configuración (descriptores de despliegue: *deployment descriptors*)

5.2.1 Enterprise JavaBeans, versión 3.x

Componentes del lado del servidor que encapsulan la lógica de la aplicación y que son gestionados por el contenedor de EJBs

- Cada Enterprise JavaBean encapsula parte de la lógica de negocio de la aplicación
- Paquete `javax.ejb.*`: interfaces, anotaciones, excepciones, ...

Ventajas que aportan

- Permiten la distribución de la lógica entre distintas máquinas manteniendo la transparencia
  - Uso de directorios JNDI para nombrar y acceder a los componentes y recursos
- Manejo de transacciones para controlar accesos concurrentes asegurando la integridad de los datos
  - Controladas por el contenedor de EJB
- Simplifican el desarrollo de aplicaciones que atiendan una gran variedad de clientes (clientes web o "de escritorio" (*stand-alone*), cliente locales o remotos, etc)
- Diseño orientado a componentes $\longrightarrow$ reusabilidad y abstracción
  - El desarrollador se concentra en la lógica de negocio y utiliza los servicios proporcionados por el contenedor

Servicios básicos a los que da soporte el contenedor EJB

- Persistencia mediante JPA (*Java Persistence API*)
- Invocación remota de métodos mediante RMI/IIOP
- Procesamiento de transacciones y control de la concurrencia
  - Cada invocación de un método de un EJB forma parte de una transacción
- Procesamiento de eventos/mesajes asíncronos (API *Java Message Service* [JMS])
- Servicios de directorio: JNDI (*Java Naming and Directory Interface*)
- Seguridad: autenticación, control de acceso y privilegios, criptografía (JAAS [*Java Authentication and Authorization Service*], JCA [*Java Cryptography Architecture*])
- Publicación de los métodos de negocio de los EJBs como servicios Web SOAP (JAX-WS) o REST (JAX-RS)

(a) Tipos de EJB

Message-Driven EJBs (EJBs dirigidos por mensajes)

- Permiten el procesamiento de mensajes (operaciones) de forma asíncrona (recepción y tratamiento de eventos JMS)
- Actúan como *listeners* (escuchadores) de eventos JMS (*Java Message Service*)
  - Implementan el interfaz `MessageListener`
- Se "suscriben" a una cola (*queue*) quedando a la espera y se activan cuando se recibe un mensaje dirigido a dicha cola
  - Esos mensajes JMS pueden ser enviados por cualquier componente de una aplicación Java EE (clientes, componentes Web, otros EJBs)
  - Los "clientes" de un *Message-Driven EJB* no invocan directamente sus métodos, simplemente envían mensajes JMS

Session EJBs (EJBs de sesión)

- Representan *procesos de negocio* (funcionalidades de la aplicación) $\Rightarrow$ implementan un *interfaz de negocio* (*bussines interface*)
- Gestionan la interacción con los "clientes" (objetos/procesos que hacen uso del componente) y encapsulan el flujo y manipulación de la información en el servidor
  - Proporcionan a los "clientes" una "fachada" de los servicios proporcionados por otros componentes disponibles en el servidor (patrón de diseño *Facade*)
- Ofrecen operaciones síncronas (petición-respuesta)
  - Procesos de negocio ejecutados en respuesta a una solicitud del cliente
- Contenedor de EJBs crea e inicializa sus instancias (inyectándoles las referencias necesarias) y las asigna a los "clientes" a medida que estos los van requiriendo (*pool* de EJBs)
- En un instante de tiempo dado, sólo un "cliente" tiene acceso a los métodos de la instancia del EJB (control de concurrencia)
  - Contenedor de EJBs garantiza que cada método del EJB se ejecuta dentro de una *transacción atómica*

(b) EJBs de sesión

Tipos de EJB de sesión: en función la interacción con el "cliente" (quien realiza las llamadas)

- **Stateful EJB:** tienen un *estado conversacional* dependiente del cliente
  - Cada llamada está condicionada por las anteriores (importa el orden)
  - Los valores de sus atributos se mantienen entre las distintas invocaciones de un mismo "cliente"
    - Representan el estado de la interacción con un cliente específico
  - Cada instancia de un *stateful* EJB "atiende" invocaciones de un único "cliente"
    - En función del *estado conversacional* el resultado de las operaciones realizadas podrá variar
  - Estado conversacional no es persistente (no se mantiene cuando el cliente "libera" el EJB)
    - Valores de atributos no premanentes: finalizada sesión el estado desaparece
    - Por eficiencia el contenedor de EJBs puede decidir detener temporalmente la ejecución un *stateful* EJB, almacenando temporalmente su estado en disco para recuperarlo al volver a la ejecución
  - Ejemplo: objeto *"carrito de la compra"* en el cual se van añadiendo productos
- **Stateless EJB:** no almacenan datos de los "clientes" que los invocan
  - Cada llamada es independiente de las demás
  - Para el "cliente" todos los *stateless* EJB son idénticos (e intercambiables)
    - Estado de un *stateless* EJB no contiene información específica de un cliente
      - ◇ no se garantiza que los valores de sus atributos se mantengan entre llamadas
    - *Stateless* EJBs realizan tareas genéricas e idénticas para todos los clientes
  - Pueden implementar Servicios Web (anotaciones `@WebService` y `@WebMethod`)
  - Ejemplo: objeto *"gestor de artículos"*: altas, bajas, modificaciones de artículos
- **Singleton EJB:** contenedor garantiza que existe una única instancia del objeto, compartida por todos los "clientes" del EJB (estado global compartido).
  - Por defecto el acceso concurrente lo gestiona el contenedor, pero puede controlarse por código mediante anotaciones `@Lock`
  - Uso típico: gestión de datos globales de la aplicación (cachés, etc)

Interfaces en EJB de sesión

- *Interfaz de negocio* de un EJB define el tipo de acceso permitido a sus clientes (Define la visión del EJB que tiene el cliente)
- Un EJB de de sesión puede tener varios interfaces de negocio con distintos tipos de acceso

  Clientes remotos: pueden ejecutarse en máquinas virtuales (JVM) distintas a la del EJB que invocan
  - Pueden ser: componentes web (servlet, JSP), clientes remotos u otros EJBs
  - Para el cliente remoto la localización del EJB es transparente (sólo necesita acceso al directorio JNDI)

  Clientes locales: deben ejecutarse en la misma máquina virtual (JVM) que el EJB que invocan
  - Pueden ser: componentes web (servlet, JSP) u otros EJBs
  - Para cliente local la localización del EJB no es transparente (debe estar en su misma JVM)

(c) Definición de EJBs de sesión

(1) Definición del interfaz de negocio

- Interfaces de negocio $\longrightarrow$ interfaces Java decorados con las anotaciones `@Remote` o `@Local` para indicar las restricciones de acceso
  - El interfaz y todos los métodos definidos deben de ser `public`
  - Mismas restriciones para tipos de parámetros y valores de retorno que Java RMI
- Si no se indica con una anotación en el interfaz o en el EJB se asume todos los interfaces son locales por defecto
- Ejemplos:

```
@Remote
public interface CarritoCompra {
  public void inicializarCarrito(Cliente c);
  public void anadirArticulo(Articulo a, int cant);
  public void eliminarArticulo(Articulo a);
  public void vaciarCarrito();
};
```

```
@Local
  public interface GestorClientes {
  public void alta(Cliente c);
  public void baja(Cliente c);
  public void actualizar(Cliente c;
  public cliente buscarDNI(String DNI);
};
```

- **Nota:** Llamadas remotas son mucho más costosas que locales
  - En general se tiende a pasar parámetros "grandes" $\Rightarrow$ reducir núm. de llamadas pasando mayor cantidad de información

(2) Implementación de EJBs de sesión

- Clases de implementación marcadas con las anotaciones `@Stateless`, `@Stateful` ó `@Singleton` según del tipo de *bean*
- Se indican los interfaces de negocio implementados (`implements`)

```
@Stateless
public class GestorClientesBean implements GestorClientes { ... }

@Stateful
public class CarritoCompraBean implements CarritoCompra { ... }
```

  - Opcionalmente se puede asociar un nombre JDNI al EJB para su acceso (parámetro `mappedName="...."` de ambas anotaciones)

    ```
    @Stateless(mappedName="gestor_clientes") ...
    @Stateful(mappedName="carrito_compra") ...
    ```

    Nota: si no se indica nada el contendor EJB asignará uno por defecto
  - Opcionalmente se puede omitir la palabra clave `implements` explicitando el nombre y el tipo de acceso de los interfaces de negocio soportados mediante anotaciones.

    ```
    @Stateless @Local(GestorClientes.class) ...
    @Stateful @Remote(CarritoCompra.class) ...
    ```
  - En EJB 3.1 (incluido *EJB lite*), no se requiere definir interfaz para EJBs con acceso local, basta marcar la clase con la anotación `@LocalBean` (se generará "al vuelo" un *interface* con los métodos públicos del EJB).

- Se pueden marcar métodos con anotaciones especiales para indicar que sean invocados por el contenedor EJBs en momentos concretos del ciclo de vida del *bean*
  - `@PostConstruct`: una vez que el contenedor instancia el EJB y le inyecta dependencias (antes de recibir su primera invocación)
  - `@PreDestroy`: justo antes de eliminar definitivamente el EJB
  - `@PrePassitivate`: (sólo *stateful*) justo antes almacenar el estado en disco temporalmente
  - `@PostPassitivate` (sólo *stateful*) justo de recuperar el estado almacenado en disco temporalmente
- Método anotado con `@Remove` puede ser invocado por clientes para provocar eliminación de una instancia del EJB del contenedor

(3) Empaquetado y despliegue

- **Empaquetado de EJBs:** Creación de fichero JAR conteniendo:
  - *Bytecode* (ficheros **.class**) de { clases de implememementación de EJBs; interfaces de negocio; otras clases auxiliares necesarias }
    - Ficheros **.class** estructurados en paquetes (subdirectorios) según corresponda
  - Directorio `META-INF` conteniendo los ficheros de configuración exigidos por el contenedor o/y otros que pudieran ser necesarios
    - descriptor de despliegue [`ejb-jar.xml`]
    - descriptor de persistencia JPA [`persistence.xml`]
    - `MANIFEST.MF`
    - otros: descriptor de despliegue específico del contenedor (`glassfish-ejb-jar.xml`) ...
  - Librerías adicionales (ficheros JAR)
- **Despliegue de EJBs:** El fichero JAR resultante se puede desplegar directamente en el contenedor JEE o incluirlo como un módudo EJB de una Aplicación JEE (paquetes *EAR*)
  - Al ser deplegado un EJB en un contenedor se le asocia un nombre según lo indicado en sus anotaciones o en su descriptor de despliegue
  - Ese nombre se registra en el servidor de nombres del contendor EJB, accesible por JNDI.
  - Una vez desplegado los clientes pueden acceder al EJB usando ese nombre e invocar sus métodos

(c) Acceso e invocación de EJBs de sesión

- Para utilizar métodos de un EJB desplegado es necesario que el cliente cuente con una referencia a un representante (*proxy* o *stub*) del mismo
  - *proxy* gestiona las invocaciones, bien locales o bien sobre RMI/IIOP
- **Opción 1:** Inyección de dependencias por parte del contenedor JEE
  - Uso de la anotación `@EJB` acompañando al atributo donde se mantendrá la referencia al EJB
    - El tipo del atributo/referencia será el nombre del interfaz de negocio que se desea invocar
    - El contenedor usará el nombre por defecto del EJB (o el que se especifique en el parámetro `@EBJ(mappedName="...")`) para consultar al servidor de nombres JNDI, inyectando en ese atributo la referencia encontrada
  - Inyección de referencias con `@EJB` sólo es posible dentro de un entorno de ejecución JEE
    - *Contenedor de* servlets*:* es posible inyectar EJBs para invocarlos desde servlets, páginas JSP, Java beans o `@ManagedBeans` de JSF
    - *Contenedor de EJBs:* posible inyectar EJBs para invocarlos desde otros EJBs
    - *Contenedor de clientes JEE:* clientes Java *stand-alone* ejecutándose en el contexto de un contenedor de clientes JEE pueden obtener e invocar EJBs
      - Es necesario disponer de las API de JEE 6 para inyectar estas dependencias
      - Ejemplo: `appclient` en *GlassFish*
      - **Importante:** Los contenedores de clientes JEE sólo pueden inyectar EJBs sobre atributos de tipo `static` de la clase principal donde se incluya el método `main()`
  - Ejemplo:

```
public class ClaseLlamadora {
    @EJB  // puede especificarse un nombre de EJB con mappedName (opcional)
    private CarritoCompra carrito;

    ...
    public void metodoLlamador(String args[]) {
       ...
       carrito.inicializar(...);
       carrito.anadir(...);
       ...
    }
}
```

- **Opción 2:** Consulta JDNI empleando el nombre asignado al EJB
  - Siempre es posible consultar el servicio JNDI presente en todos los servidores aplicaciones JEE
    - Se usa el API de JNDI → paquete `javax.naming.*`
    - Interfaz *InitialContext*, métodos *lookup(...)*
  - Se obtiene una referencia a un EJB a partir del nombre asignado (en la anotación, en el descriptor de despliegue o del nombre por defecto asignado por el contenedor)
    - Este era el modo en que se hacía en las versiones de EJB 2.x y anteriores
    - Antes de JEE 6: el nombre por defecto con el que se registraban los EJBs no estaba estandarizado
      - ◇ cada servidor de aplicaciones organizaba el directorio de nombres JNDI de forma distinta
    - JEE 6 especifica formato estandar para nombres por defecto de los EJBs

`java:global[/<app-name>]/<module-name>/<bean-name>[!<fully-qualified-interface-name>]`

  - Consultas JNDI desde clientes *stand-alone*
    - Es necesario configurar las *properties* de la máquina virtual cliente para indicar la dirección y el puerto de escucha del servicio JNDI del contenedor donde está desplegado el EJB (dependiente de cada contenedor)
      Nota: con GlassFish las propiedades a especificar son:
      - ◇ org.omg.CORBA.ORBInitialHost → IP/nombre servidor aplicaciones JEE
      - ◇ org.omg.CORBA.ORBInitialPort → 3700

      Pueden indicarse como parámetros de la JVM al arrancar (`-Dparametro=valor`) o con *System.setProperty("parametro", valor);*
    - Con esa información será posible obtener un *InitialContex* donde buscar [*lookup()*] el nombre del EJB deseado
  - Ejemplo:

```
import javax.naming.InitialContext;

public class EjemploCliente {
    public static void main(String args[]) {
       ...
       InitialContext ic = new InitialContext();
       CarritoCompra carrito =
                     (CarritoCompra) ic.lookup("java:global/EjemploTiendaWeb/"+
                                               "EjemploTiendaWeb-ejb/CarritoCompraBean");
       carrito.inicializar(...);
       carrito.anadir(...);
       ...
}
```

Transacciones en EJBs

Contenedor de EJBs ofrece por defecto gestión de transacciones sobre métodos de EJBs (*container-managed transactions [CMT]*)

- EJB puede gestionar desde código sus propias transacciones (*bean managed transactions [BMT]*)

En la gestión de transacciones CMT se garantizan las propiedades ACID:

- **Atomicidad** (*Atomicity*): una transacción está compuesta de 1 o más *unidades de trabajo*
  - o se ejecutan TODAS ellas [*commit*]
  - o no se ejecuta NINGUNA [*rollback*], si ocurre algún error (*exception*) inesperado no recuperable
- **Consistencia** (*Consistence*): al finalizar la transacción (éxito [*commit*] ó fracaso [*rollback*]) los datos se dejan en un estado consistente
- **aIslamiento** (*Isolation*): el estado intermedio de la transacción no es visible a los demás componentes de la aplicación (u a otras aplicaciones)
- **Durabilidad** (*Durability*): una vez la transacción se completa con éxtio [*commit*] los cambios realizados sobre los datos son visibles al resto de aplicaciones

Por defecto todos los métodos de los EJBs se ejecutarán dentro de una transacción (no es necesaria configuración explícita)

Pueden especificarse características específicas en la gestión de transacciones a nivel de EJB o de método [anotación `@TransactionAttribute(TransactionAttributeType.XXX)`]

- `TransactionAttributeType.REQUIRED` (valor por defecto)
  - Si el "cliente" del EJB ya ha iniciado una transacción, el método del EJB se ejecuta formando parte de ella.
  - En otro caso, se inicia una transacción nueva para el método del EJB.

  (el método del EJB se ejecuta siempre dentro de una transacción, propia o heredada)
- `TransactionAttributeType.REQUIRES_NEW`
  - Se inicia siempre una nueva transacción para el EJB.
  - Si el "cliente" ya había iniciado una transacción, esta se suspende y se reanuda cuando termine el método del EJB.

  (el método del EJB se ejecuta siempre dentro de una transacción propia)

- `TransactionAttributeType.SUPPORTS`
  - Si el "cliente" ha iniciado una transacción, el método del EJB se ejecuta dentro de ella.
  - En otro caso, se ejecuta el método del EJB sin iniciar una transacción nueva.

  (se mantiene el estado transaccional del "cliente")
- `TransactionAttributeType.MANDATORY`:
  - Si el "cliente" no ha iniciado una transacción, se lanza una excepción y se aborta la ejecución del método del EJB.
  - En otro caso, se utiliza la transacción iniciada por el "cliente".

  (el método del EJB se ejecuta siempre dentro de una transacción proporcionada por el "cliente")
- `TransactionAttributeType.NOT_SUPPORTED`
  - Si el "cliente" ha iniciado una transacción, esta se suspende, se ejecuta el método del EJB sin iniciar una transacción nueva y se reanuda la transacción del cliente.

  (el método del EJB se ejecuta fuera de cualquier transacción)
- `TransactionAttributeType.NEVER`:
  - Si el "cliente" ha iniciado una transacción, se lanza una excepción y esta se suspende y no se ejecuta el método.

  (sólo se ejecuta el método del EJB si no está dentro de una transacción)

5.2.2 Persistencia: Entidades JPA

JPA (*Java Persistence API*) especifica un marco para definir e implementar mapeos Objeto-Relacional

- Mapeo Objeto-Relacional (*Object/Relational Mapping - ORM*): permite manejar datos en BD relacionales mediante objetos
  - Simplifica el desarrollo de aplicaciones basadas en BD relacionales (todo son objetos)
  - Ofrece persistencia de obetos de forma transparente
  - Automatiza y unifica las tareas de mantenimiento de datos relacionales
  - Evita que el código sea dependiente de caracterísitcas específicas de un gestor de BD concreto
- JPA unifica la forma en que funcionan las distintas soluciones que proveen el mapeo ORM
  - JPA define la forma en que se describe ese mapeo ORM
  - JPA define el interfaz con el proveedor de persistencia que será quien realmente realice la transformación e interactúe con el gestor de la BD
- Elementos definidos por JPA:
  - Especificación del mapeo O/R mediante anotaciones o ficheros XML
    - Juego de anotaciones para especificar el mapeo entre tablas y *entidades JPA* (objetos Java persistentes)
    - Tabla $\longrightarrow$ clase de *entidades JPA* (*entities*)
    - Tupla $\longrightarrow$ instancia de una entidad JPA
    - Columna $\longrightarrow$ atributo de una instancia
  - Especificación el interfaz *EntityManager* con las operaciones de persistencia sobre las entidades JPA
    - Define el ciclo de vida de las entidades
    - Gestiona los detalles de la interacción con el motor de BD (localización, usuarios, adaptadores JDBC, ...)
  - Especificación del lenguaje de consulta JPQL (*Java Persistence Query Language*)
    - Similar a SQL: maneja entidades en lugar de tablas
- Reemplaza los *EntityBeans*: mapeo O/R de EJB 2.x
- JPA no es exclusivo de Java EE, puede usarse an aplicaciones Java independientes

(a) Especificiación de Entidades JPA

Cada tabla de la BD estará representada en Java por una *Entidad*

- Una entidad es una clase Java marcada con la anotación `@Entity`
  - Cada instancia de esa clase Entidad mapeará una tupla de esa tabla
  - Entidades deben ser JavaBeans { 1 constructor vacío; accesos con *get()* y *set()*
  - Todos los atributos de la Entidad, salvo los marcados `@Transient`, son persistentes y se corresponderán con columnas de la tabla mapeada
  - Cada instancia de una Entidad es única y debe estar identificada por uno o más de sus atributos
  - Atributos persistentes permitidos:
    - No se permiten atributos estáticos o de tipo *final*
    - Tipos primitivos: *int*, *float*, etc
    - Objetos para tipos primitivos: *java.lang.Integer*, *java.lang.Float*, etc
    - *java.lang.String*, *java.math.BigInteger*, *java.math.BigDecimal*
    - java.util.Date, java.util.Calendar, java.sql.Date, java.sql.Timestamp
    - Otras entidades (relaciones entre entidades)
    - Clases embebibles: marcadas con `@Embebedable`
    - Colección y conjuntos de entidades: *java.util.Collections*, *java.util.Sets*
- Anotación `@Table`: especifica la tabla relacionada con la entidad (si no coinciden sus nombres)
  - `name`: nombre de la tabla (por defecto coincide con el de la entidad)
  - `catalog`: nombre del catálogo
  - `schema`: nombre del esquema
  - `uniqueConstraints`: restricciones de unicidad
- Anotaciones para el **mapeo de atributos**

  Pueden asociarse { a la declaración del atributo en la Entidad; al método *get()* de ese atributo
  - `@Column`: especifica una columna de la tabla a mapear sobre un atributo de la entidad
    - Es opcional: si no se especifica lo contrario se asume que todos los atributos de la entidad mapean una columna de la BD con su mismo nombre y tipo
      - ◇ *name* (nombre de la columna)
      - ◇ *unique* (atributo con valor único)
      - ◇ *nullable* (permite nulos)
      - ◇ *insertable*, *updatable*
      - ◇ *length*, *precision*, *scale*, ...
  - `@Transient`: especifica un atributo no persistente (no se mapeará a la BD)
  - `@Id`: especifica que se trata de un atributo identificador
    - JPA exige que toda *Entity* tenga un atributo identificador

- `@GeneratedValue`: asociado a atributos clave primaria, indica como se debe generar
  - *strategy* estrategia para la generación de clave;
    - *GenerationType.AUTO* (valor por defecto, contenedor decide la estrategia en función de la BD)
    - *GenerationType.IDENTITY* (utiliza un contador autoincremental gestionado por la BD)
    - *GenerationType.SEQUENCE* (utiliza una secuencia)
    - *GenerationType.TABLE* (utiliza una tabla de identificadores)
  - *generator*: forma en la que se genera la clave

  `@SequenceGenerator` (opc.) especifica el generador de claves primarias
  `@TableGenerator` (opc.) especifica una tabla de claves primarias
- `@EmbeddedId`: indica una clave primaria con múltiples campos, almacenados en una clase *Embebida* (marcada con anotación `@Embebedable`)
- `@IdClass`: especifica una clave primaria compuesta, mapeada a varios atributos de la entidad.
- `@Temporal`: especifica el mapeo de campos de BD que almacenan fechas
- `@Lob`: especifica el mapeo de campos de BD que almacenan datos binarios (BLOG)
- `@Basic`: permite especificar detalles adicionales del mapeo de tipos básicos
- `@JoinColumn`: especifica un atributo que actúa como *clave foránea* de otra entidad
  - *name* nombre de la columna que actúa como *clave foránea* en la tabla
  - *referenced* nombre de la columna referencia en la tabla relacionada (opc)
  - *table* nombre de la tabla relacionada que contiene la columna (opc)
  - *unique*, *nullable*, *insertable*, *updatable*, ... (opc)

  `@JoinColumns` permite agrupar agrupar varias `@JoinColumn`

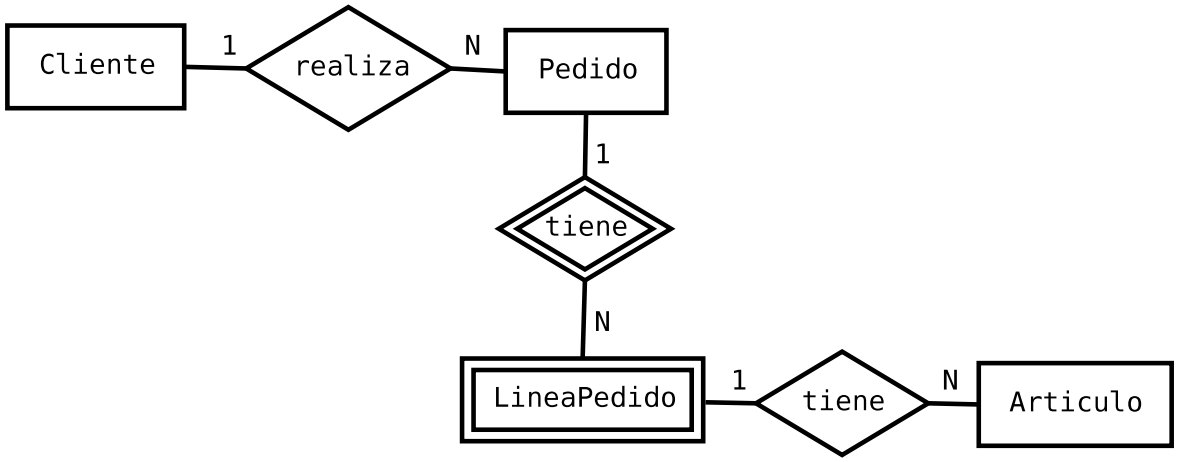
- Especificación de **relaciones entre Entidades** (interpretadas desde el punto de vista de la Entidad definida)
  Parámetros comunes:
  - *cascade*: indica las operaciones (ALL, PERSIST, MERGE, REMOVE, REFRESH) que se aplicarán en cascada sobre las Entidades relacionadas
  - *fetch*: forma en que se cargan los datos
    - *FetchType.LAZY* carga las entidades relacionas cuando se accede al atributo (carga perezosa) [por defecto en `@OneToMany`]
    - *FetchType.EAGER* carga completa de todas las entidades relacionadas [por defecto en `@OneToOne`, `@ManyToOne`]
  - *optional* relación opcional
  - *mappedBy* campo de la Entidad relacionada que posee la relación (únicamente se especifica en uno de los lados de la relación [el que no tiene clave foránea])

Tipos de relaciones:

- `@OneToOne` (relación 1:1) indica un atributo que está asociado con una tupla de otra Entidad
  - Puede requerir una anotación `@JoinColumn` (marca el atributo como clave foránea)
  - Puede requerir especificar el parámetro *mappedBy*
- `@OneToMany` (relación 1:N) indica un atributo que está asociado con varias tuplas de otra Entidad (lado N)
  - Aplicada sobre atributos de tipo `Set<Entidad>` o `Collection<Entidad>`
  - Puede requerir especificar el parámetro *mappedBy* (clave foránea en el extremo N)
- `@ManyToOne` (relación N:1) indica un atributo (lado N) asociado con una tupla de otra Entidad (lado 1)
  - Puede requerir una anotación `@JoinColumn` para marcar el atributo como clave foránea
- `@ManyToMany` (relación N:M) indica un atributo que tiene una relación N:M con tuplas de otra Entidad
  - Aplicada sobre atributos de tipo *Set¡Entidad¿* o *Collection¡Entidad¿*
  - Requiere especificar la tabla que implementa la relación con sus claves foráneas con la anotación `@JoinTable`
- `@JoinTable` mapeo de una relación *ManyToMany* o una *OneToMany* que haga uso de una tabla
  - *name*: nombre de la tabla join que soporta la relación
  - *catalog*, *schema*
  - *joinColumns*: columnas con las claves foráneas de la primera tabla de la relación
  - *inverseJoinColumns*: columnas con las claves foráneas de la segunda tabla de la relación
  - *uniqueConstraints*
- `@MapKey` especifica mapeo sobre colecciones de tipo *java.util.Map* (tablas Hash)
- `@OrderBy` especifica el orden de las colecciones mapeadas

Otras especificiones de mapeos

- Mapeo de herencia entre tablas/Entidades
  - `@Inheritance` define el tipo de herencia
    - *strategy*: SINGLE_TABLE, JOINED, TABLED_PER_CLASS
  - `@DiscriminatorColumn`
  - `@DiscriminatorValue`
  - `@MappedSuperclass`



Ejemplos Mapeo O/R

```
@Entity @Table(name = "ARTICULO")
public class Articulo implements Serializable {
   @Id  @GeneratedValue(strategy=GenerationType.AUTO)
   @Column(name = "NUM_ARTICULO") private Integer numArticulo;
   @Column(name = "DESCRIPCION")  private String descripcion;
   @Column(name = "PRECIO")       private float precio;
...
}

@Entity @Table(name = "PEDIDO")
public class Pedido implements Serializable {
   @Id  @GeneratedValue(strategy=GenerationType.AUTO)
   @Column(name = "NUM_PEDIDO")
   private Integer numPedido;
   @Column(name = "FECHA") @Temporal(TemporalType.DATE)
   private Date fecha;
   @JoinColumn(name = "NUM_CLIENTE", referencedColumnName = "NUM_CLIENTE")
   @ManyToOne
   private Cliente cliente;
   @OneToMany(mappedBy="pedido", cascade=CascadeType.ALL, fetch=FetchType.EAGER)
   private Collection<LineaPedido> lineasPedido;
...
}

@Entity   @Table(name = "CLIENTE")
public class Cliente implements Serializable {
   @Id @GeneratedValue(strategy=GenerationType.AUTO)
   @Column(name = "NUM_CLIENTE") private Integer numCliente;
   @Column(name = "NOMBRE")      private String nombre;
   @Column(name = "NIF")         private String nif;
   @Column(name = "DIRECCION")   private String direccion;
   @OneToMany(cascade = CascadeType.ALL,  mappedBy = "cliente")
   private Collection<Pedido> pedidos;
...
}

@Entity  @Table(name = "LINEA_PEDIDO")
public class LineaPedido implements Serializable {
   @Id @GeneratedValue(strategy=GenerationType.AUTO)
   @Column(name = "NUM_LINEA")   private Integer numLinea;
   @Column(name = "CANTIDAD")    private float cantidad;
   @Column(name = "PRECIO")   private float precio;
   @JoinColumn(name = "NUM_ARTICULO", referencedColumnName = "NUM_ARTICULO")
   @ManyToOne
   private Articulo articulo;
   @JoinColumn(name = "NUM_PEDIDO", referencedColumnName = "NUM_PEDIDO")
   @ManyToOne
   private Pedido pedido;
...
}
```

(b) Interfaz *EntityManager* (EM)

EntityManager (EM) ofrece los métodos con los que se interactúa con el entorno de persistencia

- Control de transacciones
- Gestión del ciclo de vida de las Entidades
- Creación de consultas (*Query*)
- Otros: gestión de cachés, gestión identidad de las Entidades

Cada *EntityManager* estará asociado con una *Persistence Unit*

- Definen los contextos de persistencia de la aplicación
- Especifican proveedor de persistencia a emplear (*eclipselink*, *hibernate*, etc) y *DataSource* (gestionado por servidor de aplicaciones) con info. de BD a utilizar
- Descritos en el fichero `persistence.xml`
  - Ubicado en directorios { `META-INF/` en paquetes JAR de módulos EJBs; `WEB-INF/classes/META-INF` en paquetes WAR de módulos Web

```
<persistence>
   <persistence-unit name="EjemploPedidosPU" transaction-type="JTA">
      <provider>org.eclipse.persistence.jpa.PersistenceProvider</provider>
      <jta-data-source>jdbc/EjemploPedidos</jta-data-source>
      <properties>
           <property name="eclipselink.ddl-generation" value="create-tables"/>
      </properties>
   </persistence-unit>
</persistence>
```

  - Elementos
    - `persistence-unit name`: nombre del contexto de persistencia
    - `jta-data-source`, `non-jta-data-source`: nombre JNDI del *DataSource*
      - ◇ El *DataSource* de la correspondiente BD deberá haber sido definido previamente

En GlassFish: fichero `glassfish-resouces.xml` (define recurso JNDI + pool de conexiones)

```
<resources>
  <jdbc-resource enabled="true" jndi-name="jdbc/EjemploPedidos"
                                object-type="user" pool-name="mysqlPool"/>
  <jdbc-connection-pool ... name="mysqlPool" ... res-type="javax.sql.DataSource" ... >
     <property name="serverName" value="localhost"/>
     <property name="portNumber" value="3306"/>
     <property name="databaseName" value="scs_pedidos"/>
     <property name="User" value="scs"/>
     <property name="Password" value="scs"/>
     <property name="driverClass" value="com.mysql.jdbc.Driver"/>
  </jdbc-connection-pool>
</resources>
```

    - `provider`: implementación del proveedor de persistencia
    - `properties`: configuración específica del proveedor de persistencia JPA

Obtención de referencias al EM

- Inyección de referencia al *EntityManager* mediante la anotación `@PersistenceContext`

```
@PersistenceContext
EntityManager em;
```

  Se debe indicar el nombre de la *PersistenceUnit* a utilizar si hay más de una definida
- Mediante la factoría *EntityManagerFactory* indicando el nombre del contexto de persistencia configurado en `persistence.xml`

```
EntityManagerFactory emf =
        Persistence.createEntityManagerFactory("EjemploPedidosPU");
EntityManager em = emf.createEntityManager();
```

  Se puede inyectar un *EntityManagerFactory*

```
@PersistenceUnit
EntityManagerFactory emf;
```

Métodos del interfaz EM

Todas las operaciones del EM deben realizarse dentro de una transacción

- En EJBs o componentes Web (servlets, JSPs) las transacciones son gestionadas por el Servidor de Aplicaciones
- Desde el propio EM se puede acceder al gestor de trasacciones para iniciar y finalizar transacciones (*getTransaction().begin()* y *getTransaction().commit()*)
  - Método empleado en aplicaciones de escritorio JSE

Ciclo de vida de las Entidades

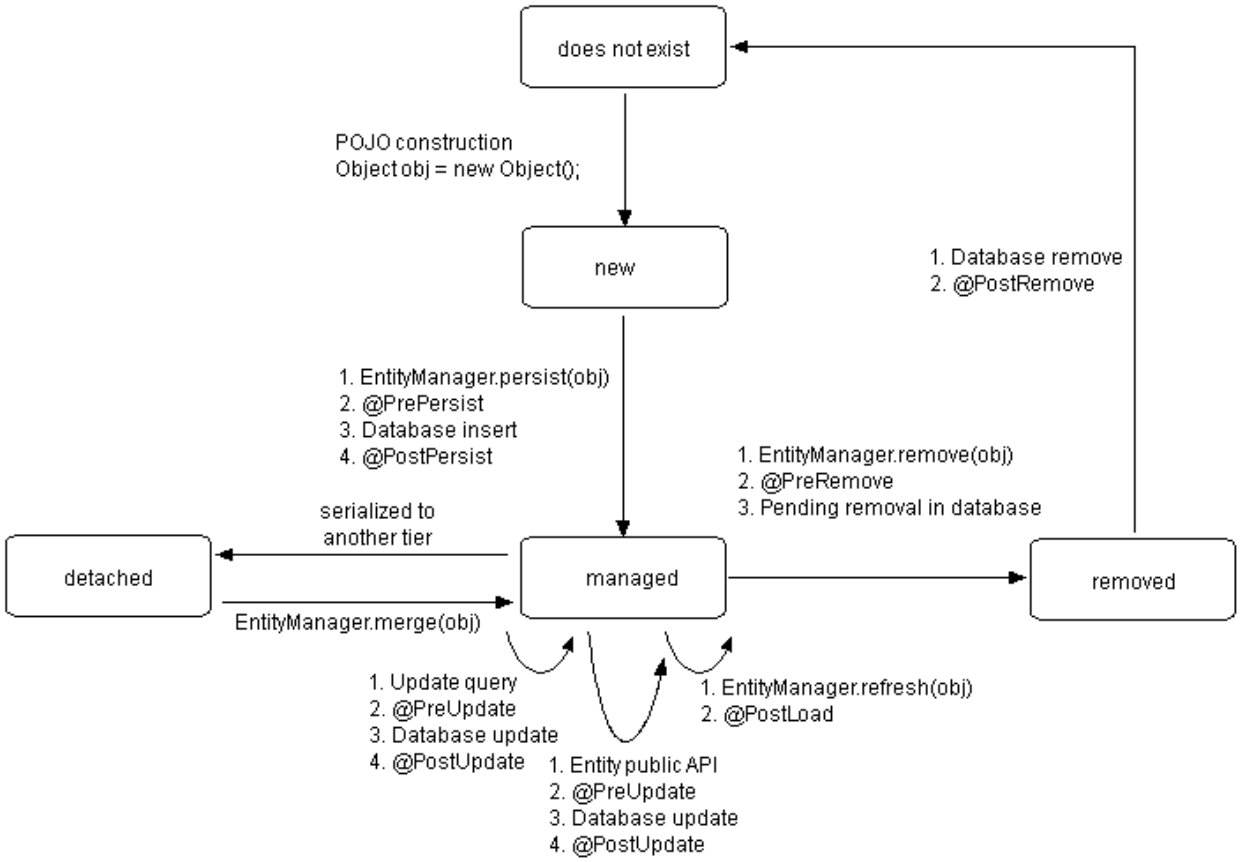
Las modificaciones sobre *instancias gestionadas* por el EM realizadas dentro de una transacción se reflejarán automáticamente en la BD

- Instancias gestionadas por el EM pertenecen a su *contexto de persistencia*
- Escritura efectiva en BD cuando se complete satisfactoriamente la transacción

Estados del ciclo de vida de las Entidades:

- *new*: instancia de una Entidad recien creada
  - Sólo reside en memoria, el EM no tiene constancia de su existencia
- *managed*: instancia de una Entidad gestionada por el EM
  - Forma parte del contexto de persistencia menejado por el EM
  - Los cambios que se produzcan sobre ella se harán persistentes en la BD (al finalizar la transacción actual o al llamar a *flush()*)

- *detached*: instancia de una Entidad desligada del contexto de persistencia
  - Está fuera del contexto de persistencia
  - Suelen ser instancias de Entidades pasadas como parámetro serializado entre distintas capas de la aplicación (llamadas remotas)
  - Es necesario llamar a *merge()* para tener conocimiento de sus modificaciones
- *removed*: instancia *managed* sobre la que se ha llamado al método *remove()*



Gestión del ciclo de vida de las Entidades (métodos del EM)

`T find(Class<T>e, Object id)` : busca una instancia de una Entidad usando su clave primaria

- Devuelve una instancia con todos sus atributos rellenados (excepto los que soporten relaciones marcadas con *FetchType.LAZY*)

`persist(Object e)` : almacena una nueva instancia de una entidad en la base de datos

- Pasa a formar parte del conjunto de instancias gestionadas por el EM

```
Articulo a = new Articulo();
a.setDescripcion("CPU AMD");
a.setPrecio(120);

em.persist(a);
...
```

`T merge(T e)` : actualiza las modificaciones sobre instancia de una entidad, devolviendo una nueva instancia de esa entidad (instancia gestionada por el EM)

- Permite incorporar modificaciones realizadas sobre instancias que salieron del contexto de persistencia del EM
- Típicamente serán modificaciones realizadas sobre copias serializadas pasadas en invocaciones remotas a otros contextos

```
  SERVIDOR

Articulo buscar(int id) {
 ...
 Articulo a = em.find(Articulo.class, id);
 return(a);

}

void modificar(Articulo a) {
 ...
 em.merge(a);
 ...
}
```

```
CLIENTE

...
Articulo a = servidor.buscar(105);
a.setPrecio(150);
a.setDescripcion(a.getDescription() +
                 "(en oferta)");
servidor.modificar(a);
...
```

`remove(Object e)` : elimina una instancia de una entidad

```
Cliente c = em.find(Cliente.class, 104);
em.remove(c);
```

`refresh(Object e)` : actualiza los valores de una instancia con su contenido de la BD

- Refresca todos los atributos con carga de tipo *FetchType.EAGER*
- Desecha los valores de campos con carga de tipo *FetchType.LAZY*

`flush()` : sincroniza las instancias gestionadas por el EM actualizando la BD

(c) Lenguaje de Consulta JPQL

JPQL: *Java Persistence Query Language*

- Ofrece una sintaxis similar a la de SQL para realizar consultas sobre entidades JPA
- Clausula FROM maneja nombres de Entidades (no tablas)
  - Hace uso de las relaciones mapeadas 1:N o N:M para definir los JOINs entre tablas relacionadas
  - Sintaxis: IN ó JOIN
  - No necesario con relaciones 1:1 o N:1
- Nombres de campos usan notación Java: *Entidad.atributo*
  - Los elementos manejados en WHERE o devueltos por SELECT son siempre objetos
- Se permiten consultas de tipo SELECT, UPDATE y DELETE

Consultas (objetos de tipo *Query*) son creadas por el EM

`Query createQuery(String q)` : crea una consulta JPQL

`Query createNamedQuery(String q)` : crea una consulta nombrada, vinculada a una Entidad y definida con la anotación `@NamedQuery`

`Query createNativeQuery(String q)` : crea una consulta SQL

Ejecución de consultas

`Object getSingleResult()` : devuelve un objeto con el resultado único de la consulta
- Devuelve un array (*Object[]*) cuando SELECT especifica varios valores

`List getResultList()` : devuelve una colección *List* con los resultados de la consulta
- Se puede especificar el rango de valores a devolver (útil para paginar resultados)
- `Query setFirstResult(int)`: inicio del rango
- `Query setMaxResults(int)`: tamaño del rango

`int executeUpdate()` : ejecución de Querys de tipo UPDATE o DELETE

Consultas parametrizadas

- Notación: { `:nombre` (paramétros con nombre); `?3` (parámetros posicionales) }
- Métodos de la clase *Query*

  `Query setParameter(String s, Object o)` : asocia valor a un parámetro nombrado

  `Query setParameter(int pos, Object o)` : asocia valor a un parámetro posicional

Ejemplos:

- Lista de articulos cuya descripción empiece por CPU, "paginados" de 10 en 10

```
Query q1 = em.createQuery("SELECT a FROM Articulo a "+
                          "WHERE a.descripcion LIKE \"CPU%\" ");

List<Articulo> lista;
int i = 0;
do {
  q1.setFirstResult(i);
  q1.setMaxResult(10);
  lista = q1.getResultList();
  i = i + 10;
  ...
} while (lista !=null);
```

- Lista de pares (Pedido, importe total pedido) entre 2 fechas

```
Query q2 = em.createQuery("SELECT p, SUM(l.cantidad * l.articulo.precio)"+
               "FROM Pedido p JOIN p.lineas"+
               "WHERE p.fecha BETWEEN :fechaIni AND :fechaFin"+
               "GROUP BY p.numPedido);
q2.setParameter("fechaIni", new Date(.....));
q2.setParameter("fechaFin", new Date(.....));
Iterator pares = q2.getResultList().iterator();
for(Object[] par: pares) {
  pedido = (Pedido) par[0];
  total = (Float) par[1];
  ...
}
```