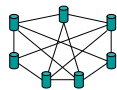


BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS

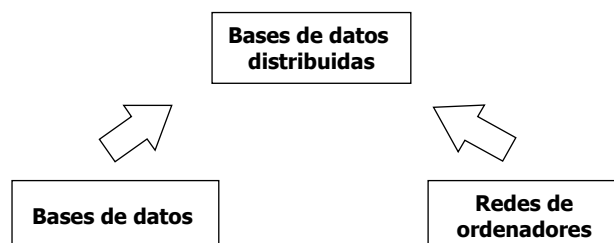


BASES DE DATOS AVANZADAS
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

1

MOTIVACIÓN DE LAS BDD

- NECESIDAD DE
INTEGRACIÓN + DISTRIBUCIÓN

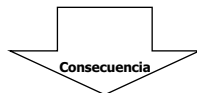


2

INTEGRACIÓN

■ PROBLEMAS DERIVADOS DEL DESARROLLO DE BD INDEPENDIENTES

- Datos redundantes
- SGBD distintos
- Plataformas variadas (*pc's, workstations*)



- Inconsistencias en los datos
- Dificultad de interoperatividad
- Aislamiento de los distintos grupos de usuarios

Necesidad de Sistemas de Información integrados que respondan a los objetivos globales de la empresa

DISTRIBUCIÓN

■ FINALIDAD

- Acercar la informática a los usuarios
 - Compartiendo
 - Optimizando

Necesidad de Sistemas de Información Distribuidos que doten de autonomía a los usuarios y que consigan mayor eficiencia

NO OBSTANTE...

INTEGRACIÓN

≠

CENTRALIZACIÓN

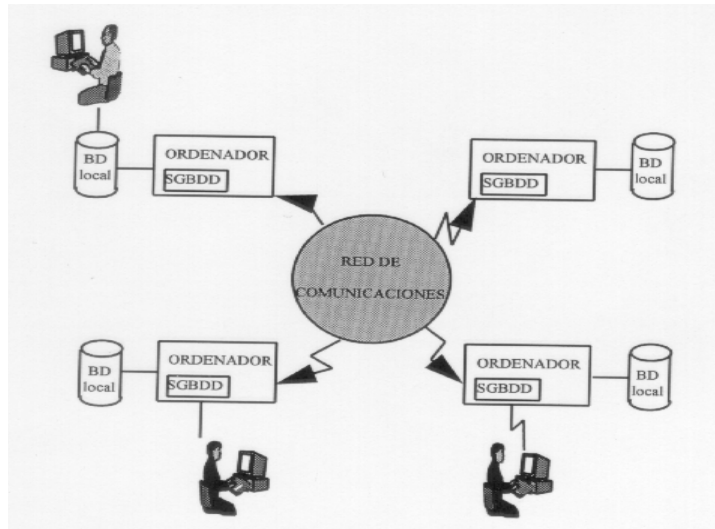
DEFINICIONES

- BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS (BDD)
 - Colección de múltiples bases de datos, lógicamente interrelacionadas, distribuidas sobre una red de ordenadores

- SISTEMA DE GESTIÓN DE BDD (SGBDD)
 - Producto software capaz de gestionar una BDD, suministrando mecanismos de acceso que hacen transparente la distribución

- SISTEMA DE BDD = BDD + SGBDD

BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS



Bases de Datos Avanzadas
Departamento de Informática

CARÁCTERÍSTICAS DE LAS BDD

- Los datos deben estar físicamente en más de un ordenador (distintas **sedes**)
- Las sedes deben estar interconectadas mediante una red (cada sede es un **nodo** de la red)
- Los datos han de estar lógicamente integrados (recuperación y actualización) tanto en local como remoto (**esquema lógico global y único**)
- En una única operación se puede acceder (recuperar o actualizar) datos que se encuentran en más de una sede (**acceso a datos locales o remotos**)
- Todas las acciones que necesiten realizarse sobre más de una sede serán transparentes al usuario (**transparencia de distribución para el usuario**)

Bases de Datos Avanzadas
Departamento de Informática

ALMACENAMIENTO DISTRIBUIDO

- Dada una relación R:
 - RÉPLICA: copia de R en emplazamiento diferente
 - FRAGMENTACIÓN: R dividida en fragmentos diferentes almacenados en sitios diferentes
 - RÉPLICA Y FRAGMENTACIÓN: R dividida en fragmentos que son replicados en sitios diferentes

VENTAJAS DE LAS BDD (I)

- ORGANIZATIVAS:
 - Adaptación a la organización de la institución (unión de compañías/descentralización), respondiendo a cambios
 - Almacenar los datos donde son generados y/o usados, la mayor parte locales
 - Proporcionar autonomía local, controlándose desde cada nodo. Política general contra política local
- ECONÓMICAS:
 - Costes de comunicación y de creación de pequeños sistemas

VENTAJAS DE LAS BDD (y II)

■ TÉCNICAS:

- ❑ Flexibilidad, acceso desde distintos lugares y por distintas personas a la vez
- ❑ Fiabilidad/disponibilidad, en un determinado momento / intervalo. Varios sitios, duplicaciones, evitan fallos
- ❑ Modularidad
- ❑ Mejora del rendimiento, BD más pequeñas, operaciones de menor volumen
- ❑ Crecimiento incremental, añadiendo poder de procesamiento y almacenamiento

DESVENTAJAS DE LAS BDD

- ❑ Complejidad del sistema, desarrollo de software más costoso, problemas de sincronización, dificultad para conocer la corrección de los algoritmos paralelos, detección de caídas de nodos
- ❑ Dependencia de la red de comunicaciones, sobrecarga de procesamiento de mensajes
- ❑ Dificultad de diseño, fases adicionales
- ❑ Poca madurez de los productos comerciales, orientados a replicación
- ❑ Funciones de administración compleja, sincronización y coordinación
- ❑ Dificultad de cambio, inexistencia de metodologías
- ❑ Personal especializado

COMPONENTES DE UNA BDD

- BD locales
- SGBDD
- Red de comunicaciones
- Diccionario o directorio **global**

EL SGBDD (I)

- Las **RESPONSABILIDADES** del SGBDD serán:
 - Transparencia de red
 - Transparencia de fragmentación
 - Transparencia de copias o duplicación
 - Propagación de actualizaciones
 - Procesamiento de consultas distribuidas, definición de estrategias
 - Mantener un diccionario integrado
 - Control de concurrencia, integridad de la BDD, consistencia entre las múltiples copias de los datos
 - Fiabilidad de los SGBDD, capaz de recuperar y devolver a las bases de datos implicadas en el fallo un estado consistente y estable
 - Soporte de sistema operativo
 - Bases de datos heterogéneas, mecanismos de traducción

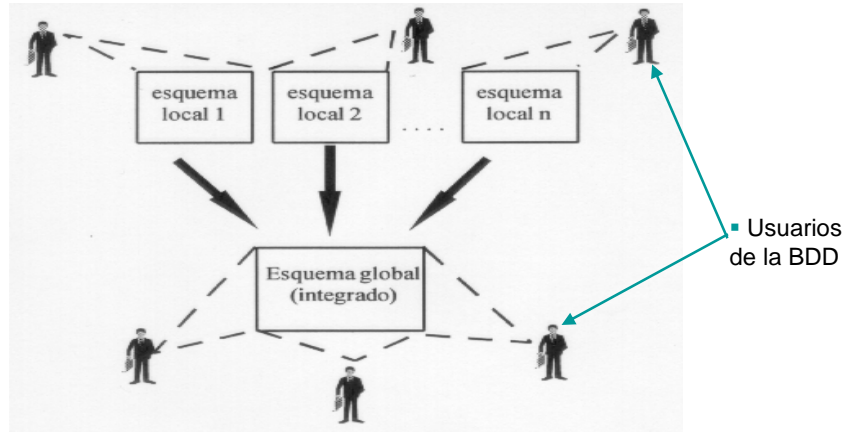
EL SGBDD (y II)

- Un SGBDD tiene, conceptualmente, tres **COMPONENTES** principales
 - **Procesador de datos locales (PDL)**
 - Gestión de datos local
 - **Procesador de aplicaciones distribuidas (PAD)**
 - Responsable de las funciones de distribución
 - **Software de comunicaciones**
 - Suministra las primitivas y los servicios de comunicaciones que necesita el PAD
- Cada sede puede tener un PDL y un PAD o bien sólo uno de ellos

TIPOLOGÍA DE LAS BDD

- SEGÚN EL GRADO DE HOMOGENEIDAD DE LOS SGBD LOCALES:
 - **SGBDD homogéneos:** todos los SGBD locales son iguales
 - **SGBDD heterogéneos:** los SGBD locales son distintos
- SEGÚN EL GRADO DE AUTONOMÍA FUNCIONAL:
 - **SGBDD federados:** total autonomía funcional (multibase de datos)
 - **SGBDD sin ninguna autonomía funcional local**
- SEGÚN EL GRADO DE AUTONOMÍA ORGANIZATIVA:
 - **Autonomía total:** las decisiones se toman a nivel local
 - **Organización centralizada**

ESQUEMAS DE UNA BDD



- Esquemas locales y esquema global
- Diccionario global integrado

DISEÑO DE BDD – ESTRATEGIAS

- TOP-DOWN (descendente)
 - En un principio el diseño no existe.
 - Diseñador necesita identificar tablas, pero también su ubicación y la necesidad de replicación.
- BOTTOM-UP (ascendente)
 - Cuando existen diseños previos.
 - Integración de esquemas existentes (ELL) al esquema global (ELG).

DISEÑO DE BDD – FRAGMENTACIÓN (I)

■ RAZONES PARA FRAGMENTAR

- Encontrar unidad de distribución más adecuada.
- Disminuir cantidad de accesos remotos.
- Incrementar el nivel de concurrencia.

■ DESVENTAJAS

- Degradación del rendimiento.
- Complejidad de mantenimiento de la integridad referencial.

DISEÑO DE BDD – FRAGMENTACIÓN (II)

■ CORRECCIÓN EN LA FRAGMENTACIÓN

□ Completitud

$$\forall d_i \in a \text{ algún } R_j$$

□ Reconstrucción

$$R = \bigvee R_i, \quad \forall R_i \in F_R$$

□ Disyunción

- Frag horizontal : R_1, R_2, \dots, R_n , el dato d_i está en R_j y sólo en R_j
- Frag vertical: sólo se repiten atributos clave

DISEÑO DE BDD – FRAGMENTACIÓN (III)

■ TIPOS DE FRAGMENTACIÓN

□ HORIZONTAL

- Divide la relación en subconjuntos de tuplas.
- Operador SELECCIÓN: $\sigma_{C_i}(\mathbf{R})$
- Primaria y Derivada
- Recuperación mediante UNION.



□ VERTICAL

- Divide la relación verticalmente en columnas.
- Operación PROYECCIÓN: $\Pi_{L_i}(\mathbf{R})$
- Agrupamiento y División.
- Recuperación mediante JOIN.



□ HÍBRIDA

- Mezcla de fragmentación vertical y horizontal.
- Recuperación mediante UNION y JOIN.



DISEÑO DE BDD – FRAGMENTACIÓN (y IV)

■ RESULTADO: ESQUEMA DE FRAGMENTACIÓN

- Conjunto de fragmentos que incluye todos los atributos y tuplas de la BD original.
- La BD completa puede reconstruirse mediante UNION y JOIN.
- Expresado en álgebra relacional.

DISEÑO DE BDD – ASIGNACIÓN (I)

- Búsqueda de distribución óptima de los fragmentos F_i en los nodos S_i .
- Características deseables:
 - Coste mínimo
 - Almacenamiento
 - Comunicación
 - Máximo rendimiento:
 - Tiempos de respuesta mínimos
 - Capacidad de procesamiento máxima
- Depende del tipo y frecuencia de transacciones.
- Existen algoritmos de asignación que buscan *distribución óptima*.

DISEÑO DE BDD – ASIGNACIÓN (y II)

- RESULTADO: ESQUEMA DE ASIGNACIÓN
 - Correspondencia sitios - fragmentos de la BD.
 - Si un fragmento se encuentra en más de un sitio, el fragmento está *replicado*.

DISEÑO DE BDD – REPLICACIÓN (I)

- **RAZONES PARA REPLICAR:**
 - Mejorar el rendimiento en la recuperación de consultas globales.
- **DESVENTAJAS:**
 - Actualización de réplicas.
- **ESTRATEGIAS:**
 - Replicación total.
 - Asignación no redundante.
 - Replicación parcial.

DISEÑO DE BDD – REPLICACIÓN (y II)

- **RESULTADO: ESQUEMA DE REPLICACIÓN**
 - Descripción de la replicación de los fragmentos
- **ENFOQUES:**
 - Consultas de los datos en múltiples sitios: se replica.
 - Número de actualizaciones elevado: no se replica.

CONTROL SEMÁNTICO DE LOS DATOS

- Requisito del SGBD
 - Actualización en vistas
 - Control de seguridad
 - Control de integridad semántica
- Mediante reglas que gestione el SGBD
 - Si se violan, se rechaza transacción.
 - Se almacenan en catálogo del sistema
 - Parte distribuida, parte replicada en todos los nodos
- Coste elevado en sistemas distribuidos

PROBLEMAS DE LOS SGBDD

- OPTIMIZACIÓN:
 - Estrategia global, seguida de optimización local en cada sede
- PROPAGACIÓN DE ACTUALIZACIONES EN CASO DE REPLICACIÓN:
 - Solución por medio de copia primaria
- GESTIÓN DE ACTUALIZACIONES QUE INVOLUCREN VARIAS SEDES EN UNA ÚNICA TRANSACCIÓN:
 - Protocolo de confirmación en dos fases
- GESTIÓN DE CONCURRENCIA:
 - Coste de las técnicas de bloqueo por el tráfico en la red
 - Solución por copia primaria
 - Aparición de interbloqueo global (más de un nodo implicado)
- GESTIÓN DEL DICCIONARIO:
 - Replicación y ubicación

OPTIMIZACIÓN DE CONSULTAS

■ OBJETIVO:

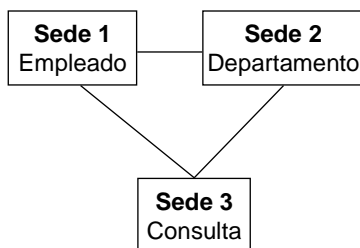
- Reducir la cantidad de transferencia de datos por la red
- Aplicar una estrategia local de optimización

• EJEMPLO (para la realización de estrategia de optimización global):

- **Empleado (**
 - NSS:char(9)
 - Nombre:char(15)
 - Apellido:char(15)
 - ND:char(4)
 - Direccion:char(57)
- 10.000 registros (100 bytes)
- **Departamento (**
 - NumeroD:char(4)
 - NombreD:char(10)
 - NSSGTE:char(9)
 - Fecha: char(12))
- 100 registros (35 bytes)

EJEMPLO (estrategia de optimización global)

II Nombre, Apellido, NombreD (Empleado θ Departamento)



Estrategias simples

Solución 1: Sede 1 + Sede 2 > Sede3

$$1.000.000 + 3.500 = \mathbf{1.003.500 \text{ bytes}}$$

Solución 2: Sede 1 > Sede 2

Sede 2 > Sede 3

$$1.000.000 + 10.000 \text{ reg.} * 40 = \mathbf{1.400.000 \text{ bytes}}$$

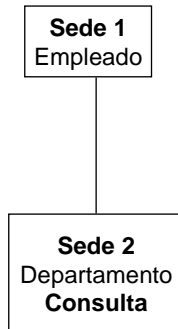
Solución 3: Sede 2 > Sede 1

Sede 1 > Sede 3

$$3.500 + 10.000 \text{ reg.} * 40 = \mathbf{403.500 \text{ bytes}}$$

EJEMPLO (estrategia de optimización global)

II Nombre, Apellido, NombreD (Empleado θ NSS Departamento)



Estrategia por semireunión (E \bowtie D)

1. Transferimos la ρ (Departamento) por NSSGTE a sede1 .

F tiene un tamaño 100reg.*9 bytes

2. Hacemos la combinación de F en l sede1. La proyección (como estrategia local). Transferimos a la sede 2.

R tiene un tamaño 100reg.* 39 bytes

3. En total: 900 + 3900 = **4800 bytes**

PROPAGACIÓN DE ACTUALIZACIONES

■ En caso de replicación la propagación de actualizaciones:

- **A) PROP. INMEDIATA:** Copia instantánea a todas las sedes replicadas
- **B) PROP. DIFERIDA:** Copia primaria
 - **B.1)** Sede primaria -> resto de las sedes
 - **B.2)** Sede primaria -> sede siguiente ...



- Se gana en autonomía local
- Aumentan las consistencias temporales

La eliminación de inconsistencias lleva consigo la pérdida de autonomía local

GESTIÓN DE ACTUALIZACIONES QUE INVOLUCRAN VARIAS SEDES

■ TRANSACCIÓN:

- Secuencia de operaciones elementales entre estados consistentes.
- Se realizan todas o ninguna

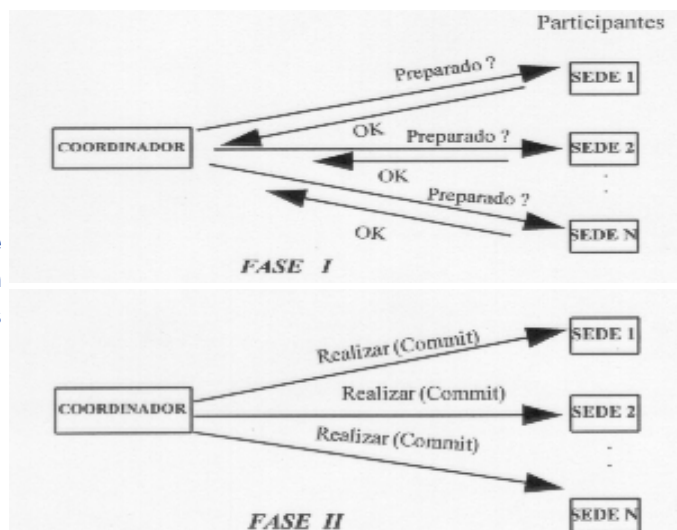
■ Una transacción debe soportar las siguientes PROPIEDADES:

- **Atomicidad** (todo o nada)
- **Consistencia** (preservar las restricciones de integridad)
- **Aislamiento** (cambios invisibles hasta la confirmación)
- **Persistencia** (una vez confirmada)

BEGIN TRANSACTION -- COMMIT -- ROLLBACK

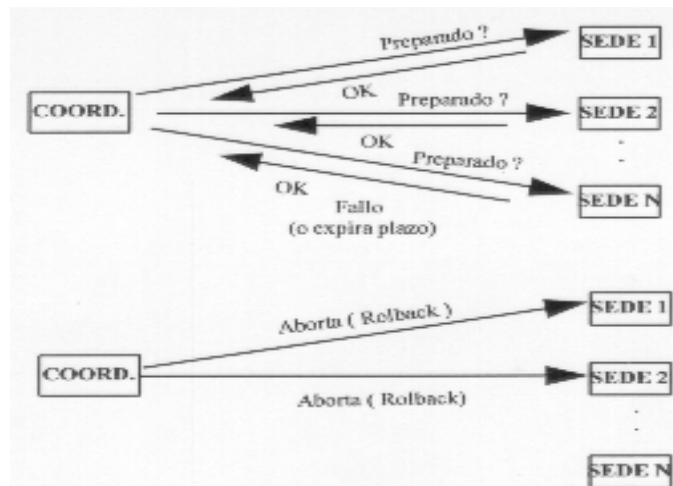
TWO-PHASE COMMIT (2PC) (I)

Protocolo de confirmación en dos fases



TWO-PHASE COMMIT (2PC) (y II)

Terminación
con fallo



CONTROL DE CONCURRENCIA (I)

- **NUEVOS PROBLEMAS** (que no se dan en SGBD Centralizados)
 - Múltiples copias, consistentes entre sí
 - Fallo sitios individuales, operando el resto -> posteriormente se pone al día
 - Fallo enlaces comunicaciones -> búsqueda de rutas alternativas
 - Confirmación distribuida
 - Interbloqueo distribuido

CONTROL DE CONCURRENCIA (II)

- **SOLUCIÓN:** Extensión de las técnicas utilizadas en BD centralizadas
 - **TÉCNICAS DE BLOQUEO:**
 - Designar una **COPIA DISTINGUIDA**: solicitudes de bloqueo y desbloqueo se envían al sitio que contiene la copia distinguida (coordinador)
 - Sitio primario
 - Sitio primario con sitio de respaldo
 - Copia primaria
 - **MÉTODO DE VOTACIÓN**

CONTROL DE CONCURRENCIA (III)

- **COPIA DISTINGUIDA (I)**
 - **Sitio primario**
 - Un único sitio como coordinador para todos los elementos de la base de datos
 - VENTAJAS:
 - Simple extensión del enfoque centralizado
 - DESVENTAJAS:
 - Todas las solicitudes de bloqueo se envían a un mismo sitio (sobrecarga y cuello de botella)
 - Fallo del sitio primario paraliza el sistema

CONTROL DE CONCURRENCIA (IV)

■ COPIA DISTINGUIDA (II)

□ Sitio primario con sitio de respaldo

- Se designa un sitio de respaldo por si ocurre fallo en sitio primario
- Información de bloqueo se mantiene tanto en sitio primario como en sitio de respaldo
- VENTAJAS:
 - Simplicidad, basta con elegir un nuevo sitio de respaldo
- DESVENTAJAS:
 - El proceso de adquisición de bloqueos se hace más lento
 - Sobrecarga del sitio primario y de respaldo

CONTROL DE CONCURRENCIA (V)

■ COPIA DISTINGUIDA (II)

□ Copia primaria

- Copias distinguidas de diferentes elementos de información almacenadas en diferentes sitios
- VENTAJA:
 - Fallo en un sitio sólo afecta a transacciones con bloqueos concedidos en dicho sitio. El resto de las transacciones no resultan afectadas

CONTROL DE CONCURRENCIA (y VI)

■ MÉTODO DE VOTACIÓN

- Solicitudes de bloqueo se envían a todos los sitios con copia del elemento de información (no hay copia distinguida)
- Cada copia puede conceder o rechazar la solicitud
- Transacción obtiene bloqueo si mayoría de las copias lo conceden
- Si no recibe mayoría de votos de concesión en un tiempo, cancelará su solicitud
- Mayor complejidad por el número de mensajes y los tratamientos de fallo

GESTIÓN DE DICCIONARIO

- En el diccionario de la BDD se guardará información sobre la ubicación de los datos, sobre los fragmentos de cada relación y sobre la duplicación de los datos.
- Base de datos con metadatos de fragmentación y replicación.
 - **Centralizado:** global en una única sede, cuello de botella. Falta de autonomía local
 - **Dividido:** local en la correspondiente sede, búsqueda no local costosa o bien falta de transparencia
 - **Replicado:** global en cada sede, muy redundante. Costoso de mantener. Se pierde autonomía local
 - **Centralizado/Dividido:** global en una única sede y local en cada sede. Redundancia. Dependencia de una sede central en accesos a la BDD
 - **Maestro centralizado y locales en cada sede:** Redundancia. Dependencia de una sede central en accesos a la BDD
 - **Maestro y locales en cada sede:** Cierta redundancia

BUSCANDO SOLUCIONES

- Ante los problemas específicos de las BDD, necesidad de buscar una solución de compromiso entre:
 - Minimizar el número y el volumen de mensajes
 - Conseguir el máximo de autonomía funcional en los nodos
 - Mantener la integridad de la BDD
 - Lograr la máxima disponibilidad de los datos
 - Proporcionar a los usuarios la máxima transparencia
 - No aumentar demasiado la sobrecarga de los nodos
 - Mantener, a un nivel adecuado, los tiempos de respuesta

ACTIVIDADES Y DECISIONES RELATIVAS A:

- LAS BD LOCALES
 - Definición de esquemas lógicos locales
 - Definición de esquemas externos locales
 - Autorizaciones a usuarios de las BDL y de la BDD en cada sede
 - Esquemas de exportación
 -
- LA BDD
 - Definición del Esquema Lógico Global
 - SGBD
 - Red de Comunicaciones

SUPUESTO PRÁCTICO

- **DISEÑO DE UNA BASE DE DATOS DISTRIBUIDA:**



CAJA DE AHORROS DE LEGANÉS

SUPUESTO PRÁCTICO – ENUNCIADO (I)

- La Caja de Ahorros de Leganés desea diseñar e implementar una base de datos distribuida para gestionar los empleados, clientes y cuentas de cada una de sus sucursales. Los datos de las diferentes sucursales, incluidos los de sus empleados, clientes y cuentas que gestiona, estarán almacenados en cuatro localidades dependiendo de la ciudad en la que esté ubicada la sucursal.
- Las localidades de almacenamiento serán: **Leganés** (para sucursales de Leganés y Villaverde), **Getafe** (para sucursales de Getafe y Móstoles), **Alcorcón** (para sucursales de Alcorcón y Fuenlabrada) y **Humanes** (para sucursales de Humanes y Parla).



SUPUESTO PRÁCTICO – ENUNCIADO (II)

- La siguiente lista de especificaciones describe los principales requisitos de funcionamiento de la Caja:
 - Cada sucursal está ubicada en una localidad, se identifica con un código único, tiene un nombre y un director que es empleado de la Caja.
 - Los empleados de la Caja se identifican mediante un código de empleado que mantendrán mientras trabajen en dicha Caja independientemente de la sucursal a la que estén asignados. La administración de la Caja almacena para cada empleado el DNI, el nombre, el número de teléfono, la fecha de comienzo de contrato, el salario y la sucursal en la que trabaja. Cada empleado sólo puede estar asignado a una sucursal.

SUPUESTO PRÁCTICO – ENUNCIADO (III)

- La Caja ofrece dos tipos de cuentas: cuentas de ahorro y corrientes. Las cuentas pueden asociarse a más de un cliente y un cliente puede tener más de una cuenta. Cada cuenta se identifica por un número de cuenta. El banco mantiene para cada cuenta la fecha de su apertura, las fechas en las que la cuenta fue accedida, el tipo de operación (ingreso o reintegro) y la cantidad que se ingresó o se retiró. Además, para cada cuenta de ahorro se almacena un tipo de interés y para cada cuenta corriente un descubierto máximo.
 - Los clientes de la Caja se identifican mediante un código de cliente. La Caja almacena para cada cliente el DNI, el nombre, la ciudad donde reside y los números de cuentas de las que es titular.
- Además, en las sucursales de Leganés se elaboran estudios estadísticos acerca de la movilidad de los empleados de La Caja, para lo cual necesitan sus datos de fecha de inicio de contrato y de salario

SUPUESTO PRÁCTICO – ENUNCIADO (y IV)

- Se pide:
 - Realizar el diseño centralizado puro de la BD
 - Producto generado: Esquema E/R
 - Identificar los sitios de distribución (SEDES)
 - Producto generado: Tabla de sedes
 - Analizar qué distribuir (identificación accesos frecuentes, etc)
 - Producto generado: ninguno
 - Fragmentación
 - Producto generado: Esquema de fragmentación
 - Asignación de fragmentos a los sitios
 - Producto generado: Esquema de asignación
 - Replicación
 - Producto generado: Esquema de replicación

- Justificar las decisiones tomadas en cada paso