



Diseño de Bases de Dato

CLASE 6

Seguridad e Integridad de datos: Agenda

Transacciones

- Propiedades
- Estados

Transacciones monusuarias

- Atomicidad
- Protocolos

Transacciones centralizadas

- Aislamiento
- Consistencia
- Durabilidad

Transacciones

Transacción: colección de operaciones que forman una única unidad lógica de trabajo.

- **Propiedades ACID**
 - **Atomicidad:** todas las operaciones de la transacción se ejecutan o no lo hacen ninguna de ellas
 - **Consistencia:** la ejecución aislada de la transacción conserva la consistencia de la BD
 - **Aislamiento (isolation):** cada transacción ignora el resto de las transacciones que se ejecutan concurrentemente en el sistema, actúa c/u como única.
 - **Durabilidad:** una transacción terminada con éxito realiza cambios permanentes en la BD, incluso si hay fallos en el sistema

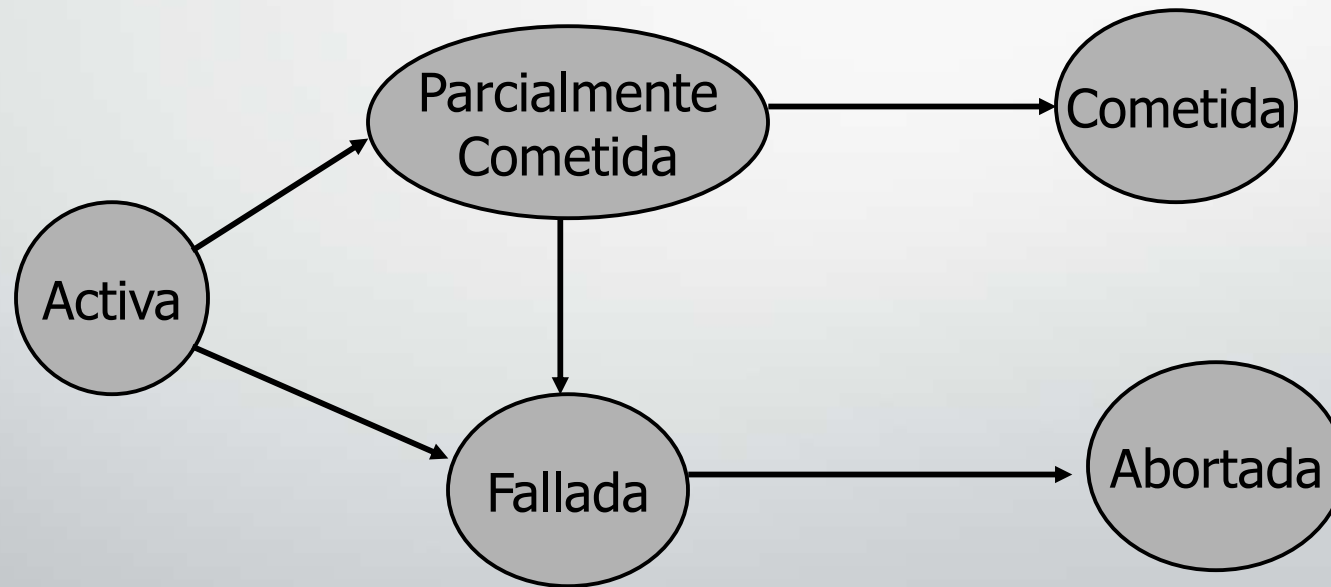
Transacciones

Estados de una transacción

- **Activa:** estado inicial, estado normal durante la ejecución.
- **Parcialmente Cometida:** después de ejecutarse la última instrucción
- **Fallada:** luego de descubrir que no puede seguir la ejecución normal
- **Abortada:** después de haber retrocedido la transacción y restablecido la BD al estado anterior al comienzo de la transacción.
- **Cometida:** tras completarse con éxito.

Transacciones

Diagrama de estado de una transacción



Transacciones

Modelo de transacción

- READ (A, a1)
- $a1 := a1 - 100;$
- WRITE(A, a1)
- READ (B, b1)
- $b1 := b1 + 100;$
- WRITE(B, b1)

Diferencia entre READ, WRITE y INPUT, OUTPUT.

Uso de transacciones:

- En sistemas monousuario
- En sistemas concurrentes
- En sistemas distribuidos

Transacciones

Que hacer luego de un fallo?

- Re-ejecutar la transacción fallada → no sirve
- Dejar el estado de la BD como está → no sirve

Problema: modificar la BD sin seguridad que la transacción se va a cometer.

- Solución: indicar las modificaciones

Soluciones

- Registro Historico
- Doble paginación

1.READ (A, a1)	BD A = 1000 900 (3)
2.a1 := a1 - 100;	B = 2000 2100(6)
3.WRITE(A, a1)	
4.READ (B, b1)	Memoria local
5.b1 := b1 + 100;	A = 1000 (1) 900 (2)
6.WRITE(B, b1)	B = 2000 (4) 2100 (5)

FALLO LUEGO DE 3 Y ANTES DE 6 ? QUE PASA?

Registro Histórico

Bitácora

- secuencia de actividades realizadas sobre la BD.
- Contenido de la bitácora
 - <T iniciada>
 - <T, E, Va, Vn>
 - Identificador de la transacción
 - Identificador del elemento de datos
 - Valor anterior
 - Valor nuevo
 - <T Commit>
 - <T Abort>

Registro Historico

Las operaciones sobre la BD deben almacenarse luego de guardar en disco el contenido de la Bitácora

Dos técnicas de bitácora

- **Modificación diferida de la BD**
- **Modificación inmediata de la BD**

Registro Histórico

Modificación diferida

- Las operaciones write se aplazan hasta que la transacción esté parcialmente cometida, en ese momento se actualiza la bitácora y la BD

Registro Historico

1. READ (A, a1)
2. a1 := a1 - 100;
3. READ (B, b1)
4. b1 := b1 + 100;
5. WRITE(A, a1)
6. WRITE(B, b1)

Bitacora

1. <T start> 2 no produce efecto
5. <T, A, 900 > 3, 4 sin efecto
6. <T, B, 2100>
7. <T commit>

Memoria RAM

1. A = 1000
2. A = 900
3. B = 2000
4. B = 2100

Base de Datos

A = 1000
900 (8)
B = 2000
2100 (9)

Base de Datos

A = 1000
900 (8)
B = 2000

Base de Datos

A = 1000
B = 2000

Plan1 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 fallo

Recupera del Fallo y no habria que hacer nada???

Plan2 1,2,3,4,5,6,7, 8 fallo

Recupera del Fallo y que hacemos???

Plan3 1,2,3, 4, 5, 6, 7 fallo

Recupera del fallo y no habria que hacer nada???

Planotro fallo antes de 7

Base de datos bien.

Registro Histórico

Dada la siguiente transacción

- <To Start >
- <To, A, 900 >
- <To, B, 2100 >
- <To Commit >

Recién con To parcialmente cometida, entonces se actualiza la BD.

- No se necesita valor viejo, se modifica la BD al final de la transacción o no se modifica.

Ante un fallo, y luego de recuperarse:

- REDO (Ti), para todo Ti que tenga un Start y un Commit en la Bitácora.
- Si no tiene Commit entonces se ignora, dado que no llegó a hacer algo en la BD.

Registro Histórico

Modificación inmediata:

- La actualización de la BD se realiza mientras la transacción está activa y se va ejecutando.
- Se necesita el valor viejo, pues los cambios se fueron efectuando.
- Ante un fallo, y luego de recuperarse:
 - REDO(T_i), para todo T_i que tenga un Start y un Commit en la Bitácora.
 - UNDO(T_i), para todo T_i que tenga un Start y no un Commit.

Registro Histórico

Transacción:

- Condición de idempotencia.

Buffers de Bitácora

- Grabar en disco c/registro de bitácora insume gran costo de tiempo → se utilizan buffer, como proceder?
 - Transacción está parcialmente cometida después de grabar en memoria no volátil el Commit en la Bitácora.
 - Un Commit en la bitácora en memoria no volátil, implica que todos los registros anteriores de esa transacción ya están en memoria no volátil.
 - **Siempre** graba primero la Bitácora y luego la BD.

Registro Histórico

Puntos de verificación:

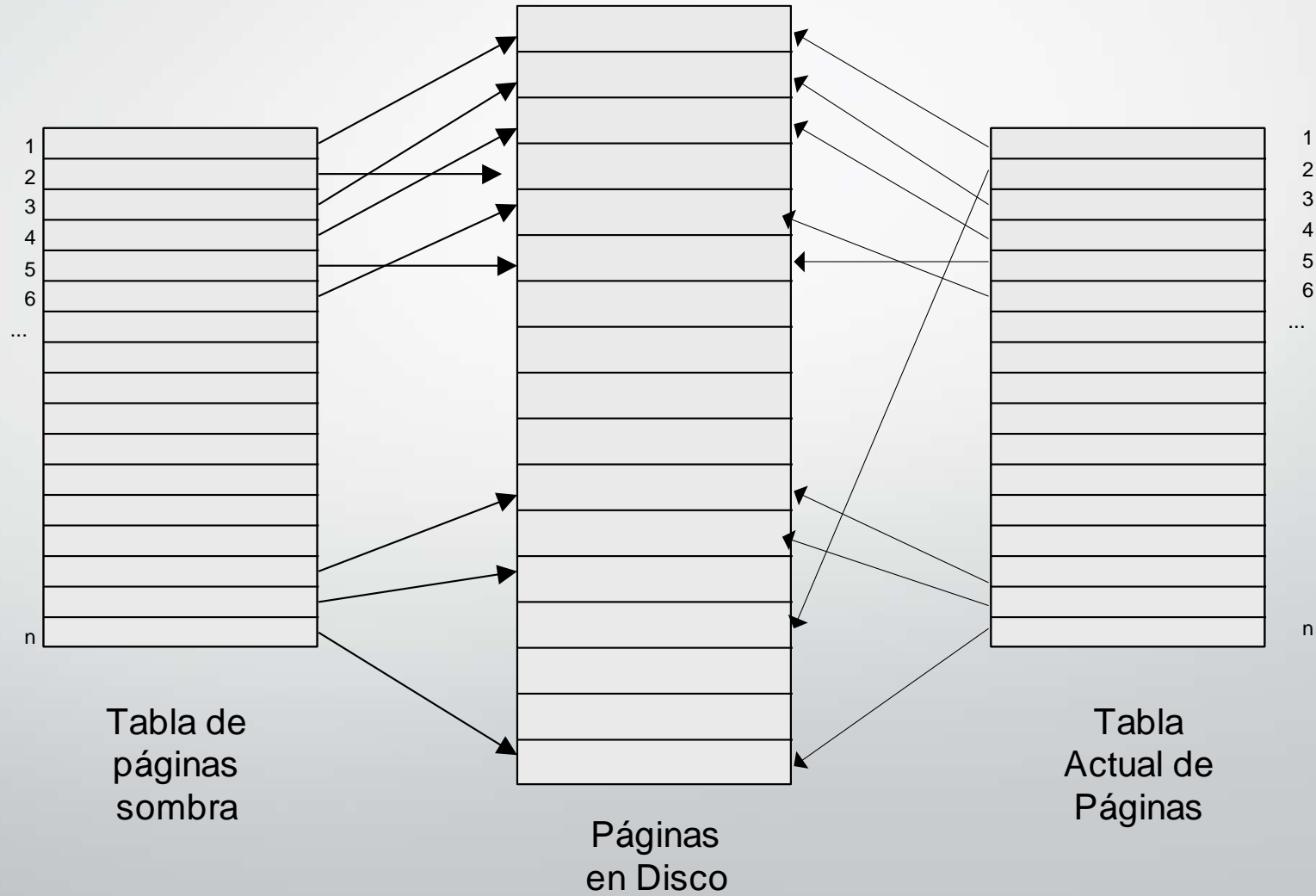
- Ante un fallo, que hacer
 - REDO, UNDO: según el caso
- Revisar la bitácora:
 - Desde el comienzo?: probablemente gran porcentaje esté correcto y terminado.
 - Lleva mucho tiempo.
- Checkpoints (monousario)
 - Se agregan periódicamente indicando desde allí hacia atrás todo OK.
 - Periodicidad?

Doble Paginación

Paginación en la sombra:

- Ventaja: menos accesos a disco
- Desventaja: complicada en un ambiente concurrente/distribuido.
- N páginas equivalente a páginas del SO.
 - Tabla de páginas actual
 - Tabla de páginas sombra

Doble Paginación



Doble Paginación

Ejecución de la operación *escribir*

- Ejecutar **entrada**(X) si página i-ésima no está todavía en memoria principal.
- Si es la primer escritura sobre la página i-ésima, modificar la tabla actual de páginas así:
 - Encontrar una página en el disco no utilizada
 - Indicar que a partir de ahora está ocupada
 - Modificar la tabla actual de página indicando que la i-ésima entrada ahora apunta a la nueva página

Doble Paginación

En caso de fallo y luego de la recuperación

- Copia la tabla de páginas sombra en memoria principal.
- Abort automáticos, se tienen la dirección de la página anterior sin las modificaciones.

Recuperación en caso de Fallo

Ventajas:

- Elimina la sobrecarga de escrituras del log
- Recuperación más rápida (no existe el REDO o UNDO).

Desventajas:

- Sobrecarga en el compromiso: la técnica de paginación es por cada transacción.
- Fragmentación de datos: cambia la ubicación de los datos continuamente.
- Garbage Collector: ante un fallo queda una página que no es mas referenciada.

Entornos Concurrentes

Entorno centralizado

- Varias transacciones ejecutándose simultáneamente compartiendo recursos.
- Deben evitarse los mismos problemas de consistencia de datos
- Transacciones correctas, en ambientes concurrente pueden llevar a fallos

Entornos Concurrentes

Seriabilidad

- Garantiza la consistencia de la BD

To Read (a)

a := a - 50

Write (a)

Read (b)

b := b + 50

Write (b)

T1 Read (a)

temp := a * 0,1

a := a - temp

Write (a)

Read (b)

b := b + temp

Write (b)

- Resolver To, T1 o T1, To se respeta A+B
- Ahora bien ToT1 <> T1To

Entornos concurrentes

$T_0 \rightarrow T_1$

BD A = 1000

B = 2000 3000

$T_0 \rightarrow$ transfiere 50

BD A = 950

B = 2050

$T_1 \rightarrow$ transfiere el 10%

BD A = 855

B = 2145 3000

$T_1 \rightarrow T_0$

BD A = 1000

B = 2000 3000

$T_1 \rightarrow$ transfiere el 10%

BD A = 900

B = 2100

$T_0 \rightarrow$ transfiere 50

BD A = 850

B = 2150 3000

A + B se respeta!

Entornos Concurrentes

Planificación: secuencia de ejecución de transacciones

- Involucra todas las instrucciones de las transacciones
- Conservan el orden de ejecución de las mismas
- Un conjunto de m transacciones generan $m!$ planificaciones en serie
- La ejecución concurrente no necesita una planificación en serie.

Entornos concurrentes

```

1. READ(A)
2. A := A - 50
3. WRITE(A)
4.   READ(A)
5.   TEMP := A * 0.1
6.   A := A - TEMP
7.   WRITE(A)
8. READ(B)
9. B := B + 50
10. WRITE(B)
11.   READ(B)
12.   B := B + TEMP
13.   WRITE(B)
    
```

A + B se conserva

BD A = 1000 3. 950 7. 945
B = 2000 10. 2050 13. 2145

T0 1, A = 1000
2 A = 950
8 B = 2000
9 B = 2050

T1 4 A = 950
5 temp = 95
6 A = 945
11 B = 2050
12 B = 2145

```

1. READ(A)
2. A := A - 50
    
```

```

3.   READ(A)
4.   TEMP := A * 0.1
5.   A := A - TEMP
6.   WRITE(A)
7.   READ(B)
    
```

```

8. WRITE(A)
9. READ(B)
10. B := B + 50
11. WRITE(B)
    
```

```

12.   B := B + TEMP
13.   WRITE(B)
    
```

A + B no se conserva

BD A = 1000 6. 900 8.
B = 2000 11. 2050 13. 2

T0 1, A = 1000
2 A = 950
9 B = 2000
10 B = 2050

T1 3 A = 1000
4 temp = 100
5 A = 900
7 B = 2000
12 B = 2100

Entornos Concurrentes

Conclusiones

- El programa debe conservar la consistencia
- La inconsistencia temporal puede ser causa de inconsistencia en planificaciones en paralelo
- Una planificación concurrente debe equivaler a una planificación en serie
- Solo las instrucciones READ y WRITE son importantes y deben considerarse.

Entornos Concurrentes

Conflicto en planificaciones serializables

- I_1, I_2 instrucciones de T_1 y T_2
 - Si operan sobre datos distintos. NO hay conflicto.
 - Si operan sobre el mismo dato
 - $I_1 = \text{READ}(Q) = I_2$, no importa el orden de ejecución
 - $I_1 = \text{READ}(Q), I_2 = \text{WRITE}(Q)$ depende del orden de ejecución (I_1 leerá valores distintos)
 - $I_1 = \text{WRITE}(Q), I_2 = \text{READ}(Q)$ depende del orden de ejecución (I_2 leerá valores distintos)
 - $I_1 = \text{WRITE}(Q) = I_2$, depende el estado final de la BD
- I_1, I_2 está en conflicto si actúan sobre el mismo dato y al menos una es un write. Ejemplos.

Entornos Concurrentes

Definiciones

- Una Planificación S se transforma en una S' mediante intercambios de instrucciones no conflictivas, entonces S y S' son *equivalentes en cuanto a conflictos*.
- Esto significa que si
 - S' es consistente, S también lo será
 - S' es inconsistente, S también será inconsistente
- S' es serializable en conflictos si existe $S/$ son equivalentes en cuanto a conflictos y S es una planificación serie.

Entornos concurrentes

```
1. READ(A)
2. A := A - 50
3. WRITE(A)
4.      READ(A)
5.      TEMP := A * 0.1
6.      A := A - TEMP
7.      WRITE(A)
8. READ(B)
9. B := B + 50
10. WRITE(B)
11.      READ(B)
12.      B := B + TEMP
13.      WRITE(B)
```

A + B se conserva

```
1. READ(A)
2. A := A - 50
3.      READ(A)
4.      TEMP := A * 0.1
5.      A := A - TEMP
6.      WRITE(A)
7.      READ(B)
8. WRITE(A)
9. READ(B)
10. B := B + 50
11. WRITE(B)
12.      B := B + TEMP
13.      WRITE(B)
```

A + B no se conserva

Control de Concurrency

Métodos de control de concurrencia

- Bloqueo
- Basado en hora de entrada

Control de Concurrency

Bloqueo

- Compartido *Lock_c*(dato)(solo lectura)
- Exclusivo *Lock_e*(dato) (lectura/escritura)
- Las transacciones piden lo que necesitan.
- Los bloqueos pueden ser compatibles y existir simultáneamente (compartidos)

Una transacción debe:

- Obtener el dato (si está libre, o compartido y solicita compartido)
- Esperar (otro caso)
- Usar el dato
- Liberarlo.

T1 $a \rightarrow b$

```
1. Lock_e(a)
3. Read ( a )
4. a := a - 50
5. Write (a)
6. Unlock ( a )
```

```
10. Lock_e(b)
13. Read ( b )
14. b := b + 50
15. Write ( b )
16. Unlock ( b )
```

T2 $a + b$

```
2. Lock_c(a)
7. Read ( a )
8. Unlock ( a )
9. Lock_c(b)
11. Read ( b )
12. Unlock ( b )
17. informar (a+b)
```

BD A = 1000 1.exc 5. 950 6. libera 6'.comp
8. libera

B = 2000 9.comp 12. libera 12'.exclusivo
15. 2050 16. libera

T1 3. A = 1000

4. A = 950

10. bloquea!

13. B = 2000

14. B = 2050

T2 2. Bloquea!

7. A = 950

11. B = 2000

17????????????????????

T1 \rightarrow T2 o T2 \rightarrow T1 en serie, no genera problemas

Control de Concurrency

Si se ejecutan en orden verde, azul, celeste
Que pasa con los resultados

Se deben llevar los bloqueos de las transacciones al comienzo.

Control de Concurrency

Deadlock

- situación en la que una transacción espera un recurso de otra y viceversa

Control de Concurrency

Conclusiones:

- Si los datos se liberan pronto → se evitan posibles deadlock
- Si los datos se mantienen bloqueados → se evita inconsistencia.

Control de Concurrency

Protocolos de bloqueo

- Dos fases
 - Requiere que las transacciones hagan bloqueos en dos fases:
 - Crecimiento: se obtienen datos
 - Decrecimiento: se liberan los datos
 - Garantiza seriabilidad en conflictos, pero no evita situaciones de deadlock.
 - Como se consideran operaciones
 - Fase crecimiento: se piden bloqueos en orden: compartido, exclusivo
 - Fase decrecimiento: se liberan datos o se pasa de exclusivo a compartido.

Control de Concurrency

Protocolo basado en hora de entrada

- El orden de ejecución se determina por adelantado, no depende de quien llega primero
- C/transacción recibe una HDE
 - Hora del servidor
 - Un contador
- Si $HDE(T_i) < HDE(T_j)$, T_i es anterior
- C/Dato
 - Hora en que se ejecutó el último WRITE
 - Hora en que se ejecutó el último READ
 - Las operaciones READ y WRITE que pueden entrar en conflicto se ejecutan y eventualmente fallan por HDE.

Control de Concurrency

Algoritmo de ejecución:

- **Ti Solicita READ(Q)**
 - $HDE(Ti) < HW(Q)$: rechazo (solicita un dato que fue escrito por una transacción posterior)
 - $HDE(Ti) \geq HW(Q)$: ejecuta y se establece $HR(Q) = \text{Max}\{HDE(Ti), HR(Ti)\}$
- **Ti solicita WRITE(Q)**
 - $HDE(Ti) < HR(Q)$: rechazo (Q fue utilizado por otra transaccion anteriormente y suposú que no cambiaba)
 - $HDE(Ti) < HW(Q)$: rechazo (se intenta escribir un valor viejo, obsoleto)
 - $HDE(Ti) > [HW(Q) \text{ y } HR(Q)]$: ejecuta y $HW(Q)$ se establece con $HDE(Ti)$.
- **Si Ti falla, y se rechaza entonces puede recomenzar con una nueva hora de entrada.**

Control de Concurrency

Casos de Concurrency. Granularidad

- A registros caso más normal
- Otros casos
 - BD completa
 - Áreas
 - Tablas

Otras operaciones conflictivas

- Delete(Q) requiere un uso completo del registro
- Insert(Q) el dato permanece bloqueado hasta la operación finalice.

Registro Histórico en entornos concurrentes

Consideraciones del protocolo basado en bitácora

- Existe un único buffer de datos compartidos y uno para la bitácora
- C/transacción tiene un área donde lleva sus datos
- El retroceso de una transacción puede llevar al retroceso de otras transacciones

Retroceso en cascada

- Falla una transacción → pueden llevar a abortar otras
- Puede llevar a deshacer gran cantidad de trabajo.

Registro Histórico en entornos concurrentes

Durabilidad

- Puede ocurrir que falle T_i , y que T_j deba retrocederse, pero que T_j ya terminó. Como actuar?
- Protocolo de bloqueo de dos fases: los bloqueos exclusivos deben conservarse hasta que T_i termine.
- HDE, agrega un bit, para escribir el dato, además de lo analizado, revisar el bit si está en 0 proceder, si está en 1 la transacción anterior no terminó, esperar....

Registro Histórico en entornos concurrentes

Bitácora

- Similar sistemas monousuarios
- Como proceder con checkpoint
 - Colocarlos cuando ninguna transacción esté activa. Puede que no exista el momento.
 - Checkpoint<L> L lista de transacciones activa al momento del checkpoint.
- Ante un fallo
 - UNDO y REDO según el caso.
 - Debemos buscar antes del Checkpoint solo aquellas transacciones que estén en la lista.