1. OPTIMIZACIÓN DE CONSULTAS DISTRIBUIDAS - PARTE 3

1. OPTIMIZACIÓN DE CONSULTAS DISTRIBUIDAS - PARTE 3.....1
5.4. Estadísticas de una base de datos centralizada.....1
5.4.1. Clasificación de las estadísticas.....1
5.4.2. Estadísticas a nivel tabla.....2
Ejemplo.....2
5.4.3. Estadísticas a nivel columna.....2
Ejemplo.....2
5.4.4. Estadísticas para índices.....3
Ejemplo:.....3
5.4.5. Recolección de estadísticas.....4
Ejemplo.....5
Ejemplo.....5
5.4.6. Histogramas.....6
Ejemplo:.....9
5.4.7. Factor de selectividad.....11
5.4.7.1. Factor de selectividad.....11
5.4.7.2. Selección en R con predicado de igualdad de un atributo A: SFA=valor.....11
Ejemplos:.....12
Ejemplo:.....12
Solución:.....12
Ejemplo:.....13

5.4. Estadísticas de una base de datos centralizada.

- Para la obtención de los costos que realiza el optimizador, se apoya fuertemente en las estadísticas recolectadas con respecto a los objetos que se involucran en una consulta.
- Por lo anterior, las estadísticas representan un papel crítico para la selección del plan de ejecución adecuado.

5.4.1. Clasificación de las estadísticas

- Estadísticas a nivel de tabla:

    - Número de registros
    - Número de bloques de datos.
    - Longitud promedio de un registro
- Estadísticas a nivel columna:
    - Número de valores distintos de una columna (NDV)
    - Número de valores nulos de una columna.
    - Valores mínimos y máximos
    - Distribución de los datos (Histograma).
    - Estadísticas extendidas.
- Estadísticas de los índices
    - Número de nodos intermedios de un índice B-tree
    - Número de hojas de un árbol B-Tree
    - Factor de clusterización de un índice.
- Estadísticas del sistema
    - Uso de lecturas y escrituras a disco.
    - Uso de procesador.

Todos estos valores pueden ser consultados en el diccionario de datos.

5.4.2. Estadísticas a nivel tabla.

En Oracle se emplea la función `dbms_stats.gather_table_stats` para recolectar este tipo de estadísticas y almacenarlas en `dba_tab_statistics`.

Ejemplo

```
col table_name format A20
select table_name,num_rows,blocks,empty_blocks,avg_row_len,last_analyzed
from dba_tab_statistics
where owner ='MEDICOS';
```

```
TABLE_NAME            NUM_ROWS     BLOCKS EMPTY_BLOCKS AVG_ROW_LEN LAST_ANAL
-------------------- ---------- ---------- ------------ ----------- ---------
ESPECIALIDAD                 53          5            0          45 22-APR-17
DIAGNOSTICO               14423        370            0          52 22-APR-17
MEDICO                     5000        874            0        1065 22-APR-17
PACIENTE                  15000       1756            0         773 22-APR-17
CITA                      20000        118            0          33 22-APR-17
MEDICAMENTO                2005        244            0         547 22-APR-17
RECETA                    20000         73            0          19 22-APR-17
```

5.4.3. Estadísticas a nivel columna.

Ejemplo

```
col  table_name format A20
col  column_name format A25
```

```
col  low_value format A20
col  high_value format A20
set linesize 300
select c.table_name,c.column_name,c.num_distinct,
  TO_CHAR(UTL_RAW.CAST_TO_NUMBER(c.low_value)) low_value,
  TO_CHAR(UTL_RAW.CAST_TO_NUMBER(c.high_value)) high_value,
  c.num_nulls,c.avg_col_len,c.histogram,c.last_analyzed
from dba_tab_statistics t, dba_tab_col_statistics c
where c.table_name=t.table_name
and t.owner='MEDICOS' and c.table_name='PACIENTE'
and c.column_name in('PACIENTE_ID')
union
select c.table_name,c.column_name,c.num_distinct,
  UTL_RAW.CAST_TO_VARCHAR2(c.low_value) low_value,
  UTL_RAW.CAST_TO_VARCHAR2(c.high_value) high_value,
  c.num_nulls,c.avg_col_len,c.histogram,c.last_analyzed
from dba_tab_statistics t, dba_tab_col_statistics c
where c.table_name=t.table_name
and t.owner='MEDICOS' and c.table_name='PACIENTE'
and c.column_name
in('NOMBRE','AP_PATERNO','AP_MATERNO','GENERO','NUM_SEGURO'
   ,'CURP','EMAIL','OCUPACION','FECHA_FIN_VIGENCIA');
```

5.4.4. Estadísticas para índices

El principal uso es para determinar el costo de realizar escaneos a un índice. Las estadísticas se almacenan en `dba_ind_statistics`. Algunos valores incluyen:

- `blevel`: Número de bloques requeridos que se deben leer para llegar a los nodos hoja del índice.
- Distinct keys: Número de valores indexados diferentes.
- Número promedio de bloques que se requieren para almacenar cada uno de los valores indexados.

Ejemplo:

```
set linesize 200
col index_name format A30
select index_name,blevel,leaf_blocks,distinct_keys,
  avg_leaf_blocks_per_key, avg_data_blocks_per_key
from dba_ind_statistics
where owner ='MEDICOS'
and index_name in('PACIENTE_PK','CITA_MEDICO_IDX','MEDICO_ESPECIALIDAD_IDX');
```

```
INDEX_NAME                     BLEVEL LEAF_BLOCKS DISTINCT_KEYS AVG_LEAF_BLOCKS_PER_KEY AVG_DATA_BLOCKS_PER_KEY
------------------------------ ------ ----------- ------------- ----------------------- -----------------------
PACIENTE_PK                         1          27         15000                       1                       1
MEDICO_ESPECIALIDAD_IDX             1          10            53                       1                      89
CITA_MEDICO_IDX                     1          42          4911                       1                       3
```

5.4.5. Recolección de estadísticas

- En Oracle, la funcionalidad para realizar la administración de recolección de estadísticas se encuentra dentro del paquete `PL/SQL DBMS_STATS`.
- Por default la BD realiza una recolección automática de estadísticas para todos los objetos que no cuentan con ellas, o aquellas marcadas como “Stale” (Obsoletas).
- Existen otro tipo de estadísticas llamadas “Estadísticas dinámicas suplementarias”. Como su nombre lo indica, se emplean para mejorar las decisiones del optimizador e incluyen: conteo de los bloques que integran a una tabla o índice, estadísticas de operaciones JOIN, GROUP BY.
- Por default la BD realiza recolección de estadísticas bajo ciertos eventos, por ejemplo, carga masiva de datos.
- Los resultados de la ejecución de una consulta SQL también pueden ser recolectados para mejorar los valores estadísticos.
- Adicionalmente, la recolección de estadísticas puede ser manual y a diferentes niveles de generalidad: por objeto, por esquema, o para toda la BD. Se emplean los siguientes procedimientos almacenados:
    - `gather_index_stats`
    - `gather_table_stats`
    - `gather_schema_stats`
    - `gather_dictionary_stats`
    - `gather_database_stats`
    - Cuando una tabla es monitoreada, si ésta ha sido modificada en más de un 10% (operaciones DML), sus estadísticas se consideran como obsoletas (“Stale”).
    - En general, la recolección automática de estadísticas es suficiente para tablas que no se modifican con gran frecuencia.
    - Para determinar si una tabla tiene estadísticas obsoletas se puede aplicar el siguiente procedimiento:

1. Antes de realizar la consulta, se debe persistir la información de monitoreo de los objetos que se encuentra en memoria a disco:

```
begin
  dbms_stats.flush_database_monitoring_info;
end;
/
```

2. Consultar el valor de la columna `stale_stats` para verificar si requiere o no. Esta columna tiene los siguientes valores:

- YES. Las estadísticas están obsoletas.

- NO. Las estadísticas no están obsoletas.
- NULL. Las estadísticas nunca han sido recolectadas.

Ejemplo

```
SQL> connect sys/system@jrcbd_s1 as sysdba
Connected.
select table_name,stale_stats
from dba_tab_statistics
where owner ='MEDICOS';
```

```
TABLE_NAME           STA
-------------------- ---
ESPECIALIDAD         NO
DIAGNOSTICO          NO
MEDICO               NO
PACIENTE             NO
CITA                 NO
MEDICAMENTO          NO
RECETA               NO
```

- Recolección de estadísticas por tabla.

Ejemplo

```
begin
  dbms_stats.gather_table_stats (
      ownname => 'MEDICOS',
      tabname => 'PACIENTE',
      degree  => 2
  );
end;
/
```

El parámetro “degree” indica el nivel de paralelismo a emplear para realizar la recolección.

- Recolección a nivel de esquema:

```
begin
  dbms_stats.gather_schema_stats (
      ownname => 'MEDICOS',
      degree  => 2
  );
end;
/
```

5.4.6. Histogramas

- Representa una medida estadística especial que se emplea para los casos en los que la distribución de los datos no es homogénea. Típicamente existen los siguientes tipos de histogramas:
  - Frequency histograms and top frequency histograms
  - Height-Balanced histograms (legacy)
  - Hybrid histograms
- Por default el optimizador asume una distribución uniforme de los valores de una columna. Por ejemplo, para una columna nombre, el optimizador asume que existe el mismo número de empleados con el nombre juan, paco, etc. Lo anterior es poco común que ocurra en la realidad.
- Los histogramas resuelven este inconveniente.

Para provocar la generación de histogramas, se debe producir la siguiente secuencia de pasos:
Suponer que se desea crear un histograma para la columna nombre de la tabla medico.

1. Ejecutar la recolección de estadísticas para la tabla en cuestión. En esta ocasión se debe especificar el parámetro method_opt para indicar las columnas a las que se les creará el histograma:

```
begin
  dbms_stats.gather_table_stats (
      ownname => 'MEDICOS',
      tabname => 'MEDICO',
      degree  => 2,
      method_opt => 'for columns nombre size AUTO'
  );
end;
/
```

Adicionalmente se puede especificar el siguiente valor si se desea obtener histograma para todas las columnas

```
method_opt => 'for all columns size AUTO'
```

2. Ejecutar una consulta que involucre a las columnas anteriores como predicado:

```
select count(*) from medicos.medico where nombre like 'M%';
```

3. Ejecutar nuevamente la recolección de estadísticas (Paso 1).

4. Consultar la información del diccionario de datos para validar la existencia del histograma:

```
select c.table_name,c.column_name,c.histogram
from dba_tab_statistics t, dba_tab_col_statistics c
where c.table_name=t.table_name
and t.owner='MEDICOS' and c.table_name='MEDICO'
and c.column_name in('MEDICO_ID')
union
select c.table_name,c.column_name,c.histogram
from dba_tab_statistics t, dba_tab_col_statistics c
where c.table_name=t.table_name
and t.owner='MEDICOS' and c.table_name='MEDICO'
and c.column_name in('NOMBRE','AP_PATERNO',
   'AP_MATERNO','CEDULA','ESPECIALIDAD_ID');
```

```
TABLE_NAME           COLUMN_NAME              HISTOGRAM
-------------------- ------------------------ ---------------
MEDICO               AP_MATERNO               NONE
MEDICO               AP_PATERNO               NONE
MEDICO               CEDULA                   NONE
MEDICO               ESPECIALIDAD_ID          NONE
MEDICO               MEDICO_ID                NONE
MEDICO               NOMBRE                   FREQUENCY
```

- Observar el valor `frequency` para el campo nombre.

Para consultar el histograma generado, se puede realizar la siguiente consulta:

```
col  table_name format A20
col  column_name format A25
col  endpoint_actual_value format A25
set linesize 200
select table_name,column_name,endpoint_number,endpoint_actual_value
from user_histograms where table_name='MEDICO'
and column_name='NOMBRE'
and rownum <=10
order by 1;
```

El resultado obtenido es el siguiente: Solo se muestran los 10 primeros registros.

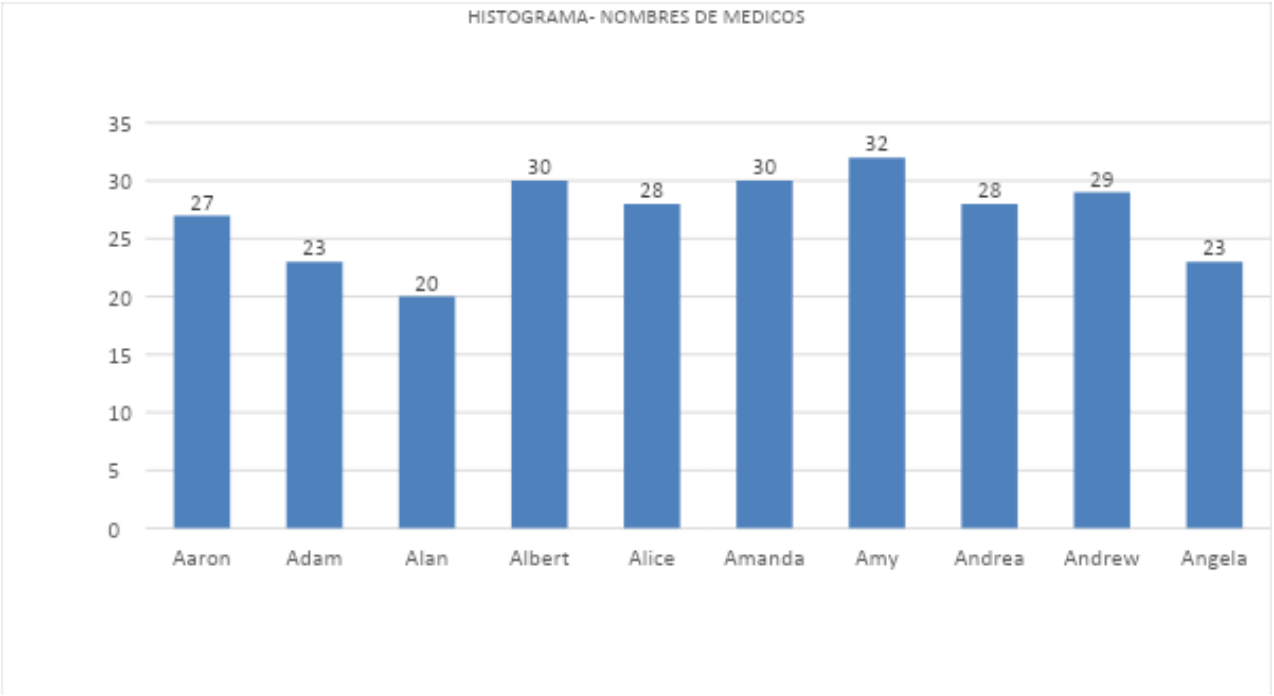
```
TABLE_NAME           COLUMN_NAME              ENDPOINT_NUMBER ENDPOINT_ACTUAL_VALUE
-------------------- ------------------------ --------------- ------------------------
MEDICO               NOMBRE                                27 Aaron
MEDICO               NOMBRE                                50 Adam
MEDICO               NOMBRE                                70 Alan
MEDICO               NOMBRE                               100 Albert
MEDICO               NOMBRE                               128 Alice
MEDICO               NOMBRE                               158 Amanda
MEDICO               NOMBRE                               190 Amy
MEDICO               NOMBRE                               218 Andrea
MEDICO               NOMBRE                               247 Andrew
MEDICO               NOMBRE                               270 Angela
```

- Observar el resultado de la columna `endpoint_number`. Su valor indica la suma acumulativa del número de ocurrencias de cada valor de la columna nombre. Es decir:
  - Existen 27 registros con nombre Aaron
  - Existen 50-27 = 23 registros con nombre Adam
  - Existen 70-50 = 20 registros con el nombre Alan, y así sucesivamente.

La siguiente consulta confirma los resultados:

```
SQL> select nombre, count(*)
from medico
where nombre like 'A%'
group by nombre order by 1
```

```
NOMBRE                                   COUNT(*)
---------------------------------------- ----------
Aaron                                            27
Adam                                             23
Alan                                             20
Albert                                           30
Alice                                            28
Amanda                                           30
Amy                                              32
Andrea                                           28
Andrew                                           29
Angela                                           23
```



Ejemplo:

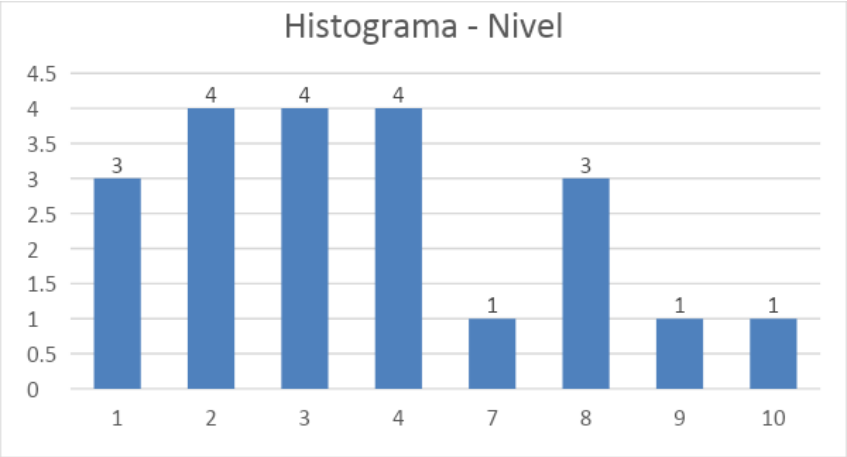
Considere la siguiente tabla de datos. Construir un histograma para la columna nivel.

Puesto_id	Nivel
10	7
20	2
30	2
40	2
50	2
60	3
70	3
80	3
90	3
100	4
110	4
120	4
130	4
140	8
150	8
160	8
170	9
180	1
190	1
200	1

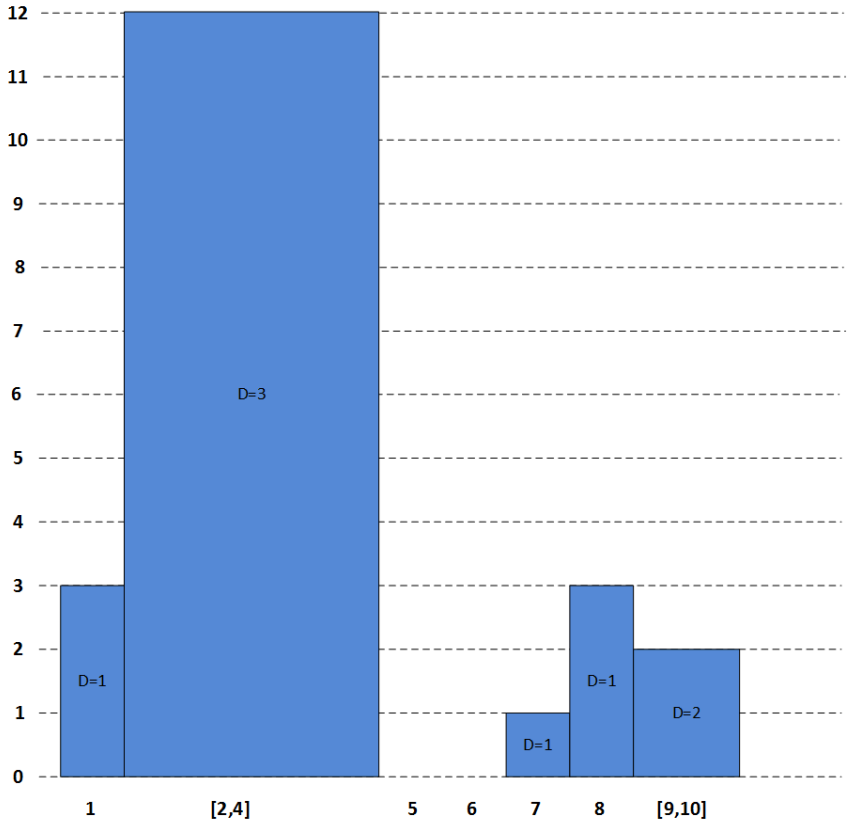
201	10

Los datos para construir el histograma son los siguientes:

Nivel	Num. registros
1	3
2	4
3	4
4	4
7	1
8	3
9	1
10	1



- Observar en el histograma anterior la existencia de barras adyacentes con el mismo número de registros (misma cardinalidad). Cuando esta condición ocurre, se forman rangos de valores:



D = Número de valores distintos en un mismo rango. La distribución en cada barra o rango de valores se considera uniforme.
Para estimar el número correcto de registros, la BD consulta estos rangos.

- Si no existiera el histograma, la BD determinará que existen 8 valores diferentes de la columna nivel.
- Al existir un total de 21 registros, se obtendría 21/8 = 2.6 ~ 3 registros esperados por cada valor del campo nivel.
- Lo anterior resulta incorrecto para ciertos casos, por ejemplo, existe 1 solo registro con nivel 7,9 y 10, y 0 registros para nivel 5 y 6.

5.4.7. Factor de selectividad.

5.4.7.1. Factor de selectividad.

- Representa una de las métricas más importantes para el optimizador. Su valor puede influir considerablemente para decidir o descartar planes de ejecución. Llamada también Factor de selectividad (SF)
- A nivel general, la selectividad es un valor numérico en el rango [0,1] que estima el porcentaje de registros que se obtendrían al ejecutar una operación como Selección, proyección, unión, intersección, join, semi-join, producto cartesiano principalmente.
- Un valor de selectividad 0 significa => Sin registros => Alta selectividad
- Un valor de selectividad 1 significa => Se obtuvieron todos los registros de una fuente de datos => Baja selectividad.
- Se representa por $SF_{\sigma}(f)$, donde f representa el predicado que se aplica a la operación de selección.

El siguiente caso muestra una de las fórmulas más comunes para estimar el factor de selectividad.

5.4.7.2. Selección en R con predicado de igualdad de un atributo A: $SF_{\sigma}(A = valor)$

Fórmula:

$$SF_{\sigma}(A = valor) = \frac{1}{card(\pi_{A}(R))}$$

Donde:
$card(\pi_{A}(R))$ Representa el número de valores distintos que existen para la columna A.
De lo anterior se puede ver que si $card\left(\pi_{A}(R)\right) = 1$, significa que la columna A contiene un solo valor. El factor de selectividad en este caso es 1.

Ejemplos:

A	B	C
3	1	5
4	1	5
5	1	5
6	1	5
7	1	6

- Obtener: $SF_{\sigma}(A = 3) = \frac{1}{card(\pi_{A}(R))} = \frac{1}{5} = 0.2$
- Obtener: $SF_{\sigma}(A = 7) = \frac{1}{card(\pi_{A}(R))} = \frac{1}{5} = 0.2$

Para estos 2 ejemplos, el factor es el mismo sin importar el valor se espera un 20% del total de los registros de la tabla que en este ejemplo sería 1 registro. Esto es correcto ya que la distribución es uniforme.

- Obtener: $SF_{\sigma}(B = 1) = \frac{1}{card(\pi_{A}(R))} = \frac{1}{1} = 1$

Para este ejemplo, observar, se tiene una Baja selectividad, se obtuvieron el 100% de los registros.

- Obtener: $SF_{\sigma}(C = 6) = \frac{1}{card(\pi_{A}(R))} = \frac{1}{2} = 0.5$

En el ejemplo anterior, el factor indica que se obtendría el 50% de registros de la tabla, lo cual representa un valor incorrecto. Solo existe un registro. Esto debido a la distribución heterogénea de los valores de C.

Ejemplo:

Considerar nuevamente los datos del campo nivel en la tabla puesto.
Determinar el número de registros estimados que obtendría el estimador para la siguiente consulta:

```
select * from puesto where nivel = 9
```

A. Considerando que no existe histograma
B. Considerando que existe histograma.

Solución:

A. Considerar que no existe histograma.

Empleando la fórmula $card\left(\sigma_{f}(R)\right) = SF_{\sigma}(f) * card(R)$ donde $SF_{\sigma}(f) = \frac{1}{card(\pi_{nivel}(R))}$

$SF_{\sigma}(f) = \frac{1}{8}$

$card\left(\sigma_{f}(R)\right) = \frac{1}{8} * card(R) = \frac{1}{8} * 21 = 2.65 \sim 3\ registros.$

B. Considerar que existe histograma.

En este caso, el manejador ubica la barra o el rango de valores donde nivel = 9, para este caso corresponde con el último rango [9-10], D=2
Del histograma se obtiene que el número de valores distintos es D = 2, por lo tanto:

$SF_{\sigma}(f) = \frac{1}{card(\pi_{nivel}(R))} = \frac{1}{2}$

La cardinalidad en este caso, corresponde con el número de registros que se encuentran en el rango [9-10] es decir 2 registros.

$card\left(\sigma_{f}(R)\right) = \frac{1}{2} * card(R) = \frac{1}{2} * 2 = 1\ registro.$

Como se puede observar, el resultado correcto se obtiene al hacer uso del histograma.

Ejemplo:

Mismo procedimiento, pero ahora con la sentencia:

```
select *
from puesto
where nivel = 3
```

A. Considerar que no existe histograma.

$card\left(\sigma_{f}(R)\right) = \frac{1}{8} * card(R) = \frac{1}{8} * 21 = 2.65 \sim 3\ registros.$

B. Considerar que existe histograma.

En este caso, se considera el rango [2,4], D=3, $card\left(\pi_{nivel}(R)\right) = 12$

$card\left(\sigma_{f}(R)\right) = \frac{1}{3} * card(R) = \frac{1}{3} * 12 = 4\ registros.$