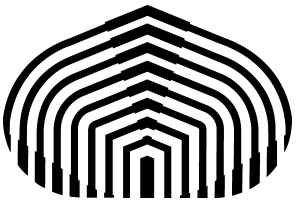


Universidad Simón Bolívar

Departamento de Computación y Tecnología de la Información

CI5313 - Arquitectura y Administración de Bases de Datos

Profs. Marlene Goncalves y Josué Ramírez

Informe sobre Optimización de Consultas: FBV

Ackerman, Moisés	Benzecri, Gustavo	Klie, David
11-10005@usb.ve	11-10097@usb.ve	11-10500@usb.ve

Caracas, junio de 2016

Índice

Estadísticas sobre la base de datos FBV

El primer paso pasa poder optimizar las consultas dadas es conocer el volumen total de la base de datos, el volumen de cada tabla individual, el tamaño promedio de cada fila, y las estadísticas apropiadas para cada consulta.

Estadísticas generales de la base de datos

En esta subsección se describen las estadísticas relacionadas con la base de datos en su totalidad, independientemente de las consultas que se vayan a optimizar.

Volumen total de los datos

Para determinar el volumen total de tuplas existentes en la base de datos se realizó la siguiente consulta:

```
select sum(n_live_tup)
from pg_stat_user_tables
where schemaname='original';
```

La consulta arrojó un valor de 8660591 tuplas.

Volumen total de cada tabla

Para calcular el volumen total de cada tabla utilizamos la siguiente consulta:

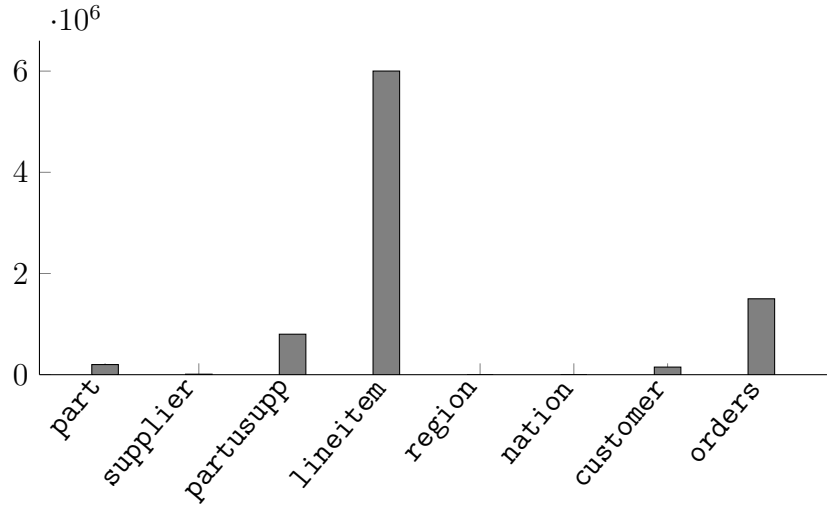
```
select
  c.relname,
  n_live_tup,
  relpages,
  floor(n_live_tup/relpages::float) as tuples_per_page
from
  pg_stat_user_tables b,
  pg_class c
where relnamespace = (select oid from pg_namespace where nspname='original')
  and schemaname = 'original'
  and b.relname= c.relname;
```

De esta consulta se obtuvieron los resultados de la tabla 1.

Tabla 1: Tuplas, páginas y tuplas por página de las tablas de FBV

Tabla	Tuplas	Páginas	Tuplas por pagina
`part`	200000	3715	53
`supplier`	10000	213	46
`partusupp`	800000	17451	45
`lineitem`	6001181	98544	60
`region`	5	1	5
`nation`	25	1	25
`customer`	150000	3566	42
`orders`	1500000	25196	59

Figura 1: Cantidad de tuplas en cada tabla



En la figura 1 podemos observar que la tabla de `lineitem` ocupa la mayor parte de los datos almacenados (aproximadamente un 69 % del total de tuplas). Cualquier consulta que requiera acceder a una buena parte de los datos almacenados en esta tabla exigirá mucha atención al momento de ser optimizada.

Para las tablas `nation` y `region`, dado que caben en una sola página, se puede concluir que no necesitan optimización alguna pues un acceso directo es siempre la mejor opción para recuperar sus registros.

Análisis de cada tabla

En el análisis de cada tabla tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- Tamaño promedio de la tupla

- Para cada atributo, su tamaño promedio, cantidad de elementos distintos y factor de reducción.
- Cualquier otra estadística que resulte últil para la optimización de alguna de las consultas propuestas.

Para el cálculo del tamaño promedio de cada tupla, en todas las tablas, se realizó la siguiente consulta:

```
select
  tablename,
  sum(avg_width) as tam_promedio_tuplas
from
  pg_stats
where
  tablename in (
    select
      relname
    from pg_stat_user_tables)
group by
  tablename;
```

De la cual se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 2: Tamaño promedio de cada tupla

Tabla	Tamaño promedio de tupla
part	114
supplier	137
partusupp	144
lineitem	98
region	78
nation	91
customer	158
orders	100

En el análisis de cada tabla, se realizó una consulta diseñada para extraer la siguiente información acerca de las tablas:

- El tamaño medio de cada atributo
- El número de valores distintos que tiene la columna. Si el valor es -1, es un valor único

- La correlación que existe entre el orden lógico y el orden físico (mientras más cercano a 1 o -1 mejor a la hora de que el manejador haga index scan)
- La frecuencia más alta hallada. Esta nos permite tener una cota superior para un determinado valor
- El factor reductor. Para conocer la selectividad de la columna.

La consulta es la siguiente:

```
prepare stats_table as
select
  attname,
  avg_width,
  ( case
      when n_distinct < 0  and n_distinct <> -1
        then -n_distinct * t.reltuples
        else n_distinct
      end) as ndistinct,
  correlation,
  most_common_freqs[1] as upper_bound,
  ( case
      when n_distinct < 0
        then -1 / (n_distinct * t.reltuples)
        else 1 / n_distinct
      end) as FR
from
  pg_stats,
  ( select
      relname,
      reltuples
    from
      pg_class
    where relnamespace = (
      select
        oid
      from
        pg_namespace
      where
        nspname='original')
    ) t
where t.relname = tablename
  and tablename = $1
  and schemaname = 'original'
order by
  fr;
```

Análisis de `lineitem`

Al ejecutar la consulta sobre lineitem se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 3. De la tabla se puede decir que las columnas con peor selectividad son `l_linestatus`, `l_returnflag` y `l_shipsintruct`. Por otro lado, los atributos con mayor selectividad tenemos `l_comment`, `l_orderkey` y `l_extendedprice`.

Tabla 3: Estadísticas para la relación `lineitem`

Atributo	Tam. pr.	# vals. dist.	Correlación	Cota sup.	Selectividad
`l_orderkey`	4	1206300	1	0.000016667	0.000000829
`l_partkey`	4	197029	0.00235099	0.00003	5.07539E-06
`l_suppkey`	4	10000	-0.000106049	0.000173333	0.0001
`l_linenumber`	4	7	0.176068	0.250317	0.14285714
`l_quantity`	5	50	0.0195651	0.0205067	0.02
`l_extendedprice`	8	767024	0.000341259	2.33333E-05	1.3037401E-06
`l_discount`	4	11	0.0868008	0.0922367	0.09090909
`l_tax`	4	9	0.109181	0.11199	0.11111111
`l_returnflag`	2	3	0.377041	0.506517	0.33333333
`l_linestatus`	2	2	0.499747	0.500087	0.5
`l_shipdate`	4	2525	-0.00126623	0.000536667	0.00039603
`l_comitdate`	4	2465	-0.00119272	0.000536667	0.00040567
`l_receipdate`	4	2543	-0.00128363	0.000553333	0.00039323
`l_shipinstruct`	13	4	0.250591	0.250767	0.25
`l_shipmode`	5	7	0.145059	0.143523	0.14285714
`l_comment`	27	1763690	0.000151724	0.000193333	0.000000567

Análisis de `orders`

Al ejecutar la consulta sobre orders, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4: Estadísticas para la relación `orders`

Atributo	Tam. pr.	# vals. Dist.	Correlación	Cota sup.	Selectividad
`o_orderkey`	4	-1	0.999999	-	6.666666667E-07
`o_comment`	49	1461050	0.000667332	1.33333E-05	6.844383362E-07
`o_totalprice`	8	1439660	0.00179892	0.00001	6.9460989666E-07
`o_custkey`	4	96824	0.00212814	4.66667E-05	0.000010328
`o_orderdate`	4	2406	0.00254059	0.00056	0.0004156276
`o_clerk`	16	1000	0.000855419	0.00118	0.001
`o_orderpriority`	9	5	0.201246	0.201113	0.2
`o_orderstatus`	2	3	0.476312	0.488067	0.3333333333
`o_shippriority`	4	1	1	1	1

Análisis de `customer`

Al ejecutar la consulta sobre orders, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 5.

Tabla 5: Estadísticas para la relación `customer`

Atributo	Tam. pr.	# vals. Dist.	Correlación	Cota sup.	Selectividad
`c_phone`	16	-1	0.000497003		6.66666666666667E-06
`c_custkey`	4	-1	0.999988		6.66666666666667E-06
`c_name`	19	-1	0.999988		6.66666666666667E-06
`c_address`	26	-1	0.0011718		6.66666666666667E-06
`c_comment`	73	149968	-0.000241386	1.33333E-05	6.66808919236104E-06
`c_acctbal`	6	140187	0.00410825	2.66667E-05	7.1333290533359E-06
`c_nationkey`	4	25	0.0405429	0.0410733	0.04
`c_mktsegment`	9	5	0.200573	0.20126	0.2

Análisis de `part`

Al ejecutar la consulta sobre part, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 6.

Tabla 6: Estadísticas para la relación `part`

Atributo	Tam. pr.	# vals. Dist.	Correlación	Cota sup.	Selectividad
`p_partkey`	4	-1	0.999905		5E-06
`p_name`	33	199997	-0.000591865	1E-05	5.00007500112502E-06
`p_comment`	14	131753	-0.00166307	0.000615	7.58996000091079E-06
`p_retailprice`	6	20899	0.192004		4.78491793865735E-05
`p_type`	21	150	0.0095101	0.007255	0.00666666666666667
`p_size`	4	50	0.0237148	0.020885	0.02
`p_container`	8	40	0.0252164	0.025765	0.025
`p_brand`	9	25	0.0414318	0.041165	0.04
`p_mfgr`	15	5	0.201261	0.20152	0.2

Análisis de `partsupplier`

Al ejecutar la consulta sobre partsupplier, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 7.

Tabla 7: Estadísticas para la relación `partsupplier`

Atributo	Tam. pr.	# vals. Dist.	Correlación	Cota sup.	Selectividad
`ps_comment`	126	798569	0.000561844	6.66667E-06	1.25223994420019E-06

Atributo	Tam. pr.	# vals. Dist.	Correlación	Cota sup.	Selectividad
ps_partkey	4	200105	0.999993	1.33333E-05	4.99737637740186E-06
ps_supplycost	6	97978	-0.000937153	4E-05	1.02063728592133E-05
ps_suppkey	4	10000	0.00181275	0.000156667	0.0001
ps_availqty	4	9999	0.00135311	0.00018	0.0001000100010001

Análisis de `supplier`

Al ejecutar la consulta sobre supplier, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 8.

Tabla 8: Estadísticas para la relación `supplier`

Atributo	Tam. pr.	# vals. Dist.	Correlación	Cota sup.	Selectividad
s_address	25	-1	0.000978475		0.0001
s_suppkey	4	-1	0.999954		0.0001
s_name	19	-1	0.999954		0.0001
s_phone	16	-1	0.00634556		0.0001
s_comment	63	-1	-0.00867227		0.0001
s_acctbal	6	9955	0.0158685	0.0002	0.000100452034153692
s_nationkey	4	25	0.0458266	0.0438	0.04

Análisis de `nation`

Al ejecutar la consulta sobre nation, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 9.

Tabla 9: Estadísticas para la relación `nation`

Atributo	Tam. pr.	# vals. Dist.	Correlación	Cota sup.	Selectividad
n_comment	75	-1	0.0469231		0.04
n_nationkey	4	-1	1		0.04
n_name	8	-1	0.913077		0.04
n_regionkey	4	5	0.347692	0.2	0.2

Análisis de `region`

Al ejecutar la consulta sobre region, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 10.

Tabla 10: Estadísticas para la relación `region`

Atributo	Tam. pr.	# vals. Dist.	Correlación	Cota sup.	Selectividad
r_regionkey	4	-1	1		0.2

Atributo	Tam. pr.	# vals. Dist.	Correlación	Cota sup.	Selectividad
r_name	7	-1	1		0.2
r_comment	67	-1	0.6		0.2

Optimización de las consultas

Consulta Q13: Reporte de items devueltos

La consulta que se tuvo que optimizar fue la siguiente:

```
prepare q13 as
select c_custkey,c_name, sum(l_extendedprice * (1 - l_discount)) as revenue,
    c_acctbal, n_name, c_address, c_phone, c_comment
from customer, orders, lineitem, nation
where c_custkey = o_custkey and l_orderkey = o_orderkey
    and o_orderdate >= $1 and o_orderdate < $1 + interval '3 month'
    and l_returnflag = 'r' and c_nationkey = n_nationkey
group by c_custkey, c_name, c_acctbal, c_phone, n_name, c_address, c_comment
order by revenue desc;
```

Al ejecutar la consulta sin ningúna extructura adicional se obtuvo el plan de ejecución mostrado en la Figura 1. En ella se puede observar que la operación de *scan* sobre la tabla `lineitem` es la operación mas costosa, lenta y extensa de toda la consulta.

El tiempo total de ejecución de la consulta fue de 17805,063 ms de los cuales, 12154,645 ms tomó la recuperación de las tuplas deseadas de la tabla 'lineitem'.

Optimizar la recuperación de datos para la tabla `lineitem` fue el objetivo principal para una mejora notable de esta consulta.

Primera Iteración

Para evitar un escaneo secuencial sobre toda la tabla `lineitem` se propuso crear un índice compuesto sobre los atributos `l_returnflag`, `l_orderkey`, `l_extendedprice` y `l_discount` y el mismo orden en el que aqui se menciona.

Un índice con todos estos atributos tendría tuplas de 18 bytes de clave mas los gastos 'administrativos' del apuntador a la página donde se encuentra la tupla completa. Este índice reduciría el número de operaciones de entrada-salida de 98544 con el escaneo secuencial en `lineitem` a un total estimado de 29563 páginas (suponiendo una ocipación de 60 % de las páginas del índice)

Por otro lado el índice tendría las entradas ordenadas de tal manera que se podría evitar un escaneo completo sobre el índice al solo tener que buscar las entradas que cumplan la

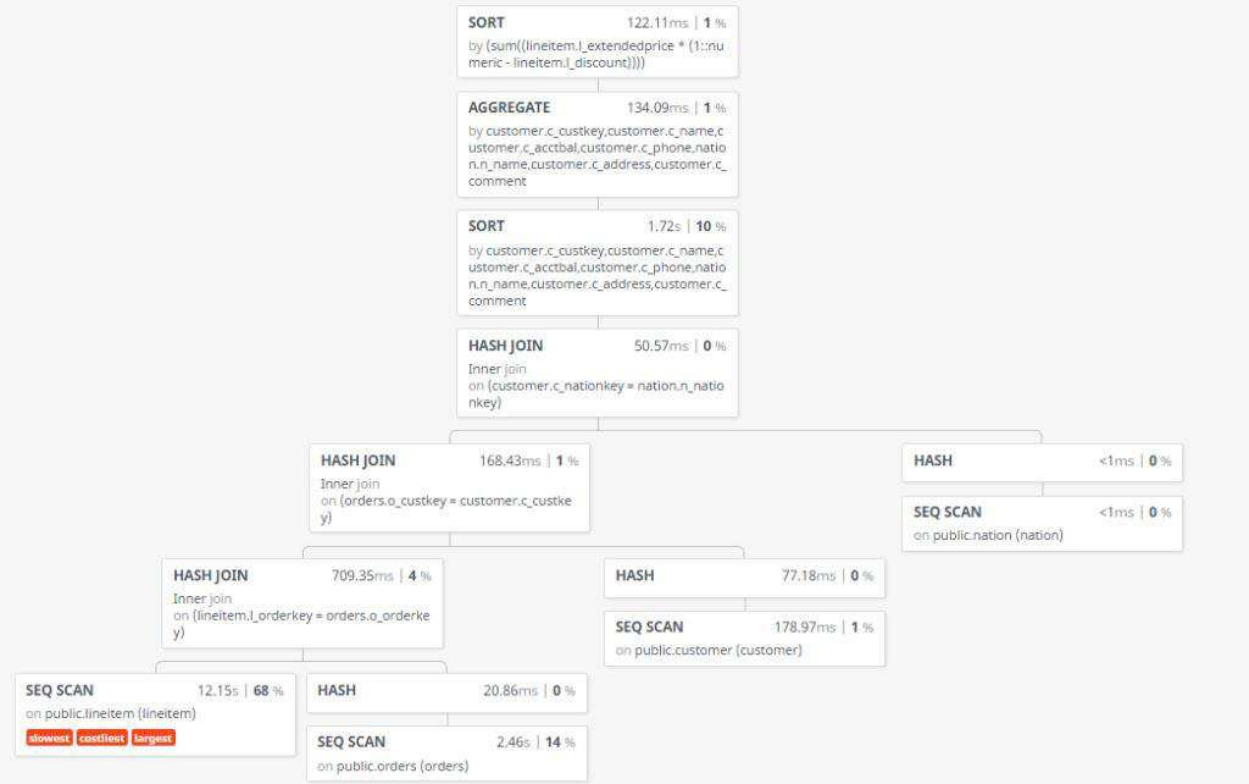


Figura 1: Arbol de ejecucion de la consulta Q13

condición: `l_returnflag`='R'. Para conocer cual es el porcentaje de la tabla `lineitem` que cumple esta condición se realizó la siguiente consulta sobre las estadísticas:

```
select most_common_vals, most_common_freqs
    from pg_stats
    where attname='l_returnflag';
```

Esta consulta devolvió lo siguiente:

Tabla 11: La tabla muestra que para el valor R, solo un 25 % de las tuplas lo cumplen.

most_common_vals	most_common_freqs
{N,R,A}	{0.5083,0.251133,0.240567}

Dado que el factor de reducción de la columna es 0.33333333... se tiene un mejor pronóstico para el índice al solo tener que recuperar aproximadamente $29563 \times 0.25 = 7390$ páginas.

El mísmo razonamiento se aplicó para la tabla `orders` que, si bien no es tan masiva como la anterior, optimizar el acceso a la misma puede mejorar el desempeño de la consulta.

Para orders se propuso un índice sobre los atributos `o_orderdate`, `o_orderkey` y `o_custkey` en ese orden. Este índice reduciría el número de operaciones de entrada- salida para el escaneo de orders de 25196 a un estimado de 5124 páginas.

Como el factor reductor de este atributo es bajo, 0.00041 para ser exactos, y la cota superior es 0.00056 se estimó obtener un total de $90 \times 0.00056 \times 100 = 5{,}04\,\%$ de las tuplas (259 págnas) del índice en el peor caso y de $90 \times 0.00041 \times 100 = 3{,}69\,\%$.

Luego de la de este análisis se procedió a crear los índices:

```
--elementos para la fecha
create index q13_orders_idx on orders(o_orderdate, o_orderkey, o_custkey);

--elementos para lineitem
create index q13_lineitem_idx on lineitem(l_returnflag, l_orderkey, l_extendedprice, l_c
```

Luego se consultó el número de páginas que tenía cada índice con la consulta:

```
select relname,relpages
    from pg_class
    where relname in ('q13_orders_idx','q13_lineitem_idx');
```

obteniendose lo siguiente los de la Tabla 12.

Tabla 12: Cantidad de páginas de los índices propuestos

Índice	Paginas
q13_lineitem_idx	29755
q13_orders_idx	5779

Finalmente se procedio a ejecutar la consulta Q13 mejorada para observar que ocurría. El arbol de ejecución con la duración de cada nodo se puede observar en la Figura 2.

Se pudo observar que de 17085,063 ms que duraba la ejecución de la consulta, se paso a 2851,396 ms. Esto supone una mejora de un 83,31 % con respecto a la consulta original.

De 98544 páginas leídas en `lineitem` sin soporte de ningún índice se pasó a 7291 páginas leídas con soporte del índice `q13_lineitem_idx` , estos dátos son consistentes con lo calculado previamente. Sin embargo recuperar los datos deseados de lineitem representa un 17 % de la ejecución de la consulta y sigues siendo la más costosa y la mas larga.

Para ‘orders tenemos un caso similar: de 25196 páginas leídas sin asistencia de ningún índice, se pasó a leer 223 páginas solamente, lo cual es un poco mas bajo del estimado de 255 páginas.

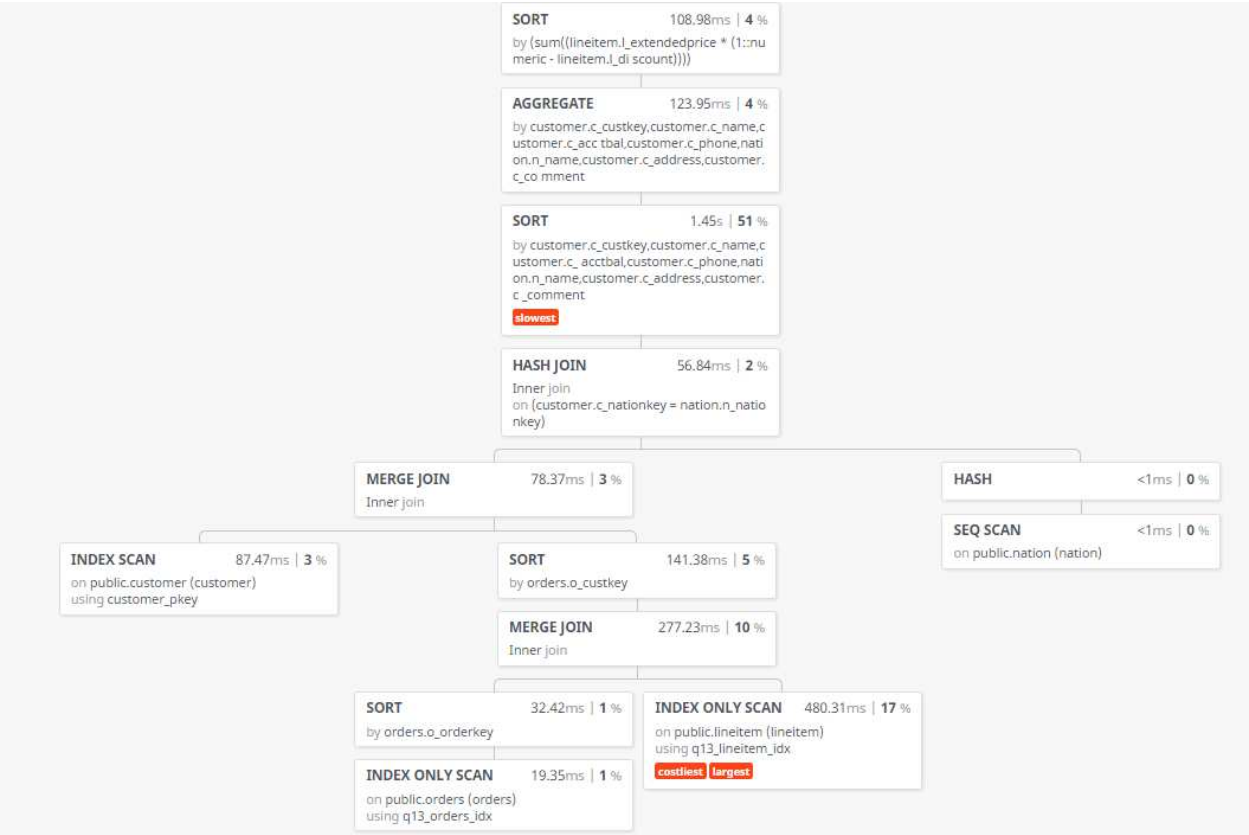


Figura 2: Arbol de ejecución de Q13 optimizado

Segunda iteración

En la Figura 2 se puede observar que antes de realizar la operación de la función de agregación, el manejador debe ordenar mediante un *external sort* las tuplas para luego ejecutar la función de agregación. Este paso es costoso pues debe ordenar en disco.

Dado este problema se propuso aumentar la variable **work_mem** del manejador para ampliar el espacio de la memoria principal donde se ejecuta la consulta. El valor asignado a **work_mem** paso de 4MB a 64MB. En la Figura 3 se puede observar el nuevo árbol de ejecución.

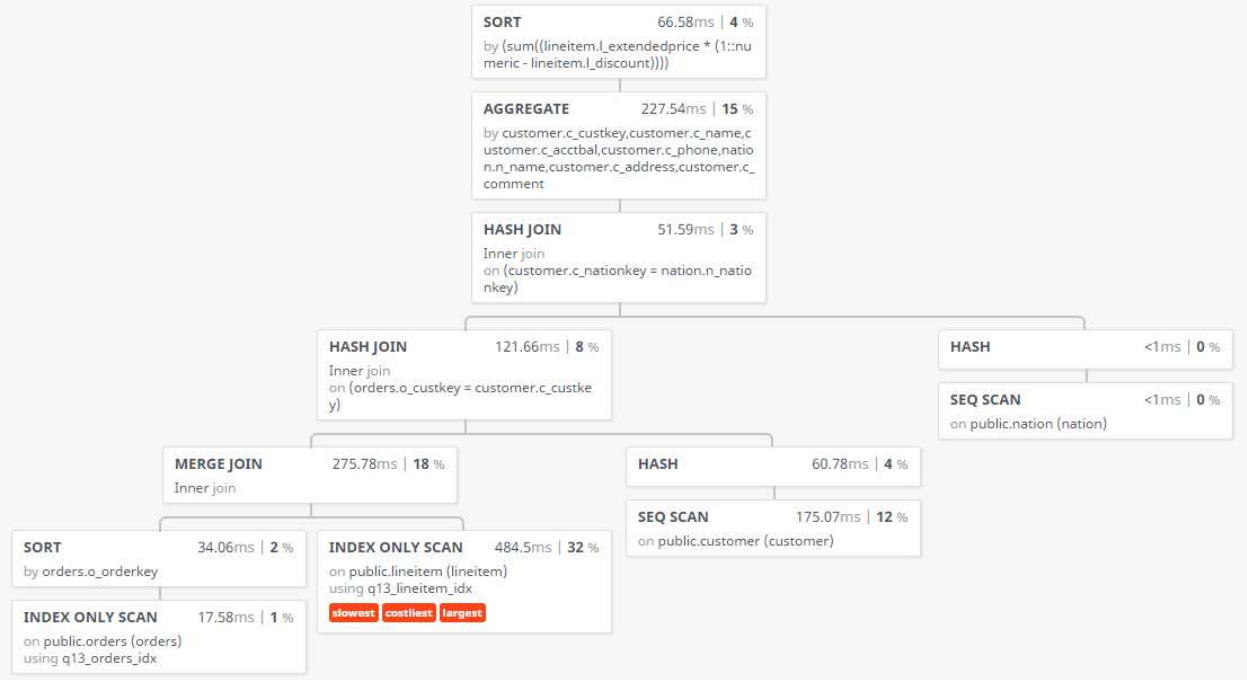


Figura 3: Arbol de ejecución de Q13 optimizada con work_mem=64MB