
DEMAT - CIMAT

ANÁLISIS DE ALGORITMOS

Profesor: Ph.D. Johan Van Horebeek

**TRES RUTAS PECULIARES ENTRE DOS CIUDADES
DEL ESTADO DE GUANAJUATO**

PROYECTO

Guillermo Arriaga García

Diciembre de 2011

CONTENIDO

Generalidades	1
• Objetivo	
• Estrategia	
• Información sobre el programa	
Obtención e interpretación de los datos para el programa ..	2
Datos del programa	8
Código del programa	12

TRES RUTAS PECULIARES

ENTRE DOS CIUDADES DEL ESTADO DE GUANAJUATO

OBJETIVO

Regresar tres rutas entre dos ciudades dadas del estado de Guanajuato tales que:

- La primera indique el recorrido con la distancia mínima.
- La segunda indique el recorrido con tiempo mínimo, viajando a los límites de velocidad preestablecidos por la ley.
- La tercera indique el recorrido con costo mínimo, dados los precios de casetas y la capacidad de km/litro del automóvil.

ESTRATEGIA

Se usará el algoritmo de Bellman-Ford evitando la revisión de existencia de ciclo negativo en el grafo, debido a la naturaleza de los datos. Se correrá este algoritmo con los pesos correspondientes a cada característica de las rutas en cuestión.

INFORMACIÓN SOBRE EL PROGRAMA

- La alimentación de datos está en el archivo “datos.txt” que está junto al código fuente.
- El programa está implementado en C++ con librerías estándar.
- Todo se encuentra en un solo archivo cpp.
- El programa se corre agregando las ciudades distintas a encontrar las rutas descritas.
- Cada ruta indicará lo que ocupa en distancia, tiempo y costo.
- En la interfaz de consola, se despliega el menú de opciones de los 46 municipios, identificados cada uno por un entero entre 0 y 45.
- Cuando se ingresan ciudades que no están en el menú se despliega un recorrido de demostración entre dos ciudades preestablecidas cuya ruta mínima en distancia varía de la ruta mínima en tiempo.
- La complejidad del algoritmo usado es $O(n*m)$ siendo n el número de nodos = 52 y m el número de aristas = 162.

OBTENCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS PARA EL PROGRAMA

Los 46 municipios del estado de Guanajuato serán identificados por enteros no negativos del 0 al 45 con referencia al orden lexicográfico no decreciente de los nombres de los municipios. El programa tomará los datos fijados en “datos.txt”, los cuales tendrán la siguiente interpretación:

Rendimiento del vehículo	15 km/litro
Costo del litro de gasolina	9 \$/litro
Cantidad de nodos	52 (incluyendo las casetas)
Cantidad de aristas	162

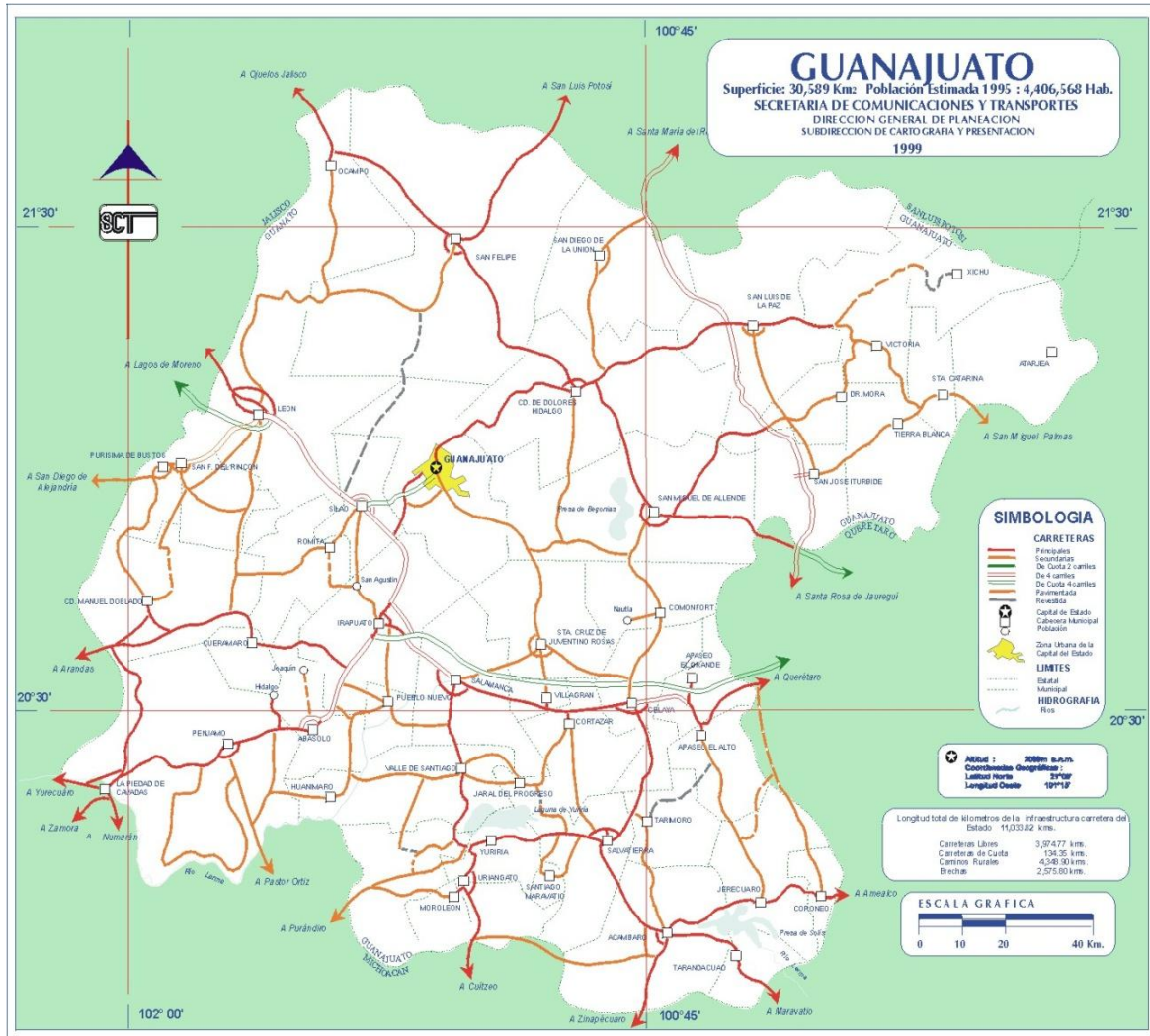
Por cada municipio:

Número de municipio	Por ejemplo:
Nombre del municipio sin acentos ortográficos	0
Cantidad de municipios de acceso directo:	Abasolo
Para cada municipio cercano:	5
Número de municipio	15 27 0 80
Cantidad de vías (cuota, libre)	10 39 0 80
Kilometraje para llegar a él	14 21 0 80
Precio de caseta para llegar a él	21 20 0 80
Velocidad máxima permitida	22 24 0 80

Los datos con los que trabajará el programa serán estimaciones de las distancias en base al siguiente mapa, disponible en:

<http://www.mapacarreteras.org/e2547-mapa-carreteras-guanajuato.html>

OBTENCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS PARA EL PROGRAMA



Los costos de casetas y los límites de velocidad serán los marcados por la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transporte) de México. Si algún límite de velocidad no se encuentra se tomará por defecto: 40km/h en terracería, 80km/h en carretera libre y 110km/h en carretera de cuota.

La siguiente tabla muestra las estimaciones de las distancias entre los municipios del estado de Guanajuato viajando por las carreteras indicadas en el mapa y teniendo como agregado la carretera de cuota de Salamanca – Valle de Santiago.

OBTENCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS PARA EL PROGRAMA

#	Desde	Hasta	Km
0	Abasolo	Irapuato Cuerámaro Huanímaro Pénjamo Pueblo Nuevo	27 39 21 20 24
1	Acámbaro	Jerécuaro Salvatierra Tarandacua Tarimoro	25 30 17 29
2	Apaseo el Alto	Apaseo del Grande Celaya Tarimoro	12 25 33
3	Apaseo el Grande	Apaseo el Alto Celaya	12 12
4	Atarjea	San Luis de la Paz Xichú	79 37
5	Celaya	Apaseo el Alto Apaseo el Grande Comonfort Cortazar Juventino Rosas Salamanca Salvatierra San Miguel de Allende Tarimoro Villagrán	25 12 22 17 17 39 libre y cuota (\$39) 34 42 30 18
6	Ciudad Manuel Doblado	Cuerámaro San Fco. del Rincón Purísima del Rincón Romita	38 36 22 60
7	Comonfort	Celaya Juventino Rosas San Miguel de Allende	17 25 20
8	Coroneo	Jerécuaro	16
9	Cortazar	Salvatierra Villagrán	31 6
10	Cuerámaro	Abasolo Ciudad Manuel Doblado Irapuato Romita	39 38 38 40
11	Doctor Mora	San Luis de la Paz San José Iturbide Santa Catarina	39 20 37
12	Dolores Hidalgo	Guanajuato Juventino Rosas San Diego de la Unión	39 58 39

OBTENCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS PARA EL PROGRAMA

	Dolores Hidalgo	San Felipe San Luis de la Paz San Miguel de Allende	47 42 37
13	Guanajuato	Dolores Hidalgo Irapuato Juventino Rosas San Miguel de Allende Silao	39 39 62 71 19 libre y cuota (\$24)
14	Huanímaro	Abasolo Pueblo Nuevo Valle de Santiago	21 22 34
15	Irapuato	Abasolo Cuerámaro Guanajuato Pueblo Nuevo Salamanca Silao	27 38 39 14 20 libre, 22 cuota (\$20) 30
16	Jaral del Progreso	Salvatierra Valle de Santiago Yuriria	32 10 38
17	Jerécuaro	Acámbaro Coroneo Tarandacuao	25 16 21
18	León	San Felipe San Francisco del Rincón Silao	80 17 26
19	Moroleón	Uriangato Yuriria	3 12
20	Ocampo	San Felipe	32
21	Pénjamo	Abasolo	20
22	Pueblo Nuevo	Abasolo Huanímaro Irapuato Salamanca	24 22 14 18
23	Purísima del Rincón	Cd. Manuel Doblado San Fco. del Rincón	22 20
24	Romita	Ciudad Manuel Doblado Cuerámaro Silao	60 40 12
25	Salamanca	Celaya Irapuato Juventino Rosas Pueblo Nuevo Valle de Santiago Villagrán	39 libre y cuota (\$39) 20 libre, 22 cuota (\$20) 22 18 20 libre, 32 cuota (\$46) 20

OBTENCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS PARA EL PROGRAMA

26	Salvatierra	Acámbaro	30
		Tarimoro	17
		Yuriria	24
27	San Diego de la Unión	Dolores Hidalgo	39
		San Luis de la Paz	45
28	San Felipe	Dolores Hidalgo	47
		León	80
		Ocampo	32
		Silao	62
29	San Francisco del Rincón	Cd. Manuel Doblado	36
		León	17
		Purísima del Rincón	20
30	San José Iturbide	San Luis de la Paz	37
		San Miguel de Allende	54
31	San Luis de La Paz	Atarjea	79
		Doctor Mora	39
		Dolores Hidalgo	42
		San Diego de la Unión	45
		San José de Iturbide	37
		Santa Catarina	51
32	San Miguel de Allende	Celaya	42
		Comonfort	20
		Dolores Hidalgo	37
		San José Iturbide	54
33	Santa Catarina	Doctor Mora	37
		San José Iturbide	39
		San Luis de la Paz	51
34	Santa Cruz de Juventino Rosas	Celaya	17
		Comonfort	25
		Dolores Hidalgo	58
		Guanajuato	62
		Salamanca	22
		Villagrán	13
35	Santiago Maravatío	Salvatierra	14
		Yuriria	18
36	Silao	Guanajuato	19 libre y cuota (\$24)
		Irapuato	30
		León	26
		Romita	12
		San Felipe	62
37	Tarandacuao	Acámbaro	17
		Jerécuaro	21
38	Tarimoro	Acámbaro	29
		Apaseo el Alto	33
		Celaya	30
		Salvatierra	17

OBTENCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS PARA EL PROGRAMA

39	Tierra Blanca	Santa Catarina	12
		Victoria	14
40	Uriangato	Moroleón	3
		Valle de Santiago	25
		Yuriria	7
41	Valle de Santiago	Huanímaro	34
		Jaral del Progreso	10
		Salamanca	20 libre, 32 cuota (\$46)
		Uriangato	25
		Yuriria	28
42	Victoria	San José Iturbide	42
		San Luis de la Paz	35
		Santa Catarina	18
		Tierra Blanca	14
		Xichú	26
43	Villagrán	Celaya	18
		Juventino Rosas	13
		Salamanca	20
44	Xichú	Atarjea	37
		Victoria	26
45	Yuriria	Jaral del Progreso	38
		Moroleón	12
		Salvatierra	24
		Santiago Maravatío	18
		Uriangato	7
		Valle de Santiago	28

DATOS DEL PROGRAMA

DATOS DEL PROGRAMA

15	Atarjea	Coroneo
9	2	1
52	31 79 0 40	17 16 0 80
176	44 37 0 40	
		9
0	5	Cortazar
Abasolo	Celaya	2
5	11	26 31 0 80
15 27 0 80	2 25 0 80	43 6 0 80
10 39 0 80	3 12 0 80	
14 21 0 80	7 22 0 80	10
21 20 0 80	9 17 0 80	Cueramaro
22 24 0 80	34 17 0 80	4
	25 39 0 80	0 39 0 80
1	26 34 0 80	6 38 0 80
Acambaro	32 42 0 80	15 38 0 80
4	38 30 0 80	24 40 0 80
17 25 0 80	43 18 0 80	
26 30 0 80	48 0 0 110	11
37 17 0 80		Doctor_Mora
38 29 0 80	6	3
	Cd_Manuel_Doblado	31 39 0 80
2	4	30 20 0 80
Apaseo_el_Alto	10 38 0 80	33 37 0 80
3	29 36 0 80	
3 12 0 80	23 22 0 80	12
5 25 0 80	24 60 0 80	Dolores_Hidalgo
38 33 0 80		6
	7	13 39 0 70
3	Comonfort	34 58 0 80
Apaseo_el_Grande	3	27 38 0 80
2	5 17 0 80	28 47 0 80
2 12 0 80	34 25 0 80	31 42 0 80
5 25 0 80	32 20 0 80	32 37 0 80
4	8	13

DATOS DEL PROGRAMA

Guanajuato	18	10 40 0 80
6	Leon	36 12 0 80
12 39 0 70	3	
15 39 0 80	28 80 0 80	25
34 62 0 80	29 17 0 80	Salamanca
32 71 0 80	36 26 0 80	7
36 19 0 70		5 39 0 80
51 0 0 110	19	15 20 0 80
	Moroleon	34 22 0 80
14	2	22 18 0 80
Huanimaro	40 3 0 30	41 20 0 80
3	45 38 0 80	43 20 0 80
0 21 0 80		46 0 0 110
22 22 0 80	20	
41 34 0 70	Ocampo	26
	1	Salvatierra
15	28 32 0 80	3
Irapuato		1 30 0 80
7	21	38 17 0 80
0 27 0 80	Penjamo	45 24 0 80
10 38 0 80	1	
13 39 0 80	0 20 0 80	27
22 14 0 80		San_Diego_de_la_Union
25 20 0 80	22	2
36 30 0 80	Pueblo_Nuevo	12 39 0 80
47 0 0 110	4	31 45 0 80
	0 24 0 80	
16	14 22 0 80	28
Jaral_del_Progreso	15 14 0 80	San_Felipe
3	25 18 0 80	4
26 32 0 80		12 47 0 80
41 10 0 80	23	18 80 0 80
45 38 0 80	Purisima_del_Rincon	20 32 0 80
	2	36 62 0 80
17	6 22 0 80	
Jerecuaro	29 20 0 80	29
3		San_Fco_del_Rincon
1 25 0 80	24	3
8 16 0 80	Romita	6 36 0 80
37 21 0 80	3	18 17 0 80
	6 60 0 80	23 20 0 80

DATOS DEL PROGRAMA

		41 25 0 80
30	35	45 28 0 80
San_Jose_Iturbide	Santiago_Maravatio	
2	2	41
31 37 0 80	26 14 0 80	Valle_de_Santiago
32 54 0 80	45 18 0 80	6
		14 34 0 70
31	36	16 10 0 80
San_Luis_de_la_Paz	Silao	25 20 0 80
6	6	40 25 0 80
4 79 0 40	13 19 0 70	45 28 0 80
11 39 0 80	15 30 0 80	49 0 0 110
12 42 0 80	18 26 0 80	
27 45 0 80	24 12 0 80	42
30 37 0 80	28 62 0 80	Victoria
33 51 0 80	50 0 0 110	5
		30 42 0 80
32	37	31 35 0 80
San_Miguel_de_Allende	Tarandacuao	33 18 0 80
4	2	39 14 0 80
5 42 0 80	1 17 0 80	44 26 0 80
7 20 0 80	17 21 0 80	
12 37 0 80		43
30 39 0 80	38	Villagran
	Tarimoro	3
33	4	5 18 0 80
Santa_Catarina	1 29 0 80	34 13 0 80
3	2 33 0 80	25 20 0 80
11 37 0 80	5 30 0 80	
30 39 0 80	26 17 0 80	44
31 51 0 80		Xichu
	39	2
34	Tierra_Blanca	4 37 0 40
StaCruzD_Juventino_Rosas	2	42 26 0 80
6	33 12 0 80	
5 17 0 80	42 14 0 80	45
7 25 0 80		Yuriria
12 58 0 80	40	5
13 62 0 80	Uriangato	16 38 0 80
25 22 0 80	3	19 12 0 80
43 13 0 80	19 3 0 30	35 18 0 80

DATOS DEL PROGRAMA

40 7 0 80	1	
41 28 0 80	25 22 20 110	50
		cuota
46	48	1
cuota	cuota	13 19 24 110
3	1	
41 32 46 110	25 39 39 110	51
15 22 20 110		cuota
5 39 39 110	49	1
	cuota	36 19 24 110
47	1	
cuota	25 32 46 110	

CÓDIGO DEL PROGRAMA

```
/* =====
=
=          Guillermo Arriaga García - Proyecto
=
=  TRES RUTAS PECULIARES ENTRE DOS CIUDADES DEL ESTADO DE GUANAJUATO
=
=          La más corta, la más rápida y la más barata
=
=
=          Análisis de Algoritmos
=
=          Algortimo Bellman-Ford
=
=          Diciembre de 2011
=
=====
*/

#include <cstdlib>
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <cstring>
#include <cfloat>
#include <list>

using namespace std;

// ***** ESTRUCTURAS DE DATOS
struct arista
{
    int    de;
    int    hacia;
    int    velocidad;
    float  distancia;
    float  costo;
    float  peso[3]; // 0->distancia , 1->tiempo , 2->precio
};

struct vertice
{
    float valor;
    int padre;
    int arista; // La arista que quedará seleccionada
    string nombre;
};
```

CÓDIGO DEL PROGRAMA

```
// ***** FUNCIONES
void Captura(int &cantidad_vertices, int &cantidad_aristas,
             vertice* &V, arista* &A, float &rendim_auto, float &precio_gas);
void Bellman_Ford(int inicio, int fin, int tipo, int cantidad_aristas,
                  int cantidad_vertices, arista* &A, vertice* &V);
void Impresion(int cantidad_vertices, vertice* &V);
void Tiempo(float t);

// ***** MENÚ PRINCIPAL
int main()
{
    int n,m,seleccion=1;
    int cantidad_aristas;
    int cantidad_vertices;
    float rendim_auto;
    float precio_gas;
    arista* A;
    vertice* V;

    system("COLOR 0A");

    Captura(cantidad_vertices,cantidad_aristas,V,A,rendim_auto,precio_gas);

    while(seleccion)
    {
        system("CLS");
        cout<<"\n\n\n\t\tRUTAS PECULIARES ENTRE MUNICIPIOS DE GUANAJUATO"
              <<"\n\n\t\t\t\t\tProyecto de Analisis de Algoritmos"
              <<"\n\t\t\tGuillermo Arriaga Garcia\t\t\tDiciembre de 2011"
              <<"\n\n\t\t\t\t\tALGORITMO BELLMAN-FORD\n\n"
              <<"NUMEROS IDENTIFICADORES DE CADA MUNICIPIO:\n";
        Impresion(cantidad_vertices,V);

        cout<<"\n\n\tRendimiento del automovil: "<<rendim_auto<<" km/litro"
              <<"\n\tPrecio de gasolina: $"<<precio_gas<<"/litro";

        cout<<"\n\nOPCIONES:\n\n\t"
              <<"0) Salir del programa\n\t"
              <<"1) Ingresar dos municipios para analisis\n\n"
              <<"SELECCION: ";
        cin>>seleccion;

        switch(seleccion)
        {
            default: break;
            case 1 : cout<<"\n\n\tMunicipios: ";
                     cin>>n>>m;
                     if (n<0 || n>45 || m<0 || m>45)
                     {

```

CÓDIGO DEL PROGRAMA

```
        n=6;    // Demo: muestra uso de carreteras de cuota
        m=38;
    }

    if (n!=m)
    {
        cout<<"\n\nTres rutas peculiares entre "<<V[n].nombre
            <<" y "<<V[m].nombre<<" son:\n";
        for(int k=0;k<3;k++)
        {
            Bellman_Ford(n,m,k,cantidad_aristas,cantidad_vertices,A,V);
        }
    }

    else
    {
        cout<<"\n\n\tIngresa, de nuevo, ciudades distintas.";
    }

    cout<<"\n\n\t";
    system("PAUSE");
    break;
}

}

system("CLS");
system("COLOR 0E");
cout<<"\n\n\n\n\n\n\n\t\tFin del programa\n\n\t";
system("PAUSE");
delete [] V;
delete [] A;
return EXIT_SUCCESS;
}

/*=====
=
=          CAPTURA DE DATOS          =
=
=====*/

void Captura(int &cantidad_vertices, int &cantidad_aristas,
             vertice* &V, arista* &A,float &rendim_auto,float &precio_gas)
{
    int n,m,k;

    ifstream in;
    in.open("Datos.txt");

    in>>rendim_auto>>precio_gas;
    in>>cantidad_vertices>>cantidad_aristas;

    V=new vertice[cantidad_vertices];
    A=new arista[cantidad_aristas];
}
```


CÓDIGO DEL PROGRAMA

```
for(int i=0,k=0;i<cantidad_vertices;i++)
{
    in>>n;
    in>>V[n].nombre;
    in>>m;

    for(int j=0;j<m;j++,k++)
    {
        A[k].de=n;
        in>>A[k].hacia;
        in>>A[k].distancia;
        in>>A[k].costo;
        in>>A[k].velocidad;
        A[k].peso[0]=A[k].distancia;
        A[k].peso[1]=(A[k].distancia/A[k].velocidad);
        A[k].peso[2]=(A[k].costo+(A[k].distancia)*precio_gas/rendim_auto);
    }
}

in.close();
return;
}
```

```
/*=====
=
=                                BELLMAN-FORD                                =
=
=====*/
```

```
void Bellman_Ford(int inicio, int fin, int tipo, int cantidad_aristas,
                  int cantidad_vertices, arista* &A, vertice* &V)
{
    int k;
    float rendim_auto;
    float precio_gas;
    float dato1,dato2;
    list<int> R;           // recorrido
    list<int>::iterator it;

    // INICIALIZACIÓN

    for(k=0;k<cantidad_vertices;k++)
    {
        V[k].padre=-1;
        V[k].valor=FLT_MAX;
    }

    V[inicio].valor=0;    // raiz
    V[inicio].padre=inicio;
```

CÓDIGO DEL PROGRAMA

```
// RELAJACIÓN

for(k=0;k<cantidad_vertices-1;k++)
{
    for(int i=0;i<cantidad_aristas;i++)
    {
        if(V[A[i].hacia].valor>V[A[i].de].valor+A[i].peso[tipo])
        {
            V[A[i].hacia].valor=V[A[i].de].valor+A[i].peso[tipo];
            V[A[i].hacia].padre=A[i].de;
            V[A[i].hacia].arista=i;
        }
    }
}
// Por la estructura de datos de este proyecto no hay ciclos negativos


// IDENTIFICACIÓN DEL RECORRIDO

R.empty();
R.push_front(fin);

while(R.front()!=V[R.front()].padre)
{
    R.push_front(V[R.front()].padre);
}


// CALCULO DE LOS OTROS DOS DATOS PARA ESTA RUTA HALLADA

dato1=0;
dato2=0;
for(it=R.begin();it!=R.end();it++)
{
    if(dato1==0)
    {
        it++;
    }

    dato1+=A[V[*it].arista].peso[(tipo+1)%3];
    dato2+=A[V[*it].arista].peso[(tipo+2)%3];
}


// IMPRESIÓN DEL RESULTADO
switch(tipo)
{
    default: break;
    case 0: cout<<"\n\n\n\tLa ruta con DISTANCIA MINIMA es de "
            <<V[fin].valor<<" km con ";
            Tiempo(dato1);
            cout<<" y $"<<dato2<<":\n\n";
}
```

CÓDIGO DEL PROGRAMA

```
        break;

    case 1: cout<<"\n\n\n\n\n\tLa ruta con TIEMPO MINIMO es de ";
            Tiempo(V[fin].valor);
            cout<<" con $"<<dato1<<" y "<<dato2<<" km:\n\n";
            break;

    case 2: cout<<"\n\n\n\n\n\tLa ruta con PRECIO MINIMO es de $"
            <<V[fin].valor<<" con "<<dato1<<" km y ";
            Tiempo(dato2);
            cout<<":\n\n";
            break;

    }

    k=0;
    for(it=R.begin();it!=R.end();it++)
    {
        cout<<V[*it].nombre;
        k++;

        if(k%4==0)
            cout<<"\n";

        if((++it)!=R.end())
            cout<<" - ";

        it--;
    }

    return;
}

/*=====
=
=                                IMPRESIÓN                                =
=
=====*/

void Impresion(int cantidad_vertices, vertice* &V)
{
    cout<<"\n\n";
    int n=cantidad_vertices/3-1;
    for(int k=0; k<n; k++)
    {
        cout.width(18);
        cout<<V[k].nombre;
        cout.width(3);
        cout<<k<<" ";
        cout.width(21);
        cout<<V[k+n].nombre;
        cout.width(3);
```

CÓDIGO DEL PROGRAMA

```
        cout<<k+n<<" ";

        if(k+2*n<cantidad_vertices-6) // No imprime lo de cuota
        {
            cout.width(24);
            cout<<V[k+2*n].nombre;
            cout.width(3);
            cout<<k+2*n;
        }

        cout<<endl;
    }
    return;
}

/*=====
=
=          FORMATO DE TIEMPO          =
=
=====*/

void Tiempo(float t)
{
    int horas=(int)t;
    int minutos=(int)(t*60-horas*60);
    cout<<horas<<" hr "<<minutos<<" min";
}
```